

ÍNDICE GENERAL

1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

1.1. Definición del Proyecto	1-1
1.1.1. Bases del proyecto	1-1
1.1.2. Alcance del proyecto	1-6
1.1.3. Localización de la planta	1-6
1.1.3.1. Localización geográfica	1-6
1.1.3.2. Accesos para el transporte de materias primas y productos acabados	1-8
1.1.3.3. Climatología.....	1-10
1.1.4. Abreviaciones	1-12
1.2. Descripción del Proceso de Fabricación	1-13
1.2.1. Alternativas del Proceso	1-13
1.2.2. Selección del Proceso	1-18
1.2.3. Diagrama de Bloques	1-19
1.3. Constitución de la Planta.....	1-21
1.3.1. Layout.....	1-21
1.3.2. Implantación	1-22
1.3.3. Especificación de cada área.....	1-22

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

2.1 Descripción general.....	2-1
2.2 Diagrama de flujo... ..	2-2
2.3 Descripción Detallada.....	2-3
2.3.1 Descripción detallada de la zona 100.....	2-3
2.3.2 Descripción detallada de la zona 200.....	2-4
2.3.3 Descripción detallada de la zona 300.....	2-6
2.3.4 Descripción detallada de la zona 400.....	2-11
2.3.5 Descripción detallada de la zona 500.....	2-14
2.3.6 Descripción detallada de la zona 600.....	2-24
2.3.7 Descripción detallada de la zona 700.....	2-26
2.3.8 Descripción detallada de la zona 800.....	2-29

3. BALANCES DE MATERIA

3.1 Balances globales.....	3-1
3.2 Balances de materia de la zona 100.....	3-2
3.3 Balances de materia de la zona 200.....	3-2
3.4 Balances de materia de la zona 300.....	3-3
3.5 Balances de materia de la zona 400.....	3-9
3.6 Balances de materia de la zona 500.....	3-18
3.7 Balances de materia de la zona 600.....	3-52
3.8 Balances de materia de la zona 700.....	3-57
3.9 Balances de materia de la zona 800.....	3-68
3.9 Necesidades de servicios en el proceso.....	3-77
3.9 Tablas de corrientes.....	3-82

4. EQUIPOS

4.1. Lista de equipos.....	4-1
4.2. Hojas de Especificaciones.....	4-6

5. INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

5.1 Nomenclatura del P&ID.....	5-1
5.1.1 Designación de lazos de control.....	5-2
5.2 Generalidades de los equipos.....	5-3
5.2.1 Válvulas.....	5-3
5.2.2 Equipos de bombeo.....	5-3
5.2.3 Intercambiadores de calor.....	5-4
5.2.4 Depósitos, columnas, reactores.....	5-4
5.3 Instrumentación.....	5-6
5.4 Estrategia de control.....	5-9
5.5 Hojas de especificaciones de instrumentos	5-56
5.6 Lista de instrumentación.....	5-66

6. TUBERÍAS, BOMBAS Y VÁLVULAS

6.1. TUBERÍAS.....	6-1

6.1.1. Normas de Diseño	6-2
6.1.2. Nomenclatura de Tuberías	6-2
6.1.3. Aislantes	6-6
6.1.4. Listado de Líneas.....	6-8
6.2. VÁLVULAS Y ACCESORIOS.....	6-17
6.2.1. Nomenclatura de Válvulas.....	6-18
6.2.2. Listado de Válvulas.....	6-18
6.3. BOMBAS	6-23
6.3.1. Bombas de Desplazamiento Positivo	6-23
6.3.2. Bombas Rotodinámicas.....	6-23
6.3.3. Bombas Desplazamiento Positivo vs Bombas Centrifugas	6-25
6.3.4. Listado de Bombas	6-27
6.4. TORNILLOS SINFIN.....	6-35

7. SEGURIDAD E HIGIENE

7.1. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	7-1
7.1.1. Legislación sobre seguridad y salud.....	7-1
7.1.2. Normas	7-3
7.2. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	7-4
7.2.1. Objeto	7-4
7.2.2. Alcance	7-5
7.2.2.1. Ámbito de aplicación.....	7-5
7.2.2.2. Variaciones del Estudio Básico de Seguridad y Salud	7-5
7.2.3. Normas legales y reglamentos aplicables	7-5
7.2.4. Identificación de la obra y datos generales	7-7
7.2.4.1. Características de la obra.....	7-7
7.2.4.2. Unidades constructivas que componen la obra.....	7-7
7.2.4.3. Oficios implicados en la obra.....	7-7
7.2.4.4. Maquinaria y medios auxiliares previstos en la obra	7-7
7.2.5. Identificación de Riesgos en el Proceso Constructivo	7-8
7.2.5.1. Evaluación de riesgos potenciales	7-8
7.2.5.2. Detección de factores causales de tales riesgos.....	7-11
7.2.6. Medidas de protección a implantar.....	7-13
7.2.6.1. Características y requisitos técnicos a cumplir por los (EPI's).....	7-13
7.2.6.2. EPI's a emplear en las distintas actividades constructivas	7-16
7.2.6.3. Sistemas de protección colectiva	7-19

7.2.6.4. Equipos de protección colectiva a emplear	7-21
7.2.7. Normas de actuación preventiva y primeros auxilios	7-28
7.2.7.1. Características y requisitos técnicos a cumplir en los distintos trabajos	7-28
7.2.7.2. Características y requisitos técnicos a cumplir por la maquinaria de obra y medios auxiliares	7-26
7.2.7.3. Condiciones preventivas que debe reunir el centro de trabajo.....	7-29
7.2.7.4. Medidas de emergencia y evacuación	7-30
7.2.7.5. Botiquines	7-31
7.2.7.6. Asistencia a accidentados	7-31
7.2.7.7. Prevención de riesgos de daños a terceros	7-31
7.2.8. Servicios de prevención.....	7-31
7.2.9. Coordinador de seguridad y salud	7-31
7.2.10. Libro de incidencias	7-32
7.2.11. Instalaciones médicas	7-32
7.2.12. Instalaciones de higiene y bienestar.....	7-32
7.2.13. Plan de seguridad y salud	7-33
7.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD EN ZONAS DE ALMACENAMIENTO	7-34
7.4. MEDIDAS DE SEGURIDAD EN GENERADORES DE VAPOR	7-36
7.5. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	7-38
7.5.1. Introducción	7-38
7.5.2. Normativa de aplicación	7-38
7.5.3. Condiciones de los locales de trabajo	7-38
7.5.4. Instalaciones y equipos industriales	7-39
7.5.5. Almacenamiento, manipulación y transporte de materiales inflamables	7-40
7.5.6. Medios de prevención y extinción.....	7-40
7.5.7. Normas de seguridad en la planta.....	7-42
7.5.8. Clasificación de las áreas	7-42
7.5.9. Especificación de la instalación contraincendios necesaria	7-44
7.5.9.1. Protección activa	7-44
7.5.9.2. Protección pasiva	7-55
7.5.9.3. Plan de emergencia.....	7-56
7.5.10. Protección de los riesgos profesionales	7-58
7.5.10.1. Técnicas generales de prevención	7-58
7.5.10.2. Técnicas específicas de prevención.....	7-60

8. MEDIO AMBIENTE

8.1 Introducción.....	8-1
8.2 Efluentes Gaseosos.....	8-5
8.2.1 Legislación.....	8-5
8.2.2 Descripción de los efluentes y tratamiento.....	8-6
8.2.2.1 Características de los gases contaminantes generados.....	8-7
8.2.2.2 Umbrales de emisión.....	8-8
8.2.3 Tratamiento del óxido nítrico.....	8-11
8.2.3.1 Proceso de descomposición por catálisis.....	8-12
8.2.3.2 Corriente residual de entrada al tratamiento de gases.....	8-13
8.2.3.3 Balances de materia del tratamiento de gases.....	8-14
8.2.3.4 Control de emisiones a la atmósfera.....	8-17
8.3 Efluentes Líquidos.....	8-18
8.3.1 Legislación.....	8-18
8.3.1.1 Descripción de los efluentes a tratar.....	8-20
8.4 Residuos Sólidos	
8.4.1 Legislación.....	8-28
8.5 Contaminación Acústica.....	8-30
8.5.1 Legislación.....	8-30
8.6 Listado de equipos del área de tratamiento de residuos.....	8-31
8.7 Plan de Gestión Medioambiental.....	8-33

9. EVALUACIÓN ECONÓMICA

9.1 Introducción.....	9-1
9.1.1 Secuencias de actuación en un proyecto de una planta química.....	9-1
9.2 Valoración económica de la planta	9-6
9.2.1 Gastos previos.....	9-6
9.2.2 Capital inmovilizado.....	9-6
9.2.2.1 Costes de los equipos	9-7
9.2.2.2 Aplicación del método Vian.....	9-15
9.2.3 Capital circulante.....	9-16
9.2.4 Gastos puesta en marcha.....	9-16
9.3 Estimación del coste de producción	9-17
9.3.1 Gastos de fabricación o manufactura.....	9-17
9.3.2 Gastos generales.....	9-23

9.4 Ventas y rentabilidad del negocio.....	9-24
9.4.1 Cálculo del flujo neto de caja (NCF).....	9-26
9.4.2 Métodos con actualización.....	9-27
9.4.3 Tasa interna de rendimiento TIR.....	9-27
9.4.4 Análisis de los parámetros de rendimiento.....	9-28
9.4.5 Viabilidad de la planta.....	9-29

10. PUESTA EN MARCHA

10.1 Limpieza de los equipos.....	10-1
10.2 Preparado de materias primas.....	10-2
10.3 Puesta en marcha de servicios.....	10-3
10.4 Llenado de circuitos y obtención de presiones.....	10-4
10.5 Consecución de temperaturas de operación.....	10-5
10.6 Consecución de set points restantes de operación.....	10-6

11. PLANOS

Diagrama de flujo.....	1F
Diagramas de ingeniería:	
P&ID zona 100.....	1I
P&ID zona 200.....	2I
P&ID zona 300.....	3I
P&ID zona 400.....	4I
P&ID zona 500.....	5I
P&ID zona 600.....	6I
P&ID zona 700.....	7I
P&ID zona 800.....	8I
Diagramas de implantación:	
Layout de la planta.....	1L
Diagrama de implantación áreas 100 y 200.....	2L
Diagrama de implantación áreas 300 y 400.....	3L
Diagrama de implantación áreas 500 y 600.....	4L
Diagrama de implantación áreas 700 y 800.....	5L
Diagrama contra incendios.....	1C

12. MANUAL DE CÁLCULO

12.1 Diseño mecánico de los equipos.....	12-1
12.2 Intercambiadores de calor.....	12-12
12.3 Evaporador.....	12-21
12.4 Kettle reboiler.....	12-25
12.5 Condensador.....	12-26
12.6 Reactores R-301 A/B, R-302.....	12-28
12.7 Columnas de relleno.....	12-37
12.8 Columnas de destilación de platos.....	12-40
12.9 Columna de destilación de relleno.....	12-55
12.10 Reactores R-801 y R-802.....	12-61
12.11 Tanques agitados.....	12-62
12.12 Filtros de tambor rotatorio de vacío.....	12-67
12.13 Secadores cónicos.....	12-71
12.14 Columnas de intercambio iónico.....	12-76
12.15 Compresores.....	12-79
12.16 Torres de refrigeración.....	12-82
12.17 Antorcha.....	12-88
12.18 Diseño de tuberías bombas y accesorios.....	12-96
12.19 Circuito frigorífico.....	12-108

13. PROPIEDADES

13.1 Propiedades químicas y físicas de sustancias.....	13-1
13.2 Tablas y gráficas para el diseño de equipos.....	13-7

14. BIBLIOGRAFÍA

1.- ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

1.1.- DEFINICIÓN DEL PROYECTO

1.1.1.- Bases del proyecto

El objetivo principal en la realización de este proyecto es estudiar la viabilidad de la construcción y operación de una planta de fabricación de ácido adípico a partir de la nitración del ciclohexanol con ácido nítrico.

El proyecto ha de ser viable económicamente y cumplir toda la normativa sectorial y urbanística, así como también, la legislación vigente en materia de medio ambiente, seguridad e higiene.

Principales usos comerciales del Ácido Adípico:

El ácido adípico de alta pureza tiene las siguientes aplicaciones comerciales:

I. Poliamidas

Son unas de las aplicaciones comerciales más importantes. La más demandada es la poliamida alifática conocida como Nylon que puede convertirse en:

- Fibras; utilizadas para alfombras, prendas de vestir, llantas de cordón.
- Aplicaciones industriales o de ingeniería; resinas, piezas de automóvil.
- Aplicaciones eléctricas y electrónicas.
- Piezas de maquinaria.
- Recubrimientos de alambre y monofilamentos.

II. Poliuretanos

Los poliuretanos son uno de los plásticos más versátiles disponibles en la actualidad, ofreciendo una amplia gama de propiedades aptas para muchos fines. Éstos están disponibles de formas variadas, cada uno con diferentes aplicaciones.

Las aplicaciones típicas se muestran en la figura 1:

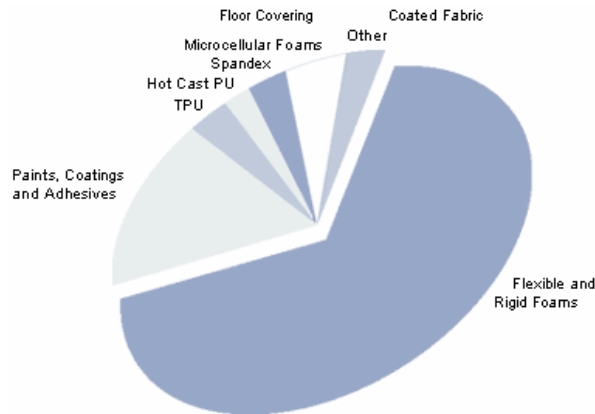


Figura 1: Aplicaciones típicas de poliuretanos

III. Plastificantes

Se utilizan para dar al material flexibilidad, resistencia y facilidad de manipulación. Los plastificantes típicos que provienen del adípico son:

- Dioctiladipato (DOA)
- Diisodeciladipato
- Base polimérica plastificante del adipato

IV. Comprimidos

Se utiliza como excipiente en la fabricación de comprimidos (relleno, aglutinante, lubricante o desintegrante).

V. Aditivos de Papel

El ácido adípico se utiliza en la fabricación de resinas de poliamida-epiclorohidrina.

VI. Aplicaciones de Alimentación

Se utiliza como ingrediente alimentario desde 1928 y se obtiene de forma natural a partir del jugo de la remolacha.

VII. Resinas de Poliéster Insaturado

Sus aplicaciones típicas son:

- Fibra de vidrio
- Cascos de barco
- Paneles de construcción
- Molduras

Mejora la resistencia a la tracción y a la flexión en las resinas y a altos niveles puede dar suavidad y flexibilidad para aplicaciones especiales.

VIII. Intermedios Químicos

Los intermedios que se pueden obtener son los siguientes:

- Síntesis de Adiponitrilo
- Síntesis Ciclopentanona
- Síntesis de 1,6-hexanodiol
- Síntesis de Dimetil sebacato

IX. Adsorbente

Utilizado en una amplia gama de productos y procesos de los alimentos, productos para el hogar y aplicaciones industriales.

- De iones metálicos : hierro, cobre, níquel, cobalto, cromo, manganeso y calcio

X. Otras Aplicaciones

- Agentes Epoxy de Vulcanización
- Curtido de Cuero
- Capacidad Adsorbente
- Mejoras de Conexiones Eléctricas
- Limpieza Doméstica e Industrial

El AA obtenido se ha de presentar a granel en silos para poder enviar a camiones y a envasadora para sacos de 25kg y big-bags de 800kg.

La producción anual de ácido adípico habrá de ser de 60.000 toneladas al año.

La planta será operativa los 365 días del año, siendo el periodo de producción de 330 días. Los 35 días restantes serán destinados a paradas y mantenimiento de la planta.

A continuación se expone el calendario de turnos de la planta, siendo los días marcados en rojo los previstos para la parada de la planta:

G8INGENIO CALENDARIO 5 TURNOS - 2008						PRIMER TRIMESTRE																															
ENERO						FEBRERO					MARZO					ABRIL					MAYO					JUNIO											
	I-A	II-B	III-C	IV-D	V-E		I-A	II-B	III-C	IV-D	V-E		I-A	II-B	III-C	IV-D	V-E		I-A	II-B	III-C	IV-D	V-E		I-A	II-B	III-C	IV-D	V-E		I-A	II-B	III-C	IV-D	V-E		
MARTES	1						1			N	T									1			M	N	T												
MIÉRCOLES	2						2			N	T									2				N	T												
JUEVES	3						3		T											3					N	T											
VIERNES	4						4		T		N									4		T			N												
SABADO	5						5		T	N										5		T		N													
DOMINGO	6						6		T	N										6		T		N													
LUNES	7	M	T	N			7	T	N								M			7	M	T	N														
MARTES	8		T	N		M	8		T	N							M			8		T	N											M			
MIÉRCOLES	9		T	N		M	9			N	T	M								9		T	N											M			
JUEVES	10			N	T	M	10			N	T	M								10			N	T	M												
VIERNES	11				T	M	11				T	M								11				N	T	M											
SABADO	12				T	M	12				T	M								12					N	T	M										
DOMINGO	13				T	M	13					T	M							13						N	T	M									
LUNES	14	M			T		14	M					T							14	M					N	T	M									
MARTES	15	M			T		15	M		T										15	M						N	T	M								
MIÉRCOLES	16	M		T			16	M		T										16	M		T					N	T	M							
JUEVES	17	M		T			17	M		T		N								17	M		T						N	T	M						
VIERNES	18	M	T		N		18	M	T		N									18	M	T								N	T	M					
SABADO	19	M	T		N		19			T	M	N								19		M	T								N	T	M				
DOMINGO	20		T	M	N		20				T	M	N							20			T	M	N												
LUNES	21		T	M	N		21					M	N							21				T	M	N											
MARTES	22	T			M	N	22	T				M	N							22	T				M	N											
MIÉRCOLES	23	T			M	N	23		N				M	N						23		N				M	N										
JUEVES	24	T	N		M		24	T	N				M							24	T	N				M											
VIERNES	25	T	N		M		25	T	N	M										25	T	N					M										
SABADO	26	T	N	M			26	T	N	M										26	T	N	M														
DOMINGO	27	T	N	M			27	T	N	M				T						27	T	N	M														
LUNES	28	N	M		T		28	N	M				T							28	N	M												T			
MARTES	29	N	M		T		29			M	N	T								29			N	M										T			
MIÉRCOLES	30			M	N	T	30													30				M	N	T											
JUEVES	31			M	N	T	31													31				M	N	T											
TRABAJO		14	15	16	14	16		10	18	17	17	17									18	18	19	19	19					19	19	19	19	19	19		
1																																					
G8INGENIO CALENDARIO 5 TURNOS - 2008						SEGUNDO TRIMESTRE																															
ABRIL						MAYO					JUNIO					JULIO					AGOSTO					SEPTIEMBRE											
	I-A	II-B	III-C	IV-D	V-E		I-A	II-B	III-C	IV-D	V-E		I-A	II-B	III-C	IV-D	V-E		I-A	II-B	III-C	IV-D	V-E		I-A	II-B	III-C	IV-D	V-E		I-A	II-B	III-C	IV-D	V-E		
MARTES	1	M			N	T					N	T								1	M				N	T											
MIÉRCOLES	2	M			N	T					N	T								2	M				N	T											
JUEVES	3	M	T		N	T						N	T							3	M	T			N	T											
VIERNES	4	M	T		N							N								4	M	T		N													
SABADO	5	M	T	N																5	M	T	N														
DOMINGO	6	M	T	N																6	M	T	N														
LUNES	7		T	N		M														7		T	N		M												
MARTES	8		T	N		M														8		T	N														
MIÉRCOLES	9			N	T	M														9			N	T	M												
JUEVES	10			N	T	M														10			N	T	M												
VIERNES	11				T	M														11					T	M											
SABADO	12				T	M														12						T	M										
DOMINGO	13		M			T														13		M						T	M								
LUNES	14		M			T														14		M															
MARTES	15		M																	15		M															
MIÉRCOLES	16		M		T															16		M		T													
JUEVES	17		M	T		N														17		M	T			N											
VIERNES	18		M	T		N														18		M	T				N										
SABADO	19			T	M	N														19			T	M	N												
DOMINGO	20			T	M	N														20			T	M	N												
LUNES	21	T			M	N														21	T				M	N											
MARTES	22	T			M	N														22	T				M	N											
MIÉRCOLES	23	T	N		M															23	T	N				M											
JUEVES	24	T	N		M															24	T	N					M										
VIERNES	25	T	N	M																25	T	N	M														
SABADO	26	T	N	M																26	T	N	M														
DOMINGO	27	N	M			T														27	N	M												T			
LUNES	28	N	M			T														28	N	M												T			
MARTES	29		M	N	T															29		M	N	T													
MIÉRCOLES	30		M	N	T															30		M	N	T													
TRABAJO		18	18	18	18	18		19	18	18	19	19									18	18	18	18	18					18	18	18	18	18	18		

G8INGENIO CALENDARIO 5 TURNOS - 2008						TERCER TRIMESTRE													
JULIO	I=A	II=B	III=C	IV=D	V=E	AGOSTO	I=A	II=B	III=C	IV=D	V=E	SEPTIEMBRE	I=A	II=B	III=C	IV=D	V=E		
MARTES	1 M			N	T	VIERNES	1					LUNES	1		M	T	N		
MIÉRCOLES	2 M	T		N		SABADO	2					MARTES	2		M	T	N		
JUEVES	3 M	T		N		DOMINGO	3					MIÉRCOLES	3 N		M	T			
VIERNES	4 M	T	N			LUNES	4					JUEVES	4 N		M	T			
SABADO	5 M	T	N			MARTES	5					VIERNES	5 N	M		T			
DOMINGO	6	T	N		M	MIÉRCOLES	6					SABADO	6 N	M		T			
LUNES	7	T	N		M	JUEVES	7					DOMINGO	7 N	M			T		
MARTES	8		N	T	M	VIERNES	8					LUNES	8 N	M			T		
MIÉRCOLES	9		N	T	M	SABADO	9					MARTES	9	M	N		T		
JUEVES	10 N			T	M	DOMINGO	10					MIÉRCOLES	10	M	N		T		
VIERNES	11 N			T	M	LUNES	11					JUEVES	11		N	M	T		
SABADO	12 N	M		T		MARTES	12					VIERNES	12		N	M	T		
DOMINGO	13 N	M		T		MIÉRCOLES	13					SABADO	13 T		N	M			
LUNES	14 N	M	T			JUEVES	14					DOMINGO	14 T		N	M			
MARTES	15 N	M	T			VIERNES	15					LUNES	15 T	N		M			
MIÉRCOLES	16	M	T		N	SABADO	16					MARTES	16 T	N		M			
JUEVES	17	M	T		N	DOMINGO	17					MIÉRCOLES	17 T	N		M			
VIERNES	18		T	M	N	LUNES	18					JUEVES	18 T	N			M		
SABADO	19		T	M	N	MARTES	19					VIERNES	19		N	T	M		
DOMINGO	20 T			M	N	MIÉRCOLES	20					SABADO	20	N	T		M		
LUNES	21 T			M	N	JUEVES	21					DOMINGO	21		T	N	M		
MARTES	22 T	N		M		VIERNES	22		T	N	M	LUNES	22		T	N	M		
MIÉRCOLES	23 T	N		M		SABADO	23		T	N	M	MARTES	23 M		T	N			
JUEVES	24 T	N	M			DOMINGO	24 M		T	N		MIÉRCOLES	24 M		T	N			
VIERNES	25 T	N	M			LUNES	25 M	T		N		JUEVES	25 M	T		N			
SABADO	26	N	M		T	MARTES	26 M	T		N		VIERNES	26 M	T		N			
DOMINGO	27	N	M		T	MIÉRCOLES	27 M	T		N		SABADO	27 M	T			N		
LUNES	28		M	N	T	JUEVES	28 M	T			N	DOMINGO	28 M	T			N		
MARTES	29		M	N	T	VIERNES	29 M	T			N	LUNES	29	T	M		N		
MIÉRCOLES	30 M			N	T	SABADO	30	T	M		N	MARTES	30	T	M		N		
JUEVES	31 M			N	T	DOMINGO	31	T	M		N								
TRABAJO		19	18	18	19			6	7	5	6	6		18	18	18	19	17	
																			3

G8INGENIO CALENDARIO 5 TURNOS - 2008						CUARTO TRIMESTRE													
OCTUBRE	I=A	II=B	III=C	IV=D	V=E	NOVIEMBRE	I=A	II=B	III=C	IV=D	V=E	DICIEMBRE	I=A	II=B	III=C	IV=D	V=E		
MIÉRCOLES	1		M	T	N	SABADO	1		M	T	N	LUNES	1			M	T	N	
JUEVES	2		M	T	N	DOMINGO	2 N		M	T		MARTES	2 N			M	T		
VIERNES	3 N		M	T		LUNES	3 N		M	T		MIÉRCOLES	3 N			M	T		
SABADO	4 N		M	T		MARTES	4 N	M		T		JUEVES	4 N	M			T		
DOMINGO	5 N	M		T		MIÉRCOLES	5 N	M		T		VIERNES	5 N	M			T		
LUNES	6 N	M		T		JUEVES	6 N	M			T	SABADO	6 N	M			T		
MARTES	7 N	M			T	VIERNES	7 N	M			T	DOMINGO	7 N	M			T		
MIÉRCOLES	8 N	M		T		SABADO	8	M	N		T	LUNES	8	M	N		T		
JUEVES	9	M	N		T	DOMINGO	9	M	N		T	MARTES	9	M	N		T		
VIERNES	10	M	N		T	LUNES	10		N	M	T	MIÉRCOLES	10		N	M	T		
SABADO	11		N	M	T	MARTES	11		N	M	T	JUEVES	11		N	M	T		
DOMINGO	12		N	M	T	MIÉRCOLES	12		N	M	T	VIERNES	12 T		N	M			
LUNES	13 T		N	M		JUEVES	13 T		N	M		SABADO	13 T		N	M			
MARTES	14 T		N	M		VIERNES	14 T	N		M		DOMINGO	14 T	N		M			
MIÉRCOLES	15 T	N		M		SABADO	15 T	N		M		LUNES	15 T	N		M			
JUEVES	16 T	N		M		DOMINGO	16 T	N			M	MARTES	16 T	N			M		
VIERNES	17 T	N			M	LUNES	17 T	N			M	MIÉRCOLES	17 T	N			M		
SABADO	18 T	N			M	MARTES	18	N	T		M	JUEVES	18	N	T		M		
DOMINGO	19	N	T		M	MIÉRCOLES	19	N	T		M	VIERNES	19	N	T		M		
LUNES	20	N	T		M	JUEVES	20		T	N	M	SABADO	20	N	T		M		
MARTES	21		T	N	M	VIERNES	21		T	N	M	DOMINGO	21 M	N	T				
MIÉRCOLES	22		T	N	M	SABADO	22 M		T	N		LUNES	22 M		T	N			
JUEVES	23 M		T	N		DOMINGO	23 M		T	N		MARTES	23 M		T	N			
VIERNES	24 M		T	N		LUNES	24 M	T		N		MIÉRCOLES	24						
SABADO	25 M	T		N		MARTES	25 M	T		N		JUEVES	25						
DOMINGO	26 M	T		N		MIÉRCOLES	26 M	T			N	VIERNES	26						
LUNES	27 M	T			N	JUEVES	27 M	T			N	SABADO	27						
MARTES	28 M	T			N	VIERNES	28	T	M		N	DOMINGO	28						
MIÉRCOLES	29	T	M		N	SABADO	29	T	M		N	LUNES	29						
JUEVES	30	T	M		N	DOMINGO	30		M	T	N	MARTES	30						
VIERNES	31		M	T	N							MIÉRCOLES	31						
TRABAJO		18	18	19	19			17	18	18	18	19		15	14	15	13	12	
																			4

NOTA: 2008 se inicia con el turno de noche a las 21.45 horas del día 6-01-2008.

DIAS DE TRABAJO POR TURNO:

	I	II	III	IV	V
ENERO	14	15	16	14	16
FEBRERO	18	18	17	17	17
MARZO	18	18	19	19	19
ABRIL	18	18	18	18	18
MAYO	19	18	18	19	19
JUNIO	18	18	18	18	18
JULIO	19	18	18	19	19
AGOSTO	6	7	5	6	6
SEPTIEMBRE	18	18	18	19	17
OCTUBRE	18	18	19	19	19
NOVIEMBRE	17	18	18	18	19
DICIEMBRE	15	14	15	13	12
TOTAL	198	198	199	199	195

1.1.2.- Alcance del proyecto

Dentro de este proyecto se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Diseño y especificaciones de las diversas unidades de proceso y reacción para la producción y purificación del ácido adípico.
- Diseño y especificaciones de las unidades de almacenamiento de materias primas y estación de carga y descarga.
- Diseño y especificaciones de las unidades de almacenamiento del producto acabado.
- Áreas de servicios.
- Oficinas, laboratorios y vestuarios.
- Áreas auxiliares (aparcamiento, control de accesos, sistemas contra incendios, depuración de aguas y tratamiento de gases).
- Diseño y especificaciones de todos los sistemas de seguridad y control necesarios para el correcto funcionamiento de la planta.
- Estudio de la puesta en marcha, parada y operación de la planta.
- Estudio del impacto ambiental.
- Cumplimiento de las disposiciones legales existentes.
- Estudio de la rentabilidad económica de la instalación.

1.1.3.- Localización de la planta

La planta se encuentra situada en el Polígono Industrial 'Nylon-66' en la Zona Franca del Puerto de Barcelona. La parcela es prácticamente cuadrada y tiene una superficie total de 53.235 m².

La resistencia del suelo a partir de 1.5 m de profundidad es de 2 Kg/cm² sobre gravas.

1.1.3.1.- Localización geográfica

La situación que presenta la parcela es óptima y con una accesibilidad garantizada, ya que el complejo industrial de Zona Franca tiene unos accesos bien definidos por tierra y mar. Además, está situado en la ciudad de Barcelona donde se concentra la mayor red de comunicaciones por tierra, mar y aire de todo el territorio catalán.



El Puerto de Barcelona está encajado entre la desembocadura del río Llobregat y el barrio de *La Barceloneta*. En la actualidad es el área industrial más grande y activa de España y una de las más dinámicas de Europa. Su proximidad a importantes infraestructuras de transporte y nudos de comunicaciones, lo convierte en una de las áreas industriales mejor conectadas del mundo.

La ubicación de la Zona Franca dentro del puerto de Barcelona se puede observar en la figura 2.

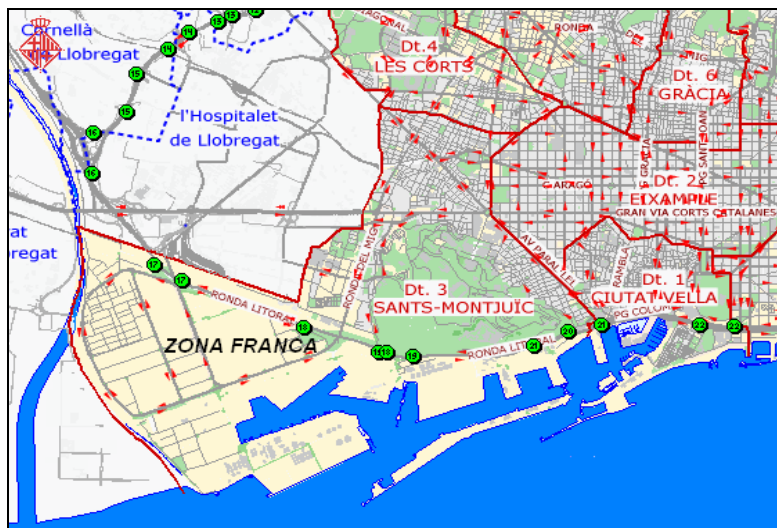


Figura 2: Ubicación de la Zona Franca

1.1.3.2.- Accesos para el transporte de materias primas y productos acabados

La importancia de conocer y tener buenos accesos a la planta influye básicamente en la necesidad de una recepción de materias primas necesarias para el proceso y una salida del producto final que produce un flujo de camiones a diario.

Los accesos por carretera a la planta se observan en el siguiente mapa vial de la zona:

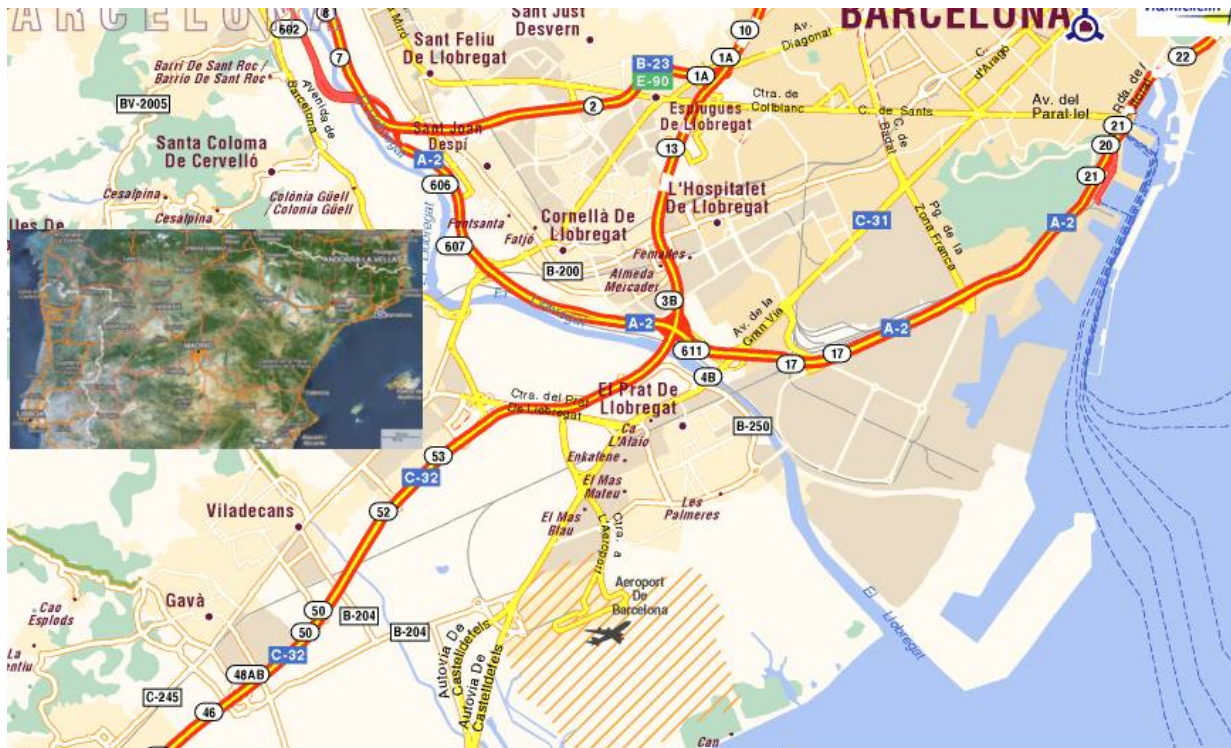


Figura 3: Accesos por carretera

Las comunicaciones ferroviarias de Cataluña tienen el centro en Barcelona y se pueden observar a continuación:



Figura 4: Red Ferroviaria

Por último, la red marítima del Puerto de Barcelona se muestra a continuación en la figura 5.

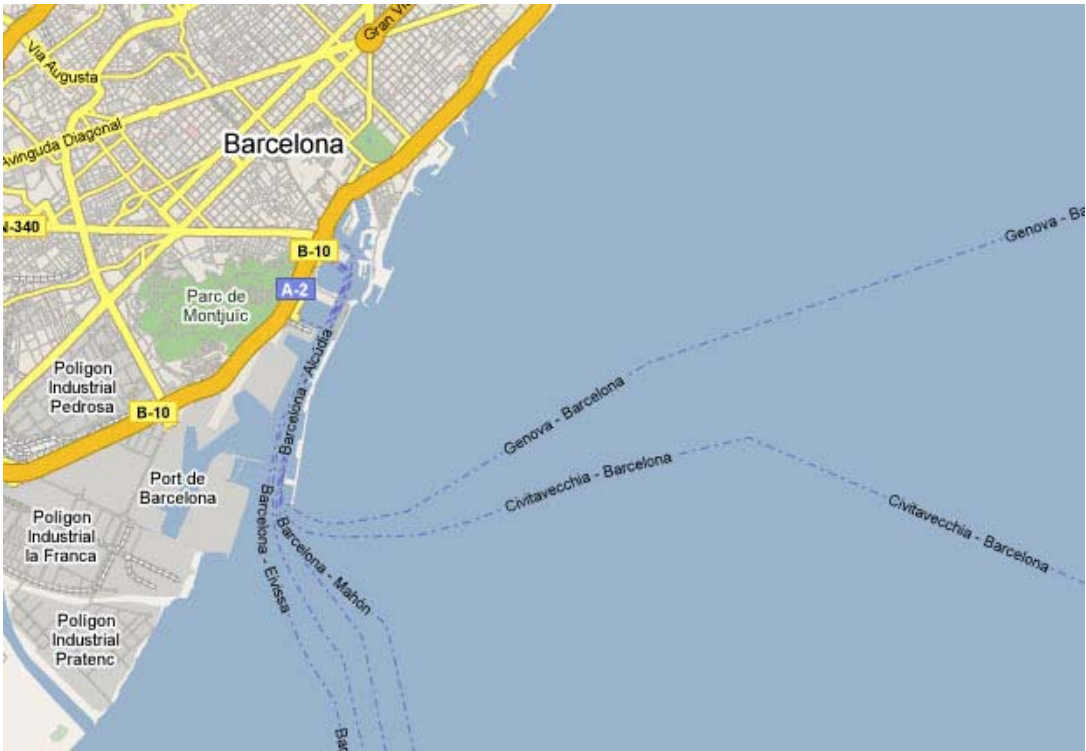


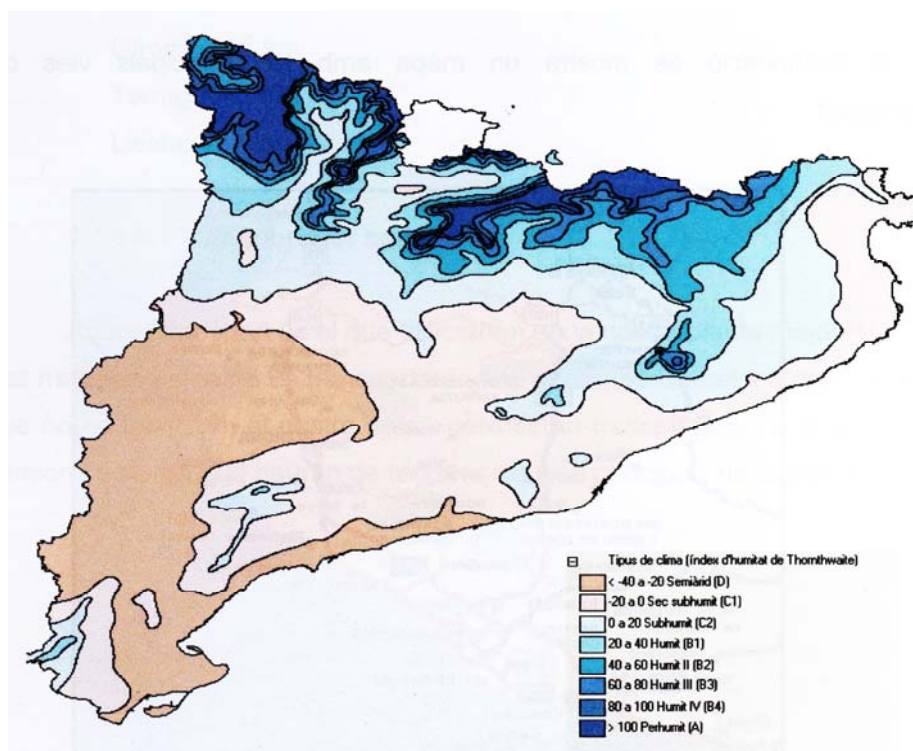
Figura 5: Red Marítima

1.1.3.3.- Climatología

Cataluña tiene una climatología muy diversa a lo largo del año. Entre los factores que explican esta diversidad influyen su orientación y ubicación (abierta a las corrientes de aire cálidas subtropicales así como las corrientes frías centroeuropeas), la diversidad del territorio, la orografía, la pluviometría, etc. Así, según la situación en relación al mar y la altitud se pueden distinguir subvariantes del clima mediterráneo, como son el clima mediterráneo del litoral, el clima mediterráneo continental propio de la Depresión Central, y el clima mediterráneo de baja, media y alta montaña.

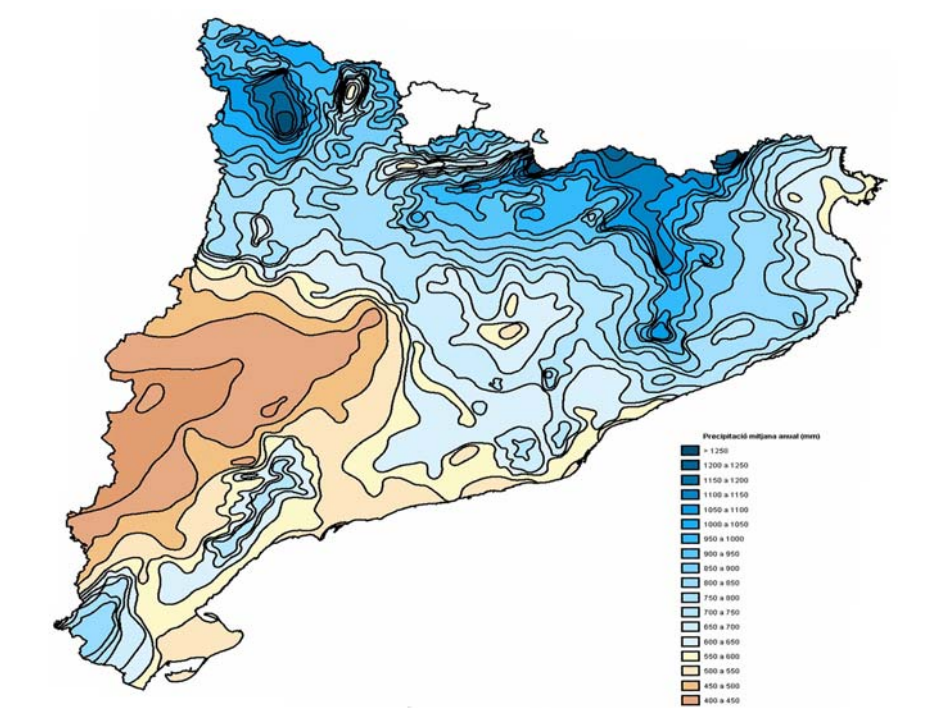
En este apartado se muestran algunos mapas que ayudarán a entender mejor la climatología que hay en la zona de Barcelona.

En el siguiente mapa climático se observan los diferentes tipos de clima en Cataluña. El término municipal de Barcelona, situado en la comarca del Baix Llobregat, corresponde a un clima seco subhúmedo (C1):

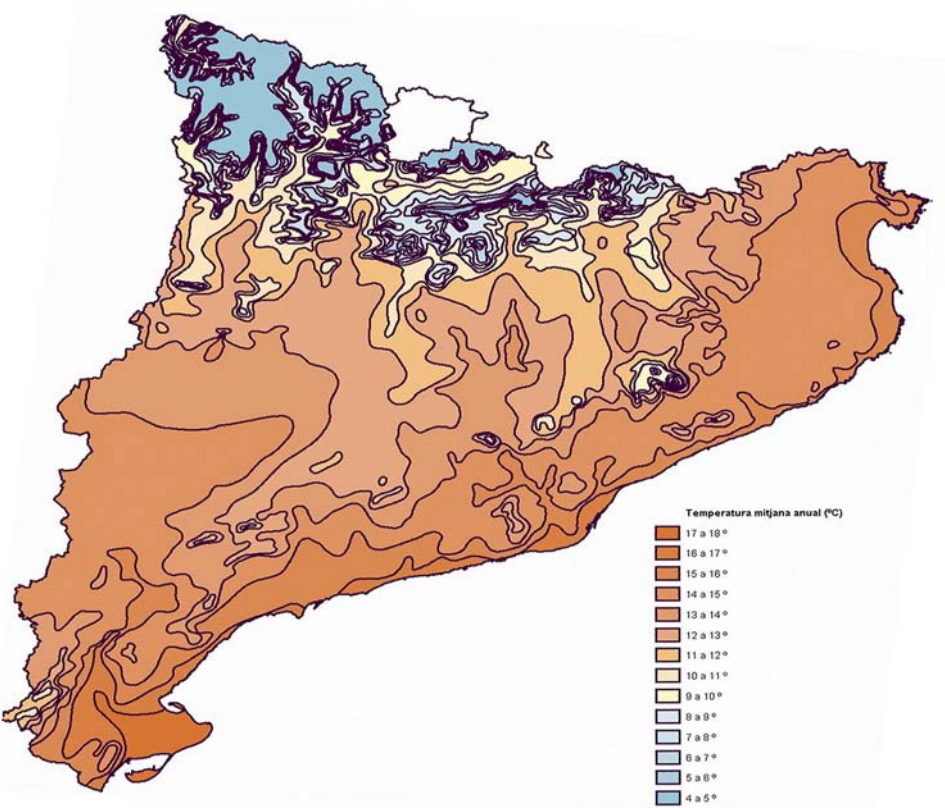


Observando los mapas, las precipitaciones medias anuales están comprendidas entre 500 y 550mm (500-550 L/m²), y la temperatura media anual entre 17 y 18°C.

Precipitación media anual (mm)



Temperatura media anual (°C)



1.1.4.- Abreviaciones

En este proyecto se han utilizado diversas abreviaciones. A continuación se muestra una lista con cada abreviación y el significado correspondiente:

Abreviación	Significado
AA	Ácido Adípico
AB	Absorbedor
AT	Aceite Térmico
AG	Ácido Glutámico
AR	Agua Residual
ARE	Agua de Refrigeración
AS	Ácido Succínico
AX	Agua de Red
B	Bomba
BA	Báscula
BV	Bomba de Vacío
C	Compresor
CV	Caldera de Vapor
CD	Columna de Destilación
IO	Intercambio Iónico
CO	Condensador
CPP	Corriente Principal de Proceso
CR	Cristalizador
CRE	Corriente Recirculación
D	Desorbedor
E	Envasado
TDH	Tanque de deshidratación
DP	Tanques de despresurización
K	Kettler Reboiler
ET	Estación Transformadora
F	Filtro
IC	Intercambiador de Calor
LP	Líquido Proceso
M	Mezclador
MP	Materias Primas
PSV	Válvula de seguridad
R	Reactor
S	Secador

SUC	Ácido Succínico
TSF	Tornillo Sin Fin
SI	Silos
T	Tanque de Almacenamiento
TA	Tratamiento de aguas
TD	Tanque de disolución
TI	Tanque Intermedio
TR	Torre de Refrigeración
TU	Turbina
VD	Válvula Dosificadora
VM	Válvula Motorizada
VP	Vapor Proceso

1.2.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

1.2.1.- Alternativas del proceso

I. OXIDACIÓN DEL CICLOHEXANOL- CICLOHEXANONA VÍA HNO_3

La oxidación del ciclohexanol-ciclohexanona es uno de los procesos más utilizados en la industria para obtener ácido adípico, la reacción puede llevarse a cabo con diferentes oxidantes, ya sea oxígeno molecular o ácidos como el nítrico o permanganatos.

En este caso se va a realizar con ácido nítrico en un rango de concentración que va desde 45-55 %.

La oxidación se realiza en dos etapas, una primera etapa que ocurre entre 60-80 °C y una segunda etapa de reacción necesaria para completar la reacción y disminuir la cantidad de impurezas que necesitan ser separadas posteriormente, esta segunda etapa se lleva a una temperatura más alta, entre 110-120 °C.

Para que tenga lugar la reacción se necesita la inyección de un catalizador formado por Cu y V que pueden ir como metal o formando sales de los mismos.

La corriente obtenida a la salida del reactor se lleva a un ciclo de separaciones en el

que por una parte se obtiene el ácido adípico a partir de sendas cristalizaciones y por otra los subproductos de la reacción, ácido glutárico y succínico que logran separarse en una cristalización posterior para ser eliminados mediante su combustión en la antorcha o ser llevados a un biotratamiento. Además debe recuperarse el catalizador mediante un intercambio iónico y ser devuelto al reactor. Los óxidos de nitrógeno formados también se recuperan para obtener el ácido nítrico y reciclarlo a la oxidación.

II. OXIDACIÓN DEL CICLOHEXANO

Este método consiste en obtener el ácido adípico directamente del ciclohexano. La oxidación del mismo tiene lugar con oxígeno molecular en presencia de un ácido monobásico alifático, generalmente de 2 a 8 carbonos, como el acético, el butílico, el trimetilacético... y con ayuda de un catalizador formado por sales de cobalto, como el acetato de cobalto.

El ácido que trabaja como medio solvente suele encontrarse en una relación con el ciclohexano de 3:1 y 9:1.

Una característica de la reacción es la necesidad de un periodo preliminar de inducción de los iones de cobalto que suele durar hasta tres horas. En este período se consigue que los iones de cobalto actúen como iniciadores de las moléculas de ciclohexano formando radicales libres. La temperatura de reacción debe mantenerse en un rango preferiblemente entre 90°C y 100 °C.

La salida del reactor se suele llevar a una extracción con acetona para separar los productos orgánicos del catalizador de cobalto. La mezcla de compuestos orgánicos contiene ácido adípico y pequeñas cantidades de glutárico y succínico, cuya separación se lleva a cabo por el proceso anterior de cristalización y filtrado de los mismos.

Desafortunadamente el proceso tiene bajas conversiones del ciclohexano al producto deseado.

III. OXIDACIÓN DE CICLOHEXANONA VÍA ÁCIDO ACÉTICO

En este caso la reacción sucede en una solución de un ácido carboxílico como el ácido acético. La oxidación se lleva a cabo con O₂ o con aire estando en cualquiera de los

casos la presión parcial del oxígeno en el reactor entre 0,1 y 0,12 Kg/cm²

El catalizador utilizado en la reacción está compuesto por manganeso, cobre, o sales de estos metales y algún elemento del Grupo IIa como bario, calcio o estroncio. Dependiendo de su presencia y proporción el rendimiento oscila entre el 66 y el 84 %. Rendimiento que depende en gran parte de la temperatura pudiendo llegar a valores cercanos al 93%.

El ácido adípico se separa de los demás compuestos mediante una purificación y recristalización en ácido acético puro.

IV. PRODUCCIÓN A PARTIR DE BUTADIENO

Existen diferentes rutas que involucran al butadieno en la formación del ácido adípico. Una de las más extendidas es la desarrollada por DuPont en la década de los 80, que se basa en una dihidrocarbixilación directa del butadieno a ácido adípico.

En la primera etapa se forma principalmente ácido 3-pentenoico en una hidrocarboxilación catalizada por paladio, rodio o iridio.

A continuación el ácido formado reacciona para dar ácido adípico, ácido 2-metilglutárico y ácido 2-etilsuccínico. Esta segunda etapa está catalizada por rodio o iridio.

Una de las principales ventajas de este proceso es la posibilidad de isomerizar los subproductos ácidos al ácido adípico en el mismo sistema catalizador.

El solvente utilizado es un ácido carboxílico saturado como el ácido pentanoico que es un subproducto del proceso.

Un proceso que se desarrolló con anterioridad que tiene como materia prima el butadieno es el producido por BASF. Existen dos variantes del mismo, una que utiliza metanol para dar pentenoatos y otra en la que se forman ácido pentenoico con agua y butadieno.

Este método se basa en la carboxilación del butadieno con metanol o monóxido de carbono para dar metil 3-pentenoato usando un catalizador formado por cobalto y piridina a alta presión (306 atm) y temperaturas moderadas (100-150 °C).

A través de una destilación se separa el metil 3-pentenoato de los subproductos formados.

La segunda reacción es una carbometoxilación para dar un dimetil adipato que ocurre a baja presión y elevada temperatura con un catalizador de rodio. La última etapa es la hidrólisis del diéster a ácido adípico.

El rendimiento obtenido está sobre el 70 % en planta piloto, pero no se ha comercializado a escala industrial.

ARCO desarrolló un proceso muy parecido pero utilizando un catalizador de paladio y cobre.

V. OXIDACIÓN DE CICLOHEXANOL, CICLOHEXANONA O UNA MEZCLA DE LOS MISMOS SIN ÁCIDO NÍTRICO.

El objetivo principal de dicho proceso es proporcionar un proceso mejorado para la preparación de ácido adípico que es respetuoso con el medio ambiente y con eficiencia atómica.

Otro objeto importante es proporcionar un proceso para la producción de ácido adípico en el que no se usa ácido nítrico como oxidante; usándose como catalizador oxidantes limpiadores como oxígeno o un gas que contenga oxígeno y un complejo agregado de Co/Mn con puentes oxo bien en su forma pura o bien contenido en una matriz sólida.

Todavía otro objeto de la presente invención es la preparación de ácido adípico a partir de ciclohexanol, ciclohexanona o una mezcla de los mismos.

Por consiguiente, el presente proceso proporciona un proceso mejorado para la preparación de ácido adípico que comprende la oxidación de un compuesto cíclico seleccionado de entre el grupo consistente en ciclohexanol, ciclohexanona y una mezcla de los mismos en un disolvente polar con oxígeno en presencia de un catalizador complejo agregado de Co/Mn con puentes μ_3 – oxo y un iniciador de la oxidación, a una presión de por los menos 997 kPa, a una temperatura comprendida entre 353-403 K, durante un periodo comprendido entre 0,5 y 8 horas. El cambio de la temperatura de la mezcla de reacción a una

temperatura ambiente y la recuperación del ácido adípico a partir de la mezcla de Reacción por métodos convencionales.

VI. OBTENCIÓN DE ÁCIDO ADÍPICO A PARTIR DE FENOL

El fenol es una alternativa como materia prima para obtener ciclohexanol y se llevará a cabo en 2 etapas.

El fenol en principio se hidrogena, en fase líquida entre 200 - 300 ° C y bajo presión en presencia de níquel pirofórico como catalizador, de esta forma obtenemos ciclohexanol en la primera etapa.

En la segunda etapa se oxida el ciclohexanol para obtener el ácido adípico. La oxidación se puede llevar a cabo de las siguientes maneras:

- Con HNO_3 (60% en peso) a una temperatura de 50 – 80 ° C, a presión normal siendo necesaria la presencia de un catalizador mezcla de NH_4VO_3 y $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$
- Con aire y catalizadores de acetatos de $\text{Cu}(\text{II})$ y $\text{Mg}(\text{II})$. En fase líquida a 80-85 ° C y 6 bar de presión, frecuentemente en solución acética. Este procedimiento es poco frecuente.

VII. OBTENCIÓN DE ÁCIDO ADÍPICO A PARTIR DE BENCENO

Si hidrogenamos el benceno obtenemos el ciclohexano.

El núcleo Bencénico por catálisis, fija seis átomos de hidrogeno formando el ciclohexano, manteniendo así la estructura de cadena cerrada.

Partiendo del ciclohexano se oxidaría de forma directa para dar de forma directa ácido adípico (explicado ya en una alternativa de proceso).

Solutia, antiguamente Monsanto, trabajando con el Instituto Boreskov de Catalisis (BIC) en Rusia, desarrolló en una única etapa de proceso la fabricación de fenol a partir de benceno, usando óxido nitroso en la etapa de la oxidación. De esta manera, con este proceso

se producía fenol y ácido adípico.

Solutia ha desarrollado un proceso no limpio de producción de óxido nitroso pero potencialmente muy bueno de cara a la producción económica para ambos productos fenol y ácido adípico.

1.2.2.- Selección del Proceso

La selección del proceso se basa principalmente en las materias primas utilizadas para obtener ácido adípico y en las condiciones de operación y cinéticas de la reacción.

Partiendo de sustancias como el butadieno, el fenol, el ciclohexano o la ciclohexanona, las temperaturas de reacción y las presiones son muy elevadas.

Materia prima	Temperatura	Presión	Estado
Fenol	200 – 300 °C	Bajo presión	Líquido
Ciclohexanona	400 – 500 °C	Atmosférica	Líquido
Ciclohexano	250 °C	Elevadas	Líquido
1,3- butadieno	200 – 300 °C		Gas

Estos datos se traducen en mayor coste de los equipos (reactores) y, como consecuencia, un coste elevado en mantenimiento.

Los tiempos de residencia en estos casos también son más altos y la producción se prolonga de manera que la productividad disminuye en comparación con el método seleccionado.

Las etapas también aumentarán, ya que el proceso en los casos anteriores es más largo para obtener el ácido adípico.

En cambio, utilizando ciclohexanol, se necesitan menos etapas de reacción, menor tiempo de residencia, temperaturas de reacción moderadas y se puede trabajar a presión atmosférica.

La oxidación del ciclohexanol con ácido nítrico (+ catalizadores) es muy exotérmica, pero se puede controlar con facilidad añadiendo ácido nítrico en exceso.

La eliminación de gases perjudiciales y el rendimiento de la reacción se pueden mejorar considerablemente, añadiendo una segunda etapa de oxidación al proceso, la cual representa un aumento del coste insignificativo en comparación con el coste total del equipamiento e infraestructura.

Materia prima	Temperatura	Presión	Estado
Ciclohexanol	50 – 80°C	Atmosférica	Líquido

La desventaja es que este método genera gases tóxicos provenientes de la degradación del ácido nítrico, pero estos gases pueden lavarse y recuperarse en forma de ácido nítrico para reutilizarse en la etapa de oxidación.

Los catalizadores también se pueden recuperar mediante intercambio iónico, con lo que los residuos que genera el método seleccionado son mínimos y los gastos en reactivos una vez comenzado el proceso de producción disminuyen.

1.2.3.- Diagrama de Bloques

A continuación se expone una estructura en bloques del proceso para dar una visión esquemática del mismo:

[illegible]

1.3.- CONSTITUCIÓN DE LA PLANTA

En este apartado se explica la separación que se ha hecho en la planta por áreas afines y comunes, y las decisiones tomadas a la hora de realizar el Layout y la implantación.

1.3.1.- Layout

Una vez realizado el diagrama de proceso se dividen las diferentes etapas por áreas, disponiéndose de la siguiente manera:

- Área 100: Almacenamiento de ciclohexanol
- Área 200: Almacenamiento de ácido nítrico
- Área 300: Área de reacción
- Área 400: Área de separación
- Área 500: Área de purificación de AA y AS
- Área 600: Área de secado y envasado
- Área 700: Área de almacenamiento, recuperación y recirculación de catalizadores y materia prima para la reacción.
- Área 800: Tratamiento de gases contaminantes
- Área 900: Servicios
- Taller
- Edificio A: Oficinas, laboratorio, sala de control, lavabos, etc.

Los requisitos generales referentes al layout siguiendo la normativa urbanística que se han de cumplir en el polígono industrial 'Nylon-66' son los siguientes:

- Ocupación máxima de la parcela: 75%
- Ocupación mínima de la parcela: 20% de la superficie de ocupación máxima
- Aparcamientos: 1 plaza por cada 150m² construidos

Los requisitos establecidos para poder realizar el layout correctamente han sido:

- No llegar a la ocupación máxima del 75% de la parcela, intentando a la vez dejar el suficiente espacio vacío para poder hacer ampliaciones futuras. Esto es debido a que cuanto más terreno ocupado se tenga, más se condiciona a la hora de hacer ampliaciones en el proceso.

- Colocación de todas las áreas siguiendo el orden lógico del proceso, y colocarlas separadas unas de otras dejando calles de paso entre ellas para poder acceder fácilmente a

cualquier punto de la planta.

- Colocación de isletas en las calles de circulación de camiones, para que puedan acceder fácilmente a las zonas de carga y descarga de materias primas y producto acabado.

- Colocación de un pequeño parking de camiones, debido a la afluencia de éstos, para que no hayan de quedar por medio de la planta en caso de que haya alguna incidencia en ésta.

- Colocación de la estación transformadora al lado del vallado de planta, para que la compañía pueda acceder a ella fácilmente sin necesidad de acceder por el interior de la planta.

Las áreas condicionantes a la hora de localizarlas en el layout son la de almacenamiento, ya que tienen, según el producto, una legislación concreta que especifica las distancias que se han de mantener respecto a las otras áreas de la planta.

Para poder diseñar la situación de las áreas de almacenamiento, tanto de materias primas como producto acabado, se ha seguido la legislación vigente, es decir, las APQs de cada producto.

1.3.2.- Implantación

Los requisitos que, según la normativa, vienen establecidos a la hora de realizar la implantación de cada zona son los siguientes:

- Altura máxima: 16 metros y 3 plantas, excepto en producción justificando la necesidad del proceso.
- Altura mínima: 4 metros y 1 planta.
- Distancia entre edificios: 1/3 del edificio más alto con un mínimo de 5 metros.
- Retranqueos a viales y vecinos: 5 metros.

1.3.3.- Especificación de cada área

Áreas 100 y 200: Ciclohexanol y Ácido Nítrico

Son las áreas de almacenamiento de materias primas.

El ciclohexanol se almacena en tanques de 75 m³ que están enterrados debido a que es un producto inflamable y disponerlos de esta manera es mucho más seguro y evita riesgos innecesarios.

El ácido nítrico es corrosivo con lo que NO puede almacenarse en tanques enterrados. Se han diseñado tanques aéreos verticales de 200 m³.

Estos tanques de almacenamiento se han ubicado dentro de planta en zonas donde la descarga del camión se puede realizar de forma segura y sin entorpecer la circulación de camiones y otras acciones que puedan darse en planta.

Se han instalado 3 tanques de agua de proceso para la zona 300 de reacción y 2 tanques más en la zona 500 de purificación. Estos tanques tienen una capacidad de 500 m³ y no deben cumplir, en cuanto a distancias y seguridad industrial, ninguna especificación ya que el producto no es peligroso.

Áreas 600: Secado y almacenamiento de producto acabado

Su superficie es de 509,22 m² para secadores y silos de almacenamiento de producto final y 203,28 m² para la zona de envasado y almacenamiento puntual del pedido de big-bags o sacos realizada.

El almacenamiento de ácido adípico se realiza en silos de 200 m³. En el caso de que se produzca una demanda de producto en sacos de 25 Kg o de Big-Bags de 800 Kg se transportará el sólido hacia una sala dónde se realizará el envasado y el almacenamiento puntual del pedido.

El almacén se mantendrá a una temperatura de 20°C, seco y limpio. Los dispositivos de seguridad empleados se indican en el capítulo de Seguridad e Higiene.

Suministro de Materias Primas y Emisión de Producto Final

Para garantizar la continuidad en nuestro proceso hemos instalado 9 tanques de ácido nítrico al 60% de pureza con una capacidad de 200 m³ cada uno y 7 tanques de ciclohexanol de 75 m³.

Se espera un camión cisterna por hora de ácido nítrico al 60%, con lo que se pondrán dos bombas de carga de tanques para que no haya acumulación de camiones cisterna y 1 camión cada dos horas para suministro de ciclohexanol.

Debido a que pueden surgir problemas y la puesta en marcha necesita más cantidad de materia prima, se ha alquilado dos tanques de 1000 m³ cada uno a la empresa Terquimsa:

Terquimsa (químicos)



Datos de contacto

Teléfono: 93 223 48 80

Fax: 93 223 45 19

Web: www.terquimsa.com

Correo electrónico: comercial@terquimsa.com

Situación

Muelle 32 Inflamables (Puerto de Barcelona)

Características

Almacenamiento de productos líquidos a granel: químicos, aceites vegetales, lubricantes, fuel, fertilizantes, etc.

Capacidad: 42.000 m³.

69 tanques de almacenamiento.

Servicios

Carga y descarga de buques:

Acceso a 3 muelles de atraque.

Carga y descarga de camiones cisterna.

Envasado

Planta semiautomática de llenado de bidones de 216 y 230 litros y contenedores plásticos de 1.000 litros.

Otros servicios

Trasbordo de productos entre buques.

Gestión de mercancías en régimen de Depósito Fiscal y Aduanero.

Gestión autorizada de residuos.

Se esperan **6 camiones al día** de carga de producto final, ya que se espera una

emisión de 121 toneladas diarias de ácido adípico, pero se tiene capacidad para emitir más producto diario en caso de que fuera necesario debido a la instalación de 6 silos de 200 m³. Sólo es posible cargar 3 camiones simultáneamente, ya que la disposición de los silos así lo exige.

Área 300: Área de reacción

El área de reacción está ubicada en un edificio con una superficie de 180,91 m² y tiene 4 reactores de flujo pistón dispuestos de 2 a 2 en paralelo. No obstante, habrá dos reactores más para solventar la interferencia en el proceso en caso de que algún reactor deba quedar inutilizado.

Es una de las zonas más peligrosas de toda la planta ya que la reacción es exotérmica y genera una gran cantidad de calor que tiene que ser controlada para no llegar a una situación de runaway con lo que el intercambio de calor que se debe realizar debe ser eficaz y capaz de controlar la temperatura de los reactores.

Área 400: Área de separación

Está situada en una edificación con una superficie de 390,74 m². En esta zona tiene lugar la separación de los gases disueltos de la corriente principal de proceso, ya que pueden perjudicar la producción de ácido adípico bajando su rendimiento y su grado de pureza.

El desorbedor, además de separar los gases, favorece la formación de ácido nítrico.

Las columnas de destilación separan el agua y el ácido nítrico sobrantes de la corriente principal que posteriormente se tratan, recirculan y se reutilizan, acción que generará un ahorro en la compra de materias primas.

Área 500: Área de purificación

Es donde tiene lugar la cristalización y posterior purificación de ácido adípico. Primero se forman los cristales de ácido adípico con un tamaño de partícula de 500 µm, ya que se desea obtener un tamaño lo más grande posible, y posteriormente, se eliminan las impurezas por debajo del 1% para conseguir un grado de pureza adecuado para su comercialización.

Las aguas madres obtenidas en esta zona se recircularán al área 700.

El área 500 ocupa una superficie de 799,59 m².

Área 700: Área de recuperación de catalizadores

Su superficie es de 1364,98 m² para realizar la recuperación de catalizadores mediante columnas de intercambio iónico formadas por tres etapas: captación de iones, lavado con agua y regeneración de la resina.

La resina utilizada es de tipo sulfónica y retendrá los catalizadores hasta que la corriente de nítrico que se dirige a los reactores los recoja. La eficacia conseguida es del 98%.

De esta manera se consigue un ahorro económico importante en catalizadores.

Área 800: Área de tratamiento de gases

Mediante una serie de intercambiadores y dos reactores catalíticos se realiza el tratamiento de gases contaminantes para descomponerlos y disminuir la cantidad de éstos de manera que la emisión a la atmósfera a través de la antorcha esté por debajo de valores perjudiciales tanto para las personas como para el medioambiente.

Área 900: Área de Servicios

Esta zona no tiene una ubicación determinada, ya que los diferentes servicios de los que disponemos están situados en diferentes zonas de planta dependiendo de la necesidad y de criterios de seguridad.

Disponemos de los siguientes servicios:

- Generador pirotubular de vapor de agua
- Torres de refrigeración
- Gas natural
- Nitrógeno
- Energía Eléctrica
- Agua de Red
- Aceite térmico

2.-DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

2.1.- DESCRIPCIÓN GENERAL

La planta presenta una división de ocho zonas claramente diferenciadas:

- Zona 100. Sección de almacenamiento de ciclohexanol materia prima para alimentación del proceso. Se compone básicamente por el parque de tanques de almacenamiento del ciclohexanol y la correspondiente instalación de bombeo para introducir la materia prima al proceso.
- Zona 200. Sección de almacenamiento de ácido nítrico materia prima. Compuesta por parque de tanques e instalación de bombeo de los mismos.
- Zona 300. Sección de reacción. Claramente, lo más importante de esta zona es el conjunto de reactores de oxidación, donde se lleva a cabo la reacción en dos etapas, aunque también hay equipos con los que se adecua la entrada a los mismos.
- Zona 400. Sección de separación. Es en esta sección donde se lleva a cabo una separación más o menos grosera de los productos de reacción, primero entre incondensables y fase líquida, segundo entre productos de reacción y materias primas no reaccionadas.
- Zona 500. Sección de purificación de productos. Sección en la que se llevan a cabo sucesivas etapas de cristalización y filtrado principalmente, con el objetivo de alcanzar la pureza de producto requerida.
- Zona 600. Sección de secado y almacenaje de producto. Se seca el producto hasta el grado de humedad requerida, se enfría y se almacena. En esta zona se cuenta también con una envasadora para presentar el producto según la demanda del mercado.
- Zona 700. Sección de tratamiento de la recirculación. Sección en la que se recupera el catalizador mediante intercambio iónico, y las materias primas no reaccionadas mediante un tren de destilación.
- Zona 800. Sección en la que se tratan los gases obtenidos de la etapa de reacción. Hay una etapa de lavado y otra de aireación, en las que se pretende

recuperar ácido nítrico y desorber los incondensables de la fase líquida. El tratamiento principal se lleva a cabo en dos reactores a alta temperatura con el fin de eliminar gran parte del N₂O y mejorar las emisiones.

- Zona 900. Sección que recoge los servicios necesarios para proceso de la planta, tales como: circuito de agua de refrigeración (con la torre de refrigeración), circuito de agua caliente, de chilled water, de aceite térmico, de vapor, antorcha...

2.2.- DIAGRAMA DE FLUJO

El diagrama de flujo se presenta en el apartado Planos.

2.3.- DESCRIPCIÓN DETALLADA

2.3.1. Descripción detallada de la Zona 100

2.3.1.1. Equipo T-101 a T-107.

Los equipos T-101 a T-107 son los tanques que conforman el parque de almacenamiento de ciclohexanol, que se almacena en condiciones atmosféricas, a temperatura ambiente y presión atmosférica. En estas condiciones el ciclohexanol está en estado líquido.

El ciclohexanol fresco es traído a la planta en camiones cisterna, que descargan directamente a los tanques. Antes de realizar la descarga se lleva a cabo un control de calidad del ciclohexanol. Para ello, se toma una muestra de la carga y se lleva a analizar al Laboratorio de Control de Calidad. Se controla la pureza requerida, pero además, que no contenga impurezas que puedan envenenar alguno de los catalizadores de la reacción. Una vez que el laboratorio da luz verde se procede a cargar los tanques de almacenamiento.

Debido a que es un depósito estanco, se dispone de un sistema de inyección de nitrógeno gas para que la presión en el tanque se mantenga constante cuando se está bombeando el ciclohexanol. De esta manera se asegura que el tanque no sufra malformaciones a consecuencia del vacío que se provocaría. Se inyecta un gas inerte debido al carácter inflamatorio del líquido.

Para el llenado del tanque, y para que no suceda el efecto inverso, a medida que entra el líquido en el tanque el gas que se ve desplazado se introduce en la cisterna del camión.

Alrededor de los tanques se dispone un cubeto por seguridad en caso de rotura o fuga.

2.3.1.2. Equipo B-101

Estas bombas son las que impulsan el ciclohexanol fresco al proceso. Son bombas centrífugas que dan a la corriente una carga tal que al reactor el ciclohexanol llega con una presión de 4 bar. Se dispone de una bomba en paralelo de iguales condiciones.

2.3.2. Descripción detallada de la Zona 200

2.3.2.1. Equipo T-201 a T-209

Este conjunto de equipos son tanques destinados al almacenamiento de ácido nítrico al 60% de concentración, que se usa como reactivo en el proceso al tiempo que como fluido de regeneración en el intercambio iónico. Todos ellos tienen las mismas propiedades de diseño. El ácido nítrico se almacena en condiciones atmosféricas de presión y temperatura. En dichas condiciones, está en forma líquida.

Debido a su carácter corrosivo estos tanques poseen propiedades especiales, tal como el pasivado del acero que los compone. Estas propiedades se detallan de manera más profunda en el apartado de diseño.

El ácido nítrico fresco es traído a la planta en camiones cisterna, que descargan directamente a los tanques. Antes de realizar la descarga se lleva a cabo un control de calidad del ciclohexanol. Para ello, se toma una muestra de la carga y se lleva a analizar al Laboratorio de Control de Calidad. Se controla la pureza requerida, pero además, que no contenga impurezas que puedan envenenar alguno de los catalizadores de la reacción. Una vez que el laboratorio da luz verde se procede a cargar los tanques de almacenamiento.

Debido a su carácter estanco, se dispone de un sistema de inyección de aire, consiguiendo así unas condiciones de presión en su interior constantes sea cual sea la cantidad de materia prima que se encuentra en su interior. Del mismo modo, para el llenado de los mismos, se dispone de una válvula de alivio para evacuar el aire desplazado por el líquido.

Los tanques están rodeados de un cubeto por seguridad en caso de rotura o fuga.

2.3.2.2. Equipo B-201

Estas bombas son las que impulsan el ácido nítrico fresco al proceso. Son bombas centrífugas que dan a la corriente una carga tal que al reactor el ácido nítrico llega con una presión de 4 bar si la entrada es directa al reactor o previo uso como regenerador en el intercambio iónico. En este último caso, como la presión requerida es

más baja se dispone a la entrada de cada torre de intercambio iónico de una válvula de expansión. De esta manera se prescinde en este punto de bombas con dos perfiles distintos. Se dispone de una bomba en paralelo de iguales condiciones.

2.3.3. Descripción detallada de la Zona 300

2.3.3.1. Equipo IC-301.

Este equipo es un intercambiador de calor de carcasa y tubos en el que se atempera el ciclohexanol para su entrada en la reacción a la temperatura óptima. Su existencia se justifica principalmente en la puesta en marcha, ya que en operación la corriente de recirculación que entra al reactor tiene la entalpía suficiente para conseguir que el ciclohexanol fresco que demanda el proceso alcance la temperatura de trabajo.

El salto térmico que se propone para este equipo es pequeño, puesto que el ciclohexanol se almacena a temperatura ambiente y la temperatura requerida es tan sólo de 35 °C.

2.3.3.2. Equipo R-301 A/B/C.

Estos reactores son la parte más importante de la planta. En esta primera etapa se pretende favorecer la formación de la máxima cantidad de producto intermedio. La primera etapa de reacción se lleva a cabo en flujo pistón en la que se desprende calor, por ese motivo se dispone de reactores cuya construcción es la de un intercambiador de calor de carcasa y tubos, en los que la corriente de proceso viaja por los tubos y el refrigerante que retira el calor de reacción generado lo hace en contracorriente y por el lado de la carcasa. De esta manera se asegura la constancia de la temperatura durante toda la etapa de reacción.

La disposición de los reactores es vertical, debido en gran medida a las dimensiones resultantes de los mismos. Además, debido al gran volumen de reactivos de reacción se requieren tres reactores en paralelo y exactamente iguales, de los cuales sólo dos trabajan simultáneamente.

Trabajan a una presión absoluta de 4 bar. La temperatura en ellos es de 35 °C, por lo que no requieren aislamiento y las pérdidas de calor al exterior son despreciables. La consecución de la conversión deseada en reactor se conoce de manera indirecta por la temperatura, esto es, la temperatura es constante, pero para

que sea constante se necesita un flujo de agua de refrigeración. El flujo de agua es proporcional al calor de reacción generado, y su valor viene determinado por el grado de avance de la reacción.

Los reactivos entran por distintos conductos al reactor, garantizando que la reacción comienza en el interior de los equipos, ya que por su carácter exotérmico, permitir su mezclado antes llevaría a dificultar el control en esta zona de proceso. Los reactivos se encuentran en fase líquida, pero a lo largo de la reacción aparecen gases como consecuencia de la misma. Por esta razón, en el cabezal de salida, el líquido se recoge por rebose separándolo así del gas y facilitando la operación monofásica en la siguiente etapa. Los gases se recogen y se conducen a la sección 800, destinada a su tratamiento.

2.3.3.3. Equipo R-302 A/B/C.

En la segunda etapa de reacción todo el producto intermedio generado en el primer bloque de reacción pasa a producto final. Esto se desarrolla en tres reactores idénticos a los de la primera etapa, es decir, los reactores son verticales, por los tubos viaja la corriente de proceso y por la carcasa el fluido refrigerante. Sólo dos de los tres reactores trabajan simultáneamente.

Trabajan a una presión absoluta de 4 bar. La temperatura en ellos es de 57,5 °C, por lo que tampoco requieren aislamiento y las pérdidas de calor al exterior son despreciables. La consecución de la conversión deseada en reactor se control por el flujo de agua de refrigeración. El flujo de agua es proporcional al calor de reacción generado, y su valor viene determinado por el grado de avance de la reacción.

Los reactivos de esta etapa entran en fase líquida, pero a lo largo de la reacción aparecen gases como consecuencia de la misma. Por esta razón, en el cabezal de salida, el líquido se recoge por rebose separándolo así del gas y facilitando la operación monofásica en la siguiente etapa. El bombeo a la siguiente etapa se realiza con bombas centrífugas B-302 A/B/C. Los gases se recogen y se conducen a tratamiento en la sección 800 de la planta.

Los puntos fundamentales que han llevado a la selección de este tipo de reactor se muestran a continuación:

- La conversión final que se desea obtener.
- El calor desprendido en la reacción.
- El modelo de flujo con el que se quiere trabajar.

1.- La **conversión** del ciclohexanol a ácido adípico viene condicionada por varios parámetros esenciales en la reacción: la concentración de ácido nítrico, la temperatura de las etapas de la reacción, el catalizador utilizado y su concentración.

→ Efecto de la concentración de HNO_3 :

La concentración de nítrico está íntimamente ligada con la temperatura de la oxidación de tal manera que la temperatura de la primera etapa de reacción se define a partir de dicha concentración.

A mayor concentración de nítrico mayor conversión del ciclohexanol y lo que es más importante mayor selectividad a ácido adípico hasta que a una temperatura determinada se sobrepasa el límite de solubilidad de ácido adípico. Sin embargo mayor es la concentración y la selectividad menor es la recuperación del HNO_3 como NO_x .

→ Efecto de la temperatura:

La temperatura de la reacción va a depender no sólo de la cantidad de HNO_3 sino también del tiempo de residencia en el reactor.

Para bajas concentraciones de HNO_3 la temperatura en la primera etapa no excede los 50 °C, los valores óptimos se encuentran entre 35-40 °C, y en la segunda etapa no sobrepasa los 100 °C.

A mayor temperatura mayor selectividad pero más pérdidas de ácido nítrico porque se recupera menos cantidad a partir de los óxidos.

→ Efecto de los catalizadores:

La presencia de catalizadores es fundamental para acelerar la reacción y para conducirla a la formación del producto deseado aumentando la selectividad del proceso y disminuyendo la formación de subproductos.

Entre todos los catalizadores que pueden estar presentes se ha estudiado el efecto de los más comunes, el Cu^{2+} y el V^{5+} .

Durante la primera etapa la presencia de vanadio acelera la oxidación del ciclohexanol, mientras que en la segunda etapa acelera la conversión de los productos intermedios, sobretodo de las ciclohexano diona a ácido adípico.

Por su parte la influencia del cobre se nota a partir de los 40 °C cuando aminora la formación de los ácidos glutárico y succínico a partir de las ciclohexanodionas.

Cuando se trabaja con a 40% wt de HNO_3 el rendimiento por adición de cobre a 40 °C aumenta un 0,5 % y un 2,5 % trabajando en torno a los 60 °C.

Así las condiciones del reactor se han determinado según las conclusiones:

1.- Bajas temperaturas y bajas concentraciones de HNO_3 para reducir su consumo específico.

Se ha tomado una concentración de **32 % wt de HNO_3** y unas temperaturas de **35 °C** en la primera etapa y de **57,5 °C** en la segunda.

2.- Tiempos de residencia elevados para favorecer la selectividad sin afectar al consumo de ácido nítrico. Para la primera etapa a temperaturas menores de 50 °C el tiempo de residencia se encuentra entre 7,5 y 25 min.

Se trabaja con un tiempo de residencia de **9,6 min**, suficiente para la reacción pero no demasiado elevado para favorecer el diseño del reactor.

3.- Concentraciones de los catalizadores se estiman llegando a un equilibrio entre la velocidad de reacción a ácido adípico, la disminución de la generación de subproductos y la posterior recuperación del HNO_3 .

Se ha escogido la misma concentración para ambos catalizadores de **0,02 mol/l**, se van a utilizar Cu^{2+} y VO_2^+ que se introducen en forma de sales: **$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ y NH_4VO_3** .

2.- **El calor desprendido** en la reacción es primordial para la selección del reactor, en esta reacción el calor desprendido es tan elevado que se ha optado por la selección de un reactor con una configuración de carcasa y tubos para facilitar la absorción del calor generado. Además interesa trabajar con temperaturas constantes en los reactores prestando atención al control de la temperatura, que es más sencillo en un intercambiador de tubos que en un tanque encamisado.

3.- La elección de un reactor con forma de intercambiador determina el modelo de flujo en el equipo: **modelo de flujo pistón**.

Según lo explicado se trata de un reactor isotérmico formado por dos etapas de reacción que ocurren a diferentes temperaturas en dos reactores contiguos.

Debido a la elevada cantidad de flujo de alimentación que entra en el reactor se van a colocar dos reactores en paralelo de manera que cada uno de ellos trata la mitad de la alimentación, resultando la configuración que sigue:

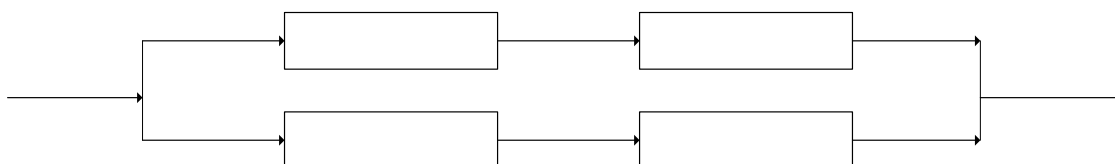


Fig. 2.1 Esquema de las etapas de reacción

2.3.4. Descripción detallada de la Zona 400

2.3.4.1. Equipo D-401.

Este equipo es un desorbedor de gases, con el que se pretende retirar de la corriente principal en gran medida los gases que han sido arrastrados por el flujo y los que se encuentran disueltos en los distintos componentes de la corriente. Para ello, y mediante un distribuidor de líquido entra la corriente por la parte superior de la columna, descende por gravedad por los huecos del relleno al mismo tiempo que por la parte inferior se inyecta aire.

El relleno de la columna tiene las características necesarias para la transferencia de materia y debido al carácter corrosivo del ácido nítrico y a que en la torre no se alcanzan temperaturas muy elevadas se trata de un relleno de plástico.

El aire en su camino ascendente se lleva los gases arrastrados, parte de los gases disueltos y además se da una reacción, en la que el NO en presencia del oxígeno del aire se transforma en NO₂.

La fase líquida sale por la parte inferior de la columna y la fase gas por la parte superior, y se conduce a la sección de tratamiento de gases. Esta torre trabaja a una presión de 3,5 bar y a una temperatura variable a lo largo de la misma, ya que la fase líquida entra a unos 56°C, pero el aire, al venir de una etapa de compresión entra a unos 148°C.

2.3.4.2. Equipo IC-401.

El propósito de este intercambiador de calor es aprovechar la entalpía de las colas de la torre de destilación CD-401 para incrementar la temperatura de alimentación a la torre. Con este equipo se desarrolla integración energética puesto que la salida de colas tiene una temperatura muy elevada para la etapa siguiente, que es una etapa de cristalización por enfriamiento, y si se incrementa la temperatura de entrada a la torre de destilación el calor intercambiado requerido en el ebullidor es menor.

Se ha de garantizar que la temperatura de la corriente caliente no baje por debajo de un valor, 100°C ya que comenzaría la cristalización del ácido adípico. El margen es bastante amplio, pero por si acaso, la corriente fría dispone de una conducción by-pass, para dosificar el flujo que entraría al intercambiador.

Aunque los componentes de ambas corrientes, tanto la fría como la caliente, son los mismos pero en distintas proporciones, la caliente va por los tubos, por las posibles deposiciones de sólido en las paredes.

2.3.4.3. Equipo CD-401.

En esta torre de destilación multicomponente se pretende separar en la medida de lo posible los ácidos dicarboxílicos de resto de componentes más volátiles. La elección de los componentes clave es primordial para el buen diseño de la columna, en este caso la finalidad es separar la gran cantidad de agua y ácido nítrico de la corriente de salida del reactor; sin embargo es necesaria la presencia de cierta cantidad de agua en la que se encuentran disueltos los diferentes ácidos orgánicos que se han formado. Es por ello por lo que se han tomado como componentes claves el ciclohexanol como clave pesado y el azeótropo que forman el agua y el ácido nítrico como clave ligero; ya que ésta mezcla de agua y nítrico no puede separarse a partir de ese punto y porque el azeótropo tiene un punto de ebullición mayor que la del agua.

En el destilado se recupera la mayoría del agua y del ácido nítrico y una pequeña parte del ciclohexanol. Esta corriente se conduce a la sección 700, sección de tratamiento de la recirculación, para recircularla al reactor de oxidación de ciclohexanol. Por colas se obtienen mayoritariamente el ciclohexanol, los ácidos dicarboxílicos y los catalizadores.

La columna trabaja a presión atmosférica y a unas temperaturas que oscilan entre los 106°C en cabezas y los 131,7°C en colas. El número de etapas resultantes es de 18 y la alimentación entra en la etapa 12. La torre es de platos.

Como equipos complementarios de la torre, se dispone de un condensador total de carcasa y tubos a la salida del destilado, CO-401, este equipo tiene una

válvula de venteo, por donde se extraen del proceso los gases inconfensables que no hayan sido recuperados en la desorción. Para las colas se dispone de un ebullidor tipo kettle, K-401, con vapor de media como fluido calefactor.

Debido a las altas temperaturas del equipo principal y los complementarios, están contruidos con aislamiento, lo que por un lado favorece la seguridad de los trabajadores, y por otro minimiza las pérdidas de calor al exterior.

2.3.5. Descripción detallada de la Zona 500

2.3.5.1. Equipo CR-501.

A este cristalizador llega la corriente de colas de la columna de destilación CD-401, después de enfriarse parcialmente con la de alimentación de dicha torre. Este cristalizador trabaja en continuo, por lo que por un lado se alimenta en fase líquida al mismo tiempo que por otro se obtiene una fase pastosa.

La cristalización se lleva a cabo por variación de la temperatura a presión constante, la presión en el interior es la atmosférica. En la columna de destilación C-401 se ha retirado suficiente cantidad de agua, principal disolvente en la corriente de los ácidos dicarboxílicos, para que en las condiciones de trabajo del cristalizador la disolución esté muy por encima del punto de sobresaturación. Estas condiciones de trabajo son 50 °C de temperatura, que se consiguen con un encamisado que rodea el equipo y que usa como fluido refrigerante agua de refrigeración a 20 °C.

El tamaño del cristalizador es función de la cinética de formación y crecimiento de los cristales. Esto es, en función del tamaño de cristal deseado, la cinética de crecimiento impone un tiempo de residencia que marca el tamaño del equipo. La cantidad de componente cristalizado es función de la concentración de entrada de la disolución y de las condiciones de operación.

Según esto, en este equipo se pretende sólo la cristalización del ácido adípico y con un tamaño de partícula de 150 a 500 μm . En este cristalizador cristaliza más del 95% del ácido adípico obtenido en la reacción.

2.3.5.2. Equipo F-501.

Este equipo es un filtro rotatorio en el que se separa la fase sólida de la líquida obtenida en el cristalizador CR-501. Para ello es un equipo que trabaja a vacío y en un ciclo se llevan a cabo diversas operaciones.

La corriente llega a una cubeta en la que un porcentaje de la superficie del filtro está siempre sumergida. En ese momento se está haciendo vacío desde el interior del

filtro, por lo que la fase líquida atraviesa el filtro por diferencia de presiones y el sólido es retenido en la superficie del mismo. Como el filtro gira ese porcentaje sumergido sale del cubeto y como el vacío continúa la torta fijada se va secando y apelmazando hasta que el líquido contenido en la torta es aproximadamente el 10% en peso del sólido. Seguidamente, y también ejerciendo vacío, la torta se lava con agua tratada, recuperando así parte de los componentes líquidos que habían quedado retenidos en la torta. Finalmente está la descarga de la torta, que es la única etapa en la que no hay vacío.

A pesar de que se hable de etapas es un proceso totalmente en continuo. El vacío ejercido es de 0,8 bar absolutos de presión y se consigue mediante una bomba de vacío que trabaja en el tanque en el que se recogen las aguas madre y las de lavado.

En la etapa de lavado, hay una pequeña redisolución de sólido en el agua de lavado. Para minimizar este resultado el agua de lavado se aplica a una temperatura lo más próxima posible a la del sólido, en este caso el agua de lavado entra a 45 °C.

2.3..5.3. Equipo TD-501.

En este tanque la operación llevada a cabo es la redisolución del sólido obtenido en equipos anteriores con el fin de su purificación. Es un equipo que trabaja a presión atmosférica y a una temperatura de 80°C. La temperatura es elevada para minimizar el agua necesaria, maximizando así el rendimiento de la purificación.

Por una parte se introduce el sólido y por otra el disolvente, el agua, que entra a 60°C. Para alcanzar los 80°C el tanque está recubierto por una camisa, por la que circula vapor de media. Para conseguir una buena disolución se dispone de un agitador mecánico y un tamaño de equipo que garantice un tiempo de residencia suficiente.

Debido a las altas temperaturas del equipo, está construido con aislamiento, lo que por un lado favorece la seguridad de los trabajadores, y por otro minimiza las pérdidas de calor al exterior.

2.3.5.4. Equipo CR-502.

A este cristalizador llega la disolución obtenida en el tanque TD-501. Este cristalizador trabaja en continuo, por lo que por un lado se alimenta en fase líquida al mismo tiempo que por otro se obtiene una fase pastosa.

La cristalización se lleva a cabo por variación de la temperatura a presión constante, la presión en el interior es la atmosférica. En este caso las condiciones de trabajo son 25 °C de temperatura, que se consiguen con un encamisado que rodea el equipo y que usa como fluido refrigerante chilled water a 7 °C.

El tamaño del cristalizador es función de la cinética de formación y crecimiento de los cristales. Esto es, en función del tamaño de cristal deseado, la cinética de crecimiento impone un tiempo de residencia que marca el tamaño del equipo. La cantidad de componente cristalizado es función de la concentración de entrada de la disolución y de las condiciones de operación.

Sólo cristaliza el ácido adípico, que es el componente mayoritario y con un tamaño de partícula de 150 a 500 μm .

2.3.5.5. Equipo F-502.

Este equipo es un filtro rotatorio en el que se separa la fase sólida de la líquida obtenida en el cristalizador CR-502. Para ello es un equipo que trabaja a vacío y en un ciclo se llevan a cabo diversas operaciones.

La forma de operar de este filtro es exactamente la misma que la del filtro F-501. El vacío ejercido es de 0,8 bar absolutos de presión y se consigue mediante una bomba de vacío que trabaja en el tanque en el que se recogen las aguas madre y las de lavado.

En la etapa de lavado, hay una pequeña redisolución de sólido en el agua de lavado. Para minimizar este resultado el agua de lavado se aplica a una temperatura lo más próxima posible a la del sólido, en este caso el agua de lavado entra a 25 °C.

2.3.5.6. Equipo IC-501.

El propósito de este intercambiador de calor es aprovechar la entalpía de las colas de la torre de destilación CD-501 para incrementar la temperatura de alimentación a la torre. Con este equipo se desarrolla integración energética puesto que la salida de colas tiene una temperatura muy elevada para la etapa siguiente, que es una etapa de cristalización por enfriamiento, y si se incrementa la temperatura de entrada a la torre de destilación el calor intercambiado requerido en el ebullidor es menor.

Se ha de garantizar que la temperatura de la corriente caliente no baje por debajo de un valor, 105 °C, ya que comenzaría la cristalización del ácido adípico. El margen es bastante amplio, pero por si acaso, la corriente fría dispone de una conducción by-pass, para dosificar el flujo que entraría al intercambiador.

Aunque los componentes de ambas corrientes, tanto la fría como la caliente, son los mismos aunque en distintas proporciones, la caliente va por los tubos, por las posibles deposiciones de sólido en las paredes.

2.3.5.7. Equipo CD-501.

A esta torre de destilación multicomponente llegan las aguas madre y las aguas de lavado recogidas de los filtros F-501 y F-502. Se pretende separar en la medida de lo posible los ácidos dicarboxílicos de resto de componentes más volátiles que no se eliminaron en la primera destilación multicomponente. Como en el caso de la columna multicomponente anterior se toman como clave ligero el azeótropo $\text{H}_2\text{O}-\text{HNO}_3$ y como clave pesado el ciclohexanol.

En el destilado se recupera gran parte del azeótropo, todo el agua que no se encuentra con el nítrico y una pequeña parte del ciclohexanol. Esta corriente se conduce a la sección 700, sección de tratamiento de la recirculación, para llevarla de nuevo al reactor principal del proceso. Por colas se obtienen mayoritariamente el ciclohexanol, los ácidos dicarboxílicos y los catalizadores.

La columna trabaja a una presión de 500 mm Hg (0,67 bar) y a unas temperaturas que oscilan entre los 93,6°C en cabezas y los 139,5°C en colas. El número de etapas resultantes es de 18 y la alimentación entra en la etapa 5. La torre es de platos.

Como equipos complementarios de la torre, se dispone de un condensador total de carcasa y tubos a la salida del destilado, CO-501, que utiliza agua de refrigeración para retirar el calor de condensación de la mezcla. Para las colas se dispone de un ebullidor tipo kettle, K-501, con vapor de media como fluido calefactor.

Debido a las altas temperaturas del equipo principal y los complementarios, están contruidos con aislamiento, lo que por un lado favorece la seguridad de los trabajadores, y por otro minimiza las pérdidas de calor al exterior.

2.3.5.8. Equipo CR-503.

A este cristizador llega la corriente de colas de la columna de destilación CD-501, después de enfriarse parcialmente con la de alimentación de dicha torre. Este cristizador trabaja en continuo, por lo que por un lado se alimenta en fase líquida al mismo tiempo que por otro se obtiene una fase pastosa.

La cristalización se lleva a cabo por variación de la temperatura a presión constante, la presión en el interior es la atmosférica. Las condiciones de trabajo son 40 °C de temperatura, que se consiguen con un encamisado que rodea el equipo y que usa como fluido refrigerante agua de refrigeración a 20 °C.

El tamaño del cristizador es función de la cinética de formación y crecimiento de los cristales. Esto es, en función del tamaño de cristal deseado, la cinética de crecimiento impone un tiempo de residencia que marca el tamaño del equipo. La cantidad de componente cristalizado es función de la concentración de entrada de la disolución y de las condiciones de operación.

Según esto, en este equipo se cristaliza la mayoría del ácido adípico restante y una parte importante del ácido succínico y con un tamaño de partícula de unas 100 µm

2.3.5.9. Equipo F-503.

Este equipo es un filtro rotatorio en el que se separa la fase sólida de la líquida obtenida en el cristizador CR-501. Para ello es un equipo que trabaja a vacío y en un ciclo se llevan a cabo diversas operaciones.

La forma de operar de este filtro es exactamente la misma que la del filtro F-501. El vacío ejercido es de 0,8 bar absolutos de presión y se consigue mediante una bomba de vacío que trabaja en el tanque en el que se recogen las aguas madre y las de lavado.

Es una filtración en continuo. El vacío ejercido es de 0,8 bar absolutos de presión y se consigue mediante una bomba de vacío que trabaja en el tanque en el que se recogen las aguas madre y las de lavado. Esta agua de lavado y aguas madres se llevan a la sección de tratamiento de la recirculación, sección 700.

En la etapa de lavado, hay una pequeña redisolución de sólido en el agua de lavado. Para minimizar este resultado el agua de lavado se aplica a una temperatura lo más próxima posible a la del sólido, en este caso el agua de lavado entra a 35 °C.

2.3.5.10. Equipo DH-501A/B/C.

En este tanque se procede a la deshidratación del ácido succínico. Es una etapa fundamental ya que una de las mejores formas de separar el ácido succínico del adípico es mediante destilación, pero para realizar esta operación el ácido succínico debe estar en forma anhidra.

Para que el ácido succínico pierda una molécula de agua debe permanecer durante unas 4 horas bajo unas condiciones de temperatura de 180°C y 50 mm Hg de presión. Bajo estas condiciones el 95% del ácido succínico se deshidrata. Durante este tiempo también se evapora el agua libre que queda.

Debido al tiempo de residencia tan elevado que requiere esta operación, se ha de realizar en discontinuo. Pero para evitar este cambio en la forma de trabajo se plante la instalación de tres tanques de iguales dimensiones. El primero hace labores

de carga, mientras el segundo opera en condiciones de deshidratación y el tercero descarga.

Para alcanzar la temperatura de operación se utiliza vapor de media que viaja por el encamisado de los tanques. El vacío se realiza en el equipo siguiente, la columna de destilación CD-502, por medio de una bomba de vacío.

Debido a las altas temperaturas del equipo, está construido con aislamiento, lo que por un lado favorece la seguridad de los trabajadores, y por otro minimiza las pérdidas de calor al exterior.

2.3.5.11. Equipo IC-502.

El propósito de este intercambiador de calor es aprovechar la entalpía de las colas de la torre de destilación CD-502 para incrementar la temperatura de alimentación a la torre. Con este equipo se desarrolla integración energética puesto que la salida de colas tiene una temperatura muy elevada para la etapa siguiente, que es una etapa de cristalización por enfriamiento, y si se incrementa la temperatura de entrada a la torre de destilación el calor intercambiado requerido en el ebullición es menor. El único parámetro que hay que controlar en este caso es la solidificación del ácido adípico ya que la corriente de colas es prácticamente ácido adípico puro y debe tenerse margen suficiente para que no solidifique dentro del intercambiador de calor.

La corriente caliente, la de ácido adípico, va por los tubos, porque las posibilidades de deposiciones de sólido en las paredes son mayores.

2.3.5.12. Equipo CD-502.

A esta torre de destilación, diseñada como una binaria debido a que la fracción de conjunta de anhídrido succínico y ácido adípico es del 97,8 % en mol, llega la mezcla de ácido adípico y anhídrido succínico deshidratado obtenido en DH-501. Se pretende obtener como destilado el anhídrido succínico y por colas el ácido adípico con la mayor pureza posible.

El anhídrido succínico que se obtiene por cabezas se lleva a hidratación, cristalización, secado y envasado de ácido succínico para su comercialización, límite de batería en este proyecto, por lo que sólo se hace mención a ello. Por otro lado, el ácido adípico obtenido por colas se lleva a purificación para conseguir las especificaciones de producto exigidas.

La columna trabaja a vacío, a una presión absoluta de 250 mm Hg y a unas temperaturas que oscilan entre los 220,2°C 179,7 °C en cabezas y los 295,5°C en colas. La torre es de relleno.

Como equipos complementarios de la torre, se dispone de un condensador total de carcasa y tubos a la salida del destilado, CO-502, desde el que se hace el vacío necesario tanto a la columna de destilación como a la deshidratación anterior, por medio de una bomba de vacío. Para las colas se dispone de un ebullidor tipo kettle, K-502, con aceite térmico como fluido calefactor debido a la elevada temperatura que se alcanza en colas.

Debido a las altas temperaturas del equipo principal y los complementarios, están contruidos con aislamiento, lo que por un lado favorece la seguridad de los trabajadores, y por otro minimiza las pérdidas de calor al exterior.

2.3.5.13. Equipo TD-502.

En este tanque la operación llevada a cabo es la redisolución del ácido adípico que se obtiene por colas en la destilación y que está en fase fundida. Es un equipo que trabaja a presión atmosférica y a una temperatura de 80°C. La temperatura es elevada para minimizar el agua necesaria, maximizando así el rendimiento de la purificación.

Por una parte se introduce el sólido y por otra el disolvente, el agua, que entra a 60°C. Para alcanzar los 80°C el tanque está recubierto por una camisa, por la que circula vapor de media. Puede parecer que no es necesaria la calefacción en esta etapa debido a las altas temperaturas a las que entra el ácido adípico, pero la disolución del mismo en agua es una operación muy endotérmica. Para conseguir una

buena disolución se dispone de un agitador mecánico y un tamaño de equipo que garantice un tiempo de residencia suficiente.

Debido a las altas temperaturas del equipo, está construido con aislamiento, lo que por un lado favorece la seguridad de los trabajadores, y por otro minimiza las pérdidas de calor al exterior.

2.3.5.14. Equipo CR-504.

A este cristalizador llega la disolución obtenida en el tanque TD-502. Este cristalizador trabaja en continuo, por lo que por un lado se alimenta en fase líquida al mismo tiempo que por otro se obtiene una fase pastosa.

La cristalización se lleva a cabo por variación de la temperatura a presión constante, la presión en el interior es la atmosférica. En este caso las condiciones de trabajo son 20 °C de temperatura, que se consiguen con un encamisado que rodea el equipo y que usa como fluido refrigerante chilled water a 7 °C.

El tamaño del cristalizador es función de la cinética de formación y crecimiento de los cristales. Esto es, en función del tamaño de cristal deseado, la cinética de crecimiento impone un tiempo de residencia que marca el tamaño del equipo. La cantidad de componente cristalizado es función de la concentración de entrada de la disolución y de las condiciones de operación.

Sólo cristaliza el ácido adípico, que es el componente mayoritario y con un tamaño de partícula de 150 a 500 μm .

2.3.5.15. Equipo F-504.

Este equipo es un filtro rotatorio en el que se separa la fase sólida de la líquida obtenida en el cristalizador CR-504. Para ello es un equipo que trabaja a vacío y en un ciclo se llevan a cabo diversas operaciones.

La forma de operar de este filtro es exactamente la misma que la del filtro F-501. El vacío ejercido es de 0,8 bar absolutos de presión y se consigue mediante una bomba de vacío que trabaja en el tanque en el que se recogen las aguas madre y las de lavado.

En la etapa de lavado, hay una pequeña redisolución de sólido en el agua de lavado. Para minimizar este resultado el agua de lavado se aplica a una temperatura lo más próxima posible a la del sólido, en este caso el agua de lavado entra a 20 °C.

2.3.6. Descripción detallada de la Zona 600

2.3.6.1. Equipo SI-601.

En esta tolva se recogen los sólidos obtenidos en los filtros F-502 y F-504. Su misión es de hacer de tanque intermedio de almacenamiento antes del secado, de modo que en el se recogen las dos líneas de ácido adípico, con diferencias en sus propiedades, con la finalidad de entren proporcionadas a sus cantidades en el secador y de favorecer la operación en discontinuo de los secadores.

2.3.6.2. Equipo S-601.

Este es el primer secadero del tren de secado. Consiste en un equipo rotatorio que usa como fluido secante aire. Este equipo, por su condición rotatoria, tiene por tanto doble funcionalidad: por un lado la del secado propiamente dicho y por otro la de homogeneización de producto final. El secado se lleva a cabo en discontinuo.

En la primera etapa de secado se trabaja con aire a 100 °C y a presión atmosférica. El flujo de aire es el suficiente para que a la salida el producto tenga una humedad del 3% en peso. El incremento de saturación de vapor de agua que experimenta el aire a su paso por el equipo es de un 40% aproximadamente.

Debido a las altas temperaturas del equipo, está construido con aislamiento, lo que por un lado favorece la seguridad de los trabajadores, y por otro minimiza las pérdidas de calor al exterior.

2.3.6.3. Equipo S-602.

Este secadero es exactamente igual que el primero. Consiste en un equipo rotatorio que usa como fluido secante aire. También tiene funcionalidad: secado y homogeneizado de producto final.

En esta etapa de secado se trabaja con aire a 120 °C y a presión atmosférica. El flujo de aire es el suficiente para que a la salida el producto tenga una humedad del 0,2% en peso. El incremento de saturación de vapor de agua que experimenta el aire a su paso por el equipo es de un 40% aproximadamente.

La diferencia que presenta con el secador anterior es que en este se reserva una etapa de enfriamiento que se realiza con aire a temperatura ambiente.

Debido a las altas temperaturas del equipo, está construido con aislamiento, lo que por un lado favorece la seguridad de los trabajadores, y por otro minimiza las pérdidas de calor al exterior.

2.3.6.4. Equipo SI-602 a 607.

Corresponden a los silos de almacenamiento de producto acabado. De los seis silos cinco de ellos se destinan a carga de cisternas y el otro a la envasadora.

Estos equipos incorporan en la parte superior un filtro de mangas que impide la salida de producto pulverulento a la nave de trabajo.

El transporte a estos equipos se realiza mediante tornillo sinfín flexible.

2.3.7. Descripción detallada de la Zona 700

2.3.7.1. Equipo IO-701,702,703 (A/B).

Se dispone de una serie de columnas de intercambio iónico para la recuperación del catalizador de la corriente de recirculación, puesto que no se pueden recuperar con el resto de los componentes de provecho de dicha corriente en el tren de destilación que sigue.

Las seis columnas son idénticas y están diseñadas para acoger una cantidad de resina suficiente para que se lleve a cabo un óptimo intercambio iónico durante el periodo de tres días. Las columnas trabajan de manera alternativa, mientras tres son atravesadas por la corriente de proceso (A) y captan los iones catalíticos, las otras tres desempeñan funciones de regeneración (B).

Al disponer de dos catalizadores se ha de tener en cuenta que la selectividad de la resina por cada uno de ellos no es la misma, siendo los iones Cu^{2+} los primeros en fijarse.

El proceso de regeneración se calcula para agotar el tiempo entre lavado e intercambio iónico. Se usa ácido nítrico concentrado al 60% wt como agente regenerativo. La cantidad de ácido nítrico que atraviesa el lecho en cada ciclo es el 24,3 % de la alimentación fresca que se ha de incorporar al proceso durante ese tiempo.

La descripción de un ciclo completo sería la siguiente: se hace atravesar la corriente a través de la resina, hasta saturación de la misma, que se estima al cabo de tres días. En ese instante se cierra la válvula de control y comenzaría el intercambio iónico en la columna gemela. Debido a que un gran volumen de corriente de proceso se ha quedado retenido en la columna se bombea agua suficiente para desplazar ese volumen. El control de esta carga de agua está temporizado, puesto que con las dimensiones de la columna y el flujo conocido de agua se sabe el tiempo que tarda ésta en llegar a la cabeza de la columna. Pasado este tiempo se invierte la velocidad de giro de la bomba de agua, por lo que se trata de una bomba de desplazamiento positivo. El tiempo de descarga de esta agua será idéntico al de carga, por lo que cuando la descarga finaliza comienza la alimentación de ácido nítrico por la parte

superior de la columna y con esto comienza la regeneración. Hay que asegurarse que se ha dejado de bombear nítrico con suficiente antelación como para que la columna se haya vaciado antes de que vuelva a comenzar el intercambio iónico.

La temperatura de trabajo de las columnas es la temperatura a la que llegue la correspondiente corriente del equipo previo. La presión será variable a lo largo de la columna, pero suficiente para ser atravesada sin problemas.

2.3.7.2. Equipo TI-701.

Este tanque almacena y dosifica al proceso el ácido nítrico con el catalizador de la etapa de regeneración de los intercambios iónicos. Debido a que mayoritariamente el compuesto almacenado es el nítrico las condiciones de almacenamiento son idénticas a las de los tanques de la sección 200, es decir, debido a su carácter corrosivo estos tanques poseen propiedades especiales, tal como el pasivado del acero que los compone.

De este tanque tiene que salir la cantidad necesaria de catalizador que se ha de alimentar al proceso. Como no todo el catalizador es recuperado en la etapa de intercambio iónico, el que se necesita reponer se añade al tanque de forma manual por la boca de hombre y con una periodicidad de tres días. Por tanto, la composición del contenido de este tanque es variable con el tiempo y para intentar conseguir la máxima homogeneidad posible en cada instante se dispone de agitación. El resto de ácido nítrico que se ha de alimentar al proceso y no pasa por este tanque se incorpora a la salida del mismo.

2.3.7.3. Equipo CD-701.

En esta torre de destilación multicomponente se pretende separar en la medida de lo posible los ácidos dicarboxílicos de resto de componentes menos volátiles. Se toma como clave ligero el ciclohexanol y como clave pesado el ácido succínico.

En el destilado se recupera gran parte del ciclohexanol, y ácido nítrico y agua hasta la concentración del azeótropo. Esta corriente prosigue en el tren de destilación.

Por colas se obtienen mayoritariamente los ácidos dicarboxílicos no recuperados en las etapas de cristalización. La corriente es mayoritariamente ácido glutárico, con una concentración en peso de casi el 70%. Como no se dispone de espacio ni presupuesto para una instalación de glutárico se busca un posible comprador en la bolsa de subproductos. En el caso más desfavorable se daría a otra empresa con posibilidades de aprovechamiento a coste cero.

La columna trabaja a presión atmosférica y a unas temperaturas que oscilan entre los 111,9 °C en cabezas y los 197,7 °C en colas. El número de etapas resultantes es de 10 y la alimentación entra en la etapa 3. La torre es de platos.

Como equipos complementarios de la torre, se dispone de un condensador total de carcasa y tubos a la salida del destilado, CO-701. Para las colas se dispone de un ebullidor tipo kettle, K-701, con vapor de media como fluido calefactor.

Debido a las altas temperaturas del equipo principal y los complementarios, están contruidos con aislamiento, lo que por un lado favorece la seguridad de los trabajadores, y por otro minimiza las pérdidas de calor al exterior.

2.3.7.4. Equipo IC-701.

El propósito de este intercambiador de calor es aprovechar la entalpía de las colas de la torre de destilación CD-702 para incrementar la temperatura de alimentación a la torre. Con este equipo se desarrolla integración energética puesto que la salida de colas tiene una temperatura muy elevada para la etapa siguiente, que es la recirculación a la reacción, y si se incrementa la temperatura de entrada a la torre de destilación el calor intercambiado requerido en los intercambiadores de calor consecutivos a la torre es menor.

2.3.7.5. Equipo CD-702.

En esta torre de destilación multicomponente se pretende recuperar el exceso de agua que lleva la recirculación, incrementando así la concentración de reactivos en la misma. Se toma como clave ligero el agua y como clave pesado el ciclohexanol.

El agua recuperado por cabezas supone el residuo líquido 1 de la planta, que debe ir a tratamiento a la depuradora.

La columna trabaja a presión atmosférica y a unas temperaturas que oscilan entre los 100 °C en cabezas y los 106,8 °C en colas. El número de etapas resultantes es de 20 y la alimentación entra en la etapa 7. La torre es de platos.

Como equipos complementarios de la torre, se dispone de un condensador total de carcasa y tubos a la salida del destilado, CO-702. Para las colas se dispone de un ebullidor tipo kettle, K-702, con vapor de media como fluido calefactor.

Debido a las altas temperaturas del equipo principal y los complementarios, están contruidos con aislamiento, lo que por un lado favorece la seguridad de los trabajadores, y por otro minimiza las pérdidas de calor al exterior.

2.3.7.6. Equipo IC-702.

Este intercambiador de calor es un air cooler, es decir el intercambio de calor se lleva a cabo por convección forzada. El flujo de aire que refrigera la corriente es constante, por lo cualquier variación de flujo o temperatura a la entrada prevalecerá a la salida. Este intercambiador sirve para quitar calor de forma grosera, puesto que seguidamente hay un intercambiador de carcasa y tubos con el que si se puede manipular la temperatura final.

2.3.7.7. Equipo IC-703.

Este equipo es un intercambiador de calor de carcasa y tubos en el que se refrigera la recirculación su entrada en la reacción a la temperatura óptima. La temperatura de salida tiene que ser tal que mezclada con la corriente de ácido nítrico del intercambio iónico y con el ciclohexanol a la entrada de los reactores se alcance la temperatura de reacción.

El fluido refrigerante utilizado es agua fría, que circula por la carcasa.

2.3.8. Descripción detallada de la Zona 800

2.3.8.1. Equipo IC-801.

La finalidad de este intercambiador es bajar la temperatura de la corriente de gases que entra al lavador AB-801 compuesta por la salida gaseosa de los reactores y la corriente de gas que sale del desorbedor D-401, la temperatura de la mezcla es de 99,4 °C.

Para disminuir esta temperatura se aprovecha el agua que entra en el absorbedor posterior, ya que aunque se necesite una baja temperatura del agua debido a que tiene un flujo mucho mayor que el de los gases el salto térmico que experimenta en el intercambiador es relativamente bajo.

2.3.8.2. Equipo AB-801.

En este equipo tiene lugar una transferencia entre una corriente gaseosa y una corriente de agua. Lo que se propone con él es absorber la mayor cantidad posible de NO_2 y NO de la corriente de gases para que una vez disueltos se transformen en HNO_3 que se recircula al proceso.

Para una mejor absorción es necesario trabajar con bajas temperaturas porque la solubilidad de los gases en agua es mayor. En este caso se trabaja a una temperatura de 30 °C en el caso de los gases y en torno a los 20 °C en el caso del agua.

La columna está formada por un relleno que permite una buena transferencia de materia, este relleno tiene que tener unas determinadas características debido a la presencia de nítrico, aunque en este caso sea en muy baja proporción, se ha elegido un relleno de plástico, común al resto de columnas de intercambio gas-líquido que trabajan en la planta, desorbedores D-401 y D-801.

2.3.8.3. Equipo B-801.

La bomba B-801 va a impulsar la salida de líquido del lavador hasta la columna de desorción D-801, para que llegue con la presión necesaria para la operación.

2.3.8.4. Equipo IC-806.

En este equipo se va a subir la temperatura de salida de la corriente líquida del absorbedor AB-801 para su entrada en el equipo siguiente.

Para ello se aprovecha la salida de los gases de una de las etapas de reacción de tratamiento de N_2O debido a su elevada temperatura de salida.

Así se consigue que la corriente líquida alcance una temperatura de 40,35 °C mientras que los gases bajan de 323,24 °C hasta 132,81 °C.

2.3.8.5. Equipo C-801.

El equipo C-801 es un compresor que va a comprimir la corriente de aire necesaria para la desorción posterior desde la presión atmosférica hasta 3,039 bar. El aumento de temperatura debido a la compresión es de 20 a 129,9 °C.

2.3.8.6. Equipo D-801.

Debido a la presencia de multitud de gases solubles en la corriente que se ha tratado en el lavador, el agua absorbente ha diluido no sólo el NO_2 y NO deseados sino también una gran cantidad de CO_2 y N_2O que se encontraba en la corriente; por ello la salida líquida de la columna de absorción se lleva a un nuevo desorbedor de tal manera que se favorezca la desorción del N_2O .

Una de las ventajas con las que se cuenta es que el NO_2 y NO absorbidos anteriormente reaccionan para dar HNO_3 por lo que no se desabsorben de nuevo, ya que en ese caso no tendría sentido la presencia de esta nueva torre de stripping.

Esta columna trabaja con aire como desorbente, a una presión de 3 bar y a una alta temperatura para favorecer el paso de los compuestos al gas. El equilibrio se ve favorecido con altas temperaturas y bajas presiones; en este caso se opta por una presión de 3 bar que surge como convenio entre favorecer el equilibrio de desorción y las reacciones de NO_2 y NO a HNO_3 .

Asimismo se trata de una columna de lecho fijo constituida por un relleno de plástico.

2.3.8.7. Equipo B-802.

La bomba B-802 va a impulsar la corriente líquida de salida del desorbedor D-801 hasta la zona de tratamiento de recirculaciones, zona 700.

2.3.8.8. Equipo IC-802.

Este intercambiador de calor va a aprovechar la entalpía de salida de la corriente de gases de la primera reacción para subir la temperatura de la entrada al reactor.

En él entra una corriente fría a 39,6 °C y sale a 334,05 °C, mientras que la salida del reactor baja su temperatura de 630,2 °C a 360 °C.

2.3.8.9. Equipo IC-803.

Este intercambiador tiene como finalidad aportar el calor necesario a la corriente de gases que entra en el reactor R-801A/B. La temperatura necesaria es de 500 °C, por lo que se necesita un servicio extra de calor que se va a aportar mediante la combustión de gas natural.

2.3.8.10. Equipo R-801 A/B.

Se trata de dos reactores en paralelo cada uno de los cuales trata la mitad de la corriente gaseosa que sale del intercambiador IC-803.

En este reactor se busca la descomposición del N_2O a N_2 y O_2 mediante su propia oxidación, por razones de emisiones de gases con efecto invernadero. Sin embargo no sólo ocurre esta reacción sino que una parte del N_2O se descompone a NO que posteriormente habrá que tratar.

El reactor se caracteriza por estar compuesto por un lecho catalítico fijo formado por Ag y CuO soportados sobre Al_2O_3 . Además se trata de un reactor adiabático en el tiene lugar una reacción exotérmica por lo gases experimentan un

incremento de temperatura de 500 °C hasta 630,3 °C. La presión de trabajo es de 2,92 bar.

Al tratarse de unos equipos que trabajan a temperatura tan elevadas debe tener un importante aislamiento no sólo para mantener esa alta temperatura en su interior sino también como medida de protección para el personal.

Debido a la formación en el reactor R-801 A/B de NO y a la imposibilidad de emitirlo a la atmósfera tal cual, es necesaria la presencia de una descomposición de este óxido de nitrógeno, por lo que la salida del R-801 debe ser tratada para adecuarla a las condiciones de dicha descomposición. Para ello se dispone de una serie de intercambiadores que aprovecha la alta temperatura de salida de los gases.

2.3.8.11. Equipo IC-804.

A la salida del reactor R-801 A/B los gases se conducen a un intercambiador que precalienta la alimentación del reactor. La salida de este intercambiador es llevada a un nuevo intercambiador en el que se va a aprovechar la entalpía de los gases con un cambio de temperatura de 360 a 301 °C para producir vapor de alta presión.

El vapor generado va a ser un 10 % mayor que la cantidad que se necesita en la planta; así no habrá que disponer de un sistema de calderas que formen vapor de alta presión y vapor de media presión durante todo el proceso.

2.3.8.12. Equipo IC-805.

En este intercambiador se va a bajar la temperatura de los gases que posteriormente van a entrar en el reactor R-802 A/B y controlar la temperatura en el equipo. El cambio de temperatura en el cambiador de 301 a 280 °C.

El calor que se desprende se va a aprovechar para producir una pequeña cantidad de vapor de agua de media presión que se utiliza en el proceso.

2.3.8.13. Equipo R-802 A/B.

En este reactor tiene lugar la descomposición del monóxido de nitrógeno a N_2 y O_2 . La temperatura de reacción es de 280 °C y como se trata de una reacción exotérmica y el reactor es un lecho catalítico adiabático los gases aumentarán considerablemente su temperatura alcanzando los 323,4 °C. La presión de operación es de 2,33 bar.

2.3.8.14. Equipo TU-801.

En la turbina TU-801 se van a descomprimir los gases que se mandan a la atmósfera hasta 1 bar, bajando la temperatura de la corriente de gases desde 132,81 °C, que es la temperatura de salida del intercambiador IC-806 hasta 58,63 °C.

3.- BALANCES DE MATERIA

3.1.- BALANCES GLOBALES

Dado que el proceso opera en estado prácticamente estacionario toda la materia que entra a él será la misma que sale de él.

ENTRADAS		SALIDAS	
Catalizador	41,1	Antorcha	118227,4
Ciclohexanol	5736,1	A. Succínico	235,6
HNO ₃	16472,9	A. Adípico	610,9
Aire D-401	77515,0	A. Adípico	7705,4
Agua AB-801	400000,0	RE 1	409,7
Aire D-801	35604,9	RE 2	447338,0
AP F-501	906,8		
AP F-502	371,4		
AP F-503	83,2		
AP F-504	1049,6		
AP TD-501	13260,1		
AP TD-502	1036,6		
Total	552077,7	Total	574527,0

Entrada - Salida	-22449,3

El resultado de esta debería haber sido cero, no lo por dos razones:

- No se han tenido en cuenta corrientes de entrada o salida de bajo orden debido al elevado número de corrientes que entran o sales del proceso.
- A lo largo de todo el flujo de calculo llevado a cabo para el proceso se habrán cometido pequeños errores con las cifras decimales.

Las especificaciones de calidad del ácido adípico producto del proceso que se comercializará se presenta a continuación:

Calidad Ácido Adípico	
Humedad final (%)	0,2
Impurezas finales (%)	0,211
Ton/año	60004,2

BALANCES DE MATERIA POR SECCIONES:

En esta parte del capítulo se explican los pasos seguidos en el cálculo de los balances de materia y energía.

Todos los datos necesarios de las propiedades de los componentes que se utilizan se encuentran tabulados en la sección de anexos, capítulo de *Propiedades*.

3.2.- BALANCES DE MATERIA DE LA SECCIÓN 100:

La sección 100 es la zona de almacenamiento de ciclohexanol por lo que el único balance que puede realizarse es la corriente de salida de los tanques:

	kmol/h	x	kg/h	T (K)
Ciclohexanol	57,4	1,0	5736,1	295,15

Tabla 3.1 Salida de ciclohexanol del parque de almacenamiento

3.3.- BALANCES DE MATERIA DE LA SECCIÓN 200:

Esta sección constituye el área de almacenamiento del ácido nítrico, el único balance que se realiza en esta zona es la corriente de alimentación fresca de ácido nítrico que se necesita alimentar al reactor.

De esta corriente una porción se lleva a las columnas de intercambio iónico para la regeneración de las mismas y para disolver los catalizadores que se encuentran retenidos en la resina y otra parte que se lleva directamente al tanque pulmón T-702 en donde se mezcla con la salida de la regeneración de las columnas y de éste tanque sale la corriente de entrada al reactor.

	kmol/h	kg/h
HNO ₃ a IO-701	127,1	4002,9
HNO ₃ a R-301 A/B	395,9	12470,0

Tabla 3.2 Salida de ácido nítrico del parque de almacenamiento

3.4.- BALANCES DE MATERIA DE LA SECCIÓN 300:

→ *Balance de materia al intercambiador IC-301:*

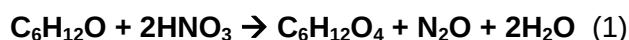
Este intercambiador se utiliza únicamente para la puesta en marcha para calentar a la temperatura de reacción el ciclohexanol.

→ *Balance de materia a la batería de reactores: R-301,R-302:*

La reacción consta de dos etapas en serie, llevadas a cabo en reactores independientes. Además por razones de diseño el flujo se divide dos reactores en paralelo.

El balance de materia al reactor se ha realizado a partir de las reacciones que tienen lugar en su interior:

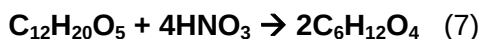
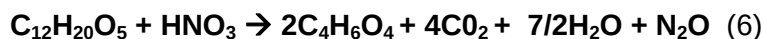
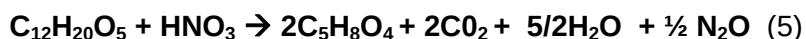
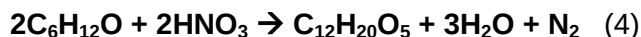
La reacción principal es la formación de ácido adípico a partir de ciclohexanol:



La reacción (2) es una reacción intermedia en la que se forma el ácido nitrolítico que en una reacción posterior da ácido adípico:



El ciclohexanol también forma en menor medida otro intermediario (4); la diona que da se oxida con el ácido nítrico a ácido glutárico (5), succínico (6) y adípico (7):



Además se generan otras reacciones secundarias en las que se forman los óxidos de nitrógeno NO y NO₂.

Los datos necesarios para resolver el balance de materia se han tomado diferentes patentes, las principales características del reactor son:

- Temperatura:
 - Etapa 1: 35 °C
 - Etapa 2: 57,5 °C
- Presión: 4 bar
- Concentración de ácido nítrico 32,6 %wt.
- Tiempo de residencia: 9,6 min
- Concentración de catalizador:
 - o Cu(NO₃)₂ : 0,02 mol/l
 - o NH₄VO₂ : 0,02 mol/l

Las materias primas que se introducen a los dos reactores en paralelo son las corrientes de ciclohexanol y ácido nítrico frescas y la corriente de recirculación que contiene ciclohexanol, agua, ácido nítrico y una pequeña parte de ácido succínico.

Las entradas y salidas de las dos etapas de reacción son:

→ Etapa 1:

Entrada	T	35	°C
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicOH	78,28	0,01	7827,54
HNO ₃	806,24	0,12	50792,90
H ₂ O	5829,23	0,87	105013,53
AC SUC	0,0102	1,53E-06	1,21
Cu(NO ₃) ₂	2,86	0,00043	536,36
NH ₄ VO ₃	2,86	0,00043	334,42
Total	6719,47		164505,96

Tabla 3.3 Entrada al reactor R-301 A/B

Salida	T	35	°C
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicloH	40,81	0,00603	4081,26
HNO ₃	713,12	0,10543	44926,34
H ₂ O	5930,02	0,87675	106740,27
AA	15,50	0,00229	2263,50
AC nitrol	19,67	0,00291	3738,09
AC GLU	0,97	0,00014	127,90
AC SUC	1,32	0,00019	155,32
CO ₂	7,20	0,00106	317,01
N ₂	0,26	0,00004	7,30
N ₂ O	24,24	0,00358	1066,70
NO	0,52	0,00008	15,64
NO ₂	4,26	0,00063	195,85
Cu(NO ₃) ₂	2,86	0,00042	536,36
NH ₄ VO ₃	2,86	0,00042	334,42
Total	6763,61		164505,96

Tabla 3.4 Salida del reactor R-301 A/B

Esta salida está compuesta por una salida líquida que va al proceso y una salida gaseosa que se conduce a un tratamiento:

Salida Liquido	T	35	°C
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicloH	40,81	0,006062	4081,26
HNO ₃	713,12	0,105913	44926,34
H ₂ O	5930,02	0,880734	106740,27
AA	15,50	0,002303	2263,50
AC nitrol	19,67	0,002922	3738,09
AC GLU	0,97	0,000144	127,90
AC SUC	1,32	0,000195	155,32
CO ₂	1,70	0,000252	74,73
N ₂	0,05	0,000007	1,33
N ₂ O	1,81	0,000269	79,59
NO	0,17	0,000025	5,01
NO ₂	2,19	0,000325	100,80
Cu(NO ₃) ₂	2,86	0,000425	536,36
NH ₄ VO ₃	2,86	0,000425	334,42
Total	6733,04		163164,93

Tabla 3.5 Salida líquida del reactor R-301 A/B

Salida gases	T	35	°C
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CO ₂	5,51	0,180	242,28
N ₂	0,21	0,007	5,97
N ₂ O	22,43	0,734	987,11
NO	0,35	0,012	10,63
NO ₂	2,07	0,068	95,05
Total	30,57		1341,04

Tabla 3.6 Salida gaseosa del reactor R-301 A/B

→ Etapa 2:

Entrada	T	57,5	°C
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicOH	40,81	0,00606	4081,26
HNO ₃	713,12	0,10591	44926,34
H ₂ O	5930,02	0,88073	106740,27
AA	15,50	0,00230	2263,50
AC nitrol	19,67	0,00292	3738,09
AC GLU	0,97	0,00014	127,90
AC SUC	1,32	0,00020	155,32
CO ₂	1,70	0,00025	74,73
N ₂	0,05	0,00001	1,33
N ₂ O	1,81	0,00027	79,59
NO	0,17	0,00002	5,01
NO ₂	2,19	0,00033	100,80
Cu(NO ₃) ₂	2,86	0,00043	536,36
NH ₄ VO ₃	2,86	0,00043	334,42
Total	6733,04		163164,93

Tabla 3.7 Entrada a la segunda etapa de reacción

Salida	T	57,5	°C
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicOH	21,39	0,00315	2138,79
HNO ₃	653,27	0,09636	41155,88
H ₂ O	5966,72	0,88009	107490,51
AA	52,11	0,00769	7607,59
AC GLU	2,03	0,00030	267,57
AC SUC	2,75	0,00041	324,93
CO ₂	9,56	0,00141	420,89
N ₂	1,83	0,00027	51,26
N ₂ O	37,34	0,00551	1643,55
NO	2,84	0,00042	85,16
NO ₂	24,08	0,00355	1108,02
Cu(NO ₃) ₂	2,86	0,00042	536,36
NH ₄ VO ₃	2,86	0,00042	334,42
Total	6779,64		163164,93

Tabla 3.8 Salida de la segunda etapa de reacción

La salida está dividida en:

Salida Líquido	T	57,5	°C
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicloH	21,39	0,00319	2138,79
HNO ₃	653,27	0,09736	41155,88
H ₂ O	5966,72	0,88924	107490,51
AA	52,11	0,00777	7607,59
AC GLU	2,03	0,00030	267,57
AC SUC	2,75	0,00041	324,93
CO ₂	1,70	0,00025	74,73
N ₂	0,05	0,00001	1,33
N ₂ O	1,81	0,00027	79,59
NO	0,17	0,00002	5,01
NO ₂	2,19	0,00033	100,80
Cu(NO ₃) ₂	2,86	0,00043	536,36
NH ₄ VO ₃	2,86	0,00043	334,42
Total	6709,90		160117,51

Tabla 3.9 Salida líquida de la segunda etapa de reacción

Salida gases	T	57,5	°C
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CO ₂	7,87	0,113	346,16
N ₂	1,78	0,026	49,93
N ₂ O	35,53	0,509	1563,96
NO	2,67	0,038	80,15
NO ₂	21,89	0,314	1007,22
Total	69,75		3047,41

Tabla 3.9 Salida gaseosa de la segunda etapa de reacción

Las conversiones y la selectividad que se dan en el reactor son:

	Conversión
Etapa 1	0,479
Etapa 2	0,476
Total	0,727
	Selectividad
A Ácido adípico	0,916
A subproductos	0,084

Tabla 3.10. Conversión en R-301/R-302

Balance de energía:

El reactor está formado por un intercambiador de carcasa y tubos debido a que la reacción es altamente exotérmica y esta constitución facilita la retirada de calor del sistema.

El balance de energía en el reactor se ha realizado a través de la entalpía de la reacción:

q reacción	6280	kJ/kg
q generado etapa 1	1974,3	kJ/s
q generado etapa 2	4661,2	kJ/s

Tabla 3.11. Calor generado en las reacciones

Para controlar la temperatura en el reactor y mantener su valor constante en 35 °C en la primera etapa de reacción y en 57,5 °C en la segunda se trabaja con reactores isotérmicos de carcasa y tubos con agua de refrigeración que circula por la carcasa, en la primera etapa se utiliza chilled water con un salto térmico de 7 a 15 °C y en la segunda agua de refrigeración que se calienta de 20 a 35 °C, las necesidades de agua refrigerante se encuentran en la tabla.

CORRIENTE	Agua de refrigeración		CORRIENTE	Reactor	
R-301 A/B	ENTRADA	SALIDA	R-301 A/B	ENTRADA	SALIDA
F (kg/h)	206610,0	206610,0	F (kmol/h)	6719,47	6763,61
Cp (kJ/kmol K)	75,69	75,75	Ahr (KJ/kg)	6280	
T (K)	280,15	288,15	T (K)	308,15	308,15
Q (kW)	1974,3			1974,3	
R-302 A/B	ENTRADA	SALIDA	R-302 A/B	ENTRADA	SALIDA
F (kg/h)	279674,3	279674,3	F (kmol/h)	6733,04	6779,64
Cp (kJ/kmol K)	75,86	75,97	Ahr (KJ/kg)	6280	
T (K)	293,15	308,15	T (K)	330,15	330,15
Q (kW)	4661,2			4661,2	

Tabla 3.12. Balance de energía en los reactores R-301/R-302

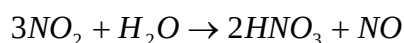
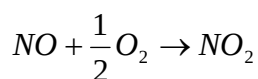
3.5.- BALANCES DE MATERIA DE LA SECCIÓN 400:

→ Balance al desorbedor D-401:

En este equipo se quieren eliminar los compuestos gaseosos de la corriente de salida del reactor, para ello se va a introducir dicha corriente de salida en una torre de stripping en contracorriente con aire caliente para favorecer la desorción de los posibles gases que puedan afectar en etapas posteriores en el proceso.

Para el cálculo de la corriente de aire necesaria se ha trabajado con las solubilidades de los compuestos gaseosos, CO₂, N₂O, NO y NO₂, en agua, al no disponer del equilibrio líquido-vapor del N₂O que es el componente que interesa desorber.

Además en este equipo se favorecen las reacciones de los óxidos de nitrógeno con el agua para formar HNO₃ y recuperarlo al proceso. Las reacciones que tienen lugar son:



Las corrientes de entrada son:

Entrada Líquido			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicloH	21,39	0,00319	2138,8
HNO3	653,27	0,09736	41155,9
H2O	5966,72	0,88924	107490,5
AA	52,11	0,00777	7607,6
AC GLU	2,03	0,00030	267,6
AC SUC	2,75	0,00041	324,9
CO2	1,70	0,00025	74,7
N2	0,05	0,00001	1,3
N2O	1,81	0,00027	79,6
NO	0,17	0,00002	5,0
NO2	2,19	0,00033	100,8
Cu(NO3)2	2,86	0,00043	536,4
NH4VO3	2,86	0,00043	334,4
Total	6709,90		160117,5

Tabla 3.13. Entrada líquida a D-401

Entrada Aire			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
N ₂	2123,3	0,79	59453,3
O ₂	564,4	0,21	18061,7
Total	2687,8		77515,0

Tabla 3.14. Entrada gaseosa a D-401

Salida Líquido			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicOH	21,388	0,00325	2138,79
HNO ₃	654,368	0,09945	41225,20
H ₂ O	5841,287	0,88777	105232,67
AA	52,107	0,00792	7607,59
AC GLU	2,027	0,00031	267,57
AC SUC	2,754	0,00042	324,93
CO ₂	0,002	2,6E-07	0,08
N ₂	0,00005	7,28E-09	0,00
N ₂ O	0,002	2,77E-07	0,08
NO	0	0	0
NO ₂	0,063	9,56E-06	2,89
Cu(NO ₃) ₂	2,860	0,00043	536,36
NH ₄ VO ₃	2,860	0,00043	334,42
Total	6579,718		157670,58

Tabla 3.15. Salida líquida de D-401

Salida gases			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
N ₂	2123,38	0,75376	59454,58
O ₂	564,07	0,20024	18050,27
CO ₂	1,70	0,00060	74,63
N ₂ O	1,81	0,00064	79,49
NO	0	0,00000	0,00
NO ₂	1,19	0,00042	54,96
H ₂ O	124,89	0,04433	2247,93
Total	2817,03		79961,87

Tabla 3.16. Salida gaseosa de D-401

Para realizar el balance de energía hay que tener en cuenta los calores de las reacciones que tienen lugar en el interior de la torre.

Las temperaturas de salida de las corrientes se han calculado siguiendo los siguientes pasos:

1. El calor se transfiere por conducción.
2. El calor total transferido es el calor formado en las reacciones más el calor que se transfiere de la corriente caliente a la fría.
3. El sistema que se plantea tiene dos ecuaciones y se resuelve por iteración.

Las ecuaciones utilizadas son:

$$q_c = k \cdot \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \cdot \Delta T \quad (1) \qquad q = m \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (2) \qquad q_r = m \cdot \Delta H_r \quad (3)$$

En donde se definen:

q_c : calor transferido por conducción, kJ/s,

k : conductividad del relleno, w/m·°C,

r_2, r_1 : radios de los anillos de las partículas que forman el relleno, m

ΔT : máxima diferencia de temperaturas, T ent caliente – t ent frío

q : calor transferido de la corriente caliente a la fría, kJ/s,

m : flujo másico, kg/s

C_p : calor específico de cada corriente, kJ/kg°C

ΔT : diferencia de temperatura entre la entrada y salida de cada corriente.

q_r : calor formado en las reacciones, kJ/s,

m : moles que reaccionan, kmol/s,

ΔH_r : entalpía de reacción, KJ/Kmol, calculada a partir de la entalpía de reacción estándar.

Así los calores que se ponen en juego en el equipo son:

q sensible	1011,4	kJ/s
q reacción	32,3	kJ/s
q conducción	1043,7	kJ/s

Tabla 3.17. Calor en D-401

Las temperaturas resultantes de las corrientes se recogen en la tabla:

CORRIENTE	Líquido		Gas	
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
F (kmol/h)	6709,90	6579,718	2687,8	2817,03
Cp (kJ/kmol K)	138,12	138,31	29,88	40,04
T (K)	329,15	335,75	421,45	374,45

Tabla 3.18. Balance de energía en D-401

→ Balance de materia al intercambiador IC-401:

En el intercambiador IC-401 se enfrían la salida de colas de la columna de destilación CD-401 precalentando la alimentación, las condiciones de trabajo del intercambiador son:

CORRIENTE	Fluido caliente		Fluido frío	
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
F (kmol/h)	258,64	258,64	6579,80	6579,80
Cp (kJ/kmol K)	242,94	150,79	138,31	138,32
T (K)	373,15	391,15	335,75	341,39
Q (kW)	321,85		321,85	

Tabla 3.19. Balance de energía en IC-401

→ Balance a la columna de destilación CD-401:

La columna de destilación multicomponente CD-401 tiene como objetivo separar la mayor parte del agua y del ácido nítrico de la corriente principal del proceso para su posterior tratamiento.

Se van a obtener dos corrientes, un destilado que contiene la mayor parte de agua y ácido nítrico y una corriente de colas formada por la mezcla de los ácidos orgánicos, adípico, glutárico y succínico, con una pequeña parte de las fracciones más ligeras.

Para hallar el balance de materia de la torre multicomponente se analizan los compuestos que forman la alimentación y se establece una separación de los mismos.

Uno de los factores que han determinado el cálculo de la columna de destilación ha sido la presencia de ácido nítrico en la mezcla que desea separarse. El ácido nítrico forma un azeótropo con el agua en una composición en peso de nítrico del 68,8%. Por lo que nunca se podrán separar los dos componentes por encima de esta composición. Por ello a la hora de determinar las condiciones de separación de la

torre se ha tratado el azeótropo entre el ácido nítrico y el agua como un componente más.

Así se analizan las temperaturas de saturación de los compuestos que forman la alimentación a la presión de trabajo de la torre de 1,013 bar:

Componente	T ebullición °C
Agua	100
Azeótropo HNO ₃ -H ₂ O	144
Ciclohexanol	152,2
Ácido succínico	249,8
Ácido glutárico	295,2
Ácido adípico	326,8

Tabla 3.20 Temperaturas de ebullición a 1 atm

Los componentes clave que se han escogido para el cálculo de la torre son el azeótropo HNO₃ – H₂O como clave ligero y el ciclohexanol como clave pesado.

El reparto de los componentes en el destilado y en el residuo se muestra en la tabla siguiente:

Recuperación Destilado		Recuperación Colas	
Agua D	0,98	Agua W	0,02
Azeótropo HNO ₃ -H ₂ O	0,93	Azeótropo HNO ₃ -H ₂ O	0,07
Ciclohexanol D	0,07	Ciclohexanol W	0,93
Ácido succínico D	0	Ácido succínico W	1
Ácido glutárico D	0	Ácido glutárico W	1
Ácido adípico D	0	Ácido adípico W	1

Tabla 3.21. Recuperación en la torre CD-401

Los balances de materia en una torre de destilación se definen en las siguientes fórmulas:

Balance global:

$$F = D + W$$

Balance a cada componente:

$$F \cdot x_f = D \cdot x_d + W \cdot x_w$$

Balance en el interior de la torre:

→ En la zona de rectificación:

$$V = L + D$$

→ En la zona de agotamiento:

$$L' = W + V'$$

En donde se definen:

F: flujo de alimentación, mol/s

D: flujo de destilado, mol/s

W: flujo obtenido por colas, mol/s.

x_f, x_d, x_w : composiciones en la alimentación, destilado y colas de cada componente.

L: cantidad de líquido en la zona de enriquecimiento, mol/s

V: cantidad de vapor en la zona de enriquecimiento, mol/s

L': cantidad de líquido en la zona de agotamiento, mol/s

V': cantidad de vapor en la zona de agotamiento, mol/s

Como la torre se divide en dos zonas los balances de los componentes son distintos en cada una de ellas:

Zona de enriquecimiento:

$$y = D/V \cdot x_d + L/V \cdot x$$

Zona de agotamiento:

$$y = L'/V' \cdot x - W/V' \cdot x_w$$

Al tratarse de una separación multicomponente el equilibrio que se dará en la torre estará definido por las leyes de Raoult y la de Dalton, que determinan la presión parcial de cada componente en fase líquida y gaseosa y la presión total de la mezcla:

$$p_i = x_i \cdot p_i^*$$

$$\sum p_i = P$$

$$y_i = \frac{p_i}{P}$$

En donde:

p_i presión parcial de cada componente,

x_i : composición en el líquido de cada compuesto

p_i^* : presión de saturación, función de la temperatura y determinada por la ecuación de Antoine.

y_i : composición de cada componente en el vapor

P: presión total de la mezcla

A partir de aquí se pueden determinar los coeficientes de distribución de los compuestos y las volatilidades de los mismos, siendo K y α respectivamente:

$$K = p_i^* / P$$

$$\alpha_{ij} = p_i^* / p_j^*$$

Así en la torre la temperatura va a ir variando constantemente; la temperatura en colas estará determinada por la temperatura de saturación del componente más pesado y en cabezas la temperatura la determinará el componente más ligero.

La alimentación de la torre es:

Entrada	T	68,24	°C
Componentes	kmol/h	X	kg/h
CicloH	21,39	0,00325	2138,79
HNO3	654,37	0,09945	41225,20
H2O	5841,29	0,88777	105230,79
AA	52,11	0,00792	7607,59
AC GLU	2,03	0,00031	267,57
AC SUC	2,75	0,00042	324,93
CO2	0,00	2,60E-07	0,08
N2	0,00005	7,28E-09	0,0013
N2O	0,00182	2,77E-07	0,08
NO2	0,06	9,56E-06	1,89
Cu(NO3)2	2,86	0,00043	536,42
NH4VO3	2,86	0,00043	334,59
Total	6579,72		157667,93

Tabla.3.22. Entrada a CD-401

Las corrientes de cabezas y de colas son:

Cabezas			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
N2	0,00005	7,57E-09	0,001
CO2	0,0017	2,71E-07	0,075
NO2	0,063	9,95E-06	2,893
N2O	0,0018	2,88E-07	0,080
HNO3	608,6	0,096	38339,5
H2O	5711,0	0,903	102884,0
CicloH	1,50	2,37E-04	149,7
AC SUC	0,00	0	0,00
AC GLU	0,00	0	0,00
AA	0,00	0	0,00
Destilado total	6321,1		141376,2

Tabla.3.23. Entrada a CD-401

Colas			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
HNO ₃	45,806	0,177	2885,77
H ₂ O	130,336	0,504	2348,01
CicOH	19,891	0,077	1989,08
AC SUC	2,754	0,011	324,93
AC GLU	2,027	0,008	267,57
AA	52,107	0,201	7607,59
Cu(NO ₃) ₂	2,860	0,011	536,36
NH ₄ VO ₃	2,860	0,011	334,42
Residuo total	258,64		15422,94

Tabla.3.24. Entrada a CD-401

Las temperaturas de destilado y de colas se calculan según la composición de los mismos y según el procedimiento recogido en la parte de manual de cálculo: “Otros cálculos”.

Así los valores de las temperaturas son:

T destilado	106,0	°C
T colas	131,8	°C

Tabla.3.25. Temperaturas en CD-401

Balance de energía:

En una torre de destilación el balance de energía se expresa:

$$Q \text{ entra en la columna} = Q \text{ sale de la columna}$$

$$F \cdot h_f + q_e = D \cdot h_d + W \cdot h_w + q_c$$

Donde:

F: flujo de alimentación, kmol/s

h_f: entalpía de la alimentación, kJ/kmol

q_e: calor aportado en el ebullidor, kJ/s

D: flujo de destilado, kmol/s

h_d: entalpía del destilado, kJ/kmol

W: flujo de colas, kmol/s

h_w: entalpía de la corriente de colas, kJ/kmol

q_c: calor retirado en el condensador, kJ/s

Los valores de los calores para la columna:

CALORES EN LA COLUMNA		
F·hf	62063,4	kJ/s
D·hd	57948,9	kJ/s
W·hw	5550,9	kJ/s
qb	70893,8	kJ/s
qc	69457,3	kJ/s

Tabla.3.26. Calores puestos en juego en CD-401

→ Balance al condensador CO-401:

En el condensador se utiliza agua de refrigeración que entra a 20 °C para retirar el calor, el balance de energía se muestra en la tabla:

CORRIENTE	Agua de refrigeración	
	ENTRADA	SALIDA
F (Kg/h)	4251859,3	4251859,3
Cp (kJ/Kg K)	4,207	4,213
T (K)	293,15	308,15
Q (kW)	69092,71	

Tabla.3.27. Balance de energía en el condensador CO-401

→ Balance al ebullidor K-401:

El calor necesario para la ebullición del vapor que se devuelve a la columna de destilación es aportado por vapor de media presión, tal y como se recoge en la tabla:

CORRIENTE	Vapor de agua	
	ENTRADA	SALIDA
F (Kg/h)	126640,03	126640,03
Ahv(KJ/Kg)	2015,30	
T (K)	453,05	453,05
P (bar)	10	10
Q (kW)	70893,8	

Tabla.3.28. Balance de energía en el condensador K-401

3.6.- BALANCES DE MATERIA DE LA SECCIÓN 500:

→ *Cristalizador CR-501*

En este equipo se imponen condiciones de trabajo para que sólo se de la formación de cristales de ácido adípico. La cristalización se lleva a cabo mediante el enfriamiento de la mezcla a presión constante, en este caso, presión atmosférica.

El rendimiento de los cristales producidos por un grado de enfriamiento dado puede ser estimado a través de la concentración inicial de la solución y de la solubilidad a la temperatura final del proceso, admitiendo posible evaporación, y haciendo balances al disolvente y al soluto. Para el disolvente, en este caso agua, el disolvente inicial presente es igual a la suma del disolvente final en las aguas madres, el agua de cristalización sin los cristales, y el posible agua evaporado, o lo que es lo mismo:

$$w_1 = w_2 + y \frac{R-1}{R} + w_1 E$$

donde w_1 y w_2 son las cantidades inicial y final de disolventes en la mezcla, y es la producción de cristales, R es la relación: masa molecular hidratada/masa molecular de la sal anhidra), y E es la relación: masa de disolvente evaporado/masa de disolvente en la solución inicial).

Para el soluto:

$$w_1 c_1 = c_2 \left[w_1 (1-E) - y \frac{R-1}{R} \right] + \frac{y}{R}$$

de donde se obtiene que la producción de la solución acuosa viene dada por:

$$y = R w_1 \frac{c_1 - c_2 (1-E)}{1 - c_2 (R-1)}$$

Debido al diseño estanco del equipo no se tiene salida de vapor de agua, por lo que la evaporación que se pueda generar es seguida de la condensación de ese vapor, con lo que se anula el término de evaporación E en el balance.

Balance de materia al cristalizador:

Entrada			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
Cic ₆ H ₄ (OH) ₂	19,89	0,0769	1989,08
HNO ₃	45,81	0,1771	2885,77
H ₂ O	130,34	0,5039	2348,01
AA	52,11	0,2015	7607,59
AC GLU	2,03	0,0078	267,57
AC SUC	2,75	0,0106	324,93
Cu(NO ₃) ₂	2,86	0,0111	536,36
NH ₄ VO ₃	2,86	0,0111	334,42
Total	258,64		16293,72

Tabla.3.29. Entrada al cristalizador CR-501

Salida			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
Cic ₆ H ₄ (OH) ₂	19,89	0,0769	1989,08
HNO ₃	45,81	0,1771	2885,77
H ₂ O	130,34	0,5039	2348,01
AA sólido	50,44	0,1950	7364,68
AA líquido	1,66	0,0064	242,91
AC GLU	2,03	0,0078	267,57
AC SUC	2,75	0,0106	324,93
AC SUC sólido	0,00	0,0000	0,00
Cu(NO ₃) ₂	2,86	0,0111	536,36
NH ₄ VO ₃	2,86	0,0111	334,42
Total	258,64		16293,72

Tabla.3.30. Salida del cristalizador CR-501

Como se puede observar una gran cantidad de ácido adípico ha cristalizado, el 96,81% en masa, aproximadamente. Las condiciones en las que se ha dado este resultado son:

Temperatura de enfriamiento: 50°C.

Concentración inicial de la disolución, c_1 : 3,24 kg AA/kg de agua.

Solubilidad a la temperatura final, c_2 : 0,1034 kg AA/kg de agua.

Para realizar el balance de energía no sólo se tiene en cuenta el calor que hay que aportar a la disolución como calor sensible, también hay que contar con un

cambio de estado físico y químico, hay un componente que pasa de estar disuelto a estar en forma de sal, el ácido adípico, y este cambio es de carácter exotérmico, por lo que hay que retirar tanto calor sensible como el generado por la cristalización. Para el ácido adípico este calor de cristalización tiene un valor de 241 kJ/kg a las temperaturas de trabajo.

Esto es:

Calor sensible intercambiado: $Q = F C_p (T_{salida} - T_{entrada})$

Calor generado por cristalización: $Q = F \lambda_{cristalización}$

CORRIENTE	PROCESO		SERVICIO	
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
F (kmol/h)	258,64	258,64	3542,97	3542,97
Cp (kJ/kmol K)	150,79	128,77	75,86	75,97
T (K)	391,15	323,15	295,15	310,15
Q (kW)	1120,67		1120,67	

Tabla.3.31 Balance de energía en CR-501

De la cantidad de calor que hay que retirar en esta etapa, el generado por cristalización supone el 39% del total.

El servicio que se utiliza para enfriar es agua de refrigeración que entra en el encamisado del equipo a **20°C** y sufre un salto térmico de 15°C. En estas condiciones el caudal de agua de refrigeración alcanza un valor de **63826,7 kg/h**.

→ Filtro F-501.

El balance de materia al filtro, debido a la falta de correlaciones y la imposibilidad de hacer experiencias en equipos pilotos, se ha desarrollado llevando a cabo una secuencia de suposiciones coherentes.

La primera de ellas es que absolutamente toda la materia sólida que entra como tal en el cubeto se retiene en el filtro, antes de la etapa de lavado, claro está. Por otro lado, se supone que el líquido que es retenido en la torta conforma el 10% en masa de la misma. Según la bibliografía consultada, los valores suelen ser algo mayores, pero siempre bajo la hipótesis de trabajar con menores cantidades de sólido. La cantidad de cada componente que es retenido en la torta se calcula de modo proporcional a la importancia en masa de dicho componente en la corriente principal a la entrada del filtro.

Con esta secuencia de hipótesis ya se puede calcular la torta resultante antes de la etapa de lavado del filtro. Para este equipo los valores obtenidos son:

Antes lavado			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicloH	1,64	0,0243	164,06
HNO ₃	3,78	0,0558	238,02
H ₂ O	10,75	0,1589	193,66
AA sólido	50,44	0,7457	7364,68
AA líquido	0,15	0,0022	20,04
AC GLU	0,19	0,0028	22,07
AC SUC	0,23	0,0034	26,80
AC SUC sólido	0,00	0,0000	0,00
Cu(NO ₃) ₂	0,24	0,0035	44,24
NH ₄ VO ₃	0,24	0,0035	27,58
Total	67,65		8101,15

Tabla.3.32. Entrada al filtro F-501 antes de añadir el agua

Ahora bien, para calcular el agua de lavado del filtro se recurre a valores bibliográficos donde se encuentra que:

$N = \text{volumen de agua de lavado} / \text{volumen de líquido en la torta.}$

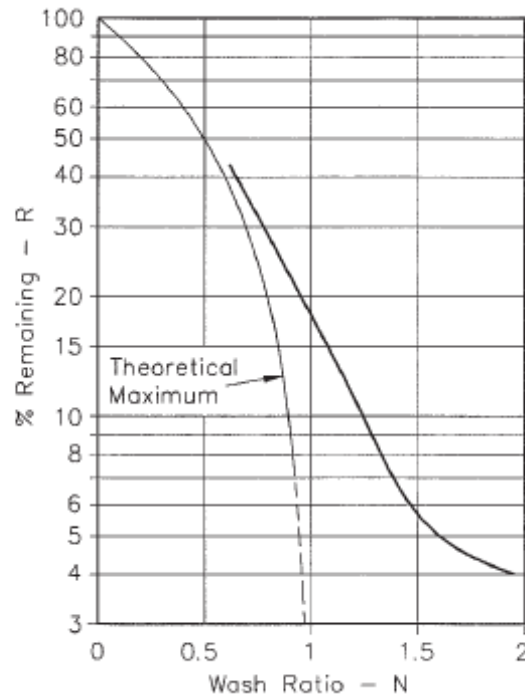
Estando los valores de típicos comprendidos entre 1,5 y 2,5. Se escoge 1,5 por varios motivos, como es la reducción del gasto en agua de lavado, lo que implica

un mínimo gasto en los posteriores tratamientos de esta corriente. Pero el más importante de los motivos es que esta etapa de lavado redisuelve una parte del sólido, parte mayor a medida que se incrementa el flujo en el agua de lavado. La principal desventaja es que se arrastran menores impurezas, pero este impacto se reduce desde el momento que se llevan a cabo tantas etapas de purificación.

La cantidad de sólidos que son arrastrados depende de la solubilidad del soluto en agua a la temperatura de ésta pero también de la siguiente correlación:

$$\frac{R}{100} = \frac{C_2 - C_w}{C_1 - C_w}$$

Donde C_2 es la concentración de soluto en el líquido de la torta lavada, C_1 es la concentración de soluto en el líquido de la torta antes de lavar y C_w es la concentración de soluto en el agua de lavado. El valor de R , 5.8, se saca de la gráfica siguiente:



Con esto, se puede estimar la cantidad de sólidos que van a ser arrastrados o diluidos en la etapa de lavado.

Se realiza una última suposición, y es que el lavado tiene una eficacia del 95%, es decir, de cada componente, el 95% en peso en la torta sólida es sustituido por agua. Esto es, el agua reemplaza en un 95% a cada componente líquido en la torta, teniendo ésta la misma cantidad de líquido retenida que al inicio del lavado.

La cantidad de agua de lavado que se utiliza en este filtro es:

kmol/h	kg/h	T (°C)
50,34	906,82	45

Tabla.3.33. Entrada de agua a F-501

Una vez concluido el ciclo, se obtienen dos salidas, la de la torta sólida y la salida líquida, formada por las aguas madres y las aguas de lavado.

Salida sólida			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicloH	0,08	0,0009	8,20
HNO ₃	0,19	0,0021	11,90
H ₂ O	39,37	0,4370	709,33
AA sólido	50,41	0,5595	7360,45
AA líquido	0,01	0,0001	1,00
AC GLU	0,01	0,0001	1,10
AC SUC	0,01	0,0001	1,34
AC SUC sólido	0,00	0,0000	0,00
Cu(NO ₃) ₂	0,01	0,0001	2,21
NH ₄ VO ₃	0,01	0,0001	1,38
Total	90,11		8096,92

Tabla.3.34. Salida de sólidos de F-501

Aguas lavado			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicloH	1,56	0,0560	155,86
HNO ₃	3,59	0,1289	226,12
H ₂ O	21,71	0,7798	391,16
AA	0,16	0,0057	23,27
AC GLU	0,16	0,0057	20,97
AC SUC	0,22	0,0077	25,46
Cu(NO ₃) ₂	0,22	0,0080	42,03
NH ₄ VO ₃	0,22	0,0080	26,20
Total	27,84		911,05

Tabla.3.35. Salida de aguas de lavado de F-501

Agua madres			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicLOH	18,25	0,0955	1825,02
HNO3	42,03	0,2200	2647,75
H2O	119,59	0,6260	2154,34
AA	1,53	0,0080	222,87
AC GLU	1,86	0,0097	245,50
AC SUC	2,53	0,0132	298,13
Cu(NO3)2	2,62	0,0137	492,12
NH4VO3	2,62	0,0137	306,84
Total	191,02		8192,57

Tabla.3.36. Salida de aguas madre de F-501

El balance de energía a este equipo consiste simplemente en determinar a qué temperatura se van a obtener las salidas. Para ello se ha realizado la suposición de que las temperaturas son las mismas para todas las salidas.

Esta estimación se lleva a cabo bajo la afirmación que la entalpía de las corrientes de salida debe ser igual a la de las corrientes de entrada. Pero además, parte del soluto se disuelve en el agua de lavado, proceso endotérmico que hay que incluir en el balance. Por esto se decide trabajar en calores, y para ello se estima de las corrientes el calor que aportarían desde la temperatura a la que están hasta una de referencia, que para simplificar términos se ha elegido 0 K.

El balance quedaría como sigue:

$$\sum_{\text{entradas}} F_i C_{p_i} (T_{\text{entrada}}) + \lambda_{\text{disolución}} = \sum_{\text{salidas}} F_i C_{p_i} (T_{\text{salidas}})$$

El calor de disolución de los componentes sólidos es el mismo en valor que el de cristalización, pero con signo negativo.

Los valores numéricos corresponden a:

CORRIENTE	ENTRADA	ENTRADA AGUA LAV	SALIDA SÓLIDOS	SALIDA A. MADRES	SALIDA A. LAVADO
F (kmol/h)	258,64	50,34	90,11	191,02	27,84
Cp (kJ/kmol K)	129,75	76,05	163,87	104,88	95,86
T (K)	323,15	318,15	321,898	321,898	321,898
Q (kW)	3350,61		3350,36		

Tabla.3.37. Balance de energía al F-501

→ *Tanque de redisolución TD-501.*

El propósito de este equipo es el de aportar a la corriente sólida que llega del filtro F-501 la cantidad precisa de disolvente, en este caso agua, y a unas condiciones específicas de temperatura, para conseguir la completa redisolución de la misma.

Con esto se consigue una disolución óptima para la recristalización de dicha corriente sólida, que se lleva a cabo en el cristizador CR-502. El balance de materia realizado a este equipo es muy simple. Mediante la solubilidad del ácido adípico a la temperatura de trabajo se calcula la necesidad de agua. Después de varios análisis se concluye que la mejor proporción agua sólido es la del punto de saturación de dicha mezcla.

Imponiendo una temperatura de trabajo de 80°C:

Solubilidad de ácido adípico en agua = **55,508 kg AA / 100kg agua**

Por tanto, la corriente de agua de entrada, marcada en el diagrama de flujo como corriente 505 corresponde a:

kmol/h	kg/h	T (°C)
736,06	13260,06	60

La corriente de entrada de proceso a esta etapa es:

Entrada			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicOH	0,08	0,0009	8,20
HNO ₃	0,19	0,0021	11,90
H ₂ O	39,37	0,4370	709,33
AA sólido	50,41	0,5595	7360,45
AA líquido	0,01	0,0001	1,00
AC GLU	0,01	0,0001	1,10
AC SUC	0,01	0,0001	1,34
AC SUC sólido	0,00	0,0000	0,00
Cu(NO ₃) ₂	0,01	0,0001	2,21
NH ₄ VO ₃	0,01	0,0001	1,38
Total	90,11		8096,92

Tabla.3.38.Entrada al tanque de redisolución TD-501

La salida de este tanque es la siguiente:

Salida			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicOH	0,08	0,0001	8,20
HNO3	0,19	0,0002	11,90
H2O	775,43	0,9386	13969,39
AA	50,42	0,0610	7361,45
AC GLU	0,01	0,0000	1,10
AC SUC	0,01	0,0000	1,34
Cu(NO3)2	0,01	0,0000	2,21
NH4VO3	0,01	0,0000	1,38
Total	826,17		21356,98

Tabla.3.39. Salida del TD-501

Como se puede ver el agua incorporada al proceso entra a 60°C. Para alcanzar los 80°C de temperatura de operación se dispone de un encamisado que usa como fluido calefactor vapor de media. El balance energético a este equipo se realiza teniendo en cuenta el calor de redisolución, de la siguiente manera:

$$\sum_{\text{ensólidos}} F_i C_{p_i} (T_{\text{sal}} - T_{\text{ent}}) + F_{\text{agua}} C_{p_{\text{agua}}} (T_{\text{sal}} - T_{\text{ent}}) + F_{\text{sólidos}} \lambda_{\text{disolución}} = F_{\text{vapor}} \lambda_{\text{vaporización}}$$

CORRIENTE		DE PROCESO			SERVICIO	
		ENTRADA SÓLIDOS	ENTRADA AGUA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
F (kmol/h)		90,11	736,06	826,17	141,11	141,11
Cp (kJ/kmol K)	H_{vap} (kJ/kg)	163,87	76,16	91,78	2015,3	
T (K)		321,8978	333,15	353,15	453,05	453,05
Q (kW)		1423,09			1423,09	

Tabla.3.40 Balance de energía al TD-501

El calor que hay que aportar para la redisolución del sólido supone el 34,6% del total intercambiado.

→ *Cristalizador CR-502*

En este equipo se imponen condiciones de trabajo para recrystalizar el ácido adípico recuperado en la primera etapa de cristalización y filtración. Del mismo modo, la cristalización se lleva a cabo mediante el enfriamiento de la mezcla a presión constante, en este caso, presión atmosférica.

Llevando a cabo el balance desarrollado para el primer cristalizador:

$$y = R w_1 \frac{c_1 - c_2 (1 - E)}{1 - c_2 (R - 1)}$$

y suponiendo de nuevo evaporación nula, se obtiene:

Entrada			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicLOH	0,08	0,0001	8,20
HNO3	0,19	0,0002	11,90
H2O	775,43	0,9386	13969,39
AA	50,42	0,0610	7361,45
AC GLU	0,01	0,0000	1,10
AC SUC	0,01	0,0000	1,34
Cu(NO3)2	0,01	0,0000	2,21
NH4VO3	0,01	0,0000	1,38
Total	826,17		21356,98

Tabla 3.41. Entrada al cristalizador CR-502

Salida			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicLOH	0,08	0,0001	8,20
HNO3	0,19	0,0002	11,90
H2O	775,43	0,9386	13969,39
AA sólido	47,98	0,0581	7005,08
AA líquido	2,44	0,0030	356,38
AC GLU	0,01	0,0000	1,10
AC SUC	0,01	0,0000	1,34
AC SUC sólido	0,00	0,0000	0,00
Cu(NO3)2	0,01	0,0000	2,21
NH4VO3	0,01	0,0000	1,38
Total	826,17		21356,98

Tabla 3.42. Salida del CR-502

En este caso, solo el 95,60% del ácido adípico de la corriente se recupera en su forma cristalizada. Las condiciones en las que se ha dado este resultado son:

Temperatura de enfriamiento: 25°C.

Concentración inicial de la disolución, c_1 : 0,527 kg AA/kg de agua.

Solubilidad a la temperatura final, c_2 : 0,0255 kg AA/kg de agua.

El balance de energía al cristizador se realiza mediante la suma de estos dos calores:

Calor sensible intercambiado: $Q = F C_p (T_{salida} - T_{entrada})$

Calor generado por cristalización: $Q = F \lambda_{cristalización}$

CORRIENTE	PROCESO		SERVICIO	
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
F (kmol/h)	826,17	826,17	9125,44	9125,44
Cp (kJ/kmol K)	91,78	85,77	75,76	75,82
T (K)	353,15	298,15	280,15	288,15
Q (kW)	1536,91		1536,91	

Tabla.3.42. Balance de energía al CR-502

De la cantidad de calor que hay que retirar en esta etapa, el generado por cristalización supone el 27% del total.

El servicio que se utiliza para enfriar es agua de fría que entra en el encamisado del equipo a **7°C** y sufre un salto térmico de 7°C. En estas condiciones el caudal de agua de refrigeración alcanza un valor de **164394,8 kg/h**.

→ Filtro F-502.

El balance de materia al filtro, se ha desarrollado llevando a cabo una secuencia de suposiciones coherentes, explicadas ya en el balance al filtro F-501. Todas ellas se mantienen para este equipo.

La torta resultante antes de la etapa de lavado del filtro se compone de:

Antes lavado			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
Cic _l OH	0,0040	0,0000	0,40
HNO ₃	0,0092	0,0001	0,58
H ₂ O	37,8483	0,4403	681,84
AA sólido	47,9800	0,5581	7005,08
AA líquido	0,1191	0,0014	17,39
AC GLU	0,0004	0,0000	0,05
AC SUC	0,0006	0,0000	0,07
AC SUC sólido	0,0000	0,0000	0,00
Cu(NO ₃) ₂	0,0006	0,0000	0,11
NH ₄ VO ₃	0,0006	0,0000	0,07
Total	85,9626		7705,58

Tabla 3.43. Entrada al filtro F-502

La cantidad de agua de lavado que se utiliza en este filtro es:

kmol/h	kg/h	T (°C)
58,26	1049,64	25

Tabla 3.44. Entrada de agua de lavado al F-502

Una vez concluido el ciclo, se obtienen dos salidas, la de la torta sólida y la salida líquida, formada por las aguas madres y las aguas de lavado.

Salida sólida			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
Cic _l OH	0,00	0,0000	0,02
HNO ₃	0,00	0,0000	0,03
H ₂ O	38,83	0,4473	699,57
AA sólido	47,98	0,5526	7004,86
AA líquido	0,01	0,0001	0,87
AC GLU	0,00	0,0000	0,00
AC SUC	0,00	0,0000	0,00
AC SUC sólido	0,00	0,0000	0,00
Cu(NO ₃) ₂	0,00	0,0000	0,01
NH ₄ VO ₃	0,00	0,0000	0,00
Total	86,82		7705,37

Tabla 3.45. Salida sólidos F-502

Aguas lavado			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicOH	0,00	0,0001	0,38
HNO ₃	0,01	0,0002	0,55
H ₂ O	57,28	0,9977	1031,90
AA	0,11	0,0020	16,74
AC GLU	0,00	0,0000	0,05
AC SUC	0,00	0,0000	0,06
Cu(NO ₃) ₂	0,00	0,0000	0,10
NH ₄ VO ₃	0,00	0,0000	0,06
Total	57,41		1049,86

Tabla 3.46. Salida aguas de lavado F-502

Agua madres			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicOH	0,08	0,0001	7,80
HNO ₃	0,18	0,0002	11,32
H ₂ O	737,58	0,9965	13287,55
AA	2,32	0,0031	338,98
AC GLU	0,01	0,0000	1,05
AC SUC	0,01	0,0000	1,27
Cu(NO ₃) ₂	0,01	0,0000	2,10
NH ₄ VO ₃	0,01	0,0000	1,31
Total	740,20		13651,40

Tabla 3.47. Salida aguas madres de F-502

El balance de energía a este equipo consiste simplemente en determinar a qué temperatura se van a obtener las salidas. Para ello se ha realizado la suposición de que las temperaturas son las mismas para todas las salidas.

Esta estimación se lleva a cabo bajo la afirmación que la entalpía de las corrientes de salida debe ser igual a la de las corrientes de entrada. Pero además, parte del soluto se disuelve en el agua de lavado, proceso endotérmico que hay que incluir en el balance. Por esto se decide trabajar en calores, y para ello se estima de las corrientes el calor que aportarían desde la temperatura a la que están hasta una de referencia, que para simplificar términos se ha elegido 0 K.

El balance quedaría como sigue:

$$\sum_{entradas} F_i C_{p_i} (T_{entrada}) + \lambda_{disolución} = \sum_{salidas} F_i C_{p_i} (T_{salidas})$$

El calor de disolución de los componentes sólidos es el mismo en valor que el de cristalización, pero con signo negativo.

Los valores numéricos corresponden a:

CORRIENTE	ENTRADA	ENTRADA AGUA LAV	SALIDA SÓLIDOS	SALIDA A. MADRES	SALIDA A. LAVADO
F (kmol/h)	826,17	58,26	86,82	740,20	57,41
Cp (kJ/kmol K)	85,77	75,89	162,26	76,74	76,43
T (K)	298,15	298,15	298,149	298,149	298,149
Q (kW)	6234,63		6234,62		

Tabla 3.48. Balance de energía al F-502

→ Balance al intercambiador IC-501:

CORRIENTE	Fluido caliente		Fluido frío	
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
F (kmol/h)	1016,5	1016,5	69,1	69,1
Cp (kJ/kmol K)	139,85	135,60	85,10	85,04
T (K)	412,67	378,15	325,72	329,64

Tabla 3.49. Balance de energía al IC-501

→ Balance a la columna CD-501:

El balance a la columna de destilación multicomponente CD-501 se ha realizado de la misma manera que en el caso de la columna CD-401.

La finalidad de esta torre es la separación del agua y ácido nítrico por cabezas para el tratamiento posterior de la corriente de colas en una serie de cristalizadores.

Esta torre trabaja a vacío; a una presión de 0,67 bar; por lo que las temperaturas de ebullición de los compuestos han bajado con respecto a las que se dan a 1,013 bar:

Componente	T ebullición °C
Agua	88,7
Azeótropo HNO ₃ -H ₂ O	129,6
Ciclohexanol	143,2
Ácido succínico	238,6
Ácido glutárico	285,8
Ácido adípico	315,4

Tabla 3.50. Temperaturas de saturación a 0,67 bar

La separación de la mezcla está determinada por la recuperación de los diferentes compuestos en el destilado y en las colas, la torre se ha calculado para la separación recogida en la tabla:

Recuperación Destilado		Recuperación Colas	
Agua D	1	Agua W	0
Azeótropo HNO ₃ -H ₂ O	0,7	Azeótropo HNO ₃ -H ₂ O	0,3
Ciclohexanol D	0,05	Ciclohexanol W	0,95
Ácido succínico D	0	Ácido succínico W	1
Ácido glutárico D	0	Ácido glutárico W	1
Ácido adípico D	0	Ácido adípico W	1

Tabla 3.51. Recuperación en CD-501

La entrada a la torre es:

Entrada			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
Cic _l OH	19,89	0,0196	1989,06
HNO ₃	45,81	0,0451	2885,74
H ₂ O	936,16	0,9210	16864,95
AA	4,12	0,0041	601,86
AC GLU	2,03	0,0020	267,57
AC SUC	2,75	0,0027	324,92
Cu(NO ₃) ₂	2,86	0,0028	536,28
NH ₄ VO ₃	2,86	0,0028	334,42
Total	1016,48		23804,80

Tabla 3.52. Entrada a CD-501

Mientras que las corrientes de salida son:

Cabezas			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
Cic _l OH	0,99	0,0010	99,45
HNO ₃	32,06	0,0338	2020,02
H ₂ O	914,35	0,9651	16472,03
AA	0	0	0,00
AC GLU	0	0	0,00
AC SUC	0	0	0,00
Cu(NO ₃) ₂	0	0	0,00
NH ₄ VO ₃	0	0	0,00
Destilado total	947,41		18591,50

Tabla 3.53. Salida por cabezas de CD-501

Colas			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
Cic _l OH	18,90	0,2736	1889,60
HNO ₃	13,74	0,1990	865,72
H ₂ O	21,81	0,3158	392,92
AA	4,12	0	601,86
AC GLU	2,75	0	363,47
AC SUC	2,03	0	239,19
Cu(NO ₃) ₂	2,86	0	536,28
NH ₄ VO ₃	2,86	0	334,42
Residuo total	69,07		5223,47

Tabla 3.54. Salida por colas de CD-501

Las temperaturas del destilado y de colas son:

T destilado	90,6	°C
T colas	139,3	°C

Tabla 3.55. Temperaturas en CD-501

El balance de energía se resuelve de la misma manera que en el caso de la torre CD-401; los valores de los calores que se ponen en juego en el equipo son:

CALORES EN LA COLUMNA CD-501		
F·hf	8635,2	kJ/s
D·hd	974,3	kJ/s
W·hw	1271,7	kJ/s
qb	5168,0	kJ/s
qc	11557,2	kJ/s

Tabla 3.56. Calores puestos en juego en CD-501

→ Balance al condensador CO-501:

CORRIENTE	Agua de refrigeración	
	ENTRADA	SALIDA
F (Kg/h)	711212,4	711212,4
Cp (kJ/Kg K)	4,207	4,213
T (K)	293,15	308,15
P (bar)		
Q (kW)	11557,20	

Tabla 3.57. Balance de energía al CO-501

→ Balance al ebullidor K-501:

CORRIENTE	Vapor de agua	
	ENTRADA	SALIDA
F (Kg/h)	9416,77	9416,77
Ahv(KJ/Kg)	2015,30	
T (K)	453,05	453,05
P (bar)	10	10
Q (kW)	5271,6	

Tabla 3.58. Balance de energía a K-501

→ *Cristalizador CR-503*

En este equipo se imponen condiciones de trabajo para el ácido adípico no recuperado en las primeras etapas de cristalización y filtración. Pero en este caso las condiciones elegidas son tal que se consigue también la cristalización del ácido succínico. Del mismo modo, la cristalización se lleva a cabo mediante el enfriamiento de la mezcla a presión constante, en este caso, presión atmosférica.

Llevando a cabo el balance desarrollado para el primer cristalizador, pero en este caso para cada uno de los componentes con posibilidades de cristalizar:

$$y = R w_1 \frac{c_1 - c_2 (1 - E)}{1 - c_2 (R - 1)}$$

y suponiendo de nuevo evaporación nula, se obtiene:

Entrada			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicloH	18,90	0,2737	1889,60
HNO3	13,74	0,1990	865,72
H2O	21,79	0,3156	392,59
AA	4,12	0,0597	601,86
AC GLU	2,03	0,0294	267,57
AC SUC	2,75	0,0399	324,92
Cu(NO3)2	2,86	0,0414	536,35
NH4VO3	2,86	0,0414	334,41
Total	69,05		5213,04

Tabla 3.59. Entrada al cristalizador CR-503

Salida			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicloH	18,90	0,2737	1889,60
HNO3	13,74	0,1990	865,72
H2O	21,79	0,3156	392,59
AA sólido	3,96	0,0574	578,66
AA líquido	0,16	0,0023	23,20
AC GLU	2,03	0,0294	267,57
AC SUC	0,49	0,0071	57,77
AC SUC sólido	2,26	0,0328	267,15
Cu(NO3)2	2,86	0,0414	536,35
NH4VO3	2,86	0,0414	334,41
Total	69,05		5213,04

Tabla 3.60. Salida del cristalizador CR-503

En este caso, el 96,14% del ácido adípico de la corriente se recupera en su forma cristalizada, y el 82,2% del ácido succínico presente. Las condiciones en las que se ha dado este resultado son:

Temperatura de enfriamiento: 40°C.

Concentración inicial de la disolución, c_1 para el AA: 1,533 kg AA/kg de agua.

Solubilidad a la temperatura final, c_2 para el AA: 0,0591 kg AA/kg de agua.

Concentración inicial de la disolución, c_1 para el AS: 0,8276 kg AS/kg de agua.

Solubilidad a la temperatura final, c_2 para el AS: 0,1471 kg AS/kg de agua.

El balance de energía al cristalizador se realiza mediante la suma de estos dos calores:

Calor sensible intercambiado: $Q = F C_p (T_{salida} - T_{entrada})$

Calor generado por cristalización: $Q = F \lambda_{cristalización}$

El calor generado por la cristalización del succínico alcanza el valor de 226,93 kJ/kg.

CORRIENTE	PROCESO		SERVICIO	
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
F (kmol/h)	69,05	69,05	1253,47	1253,47
Cp (kJ/kmol K)	135,63	120,83	75,76	75,82
T (K)	378,15	313,15	280,15	288,15
Q (kW)	211,11		211,11	

Tabla 3.61. Balance de energía a CR-503

De la cantidad de calor que hay que retirar en esta etapa, el generado por cristalización supone el 24,3% del total.

El servicio que se utiliza para enfriar es agua de fría que entra en el encamisado del equipo a **7°C** y sufre un salto térmico de 7°C. En estas condiciones el caudal de agua de refrigeración alcanza un valor de **22581,3 kg/h**.

→ Filtro F-503.

El balance de materia al filtro, se ha desarrollado llevando a cabo una secuencia de suposiciones coherentes, explicadas ya en el balance al filtro F-501. Todas ellas se mantienen para este equipo. Pero además se tiene en cuenta que todas las suposiciones que se hacían en función de la cantidad de sólido antes se referían sólo al ácido adípico, pero ahora se tiene en cuenta también el succínico cristalizado.

La torta resultante antes de la etapa de lavado del filtro se compone de:

Antes lavado			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicloH	1,95	0,2167	195,48
HNO ₃	0,27	0,0295	16,77
H ₂ O	0,42	0,0468	7,60
AA sólido	3,96	0,4394	578,66
AA líquido	0,00	0,0003	0,45
AC GLU	0,04	0,0044	5,18
AC SUC	0,01	0,0011	1,12
AC SUC sólido	2,26	0,2510	267,15
Cu(NO ₃) ₂	0,04	0,0048	10,39
NH ₄ VO ₃	0,06	0,0061	6,48
Total	9,0206		1089,28

Tabla 3.62. Entrada a F-503

La cantidad de agua de lavado que se utiliza en este filtro es:

kmol/h	kg/h	T (°C)
20,62	371,43	35

Tabla 3.63. Entrada de agua a F-503

Una vez concluido el ciclo, se obtienen dos salidas, la de la torta sólida y la salida líquida, formada por las aguas madres y las aguas de lavado.

Salida sólida			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicOH	0,10	0,0091	9,77
HNO ₃	0,01	0,0012	0,84
H ₂ O	4,48	0,4151	80,73
AA sólido	3,96	0,3664	577,61
AA líquido	0,00	0,0000	0,02
AC GLU	0,00	0,0002	0,26
AC SUC	0,00	0,0000	0,06
AC SUC sólido	2,24	0,2074	264,28
Cu(NO ₃) ₂	0,00	0,0003	0,52
NH ₄ VO ₃	0,00	0,0003	0,32
Total	10,80		934,41

Tabla 3.64. Salida sólida de F-503

Aguas lavado			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicOH	1,86	0,0985	185,71
HNO ₃	0,25	0,0134	15,93
H ₂ O	16,56	0,8782	298,30
AA	0,01	0,0005	1,48
AC GLU	0,04	0,0020	4,92
AC SUC	0,03	0,0018	3,94
Cu(NO ₃) ₂	0,05	0,0028	9,87
NH ₄ VO ₃	0,05	0,0028	6,15
Total	18,85		526,30

Tabla 3.65. Salida de aguas de lavado de F-503

Agua madres			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicOH	16,94	0,2823	1694,12
HNO ₃	13,48	0,2245	848,96
H ₂ O	21,37	0,3561	384,99
AA	0,16	0,0026	22,75
AC GLU	1,99	0,0331	262,38
AC SUC	0,48	0,0080	56,65
Cu(NO ₃) ₂	2,80	0,0467	525,96
NH ₄ VO ₃	2,80	0,0467	327,94
Total	60,02		4123,76

Tabla 3.66. Salida de aguas madre de F-503

El balance de energía a este equipo consiste simplemente en determinar a qué temperatura se van a obtener las salidas. Para ello se ha realizado la suposición de que las temperaturas son las mismas para todas las salidas.

Esta estimación se lleva a cabo bajo la afirmación que la entalpía de las corrientes de salida debe ser igual a la de las corrientes de entrada. Pero además, parte del soluto se disuelve en el agua de lavado, proceso endotérmico que hay que incluir en el balance. Por esto se decide trabajar en calores, y para ello se estima de las corrientes el calor que aportarían desde la temperatura a la que están hasta una de referencia, que para simplificar términos se ha elegido 0 K.

El balance quedaría como sigue:

$$\sum_{\text{entradas}} F_i C_{p_i} (T_{\text{entrada}}) + \lambda_{\text{disolución}} = \sum_{\text{salidas}} F_i C_{p_i} (T_{\text{salidas}})$$

El calor de disolución de los componentes sólidos es el mismo en valor que el de cristalización, pero con signo negativo.

Los valores numéricos corresponden a:

CORRIENTE	ENTRADA	ENTRADA AGUA LAV	SALIDA SÓLIDOS	SALIDA A. MADRES	SALIDA A. LAVADO
F (kmol/h)	69,05	20,62	10,80	60,02	18,85
Cp (kJ/kmol K)	120,83	75,71	138,96	113,86	84,37
T (K)	313,15	308,15	311,634	311,634	311,634
Q (kW)	859,36		859,12		

Tabla 3.67. Balance de energía a F-503

→ *Tanque de deshidratación TDH-501.*

En este tanque se lleva a cabo la deshidratación en discontinuo del ácido succínico. Las condiciones a las que se lleva a cabo esta operación son muy extremas. Según la bibliografía esta etapa se lleva a cabo a una temperatura de unos 180°C y a una presión de 50 mmHg absolutos. Con un tiempo de residencia de cuatro horas se consigue que aproximadamente el 95% del ácido succínico se deshidrate.

El total del agua que se evapora comprende el agua libre que hay en la corriente, hasta el azeótropo del ácido nítrico y el agua de la deshidratación del ácido succínico. La deshidratación supone la pérdida de una molécula de agua de cada molécula de ácido succínico. Con esto ya se calcula las salidas del equipo que suceden por unidad de tiempo.

	kmol/h	kg/h
AGUA LIBRE	4,46	80,34
AGUA NO LIBRE (azeótropo)	0,02	0,39
AGUA DESHIDRATADA	2,13	38,34

Tabla 3.68. Análisis del agua en la deshidratación

La entrada al equipo es:

Entrada			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicOH	0,10	0,0091	9,77
HNO ₃	0,01	0,0012	0,84
H ₂ O	4,48	0,4151	80,73
AA sólido	3,96	0,3664	577,61
AA líquido	0,00	0,0000	0,02
AC GLU	0,00	0,0002	0,26
AC SUC	0,00	0,0000	0,06
AC SUC sólido	2,24	0,2074	264,28
Cu(NO ₃) ₂	0,00	0,0003	0,52
NH ₄ VO ₃	0,00	0,0003	0,32
Total	10,80		934,41

Tabla 3.69. Entrada al tanque TDH-501

Y las correspondientes salidas:

Componente	kmol/h	kg/h
H ₂ O	6,59	118,68

Tabla 3.70. Salida de agua de TDH-501

Salida			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicOH	0,0977	0,0091	9,77
HNO ₃	0,0133	0,0012	0,84
H ₂ O	0,0219	0,0020	0,39
AA fundido	3,9564	0,3665	577,63
AC GLU	0,0020	0,0002	0,26
AC SUC	0,1120	0,0104	13,22
AC SUC anhidro	2,1281	0,1971	212,78
Cu(NO ₃) ₂	0,0021	0,0002	0,52
NH ₄ VO ₃	0,0028	0,0003	0,32
Total	10,7958		815,73

Tabla 3.71. Corriente de salida de TDH-501

Para el balance energético se tiene en cuenta el calor sensible que hay que aportar a la corriente hasta alcanzar la temperatura de trabajo y el calor necesario para romper el enlace en la deshidratación. Este calor tiene un valor de 571,6 kJ/mol.

Debido a las elevadas temperaturas de trabajo el servicio utilizado es vapor de alta.

$$\sum_{\text{entrada}} F_i C_{p_i} (T_{\text{sal}} - T_{\text{ent}}) + F_{\text{succínico}} \lambda_{\text{deshidratación}} = F_{\text{vapor}} \lambda_{\text{vaporización}}$$

CORRIENTE	DE PROCESO			SERVICIO	
	ENTRADA SÓLIDOS	ENTRADA AGUA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
F (kmol/h)	10,80	6,01	4,78	38,60	38,60
C_p (kJ/kmol K)	138,97	3,17			
T (K)	311,6342	453,15	453,15	471,15	471,15
Q (kW)	376,12			376,12	

Tabla 3.72. Balance de energía a TDH-501

→ Balance al intercambiador IC-504:

CORRIENTE	Fluido caliente		Fluido frío	
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
F (kmol/h)	815,7	815,7	577,4	577,4
Cp (kJ/kmol K)	232,00	231,7	229,61	231,70
T (K)	568,71	538,69	453,15	478,64
Q (kW)	10,78		10,78	

Tabla 3.73. Balance de energía a IC-504

→ Balance a la columna de destilación CD-502:

La torre de destilación CD-502 se va a encargar de separar el anhídrido succínico y el ácido adípico. Esta columna trabaja a vacío a 0,33 bar (250 mm Hg), debido a que trabajando a presiones más altas las temperaturas que se alcanzan favorecerían la degradación de ciertos compuestos de la mezcla por ello se baja la presión hasta conseguir temperaturas de trabajo que no dañen los productos.

El balance de materia se resuelve como el de una columna de destilación obteniendo los resultados:

Corriente de alimentación:

Entrada	T		
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicOH	0,098	0,0154	9,77
HNO ₃	0,013	0,0021	0,84
H ₂ O	0,022	0,0035	0,39
AA	3,956	0,6244	577,63
AC GLU	0,002	0,0003	0,26
AA SUC	0,112	0,0177	13,22
AC SUC ANHIDRO	2,128	0,3358	212,78
Cu(NO ₃) ₂	0,003	0,0004	0,52
NH ₄ VO ₃	0,003	0,0004	0,32
Total	6,337		815,73

Tabla 3.74. Entrada a CD-502

Corriente de destilado:

Cabezas			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicOH	0,098	0,04109	6,68
HNO ₃	0,013	0,00559	0,57
H ₂ O	0,022	0,00921	0,27
AA	0,016	0,00665	2,31
AC GLU	0,000	0,00000	0,00
AA SUC	0,112	0,04708	13,22
AC SUC ANHIDRO	2,118	0,89038	212,53
Cu(NO ₃) ₂	0,000	0	0,00
NH ₄ VO ₃	0,000	0	0,00
Destilado total	2,38		235,58

Tabla 3.75. Salida por cabezas de CD-502

Corriente de colas:

Colas			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicOH	0,000	0,00000	0,00
HNO ₃	0,000	0,00000	0,00
H ₂ O	0,000	0,00000	0,00
AA	3,941	0,99569	575,32
AC GLU	0,002	0,00050	0,26
AA SUC	0,000	0,00000	0,00
AC SUC ANHIDRO	0,010	0,00242	0,96
Cu(NO ₃) ₂	0,003	0,00070	0,52
NH ₄ VO ₃	0,003	0,00070	0,32
Residuo total	3,958		577,38

Tabla 3.76. Salida por colas de CD-502

Las temperaturas de las corrientes de salida:

T destilado	179,3	°C
T colas	295,5	°C

Tabla 3.77. Temperaturas en CD-502

El balance de energía a la columna se resume en:

CALORES EN LA COLUMNA CD-502		
F·hf	210,2	kJ/s
D·hd	36,4	kJ/s
W·hw	1067,7	kJ/s
qb	1397,1	kJ/s
qc	503,1	kJ/s

Tabla 3.78. Calores en la columna CD-502

→ Balance al condensador CO-502:

Como en el resto de los condensadores se utiliza agua de refrigeración para retirar el calor necesario en la condensación.

CORRIENTE	Agua de refrigeración	
	ENTRADA	SALIDA
F (Kg/h)	30962,9	30962,9
Cp (kJ/Kg K)	4,207	4,213
T (K)	293,15	308,15
P (bar)		
Q (kW)	503,15	

Tabla 3.79. Balance de energía a CO-502

→ Balance al ebullidor K-502:

En este caso se utiliza aceite térmico debido a la elevada temperatura que debe alcanzarse en colas para producir la ebullición de la mezcla, el cambio de temperatura que experimenta el aceite es de 40 °C, su temperatura baja de 390 a 350 °C.

CORRIENTE	Aceite térmico	
	ENTRADA	SALIDA
F (Kg/h)	50088,07	50088,07
Cp (kJ/Kg K)	2,50	
T (K)	663,15	623,16
Q (kW)	1397,1	

Tabla 3.80. Balance de energía K-502

→ Tanque de redisolución TD-502.

El propósito de este equipo es el de aportar Al ácido adípico fundido que llega de las colas de la columna de destilación CD-502 la cantidad precisa de disolvente, en este caso agua, y a unas condiciones específicas de temperatura, para conseguir la completa redisolución de la misma.

Con esto se consigue una disolución óptima para la cristalización de dicha corriente sólida, que se lleva a cabo en el cristalizador CR-504. Mediante la solubilidad del ácido adípico a la temperatura de trabajo se calcula la necesidad de agua. Después de varios análisis se concluye que la mejor proporción agua sólido es la del punto de saturación de dicha mezcla.

Imponiendo una temperatura de trabajo de 80°C:

Solubilidad de ácido adípico en agua = **55,508 kg AA / 100kg agua**

Por tanto, la corriente de agua de entrada, marcada en el diagrama de flujo como corriente 528 corresponde a:

kmol/h	kg/h	T (°C)
57,54	1036,62	60

Tabla 3.81. Entrada de agua en TD-502

La corriente de entrada de proceso a esta etapa es:

Entrada			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicOH	0,00	0,0000	0,00
HNO3	0,00	0,0000	0,00
H2O	0,00	0,0000	0,00
AA fundido	3,94	0,9962	575,32
AA líquido	0,00	0,0000	0,00
AC GLU	0,00	0,0005	0,26
AC SUC	0,00	0,0000	0,00
AC SUC anhidro	0,01	0,0021	0,96
Cu(NO3)2	0,00	0,0005	0,52
NH4VO3	0,00	0,0007	0,32
Total	3,96		577,38

Tabla 3.82. Entrada al tanque TD-502

La salida de este tanque es la siguiente:

Entrada			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicOH	0,00	0,0000	0,00
HNO3	0,00	0,0000	0,00
H2O	57,54	0,9357	1036,62
AA	3,94	0,0641	575,32
AC GLU	0,00	0,0000	0,26
AC SUC	0,01	0,0001	0,96
Cu(NO3)2	0,00	0,0000	0,52
NH4VO3	0,00	0,0000	0,32
Total	61,50		1614,00

Tabla 3.83. Salida de TD-502

El agua incorporada al proceso entra a 60°C. Para alcanzar los 80°C de temperatura de operación se dispone de un encamisado que usa como fluido calefactor vapor de media. El balance energético a este equipo se realiza teniendo en cuenta el calor de redisolución, de la siguiente manera:

$$\sum_{\text{ent}} F_i C_{p_i} (T_{\text{sal}} - T_{\text{ent}}) + F_{\text{agua}} C_{p_{\text{agua}}} (T_{\text{sal}} - T_{\text{ent}}) + F_{\text{sólidos}} \lambda_{\text{disolución}} = F_{\text{vapor}} \lambda_{\text{vaporización}}$$

CORRIENTE	DE PROCESO			SERVICIO	
	ENTRADA SÓLIDOS	ENTRADA AGUA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
F (kmol/h)	3,96	57,54	61,50	146,36	146,36
Cp (kJ/kmol K)	231,67	75,71	92,51	4,28	4,27
T (K)	538,69	333,15	353,15	451,15	433,15
Q (kW)	1423,09			1423,09	

Tabla 3.84. Balance de energía a TD-502

→ *Cristalizador CR-504*

En este equipo se imponen condiciones de trabajo para recrystalizar el ácido adípico recuperado por colas en la torre de destilación de ácido adípico y ácido succínico. Del mismo modo, la cristalización se lleva a cabo mediante el enfriamiento de la mezcla a presión constante, en este caso, presión atmosférica.

Llevando a cabo el balance desarrollado para el primer cristalizador:

$$y = R w_1 \frac{c_1 - c_2 (1 - E)}{1 - c_2 (R - 1)}$$

y suponiendo de nuevo evaporación nula, se obtiene:

Entrada			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicLOH	0,00	0,0000	0,00
HNO3	0,00	0,0000	0,00
H2O	57,54	0,9357	1036,62
AA	3,94	0,0641	575,32
AC GLU	0,00	0,0000	0,26
AC SUC	0,01	0,0001	0,96
Cu(NO3)2	0,00	0,0000	0,52
NH4VO3	0,00	0,0000	0,32
Total	61,50		1614,00

Tabla 3.85. Entrada a CR-504

Salida			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicLOH	0,00	0,0000	0,00
HNO3	0,00	0,0000	0,00
H2O	57,54	0,9357	1036,62
AA sólido	3,80	0,0618	555,33
AA líquido	0,14	0,0022	19,99
AC GLU	0,00	0,0000	0,26
AC SUC	0,01	0,0001	0,96
AC SUC sólido	0,00	0,0000	0,00
Cu(NO3)2	0,00	0,0000	0,52
NH4VO3	0,00	0,0000	0,32
Total	61,50		1614,00

Tabla 3.86. Salida de CR-504

En este caso, solo el 96,52% del ácido adípico de la corriente se recupera en su forma cristalizada. Las condiciones en las que se ha dado este resultado son:

Temperatura de enfriamiento: 20°C.

Concentración inicial de la disolución, c_1 : 0,555 kg AA/kg de agua.

Solubilidad a la temperatura final, c_2 : 0,0193 kg AA/kg de agua.

El balance de energía al cristalizador se realiza mediante la suma de estos dos calores:

Calor sensible intercambiado: $Q = F C_p (T_{salida} - T_{entrada})$

Calor generado por cristalización: $Q = F \lambda_{cristalización}$

CORRIENTE	PROCESO		SERVICIO	
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
F (kmol/h)	61,50	61,50	1183,34	1183,34
Cp (kJ/kmol K)	92,51	86,10	75,76	75,80
T (K)	353,15	293,15	280,15	285,15
Q (kW)	124,54		124,54	

Tabla 3.87. Balance de energía a CR-504

De la cantidad de calor que hay que retirar en esta etapa, el generado por cristalización supone el 26,5% del total.

El servicio que se utiliza para enfriar es agua de fría que entra en el encamisado del equipo a **7°C** y sufre un salto térmico de sólo 5°C debido a la baja temperatura a la que hay que llevar la mezcla. En estas condiciones el caudal de agua de refrigeración alcanza un valor de **21317,9 kg/h**.

→ Filtro F-504.

El balance de materia al filtro, se ha desarrollado llevando a cabo una secuencia de suposiciones coherentes, explicadas ya en el balance al filtro F-501. Todas ellas se mantienen para este equipo.

La torta resultante antes de la etapa de lavado del filtro se compone de:

Antes lavado			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicOH	0,00	0,0000	0,00
HNO ₃	0,00	0,0000	0,00
H ₂ O	3,02	0,4419	54,38
AA sólido	3,80	0,5569	555,33
AA líquido	0,01	0,0011	1,05
AC GLU	0,00	0,0000	0,01
AC SUC	0,00	0,0001	0,05
AC SUC sólido	0,00	0,0000	0,00
Cu(NO ₃) ₂	0,00	0,0000	0,03
NH ₄ VO ₃	0,00	0,0000	0,02
Total	6,83		610,86

Tabla 3.88. Lavado en el filtro F-504

La cantidad de agua de lavado que se utiliza en este filtro es:

kmol/h	kg/h	T (°C)
4,62	83,24	20

Tabla 3.89. Agua de lavado en F-504

Una vez concluido el ciclo, se obtienen dos salidas, la de la torta sólida y la salida líquida, formada por las aguas madres y las aguas de lavado.

Salida sólida			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicOH	0,00	0,0000	0,00
HNO ₃	0,00	0,0000	0,00
H ₂ O	3,08	0,4474	55,48
AA sólido	3,80	0,5526	555,32
AA líquido	0,00	0,0001	0,05
AC GLU	0,00	0,0000	0,00
AC SUC	0,00	0,0000	0,00
AC SUC sólido	0,00	0,0000	0,00
Total	6,88		610,85

Tabla 3.90. Salida sólida de F-504

Aguas lavado			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicLOH	0,00	0,0000	0,00
HNO3	0,00	0,0000	0,00
H2O	4,56	0,9983	82,14
AA	0,01	0,0015	1,01
AC GLU	0,00	0,0000	0,01
AC SUC	0,00	0,0001	0,05
Cu(NO3)2	0,00	0,0000	0,03
NH4VO3	0,00	0,0000	0,02
Total	4,57		83,26

Tabla 3.91. Salida aguas de lavado de F-504

Agua madres			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicLOH	0,00	0,0000	0,00
HNO3	0,00	0,0000	0,00
H2O	54,52	0,9974	982,25
AA	0,13	0,0024	18,94
AC GLU	0,00	0,0000	0,25
AC SUC	0,01	0,0001	0,91
Cu(NO3)2	0,00	0,0000	0,49
NH4VO3	0,00	0,0000	0,31
Total	54,67		1003,14

Tabla 3.92. Salida de aguas madres de F-504

El balance de energía a este equipo consiste simplemente en determinar a qué temperatura se van a obtener las salidas. Para ello se ha realizado la suposición de que las temperaturas son las mismas para todas las salidas.

Esta estimación se lleva a cabo bajo la afirmación que la entalpía de las corrientes de salida debe ser igual a la de las corrientes de entrada. Pero además, parte del soluto se disuelve en el agua de lavado, proceso endotérmico que hay que incluir en el balance. Por esto se decide trabajar en calores, y para ello se estima de las corrientes el calor que aportarían desde la temperatura a la que están hasta una de referencia, que para simplificar términos se ha elegido 0 K.

El balance quedaría como sigue:

$$\sum_{entradas} F_i C_{p_i} (T_{entrada}) + \lambda_{disolución} = \sum_{salidas} F_i C_{p_i} (T_{salidas})$$

El calor de disolución de los componentes sólidos es el mismo en valor que el de cristalización, pero con signo negativo.

Los valores numéricos corresponden a:

CORRIENTE	ENTRADA	ENTRADA AGUA LAV	SALIDA SÓLIDOS	SALIDA A. MADRES	SALIDA A. LAVADO
F (kmol/h)	61,50	4,62	6,88	54,67	4,57
Cp (kJ/kmol K)	86,10	75,71	162,23	76,47	76,25
T (K)	293,15	293,15	293,11	293,11	293,11
Q (kW)	459,64		459,64		

Tabla 3.93. Balance de energía a F-504

3.7.- BALANCES DE MATERIA DE LA SECCIÓN 600:

→ *Secado S-601*

En este secadero se disminuye el grado de humedad de las dos corrientes de ácido adípico purificado, la corriente 509 y la 532. Para realizar el balance de materia, aunque el secado sea en discontinuo, se trata como si se hiciera en continuo, haciendo el siguiente balance global:

$$G (Hg_2 - Hg_1) = L Cp (T_2 - T_1) + L H_{vap}$$

donde:

$$Hg = Cpg (T_0 - T) + Y H_{vap0}$$

$$Cpg = 0,24 + 0,45Y$$

G y L son los flujos de gas (aire) y líquido (agua) respectivamente, en masa·tiempo⁻¹.

Hg es una entalpía que engloba materia, calor sensible y latente, y es función de la temperatura del líquido.

Y es la humedad del aire de secado en kg de agua / kg de aire seco.

La temperatura de entrada de las dos corrientes sólidas es de 20°C y se realiza el secado a 100°C. El agua que traen consigo ambas corrientes es muy similar y oscila en el 9,99% del total de la corriente en ambos casos. En esta etapa de secado el objetivo es rebajar esta agua hasta que la humedad sea del 3%.

Los términos del balance que se conocen o se pueden calcular se recogen en la siguiente tabla:

Y1 (kg agua/kg aire seco)	0,03
Cpg1 (kJ/kg aire seco)	1,0614
Hg1 (kJ/kg aire seco)	67,71
L (kg/h)	528,24
L Cp(T2-T1) (kJ/h)	76039,32
L H_{vap} (kJ/h)	1192247,01

Tabla 3.94. Condiciones para el secado en S-601

Con ayuda de una gráfica de humedad para mezclas de agua y aire se obtienen para distintos valores de saturación de agua en aire, siguiendo una línea adiabática de saturación, los correspondientes valores de humedad y temperatura final, de manera que se puede desarrollar una tabla con los datos restantes del tipo:

% saturación aire	Y2 (kg agua / kg aire seco)	T final (°C)	Cpg2 (kJ/kg aire seco)	Hg2 (kJ/kg aire seco)	G (kg/h)
20	0,0475	72,5	1,09	137,30	18224,93
40	0,049	60,5	1,10	153,93	14710,02
60	0,055	57	1,11	171,80	12184,96
80	0,0575	46,5	1,11	189,33	10428,41
90	0,059	44,5	1,12	195,10	9956,20
100	0,06	43	1,12	199,13	9650,30

Tabla 3.95. Características del aire a diferentes temperaturas

En estas condiciones de entrada de aire se puede asegurar que entra con un grado de saturación de agua en aire del 0%. Suponiendo un grado de saturación de agua en aire no mayor a un 40% de más al que tenía a la entrada, el resumen de la entrada y la salida de este equipo es:

Entrada sólida			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicloH	0,00	0,0000	0,02
HNO3	0,00	0,0000	0,03
H2O	41,91	0,4473	755,05
AA sólido	51,78	0,5526	7560,18
AA líquido	0,01	0,0001	0,92
AC GLU	0,00	0,0000	0,00
AC SUC	0,00	0,0000	0,01
AC SUC sólido	0,00	0,0000	0,00
Cu(NO3)2	0,00	0,0000	0,01
NH4VO3	0,00	0,0000	0,00
Total	93,70		8316,22

Tabla 3.96. Entrada sólida al secadero S-601

Entrada gas			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
AIRE	492,98	0,9540	14281,57
H2O vapor	23,78	0,0460	428,45
Total	516,76		14710,02

Tabla 3.97. Entrada aire al secadero S-601

Salida sólida			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicloH	0,00	0,0000	0,02
HNO ₃	0,00	0,0000	0,03
H ₂ O	12,59	0,1956	226,81
AA sólido	51,78	0,8043	7560,18
AA líquido	0,01	0,0001	0,92
AC GLU	0,00	0,0000	0,00
AC SUC	0,00	0,0000	0,01
AC SUC sólido	0,00	0,0000	0,00
Cu(NO ₃) ₂	0,00	0,0000	0,01
NH ₄ VO ₃	0,00	0,0000	0,00
Total	61,38		7787,98

Tabla 3.98. Salida sólida del secado S-601

Salida gas			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
AIRE	492,98	0,9028	14281,57
H ₂ O vapor	53,11	0,0972	956,69
Total	546,08		15238,26

Tabla 3.99. Salida aire del secado S-601

El balance de energía va incorporado en el propio balance de materia, ya que el aire de secado hace a la vez de intercambiador de materia y de energía.

→ Secado S-602

En este secadero se disminuye el grado de humedad de la corriente de ácido adípico purificado que viene del secado anterior. Para realizar el balance de materia, aunque el secado sea en discontinuo, se trata como si se hiciera en continuo, haciendo el siguiente balance global:

$$G (Hg_2 - Hg_1) = L Cp (T_2 - T_1) + L H_{vap}$$

donde:

$$Hg = Cpg (T_0 - T) + Y H_{vap0}$$

$$Cpg = 0,24 + 0,45Y$$

G y L son los flujos de gas (aire) y líquido (agua) respectivamente, en masa·tiempo⁻¹.

Hg es una entalpía que engloba materia, calor sensible y latente, y es función de la temperatura del líquido.

Y es la humedad del aire de secado en kg de agua / kg de aire seco.

La temperatura de entrada de las dos corrientes sólidas es de 100°C y se realiza el secado a 120°C. En esta etapa de secado el objetivo es rebajar esta agua hasta que la humedad sea del 0,02% cumplimentando así las especificaciones del producto.

Los términos del balance que se conocen o se pueden calcular se recogen en la siguiente tabla:

Y1 (kg agua/kg aire seco)	0,022
Cpg1 (kJ/kg aire seco)	1,0464
Hg1 (kJ/kg aire seco)	48,46
L (kg/h)	196,14
L Cp(T2-T1) (kJ/h)	15,55
L Hvap (kJ/h)	211,69

Tabla 3.100. Condiciones para el secado en S-602

Con ayuda de una gráfica de humedad para mezclas de agua y aire se obtienen para distintos valores de saturación de agua en aire, siguiendo una línea adiabática de saturación, los correspondientes valores de humedad y temperatura final, de manera que se puede desarrollar una tabla con los datos restantes del tipo:

% saturación aire	Y2 (kg agua / kg aire seco)	T final (°C)	Cpg2 (kJ/kg aire seco)	Hg2 (kJ/kg aire seco)	G (kg/h)
20	0,0445	66,5	1,09	136,91	5358,05
40	0,049	56	1,10	158,87	4292,36
60	0,052	50	1,10	172,50	3820,52
80	0,054	45	1,11	182,74	3529,33
90	0,0549	43,5	1,11	186,52	3432,53
100	0,0551	42,5	1,11	188,10	3393,66

Tabla 3.101. Características del aire a diferentes temperaturas

En estas condiciones de entrada de aire se puede asegurar que entra con un grado de saturación de agua en aire del 0%. Suponiendo un grado de saturación de agua en aire no mayor a un 40% de más al que tenía a la entrada, el resumen de la entrada y la salida de este equipo es:

Entrada sólida			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicloH	0,00	0,0000	0,02
HNO3	0,00	0,0000	0,03
H2O	12,59	0,1956	226,81
AA sólido	51,78	0,8043	7560,18
AA líquido	0,01	0,0001	0,92
AC GLU	0,00	0,0000	0,00
AC SUC	0,00	0,0000	0,01
AC SUC sólido	0,00	0,0000	0,00
Cu(NO3)2	0,00	0,0000	0,01
NH4VO3	0,00	0,0000	0,00
Total	61,38		7787,98

Tabla 3.102. Entrada sólida al secadero S-602

Entrada gas			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
AIRE	143,85	0,9540	4167,34
H2O vapor	6,94	0,0460	125,02
Total	150,79		4292,36

Tabla 3.103. Entrada de aire al secadero S-602

Salida sólida			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicloH	0,00	0,0000	0,02
HNO3	0,00	0,0000	0,03
H2O	0,84	0,1956	15,12
AA sólido	51,78	0,8043	7560,18
AA líquido	0,01	0,0001	0,92
AC GLU	0,00	0,0000	0,00
AC SUC	0,00	0,0000	0,01
AC SUC sólido	0,00	0,0000	0,00
Cu(NO3)2	0,00	0,0000	0,01
NH4VO3	0,00	0,0000	0,00
Total	52,63		7576,29

Tabla 3.104. Salida de sólidos del S-602

Salida gas			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
AIRE	143,85	0,8850	4167,34
H2O vapor	18,69	0,1150	336,71
Total	162,54		4504,05

Tabla 3.105. Salida de aire del S-602

El balance de energía va incorporado en el propio balance de materia, ya que el aire de secado hace a la vez de intercambiador de materia y de energía. Pero este equipo se utiliza también para enfriar los sólidos hasta una temperatura que no suponga riesgos para los trabajadores, se rebaja la temperatura hasta los 60°C, para lo que se aporta aire a temperatura atmosférica durante un cierto tiempo de residencia.

Aplicando un balance de energía:

$$F_{\text{sólidos}} C_p (T_{\text{entrada}} - T_{\text{salida}}) = F_{\text{aire}} C_p (T_{\text{salida}} - T_{\text{entrada}})$$

CORRIENTE	PROCESO		SERVICIO	
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
F (kmol/h)	52,63	52,63	1901,15	1901,15
Cp (kJ/kmol K)	229,67	229,66	1,0125	1,0133
Q (kW)	201,54		201,54	

Tabla 3.105. Balance de energía del S-602

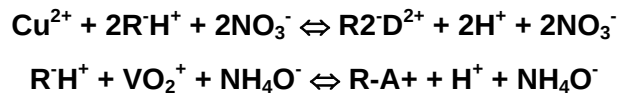
3.8.- BALANCES DE MATERIA DE LA SECCIÓN 700:

→ Balance de materia a las columnas IO-701 A/B, IO-702 A/B, IO-703 A/B:

Para llevar a cabo el balance de materia a estos equipos lo primero es plantear las etapas de este proceso unitario. La primera de ellas es en la que se lleva a cabo la captación de los iones en la resina, a la que se denomina intercambio iónico propiamente dicho. En la segunda se lleva a cabo el lavado de la torre con agua. En la última se realiza la regeneración de la resina. Estas tres etapas conforman el ciclo del intercambio iónico.

En la columna de intercambio iónico se van a retener los iones Cu^{2+} y VO_2^+ en una resina sulfónica y posteriormente serán cogidos por el ácido nítrico fresco que se alimenta a los reactores principales de la planta R-301.

En el interior de la columna se va a producir un intercambio de cationes entre los cationes de cobre y vanadio que lleva la corriente y los H^+ de la resina:



En el caso del ion de cobre el intercambio es divalente-monovalente, el cobre ocupa dos centros de la resina, el intercambio del VO_2^+ es monovalente-monovalente. La resina que constituye el lecho es una resina ácida fuerte formada por grupos sulfónicos. El esqueleto sólido del lecho es de poliestireno entrecruzado con divinil benceno.

Las propiedades de ésta son las siguientes:

Material	Shape* of particles	Bulk wet density (drained), kg/L	Moisture content (drained), % by weight	Swelling due to exchange, %	Maximum operating temperature, † °C	Operating pH range	Exchange capacity	
							Dry, equivalent/kg	Wet, equivalent/L
Cation exchangers: strongly acidic								
Polystyrene sulfonate	S				120-150	0-14		
Homogeneous (gel) resin								
4% cross-linked		0.75-0.85	64-70	10-12			5.0-5.5	1.2-1.6
6% cross-linked		0.76-0.86	58-65	8-10			4.8-5.4	1.3-1.8
8-10% cross-linked		0.77-0.87	48-60	6-8			4.6-5.2	1.4-1.9
12% cross-linked		0.78-0.88	44-48	5			4.4-4.9	1.5-2.0
16% cross-linked		0.79-0.89	42-46	4			4.2-4.6	1.7-2.1
20% cross-linked		0.80-0.90	40-45	3		3.9-4.2	1.8-2.0	
Porous structure								
12-20% cross-linked	S	0.81	50-55	4-6	120-150	0-14	4.5-5.0	1.5-1.9
Sulfonated phenolic resin	G	0.74-0.85	50-60	7	50-90	0-14	2.0-2.5	0.7-0.9
Sulfonated coal	G							

Los iones que ha de intercambiar la resina son:

c (eq/l)	
Cu⁺⁺	1,0861
VO₂⁺	0,5431

Tabla 3.106. Iones que intercambian las columnas

La corriente de entrada total al intercambio iónico, sin tener en cuenta que se reparte en tres columnas es:

Entrada			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicloH	18,80	0,1361	1879,83
HNO ₃	13,73	0,0994	864,88
H ₂ O	97,01	0,7024	1747,68
AA	0,30	0,0022	44,18
AC GLU	2,03	0,0147	267,57
AC SUC	0,52	0,0038	61,55
Cu(NO ₃) ₂	2,86	0,0207	536,35
NH ₄ VO ₃	2,86	0,0207	334,41
Total	138,11		5736,45

Tabla 3.107. Entrada al intercambio iónico

La salida total, suponiendo una eficacia de intercambio del 98%, es:

Salida			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicloH	18,80	0,1419	1879,83
HNO ₃	13,73	0,1036	864,88
H ₂ O	97,01	0,7321	1747,68
AA	0,30	0,0023	44,18
AC GLU	2,03	0,0153	267,57
AC SUC	0,52	0,0039	61,55
Cu(NO ₃) ₂	0,06	0,0004	10,73
NH ₄ VO ₃	0,06	0,0004	6,69
Total	132,50		4883,11

Tabla 3.108. Salida del intercambio iónico

En la etapa de lavado se calcula el agua necesaria para desplazar el volumen que ha quedado de la etapa anterior, y resulta ser de:

Lavado			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
H2O	185,03	1,0000	3333,33

Tabla 3.109. Agua para el lavado de las columnas de intercambio iónico

Se usa como agente regenerante el ácido nítrico al 60%wt que se tiene como materia prima. Para calcular la cantidad de regenerante que se necesita para garantizar el cumplimiento de esta etapa se ha de cumplir esta igualdad:

$$V(C_0 - C) = R(C_s - C_{s0})$$

Siendo:

V es el volumen de regenerante en m³.

C₀ es la concentración inicial de iones intercambiables en el regenerante.

C es la concentración final de iones en el regenerante.

C_s es la concentración inicial de iones intercambiables en la resina.

C_{s0} es la concentración final de iones la resina.

Conocidos el volumen de resina, los iones intercambiables en el ácido nítrico, que se calculan, los iones de catalizador fijados en la resina y suponiendo que las concentraciones finales son cero, porque se agotan los iones intercambiables en cada fase:

Entrada			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
HNO3	63,55	0,3002	4003,60
H2O	148,16	0,6998	2669,07
Total	211,71		6672,67

Tabla 3.110. Regeneración de la columna

Salida			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
HNO3	63,55	0,2924	4003,60
H2O	148,16	0,6818	2669,07
Cu(NO3)2	2,80	0,0129	525,62
NH4VO3	2,80	0,0129	327,72
Total	217,31		7526,02

Tabla 3.111. Regeneración de la columna

El balance energético a estos equipos no tiene relevancia.

Debido al elevado flujo que debe tratarse y a la gran cantidad de metal que tiene que retenerse en la columna se ha colocado un sistema de tres columnas de intercambio en paralelo.

→ Balance a la columna de destilación CD-701:

El balance a la columna de rectificación CD-701 se resuelve como en las torres anteriores, en este caso se trabaja a una presión de 1,013 bar. Se trata de una torre multicomponente en la que se ha tomado la separación mostrada en la tabla:

Recuperación Destilado		Recuperación Colas	
Agua D	1	Agua W	0
Azeótropo $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{O}$	1	Azeótropo $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{O}$	0
Ciclohexanol D	0,98	Ciclohexanol W	0,02
Ácido succínico D	0,02	Ácido succínico W	0,98
Ácido glutárico D	0	Ácido glutárico W	1
Ácido adípico D	0	Ácido adípico W	1

Tabla 3.110. Trabajo en la columna CD-701

La alimentación a la torre es la salida de la columna de intercambio iónico:

Entrada	T	28,2	°C
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicOH	18,80	0,1419	1879,83
HNO_3	13,73	0,1036	864,88
H_2O	97,01	0,7321	1747,68
AA	0,30	0,0023	44,18
AC GLU	2,03	0,0153	267,57
AA SUC	0,52	0,0039	61,55
$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	0,06	0,0004	10,73
NH_4VO_3	0,06	0,0004	6,69
Total	132,50		4883,11

Tabla 3.111. Entrada a CD-701

Las corrientes de salida de la columna son:

Cabezas			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicOH	18,42	0,1426	1842,23
HNO ₃	13,73	0,1063	864,88
H ₂ O	97,01	0,7510	1747,68
AA	0,00	0,0000	0,00
AC GLU	0,00	0,0000	0,00
AA SUC	0,01	0,0001	1,23
Destilado total	129,17		4456,03

Tabla 3.112. Salida de destilado de CD-701

Colas			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicOH	0,38	0,086	37,60
HNO ₃	0,00	0,000	0,00
H ₂ O	0,00	0,000	0,00
AA	0,30	0,068	44,18
AC GLU	2,03	0,459	267,57
AA SUC	0,51	0,115	60,31
Cu(NO ₃) ₂	0,06	0,014	10,73
NH ₄ VO ₃	0,06	0,014	6,69
Residuo total	3,34		427,08

Tabla 3.113. Salida de colas de CD-701

Las temperaturas de destilado y de colas:

T destilado	111,9	°C
T colas	197,7	°C

Tabla 3.114. Temperaturas en CD-701

Resolviendo el balance de energía los calores puestos en juego en la columna son los mostrados en la tabla:

CALORES EN LA COLUMNA CD-701		
F·hf	1249,0	kJ/s
D·hd	1685,4	kJ/s
W·hw	75,7	kJ/s
qb	1741,5	kJ/s
qc	1229,3	kJ/s

Tabla 3.114. Calores en CD-701

→ Balance al condensador CO-701:

Se utiliza agua de refrigeración para retirar el calor de la condensación:

CORRIENTE	Agua de refrigeración	
	ENTRADA	SALIDA
F (Kg/h)	75651,1	75651,1
Cp (kJ/Kg K)	4,207	4,213
T (K)	293,15	308,15
P (bar)		
Q (kW)	1229,33	

Tabla 3.115. Balance de energía en CO-701

→ Balance al ebullidor K-701:

Debido a la alta temperatura que alcanza el vapor con el que trabaja la torre es necesario utilizar vapor de alta presión en el ebullidor:

CORRIENTE	Vapor de agua	
	ENTRADA	SALIDA
F (Kg/h)	3219,52	3219,52
Ahv (Kj/kg)	1947,30	
T (K)	471,45	471,45
P (bar)	15	15
Q (kW)	1741,5	

Tabla 3.116. Balance de energía en K-701

→ Balance al intercambiador de calor IC-701:

En este intercambiador se enfrían las colas precalentando la alimentación, el balance se recoge en la tabla:

CORRIENTE	Fluido caliente		Fluido frío	
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
F (kmol/h)	4882,2	4882,2	29680,6	29680,6
Cp (kJ/kmol K)	142,25	141,47	92,40	93,20
T (K)	379,97	343,15	331,97	338,54
Q (kW)	3785,73		3785,73	

Tabla 3.117. Balance de energía en IC-701

→ Balance a la torre de rectificación CD-702:

En esta torre se va a tratar todas las corrientes de la planta que contienen ácido nítrico, agua y ciclohexanol, de manera que se obtenga una corriente con una composición adecuada para recircular al reactor.

La columna se ha resuelto como una destilación multicomponente en la que el componente clave ligero es el agua y el clave pesado es el azeótropo que se forma con la mezcla de agua y ácido nítrico. La separación supuesta ha sido:

Recuperación Destilado		Recuperación Colas	
Agua D	0,89	Agua W	0,11
Azeótropo HNO ₃ -H ₂ O	0,02	Azeótropo HNO ₃ -H ₂ O	0,98
Ciclohexanol D	0,00	Ciclohexanol W	1,00
Ácido succínico D	0,00	Ácido succínico W	1,00

Tabla 3.118. Trabajo de la columna CD-702

Se ha tomado esta separación para que la corriente de colas esté en las condiciones necesarias para entrar en el reactor una vez se ha mezclado con la alimentación fresca de ácido nítrico.

Las corrientes que se juntan y se alimentan a la columna de rectificación CD-702 son:

- Salida de cabezas de la torre CD-401.
- Salida de líquido del desorbedor D-801.
- Salida de cabezas de la columna CD-501.
- Salida de cabezas de la torre CD-701.

Así la corriente de entrada a la torre es:

Entrada	T	65,4	°C
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicloH	20,91	0,000705	2091,40
HNO ₃	662,60	0,022325	41744,06
H ₂ O	28997,03	0,976970	522381,47
AA SUC	0,01	3,51E-07	1,23
Total	29680,56		566218,16

Tabla 3.119. Entrada a la columna CD-702

Las salidas de la columna son una corriente de cabezas que se lleva a un tratamiento de depuración y una corriente de colas que se recircula al proceso, ya que contiene la mayor parte del ácido nítrico y agua necesarios en la reacción:

Cabezas			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicloH	0	0,00000	0
HNO ₃	13,25	0,00053	834,88
H ₂ O	24785,07	0,99947	446503,09
AA SUC	0	0,00000	0
Destilado total	24798,32		447337,97

Tabla 3.120. Salida de cabezas CD-702

Colas			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
CicloH	20,91	0,00428	2091,4
HNO ₃	649,35	0,13300	40909,2
H ₂ O	4211,96	0,86271	75878,4
AA SUC	0,01	0,00000	1,2
Residuo total	4882,23		118880,19

Tabla 3.121. Salida de colas CD-702

Debido al elevado flujo que hay que tratar se colocan dos columnas en paralelo; cada una de las cuales trabaja con la mitad de la corriente.

Resolviendo el balance de energía los calores puestos en juego en la columna son los mostrados en la tabla:

CALORES EN LA COLUMNA CD-702		
F·hf	205217,67	kJ/s
D·hd	171513,97	kJ/s
W·hw	47031,34	kJ/s
qb	153389,02	kJ/s
qc	146725,20	kJ/s

Tabla 3.121. Calores en la columna CD-702

→ Balance al condensador CO-702:

CORRIENTE	Agua de refrigeración	
	ENTRADA	SALIDA
F (Kg/h)	18058485,7	18058485,7
Cp (kJ/Kg K)	4,207	4,213
T (K)	293,15	308,15
Q (kW)	146725,20	

Tabla 3.122. Balance de energía en CO-702

→ Balance al ebullidor K-702:

CORRIENTE	Vapor de agua	
	ENTRADA	SALIDA
F (Kg/h)	547428,65	547428,65
Ahv (Kj/kg)	2015,30	
T (K)	453,05	453,05
P (bar)	10	10
Q (kW)	153226,8	

Tabla 3.123. Balance de energía en K-702

→ Balance al air-cooler IC-702:

CORRIENTE	Fluido caliente	
	ENTRADA	SALIDA
F (kmol/h)	4882,2	4882,2
Cp (kJ/kmol K)	141,47	141,24
T (K)	343,15	323,15
Q (kW)	2058,61	

Tabla 3.124. Balance de energía en IC-702

→ Balance al intercambiador IC-703:

CORRIENTE	Fluido caliente		Agua de refrigeración	
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
F (kmol/h)	4882,2	4882,2	5853,21	5853,21
Cp (kJ/kmol K)	141,24	141,16	75,78	75,86
T (K)	323,15	312,05	293,25	303,15
Q (kW)	1142,33		1142,33	

Tabla 3.125. Balance de energía en IC-703

→ Balance de las corrientes de alimentación al reactor:

Alimentación fresca:

Componentes	kmol/h	x	kg/h
CiOH	57,36	0,09890	5736,14
HNO ₃	156,88	0,27049	9883,71
H ₂ O	365,76	0,63061	6589,14
Total	580,00		22208,99

Tabla 3.126. Alimentación fresca a R-301

Recirculación al reactor:

Componentes	kmol/h	x	kg/h
CiOH	20,91	0,004284	2091,40
HNO ₃	649,35	0,133003	40909,18
H ₂ O	4211,96	0,862711	75878,38
A Succ	0,01	0,000002	1,23
Total	4882,23		118880,19

Tabla 3.127. Recirculación a R-301

3.9.- BALANCES DE MATERIA DE LA SECCIÓN 800:

→ Balance al intercambiador IC-801:

CORRIENTE	Fluido caliente		Fluido frío	
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
F (kmol/h)	2917,2	2917,2	22222,2	22222,2
Cp (kJ/kmol K)	30,37	29,85	75,77	75,80
T (K)	372,52	303,15	291,15	294,6
Q (kW)	1569,32		1569,32	

Tabla 3.128. Balance al intercambiador IC-801

→ Balance al lavador AB-801:

En el lavador AB-801 tiene lugar la transferencia de gases solubles de las corrientes gaseosas de salida del reactor a una corriente de agua.

Para que ocurra la absorción hay que desplazar el equilibrio de gases a líquidos y para ello se ha jugado con la temperatura, de manera que a menos temperatura mayor será la absorción por parte del agua de los gases.

El cálculo de los balances de materia se ha realizado a partir de valores de solubilidad de los gases que se quieren absorber que son el NO₂ y el NO, al no disponerse de datos de equilibrio líquido vapor de los solutos.

A partir de estas premisas se hace el balance de materia a la torre resultando unas corrientes de entrada y salida:

Entrada gases			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
N ₂	2125,4	0,7286	59510,5
O ₂	564,1	0,1934	18050,3
CO ₂	15,07	0,0052	662,9
N ₂ O	59,8	0,0205	2629,8
NO	3,03	0,0010	90,8
NO ₂	25,2	0,0086	1157,1
H ₂ O	124,78	0,0428	2249,0
Total	2917,2		84350,3

Tabla 3.129. Entrada G al lavador AB-801

Entrada agua		
Componentes	kmol/h	kg/h
H ₂ O	22222,2222	400000

Tabla 3.130. Entrada L al lavador AB-801

Salida gases			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
N2	2125,4	0,76274	59510,5
O2	564,1	0,20243	18050,3
CO2	5,2	0,00186	228,0
N2O	42,6	0,01529	1875,1
NO	1,8	0,00064	53,2
NO2	8,7	0,00313	401,8
H2O	38,7	0,01391	698,0
Total	2786,5		80816,8

Tabla 3.131. Salida G del lavador AB-801

Salida líquido			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
H2O	22289,8	0,99800	401550,9
NO2	16,4	0,00074	755,3
CO2	9,9	0,00044	435,0
NO	1,3	0,00006	37,6
N2O	17,2	0,00077	754,7
Total	22334,5		403533,5

Tabla 3.132. Salida L del lavador AB-801

Balance de energía:

Para realizar el balance de energía en la torre se han tenido en cuenta varios aspectos:

1. Se ha supuesto que el calor que se transfiere del gas caliente a la corriente de agua se hace por conducción.
2. Se iguala el calor que pierde el gas y el calor que gana el agua cuando ambas fases se ponen en contacto. Además este calor es igual al calor que se transfiere por conducción.
3. El sistema de ecuaciones se resuelve por iteración, hasta que se igualan los calores intercambiados.

Las ecuaciones son:

$$q_c = k \cdot \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \cdot \Delta T \quad (1)$$

$$q = m \cdot Cp \cdot \Delta T \quad (2)$$

En donde se definen:

q_c : calor transferido por conducción, kJ/s,

k : conductividad del relleno, w/m·°C,

r_2, r_1 : radios de los anillos de las partículas que forman el relleno, m

ΔT : máxima diferencia de temperaturas, T ent caliente – t ent frío

q : calor transferido de la corriente caliente a la fría, kJ/s,

m : flujo másico, kg/s

C_p : calor específico de cada corriente, kJ/kg°C

ΔT : diferencia de temperatura entre la entrada y salida de cada corriente.

Así se iguala el calor q_c dado en la ecuación (1) con los calores q de las dos corrientes que circulan por la columna dando unas temperaturas de salida:

Te G	30	°C
Ts G	28,0	°C
Te L	21,4	°C
Ts L	21,5	°C

Tabla 3.133. Temperaturas en el lavador

El resumen del balance de energía resulta:

CORRIENTE	Líquido		Gas	
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
F (kmol/h)	22222,2	22334,5	2917,2	2786,5
C_p (kJ/kmol K)	75,80	75,65	29,85	29,65
T (K)	294,55	294,65	303,15	301,12
Q (kW)	45,75		45,75	

Tabla 3.134. Balance de energía al AB-801

→ Balance al intercambiador IC-806:

CORRIENTE	Fluido caliente		Fluido frío	
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
F (kmol/h)	4092,3	4092,3	22334,5	22334,5
C_p (kJ/kmol K)	31,95	30,10	75,65	75,75
T (K)	596,36	405,92	296,70	313,5
Q (kW)	8085,4		8085,4	

Tabla 3.135. Balance de energía al IC-806

→ Balance al desorbedor D-801:

Este equipo tiene la misma finalidad y funcionamiento que el desorbedor D-401.

El balance de materia se ha realizado de la misma manera, calculando el aire necesario para desorber los gases disueltos en el líquido con la solubilidad de los solutos.

Las corrientes de entrada y de salida, así como los calores puestos en juego en la reacción y las temperaturas resultantes de la resolución del balance de energía se recogen en las tablas siguientes:

Entrada Líquido			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
H ₂ O	22289,8	0,99800	401550,9
NO ₂	16,4	0,00074	755,3
CO ₂	9,9	0,00044	435,0
NO	1,3	0,00006	37,6
N ₂ O	17,2	0,00077	754,7
Total	22334,5		403533,5

Tabla 3.136 Entrada L al desorbedor D-801

Entrada Aire			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
N ₂	975,309	0,79	27308,6
O ₂	259,259	0,21	8296,3
Total	1234,6		35604,9

Tabla 3.137 Entrada G al desorbedor D-801

Salida Líquido			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
H ₂ O	22274,65	0,999542	401119,6
NO ₂	0,65	0,000029	29,8
CO ₂	0,64	0,000029	28,0
NO	8,25	0,000370	519,7
N ₂ O	0,68	0,000030	29,8
Total	22284,86		401726,9

Tabla 3.138 Salida L del desorbedor D-801

Salida gases			
Componentes	kmol/h	x	kg/h
N ₂	975,3	0,7583	27308,6
O ₂	256,6	0,1995	8210,3
CO ₂	8,8	0,0068	403,8
N ₂ O	9,3	0,0072	407,1
NO ₂	16,5	0,0128	725,6
H ₂ O	19,8	0,0154	356,0
Total	1286,2		37411,5

Tabla 3.140. Salida G del desorbedor D-401

q sensible	646,9	kJ/s
q reacción	244,0	kJ/s
q conducción	890,9	kJ/s

Tabla 3.141. Calores en D-401

Te G	129,9	°C
Ts G	64,5	°C
Te L	40,0	°C
Ts L	41,5	°C

Tabla 3.142. Temperaturas en D-401

CORRIENTE	Líquido		Gas	
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
F (kmol/h)	22334,5	22284,86	1234,6	1286,2
Cp (kJ/kmol K)	75,75	76,18	29,79	30,05
T (K)	313,15	314,6	403,05	337,65

Tabla 3.143. Balance de energía en D-401

→ Balance al intercambiador IC-802:

CORRIENTE	Fluido caliente		Fluido frío	
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
F (kmol/h)	4101,9	4101,9	4072,7	4072,7
Cp (kJ/kmol K)	36,63	32,33	29,75	32,35
T (K)	903,44	633,15	312,73	607,20
Q (kW)	10187,71		10187,71	

Tabla 3.144. Balance de energía en IC-802

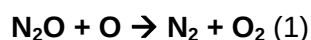
→ Balance al intercambiador IC-803:

CORRIENTE	Fluido proceso		G(kg/h)	Gas natural
	ENTRADA	SALIDA		
F (kmol/h)	4072,7	4072,7	Ahc(kJ/kg)	55501,2
Cp (kJ/kmol K)	32,35	32,41	Q (kW)	5741,5
T (K)	607,2	773,15		
Q (kW)	5741,5			

Tabla 3.145. Balance de energía en IC-803

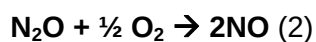
→ Balance al reactor R-801:

En el primer reactor del tratamiento de gases tiene lugar principalmente la oxidación del N_2O a N_2 y O_2 , según la reacción:



La reacción tiene lugar en un lecho catalítico a 500 °C.

Sin embargo a esta elevada temperatura una pequeña parte del N_2O que reacciona da NO:



La conversión del N_2O es del 99 % y de este gas que reacciona el 97,5 % lo hace en la primera de las reacciones y el 2,5 % reacciona para dar NO.

La corriente de entrada y salida a la reacción son:

Entrada	T	500	°C
Componentes	kmol/h	x	kg/h
N2	3100,68	0,7613	86819,10
O2	820,64	0,2015	26260,53
CO2	14,43	0,0035	635,07
N2O	59,11	0,0145	2600,72
NO	1,77	0,0004	53,19
NO2	17,51	0,0043	805,59
H2O	58,51	0,0144	1053,22
Total	4072,66		118227,43

Tabla 3.146. Entrada en el reactor R-801

Salida	T	629,8	°C
Componentes	kmol/h	x	kg/h
N ₂	3157,74	0,7698	88416,59
O ₂	848,44	0,2068	27149,98
CO ₂	14,43	0,0035	635,07
N ₂ O	0,59	0,0001	26,01
NO	4,70	0,0011	140,97
NO ₂	17,51	0,0043	805,59
H ₂ O	58,51	0,0143	1053,22
Total	4101,92		118227,43

Tabla 3.147. Salida del reactor R-801

Al tratarse de un flujo elevado éste se divide en dos corrientes y se colocan dos reactores en paralelo.

Los balances recogidos en las tablas muestran los valores totales de flujo tratado; antes de la separación en dos corrientes iguales.

El catalizador utilizado está formado por Ag y CuO en un soporte de alúmina Al₂O₃.

La cantidad de catalizador necesaria se ha calculado a partir de valores típicos tabulados de condiciones de trabajo de los reactores.

El parámetro SV indica los kg/h de alimentación fresca tratados por cada kg de catalizador. En este caso SV tiene un valor de 4000 h⁻¹ por lo que la cantidad necesaria de catalizador será de 30 kg.

El balance de energía se ha realizado a partir de las entalpías de las reacciones que tienen lugar en su interior, al tratarse de un reactor de lecho adiabático el calor de reacción se traduce en un aumento de la temperatura de la corriente de salida de los productos.

En la tabla se recogen los valores de las características importantes del balance de energía:

q reacción (1)	-329	kJ/mol
q reacción (2)	-149	kJ/mol
q formado	4545,6	kJ/s
T salida	629,8	°C

Tabla 3.148. Calores en R-801

→ Balance al intercambiador IC-804:

CORRIENTE	Fluido proceso		Vapor de alta	
	ENTRADA	SALIDA	G(kg/h)	
F (kmol/h)	4072,7	4072,7	Ahv(kJ/kg)	4311,5
Cp (kJ/kmol K)	32,33	31,75	T (K)	1947,3
T (K)	633,15	584,76	P (bar)	471,15
Q (kW)	2332,15		Q (kW)	15
				2332,15

Tabla 3.149. Balance de energía en IC-804

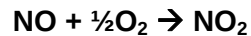
→ Balance al intercambiador IC-805:

CORRIENTE	Fluido proceso		Vapor de media	
	ENTRADA	SALIDA	G(kg/h)	
F (kmol/h)	4072,7	4072,7	Ahv(kJ/kg)	1491,46
Cp (kJ/kmol K)	31,75	31,35	T (K)	2015,3
T (K)	584,76	553,15	P (bar)	453,05
Q (kW)	834,93		Q (kW)	10
				834,93

Tabla 3.150. Balance de energía en IC-805

→ Balance al Reactor R-802:

En este reactor se va a producir la oxidación del NO a NO₂:



Para que se lleve a cabo la reacción es necesario bajar la temperatura de la corriente de salida del reactor R-801 de 629,8 °C hasta 280 °C.

La entrada y la salida son:

Entrada	T	280	°C
Componentes	kmol/h	x	kg/h
N ₂	3157,74	0,7698	88416,59
O ₂	848,44	0,2068	27149,98
CO ₂	14,43	0,0035	635,07
N ₂ O	0,59	0,0001	26,01
NO	4,70	0,0011	140,97
NO ₂	17,51	0,0043	805,59
H ₂ O	58,51	0,0143	1053,22
Total	4101,92		118227,43

Tabla 3.151. Entrada a R-802

Salida	T	323,13	°C
Componentes	kmol/h	x	kg/h
N ₂	3157,74	0,7703	88416,6
O ₂	846,09	0,2064	27074,9
CO ₂	14,43	0,0035	635,1
N ₂ O	0,59	0,0001	26,0
NO	0,00	0,0000	0,1
NO ₂	22,21	0,0054	1021,5
H ₂ O	58,51	0,0143	1053,2
Total	4099,57		118227,4

Tabla 3.152. Salida a R-802

Como en el caso anterior debido al elevado flujo la corriente se trata en dos reactores.

El balance de energía se realiza a través del calor de la reacción y de los moles reaccionados de NO, se trata también de un reactor de lecho adiabático en el que tiene lugar una reacción bastante exotérmica con lo que la temperatura de salida aumentará considerablemente:

q reacción	-304	kJ/mol
q formado	1630,5	kJ/s
T salida	323,1	°C

Tabla 3.153. Calores en R-802

3.10.- NECESIDADES DE SERVICIOS EN EL PROCESO:

A continuación se muestra una relación de los servicios necesarios en las operaciones de todo el proceso.

Se recogen en hojas de especificaciones para cada servicio de la planta:

- Aceite térmico.
- Agua de refrigeración.
- Vapor de agua.

Además se recogen las especificaciones del vapor de agua generado en el aprovechamiento del calor de la corriente de gases de salida del reactor R-801 A/B.

		REV.	0	Proyecto n°		CONSUMO AGUA DE REFRIGERACIÓN				
		Fecha	16/06/08	Planta	Producción Ácido Adípico					
		Diseño	G8INGENIO	Ciente	UAB					
		Aprobado		Localización	Zona Franca Barcelona					
REV.	EQUIPO	SERVICIO	DUTY (kcal/h)	TEMPERATURA (°C)		OPERACIÓN		FLUJO (kg/h)		NOTAS
				ENTRADA	SALIDA	CONT.	DISCONT.	NORMAL	DISEÑO	
1	R-301 A/B	Refrigeración de la reacción R-301 A/B	1697951,171	7	15	CONT.		187723,6	206496,0	
2	R-302 A/B	Refrigeración de la reacción R-302 A/B	4008852,85	20	30	CONT.		254258,2	279684,0	
3	CO-401	Condensador de la torre de destilación CD-401	59422494,3	20	35	CONT.		3865326,6	4251859,3	
4	CO-501	Condensador de la torre de destilación CD-501	9939654,3	20	35	CONT.		646556,7	711212,4	
5	CO-502	Condensador de la torre de destilación CD-502	432729,1	20	35	CONT.		28148,1	30962,9	
6	CO-701	Condensador de la torre de destilación CD-701	1057273,0	20	35	CONT.		68773,8	75651,1	
7	CO-702 A/B	Condensador de la torre de destilación CD-702 A/B	45568445,4	20	35	CONT.		8208402,6	9029242,9	
8	CR-501	Refrigeración para la cristalización	1065839,0	20	35	CONT.		76264,5	83891,0	
9	CR-502	Refrigeración para la cristalización	15154108,1	7	15	CONT.		2033104,2	2236414,6	
10	CR-503	Refrigeración para la cristalización	253351,0	7	15	CONT.		1886,8	2075,4	
11	CR-504	Refrigeración para la cristalización	70491,1	7	15	CONT.		957,2	1053,0	
12										
13										
14	NOTAS:									
15	Existen dos circuitos independientes de agua de refrigeración:									
16	1.- Agua de refrigeración con un ΔT 20-35 °C									
17	2.- Chilled water con un ΔT 7-15°C									
18										

		REV.	0	Proyecto nº		CONSUMO VAPOR DE AGUA			
		Fecha	16/06/08	Planta	Producción Ácido Adípico				
		Diseño	G8INGENIO	Cliente	UAB				
		Aprobado		Localización	Zona Franca Barcelona				
REV.	EQUIPO	SERVICIO	DUTY (kcal/h)	T°C	VAPOR			FLUJO (kg/h)	
					BAJA PRESIÓN	MEDIA PRESIÓN	ALTA PRESIÓN	NORMAL	DISEÑO
1	K-401	Ebullidor torre de destilación CD-401	60971503,75	179,9		10 bar		115127,3	126640,0
2	K-501	Ebullidor torre de destilación CD-501	4533752,462	179,9		10 bar		8560,7	9416,8
3	K-702 A/B	Ebullidores torre de rectificación CD-702 A/B	63094770,5	179,9		10 bar		498189,3	548008,2
4	K-701	Ebullidor torre de destilación CD-701	1497759,66	198			15 bar	2926,8	3219,5
5	TD-501	Redisolución 1	765672,7321	179,9		10 bar		1590,3	1749,4
6	TD-502	Redisolución 2	57730,75836	179,9		10 bar		119,9	131,9
7	TDH-501	Dehidratación Ácido Succínico	322269,2827	198			15 bar	692,7	762,0
8									
9									
10	NOTAS: El caudal de diseño es un 10% por encima del flujo normal.								
11									
12									
13									
14									
15									

	REV.	0	Proyecto nº		CONSUMO ACEITE TÉRMICO					
	Fecha	16/06/08	Planta	Producción Ácido Adípico						
	Diseño	G8INGENIO	Cliente	UAB						
	Aprobado		Localización	Zona Franca Barcelona						

REV.	EQUIPO	SERVICIO	DUTY (kcalh)	TEMPERATURA (°C)		OPERACIÓN		FLUJO (kg/h)		NOTAS
				ENTRADA	SALIDA	CONT.	DISCONT.	NORMAL	DISEÑO	
1	K-502	Ebullidor en la columna CD-502	1198983,7	390	350	CONT.		45436,2	49979,8	
2										
3										
4										
5										
6										
7	Notas:									
8	Se ha tomado un aceite térmico general con un $C_p = 0.6 \text{ kcal/kJK}$									
9	El flujo de diseño es un 10% el de operación									
10										
11										

	REV.	0	Proyecto n°		GENERACIÓN VAPOR DE AGUA					
	Fecha	16/06/08	Planta	Producción Ácido Adípico						
	Diseño	G8INGENIO	Cliente	UAB						
	Aprobado		Localización	Zona Franca Barcelona						

REV.	EQUIPO	SERVICIO	DUTY (kcal/h)	AGUA SAT		VAPOR		FLUJO (kg/h)		NOTAS
				T °C	P bar	T °C	P bar	NORMAL	DISEÑO	
1	IC-804	Aprovachamiento calor de salida de gases R-801	2005739,3	198	15	198	15	3919,52	4311,47	Vapor de alta presión
2										
3	IC-805	Aprovachamiento calor de salida de gases R-801	718071,1	179,9	10	179,9	10	1491,46	-	Vapor de media presión
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11	NOTAS:									
12	El aprovechamiento del calor se basa en generar un 10 % más del vapor de alta que se necesita en la planta.									
13	El resto del calor se aprovecha en generar vapor de media.									
14										
15										

3.11.- TABLAS DE CORRIENTES

A continuación se muestran las tablas de corrientes de las diferentes secciones del proceso:

→ SECCIÓN 100:

CORRIENTE	T (K)	P (bar)	F (kmol/h)	G (kg/h)	Cp (kJ/kmol K)	H (kJ/kmol)	xCHOL	L (%)	V (%)	S(%)
101	295,15	5,1	57,4	5736,1	123,9	36556,5	1	1	0	0

→ SECCIÓN 200:

CORRIENTE	T (K)	P (bar)	F (kmol/h)	G (kg/h)	Cp (kJ/kmol K)	H (kJ/kmol)	xHNO3	XH2O	L (%)	V (%)	S(%)
201	295,2	4,8	522,6	16472,9	187,8	55419,7	0,3002	0,6998	1	0	0

→ SECCIÓN 300:

CORRIENTE	T (K)	P (bar)	F (kmol/h)	G (kg/h)	Cp (kJ/kmol K)	H (kJ/kmol)	L (%)	V (%)	S(%)
301	295,2	5,1	78,3	7827,5	123,9	36556,5	1	0	0
302	312,1	5,1	5410,6	136223,8	145,8	45506,2	1	0	0
303	295,2	5,1	28,7	2868,1	123,9	36556,5	1	0	0
304	295,2	5,1	39,1	3913,8	123,9	36556,5	1	0	0
305	312,1	5,1	2705,3	68111,9	145,8	45506,2	1	0	0
306	312,1	5,1	2705,3	68111,9	145,8	45506,21	1	0	0
307	308,2	4,0	3366,5	81582,5	96,8	29824,41	1	0	0
308	308,2	4,0	3366,5	81582,5	96,8	29824,41	1	0	0
309	330,7	2,9	3354,9	80058,8	137,7	45533,0	1	0	0
310	330,7	2,9	3354,9	80058,8	137,7	45533,0	1	0	0
311	329,2	2,5	6709,9	160117,5	138,1	45462,2	1	0	0

CORRIENTE	xCHOL	xHNO3	xH2O	xAA	xAGI	xASuc	xCO2	xN2	xN2O	xNO	xNO2	xCu(NO3)2	xNH4VO3
301	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
302	0,0039	0,1490	0,8461	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0005
303	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
304	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
305	0,0039	0,1490	0,8461	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0005
306	0,0039	0,1490	0,8461	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0005
307	0,0061	0,1059	0,8807	0,0023	0,0001	0,0002	0,0003	0,000007	0,0003	0,0000	0,0003	0,0004	0,0004
308	0,0061	0,1059	0,8807	0,0023	0,0001	0,0002	0,0003	0,000007	0,0003	0,0000	0,0003	0,0004	0,0004
309	0,0032	0,0974	0,8892	0,0078	0,0003	0,0004	0,0003	0,000007	0,0003	0,0000	0,0003	0,0004	0,0004
310	0,0032	0,0974	0,8892	0,0078	0,0003	0,0004	0,0003	0,000007	0,0003	0,0000	0,0003	0,0004	0,0004
311	0,0032	0,0974	0,8892	0,0078	0,0003	0,0004	0,0003	0,000007	0,0003	0,0000	0,0003	0,0004	0,0004

→ SECCIÓN 400:

CORRIENTE	T (K)	P (bar)	F (kmol/h)	G (kg/h)	Cp (kJ/kmol K)	H (kJ/kmol)	L (%)	V (%)	S(%)
401	421,5	3,5	2687,8	77515,0	29,9	12593,3	0	1	0
402	335,8	1,5	6579,8	157670,6	138,3	46438,9	1	0	0
403	341,4	1,25	6579,8	157670,6	138,3	47218,9	1	0	0
404	379,1	1,03	6704,9	149957,7	126,7	48038,9	1	0	0
405	379,1	1,2	383,8	8584,5	126,7	48038,9	1	0	0
406	379,1	1,2	6321,1	141373,2	126,7	48038,9	1	0	0
407	373,2	1,75	6704,6	214670,0	242,9	90652,1	0	0	0
408	373,2	1,75	258,6	16293,7	242,9	90652,1	0	0	0

CORRIENTE	xCHOL	xHNO3	xH2O	xAA	xAGI	xASuc	xCO2	xN2	xN2O	xNO	xNO2	xO2	xCu(NO3)2	xNH4VO3
401	0,00000	0,00000	0,00000	0,0000	0,00000	0,00000	0,0E+00	0,790	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,210	0,00000	0,00000
402	0,00325	0,09945	0,88777	0,0079	0,00031	0,00042	2,6E-07	0,000	2,8E-07	0,0E+00	9,6E-06	0,000	0,00043	0,00043
403	0,00325	0,09945	0,88777	0,0079	0,00031	0,00042	2,6E-07	0,000	2,8E-07	0,0E+00	9,6E-06	0,000	0,00043	0,00043
404	0,00024	0,09628	0,90349	0,0000	0,00000	0,00000	0,0E+00	0,000	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,000	0,00000	0,00000
405	0,00024	0,09628	0,90349	0,0000	0,00000	0,00000	0,0E+00	0,000	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,000	0,00000	0,00000
406	0,00024	0,09628	0,90349	0,0000	0,00000	0,00000	0,0E+00	0,000	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,000	0,00000	0,00000
407	0,07691	0,17710	0,50393	0,2015	0,00784	0,01065	0,0E+00	0,000	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,000	0,01106	0,01106
408	0,07691	0,17710	0,50393	0,2015	0,00784	0,01065	0,0E+00	0,000	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,000	0,01106	0,01106

→ SECCIÓN 500:

CORRIENTE	T (K)	P (bar)	F (kmol/h)	F (kg/h)	Cp (kJ/kmol K)	H (kJ/kmol)	L (%)	V (%)	S(%)
501	391,2	1,0	258,0	16293,7	150,79	58979,8	1,00	0,00	0,00
502	323,2	0,8	258,0	16293,7	128,77	41613,2	0,55	0,00	0,45
503	321,9	1,5	218,9	9103,6	105,38	33921,8	1,00	0,00	0,00
504	321,9	1,0	90,1	8096,9	163,87	52749,8	0,09	0,00	0,91
505	333,2	1,0	736,1	13260,1	76,16	25372,3	1,00	0,00	0,00
506	353,2	1,0	826,2	21357,0	91,78	32412,2	1,00	0,00	0,00
507	298,2	0,8	826,2	21357,0	85,77	25571,4	0,67	0,00	0,33
508	298,1	1,5	797,6	14701,3	76,72	22874,0	1,00	0,00	0,00
509	298,1	1,0	86,8	7705,4	162,26	48377,5	0,09	0,00	0,91
510	325,7	1,5	1016,5	23804,9	85,05	27701,2	1,00	0,00	0,00
511	329,6	1,2	1016,5	23804,9	85,13	28061,0	1,00	0,00	0,00
512	363,8	0,6	1044,7	18577,8	245,64	89364,9	1,00	0,00	0,00
513	363,8	0,6	97,3	1730,5	245,64	89364,9	1,00	0,00	0,00
514	363,8	0,6	947,4	18591,8	245,64	89364,9	1,00	0,00	0,00
515	412,7	1,0	69,1	5213,0	139,85	57711,0	1,00	0,00	0,00
516	378,2	0,0	69,1	5213,0	135,63	51289,6	1,00	0,00	0,00
517	313,2	1,0	69,1	5213,0	120,83	37837,6	0,84	0,00	0,16
518	311,6	0,6	78,9	4650,1	112,62	35095,8	1,00	0,00	0,00
519	311,6	0,1	10,8	934,4	138,96	43306,1	0,10	0,00	0,90
520	453,2	0,1	6,0	815,7	259,61	117643,5	1,00	0,00	0,00
521	478,6	0,1	6,0	815,7	231,67	110886,5	1,00	0,00	0,00
522	452,5	0,3	45,7	4579,8	127,40	57646,2	1,00	0,00	0,00
523	452,5	0,3	43,3	4341,4	127,40	57646,2	1,00	0,00	0,00
524	452,5	0,1	2,4	235,6	127,40	0,0	1,00	0,00	0,00
525	568,7	0,3	49,7	7246,9	231,84	0,0	1,00	0,00	0,00
526	568,7	0,3	4,0	577,4	232,00	131940,7	1,00	0,00	0,00
527	538,7	1,0	4,0	577,4	231,67	124799,1	1,00	0,00	0,00
528	333,2	1,0	57,5	1036,6	75,71	25221,6	1,00	0,00	0,00
529	353,2	1,0	61,5	1614,0	92,51	32669,1	1,00	0,00	0,00
530	293,2	1,0	61,5	1614,0	86,10	25239,5	0,66	0,00	0,34
531	293,1	1,0	59,2	1086,4	76,45	22409,1	1,00	0,00	0,00
532	293,1	1,0	6,9	610,9	162,23	47551,3	0,09	0,00	0,91
533	303,6	1,0	138,1	5736,5	97,11	29483,5	1,00	0,00	0,00

CORRIENTE	xCHOL	xHNO3	XH2O	XAA	xAGI	xASuc	xCu(NO3)2	xNH4VO3
501	0,0771	0,1775	0,5052	0,2020	0,0079	0,0107	0,0111	0,0111
502	0,0771	0,1775	0,5052	0,2020	0,0079	0,0107	0,0111	0,0111
503	0,0905	0,2084	0,6456	0,0077	0,0092	0,0125	0,0130	0,0130
504	0,0009	0,0021	0,4370	0,5596	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
505	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
506	0,0001	0,0002	0,9386	0,0610	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
507	0,0001	0,0002	0,9386	0,0610	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
508	0,0001	0,0002	0,9966	0,0031	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
509	0,0000	0,0000	0,4473	0,5527	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
510	0,0196	0,0451	0,9210	0,0041	0,0020	0,0027	0,0028	0,0028
511	0,0196	0,0451	0,9210	0,0041	0,0020	0,0027	0,0028	0,0028
512	0,0010	0,0338	0,9651	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
513	0,0010	0,0338	0,9651	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
514	0,2736	0,1990	0,3158	0,0597	0,0293	0,0399	0,0414	0,0414
515	0,2737	0,1990	0,3156	0,0597	0,0294	0,0399	0,0414	0,0414
516	0,2737	0,1990	0,3156	0,0597	0,0294	0,0399	0,0414	0,0414
517	0,2737	0,1990	0,3156	0,0597	0,0294	0,0399	0,0414	0,0414
518	0,2383	0,1741	0,4809	0,0021	0,0257	0,0065	0,0362	0,0362
519	0,0091	0,0012	0,4151	0,3665	0,0002	0,2075	0,0003	0,0003
520	0,0163	0,0022	0,0022	0,6581	0,0003	0,3186	0,0004	0,0005
521	0,0163	0,0022	0,0022	0,6581	0,0003	0,3186	0,0004	0,0005
522	0,0411	0,0056	0,0092	0,0067	0,0000	0,9375	0,0000	0,0000
523	0,0411	0,0056	0,0092	0,0067	0,0000	0,9375	0,0000	0,0000
524	0,0411	0,0056	0,0092	0,0067	0,0000	0,9375	0,0000	0,0000
525	0,0000	0,0000	0,0000	0,9957	0,0005	0,0024	0,0007	0,0007
526	0,0000	0,0000	0,0000	0,9957	0,0005	0,0024	0,0007	0,0007
527	0,0000	0,0000	0,0000	0,9957	0,0005	0,0024	0,0007	0,0007
528	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
529	0,0000	0,0000	0,9357	0,0641	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000
530	0,0000	0,0000	0,9357	0,0641	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000
531	0,0000	0,0000	0,9974	0,0023	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000
532	0,0000	0,0000	0,4474	0,5526	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
533	0,1361	0,0994	0,7024	0,0022	0,0147	0,0038	0,0207	0,0207

→ SECCIÓN 600:

CORRIENTE	T (K)	P (bar)	F (kmol/h)	F (kg/h)	Cp (kJ/kmol K)	H (kJ/kmol)	L (%)	V (%)	S(%)
601	373,15	0,6	93,7	8316,2	162,51141	60641,13264	0,0909	0,00	0,9091
602	393,15	0,6	64,4	7788,0	201,70488	79300,27357	0,0292	0,00	0,9708
603	333,15	0,6	52,6	7576,3	229,6636777	76512,45424	0,0021	0,00	0,9979

CORRIENTE	xCHOL	xHNO3	XH2O	XAA	xAGI	xA Suc	xCu(NO3)2	xNH4VO3
601	2,14E-06	4,92E-06	0,44730	0,55270	2,73E-07	5,23E-07	2,99E-07	3,85E-07
602	3,11E-06	7,16E-06	0,19556	0,80443	3,97E-07	7,61E-07	4,35E-07	5,60E-07
603	3,80E-06	8,76E-06	0,01595	0,98404	4,85E-07	9,31E-07	5,32E-07	6,85E-07

→ SECCIÓN 700:

CORRIENTE	T (K)	P (bar)	F (kmol/h)	G (kg/h)	Cp (kJ/kmol K)	H (kJ/kmol)	L (%)	V (%)	S(%)
701	295,15	2,5	185,0	3333,3	75,9	22393,0	1	0	0
702	295,15	2	127,0	4003,6	131,8	38902,5	1	0	0
703	295,15	1,71	132,6	4856,9	131,5	38800,9	1	0	0
704*	295,15	4,5	132,7	4874,4	131,3	38745,8	1	0	0
705*	295,15	4,5	395,6	12469,3	131,8	38902,5	1	0	0
706	295,15	4,28	528,4	17343,6	131,8	38890,3	1	0	0
707	301,36	4,5	138,1	5736,5	131,0	39482,4	1	0	0
708	301,36	1,36	132,5	4883,1	136,6	41155,0	1	0	0
709	384,25	1,94	28,8	994,6	149,6	57470,3	1	0	0
710	384,25	1,94	129,2	4456,0	149,6	57470,3	1	0	0
711	470,85	1,3	43,9	5589,5	169,9	79980,1	1	0	0
712	470,85	2,44	3,2	409,7	169,9	79980,1	1	0	0
713	328,15	2,55	28604,0	543170,6	89,4	29336,2	1	0	0
714	329,4	2,48	29551,4	561762,1	91,6	30186,2	1	0	0
715	331,97	2,43	29680,6	566218,2	92,4	30673,9	1	0	0
716	338,54	1,45	29680,6	566218,2	93,2	31601,6	1	0	0
717	373,17	1,46	1239,9	22366,8	76,7	28634,9	1	0	0
718	373,17	1,46	24798,3	447338,0	76,7	28634,9	1	0	0
719	379,97	1,3	26038,2	634019,5	142,3	54051,8	1	0	0
720	379,97	5,5	4882,2	118880,2	142,3	54051,8	1	0	0
721	343,15	4,6	4882,2	118880,2	141,5	48119,4	1	0	0
722	323,15	4,46	4882,2	118880,2	141,2	44914,5	1	0	0
723	312,05	4,23	4882,2	118880,2	141,2	44050,9	1	0	0

CORRIENTE	xCHOL	xHNO3	XH2O	XAA	xAGI	xASuc	xCu(NO3)2	xNH4VO3
701	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
702	0,0000	0,3002	0,6998	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
703	0,0000	0,2875	0,6703	0,0000	0,0000	0,0000	0,0211	0,0211
704*	0,0000	0,2872	0,6697	0,0000	0,0000	0,0000	0,0215	0,0215
705*	0,0000	0,3002	0,6998	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
706	0,0000	0,2969	0,6922	0,0000	0,0000	0,0000	0,0054	0,0054
707	0,1361	0,0994	0,7024	0,0022	0,0147	0,0038	0,0207	0,0207
708	0,1419	0,1036	0,7321	0,0023	0,0153	0,0039	0,0004	0,0004
709	0,1426	0,1063	0,7510	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000
710	0,1426	0,1063	0,7510	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000
711	0,2451	0,0000	0,0000	0,0548	0,3670	0,3332	0,0000	0,0000
712	0,2451	0,0000	0,0000	0,0548	0,3670	0,3332	0,0000	0,0000
713	0,0001	0,0216	0,9784	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
714	0,0001	0,0220	0,9780	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
715	0,0007	0,0223	0,9770	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
716	0,0007	0,0223	0,9770	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
717	0,0000	0,0005	0,9995	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
718	0,0000	0,0005	0,9995	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
719	0,0043	0,1330	0,8627	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
720	0,0043	0,1330	0,8627	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
721	0,0043	0,1330	0,8627	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
722	0,0043	0,1330	0,8627	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
723	0,0043	0,1330	0,8627	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

→ SECCIÓN 800:

CORRIENTE	T (K)	P (bar)	F (kmol/h)	G (kg/h)	Cp (kJ/kmol K)	H (kJ/kmol)	L (%)	V (%)	S(%)
801	308,2	4,00	15,3	670,5	38,52	11869,8	0	1	0
802	308,2	4,00	15,3	670,5	38,52	11869,8	0	1	0
803	308,2	4,00	30,6	1341,0	38,52	11869,8	0	1	0
804	330,7	2,92	34,9	1523,7	38,73	12807,3	0	1	0
805	330,7	2,92	34,9	1523,7	38,73	12807,3	0	1	0
805'	330,7	2,92	69,7	3047,4	38,73	12807,3	0	1	0
806	323,8	3,46	100,3	4388,4	38,56	12485,9	0	1	0
807	375,0	3,46	2816,9	79961,9	40,04	15014,0	0	1	0
808	372,5	3,46	2917,2	84350,3	30,37	11314,0	0	1	0
809	303,2	3,20	2917,2	84350,3	29,85	9048,2	0	1	0
810	294,6	3,00	22222,2	400000	75,80	22329,5	1	0	0
811	301,2	3,02	2786,5	80816,8	29,68	8938,5	0	1	0
812	312,7	3,20	4072,7	118227,4	29,75	9304,9	0	1	0
813	607,2	2,95	4072,7	118227,4	32,35	19644,1	0	1	0
814	773,2	2,92	4072,7	118227,4	34,76	26873,4	0	1	0
815	903,4	2,68	4101,9	118227,4	36,63	33089,5	0	1	0
816	633,2	2,43	4101,9	118227,4	32,33	20467,9	0	1	0
817	584,8	2,38	4101,9	118227,4	31,72	18548,4	0	1	0
818	553,2	2,33	4101,9	118227,4	31,35	17344,0	0	1	0
819	596,4	2,15	4092,3	118227,4	31,95	19057,4	0	1	0
820	405,9	2,15	4092,3	118227,4	30,10	12218,5	0	1	0
821	381,8	1,00	4092,3	118227,4	29,94	11432,6	0	1	0
822	296,7	3,12	22334,5	403533,5	75,65	22446,4	1	0	0
823	313,2	2,82	22334,5	403533,5	75,75	23720,8	1	0	0
824	403,1	4,00	1234,6	35604,9	29,79	12007,4	0	1	0
825	357,9	3,82	1286,2	37411,5	30,05	10755,6	0	1	0
826	315,3	2,61	22284,9	401726,9	76,18	24018,6	1	0	0

CORRIENTE	XH ₂ O	xCO ₂	xN ₂	xN ₂ O	xNO	xNO ₂	xO ₂
801	0,0000	0,18010	0,00697	0,73374	0,01159	0,06759	0,0000
802	0,0000	0,18010	0,00697	0,73374	0,01159	0,06759	0,0000
803	0,0000	0,18010	0,00697	0,73374	0,01159	0,06759	0,0000
804	0,0000	0,11277	0,02556	0,50948	0,03830	0,31390	0,0000
805	0,0000	0,11277	0,02556	0,50948	0,03830	0,31390	0,0000
805'	0,0000	0,11277	0,02556	0,50948	0,03830	0,31390	0,0000
806	0,0000	0,13329	0,01989	0,57781	0,03016	0,23885	0,0000
807	0,0443	0,00060	0,75376	0,00064	0,00000	0,00042	0,2002
808	0,0428	0,00516	0,72856	0,02049	0,00104	0,00862	0,1934
809	0,0428	0,00516	0,72856	0,02049	0,00104	0,00862	0,1934
810	1,0000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,0000
811	0,0139	0,00186	0,76274	0,01529	0,00064	0,00313	0,2024
812	0,0144	0,00354	0,76134	0,01451	0,00044	0,00430	0,2015
813	0,0144	0,00354	0,76134	0,01451	0,00044	0,00430	0,2015
814	0,0144	0,00354	0,76134	0,01451	0,00044	0,00430	0,2015
815	0,0143	0,00352	0,76804	0,00014	0,00471	0,00427	0,2051
816	0,0143	0,00352	0,76804	0,00014	0,00471	0,00427	0,2051
817	0,0143	0,00352	0,76804	0,00014	0,00471	0,00427	0,2051
818	0,0143	0,00352	0,76804	0,00014	0,00471	0,00427	0,2051
819	0,0143	0,00353	0,76985	0,00014	0,00000	0,00900	0,2032
820	0,0143	0,00353	0,76985	0,00014	0,00000	0,0090	0,2032
821	0,0143	0,00353	0,76985	0,00014	0,00000	0,0090	0,2032
822	0,9980	0,00044	0,00000	0,00077	0,00006	0,00074	0,0000
823	0,9980	0,00044	0,00000	0,00077	0,00006	0,00074	0,0000
824	0,0000	0,00000	0,79000	0,00000	0,00000	0,00000	0,2100
825	0,0154	0,00719	0,75831	0,01282	0,00000	0,00683	0,1995
826	0,9995	0,00003	0,00000	0,00003	0,00000	0,00003	0,0000

4.1.-LISTA DE EQUIPOS

		LISTA DE EQUIPOS		Planta: Producción Ácido Adípico		Proyecto nº: 1		APROBADO:				
				Localización: Barcelona		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 24-03-2008				
						Hoja: 1 de:		Pág: 4-1				
ÍTEM		nº	DESCRIPCIÓN		PARÁMETRO CARACTERÍSTICO		VALOR		MATERIAL DE CONTRUCCIÓN		OBSERVACIONES	
SECCIÓN 100												
T-101 a 107		7	Tanque de almacenaje de ciclohexanol		Capacidad		75,92 m³		AISI 316		Tanques enterrados	
T-108 a 110		3	Tanque de almacenamiento de agua		Capacidad		572,55 m³		AISI 316			
SECCIÓN 200												
T-201 a 209		9	Tanque de almacenaje de HNO ₃		Capacidad		202,89 m³		AISI 304		Tanques aéreos	
SECCIÓN 300												
IC-301		1	Intercambiador de calor		Área de intercambio Calor transferido		A = 33,2 m² Q = 1446520 kJ/h		AISI 316		Interc. de carcasa y tubos (Sólo para puesta en marcha)	
R-301A/B		3	Reactor vertical tubular		Volumen reactor Conversión		V = 40,9 m³ X ₁ =0,479		AISI 304		Reactor de carcasa y tubos	
R-302 A/B		3	Reactor vertical tubular		Volumen reactor Conversión		V = 40,9 m³ X ₂ = 0,476		AISI 304		Reactor de carcasa y tubos	
SECCIÓN 400												
C-401		1	Compresor de aire		Potencia		P = 27,4 kW		Acero al carbono			
D-401		1	Desorbedor: columna de relleno		L/G Altura de transferencia de materia		L/G = 2,5 HOG = 3,15 m		AISI 304		Eliminación gases de corriente principal	
IC-401		1	Intercambiador de calor		Área de intercambio Calor transferido		A = 22,2 m² Q = 3249543,6 kJ/h		AISI 304		Interc. de carcasa y tubos	
CD-401		1	Columna de destilación		Eliminación de H2O		Xw H ₂ O = 0,5		AISI 304		Columna de platos	

		LISTA DE EQUIPOS		Planta: Producción Ácido Adípico		Proyecto nº: 1		APROBADO:	
				Localización: Barcelona		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 24-03-2008	
						Hoja: 1 de:		Pág: 4-1	
ÍTEM	nº	DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO CARACTERÍSTICO	VALOR	MATERIAL DE CONTRUCCIÓN		OBSERVACIONES		
		multicomponente	y HNO3 de la corriente principal	Xw HNO ₃ = 0,077					
CO-401	1	Condensador de la CD-401	Área de intercambio Calor transferido	A = 1408,2 m ² Q = 69457,3 kJ/h	AISI 304		Interc. de carcasa y tubos		
K-401	1	Calderín de la CD-401	Área de intercambio Calor transferido	A = 5287,6 m ² Q = 371080,4 kJ/h	AISI 304		Kettle Reboiler		
SECCIÓN 500									
CR-501	1	Cristalizador tipo agitado con fondo cónico	Diámetro de partícula	500 µm	AISI 304		Agitador tipo turbina palas planas inclinadas		
F-501 a F-502	2	Filtro tambor rotatorio al vacío	Área Periférica Total del tambor	0,72 m ²	AISI 316		Tambor recubierto con tela filtrante hecha de policarbonato		
F-503 a F-504	2	Filtro tambor rotatorio al vacío		0,25 m ²					
CR-502	1	Cristalizador tipo agitado con fondo cónico	Diámetro de partícula	500 µm	AISI 316		Agitador tipo turbina palas planas inclinadas		
CR-503	1	Cristalizador tipo agitado con fondo cónico	Diámetro de partícula	100 µm	AISI 304		Agitador tipo turbina palas planas inclinadas		
CR-504	1	Cristalizador tipo agitado con fondo cónico	Diámetro de partícula	500 µm	AISI 316		Agitador tipo turbina palas planas inclinadas		
T-501	1	Tanque de almacenamiento	Capacidad	2,48 m ³	AISI 304		Recirculación hacia área 700		
T-502 a 503	2	Tanque de alamcenamiento de agua	Capacidad	572,55 m ³	AISI 316				
F-501	4	Filtro tipo de tambor rotatorio al vacío							
TD-501	1	Tanque agitado	Capacidad	V = 10,42 m ³	AISI 304		Tanque de disolución de AA		
TD-502	1	Tanque agitado	Capacidad	V = 0,718 m ³	AISI 316		Tanque de disolución de AA		
CD-501	1	Columna destilación multicomponente	Eliminación de H2O y HNO3 de la corriente principal	Xw H ₂ O = 0,34 Xw HNO ₃ = 0,21	AISI 304		Columna de platos		
CO-501	2	Condensador de CD-501	Área de intercambio	A = 1408,2 m ²	AISI 304		Interc. de carcasa y tubos		

		LISTA DE EQUIPOS		Planta: Producción Ácido Adípico		Proyecto nº: 1		APROBADO:	
				Localización: Barcelona		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 24-03-2008	
						Hoja: 1 de:		Pág: 4-1	
ÍTEM	nº	DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO CARACTERÍSTICO	VALOR	MATERIAL DE CONTRUCCIÓN	OBSERVACIONES			
			Calor transferido	Q = 69457,3 kJ/h					
K-501	2	Calderín de la CD-501	Área de intercambio Calor transferido	A = 984,7 m ² Q = 59215,7 kJ/h	AISI 304	Kettle Reboiler			
TDH-501 a 503	3	Tanque de Deshidratación	Capacidad	4,86 m ³	AISI 316	Agitador tipo turbina palas planas inclinadas			
IC-503	1	Intercambiador de calor	Área de intercambio Calor transferido	A = 29,8 m ² Q = 349456,1 kJ/h	AISI 304	Interc. de carcasa y tubos			
IC-504	1	Intercambiador de calor	Área de intercambio Calor transferido	A = 10,9 m ² Q = 50801,6 kJ/h	AISI 304	Interc. de carcasa y tubos			
CO-502	1	Condensador de CD-502	Área de intercambio Calor transferido	A = 5,6 m ² Q = 503,1 kJ/h	AISI 304	Interc. de carcasa y tubos			
K-502	1	Calderín de la CD-502	Área de intercambio Calor transferido	A = 2031,3 m ² Q = 497221,2 kJ/h	AISI 304	Kettle Reboiler			
CD-502	1	Columna destilación.	Separación del ácido adípico del ácido succínico	Xw succínico= 0,0025 Xw adípico= 0,9975	Acero Inoxidable AISI 316	Columna de tipo relleno “Anillos Pall” para destilación de ácido succínico anhidro			
DP-501A/B	2	Depósito de presurización	Capacidad	10,33 m ³	AISI 304				
DP-502A/B	2	Depósito de presurización	Capacidad	1,77 m ³	AISI 304				
DP-503A/B	2	Depósito de presurización	Capacidad	1,77 m ³	AISI 304				
SECCIÓN 600									
S-601	1	Secador cónico tipo agitado	Humedad (%)	3	Acero Inoxidable AISI 316	Se usa como agente secante el aire.			
S-602	1	Secador cónico tipo agitado	Humedad (%)	0.02	Acero Inoxidable AISI 316				
SI-601 a 607	7	Silos almacenamiento producto final	Capacidad	200,23 m ³	AISI 316	1 silo contiene producto final húmedo, el resto producto acabado para cliente			

		LISTA DE EQUIPOS		Planta: Producción Ácido Adípico		Proyecto nº: 1		APROBADO:	
				Localización: Barcelona		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 24-03-2008	
						Hoja: 1 de:		Pág: 4-1	
ÍTEM	nº	DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO CARACTERÍSTICO	VALOR		MATERIAL DE CONTRUCCIÓN		OBSERVACIONES	
SECCIÓN 700									
CD-701	2	Columna de destilación de recirculación	Composición de colas: corriente de residuo	X GLU = 0,632 X = 0,2571		AISI 304		Eliminación de glutárico y succínico de la recirculación	
K-701	1	Calderín de CD-701	Área de intercambio Calor transferido	A = 4167,3 m ² Q = 22778,6 kJ/h		AISI 316		Kettle Reboiler	
CO-701	2	Condensador de CD-701	Área de intercambio Calor transferido	A = 23,9 m ² Q = 1229,3 kJ/h		AISI 304		Interc. de carcasa y tubos	
IC-701	2	Intercambiador de calor	Área de intercambio Calor transferido	A = 1904,6 m ² Q = 15519655,8 kJ/h		AISI 304		Interc. de carcasa y tubos	
IC-703	1	Intercambiador de calor	Área de intercambio Calor transferido	A = 209,7 m ² Q = 14164599,2 kJ/h		AISI 304		Interc. de carcasa y tubos	
CD-702 A/B		Columna de destilación	Composición de colas: corriente de recirculación	X H2O = 0,89 X HNO3 = 0,106 X ClOH = 0,034		AISI 304		Columna de platos	
K-702	2	Calderín de CD-702	Área de intercambio Calor transferido	A = 4152,2 m ² Q = 153226,8 kJ/h		AISI 304		Kettle Reboiler	
CO-702	2	Condensador de CD-702	Área de intercambio Calor transferido	A = 2998,6 m ² Q = 146725,2 kJ/h		AISI 304		Interc. de carcasa y tubos	
IO-701 A/B	3	Intercambiador iónico	Volumen resina	V = 209 m ³		AISI 304		Resina catiónica	
IO-702 A/B	3	Intercambiador iónico	Volumen resina	V = 209 m ³		AISI 304		Resina catiónica	
SECCIÓN 800									
IC-801	1	Intercambiador de calor para el tratamiento de gases	Área de intercambio Calor transferido	A = 3187,3 m ² Q = 5954286 kJ/h		AISI 316		Interc. de carcasa y tubos	
IC-802	1	Intercambiador de calor para el tratamiento de gases	Área de intercambio Calor transferido	A = 337,5 m ² Q = 36696142 kJ/h		AISI 316		Interc. de carcasa y tubos	
IC-803	1	Intercambiador de calor para el tratamiento de gases	Área de intercambio Calor transferido	A = 114,9 m ² Q = 21633813,3 kJ/h		AISI 316		Interc. de carcasa y tubos	

		LISTA DE EQUIPOS		Planta: Producción Ácido Adípico	Proyecto nº: 1	APROBADO:
				Localización: Barcelona	Diseño: G8INGENIO	Fecha: 24-03-2008
					Hoja: 1 de:	Pág: 4-1
ÍTEM	nº	DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO CARACTERÍSTICO	VALOR	MATERIAL DE CONTRUCCIÓN	OBSERVACIONES
IC-804	1	Intercambiador de calor para el tratamiento de gases	Área de intercambio Calor transferido	$A = 92,8 \text{ m}^2$ $Q = 8527603,8 \text{ kJ/h}$	AISI 316	Interc. de carcasa y tubos
IC-805	1	Intercambiador de calor para el tratamiento de gases	Área de intercambio Calor transferido	$A = 15,7 \text{ m}^2$ $Q = 3041876,4 \text{ kJ/h}$	AISI 316	Interc. de carcasa y tubos
IC-806	1	Intercambiador de calor para el tratamiento de gases	Área de intercambio Calor transferido	$A = 443,1 \text{ m}^2$ $Q = 28535312,6 \text{ kJ/h}$	AISI 316	Interc. de carcasa y tubos
AB-801	1	Columna de absorción	L/G Altura de transferencia de materia	$L/G = 10,2$ $HOG = 2,77$	AISI 304	Columna de relleno
D-801	1	Desorbedor	L/G Altura de transferencia de materia	$L/G = 18,1$ $HOG = 3,63$	AISI 304	Columna de relleno
C-801	1	Compresor de aire	Potencia	$P = 10,75 \text{ kW}$	Acero al carbono	
R-801 A/B	2	Reactor de descomposición del N_2O por catálisis	Volumen Conversión	$V = 154,9 \text{ m}^3$ $X = 0,999$	AISI 304	Reactor adiabático
R-802 A/B	1	Reactor de reducción catalítica el NO_2	Volumen Conversión	$V = 88,7 \text{ m}^3$ $X = 1$	AISI 304	Reactor adiabático
TU-801	1	Turbina de expansión adiabática de gases a la antorcha	Potencia	$P = -30,24 \text{ kW}$	Acero al carbono	
SECCIÓN 900						
ANT-901	1	Antorcha	Altura Diámetro boquilla	500 ft 0,5m	Acero al carbón cédula 40	Tipo de antorcha elevada auxiliada con vapor, sin necesidad de cilindro separador.
EF-901	15	Equipo de frío	Potencia frigorífica	1536 kW	Acero al Carbono	

		LISTA DE EQUIPOS		Planta: Producción Ácido Adípico		Proyecto nº: 1	APROBADO:
				Localización: Barcelona		Diseño: G8INGENIO	Fecha: 24-03-2008
						Hoja: 1 de:	Pág: 4-1
ÍTEM	nº	DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO CARACTERÍSTICO	VALOR	MATERIAL DE CONTRUCCIÓN	OBSERVACIONES	
ET-901	1	Estación Transformadora	Potencia unitaria máxima	1000kVA	Estructua de acero		
TR-901	3	Torre de refrigeración	Potencia disipada	11512 kW	Estructura de la torre de acero galvanizado en caliente.	El revestimiento de la torre lo componene planchas de poliéster reforzado con fibra de vidrio.	
CV-901	14	Caldera de vapor	Caudal	50000kg/h			

4.2.- HOJAS DE ESPECIFICACIONES

A continuación se muestran las hojas de especificaciones de cada uno de los equipos de la planta que se han diseñado. Las mismas seguirán el orden usado en la lista anterior.

	TANQUE ALMACENAMIENTO		Ítem nº: T-101a107		Aprobado:
			Proyecto nº:		Área: 100
	Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 13-06-08
	Localización: Zona Franca (BCN)		Hoja: 2 De: 3		Pág nº:
Denominación		Tanque de Almacenamiento de Ciclohexanol			
DATOS GENERALES					
Peso vacío, Kg	137234,6	Diámetro, m	3,5	Altura cilindrocám., m	7,2
Peso operación, Kg	196145,3	Altura cilindro, m	7	Dens, Kg/m ³	942
Capacidad, m ³	75,92	Tipo de fondos	Tori esféricos	Viscosidad, kg/s*m	0,0046
Posición	Horizontal	Diámetro cámara, m	3,6	Producto	Ciclohexanol
DATOS DE DISEÑO					
Materiales de construcción			AISI 316		
Posición			Horizontal		
Temperatura de trabajo, °C			25		
Temperatura de diseño, °C			41		
Presión de trabajo, bar			0,013		
Presión de diseño, bar			1,013		
Presión de prueba, bar			1,52		
Espesor cuerpo cilíndrico, mm			18		
Espesor fondos, mm			12		
Grosor cámara estanca, mm			82		
Espesor cuerpo cilíndrico cámara, mm			18		
Espesor fondos cámara, mm			12		
Espesor de corrosión, mm			1		
CÁMARA					
Anchura de la cámara, m			0,088		
Espesor de la cámara cilíndrica, mm			18		
Espesor de la cámara de los fondos, mm			12		
RELACIÓN DE CONEXIONES			DETALLES DE DISEÑO		
Marca	Tamaño	Denominación	Temp. (°C)	Norma de diseño	ASME
A	2"	Entrada y Salida producto	25	Tratamiento térmico:	No
B	2"	Venteo	-	Radiografía	0,85
C	¾"	Sensor de nivel	-	Eficacia soldadura	Parcial

D	$\frac{3}{4}$ "	Sensor de presión	-	Pintura	No
E	25"#35"	Boca de hombre elíptica	-	Volumen cilindro, m ³	5,57
				Volumen fondos, m ³	1,39
				Volumen cilindro cámara, m ³	5,89
				Volumen fondos cámara, m ³	1,47

	TANQUE ALMACENAMIENTO		Ítem n°: T-108a110		Aprobado:
			Proyecto n°:		Área: 100
	Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 13-06-08
	Localización: Zona Franca (BCN)		Hoja: 2 De: 3		Pág n°:
Denominación		Tanque de Almacenamiento de H ₂ O			
DATOS GENERALES					
Peso vacío, Kg	288335,91	Diámetro, m	9	Ángulo Fondo	68,39°
Peso operación, Kg	788335,91	Altura cilindro, m	9	Dens, Kg/m ³	997
Capacidad, m ³	572,55	Tipo de fondo	Cónico	Viscosidad, kg/s*m	0,001
Posición	Vertical	Longitud fondo, m	1,7	Producto	H ₂ O
DATOS DE DISEÑO					
Materiales de construcción			AISI 316		
Posición			Vertical		
Temperatura de trabajo, °C			25		
Temperatura de diseño, °C			41		
Presión de trabajo, bar			0,013		
Presión de diseño, bar			1,013		
Presión de prueba, bar			1,52		
Espesor cuerpo cilíndrico, mm			33		
Espesor fondo superior, mm			18		
Espesor de corrosión, mm			1		
RELACIÓN DE CONEXIONES				DETALLES DE DISEÑO	
Marca	Tamaño	Denominación	Temp. (°C)	Norma de diseño	ASME
A	10"	Salida producto	25	Tratamiento térmico:	No
B	25"	Boca-hombre	-	Radiografía	0,85
C	10"	Venteo	-	Eficacia soldadura	Parcial
D	¾"	Sensor de nivel	-	Pintura	No
E	¾"	Sensor de nivel	-	Volumen cilindro, m ³	33,71
F	2"	Entrada alimento	25	Volumen fondo sup/inf, m ³	0,28/2,13

	TANQUE ALMACENAMIENTO		Ítem n°: T-201 – T-209		Aprobado:
			Proyecto n°:		Área: 200
	Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 13-06-08
	Localización: Zona Franca (BCN)		Hoja: De:		Pág n°:
Denominación		Tanque de Almacenamiento de HNO ₃			
DATOS GENERALES					
Peso vacío, Kg	134592,3	Diámetro, m	5	Ángulo Fondo	68,19°
Peso operación, Kg	360338,5	Altura cilindro, m	10	Dens, Kg/m ³	1250
Capacidad, m ³	202,89	Tipo de fondo	Cónico	Viscosidad, kg/s*m	0,01
Posición	Vertical	Longitud fondo, m	1	Producto	HNO ₃
DATOS DE DISEÑO					
Materiales de construcción			AISI 304		
Posición			Vertical		
Temperatura de trabajo, °C			25		
Temperatura de diseño, °C			41		
Presión de trabajo, bar			0,013		
Presión de diseño, bar			1,013		
Presión de prueba, bar			1,52		
Espesor cuerpo cilíndrico, mm			26		
Espesor fondo superior, mm			18		
Espesor de corrosión, mm			1		
RELACIÓN DE CONEXIONES				DETALLES DE DISEÑO	
Marca	Tamaño	Denominación	Temp. (°C)	Norma de diseño	ASME
A	2 ½"	Entrada y Salida producto	25	Tratamiento térmico:	No
B	25"	Boca-hombre	-	Radiografía	0,85
C	2 ½"	Venteo	-	Eficacia soldadura	Parcial
D	¾"	Sensor de nivel	-	Pintura	No
E	¾"	Sensor de nivel	-	Volumen cilindro, m ³	16,42
				Volumen fondo sup/inf, m ³	0,09/0,52

G8INGENIO	REACTOR CATALÍTICO		Item nº: R-301 A/B		Aprobado:	
			Proyecto nº:		Área: 300	
	Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 16-06-08	
	Localización: Zona Franca		Hoja: 1 de: 2		Pág nº:	
Denominación		Reactor catalítico de carcasa y tubos				
REV.						
1	ITEM				CANTIDAD 3	
2	SERVICIO	Reactor catalítico para la producción de ácido adípico Etapa 1				
3	TIPO	Reactor de carcasa y tubos				
4						
5	CONDICIONES DE OPERACIÓN					
6	Presión de operación	4	bar a	Temperatura de operación	35	°C
7	Presión de diseño	6,9	bar a	Temperatura de diseño	55	°C
8						
10		Unidades	Entrada	Salida líquido	Salida gas	
11	Presión	bar	5,05	4	4	
12	Temperatura	°C	35	35	35	
13	Fracción de vapor	-	0,0	0,0	1,0	
14	Flujo Molar	kmol/h	3359,7	3366,6	15,3	
15	Flujo Másico	kg/h	82253,0	81582,5	670,5	
16	Densidad	kg/m3	942,2	884,9	1,16	
17						
18	Catalizador	Concentración				
19	Cu(NO3)2	0,02		mol/l		
20	NH4VO3	0,02		mol/l		
21						
22	Fluido refrigerante					
23	Tipo	Agua de refrigeración				
24	Caudal	206610		kg/h		
25	Temperatura entrada	7		°C		
26	Temperatura salida	15		°C		
27	Duty	1974,3		kw		
28	DISEÑO MECÁNICO					
29	Caudal diseño	78,5	m3/h			
30	Volumen	40,9	m3			
31	Tiempo de residencia	576	s			
32	Longitud	10118,54	mm			
33	Calor de reacción	6280	6280			
34	Carcasa		Tubos			
35	Diámetro	2123,0	mm	Diámetro	104	mm
36	Espesor	6,0	mm	Espesor	2	mm
37	Fondos	Esféricos	Número de tubos		200	
38	Altura de los fondos	1059,3	mm	Disposición	Al tresbolillo	
39	Espesor de los fondos	6,0	mm	Caída de presión	1,10	bar
40	Caída de presión	1,05	bar			
41						
42	MATERIALES					
43	Carcasa	Acero AISI 304		Tubuladuras	Acero AISI 304	
44	Tubos	Acero AISI 304		Juntas	Acero AISI 304	
45						

G8INGENIO	REACTOR CATALÍTICO		Item n°: R-301 A/B	Aprobado:	
			Proyecto n°:	Área: 300	
	Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO	Fecha: 16-06-08	
	Localización: Zona Franca		Hoja: 2 de: 2	Pág n°:	
Denominación		Reactor catalítico			
REV.					
1	ITEM			CANTIDAD 3	
2	SERVICIO	Reactor catalítico para la producción de ácido adípico Etapa 1			
3	TIPO	Reactor de carcasa y tubos			
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
1	NOTAS	TUBULADURAS			
2	Los transmisores de Temperatura no vienen	Mark N°	Cantidad	Tamaño	Servicio
3	indicados	A	1	1 1/2"	Entrada ciclohexanol
4		B	1	6"	Entrada recirculación
5	Vistas de alzado y en planta	C	1	6"	Salida líquido
6		D	1	3 1/2"	Salida gas
7		E	1	8"	Entrada agua refrigeración
8		F	1	8"	Salida agua refrigeración
9		G	1	4"	Drenaje
10		H	1	1 1/2 "	Válvula de seguridad
11		I	1	2"	Manguera
12		J	1	1 1/2 "	Trasmisor de presión
13		K	1	24 "	Man Hole

	REACTOR CATALÍTICO		Item n°: R-302 A/B		Aprobado:
			Proyecto n°:		Área: 300
	Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 16-06-08
	Localización: Zona Franca		Hoja: 1 de: 2		Pág n°:
Denominación			Reactor catalítico de carcasa y tubos		
REV.					
1	ITEM		CANTIDAD		3
2	SERVICIO		Reactor catalítico para la producción de ácido adípico Etapa 2		
3	TIPO		Reactor de carcasa y tubos		
4					
5	CONDICIONES DE OPERACIÓN				
6	Presión de operación	4	bar a	Temperatura de operación	57,5 °C
7	Presión de diseño	5,8	bar a	Temperatura de diseño	77,5 °C
8					
9					
10		Unidades	Entrada	Salida líquido	Salida gas
11	Presión	bar	4	2,92	2,92
12	Temperatura	°C	57,5	57,5	57,5
13	Fracción de vapor	-			
14	Flujo Molar	kmol/h	3366,5	3358,3	34,9
15	Flujo Másico	kg/h	81582,5	80058,8	1523,7
16	Densidad	kg/m3	884,9	1,16	886,9
17					
18	Catalizador	Concentración			
19	Cu(NO3)2	0,02		mol/l	
20	NH4VO3	0,02		mol/l	
21					
22	Fluido refrigerante				
23	Tipo	Agua de refrigeración			
24	Caudal	279674,3		kg/h	
25	Temperatura entrada	20		°C	
26	Temperatura salida	35		°C	
27	Duty	4661,2		kw	
28	DISEÑO MECÁNICO				
29	Caudal diseño	78,5	m3/h		
30	Volumen	m3			
31	Tiempo de residencia	576	s		
32	Longitud	10118,54	mm		
	Calor de reacción	6280	kJ/kg		
33					
34	Carcasa		Tubos		
35	Diámetro	2118,5	mm	Diámetro	104 mm
36	Espesor	5,9	mm	Espesor	2 mm
37	Fondos	Esféricos		Número de tubos	200
38	Altura de los fondos	1059,3	mm	Disposición	Al tresbolillo
39	Espesor de los fondos	3,4	mm	Caída de presión	1,08 bar
40	Caída de presión	1,14	bar		
41					
42	MATERIALES				
43	Carcasa	Acero AISI 304		Tubuladuras	Acero AISI 304
44	Tubos	Acero AISI 304		Juntas	Acero AISI 304
45					

G8INGENIO	REACTOR CATALÍTICO		Item n°: R-302 A/B	Aprobado:
			Proyecto n°:	Área: 300
	Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO	Fecha: 16-06-08
	Localización: Zona Franca		Hoja: 2 de: 2	Pág n°:
Denominación		Reactor catalítico		
REV.				
1	ITEM			CANTIDAD 3
2	SERVICIO	Reactor catalítico para la producción de ácido adípico Etapa 1		
3	TIPO	Reactor de carcasa y tubos		
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
1	NOTAS	TUBULADURAS		
2	Los transmisores de Temperatura no vienen	Mark N°	Cantidad	Tamaño
3	indicados	A	1	6"
4	Vistas de alzado y en planta	B	1	8"
5		C	1	6"
6		D	1	10"
7		E	1	10"
8		F	1	4"
9		G	1	1 1/2 "
10		H	1	2"
11		I	1	1 1/2 "
12		J	1	24 "
				Servicio
				Entrada líquido
				Salida líquido
				Salida gas
				Entrada agua refrigeración
				Salida agua refrigeración
				Drenaje
				Válvula de seguridad
				Manguera
				Trasmisor de presión
				Man Hole

	COMPRESOR		Item n°: C-401 A/B		Aprobado:	
			Proyecto n°:		Área: 400	
	Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 16/06/08	
	Localización: Zona Franca		Hoja: 1 de 1		Pág n°:	

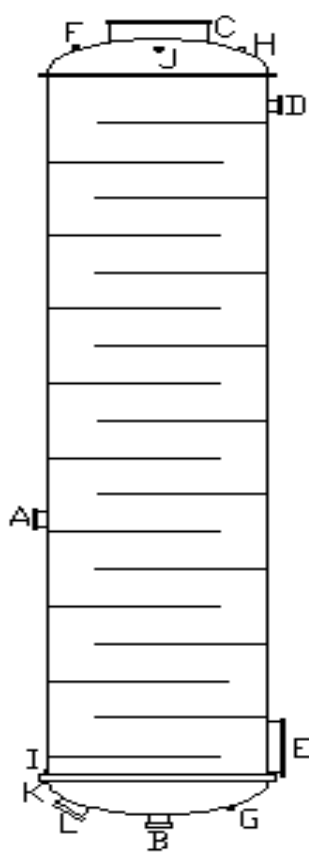
REV.						
1	ITEM	C-401 A/B				
2	SERVICIO	Compresión aire entrada a desorbedor D-401				
3	TIPO	Compresor centrífugo				
4	CANTIDAD				2	
5	EN OPERACIÓN				1	
6	EN ESPERA				1	
7	DRIVER	MOTOR			2	
8		TURBINA				
9		OTROS				
10	CASO DE OPERACIÓN	Diseño				
11	TEMPERATURA (°C)	°C	20			
12	PRESIÓN (bar a)	bar a	1,013			
13	TEMPERATURA DE DESCARGA (°C)	°C	148,3			
14	PRESIÓN DE DESCARGA (bar a)	bar a	3,55			
15	RADIO DE COMPRESIÓN		3,50			
16	Nº ETAPAS		1			
17	FLUJO MÁSICO	kg/h	77515,0			
18	FLUJO VOLUMÉTRICO DESCARGA	m³/h	26387,8			
19	FLUJO VOLUMÉTRICO SUCCIÓN	m³/h	64286,3			
20	COMPOSICIÓN DEL GAS (3)					
21	N2		0,79			
22	O2		0,21			
23	Otros		-			
24	Cp/Cv		1,41			
25	POTENCIA	KW	27,4			
26	FABRICANTE	ELGI				
27	MODELO	1250-CFM				
28	LOCALIZACIÓN (Interior/Exterior)	Exterior				
29						
30	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	COMPRESOR	Acero al C			
31		MOTOR	Acero al C			
32		EJE	Acero al C			
33	NOTAS					
34	(1) Modelo isentrópico					
35	(2) Eficiencia isentrópica: 0,75					
36	(3) La composición del gas está en fracción molar					
37						
38						
39						
40						

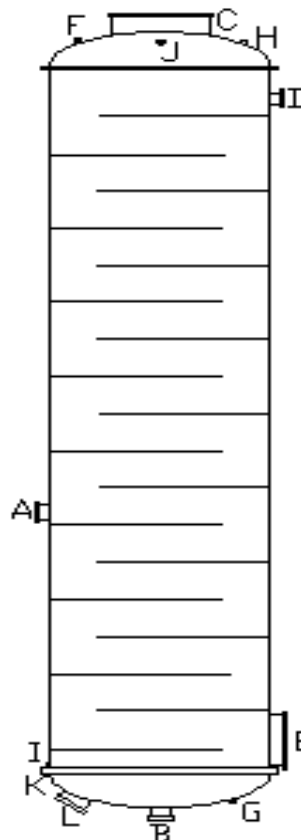
		TORRE DESORCIÓN		Item n°: D-401		Aprobado:	
				Proyecto n°:		Área: 400	
		Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 16/06/08	
		Localización: Zona Franca		Hoja: 1 de: 2		Pág n°:	
Denominación		Columna de desorción					
1	ITEM	D-401		CANTIDAD	1		
2	SERVICIO	Columna de desorción de los gases en la salida líquida del reactor					
3	TIPO	Torre de relleno					
4							
5	CONDICIONES DE OPERACIÓN						
6	Presión de operación	3,5	bar a	Temperatura máx de operación		148,3	°C
7	Presión de diseño	5,3	bar a	Temperatura máx de diseño		168,3	°C
8		Unidades	Ent Líquido	Ent Gas	Sal Líquido	Sal Gas	
9	Temperatura	°C	56	148,3	66,9	101,3	
10	Flujo	kmol/h	6710,0	2687,76	6579,8	2817,4	
11	Composición	Molar frac					
12	N2	-	0,000007	0,79	7,277E-09	0,7537	
13	O2	-	-	0,21	-	0,2003	
14	CO2	-	0,000253	-	2,599E-07	0,0006	
15	N2O	-	0,000270	-	2,8E-07	0,0006	
16	NO	-	0,000025	-	-	0,0000	
17	NO2	-	0,000327	-	9,6E-06	0,0004	
18	H2O	-	0,890002	-	0,88777	0,0443	
19	Ciclohexanol	-	0,003190	-	0,0033	-	
20	HNO3	-	0,097441	-	0,0995	-	
21	Ácido adípico	-	0,007772	-	0,0079192	-	
22	Ácido glutárico	-	0,000302	-	0,0003081	-	
23	Ácido succínico	-	0,000411	-	0,0004185	-	
24							
25	DISEÑO MECÁNICO						
26							
27	Altura torre	5832,5	mm	Espesor envolvente		7	mm
28	Diámetro interno	2200	mm	Espesor fondos		7	mm
29	Fondos carcasa	Esféricos		Sobreespesor de corrosión		1	mm
30	Altura de los fondos	1100	mm	Aislante	Tipo		
31	Caída de presión	0,407	bar				
32							
33	RELLENO						
34							
35	Tipo	Anillos de plástico		Densidad	64	kg/m3	
36	Tamaño	88	mm	Porosidad	92	%	
37	Espesor	1,5	mm	Factor de empaquetamiento	52	m2/m3	
38	Superficie de contacto	85	m2/m3				
39	Distribuidores de líquido	Nº	2	Redistribuidores	Nº	0	
40	Plato de soporte	Nº	2	Plato sujeción	Nº	1	
41							
42	MATERIALES						
43							
44	Carcasa	Acero AISI 304		Distribuidores de líquido	Acero AISI 304		
45	Tubuladuras	Acero AISI 304		Redistribuidores	Acero AISI 304		
46							

G8INGENIO	TORRE DESORCIÓN		Item n°: D-401		Aprobado:	
			Proyecto n°:		Área: 400	
	Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 16/06/08	
	Localización: Zona Franca		Hoja: 2 de: 2		Pág n°:	
Denominación			Columna de desorción			
REV.						
1	ITEM	D-401	CANTIDAD	1		
2	SERVICIO	Columna de desorción de los gases en la salida líquida del reactor				
3	TIPO	Torre de relleno				
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
1						
2						
3						
4	NOTAS		TUBULADURAS			
5	Vista de alzado	Mark N°	Cantidad	Tamaño	Servicio	
6		A	1	8"	Entrada líquido	
7		B	1	40"	Entrada gas	
8		C	1	8"	Salida líquido	
9		D	1	40"	Salida gas	
10		E	1	4 "	Drenaje	
11		F	1	1 1/2 "	Trasmisor Presión	
12		G	1	1 1/2 "	Válvula de seguridad	
13		H	1	24 "	Man Hole	

	PLANTA	UBICACIÓN	Nº ITEM	AREA
	AA	Zona Franca	IC-401	400
Finalidad intercambio	Calentar alimento de CD-401			
Productos manipulados	ciclohexanol, ácido nítrico, agua, AA, AG, AS			
DATOS OPERACIÓN	CARCASA		TUBOS	
	entrada	salida	entrada	salida
Tipo de fluido	fluido de proceso	fluido de proceso	fluido de proceso	fluido de proceso
Fase	líquida	líquida	líquida	líquida
Caudal (kg/h)	157670,6		16293,7	
T (°C)	62,6	68,239	131,79	118
P (atm)	1	1	1	1
PM (g/mol)	23,854	23,854	61,02	61,02
Densidad (kg/m³)	1067,9	1061,7	1026	1046,6
Viscosidad (cP)	7,41E-01	6,81E-01	1,59E+00	2,18E+00
Conductividad (W/m·K)	5,04E-01	5,08E-01	3,14E-01	3,01E-01
Cp (J/kg·°C)	3649,6	3660,1	2669,9	2625,6
Calor latente (kJ/kg)	-		-	
Velocidad fluido (m/s)	2,495		1,710	
Nº pasos	1		8	
Pérdida carga (atm)	0,84269		0,05596	
Coefficiente intercambio (W/m²·°C)	14613		2104	
Resistencia incrustaciones (m²·°C/W)	0,0002		0,0002	
Calor intercambiado (kJ/h)	3249543,6			
Coefficiente global (W/m²·°C)	761,8			
Area de intercambio (m²)	22,2			
ΔTML	58,2			
DATOS CONSTRUCTIVOS	CARCASA		TUBOS	
T diseño (°C)	78,239		141,79	
P diseño (atm)	1,2		1,2	
Material	AISI-304L		AISI-304L	
Diámetro haz de tubos (m)	-		0,39	
Diámetro interno (m)	0,476		0,0120	
Diámetro externo (m)	0,480		16,0000	
Grosor (m)	0,002		0,0020	
Longitud (m)	2,70		2,44	
Nº pantallas	24	MARCA	DENOMINACION	
Tipo carcasa	T			
Baffle cut (m)	0,12	A	Entrada fluido carcasa	
		B	Salida fluido carcasa	
Nº tubos	181	C	Entrada fluido tubos	
Disposición (pitch)	triangular	D	Salida fluido tubos	
Lb: espaciado (m)	0,096			
Peso equipo (kg)	613			
Grosor fondo (m)	0,002			

G8INGENIO	TORRE DESTILACIÓN		Item n°: CD-401		Aprobado:	
			Proyecto n°:		Área: 400	
	Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 16-06-08	
	Localización: Zona Franca		Hoja: 1 de: 2		Pág n°:	
Denominación			Torre de destilación multicomponente			
REV.						
1	ITEM	CD-401	CANTIDAD	1		
2	SERVICIO	Torre de destilación multicomponente; separación de la salida reactor R-305				
3	TIPO	Torre multicomponente de platos				
4						
5	CONDICIONES DE OPERACIÓN					
6	Presión de operación	1	bar a			
7	Presión de diseño	3,5	bar a			
8	Temperatura máx de operación	131,75	°C			
9	Temperatura máx de diseño	151,75	°C			
10						
11		Unidades	ENTRADA	SALIDA		
12			ALIMENTACIÓN	DESTILADO	COLAS	
13	Vapor	-				
14	Presión	bar	1			
15	Temperatura	°C	66	106,0	131,8	
16	Flujo	mol/s	1826,11	1755,85	70,26	
17	Composición	Molar frac				
18	HNO3	-	0,09945	0,09628	0,1770	
19	H2O	-	0,88777	0,90349	0,5040	
20	Ciclohexanol	-	0,00325	0,00024	0,0770	
21	Ácido Succínico	-	0,00042	0,00000	0,0110	
22	Ácido Glutámico	-	0,00031	0,00000	0,0080	
23	Ácido Adípico	-	0,00793	0,00000	0,2010	
24	Cu(NO3)2	-	0,00043	0,00000	0,0110	
25	NH4VO3	-	0,00043	0,00000	0,0110	
26	Densidad líquido	kg/m3	1110,7	1020,5	1075,8	
27	Viscosidad líquido	kg/m-s	0,0004767	0,00028	0,00021	
28						
29	EBULLIDOR					
30	Duty		70894	KW		
31	Fluido caliente	Vapor de agua de 10 bar				
32	Flujo másico		126640,0	Kg/h		
33						
34	CONDENSADOR					
35	Duty		69093	KW		
36	Fluido refrigerante	Agua de refrigeración				
37	Flujo másico		4251859,3	Kg/h		
38						
39	PLATOS					
40						
41	Tipo de platos	Platos perforados				
42	Diámetro plato		3794,03	mm		
43	Tamaño perforaciones		1,5 "	Número perforaciones plato	75	
44	Superficie perforaciones respecto total		20	%		
45						

	TORRE DESTILACIÓN		Item n°: CD-401		Aprobado:	
			Proyecto n°:		Área: 400	
	Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 16-06-08	
	Localización: Zona Franca		Hoja: 2 de: 2		Pág n°:	
Denominación			Torre de destilación multicomponente			
						
1 ITEM			CD-401			
2 SERVICIO			Separación salida R-305			
3 TIPO			Torre de platos			
4						
5 DISEÑO MECÁNICO						
6						
7 Altura transferencia de materia			8347,948	mm		
8 Diámetro interno			3794,029	mm		
9 Altura total de la torre			10244,96	mm		
10 Fondos carcasa			Elípticos			
11 Altura de los fondos			948,5	mm		
12 N° Etapas			18			
13 Etapa Alimentación			12			
14 HETP zona enriquecimiento			536,9	mm		
15 HETP zona agotamiento			317,6	mm		
16 Espesor envolvente			7	mm		
17 Espesor fondos			7	mm		
18 Sobreespesor de corrosión			1			
19			bar			
20 MATERIALES						
21						
22 Carcasa			Acero AISI 304			
23 Platos			Acero AISI 304			
24 Tubuladuras			Acero AISI 304			
25						
26 Bajantes de líquido			N°	1 por plato		
27			Tamaño	0,084 m2		
28						
29 Juntas sujección bajantes			N°	2 por plato		
30						
31						
1 NOTAS			TUBULADURAS			
2 Las etapas empiezan a numerarse por arriba			Mark N°	Cantidad	Tamaño	Servicio
3			A	1	8"	Entrada alimentación
4			B	1	10"	Salida líquido
5			C	1	60"	Salida vapor
6			D	1	2 1/2"	Entrada líquido cabezas
7			E	1	60"	Entrada vapor colas
8			F	1	2"	Válvula de seguridad
9			G	1	4"	Drenaje
10			H	1	1 1/2 "	Trasmisor Temperatura 1
11			I	1	1 1/2 "	Trasmisor de Nivel
12			J	1	1 1/2 "	Trasmisor Presión
13			K	1	1 1/2 "	Trasmisor Temperatura 2
14			L	1	24 "	Man Hole



	PLANTA	UBICACIÓN	Nº ITEM	AREA
	AA	Zona Franca	CO-401	400
Finalidad intercambio	Condensar el destilado de la columna CD-401			
Productos manipulados	Agua, ácido nítrico y ciclohexanol			
DATOS OPERACIÓN	CARCASA		TUBOS	
	entrada	salida	entrada	salida
Tipo de fluido	fluido de proceso	fluido de proceso	agua	agua
Fase	vapor	líquida	líquida	líquida
Caudal (kg/h)	149950		579556,68	
T (°C)	105,99	101,5	25	35
P (atm)	1	1	1	1
PM (g/mol)	22,366	22,366	18,015	18,015
Densidad (kg/m³)	0,7254	1015,5	1011,1	999,74
Viscosidad (cP)	9,65E-03	5,89E-01	1,00E+00	7,19E-01
Conductividad (W/m·K)	2,31E-02	6,07E-01	6,03E-01	6,25E-01
Cp (J/kg·°C)	1660,1	4217,9	4314,3	4314,6
Calor latente (kJ/kg)	1881,4		-	
Velocidad fluido (m/s)	0,145		2,167	
Nº pasos	1		1	
Pérdida carga (atm)	0,00055		0,11377	
Coefficiente intercambio (W/m²·°C)	3294		7607	
Resistencia incrustaciones (m²·°C/W)	0,00067		0,0002	
Calor intercambiado (kJ/h)	69457,3			
Coefficiente global (W/m²·°C)	654,7			
Area de intercambio (m²)	1408,2			
ΔTML	75,9			
DATOS CONSTRUCTIVOS	CARCASA		TUBOS	
T diseño (°C)	121,99		50	
P diseño (atm)	1,2		1,2	
Material	AISI-304L		AISI-304L	
Diámetro haz de tubos (m)	-		1,57	
Diámetro interno (m)	1,66		0,0160	
Diámetro externo (m)	1,7		0,0200	
Grosor (m)	0,004		0,0020	
Longitud (m)	6,74		6,1	
Nº pantallas	3	MARCA	DENOMINACION	
Tipo carcasa	T			
Baffle cut (m)	0,42	A	Entrada fluido carcasa	
		B	Salida fluido carcasa	
Nº tubos	3674	C	Entrada fluido tubos	
Disposición (pitch)	triangular	D	Salida fluido tubos	
LB: espaciado (m)	1,679			
Peso equipo (kg)	23854			
Grosor fondo (m)	0,004			

	PLANTA	UBICACIÓN		Nº ITEM	AREA
	AA	Zona Franca		K-401	400
Finalidad intercambio	Vaporizar parcialmente la corriente de colas de la columna CD-401				
Productos manipulados	Agua, ácido nítrico, ciclohexanol, AA, AG y AS				
DATOS OPERACIÓN	CARCASA			TUBOS	
	entrada	salida		entrada	salida
Tipo de fluido	proceso	proceso	proceso	vapor de agua	vapor de agua
Fase	líquida	líquida	vapor	vapor	vapor
Caudal (kg/h)	409140	16293,7	392846.3	126637,2	126637,2
T (°C)	131,75	131,79		184,5	184,31
P (atm)	1	1	1	10,13	10,13
PM (g/mol)	61,025	61,025	61,025	18,015	18,015
Densidad (kg/m³)	2,6456	1026	1,0465	5,524	5,524
Viscosidad (cP)	8,00E-01	1,5873	1,07E-05	1,51E-02	1,51E-02
Conductividad (W/m·K)	1,02E-01	3,14E-01	2,00E+01	3,48E-02	3,17E-02
Cp (J/kg·°C)	2011	2,67E+03	1496,6	2053,7	2053,7
Calor latente (kJ/kg)	1195,4			-	
Velocidad fluido (m/s)	0,352			6,857	
Nº pasos	1			2	
Pérdida carga (atm)	0,01034			0,00834	
Coeficiente intercambio (W/m²·°C)	6389			220	
Resistencia incrustaciones (m²·°C/W)	0,0004			0,00025	
Calor intercambiado (kJ/h)	371080,4				
Coeficiente global (W/m²·°C)	140,9				
Area de intercambio (m²)	5287,6				
ΔTML	52,6				
DATOS CONSTRUCTIVOS	CARCASA			TUBOS	
T diseño (°C)	147,75			199,31	
P diseño (atm)	1,2			12,16	
Material	AISI-304L			AISI-304L	
Diámetro haz de tubos (m)	-			2,49	
Diámetro interno (m)	2,41			0,0120	
Diámetro externo (m)	2,45			0,0160	
Grosor (m)	0,002			0,0020	
Longitud (m)	7,00			6,1	
Nº pantallas	5	MARCA	DENOMINACION		
Tipo carcasa	T				
Baffle cut (m)	0,75	A	Entrada fluido carcasa		
		B	Salida líquido carcasa		
Nº tubos	16424	C	Salida vapor carcasa		
Disposición (pitch)	cuadrado	D	Entrada fluido tubos		
LB: espaciado (m)	0,598	E	Salida fluido tubos		
Peso equipo (kg)	103084				
Grosor fondo (m)	0,004				

	CRISTALIZADOR		Ítem n°: CR-501		Aprobado:
			Proyecto n°:		Área: 500
	Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 13-06-08
	Localización: Zona Franca (BCN)		Hoja: De:		Pág n°:
Denominación		Cristalizador Ácido Adípico 1			
DATOS GENERALES					
Peso vacío, Kg	26494,3	Diámetro, m	3	Altura fondo sup., m	0,582
Peso operación, Kg	58182	Altura cilindro, m	3	Dens, Kg/m ³	1064,338
Capacidad, m ³	28,39	Diámetro pequeño, m	0,35	Viscosidad, kg/s*m	8,4E-03
Posición	Vertical	Longitud cono, m	2,7	Producto	CicloH, H ₂ O, HNO ₃ , Ac.Adípico, Glutámico, Succínico y catalizadores
DATOS DE DISEÑO					
Materiales de construcción			AISI 304		
Posición			Vertical		
Temperatura de trabajo, °C			132-50		
Temperatura de diseño, °C			148		
Presión de trabajo interna, bar			0,013		
Presión de trabajo externa, bar			2,013		
Presión de diseño interna, bar			1,013		
Presión de diseño externa, bar			3,026		
Presión de prueba, bar			1,52/4,54		
Espesor cuerpo cilíndrico, mm			18		
Espesor fondo inferior, mm			25		
Espesor fondo superior, mm			10		
Espesor de corrosión, mm			1		
AGITADOR					
Tipos de agitador			Turbina		
Diámetro del impulsor, m			0,818		
Velocidad de agitación, rpm			25		
Potencia absorbida, kW			162,64		
CAMISA					
Anchura de la camisa, m			0,106		
Espesor de la camisa de la pared cilíndrica, mm			3		
Espesor de la camisa del fondo, mm			6		

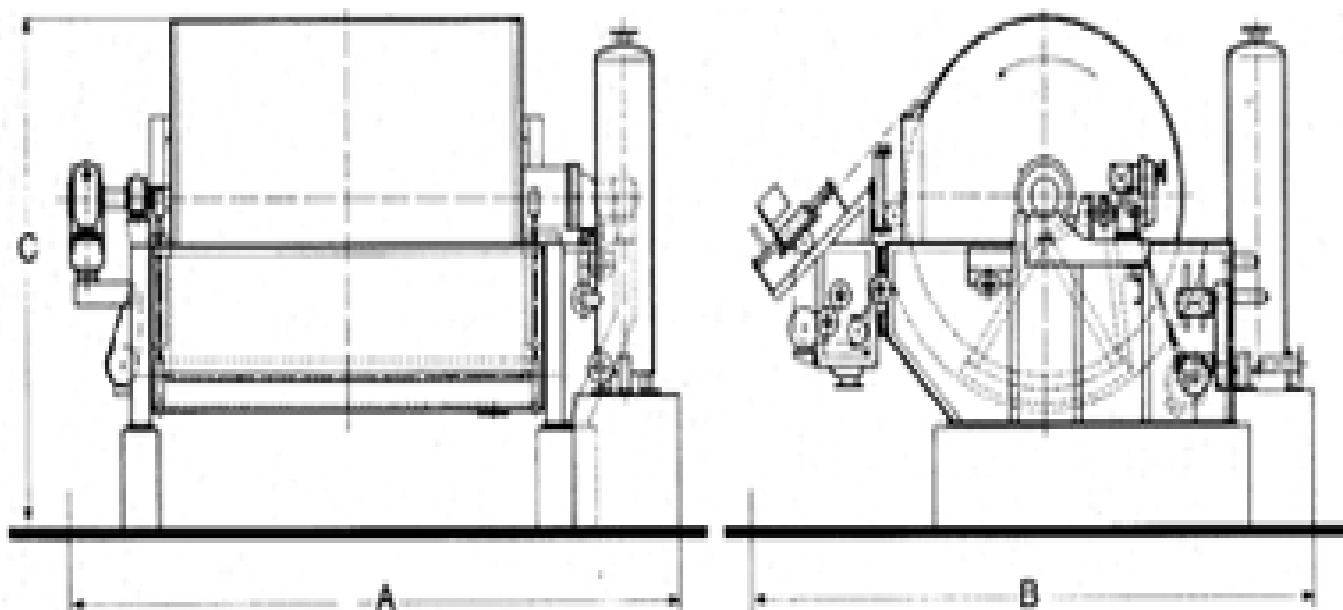
RELACIÓN DE CONEXIONES				DETALLES DE DISEÑO	
Marca	Tamaño	Denominación	Temp. (°C)	Norma de diseño	ASME
A	2 ½"	Entrada alimento	131,75	Tratamiento térmico:	No
B	25"	Boca-hombre	-	Radiografía	0,85
C	3"	Descarga alimento	50	Eficacia soldadura	Parcial
D	3"	Venteo	-	Pintura	No
E	¾"	Sensor nivel	-	Volumen cilindro, m ³	2,047
F y G	¾"	Sensor Temperatura	-	Volumen fondo inf., m ³	0,21
H	4"	Entrada camisa	20	Volumen fondo sup., m ³	0,85
I	4"	Salida camisa	35		

G8INGENIO	FILTRO ROTATORIO DE VACÍO		Item n°: F-501	APROBADO:
			Proyecto n°:	Área: 500
	Planta: Producción Ácido Ádipico		Diseño: G8INGENIO	Fecha: 13/06/08
	Localización: Zona Franca		Hoja :1 De: 2	Pàg n°:
Denominación		Filtro rotatorio de vacío		
Finalidad de intercambio		Filtrar la torta del proceso		
Productos manipulados		Torta del proceso, agua desionizada		
DATOS DEL PROCESO				
Marca		TEFSA		
Tipo de filtro		TSF-9,2 / 2,5		
Área de filtración m ²		0,72		
Volumen caudal entrada a filtrar Kg/h		16293		
Medio filtrante		Tambor recubierto por tela filtrante		
Tipo de descarga		Tela saliente		
Consumo energético KW		1,5		
CONDICIONES DE OPERACIÓN				
Porcentaje de inmersión %		35		
Diferencia de Presión N/m ²		101325		
Tiempo de formación pan de filtración s		80		
Tiempo de lavado de la torta de filtración s		60		
Volumen agua lavado m ³ /h		0,9		
Temperatura de agua °C		45		
Sólidos torta de filtración %		35'4		
Eficiencia de lavado		0,95		
CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO A FILTRAR				
Tipo de fluido		Torta de proceso de ácido succínico – ácido adípico		
Temperatura entrada °C		50		
Temperatura salida °C		50		
Sólidos en suspensión %		2,05		
DATOS DE CONSTRUCCIÓN				
Diámetro del tambor (elemento filtrante) mm		920		
Anchura del tambor mm		250		
Número de celdas		14		
Longitud A mm		2050		
Longitud B mm		2050		
Longitud C mm		1700		
Material equipo		AISI-316		
Material tela filtrante		Policarbonato		
Calidad y norma:		ASME / ANSI B-36.10		
ACCESORIOS		Tamaño		
Entrada cristalizador		1 1/4"		
Salida torta del proceso		1/4"		
Salida aguas de lavado y aguas madres		1 1/4"		
Circuito del vacío		1/4"		

G8INGENIO	FILTRO ROTATORIO DE VACÍO		Item n°: F-502	APROVADO:
			Proyecto n°:	Área: 500
	Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO	Fecha: 13/06/08
	Localización: Zona Franca		Hoja :1 De: 2	Pág n°:
Denominación		Filtro rotatorio de vacío		
Finalidad de intercambio		Filtrar la torta del proceso		
Productos manipulados		Torta del proceso, agua desionizada		
DATOS DEL PROCESO				
Marca		TEFSA		
Tipo de filtro		TSF-9,2 / 2,5		
Área de filtración m ²		0,72		
Volumen caudal entrada a filtrar Kg/h		21356,97		
Medio filtrante		Tambor recubierto por tela filtrante		
Tipo de descarga		Tela saliente		
Consumo energético KW		1,5		
CONDICIONES DE OPERACIÓN				
Porcentaje de inmersión %		35		
Diferencia de Presión N/m ²		101325		
Tiempo de formación pan de filtración s		80		
Tiempo de lavado de la torta de filtración s		60		
Volumen agua lavado m ³ /h		1,77		
Temperatura de agua °C		20		
Sólidos en torta de filtración %		2,56		
Eficiencia de lavado		0,95		
CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO A FILTRAR				
Tipo de fluido		Torta de proceso		
Temperatura entrada °C		25		
Temperatura salida °C		38		
Sólidos en suspensión %		0,15		
DATOS DE CONSTRUCCIÓN				
Diámetro del tambor (elemento filtrante) mm		920		
Anchura del tambor mm		250		
Número de celdas		14		
Longitud A mm		2050		
Longitud B mm		2050		
Longitud C mm		1700		
Material equipo		AISI-316		
Material tela filtrante		Policarbonato		
Calidad y norma:		ASME / ANSI B-36.10		
ACCESORIOS		Tamaño		
Entrada cristalizador		2"		
Salida torta del proceso		1/4"		
Salida aguas de lavado y aguas madres		2"		
Circuito del vacío		1 ^{1/4} "		

G8INGENIO	FILTRO ROTATORIO DE VACÍO		Item n°: F-503	APROBADO:
			Proyecto n°:	Àrea: 500
	Planta: Producción Ácido Ádipico		Diseño: G8INGENIO	Fecha: 13/06/08
	Localizació: Zona Franca		Hoja :1 De: 2	Pàg n°:
Denominación		Filtro rotatorio de vacío		
Finalidad de intercambio		Filtrar la torta del proceso		
Productos manipulados		Torta del proceso, agua desionizada		
DATOS DEL PROCESO				
Marca		TEFSA		
Tipo de filtro		TSF-5/1,55		
Àrea de filtración m ²		0,25		
Volumen caudal entrada a filtrar Kg/h		5211,73		
Medio filtrante		Tambor recubierto por tela filtrante		
Tipo de descarga		Tela saliente		
Consumo energético KW		0,5		
CONDICIONES DE OPERACIÓN				
Porcentaje de inmersión %		35		
Diferencia de Presión N/m ²		101325		
Tiempo de formación pan de filtración s		80		
Tiempo de lavado de la torta de filtración s		60		
Volumen agua lavado m ³ /h		0,254		
Temperatura de agua °C		35		
Sólidos en torta de filtración %		88,76		
Eficiencia de lavado		0,95		
CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO A FILTRAR				
Tipo de fluido		Torta de proceso		
Temperatura entrada °C		40		
Temperatura salida °C		40		
Sólidos en suspensión %		5,15		
DATOS DE CONSTRUCCIÓN				
Diámetro del tambor (elemento filtrante) mm		520		
Anchura del tambor mm		155		
Número de celdas		16		
Longitud A mm		1900		
Longitud B mm		850		
Longitud C mm		1000		
Material equipo		AISI-316		
Material tela filtrante		Policarbonato		
Calidad y norma:		ASME / ANSI B-36.10		
ACCESORIOS		Tamaño		
Entrada cristalizador		3/4"		
Salida torta del proceso		1/4"		
Salida de aguas de lavado y aguas madres		1 1/4"		
Circuito del vacío		1/4"		

G8INGENIO	FILTRO ROTATORIO DE VACÍO		Item n°: F-504	APROBADO:
			Proyecto n°:	Área: 500
	Planta: Producción Ácido Ádípico		Diseño: G8INGENIO	Fecha: 13/06/08
	Localización: Zona Franca		Hoja :1 De: 2	Pàg n°:
Denominación		Filtro rotatorio de vacío		
Finalidad de intercambio		Filtrar la torta del proceso		
Productos manipulados		Torta del proceso, agua desionizada		
DATOS DEL PROCESO				
Marca		TEFSA		
Tipo de filtro		TSF-5/1,55		
Àrea de filtración m ²		0,25		
Volumen caudal entrada a filtrar Kg/h		1619,38		
Medio filtrante		Tambor recubierto por tela filtrante		
Tipo de descarga		Tela saliente		
Consumo energético KW		0,5		
CONDICIONES DE OPERACIÓN				
Porcentaje de inmersión %		35		
Diferencia de Presión N/m ²		101325		
Tiempo de formación pan de filtración s		80		
Tiempo de lavado de la torta de filtración s		60		
Volumen agua lavado m ³ /h		0,132		
Temperatura de agua °C		20		
Sólidos en torta de filtración %		2		
Eficiencia de lavado		0,95		
CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO A FILTRAR				
Tipo de fluido		Torta de proceso		
Temperatura entrada °C		20		
Temperatura salida °C		20		
Sólidos en suspensión %		0,12		
DATOS DE CONSTRUCCIÓN				
Diámetro del tambor (elemento filtrante) mm		520		
Anchura del tambor mm		155		
Número de celdas		16		
Longitud A mm		1900		
Longitud B mm		850		
Longitud C mm		1000		
Material equipo		AISI-316		
Material tela filtrante		Policarbonato		
Calidad y norma:		ASME / ANSI B-36.10		
ACCESORIOS		Tamaño		
Entrada cristalizador		1/4"		
Salida torta del proceso		1/4"		
Salida aguas de lavado y aguas madres		1/4"		
Circuito del vacío		1/4"		

G8INGENIO**FILTRO ROTATORIO DE VACÍO****Item n°:** F-501 a F-504**APROBADO:****Proyecto n°:****Área:** 500**Planta:** Producción Ácido Adípico**Diseño:** G8INGENIO**Fecha:** 04/05/08**Localización:** Zona Franca**Hoja :2 De: 2****Pág n°:**

	CRISTALIZADOR		Ítem nº: CR-502		Aprobado:	
			Proyecto nº:		Área: 500	
	Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 13-06-08	
	Localización: Zona Franca (BCN)		Hoja: De:		Pág nº:	
Denominación		Cristalizador Purificador Ácido Adípico 1				
DATOS GENERALES						
Peso vacío, Kg	36699,1	Diámetro, m	3,3	Altura fondo sup., m	0,64	
Peso operación, Kg	84603	Altura cilindro, m	3,3	Dens, Kg/m ³	1008,98	
Capacidad, m ³	37,78	Diámetro pequeño, m	0,35	Viscosidad, kg/s*m	4,61E-03	
Posición	Vertical	Longitud cono, m	3	Producto	CicloH, H ₂ O, HNO ₃ , Ac.Adípico, Glutámico, Succínico y catalizadores	
DATOS DE DISEÑO						
Materiales de construcción			AISI 316			
Posición			Vertical			
Temperatura de trabajo, °C			80-25			
Temperatura de diseño, °C			96			
Presión de trabajo interna, bar			0,013			
Presión de trabajo externa, bar			2,013			
Presión de diseño interna, bar			1,013			
Presión de diseño externa, bar			3,026			
Presión de prueba, bar			1,52/4,54			
Espesor cuerpo cilíndrico, mm			20			
Espesor fondo inferior, mm			29			
Espesor fondo superior, mm			12			
Espesor de corrosión, mm			1			
AGITADOR						
Tipos de agitador			Turbina			
Diámetro del impulsor, m			1,112			
Velocidad de agitación, rpm			25			
Potencia absorbida, kW			248,31			
CAMISA						
Anchura de la camisa, m			0,170			
Espesor de la camisa de la pared cilíndrica, mm			3			
Espesor de la camisa del fondo, mm			6			

RELACIÓN DE CONEXIONES				DETALLES DE DISEÑO	
Marca	Tamaño	Denominación	Temp. (°C)	Norma de diseño	ASME
A	2 ½"	Entrada alimento	80	Tratamiento térmico:	No
B	25"	Boca-hombre	-	Radiografía	0,85
C	3"	Descarga alimento	25	Eficacia soldadura	Parcial
D	3"	Venteo	-	Pintura	No
E	¾"	Sensor nivel	-	Volumen cilindro, m ³	2,75
F y G	¾"	Sensor Temperatura	-	Volumen fondo inf., m ³	0,30
H	7"	Entrada camisa	7	Volumen fondo sup., m ³	1,24
I	7"	Salida camisa	15		

	CRISTALIZADOR		Ítem nº: CR-503		Aprobado:
			Proyecto nº:		Área: 500
	Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 13-06-08
	Localización: Zona Franca (BCN)		Hoja: De:		Pág nº:
Denominación		Cristalizador Ácido Adípico 2			
DATOS GENERALES					
Peso vacío, Kg	2689,48	Diámetro, m	1,25	Altura fondo sup., m	0,242
Peso operación, Kg	4966,9	Altura cilindro, m	1,25	Dens, Kg/m ³	1064,91
Capacidad, m ³	2,05	Diámetro pequeño, m	0,27	Viscosidad, kg/s*m	7,49E-03
Posición	Vertical	Longitud cono, m	1	Producto	CicloH, H ₂ O, HNO ₃ , Ac.Adípico, Glutárico, Succínico y catalizadores
DATOS DE DISEÑO					
Materiales de construcción			AISI 304		
Posición			Vertical		
Temperatura de trabajo, °C			105-40		
Temperatura de diseño, °C			121		
Presión de trabajo interna, bar			0,013		
Presión de trabajo externa, bar			2,013		
Presión de diseño interna, bar			1,013		
Presión de diseño externa, bar			3,026		
Presión de prueba, bar			1,52/4,54		
Espesor cuerpo cilíndrico, mm			10		
Espesor fondo inferior, mm			11		
Espesor fondo superior, mm			6		
Espesor de corrosión, mm			1		
AGITADOR					
Tipos de agitador			Turbina		
Diámetro del impulsor, m			0,421		
Velocidad de agitación, rpm			60		
Potencia absorbida, kW			28,25		
CAMISA					
Anchura de la camisa, m			0,063		
Espesor de la camisa de la pared cilíndrica, mm			3		

Espesor de la camisa del fondo, mm				3	
RELACIÓN DE CONEXIONES				DETALLES DE DISEÑO	
Marca	Tamaño	Denominación	Temp. (°C)	Norma de diseño	ASME
A	1 ¼"	Entrada alimento	105	Tratamiento térmico:	No
B	20"	Boca-hombre	-	Radiografía	0,85
C	2"	Descarga alimento	40	Eficacia soldadura	Parcial
D	2"	Venteo	-	Pintura	No
E	¾"	Sensor nivel	-	Volumen cilindro, m ³	0,19
F y G	¾"	Sensor Temperatura	-	Volumen fondo inf., m ³	0,014
H	2 ½"	Entrada camisa	7	Volumen fondo sup., m ³	0,09
I	2 ½"	Salida camisa	15		

	CRISTALIZADOR		Ítem n°: CR-504		Aprobado:
			Proyecto n°:		Área: 500
	Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 13-06-08
	Localización: Zona Franca (BCN)		Hoja: De:		Pág n°:
Denominación		Cristalizador Purificador Ácido Adípico 2			
DATOS GENERALES					
Peso vacío, Kg	3592,96	Diámetro, m	1,43	Altura fondo sup., m	0,277
Peso operación, Kg	6996,8	Altura cilindro, m	1,43	Dens, Kg/m ³	1009,4
Capacidad, m ³	3,07	Diámetro pequeño, m	0,25	Viscosidad, kg/s*m	4,85E-03
Posición	Vertical	Longitud cono, m	1,2	Producto	H ₂ O, Ac.Adípico, Glutárico, Succínico y catalizadores
DATOS DE DISEÑO					
Materiales de construcción			AISI 316		
Posición			Vertical		
Temperatura de trabajo, °C			80-20		
Temperatura de diseño, °C			96		
Presión de trabajo interna, bar			0,013		
Presión de trabajo externa, bar			2,013		
Presión de diseño interna, bar			1,013		
Presión de diseño externa, bar			3,026		
Presión de prueba, bar			1,52/4,54		
Espesor cuerpo cilíndrico, mm			10		
Espesor fondo inferior, mm			14		
Espesor fondo superior, mm			6		
Espesor de corrosión, mm			1		
AGITADOR					
Tipos de agitador			Turbina		
Diámetro del impulsor, m			0,481		
Velocidad de agitación, rpm			25		
Potencia absorbida, kW			3,79		
CAMISA					
Anchura de la camisa, m			0,061		
Espesor de la camisa de la pared cilíndrica, mm			3		
Espesor de la camisa del fondo, mm			3		

RELACIÓN DE CONEXIONES				DETALLES DE DISEÑO	
Marca	Tamaño	Denominación	Temp. (°C)	Norma de diseño	ASME
A	1"	Entrada alimento	80	Tratamiento térmico:	No
B	20"	Boca-hombre	-	Radiografía	0,85
C	1"	Descarga alimento	20	Eficacia soldadura	Parcial
D	1"	Venteo	-	Pintura	No
E	¾"	Sensor nivel	-	Volumen cilindro, m ³	0,258
F y G	¾"	Sensor Temperatura	-	Volumen fondo inf., m ³	0,025
H	2 ½"	Entrada camisa	7	Volumen fondo sup., m ³	0,117
I	2 ½"	Salida camisa	15		

	TANQUE ALMACENAMIENTO		Ítem n°: T-501		Aprobado:
			Proyecto n°:		Área: 500
	Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 13-06-08
	Localización: Zona Franca (BCN)		Hoja: De:		Pág n°:
Denominación		Tanque de almacenamiento antes de Presurizar			
DATOS GENERALES					
Peso vacío, Kg	3417,19	Diámetro, m	1,12	Altura fondo, m	0,217
Peso operación, Kg	5934,76	Altura cilindro, m	2,24	Dens, Kg/m ³	1015,15
Capacidad, m ³	2,48	Tipo de fondos	Toriesféricos	Viscosidad, kg/s*m	0,58
Posición	Vertical	Longitud fondos, m	0,434	Producto	H ₂ O, HNO ₃ y ciclohexanol
DATOS DE DISEÑO					
Materiales de construcción			AISI 304		
Posición			Vertical		
Temperatura de trabajo, °C			30		
Temperatura de diseño, °C			46		
Presión de trabajo interna, bar			0,66		
Presión de trabajo externa, bar			0,66		
Presión de diseño interna, bar			0,66		
Presión de diseño externa, bar			0,66		
Presión de prueba, bar			0,99		
Espesor cuerpo cilíndrico, mm			5		
Espesor fondos, mm			5		
Espesor de corrosión, mm			1		
RELACIÓN DE CONEXIONES				DETALLES DE DISEÑO	
Marca	Tamaño	Denominación	Temp. (°C)	Norma de diseño	ASME
A	1"	Entrada alimento	30	Tratamiento térmico:	No
B	1 1/4"	Entrada alimento	30	Radiografía	0,85
C	2"	Descarga alimento	30	Eficacia soldadura	Parcial
D	25"	Boca-Hombre	-	Pintura	No
E	3/4"	Sensor nivel	-	Volumen cilindro, m ³	0,126
F	2"	Ventoeo	-	Volumen fondos., m ³	0,048
H					

	TANQUE ALMACENAMIENTO		Ítem n°: T-502a503		Aprobado:
			Proyecto n°:		Área: 500
	Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 13-06-08
	Localización: Zona Franca (BCN)		Hoja: 2 De: 3		Pág n°:
Denominación		Tanque de Almacenamiento de H ₂ O			
DATOS GENERALES					
Peso vacío, Kg	288335,91	Diámetro, m	9	Ángulo Fondo	68,39°
Peso operación, Kg	788335,91	Altura cilindro, m	9	Dens, Kg/m ³	997
Capacidad, m ³	572,55	Tipo de fondo	Cónico	Viscosidad, kg/s*m	0,001
Posición	Vertical	Longitud fondo, m	1,7	Producto	H ₂ O
DATOS DE DISEÑO					
Materiales de construcción			AISI 316		
Posición			Vertical		
Temperatura de trabajo, °C			25		
Temperatura de diseño, °C			41		
Presión de trabajo, bar			0,013		
Presión de diseño, bar			1,013		
Presión de prueba, bar			1,52		
Espesor cuerpo cilíndrico, mm			33		
Espesor fondo superior, mm			18		
Espesor de corrosión, mm			1		
RELACIÓN DE CONEXIONES				DETALLES DE DISEÑO	
Marca	Tamaño	Denominación	Temp. (°C)	Norma de diseño	ASME
A	10"	Salida producto	25	Tratamiento térmico:	No
B	25"	Boca-hombre	-	Radiografía	0,85
C	10"	Ventoeo	-	Eficacia soldadura	Parcial
D	¾"	Sensor de nivel	-	Pintura	No
E	¾"	Sensor de nivel	-	Volumen cilindro, m ³	33,71
F	2"	Entrada producto	25	Volumen fondo sup/inf, m ³	0,28/2,13

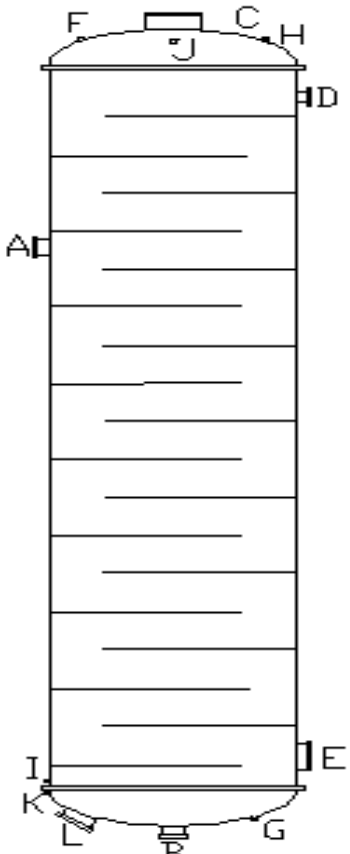
	TANQUE DE DISOLUCIÓN		Ítem n°: TD-501		Aprobado:
			Proyecto n°:		Área: 500
	Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 13-06-08
	Localización: Zona Franca (BCN)		Hoja: De:		Pág n°:
Denominación		Tanque de disolución			
DATOS GENERALES					
Peso vacío, Kg	4458,78	Diámetro, m	2,3	Altura fondo, m	0,446
Peso operación, Kg	14984,46	Altura cilindro, m	2,3	Dens, Kg/m ³	1010,3
Capacidad, m ³	10,418	Tipo de fondo	Toriesférico	Viscosidad, kg/s*m	0,0048
Posición	Vertical	Longitud fondos, m	0,348	Producto	H ₂ O, AA, AG, AS y catalizadores
DATOS DE DISEÑO					
Materiales de construcción			AISI 316		
Posición			Vertical		
Temperatura de trabajo, °C			80		
Temperatura de diseño, °C			90		
Presión de trabajo interna, bar			1,013		
Presión de trabajo externa, bar			1,013		
Presión de diseño interna, bar			1,215		
Presión de diseño externa, bar			1,215		
Presión de prueba, bar			1,5		
Espesor cuerpo cilíndrico, mm			10		
Espesor fondos, mm			10		
Espesor de corrosión, mm			1		
AGITADOR					
Tipo de agitador			Palas		
Diámetro del impulsor, m			0,76		
Velocidad de agitación, rpm			60		
Potencia absorbida, kW			1,64		
RELACIÓN DE CONEXIONES				DETALLES DE DISEÑO	
Marca	Tamaño	Denominación	Temp. (°C)	Norma de diseño	ASME
A	3"	Entrada alimento	25	Tratamiento térmico:	Sí
B	25"	Boca-hombre	-	Radiografía	0,85

C	2 ½"	Descarga alimento	80	Eficacia soldadura	Parcial
D	2"	Entrada AP	60	Pintura	No
E	¾"	Sensor nivel	-	Volumen cilindro, m ³	0,100
F	¾"	Sensor Temperatura	-	Volumen fondos., m ³	0,018
G	3"	Entrada Vapor	180		
H	1"	Salida Vapor	180		

	TANQUE DE DISOLUCIÓN		Ítem n°: TD-502		Aprobado:
			Proyecto n°:		Área: 500
	Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 13-06-08
	Localización: Zona Franca (BCN)		Hoja: De:		Pág n°:
Denominación		Tanque de disolución			
DATOS GENERALES					
Peso vacío, Kg	1039,31	Diámetro, m	0,9	Altura fondo, m	0,174
Peso operación, Kg	1577,49	Altura cilindro, m	0,9	Dens, Kg/m ³	1018,80
Capacidad, m ³	0,718	Tipo de fondos	Toriesféricos	Viscosidad, kg/s*m	7,5E-03
Posición	Vertical	Longitud fondos, m	0,348	Producto	H ₂ O, Ac.Adípico, Glutárico, Succínico y catalizadores
DATOS DE DISEÑO					
Materiales de construcción			AISI 316		
Posición			Vertical		
Temperatura de trabajo, °C			80		
Temperatura de diseño, °C			96		
Presión de trabajo interna, bar			0,013		
Presión de trabajo externa, bar			0,013		
Presión de diseño interna, bar			1,013		
Presión de diseño externa, bar			1,013		
Presión de prueba, bar			1,5		
Espesor cuerpo cilíndrico, mm			5		
Espesor fondos, mm			5		
Espesor de corrosión, mm			1		
AGITADOR					
Tipos de agitador			Turbina		
Diámetro del impulsor, m			0,303		
Velocidad de agitación, rpm			50		
Potencia absorbida, kW			2,98		
RELACIÓN DE CONEXIONES				DETALLES DE DISEÑO	
Marca	Tamaño	Denominación	Temp. (°C)	Norma de diseño	ASME
A	¾"	Entrada alimento	265,55	Tratamiento térmico:	No
B	25"	Boca-hombre	-	Radiografía	0,85

C	1"	Descarga alimento	80	Eficacia soldadura	Parcial
D	¾"	Entrada AR	60	Pintura	No
E	¾"	Sensor nivel	-	Volumen cilindro, m ³	0,051
F y G	¾"	Sensor Temperatura	-	Volumen fondos., m ³	0,039

	TORRE DESTILACIÓN		Item n°: CD-501		Aprobado:	
			Proyecto n°:		Área: 500	
	Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 16/06/08	
	Localización: Zona Franca		Hoja: 1 de 2		Pág n°:	
Denominación			Torre de destilación multicomponente			
REV.						
	1	ITEM	CD-501	CANTIDAD	1	
	2	SERVICIO	Torre de destilación multicomponente; recuperación reactivos			
	3	TIPO	Torre multicomponente de platos			
	4					
	5	CONDICIONES DE OPERACIÓN				
	6	Presión de operación	0,67	bar a		
	7	Presión de diseño	3,5	bar a		
	8	Temperatura máx de operación	139,3	°C		
	9	Temperatura máx de diseño	159,3	°C		
	10					
	11		Unidades	ENTRADA	SALIDA	
	12			ALIMENTACIÓN	DESTILADO	COLAS
	13	Vapor	-			
	14	Presión	bar	0,67	0,67	0,67
	15	Temperatura	°C	55,2	90,5	139,3
	16	Flujo	mol/s	291,57	273,97	17,60
	17	Composición	Molar frac			
	18	HNO3	-	0,04364	0,03251	0,21692
	19	H2O	-	0,92893	0,96648	0,34430
	20	Ciclohexanol	-	0,01895	0,00101	0,29829
	21	Ácido Succínico	-	0,00262	0,00000	0,04347
	22	Ácido Glutárico	-	0,00193	0,00000	0,03200
	23	Ácido Adípico	-	0,00392	0,00000	0,06501
		Cu(NO3)2				
		NH4VO3				
	24	Densidad líquido	kg/m3	1048,5	1020,2	1074,1
	25	Viscosidad líquido	kg/m-s	0,00042	0,00027	0,00012
	26					
	27	EBULLIDOR				
	28	Duty	5272	KW		
	29	Fluido caliente	Vapor de agua de 10 bar			
	30	Flujo másico	9416,8	Kg/h		
	31					
	32	CONDENSADOR				
	33	Duty	11557	KW		
	34	Fluido refrigerante	Agua de refrigeración			
	35	Flujo másico	711212,4	Kg/h		
	36					
	37	PLATOS				
	38					
	39	Tipo de platos	Platos perforados			
	40	Diámetro plato	1687,5	mm		
	41	Tamaño perforaciones	1/2 "	Número perforaciones plato		40
	42	Superficie perforaciones respecto al total	18	%		
	43					
	44					

	TORRE DESTILACIÓN		Item n°: CD-501		Aprobado:																																																																																																																																																																																												
			Proyecto n°:		Área: 500																																																																																																																																																																																												
	Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 16-06-08																																																																																																																																																																																												
	Localización: Zona Franca		Hoja: 2 de: 2		Pág n°:																																																																																																																																																																																												
Denominación			Torre de destilación multicomponente																																																																																																																																																																																														
<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>ITEM</td> <td colspan="4">CD-501</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>SERVICIO</td> <td colspan="4">Recuperación reactivos</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>TIPO</td> <td colspan="4">Torre de platos</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td colspan="5">DISEÑO MECÁNICO</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Altura transferencia de materia</td> <td>5521,777</td> <td>mm</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Diámetro interno</td> <td>1687,49</td> <td>mm</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>Altura total de la torre</td> <td>6365,521</td> <td>mm</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>Fondos carcasa</td> <td colspan="4">Elípticos</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>Altura de los fondos</td> <td>421,9</td> <td>mm</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>Nº Etapas</td> <td colspan="4">18</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>Etapa Alimentación</td> <td colspan="4">5</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>HETP zona enriquecimiento</td> <td>292,7</td> <td>mm</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>HETP zona agotamiento</td> <td>312,2</td> <td>mm</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>Espesor envolvente</td> <td>4</td> <td>mm</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>17</td> <td>Espesor fondos</td> <td>4</td> <td>mm</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>18</td> <td>Sobreespesor de corrosión</td> <td colspan="4">1</td> </tr> <tr> <td>19</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>20</td> <td colspan="5">MATERIALES</td> </tr> <tr> <td>21</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>22</td> <td>Carcasa</td> <td colspan="4">Acero AISI 304</td> </tr> <tr> <td>23</td> <td>Platos</td> <td colspan="4">Acero AISI 304</td> </tr> <tr> <td>24</td> <td>Tubuladuras</td> <td colspan="4">Acero AISI 304</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>26</td> <td>Bajantes de líquido</td> <td>Nº</td> <td colspan="3">1 por plato</td> </tr> <tr> <td>27</td> <td></td> <td>Tamaño</td> <td colspan="3">0,02 m2</td> </tr> <tr> <td>28</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>29</td> <td>Juntas sujección bajantes</td> <td>Nº</td> <td colspan="3">2 por plato</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>31</td> <td colspan="5"></td> </tr> </table>						1	ITEM	CD-501				2	SERVICIO	Recuperación reactivos				3	TIPO	Torre de platos				4						5	DISEÑO MECÁNICO					6						7	Altura transferencia de materia	5521,777	mm			8	Diámetro interno	1687,49	mm			9	Altura total de la torre	6365,521	mm			10	Fondos carcasa	Elípticos				11	Altura de los fondos	421,9	mm			12	Nº Etapas	18				13	Etapa Alimentación	5				14	HETP zona enriquecimiento	292,7	mm			15	HETP zona agotamiento	312,2	mm			16	Espesor envolvente	4	mm			17	Espesor fondos	4	mm			18	Sobreespesor de corrosión	1				19						20	MATERIALES					21						22	Carcasa	Acero AISI 304				23	Platos	Acero AISI 304				24	Tubuladuras	Acero AISI 304				25						26	Bajantes de líquido	Nº	1 por plato			27		Tamaño	0,02 m2			28						29	Juntas sujección bajantes	Nº	2 por plato			30						31							
1	ITEM	CD-501																																																																																																																																																																																															
2	SERVICIO	Recuperación reactivos																																																																																																																																																																																															
3	TIPO	Torre de platos																																																																																																																																																																																															
4																																																																																																																																																																																																	
5	DISEÑO MECÁNICO																																																																																																																																																																																																
6																																																																																																																																																																																																	
7	Altura transferencia de materia	5521,777	mm																																																																																																																																																																																														
8	Diámetro interno	1687,49	mm																																																																																																																																																																																														
9	Altura total de la torre	6365,521	mm																																																																																																																																																																																														
10	Fondos carcasa	Elípticos																																																																																																																																																																																															
11	Altura de los fondos	421,9	mm																																																																																																																																																																																														
12	Nº Etapas	18																																																																																																																																																																																															
13	Etapa Alimentación	5																																																																																																																																																																																															
14	HETP zona enriquecimiento	292,7	mm																																																																																																																																																																																														
15	HETP zona agotamiento	312,2	mm																																																																																																																																																																																														
16	Espesor envolvente	4	mm																																																																																																																																																																																														
17	Espesor fondos	4	mm																																																																																																																																																																																														
18	Sobreespesor de corrosión	1																																																																																																																																																																																															
19																																																																																																																																																																																																	
20	MATERIALES																																																																																																																																																																																																
21																																																																																																																																																																																																	
22	Carcasa	Acero AISI 304																																																																																																																																																																																															
23	Platos	Acero AISI 304																																																																																																																																																																																															
24	Tubuladuras	Acero AISI 304																																																																																																																																																																																															
25																																																																																																																																																																																																	
26	Bajantes de líquido	Nº	1 por plato																																																																																																																																																																																														
27		Tamaño	0,02 m2																																																																																																																																																																																														
28																																																																																																																																																																																																	
29	Juntas sujección bajantes	Nº	2 por plato																																																																																																																																																																																														
30																																																																																																																																																																																																	
31																																																																																																																																																																																																	
1		NOTAS		TUBULADURAS																																																																																																																																																																																													
2	Las etapas empiezan a numerarse por arriba		Mark Nº	Cantidad	Tamaño	Servicio																																																																																																																																																																																											
3			A	1	2 1/2"	Entrada alimentación																																																																																																																																																																																											
4			B	1	6"	Salida líquido																																																																																																																																																																																											
5			C	1	28"	Salida vapor																																																																																																																																																																																											
6			D	1	1"	Entrada líquido cabezas																																																																																																																																																																																											
7			E	1	28"	Entrada vapor colas																																																																																																																																																																																											
8			F	1	2"	Válvula de seguridad																																																																																																																																																																																											
9			G	1	2"	Drenaje																																																																																																																																																																																											
10			H	1	1 1/2 "	Trasmisor Temperatura 1																																																																																																																																																																																											
11			I	1	1 1/2 "	Trasmisor de Nivel																																																																																																																																																																																											
12			J	1	1 1/2 "	Trasmisor Presión																																																																																																																																																																																											
13			K	1	1 1/2 "	Trasmisor Temperatura 2																																																																																																																																																																																											
14			L	1	24 "	Man Hole																																																																																																																																																																																											

	PLANTA	UBICACIÓN	Nº ITEM	AREA
	AA	Zona Franca	CO-501	500
Finalidad intercambio	Condensar el destilado de la columna CD-501			
Productos manipulados	Agua, ácido nítrico y ciclohexanol			
DATOS OPERACIÓN	CARCASA		TUBOS	
	entrada	salida	entrada	salida
Tipo de fluido	fluido de proceso	fluido de proceso	agua	agua
Fase	vapor	líquida	líquida	líquida
Caudal (kg/h)	20501		964338,99	
T (°C)	90,55	88,3	25	35
P (atm)	0,66	0,66	1	1
PM (g/mol)	19,624	19,624	18,015	18,015
Densidad (kg/m³)	0,4354	1015,5	1011,1	999,74
Viscosidad (cP)	9,03E-03	5,89E-01	1,00E+00	7,19E-01
Conductividad (W/m·K)	2,27E-02	6,07E-01	6,03E-01	6,25E-01
Cp (J/kg·°C)	1795,4	4217,9	4314,3	4314,6
Calor latente (kJ/kg)	2177,8		-	
Velocidad fluido (m/s)	0,064		1,380	
Nº pasos	1		1	
Pérdida carga (atm)	0,00008		0,03692	
Coefficiente intercambio (W/m²·°C)	4746		4845	
Resistencia incrustaciones (m²·°C/W)	0,00067		0,0002	
Calor intercambiado (kJ/h)	11557,2			
Coefficiente global (W/m²·°C)	654,4			
Area de intercambio (m²)	294,3			
ΔTML	60,4			
DATOS CONSTRUCTIVOS	CARCASA		TUBOS	
T diseño (°C)	106,55		50	
P diseño (atm)	0,792		1,2	
Material	AISI-304L		AISI-304L	
Diámetro haz de tubos (m)	-		0,84	
Diámetro interno (m)	0,935		0,0160	
Diámetro externo (m)	0,939		0,0200	
Grosor (m)	0,004		0,0020	
Longitud (m)	5,24		4,88	
Nº pantallas	5	MARCA	DENOMINACION	
Tipo carcasa	T			
Baffle cut (m)	0,23	A	Entrada fluido carcasa	
		B	Salida fluido carcasa	
Nº tubos	960	C	Entrada fluido tubos	
Disposición (pitch)	triangular	D	Salida fluido tubos	
LB: espaciado (m)	0,935			
Peso equipo (kg)	5290			
Grosor fondo (m)	0.004			

	PLANTA	UBICACIÓN		Nº ITEM	AREA
	AA	Zona Franca		K-501	500
Finalidad intercambio	Vaporizar parcialmente la corriente de colas de la columna CD-501				
Productos manipulados	Agua, ácido nítrico, ciclohexanol, AA, AG y AS				
DATOS OPERACIÓN	CARCASA			TUBOS	
	entrada	salida		entrada	salida
Tipo de fluido	proceso	proceso	proceso	vapor de agua	vapor de agua
Fase	líquida	líquida	vapor	vapor	vapor
Caudal (kg/h)	72067	5213	66854	9231,84	9231,84
T (°C)	139,3	139,31		184,5	184,31
P (atm)	0,658	0,658	0,658	10,13	10,13
PM (g/mol)	68,611	68,611	68,611	18,015	18,015
Densidad (kg/m³)	1070,2	1079,6	1,0908	5,524	5,524
Viscosidad (cP)	2,11E+00	2,11E-03	1,07E-05	1,51E-02	1,51E-02
Conductividad (W/m·K)	1,40E-01	1,40E-01	2,02E-02	3,48E-02	3,17E-02
Cp (J/kg·°C)	1853,5	2,35E+03	1578,6	2053,7	2053,7
Calor latente (kJ/kg)	1009,9			-	
Velocidad fluido (m/s)	0,136			2,684	
Nº pasos	1			2	
Pérdida carga (atm)	0,00305			0,00128	
Coeficiente intercambio (W/m²·°C)	5314			86	
Resistencia incrustaciones (m²·°C/W)	0,0004			0,00025	
Calor intercambiado (kJ/h)	59215,7				
Coeficiente global (W/m²·°C)	60,4				
Area de intercambio (m²)	984,7				
ΔTML	45,1				
DATOS CONSTRUCTIVOS	CARCASA			TUBOS	
T diseño (°C)	155,3			199,31	
P diseño (atm)	0,7896			12,16	
Material	AISI-304L			AISI-304L	
Diámetro haz de tubos (m)	-			1,20	
Diámetro interno (m)	1,436			0,0120	
Diámetro externo (m)	1,440			0,0160	
Grosor (m)	0,002			0,0020	
Longitud (m)	6,66			6,1	
Nº pantallas	20		MARCA	DENOMINACION	
Tipo carcasa	T				
Baffle cut (m)	0,36		A	Entrada fluido carcasa	
			B	Salida líquido carcasa	
Nº tubos	3059		C	Salida vapor carcasa	
Disposición (pitch)	cuadrado		D	Entrada fluido tubos	
Lb: espaciado (m)	0,287		E	Salida fluido tubos	
Peso equipo (kg)	19820				
Grosor fondo (m)	0,004				

	TANQUE DESHIDRATACIÓN		Ítem n°: TDH-501a503		Aprobado:
			Proyecto n°:		Área: 500
	Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 13-06-08
	Localización: Zona Franca (BCN)		Hoja: De:		Pág n°:
Denominación		Tanque de deshidratación sólido			
DATOS GENERALES					
Peso vacío, Kg	19886,86	Diámetro, m	1,4	Altura fondo, m	0,27
Peso operación, Kg	23479,40	Altura cilindro, m	2,8	Dens, Kg/m ³	1018,80
Capacidad, m ³	4,86	Tipo de fondos	Toriesféricos	Viscosidad, kg/s*m	7,5E-03
Posición	Vertical	Longitud fondos, m	0,54	Producto	CicloH, H ₂ O, HNO ₃ , Ac.Adípico, Glutárico, Succínico y catalizadores
DATOS DE DISEÑO					
Materiales de construcción			AISI 316		
Posición			Vertical		
Temperatura de trabajo, °C			180		
Temperatura de diseño, °C			196		
Presión de trabajo interna, bar			0,066		
Presión de trabajo externa, bar			10		
Presión de diseño interna, bar			0,066		
Presión de diseño externa, bar			11		
Presión de prueba, bar			0,35/16,5		
Espesor cuerpo cilíndrico, mm			20		
Espesor fondos, mm			20		
Espesor de corrosión, mm			1		
AGITADOR					
Tipos de agitador			Turbina		
Diámetro del impulsor, m			0,471		
Velocidad de agitación, rpm			25		
Potencia absorbida, kW			3,44		
CAMISA					
Anchura de la camisa, m			0,039		
Espesor de la camisa de la pared cilíndrica, mm			6		
Espesor de la camisa del fondo, mm			7		

RELACIÓN DE CONEXIONES				DETALLES DE DISEÑO	
Marca	Tamaño	Denominación	Temp. (°C)	Norma de diseño	ASME
A	1"	Entrada alimento	40	Tratamiento térmico:	No
B	25"	Boca-hombre	-	Radiografía	0,85
C	1"	Descarga alimento	180	Eficacia soldadura	Parcial
D	¾"	Salida Vapor	180	Pintura	No
E	¾"	Sensor nivel	-	Volumen cilindro, m ³	0,999
F y G	¾"	Sensor Temperatura	-	Volumen fondos., m ³	0,30
H	¾"	Sensor presión	-		
I	2"	Entrada camisa	179,9		
J	½"	Salida camisa	179,9		
K	1"	Venteo	-		

	PLANTA	UBICACIÓN	Nº ITEM	AREA
	AA	Zona Franca	IC-503	500
Finalidad intercambio	Calentar alimento de CD-501			
Productos manipulados	ciclohexanol, ácido nítrico, agua, AA, AG, AS			
DATOS OPERACIÓN	CARCASA		TUBOS	
	entrada	salida	entrada	salida
Tipo de fluido	fluido de proceso	fluido de proceso	fluido de proceso	fluido de proceso
Fase	líquida	líquida	líquida	líquida
Caudal (kg/h)	23804,9		5213,0	
T (°C)	52,57	56,49	139,52	105
P (atm)	0,658	0,658	0,658	0,658
PM (g/mol)	22,695	22,695	68,63	68,63
Densidad (kg/m³)	1034	1030	972,39	1019,4
Viscosidad (cP)	8,42E-01	7,90E-01	7,83E-01	1,46E+00
Conductividad (W/m·K)	5,05E-01	5,08E-01	2,48E-01	2,43E-01
Cp (J/kg·°C)	3741,7	3748,1	2597,4	2460
Calor latente (kJ/kg)	-		-	
Velocidad fluido (m/s)	0,585		0,424	
Nº pasos	1		8	
Pérdida carga (atm)	0,05393		0,00330	
Coefficiente intercambio (W/m²·°C)	1695		601	
Resistencia incrustaciones (m²·°C/W)	0,0002		0,0002	
Calor intercambiado (kJ/h)	349456,1			
Coefficiente global (W/m²·°C)	292,4			
Area de intercambio (m²)	29,8			
ΔTML	65,2			
DATOS CONSTRUCTIVOS	CARCASA		TUBOS	
T diseño (°C)	66,49		149,52	
P diseño (atm)	0,7896		0,7896	
Material	AISI-304L		AISI-304L	
Diámetro haz de tubos (m)	-		0,43	
Diámetro interno (m)	0,526		0,0120	
Diámetro externo (m)	0,530		16,0000	
Grosor (m)	0,002		0,0020	
Longitud (m)	2,64		2,44	
Nº pantallas	22	MARCA	DENOMINACION	
Tipo carcasa	T			
Baffle cut (m)	0,13	A	Entrada fluido carcasa	
		B	Salida fluido carcasa	
Nº tubos	243	C	Entrada fluido tubos	
Disposición (pitch)	triangular	D	Salida fluido tubos	
Lb: espaciado (m)	0,105			
Peso equipo (kg)	800			
Grosor fondo (m)	0,002			

	PLANTA	UBICACIÓN	Nº ITEM	AREA
	AA	Zona Franca	IC-504	500
Finalidad intercambio	Calentar alimento de CD-502			
Productos manipulados	ciclohexanol, ácido nítrico, agua, AA, AG, AS			
DATOS OPERACIÓN	CARCASA		TUBOS	
	entrada	salida	entrada	salida
Tipo de fluido	fluido proceso	fluido proceso	fluido proceso	fluido proceso
Fase	líquida	líquida	líquida	líquida
Caudal (kg/h)	815,7		577,4	
T (°C)	180	205,49	295,56	265,54
P (atm)	0,658	0,658	0,33	0,33
PM (g/mol)	135,96	135,96	146,07	146,07
Densidad (kg/m³)	1107	1077	940,57	977,35
Viscosidad (cP)	2,48E+00	1,75E+00	7,98E-01	1,08E+00
Conductividad (W/m·K)	1,26E-01	1,21E-01	1,01E-01	1,08E-01
Cp (J/kg·°C)	2416,2	2470,4	2681,2	2606,5
Calor latente (kJ/kg)	-		-	
Velocidad fluido (m/s)	0,023		0,070	
Nº pasos	1		8	
Pérdida carga (atm)	0,00054		0,00005	
Coefficiente intercambio (W/m²·°C)	13		62	
Resistencia incrustaciones (m²·°C/W)	0,0002		0,0002	
Calor intercambiado (kJ/h)	50801,6			
Coefficiente global (W/m²·°C)	10,1			
Area de intercambio (m²)	10,9			
ΔTML	86,0			
DATOS CONSTRUCTIVOS	CARCASA		TUBOS	
T diseño (°C)	215,49		305,56	
P diseño (atm)	0,7896		0,396	
Material	AISI-304L		AISI-304L	
Diámetro haz de tubos (m)	-		0,38	
Diámetro interno (m)	0,472		0,0160	
Diámetro externo (m)	0,476		20,0000	
Grosor (m)	0,002		0,0020	
Longitud (m)	2,01		1,83	
Nº pantallas	18	MARCA	DENOMINACION	
Tipo carcasa	T			
Baffle cut (m)	0,12	A	Entrada fluido carcasa	
		B	Salida fluido carcasa	
Nº tubos	95	C	Entrada fluido tubos	
Disposición (pitch)	triangular	D	Salida fluido tubos	
Lb: espaciado (m)	0,094			
Peso equipo (kg)	274			
Grosor fondo (m)	0.002			

	PLANTA	UBICACIÓN	Nº ITEM	AREA
	AA	Zona Franca	CO-502	500
Finalidad intercambio	Condensar el destilado de la columna CD-502			
Productos manipulados	Agua, ácido nítrico, ciclohexanol y ácido succínico			
DATOS OPERACIÓN	CARCASA		TUBOS	
	entrada	salida	entrada	salida
Tipo de fluido	fluido de proceso	fluido de proceso	agua	agua
Fase	vapor	líquida	líquida	liquída
Caudal (kg/h)	4977,2		41982,81	
T (°C)	220,23	202,8	25	35
P (atm)	0,33	0,33	1	1
PM (g/mol)	100,27	100,27	18,015	18,015
Densidad (kg/m³)	2,8997	1401,5	1011,1	999,74
Viscosidad (cP)	9,03E-03	8,22E-01	1,00E+00	7,19E-01
Conductividad (W/m·K)	2,27E-02	2,21E-01	6,03E-01	6,25E-01
Cp (J/kg·°C)	2043,4	2015,6	4314,3	4314,6
Calor latente (kJ/kg)	759,96		-	
Velocidad fluido (m/s)	0,111		1,191	
Nº pasos	1		1	
Pérdida carga (atm)	0,00013		0,01031	
Coeficiente intercambio (W/m²·°C)	1345		4180	
Resistencia incrustaciones (m²·°C/W)	0,00067		0,0002	
Calor intercambiado (kJ/h)	503,1			
Coeficiente global (W/m²·°C)	475,7			
Area de intercambio (m²)	5,6			
ΔTML	190,2			
DATOS CONSTRUCTIVOS	CARCASA		TUBOS	
T diseño (°C)	236,23		50	
P diseño (atm)	0,396		1,2	
Material	AISI-304L		AISI-304L	
Diámetro haz de tubos (m)	-		0,21	
Diámetro interno (m)	0,298		0,0160	
Diámetro externo (m)	0,300		0,0200	
Grosor (m)	0,002		0,0020	
Longitud (m)	2,00		1,83	
Nº pantallas	5	MARCA	DENOMINACION	
Tipo carcasa	T			
Baffle cut (m)	0,07	A	Entrada fluido carcasa	
		B	Salida fluido carcasa	
Nº tubos	48	C	Entrada fluido tubos	
Disposición (pitch)	triangular	D	Salida fluido tubos	
LB: espaciado (m)	0,298			
Peso equipo (kg)	163			
Grosor fondo (m)	0.002			

	PLANTA	UBICACIÓN		Nº ITEM	AREA
	AA	Zona Franca		K-502	500
Finalidad intercambio	Vaporizar parcialmente la corriente de colas de la columna CD-502				
Productos manipulados	Agua, ácido nítrico, ciclohexanol, AA, AG y AS				
DATOS OPERACIÓN	CARCASA			TUBOS	
	entrada	salida		entrada	salida
Tipo de fluido	proceso	proceso	proceso	Aceite térmico	Aceite térmico
Fase	líquida	líquida	vapor	líquida	líquida
Caudal (kg/h)	4574,8	577,4	3997,4	50076	50076
T (°C)	159,03	210		390	350
P (atm)	0,33	0,33	0,33	1	1
PM (g/mol)	100,24	100,24	100,24	190	190
Densidad (kg/m³)	1337	1302,3	0,777	761,9	798,2
Viscosidad (cP)	6,34E-01	5,50E-04	9,40E-06	1,50E-01	1,90E-01
Conductividad (W/m·K)	2,05E-01	1,92E-01	2,02E-02	9,70E-02	1,02E-01
Cp (J/kg·°C)	2114,2	2,19E+03	1674,7	2510,4	2510,4
Calor latente (kJ/kg)	760,09			-	
Velocidad fluido (m/s)	0,004			0,050	
Nº pasos	1			2	
Pérdida carga (atm)	0,00000			0,00006	
Coeficiente intercambio (W/m²·°C)	5000			100	
Resistencia incrustaciones (m²·°C/W)	0,0004			0,00017	
Calor intercambiado (kJ/h)	497221,2				
Coeficiente global (W/m²·°C)	69,7				
Area de intercambio (m²)	2031,3				
ΔTML	183,6				
DATOS CONSTRUCTIVOS	CARCASA			TUBOS	
T diseño (°C)	175,03			365	
P diseño (atm)	0,396			1,20	
Material	AISI-304L			AISI-304L	
Diámetro haz de tubos (m)	-			1,64	
Diámetro interno (m)	1,966			0,0120	
Diámetro externo (m)	1,970			0,0160	
Grosor (m)	0,002			0,0020	
Longitud (m)	6,86			6,1	
Nº pantallas	1	MARCA	DENOMINACION		
Tipo carcasa	T				
Baffle cut (m)	0,49	A	Entrada fluido carcasa		
		B	Salida líquido carcasa		
Nº tubos	6309	C	Salida vapor carcasa		
Disposición (pitch)	cuadrado	D	Entrada fluido tubos		
Lb: espaciado (m)	0,394	E	Salida fluido tubos		
Peso equipo (kg)	40198				
Grosor fondo (m)	0,004				

	COLUMNA DESTILACION		Ítem n°: CD-502	Aprobado:	
			Proyecto n°:	Área: 500	
	Planta: Producción ácido adípico		Diseño: G8INGENIO	Fecha: 13/06/08	
	Localización: Zona Franca (Barcelona)		Hoja: 1 De: 2	Pág n°:	
Denominación: Columna de destilación del ácido succínico			Cantidad: 1		
DATOS GENERALES					
Datos de la columna			Datos del relleno		
Diámetro, m	1.5	Tipo de relleno	Anillos Pall		
Altura, m	2,6	Tamaño	1"		
Peso vacío, kg	64776	Área Superficial m²/m³	210		
Peso con relleno, kg	66264	Material	Propileno		
Volumen, m³	16	Espacio libre %	92		
Altura fondos, m	0,294	Peso aproximado Kg/m³	93		
DATOS DE DISEÑO					
Productos en operación	Adípico, Succínico anhidro	Presión de trabajo cabezas, bar	0.33		
Material de construcción	AISI 316	Presión de trabajo colas, bar	0.33		
Temperatura cabezas, °C	220.1	Presión de diseño, bar	0.43		
Temperatura colas, °C	294.4	Espesor de corrosión, mm	2		
Temperatura diseño, °C	276	Acabado	-		
ZONA DE RELLENO			COLUMNA		
N°Tramos	5	Condensador	Total		
Distribuidores relleno	1	Relación de reflujo	18.24		
Tipos de distribuidores	Orificio	Alimentación Tipo	Por el medio		
N°Soportes de relleno	2	Soporte de la columna	Faldón		
RELACIÓN DE CONEXIONES				DETALLES DE DISEÑO	
Marca	Mida	Denominación	Temp (°C)	Norma de diseño	ASME
A	1/4"	Entrada alimento	250	Tratamiento térmico	No
B	20"	Boca-hombre	-	Radiografiado	0.85
C	1/4"	Salida colas hacia reboiler	295.56	Eficacia de la soldadura	Parcial
D	1/8"	Vuelta a colas des del reboiler	295.41	Espesor pared columna, mm	6
E	1/4"	Salida cabezas de la columna	220.23	Tipo de fondo	Esférico
F	3/4"	entrada reflujo	180	Espesor fondo sup., mm Espesor fondo inf., mm	3
G	3/4"	sensor nivel	-	Aislamiento	Mantas Telisol ISOVER
					200

	DEPÓSITO PRESURIZACIÓN		Ítem nº: DP-501/AyB		Aprobado:
			Proyecto nº:		Área: 500
	Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 13-06-08
	Localización: Zona Franca (BCN)		Hoja: De:		Pág nº:
Denominación		Depósitos de Presurización			
DATOS GENERALES					
Peso vacío, Kg	8728,08	Diámetro, m	1,8	Altura fondo, m	0,349
Peso operación, Kg	18879,58	Altura cilindro, m	3,6	Dens, Kg/m ³	1015,15
Capacidad, m ³	10,32	Tipo de fondos	Toriesféricos	Viscosidad, kg/s*m	0,58
Posición	Vertical	Longitud fondos, m	0,698	Producto	H ₂ O, HNO ₃ y ciclohexanol
DATOS DE DISEÑO					
Materiales de construcción			AISI 304		
Posición			Vertical		
Temperatura de trabajo, °C			88,3		
Temperatura de diseño, °C			104,3		
Presión de trabajo interna, bar			0,66		
Presión de trabajo externa, bar			0,66		
Presión de diseño interna, bar			0,66		
Presión de diseño externa, bar			0,66		
Presión de prueba, bar			0,99		
Espesor cuerpo cilíndrico, mm			9		
Espesor fondos, mm			6		
Espesor de corrosión, mm			1		
RELACIÓN DE CONEXIONES				DETALLES DE DISEÑO	
Marca	Tamaño	Denominación	Temp. (°C)	Norma de diseño	ASME
A	2 ½"	Entrada alimento	88,33	Tratamiento térmico:	No
B	2 ½"	Descarga alimento	88,33	Radiografía	0,85
C	2 ½"	Venteo	-	Eficacia soldadura	Parcial
D	¾"	Sensor de nivel	-	Pintura	No
				Volumen cilindro, m ³	0,73
				Volumen fondos., m ³	0,18

	DEPÓSITO PRESURIZACIÓN		Ítem nº: DP-502/AyB		Aprobado:
			Proyecto nº:		Área: 500
	Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 13-06-08
	Localización: Zona Franca (BCN)		Hoja: De:		Pág nº:
Denominación		Depósitos de Presurización			
DATOS GENERALES					
Peso vacío, Kg	1763,08	Diámetro, m	1	Altura fondo, m	0,194
Peso operación, Kg	4243,73	Altura cilindro, m	2	Dens, Kg/m ³	1401,5
Capacidad, m ³	1,77	Tipo de fondos	Toriesféricos	Viscosidad, kg/s*m	0,82
Posición	Vertical	Longitud fondos, m	0,388	Producto	H ₂ O, HNO ₃ , ciclohexanol y A. Succínico
DATOS DE DISEÑO					
Materiales de construcción			AISI 304		
Posición			Vertical		
Temperatura de trabajo, °C			88,3		
Temperatura de diseño, °C			104,3		
Presión de trabajo interna, bar			0,66		
Presión de trabajo externa, bar			0,66		
Presión de diseño interna, bar			0,66		
Presión de diseño externa, bar			0,66		
Presión de prueba, bar			0,99		
Espesor cuerpo cilíndrico, mm			5		
Espesor fondos, mm			5		
Espesor de corrosión, mm			1		
RELACIÓN DE CONEXIONES				DETALLES DE DISEÑO	
Marca	Tamaño	Denominación	Temp. (°C)	Norma de diseño	ASME
A	1 ¼"	Entrada alimento	202,8	Tratamiento térmico:	No
B	1 ¼"	Descarga de alimento	202,8	Radiografía	0,85
C	1 ¼"	Venteo	-	Eficacia soldadura	Parcial
D	¾"	Sensor de Nivel	-	Pintura	No
				Volumen cilindro, m ³	0,126
				Volumen fondos., m ³	0,048

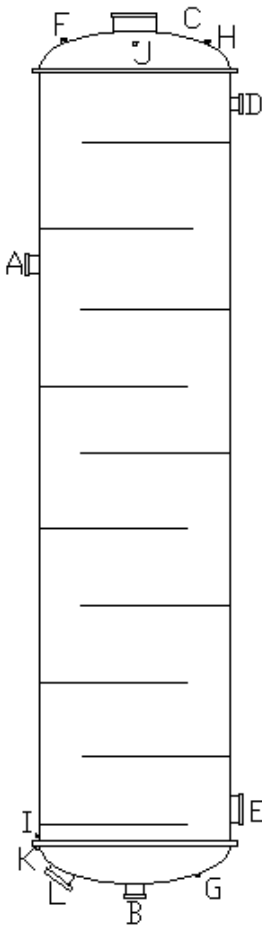
	DEPÓSITO PRESURIZACIÓN		Ítem nº: DP-503/AyB		Aprobado:
			Proyecto nº:		Área: 500
	Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 13-06-08
	Localización: Zona Franca (BCN)		Hoja: De:		Pág nº:
Denominación		Depósitos de Presurización			
DATOS GENERALES					
Peso vacío, Kg	1763,08	Diámetro, m	1	Altura fondo, m	0,194
Peso operación, Kg	4243,73	Altura cilindro, m	2	Dens, Kg/m ³	1401,5
Capacidad, m ³	1,77	Tipo de fondos	Toriesféricos	Viscosidad, kg/s*m	0,82
Posición	Vertical	Longitud fondos, m	0,388	Producto	H ₂ O, HNO ₃ , ciclohexanol
DATOS DE DISEÑO					
Materiales de construcción			AISI 304		
Posición			Vertical		
Temperatura de trabajo, °C			88,3		
Temperatura de diseño, °C			104,3		
Presión de trabajo interna, bar			0,66		
Presión de trabajo externa, bar			0,66		
Presión de diseño interna, bar			0,66		
Presión de diseño externa, bar			0,66		
Presión de prueba, bar			0,99		
Espesor cuerpo cilíndrico, mm			5		
Espesor fondos, mm			5		
Espesor de corrosión, mm			1		
RELACIÓN DE CONEXIONES				DETALLES DE DISEÑO	
Marca	Tamaño	Denominación	Temp. (°C)	Norma de diseño	ASME
A	2"	Entrada alimento	30	Tratamiento térmico:	No
B	2"	Descarga alimento	30	Radiografía	0,85
C	25"	Boca-Hombre	-	Eficacia soldadura	Parcial
D	¾"	Sensor nivel	-	Pintura	No
E	2 ½"	Ventoeo	-	Volumen cilindro, m ³	0,126
				Volumen fondos., m ³	0,048

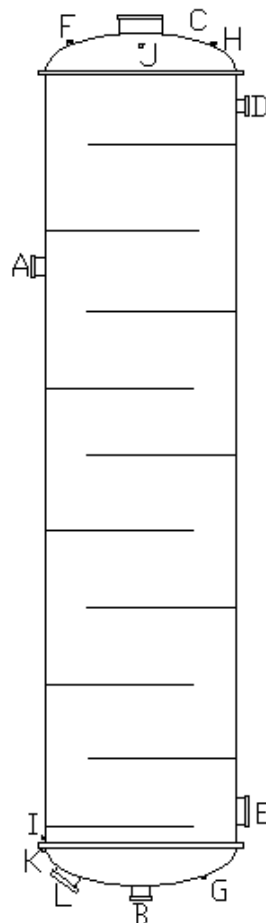
	SECADOR CÓNICO		Ítem nº: S-601		Aprobado:
			Proyecto nº:		Área: 600
	Planta: Producción ácido adípico		Diseño: G8INGENIO		Data: 13/06/08
	Localització: Zona Franca (Bcn)		Hoja:1 De: 2		Pàg nº: .
Denominación		SECADOR 1			
DATOS GENERALS					
Peso vacío, Kg	4281	Longitud, m	3,5	Dens Kg/m ³	1030,75
Peso operación, Kg	35521	Diámetro grande, m	2,7	Producto	ácido adípico / agua
Capacidad, m ³	15	Diámetro pequeño, m	0,7		
Posición	Vertical	altura, m	3,95		
DADES DE DISSENY					
Materiales de construcción			AISI 316		
Posición			Vertical		
Temperatura de trabajo, °C			100		
Temperatura de diseño, °C			115		
Presión de trabajo interna, bar			1		
Presión de trabajo externa, bar			5		
Presión de diseño interna, bar			3		
Presión de diseño externa, bar			5,1		
Espesor del secador, mm			10		
Espesor de corrosión, mm			1		
Humedad en ácido adípico conseguida (%)			3		
Tiempo de residencia (min)			100		
AGITADOR					
Velocidad de agitación, rpm			6,5		
Potencia absorbida, kW			20		
CAMISA					
Anchura de la camisa, mm			500		
Espesor de la camisa, mm			7		
Área de la camisa (m ²)			30		
RELACIÓ DE CONNEXIONS				DETALLES DE DISSENY	
Marca	Tamany	Denominació	Temp. (°C)	Tractament tèrmic:	No
A	2"	Entrada del alimento	20	Radiografia	0,85
B	25"	Boca-hombre	-	Eficacia soldadura	Parcial
C	1 ½"	Descarga alimento	100	Pintura	No
D	1/4"	Vacío	-	Volumen xapa, m ³	0,86
E	3/4"	Sensor temperatura	-	Volumen camisa, m ³	1,58
F	3/4"	Sensor presión	-		
H	1/4"	Entrada agua refrigeración	22		
I	3/8"	Salida agua refrigeración	35		

	SECADOR CÓNICO		Ítem nº: S-602		Aprobado:
			Proyecto nº:		Área: 600
	Planta: Producción ácido adípico		Diseño: G8INGENIO		Data: 13/06/08
	Localització: Zona Franca (Bcn)		Hoja:1 De: 2		Pàg nº: .
Denominación		SECADOR 2			
DATOS GENERALS					
Peso vacío, Kg	5059	Longitud, m	3,8	Dens Kg/m ³	1030,75
Peso operación, Kg	36996	Diámetro grande, m	3	Producto	ácido adípico / agua
Capacidad, m ³	17	Diámetro pequeño, m	0,7		
Posición	Vertical	Altura, m	2		
DADES DE DISSENY					
Materiales de construcción			AISI 316		
Posición			Vertical		
Temperatura de trabajo, °C			120		
Temperatura de diseño, °C			135		
Presión de trabajo interna, bar			1		
Presión de trabajo externa, bar			5		
Presión de diseño interna, bar			3		
Presión de diseño externa, bar			5,1		
Espesor del secador, mm			15		
Espesor de corrosión, mm			1		
Humedad en ácido adípico conseguida (%)			0,02		
Tiempo de residencia (min)			120		
AGITADOR					
Velocidad de agitación, rpm			6,5		
Potencia absorbida, kW			20		
CAMISA					
Anchura de la camisa, mm			500		
Espesor de la camisa, mm			7		
Área de la camisa (m ²)			35		
RELACIÓ DE CONNEXIONS				DETALLES DE DISSENY	
Marca	Tamany	Denominació	Temp. (°C)	Tractament tèrmic:	No
A	1 ½"	Entrada alimento	100	Radiografía	0,85
B	25"	Boca-hombre	-	Eficacia soldadura	Parcial
C	1 ½"	Descarga alimento	60	Pintura	No
D	1/4"	Vacío	-	Volumen xapa, m ³	0,86
E	3/4"	Sensor temperatura	-	Volumen camisa, m ³	1,81
F	3/4"	Sensor presión	-		
H	1/4"	Entrada agua refrigeración	22		
I	1/4"	Salida agua refrigeración	35		

	SILO ALMACENAMIENTO		Ítem nº: SI-601aSI-607		Aprobado:
			Proyecto nº:		Área: 600
	Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 13-06-08
	Localización: Zona Franca (BCN)		Hoja: De:		Pág nº:
Denominación		Silo de Almacenamiento de Ácido Adípico			
DATOS GENERALES					
Peso vacío, Kg	129656	Diámetro, m	4,24	Altura fondo sup., m	0,8
Peso operación, Kg	338835	Altura cilindro, m	12,72	Dens, Kg/m ³	1360
Capacidad, m ³	200,23	Tipo de fondos	Cónicos	Viscosidad, kg/s*m	12,3E-3
Posición	Vertical	Altura fondo inf., m	4	Producto	Ácido Adípico
DATOS DE DISEÑO					
Materiales de construcción			AISI 316		
Posición			Horizontal		
Temperatura de trabajo, °C			25		
Temperatura de diseño, °C			41		
Presión de trabajo, bar			0,013		
Presión de diseño, bar			1,013		
Presión de prueba, bar			1,52		
Espesor cuerpo cilíndrico, mm			23		
Espesor fondo inf, mm			29		
Espesor fondo sup, mm			10		
Espesor de corrosión, mm			1		
RELACIÓN DE CONEXIONES				DETALLES DE DISEÑO	
Marca	Tamaño	Denominación	Temp. (°C)	Norma de diseño	ASME
A	8"	Entrada alimento	25	Tratamiento térmico:	No
B	8"	Venteo	-	Radiografía	0,85
C	8"	Salida alimento	25	Eficacia soldadura	Parcial
D	¾"	Sensor de nivel	-	Pintura	No
E	25"	Boca de hombre	-	Volumen cilindro, m ³	15,69
				Volumen fondo inf., m ³	0,51
				Volumen fondo sup., m ³	0,035

G8INGENIO	TORRE DESTILACIÓN		Item n°: CD-701		Aprobado:	
			Proyecto n°:		Área: 700	
	Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 16-06-08	
	Localización: Zona Franca		Hoja: 1 de 2		Pág n°:	
Denominación			Torre de destilación multicomponente			
REV.						
1	ITEM	CD-701	CANTIDAD	1		
2	SERVICIO	Separación de residuos y recuperación reactivos				
3	TIPO	Torre multicomponente de platos				
4						
5	CONDICIONES DE OPERACIÓN					
6	Presión de operación	1,01	bar a			
7	Presión de diseño	3,5	bar a			
8	Temperatura máx de operación	197,7	°C			
9	Temperatura máx de diseño	217,7	°C			
10						
11		Unidades	ENTRADA	SALIDA		
12			ALIMENTACIÓN	DESTILADO	COLAS	
13	Fracción de vapor	-	0	0	0	
14	Presión	bar	1			
15	Temperatura	°C	35,1	111,9	197,7	
16	Flujo	mol/s	36,07	35,17	0,89	
17	Composición	Molar frac				
18	HNO3	-	0,1058	0,1084	0,0000	
19	H2O	-	0,7273	0,7457	0,0000	
20	Ciclohexanol	-	0,1450	0,1457	0,1174	
21	Ácido Succínico	-	0,0040	0,0001	0,1571	
22	Ácido Glutárico	-	0,0156	0,0000	0,6320	
23	Ácido Adípico	-	0,0023	0,0000	0,0936	
	Cu(NO3)2	-	0,0004	0,0000	0,0140	
	NH4VO3	-	0,0004	0,0000	0,0140	
24	Densidad líquido	kg/m3	1055,2	1138,6	998,0	
25	Viscosidad líquido	kg/m-s	0,0003	0,00022	0,000025	
26						
27	EBULLIDOR					
28	Duty	1741	KW			
29	Fluido caliente	Vapor de agua de 15 bar				
30	Flujo másico	3219,5	Kg/h			
31						
32	CONDENSADOR					
33	Duty	1229	KW			
34	Fluido refrigerante	Agua de refrigeración				
35	Flujo másico	75651,1	Kg/h			
36						
37	PLATOS					
38						
39	Tipo de platos	Platos perforados				
40	Diámetro plato	1131,2	mm			
41	Tamaño perforaciones	1/4 "	Número perforaciones plato		30	
42	Superficie perforaciones respecto del total	15	%			
43						
44						

	TORRE DESTILACIÓN		Item n°: CD-701		Aprobado:			
			Proyecto n°:		Área: 700			
	Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 16-06-08			
	Localización: Zona Franca		Hoja: 2 de:2		Pág n°:			
Denominación			Torre de destilación multicomponente					
								
1 ITEM							CD-701	
2 SERVICIO							Recuperación reactivos	
3 TIPO							Torre de platos	
4								
5 DISEÑO MECÁNICO								
6								
7 Altura torre							5280,3	mm
8 Diámetro interno							1131,2	mm
9 Altura total de la torre							5845,856	mm
10 Fondos carcasa							Elípticos	
11 Altura de los fondos							282,8	mm
12 N° Etapas							10	
13 Etapa Alimentación							3	
14 HETP zona enriquecimiento							432,0	mm
15 HETP zona agotamiento							569,2	mm
16 Espesor envoltente							4	mm
17 Espesor fondos							4	mm
18 Sobreespesor de corrosión							1	
19								
20 MATERIALES								
21								
22 Carcasa							Acero AISI 304	
23 Platos							Acero AISI 304	
24 Tubuladuras							Acero AISI 304	
25								
26 Bajantes de líquido							N°	1 por plato
27							Tamaño	0,0075 m2
28								
29 Juntas sujección bajantes			N°	2 por plato				
30								
31								
1 NOTAS			TUBULADURAS					
2 Las etapas empiezan a numerarse por arriba			Mark N°	Cantidad	Tamaño	Servicio		
3			A	1	1"	Entrada alimentación		
4			B	1	2"	Salida líquido		
5			C	1	12"	Salida vapor		
6			D	1	1"	Entrada líquido cabezas		
7			E	1	12"	Entrada vapor colas		
8			F	1	2"	Válvula de seguridad		
9			G	1	2"	Drenaje		
10			H	1	1 1/2 "	Trasmisor Temperatura 1		
11			I	1	1 1/2 "	Trasmisor de Nivel		
12			J	1	1 1/2 "	Trasmisor Presión		
13			K	1	1 1/2 "	Trasmisor Temperatura 2		
14			L	1	24 "	Man Hole		



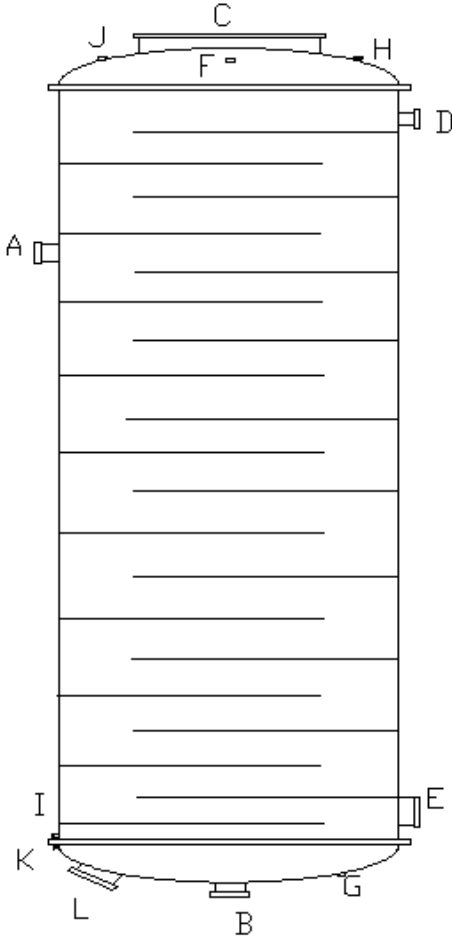
	PLANTA	UBICACIÓN		Nº ITEM	AREA
	AA	Zona Franca		K-701	700
Finalidad intercambio	Vaporizar parcialmente la corriente de colas de la columna CD-701				
Productos manipulados	Ciclohexanol, AA, AG y AS				
DATOS OPERACIÓN	CARCASA			TUBOS	
	entrada	salida		entrada	salida
Tipo de fluido	proceso	proceso	proceso	vapor de agua	vapor de agua
Fase	líquida	líquida	vapor	vapor	vapor
Caudal (kg/h)	20138	409,7	19728,3	3219,48	3219,48
T (°C)	197,7	198		199	198,65
P (atm)	1	1	1	14,8	14,8
PM (g/mol)	127,47	127,47	127,47	18,015	18,015
Densidad (kg/m³)	1095,5	1100	10,09	7,415	7,415
Viscosidad (cP)	6,93E-01	6,93E-04	1,07E-05	1,56E-02	1,56E-02
Conductividad (W/m·K)	1,20E-01	1,20E-01	2,02E-02	3,72E-02	3,72E-02
Cp (J/kg·°C)	2454,9	2,45E+03	1578,6	2100,8	2100,8
Calor latente (kJ/kg)	758,42			-	
Velocidad fluido (m/s)	0,011			0,165	
Nº pasos	1			2	
Pérdida carga (atm)	0,00002			0,00001	
Coeficiente intercambio (W/m²·°C)	1070			8	
Resistencia incrustaciones (m²·°C/W)	0,0004			0,00025	
Calor intercambiado (kJ/h)	22778,6				
Coeficiente global (W/m²·°C)	5,6				
Area de intercambio (m²)	4167,3				
ΔTML	1,0				
DATOS CONSTRUCTIVOS	CARCASA			TUBOS	
T diseño (°C)	213,7			213,65	
P diseño (atm)	1,2			17,77	
Material	AISI-316L			AISI-316L	
Diámetro haz de tubos (m)	-			2,24	
Diámetro interno (m)	2,596			0,0120	
Diámetro externo (m)	2,600			0,0160	
Grosor (m)	0,002			0,0020	
Longitud (m)	7,10			6,1	
Nº pantallas	10	MARCA	DENOMINACION		
Tipo carcasa	T				
Baffle cut (m)	0,67	A	Entrada fluido carcasa		
		B	Salida líquido carcasa		
Nº tubos	12944	C	Salida vapor carcasa		
Disposición (pitch)	cuadrado	D	Entrada fluido tubos		
Lb: espaciado (m)	0,539	E	Salida fluido tubos		
Peso equipo (kg)	81496				
Grosor fondo (m)	0,004				

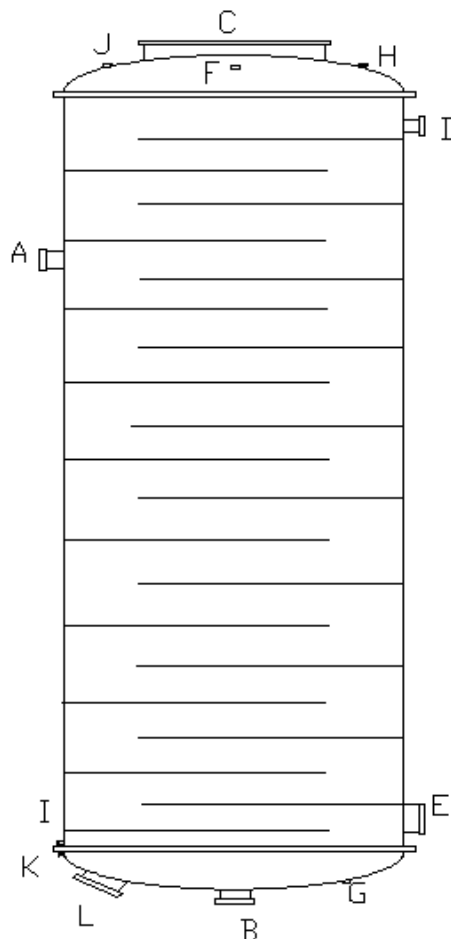
	PLANTA	UBICACIÓN	Nº ITEM	AREA
	AA	Zona Franca	CO-701	700
Finalidad intercambio	Condensar el destilado de la columna CD-701			
Productos manipulados	Agua, ácido nítrico y ciclohexanol			
DATOS OPERACIÓN	CARCASA		TUBOS	
	entrada	salida	entrada	salida
Tipo de fluido	fluido proceso	fluido proceso	agua	agua
Fase	vapor	líquida	líquida	líquida
Caudal (kg/h)	5453		102576,03	
T (°C)	111,9	106,2	25	35
P (atm)	1	1	1	1
PM (g/mol)	34,519	34,519	18,015	18,015
Densidad (kg/m³)	1,106	1201,9	1011,1	999,74
Viscosidad (cP)	1,20E-02	2,80E-01	1,00E+00	7,19E-01
Conductividad (W/m·K)	2,45E-02	6,81E-01	6,03E-01	6,25E-01
Cp (J/kg·°C)	1636,8	2260	4314,3	4314,6
Calor latente (kJ/kg)	1259,9		-	
Velocidad fluido (m/s)	0,062		0,773	
Nº pasos	1		1	
Pérdida carga (atm)	0,00005		0,00524	
Coefficiente intercambio (W/m²·°C)	6912		2712	
Resistencia incrustaciones (m²·°C/W)	0,00067		0,0002	
Calor intercambiado (kJ/h)	1229,3			
Coefficiente global (W/m²·°C)	639,0			
Area de intercambio (m²)	23,9			
ΔTML	81,8			
DATOS CONSTRUCTIVOS	CARCASA		TUBOS	
T diseño (°C)	127,9		50	
P diseño (atm)	1,2		1,2	
Material	AISI-304L		AISI-304L	
Diámetro haz de tubos (m)	-		0,36	
Diámetro interno (m)	0,451		0,0136	
Diámetro externo (m)	0,455		0,0160	
Grosor (m)	0,004		0,0012	
Longitud (m)	2,00		1,88	
Nº pantallas	4	MARCA	DENOMINACION	
Tipo carcasa	T			
Baffle cut (m)	0,11	A	Entrada fluido carcasa	
		B	Salida fluido carcasa	
Nº tubos	252	C	Entrada fluido tubos	
Disposición (pitch)	triangular	D	Salida fluido tubos	
Lb: espaciado (m)	0,451			
Peso equipo (kg)	600			
Grosor fondo (m)	0,004			

	PLANTA	UBICACIÓN	Nº ITEM	AREA
	AA	Zona Franca	IC-701	700
Finalidad intercambio	Calentar alimento de CD-702			
Productos manipulados	ciclohexanol, ácido nítrico, agua			
DATOS OPERACIÓN	CARCASA		TUBOS	
	entrada	salida	entrada	salida
Tipo de fluido	fluido de proceso	fluido de proceso	fluido de proceso	fluido de proceso
Fase	líquida	líquida	líquida	líquida
Caudal (kg/h)	566218,2		118880,2	
T (°C)	58,82	65,38	106,82	70
P (atm)	1,013	1,013	1,013	1,013
PM (g/mol)	19,078	19,078	24,352	24,352
Densidad (kg/m³)	1002,1	996,51	1033,7	1076,8
Viscosidad (cP)	5,27E-01	4,73E-01	4,03E-01	6,71E-01
Conductividad (W/m·K)	6,28E-01	6,35E-01	5,22E-01	4,97E-01
Cp (J/kg·°C)	4173,9	4182,6	3721,1	3612,9
Calor latente (kJ/kg)	-		-	
Velocidad fluido (m/s)	1,426		0,178	
Nº pasos	1		4	
Pérdida carga (atm)	0,075119		0,00155	
Coefficiente intercambio (W/m²·°C)	6680		808	
Resistencia incrustaciones (m²·°C/W)	0,00067		0,00067	
Calor intercambiado (kJ/h)	15519655,8			
Coefficiente global (W/m²·°C)	285,2			
Area de intercambio (m²)	1904,6			
ΔTML	22,6			
DATOS CONSTRUCTIVOS	CARCASA		TUBOS	
T diseño (°C)	75,38		116,82	
P diseño (atm)	1,2156		1,2156	
Material	AISI-304L		AISI-304L	
Diámetro haz de tubos (m)	-		1,57	
Diámetro interno (m)	1,656		0,0120	
Diámetro externo (m)	1,660		16,0000	
Grosor (m)	0,002		0,0020	
Longitud (m)	6,74		6,1	
Nº pantallas	17	MARCA	DENOMINACION	
Tipo carcasa	T			
Baffle cut (m)	0,42	A	Entrada fluido carcasa	
		B	Salida fluido carcasa	
Nº tubos	6211	C	Entrada fluido tubos	
Disposición (pitch)	triangular	D	Salida fluido tubos	
LB: espaciado (m)	0,332			
Peso equipo (kg)	46437			
Grosor fondo (m)	0,002			

	PLANTA	UBICACIÓN	Nº ITEM	AREA
	AA	Zona Franca	IC-703	700
Finalidad intercambio	Enfriar corriente de colas de CD-702			
Productos manipulados	ciclohexanol, ácido nítrico, agua			
DATOS OPERACIÓN	CARCASA		TUBOS	
	entrada	salida	entrada	salida
Tipo de fluido	agua	agua	fluido proceso	fluido proceso
Fase	líquida	líquida	líquida	líquida
Caudal (kg/h)	193110		118880,2	
T (°C)	18	35	70	38,9
P (atm)	1,013	1,013	1,013	1,013
PM (g/mol)	18,015	18,015	24,352	24,352
Densidad (kg/m³)	1012,6	999,74	1076,8	1112,5
Viscosidad (cP)	1,05E+00	7,15E-01	6,71E-01	1,09E+00
Conductividad (W/m·K)	6,00E-01	6,25E-01	4,97E-01	4,71E-01
Cp (J/kg·°C)	4314,8	4314,6	3612,8	3559,5
Calor latente (kJ/kg)	-		-	
Velocidad fluido (m/s)	1,844		1,404	
Nº pasos	1		6	
Pérdida carga (atm)	0,83602		0,05976	
Coefficiente intercambio (W/m²·°C)	5881		4548	
Resistencia incrustaciones (m²·°C/W)	0,00033		0,0002	
Calor intercambiado (kJ/h)	14164599,2			
Coefficiente global (W/m²·°C)	830,7			
Area de intercambio (m²)	209,7			
ΔTML	26,8			
DATOS CONSTRUCTIVOS	CARCASA		TUBOS	
T diseño (°C)	45		80	
P diseño (atm)	1,2156		1,2156	
Material	AISI-304L		AISI-304L	
Diámetro haz de tubos (m)	-		0,76	
Diámetro interno (m)	0,856		0,0120	
Diámetro externo (m)	0,860		16,0000	
Grosor (m)	0,002		0,0020	
Longitud (m)	4,00		3,66	
Nº pantallas	20	MARCA	DENOMINACION	
Tipo carcasa	T			
Baffle cut (m)	0,21	A	Entrada fluido carcasa	
		B	Salida fluido carcasa	
Nº tubos	1140	C	Entrada fluido tubos	
Disposición (pitch)	triangular	D	Salida fluido tubos	
LB: espaciado (m)	0,170			
Peso equipo (kg)	5522			
Grosor fondo (m)	0,002			

G8INGENIO	TORRE DESTILACIÓN		Item n°: CD-702		Aprobado:	
			Proyecto n°:		Área: 700	
	Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 16-06-08	
	Localización: Zona Franca		Hoja: 1 de: 2		Pág n°:	
Denominación		Torre de destilación multicomponente				
REV.						
1	ITEM	CD-702	CANTIDAD	2		
2	SERVICIO	Separación de residuos y recuperación reactivos				
3	TIPO	Torre multicomponente de platos				
4						
5	CONDICIONES DE OPERACIÓN					
6	Presión de operación	1,01	bar a			
7	Presión de diseño	3,5	bar a			
8	Temperatura máx de operación	197,6	°C			
9	Temperatura máx de diseño	217,6	°C			
10						
11		Unidades	ENTRADA	SALIDA		
12			ALIMENTACIÓN	DESTILADO	COLAS	
13	Vapor	-				
14	Presión	bar	1			
15	Temperatura	°C	64,1	100,0	106,8	
16	Flujo	mol/s	5654,35	4800,57	853,79	
17	Composición	Molar frac				
18	HNO3	-	0,0164	0,0004	0,1063	
19	H2O	-	0,9831	0,9996	0,8903	
20	Ciclohexanol	-	0,0005	0,0000	0,0034	
21	Ácido Succínico	-	0,0000	0,0000	0,0000	
22	Densidad líquido	kg/m3	1004	962	1117	
23	Viscosidad líquido	kg/m-s	0,0006	0,00029	0,00021	
24						
25						
26						
27	EBULLIDOR					
28	Duty	76695	KW			
29	Fluido caliente	Vapor de agua de 10 bar				
30	Flujo másico	274004,1	Kg/h			
31						
32	CONDENSADOR					
33	Duty	73363	KW			
34	Fluido refrigerante	Agua de refrigeración				
35	Flujo másico	9029242,9	Kg/h			
36						
37	PLATOS					
38						
39	Tipo de platos	Platos perforados				
40	Diámetro plato	4302,0	mm			
41	Tamaño perforaciones	1 1/2 "	Número perforaciones plato		120	
42	Superficie perforaciones del total	15	%			
43						
44						

	TORRE DESTILACIÓN		Item n°: CD-702		Aprobado:
			Proyecto n°:		Área: 700
	Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 16-06-08
	Localización: Zona Franca		Hoja: 2 de: 2		Pág n°:
Denominación			Torre de destilación multicomponente		
					

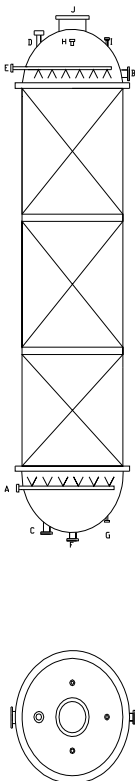


	PLANTA	UBICACIÓN		Nº ITEM	AREA
	AA	Zona Franca		K-702	700
Finalidad intercambio	Vaporizar parcialmente la corriente de colas de la columna CD-702				
Productos manipulados	Agua, ácido nítrico, ciclohexanol y AS				
DATOS OPERACIÓN	CARCASA			TUBOS	
	entrada	salida		entrada	salida
Tipo de fluido	proceso	proceso	proceso	vapor de agua	vapor de agua
Fase	líquida	líquida	vapor	vapor	vapor
Caudal (kg/h)	634080	118880,2	515199,8	273708	273708
T (°C)	106,82	107		184,5	184,31
P (atm)	1	1	1	10,13	10,13
PM (g/mol)	24,35	24,35	24,35	18,015	18,015
Densidad (kg/m³)	1071	972,43	1,3143	5,524	5,524
Viscosidad (cP)	6,25E-01	3,43E-04	9,34E-06	1,51E-02	1,51E-02
Conductividad (W/m·K)	5,00E-01	6,63E-01	1,75E-02	3,48E-02	3,17E-02
Cp (J/kg·°C)	3624,5	4,28E+03	1237,7	2053,7	2053,7
Calor latente (kJ/kg)	1723,1			-	
Velocidad fluido (m/s)	0,357			18,872	
Nº pasos	1			2	
Pérdida carga (atm)	0,02011			0,06318	
Coeficiente intercambio (W/m²·°C)	4074			605	
Resistencia incrustaciones (m²·°C/W)	0,0004			0,00025	
Calor intercambiado (kJ/h)	153226,8				
Coeficiente global (W/m²·°C)	300,7				
Area de intercambio (m²)	4152,2				
ΔTML	77,5				
DATOS CONSTRUCTIVOS	CARCASA			TUBOS	
T diseño (°C)	122,82			199,31	
P diseño (atm)	1,2			12,16	
Material	AISI-304L			AISI-304L	
Diámetro haz de tubos (m)	-			2,24	
Diámetro interno (m)	2,646			0,0120	
Diámetro externo (m)	2,650			0,0160	
Grosor (m)	0,002			0,0020	
Longitud (m)	7,12			6,1	
Nº pantallas	10	MARCA	DENOMINACION		
Tipo carcasa	T				
Baffle cut (m)	0,67	A	Entrada fluido carcasa		
		B	Salida líquido carcasa		
Nº tubos	12897	C	Salida vapor carcasa		
Disposición (pitch)	cuadrado	D	Entrada fluido tubos		
Lb: espaciado (m)	0,538	E	Salida fluido tubos		
Peso equipo (kg)	81206				
Grosor fondo (m)	0,004				

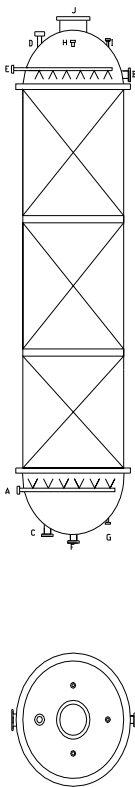
	PLANTA	UBICACIÓN	Nº ITEM	AREA
	AA	Zona Franca	CO-702	700
Finalidad intercambio	Condensar el destilado de la columna CD-702			
Productos manipulados	Agua y ácido nítrico			
DATOS OPERACIÓN	CARCASA		TUBOS	
	entrada	salida	entrada	salida
Tipo de fluido	fluido de proceso	fluido de proceso	agua	agua
Fase	vapor	líquida	líquida	liquída
Caudal (kg/h)	469704,7		12242828,3	
T (°C)	100,02	98,1	25	35
P (atm)	1	1	1	1
PM (g/mol)	18,039	18,039	18,015	18,015
Densidad (kg/m³)	0,5943	948,35	1011,1	999,74
Viscosidad (cP)	1,20E-02	2,80E-01	1,00E+00	7,19E-01
Conductividad (W/m·K)	2,45E-02	6,81E-01	6,03E-01	6,25E-01
Cp (J/kg·°C)	1905,5	4394,1	4314,3	4314,6
Calor latente (kJ/kg)	2276,6		-	
Velocidad fluido (m/s)	0,315		2,381	
Nº pasos	1		1	
Pérdida carga (atm)	0,003		0,162	
Coefficiente intercambio (W/m²·°C)	3640		8356	
Resistencia incrustaciones (m²·°C/W)	0,0002		0,0002	
Calor intercambiado (kJ/h)	146725,2			
Coefficiente global (W/m²·°C)	713,2			
Area de intercambio (m²)	2998,6			
ΔTML	69,9			
DATOS CONSTRUCTIVOS	CARCASA		TUBOS	
T diseño (°C)	116,02		50	
P diseño (atm)	1,2		1,2	
Material	AISI-304L		AISI-304L	
Diámetro haz de tubos (m)	-		1,99	
Diámetro interno (m)	2,086		0,0136	
Diámetro externo (m)	2,090		0,0160	
Grosor (m)	0,002		0,0012	
Longitud	6,90		6,1	
Nº pantallas	2	MARCA	DENOMINACION	
Tipo carcasa	T			
Baffle cut (m)	0,52	A	Entrada fluido carcasa	
		B	Salida fluido carcasa	
Nº tubos	9780	C	Entrada fluido tubos	
Disposición (pitch)	triangular	D	Salida fluido tubos	
LB: espaciado (m)	2,089			
Peso equipo (kg)	61372			
Grosor fondo (m)	0.002			

	COLUMNA DE INTERCAMBIO IÓNICO		Item n°: IO-701 A/B		Aprobado:	
			Proyecto n°:		Área: 700	
	Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 16/06/08	
	Localización: Zona Franca		Hoja: 1 de 2		Pág n°:	

1	ITEM	IO-701 A/B		CANTIDAD	2	
2	SERVICIO	Recuperación del catalizador de la corriente de recirculación				
3	TIPO	Columna de relleno				
4	CONDICIONES DE OPERACIÓN					
5	Presión de operación	3,5	bar a	Temperatura máx de operación	35	°C
6	Presión de diseño	4,2	bar a	Temperatura máx de diseño	55	°C
7		Operación	Intercambio	Intercambio	Lavado	Regeneración
8		Unidades	Entrada	Salida		
9	Temperatura	°C	20	20	20	20,0
10	Flujo	kmol/h	138,1	132,50	185,03	132,6
11	Composición	Molar frac				
12	H2O	-	0,7024	0,7321	1	0,6703
13	Ciclohexanol	-	0,1361	0,1419	-	-
14	HNO3	-	0,0994	0,1036	-	0,2875
15	Ácido adípico	-	0,0022	0,0023	-	-
16	Ácido glutámico	-	0,0147	0,0153	-	-
17	Ácido succínico	-	0,0038	0,0039	-	-
18	Cu(NO3)2	-	0,0207	0,0004	-	0,0211
19	NH4VO3	-	0,0207	0,0004	-	0,0211
20						
21						
22						
23						
24	DISEÑO MECÁNICO					
25						
26						
27	Altura columna	8350	mm	Espesor envolvente	14	mm
28	Diámetro interno	2448	mm	Espesor fondos	14	mm
29	Fondos carcasa	Torisféricos		Sobreespesor de corrosión	1	mm
30	Altura de los fondos	475	mm	Aislante	Tipo	
31	Caída de presión (mayor)	0,831	bar			mm
32						
33	RELLENO					
34						
35	Tipo	Esferas		Densidad	820	kg/m3
36	Tamaño	6,35	mm	Porosidad	41	%
37	Espesor			Factor empaquetamiento	m2/m3	
38	Superficie de contacto	948	m2/m3			
39	Distribuidores de líquido	Nº		Redistribuidores	Nº	
40	H	mm		H	mm	
41						
42	MATERIALES					
43						
44	Carcasa	Acero AISI 304		Distribuidores de líquido	Acero AISI 304	
45	Tubuladuras	Acero AISI 304		Redistribuidores	Acero AISI 304	
46						

		COLUMNA DE INTERCAMBIO IÓNICO		Item n°: IO-701 A/B		Aprobado:	
				Proyecto n°:		Área: 700	
		Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 16/06/08	
		Localización: Zona Franca		Hoja: 2 de: 2		Pág n°:	
REV.							
1	ITEM	IO-701 A/B	CANTIDAD	2			
2	SERVICIO	Recuperación del catalizador de la corriente de recirculación					
3	TIPO	Columna de relleno					
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
1	NOTAS		TUBULADURAS				
2		Mark N°	Cantidad	Tamaño	Servicio		
3		A	1	1 1/4"	Entrada CRR líquido		
4		B	1	1 1/4"	Entrada AP líquido		
5		C	1	1"	Entrada AN líquido		
6		D	1	1"	Salida CRR líquido		
7		F	1	1 1/4"	Salida AP líquido		
8		E	1	1"	Salida AN líquido		
9		G	1	1/2"	Drenaje		
10		H	1	1/2"	Trasmisor Conductividad		
11		I	1	1/2"	Venteo		
12		J	1	24"	Man Hole		
13							

		COLUMNA DE INTERCAMBIO IÓNICO		Item n°: IO-702 A/B		Aprobado:	
				Proyecto n°:		Área: 700	
		Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 16/06/08	
		Localización: Zona Franca		Hoja: 1 de: 2		Pág n°:	
	1	ITEM	IO-702 A/B		CANTIDAD	2	
	2	SERVICIO	Recuperación del catalizador de la corriente de recirculación				
	3	TIPO	Columna de relleno				
	4	CONDICIONES DE OPERACIÓN					
	5	Presión de operación	3,5	bar a	Temperatura máx de operación	35	°C
	6	Presión de diseño	4,2	bar a	Temperatura máx de diseño	55	°C
	7		Operación	Intercambio	Intercambio	Lavado	Regeneración
	8		Unidades	Entrada	Salida		
	9	Temperatura	°C	20	20	20	20,0
	10	Flujo	kmol/h	138,1	132,50	185,03	132,6
	11	Composición	Molar frac				
	12	H2O	-	0,7024	0,7321	1	0,6703
	13	Ciclohexanol	-	0,1361	0,1419	-	-
	14	HNO3	-	0,0994	0,1036	-	0,2875
	15	Ácido adípico	-	0,0022	0,0023	-	-
	16	Ácido glutárico	-	0,0147	0,0153	-	-
	17	Ácido succínico	-	0,0038	0,0039	-	-
	18	Cu(NO3)2	-	0,0207	0,0004	-	0,0211
	19	NH4VO3	-	0,0207	0,0004	-	0,0211
	20						
	21						
	22						
	23						
	24						
	25	DISEÑO MECÁNICO					
	26						
	27	Altura columna	8350	mm	Espesor envolvente	14	mm
	28	Diámetro interno	2448	mm	Espesor fondos	14	mm
	29	Fondos carcasa	Toriesféricos		Sobreespesor de corrosión	1	mm
	30	Altura de los fondos	475	mm	Aislante	Tipo	
	31	Caída de presión (mayor)	0,831	bar			mm
	32						
	33	RELLENO					
	34						
	35	Tipo	Esferas		Densidad	820	kg/m3
	36	Tamaño	6,35	mm	Porosidad	41	%
	37	Espesor		mm	Factor empaquetamiento		m2/m3
	38	Superficie de contacto	948	m2/m3			
	39	Distribuidores de líquido	Nº		Redistribuidores	Nº	
	40	H		mm	H		mm
	41						
	42	MATERIALES					
	43						
	44	Carcasa	Acero AISI 304		Distribuidores de líquido	Acero AISI 304	
	45	Tubuladuras	Acero AISI 304		Redistribuidores	Acero AISI 304	
	46						

		COLUMNA DE INTERCAMBIO IÓNICO		Item n°: IO-702 A/B		Aprobado:	
				Proyecto n°:		Área: 700	
		Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 16/06/08	
		Localización: Zona Franca		Hoja: 2 de: 2		Pág n°:	
REV.							
1	ITEM	IO-702 A/B	CANTIDAD	2			
2	SERVICIO	Recuperación del catalizador de la corriente de recirculación					
3	TIPO	Columna de relleno					
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
1	NOTAS	TUBULADURAS					
2		Mark N°	Cantidad	Tamaño	Servicio		
3		A	1	1 1/4"	Entrada CRR líquido		
4		B	1	1 1/4"	Entrada AP líquido		
5		C	1	1"	Entrada AN líquido		
6		D	1	1"	Salida CRR líquido		
7		F	1	1 1/4"	Salida AP líquido		
8		E	1	1 "	Salida AN líquido		
9		G	1	1/2 "	Drenaje		
10		H	1	1/2 "	Trasmisor Conductividad		
11		I	1	1/2 "	Venteo		
12		J	1	24 "	Man Hole		
13							

	PLANTA	UBICACIÓN	Nº ITEM	AREA
	AA	Zona Franca	IC-801	800
Finalidad intercambio	Calentar los gases que entran en el AB-801			
Productos manipulados	H2O, CO2, N2, N2O, NO, NO2, O2			
DATOS OPERACIÓN	CARCASA		TUBOS	
	entrada	salida	entrada	salida
Tipo de fluido	agua	agua	gases	gases
Fase	líquida	líquida	gas	gas
Caudal (kg/h)	400000		84350,3	
T (°C)	18	21,45	99,59	30
P (atm)	1	1	1	1
PM (g/mol)	18,015	18,015	28,922	28,922
Densidad (kg/m³)	1012,6	1010	0,94592	1,1287
Viscosidad (cP)	1,05E+00	9,67E-01	2,15E-02	1,84E-02
Conductividad (W/m·K)	6,00E-01	6,06E-01	3,04E-02	2,56E-02
Cp (J/kg·°C)	4314,8	4314,6	1045	1029,5
Calor latente (kJ/kg)	-		-	
Velocidad fluido (m/s)	0,504		13,509	
Nº pasos	1		1	
Pérdida carga (atm)	0,78288		0,00655	
Coefficiente intercambio (W/m²·°C)	1460		52	
Resistencia incrustaciones (m²·°C/W)	0,00033		0,0002	
Calor intercambiado (kJ/h)	5954286,0			
Coefficiente global (W/m²·°C)	39,0			
Area de intercambio (m²)	3187,3			
ΔTML	34,6			
DATOS CONSTRUCTIVOS	CARCASA		TUBOS	
T diseño (°C)	31,45		109,59	
P diseño (atm)	1,2		1,2	
Material	AISI-316L		AISI-316L	
Diámetro haz de tubos (m)	-		2,24	
Diámetro interno (m)	2,336		0,0160	
Diámetro externo (m)	2,344		20,0000	
Grosor (m)	0,004		0,0020	
Longitud (m)	7,00		6,1	
Nº pantallas	12	MARCA	DENOMINACION	
Tipo carcasa	T			
Baffle cut (m)	0,58	A	Entrada fluido carcasa	
		B	Salida fluido carcasa	
Nº tubos	8316	C	Entrada fluido tubos	
Disposición (pitch)	triangular	D	Salida fluido tubos	
LB: espaciado (m)	0,467			
Peso equipo (kg)	52906			
Grosor fondo (m)	0,004			

	PLANTA	UBICACIÓN	Nº ITEM	AREA
	AA	Zona Franca	IC-802	800
Finalidad intercambio	Tratamiento de gases			
Productos manipulados	H2O, CO2, N2, N2O, NO, NO2, O2			
DATOS OPERACIÓN	CARCASA		TUBOS	
	entrada	salida	entrada	salida
Tipo de fluido	gases	gases	gases	gases
Fase	gas	gas	gas	gas
Caudal (kg/h)	118227,4		118227,4	
T (°C)	39,58	334,05	630,29	360
P (atm)	3,039	3,039	3,039	3,039
PM (g/mol)	29,039	29,039	28,832	28,832
Densidad (kg/m³)	3,3567	1,7242	1,1506	1,6416
Viscosidad (cP)	1,93E-02	3,12E-02	4,35E-02	3,23E-02
Conductividad (W/m·K)	2,67E-02	4,55E-02	6,21E-02	4,71E-02
Cp (J/kg·°C)	1022,7	1085,4	1141,5	1090
Calor latente (kJ/kg)	-		-	
Velocidad fluido (m/s)	20,705		29,284	
Nº pasos	1		1	
Pérdida carga (atm)	0,674		0,43685	
Coefficiente intercambio (W/m²·°C)	2707		570	
Resistencia incrustaciones (m²·°C/W)	0,00067		0,00067	
Calor intercambiado (kJ/h)	36696142,0			
Coefficiente global (W/m²·°C)	237,5			
Area de intercambio (m²)	337,5			
ΔTML	302,0			
DATOS CONSTRUCTIVOS	CARCASA		TUBOS	
T diseño (°C)	344,05		640,29	
P diseño (atm)	3,6468		3,6468	
Material	AISI-316L		AISI-316L	
Diámetro haz de tubos (m)	-		0,90	
Diámetro interno (m)	0,990		0,0160	
Diámetro externo (m)	0,998		20,0000	
Grosor (m)	0,004		0,0020	
Longitud (m)	5,26		4,88	
Nº pantallas	23	MARCA	DENOMINACION	
Tipo carcasa	T			
Baffle cut (m)	0,25	A	Entrada fluido carcasa	
		B	Salida fluido carcasa	
Nº tubos	1101	C	Entrada fluido tubos	
Disposición (pitch)	triangular	D	Salida fluido tubos	
Lb: espaciado (m)	0,198			
Peso equipo (kg)	6022			
Grosor fondo (m)	0,004			

	PLANTA	UBICACIÓN	Nº ITEM	AREA
	AA	Zona Franca	IC-803	800
Finalidad intercambio	Tratamiento de gases			
Productos manipulados	H2O, CO2, N2, N2O, NO, NO2, O2			
DATOS OPERACIÓN	CARCASA		TUBOS	
	entrada	salida	entrada	salida
Tipo de fluido	gases	gases	humos caldera	humos caldera
Fase	gas	gas	gas	gas
Caudal (kg/h)	118227,4		3740,2	
T (°C)	334,05	500	1500	900
P (atm)	3,039	3,039	3,039	3,039
PM (g/mol)	29,039	29,039	34,806	34,806
Densidad (kg/m³)	1,7241	1,354	0,7079	1,0698
Viscosidad (cP)	3,12E-02	3,78E-02	7,97E-02	5,53E-02
Conductividad (W/m·K)	4,55E-02	5,50E-02	1,14E-01	7,87E-02
Cp (J/kg·°C)	1085,4	1119,9	1377,9	1183,3
Calor latente (kJ/kg)	-		-	
Velocidad fluido (m/s)	18,655		11,636	
Nº pasos	1		1	
Pérdida carga (atm)	0,99130		0,00250	
Coefficiente intercambio (W/m²·°C)	5256		41	
Resistencia incrustaciones (m²·°C/W)	0,00067		0,00067	
Calor intercambiado (kJ/h)	21633813,3			
Coefficiente global (W/m²·°C)	311			
Area de intercambio (m²)	114,9			
ΔTML	747,2			
DATOS CONSTRUCTIVOS	CARCASA		TUBOS	
T diseño (°C)	510		1510	
P diseño (atm)	3,6468		3,6468	
Material	AISI-316L		AISI-316L	
Diámetro haz de tubos (m)	-		0,63	
Diámetro interno (m)	0,720		0,0160	
Diámetro externo (m)	0,728		20,0000	
Grosor (m)	0,004		0,0020	
Longitud (m)	4,00		3,66	
Nº pantallas	24	MARCA	DENOMINACION	
Tipo carcasa	T			
Baffle cut (m)	0,18	A	Entrada fluido carcasa	
		B	Salida fluido carcasa	
Nº tubos	500	C	Entrada fluido tubos	
Disposición (pitch)	triangular	D	Salida fluido tubos	
LB: espaciado (m)	0,144			
Peso equipo (kg)	2189			
Grosor fondo (m)	0,004			

	PLANTA	UBICACIÓN	Nº ITEM	AREA
	AA	Zona Franca	IC-804	800
Finalidad intercambio	Evaporar agua			
Productos manipulados	H2O, CO2, N2, N2O, NO, NO2, O2			
DATOS OPERACIÓN	CARCASA		TUBOS	
	entrada	salida	entrada	salida
Tipo de fluido	agua	agua	gases	gases
Fase	líquida	vapor	gas	gas
Caudal (kg/h)	4311,5		118227,4	
T (°C)	197	198,6	360	311,61
P (atm)	15,195	15,195	3,039	3,039
PM (g/mol)	18,015	18,015	28,832	28,832
Densidad (kg/m³)	855,37	6,895	1,6416	1,0698
Viscosidad (cP)	1,35E-01	1,56E-02	3,23E-02	3,04E-02
Conductividad (W/m·K)	6,66E-01	3,67E-02	4,71E-02	4,43E-02
Cp (J/kg·°C)	4879,2	2088,3	1090	1079,7
Calor latente (kJ/kg)	1972,3		-	
Velocidad fluido (m/s)	0,042		37,410	
Nº pasos	1		1	
Pérdida carga (atm)	0,00048		0,04952	
Coefficiente intercambio (W/m²·°C)	6968		870	
Resistencia incrustaciones (m²·°C/W)	0,00067		0,00067	
Calor intercambiado (kJ/h)	8527603,8			
Coefficiente global (W/m²·°C)	335,6			
Area de intercambio (m²)	92,8			
ΔTML	133,9			
DATOS CONSTRUCTIVOS	CARCASA		TUBOS	
T diseño (°C)	208,6		370	
P diseño (atm)	18,234		3,6468	
Material	AISI-316L		AISI-316L	
Diámetro haz de tubos (m)	-		0,71	
Diámetro interno (m)	0,992		0,0340	
Diámetro externo (m)	1,000		38,0000	
Grosor (m)	0,004		0,0020	
Longitud (m)	5,27		4,88	
Nº pantallas	23	MARCA	DENOMINACION	
Tipo carcasa	T			
Baffle cut (m)	0,25	A	Entrada fluido carcasa	
		B	Salida fluido carcasa	
Nº tubos	159	C	Entrada fluido tubos	
Disposición (pitch)	cuadrado	D	Salida fluido tubos	
LB: espaciado (m)	0,199			
Peso equipo (kg)	1469			
Grosor fondo (m)	0,004			

	PLANTA	UBICACIÓN	Nº ITEM	AREA
	AA	Zona Franca	IC-805	800
Finalidad intercambio	Evaporar agua			
Productos manipulados	H2O, CO2, N2, N2O, NO, NO2, O2			
DATOS OPERACIÓN	CARCASA		TUBOS	
	entrada	salida	entrada	salida
Tipo de fluido	agua	vapor	gases	gases
Fase	gas	gas	gas	gas
Caudal (kg/h)	1491,5		118227,4	
T (°C)	179,9	180,04	311,61	280
P (atm)	10,13	10,13	3,039	3,039
PM (g/mol)	18,015	18,015	28,832	28,832
Densidad (kg/m³)	874,75	5,0442	1,0698	1,8792
Viscosidad (cP)	1,49E-01	1,50E-02	3,04E-02	2,92E-02
Conductividad (W/m·K)	6,77E-01	3,12E-02	4,42E-02	4,24E-02
Cp (J/kg·°C)	4739	2041,4	1079,7	1073
Calor latente (kJ/kg)	-		-	
Velocidad fluido (m/s)	0,134		33,742	
Nº pasos	1		1	
Pérdida carga (atm)	0,00965		1,24953	
Coefficiente intercambio (W/m²·°C)	10851		6378	
Resistencia incrustaciones (m²·°C/W)	0,00067		0,00067	
Calor intercambiado (kJ/h)	3041876,4			
Coefficiente global (W/m²·°C)	516,8			
Area de intercambio (m²)	15,7			
ΔTML	112,8			
DATOS CONSTRUCTIVOS	CARCASA		TUBOS	
T diseño (°C)	190,04		321,61	
P diseño (atm)	12,156		3,6468	
Material	AISI-316L		AISI-316L	
Diámetro haz de tubos (m)	-		0,30	
Diámetro interno (m)	0,419		0,0160	
Diámetro externo (m)	0,427		20,0000	
Grosor (m)	0,004		0,0020	
Longitud (m)	2,61		2,44	
Nº pantallas	28	MARCA	DENOMINACION	
Tipo carcasa	T			
Baffle cut (m)	0,10	A	Entrada fluido carcasa	
		B	Salida fluido carcasa	
Nº tubos	98	C	Entrada fluido tubos	
Disposición (pitch)	cuadrado	D	Salida fluido tubos	
LB: espaciado (m)	0,084			
Peso equipo (kg)	378			
Grosor fondo (m)	0,004			

	PLANTA	UBICACIÓN	Nº ITEM	AREA
	AA	Zona Franca	IC-806	800
Finalidad intercambio	Tratamiento de gases			
Productos manipulados	H2O, CO2, N2, N2O, NO, NO2, O2			
DATOS OPERACIÓN	CARCASA		TUBOS	
	entrada	salida	entrada	salida
Tipo de fluido	agua de proceso	agua de proceso	gases	gases
Fase	líquida	líquida	gas	gas
Caudal (kg/h)	403533,5		118227,4	
T (°C)	23,55	40	323,24	132,67
P (atm)	1,013	1,013	3,039	3,039
PM (g/mol)	18,068	18,068	28,901	28,901
Densidad (kg/m³)	1010,8	998,2	1,747	2,5696
Viscosidad (cP)	9,34E-01	6,89E-01	3,09E-02	2,33E-02
Conductividad (W/m·K)	6,07E-01	6,89E-01	4,49E-02	3,31E-02
Cp (J/kg·°C)	4297,5	4299,9	1081,2	1041,1
Calor latente (kJ/kg)	-		-	
Velocidad fluido (m/s)	2,273		32,371	
Nº pasos	1		1	
Pérdida carga (atm)	0,06794		0,16397	
Coefficiente intercambio (W/m²·°C)	946		427	
Resistencia incrustaciones (m²·°C/W)	0,00067		0,00067	
Calor intercambiado (kJ/h)	28535312,6			
Coefficiente global (W/m²·°C)	212,6			
Area de intercambio (m²)	443,1			
ΔTML	178,9			
DATOS CONSTRUCTIVOS	CARCASA		TUBOS	
T diseño (°C)	50		333,24	
P diseño (atm)	1,2156		3,6468	
Material	AISI-316L		AISI-316L	
Diámetro haz de tubos (m)	-		1,01	
Diámetro interno (m)	1,102		0,0160	
Diámetro externo (m)	1,110		20,0000	
Grosor (m)	0,004		0,0020	
Longitud (m)	5,31		4,88	
Nº pantallas	21	MARCA	DENOMINACION	
Tipo carcasa	T			
Baffle cut (m)	0,28	A	Entrada fluido carcasa	
		B	Salida fluido carcasa	
Nº tubos	1445	C	Entrada fluido tubos	
Disposición (pitch)	triangular	D	Salida fluido tubos	
LB: espaciado (m)	0,222			
Peso equipo (kg)	7800			
Grosor fondo (m)	0,004			

G8INGENIO		LAVADOR		Item n°: AB-801		Aprobado:	
				Proyecto n°:		Área:800	
		Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 16/06/08	
		Localización: Zona Franca		Hoja: 1 de:2		Pág n°:	
Denominación		Columna de absorción					
REV.							
1	ITEM	AB-801		CANTIDAD	1		
2	SERVICIO	Lavador para disolver los gases recuperables de la corriente gaseosa de salida del reactor					
3	TIPO	Torre de relleno					
4							
5	CONDICIONES DE OPERACIÓN						
6	Presión de operación	3,5	bar a	Temperatura máx de operación		98,93	°C
7	Presión de diseño	5,3	bar a	Temperatura máx de diseño		118,93	°C
8		Unidades	Ent Líquido	Ent Gas	Sal Líquido	Sal Gas	
9	Temperatura	°C	21	30	10,4	98,93	
9	Flujo	kmol/h	22222,2	2917,2	22334,5	2786,5	
10	Composición	Molar frac					
10	N2	-	-	0,7286	-	0,7627	
11	O2	-	-	0,1934	-	0,2024	
11	CO2	-	-	0,0052	0,000443	0,0019	
12	N2O	-	-	0,0205	0,000769	0,0153	
12	NO	-	-	0,0010	0,000056	0,0006	
13	NO2	-	-	0,0086	0,000736	0,0031	
13	H2O	-	1,00000	0,04280	0,99800	0,0139	
14							
14	DISEÑO MECÁNICO						
15							
15	Altura torre	5169,5	mm	Espesor envolvente		6	mm
16	Diámetro interno	2400	mm	Espesor fondos		6	mm
16	Fondos carcasa	Esféricos	Sobreespesor de corrosión		1	mm	
17	Altura de los fondos	1200	mm	Aislante Tipo			
17	Caída de presión	0,185	bar			mm	
18							
18	RELLENO						
19							
19	Tipo	Anillos de plástico		Densidad	64	kg/m3	
20	Tamaño	88	mm	Porosidad	92	%	
21	Espesor	1,5	mm	Factor de empaquetamiento	52	m2/m3	
22	Superficie de contacto	85	m2/m3				
23							
24	Distribuidores de líquido	Nº	2	Redistribuidores	Nº	0	
25	Plato de soporte	Nº	2	Plato sujección	Nº	1	
26							
27	MATERIALES						
28							
29	Carcasa	Acero AISI 304		Distribuidores de líquido	Acero AISI 304		
30	Tubuladuras	Acero AISI 304		Redistribuidores	Acero AISI 304		
31							

G8INGENIO	LAVADOR		Item n°: AB-801	Aprobado:				
			Proyecto n°:	Área:800				
	Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO	Fecha: 16/06/08				
	Localización: Zona Franca		Hoja:2 de: 2	Pág n°:				
Denominación		Columna de desorción						
REV.								
1	ITEM	AB-801	CANTIDAD	1				
2	SERVICIO	Columna de desorción de los gases en la salida líquida del reactor						
3	TIPO	Torre de relleno						
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
1								
2								
3								
4	NOTAS	TUBULADURAS						
5	Vista de alzado	Mark N°	Cantidad	Tamaño	Servicio			
6		A	1	12"	Entrada líquido			
7		B	1	42"	Entrada gas			
8		C	1	12"	Salida líquido			
9		D	1	42"	Salida gas			
10		E	1	6"	Drenaje			
11		F	1	1 1/2 "	Trasmisor Presión			
12		G	1	1 1/2 "	Válvula de seguridad			
13		H	1	24 "	Man Hole			

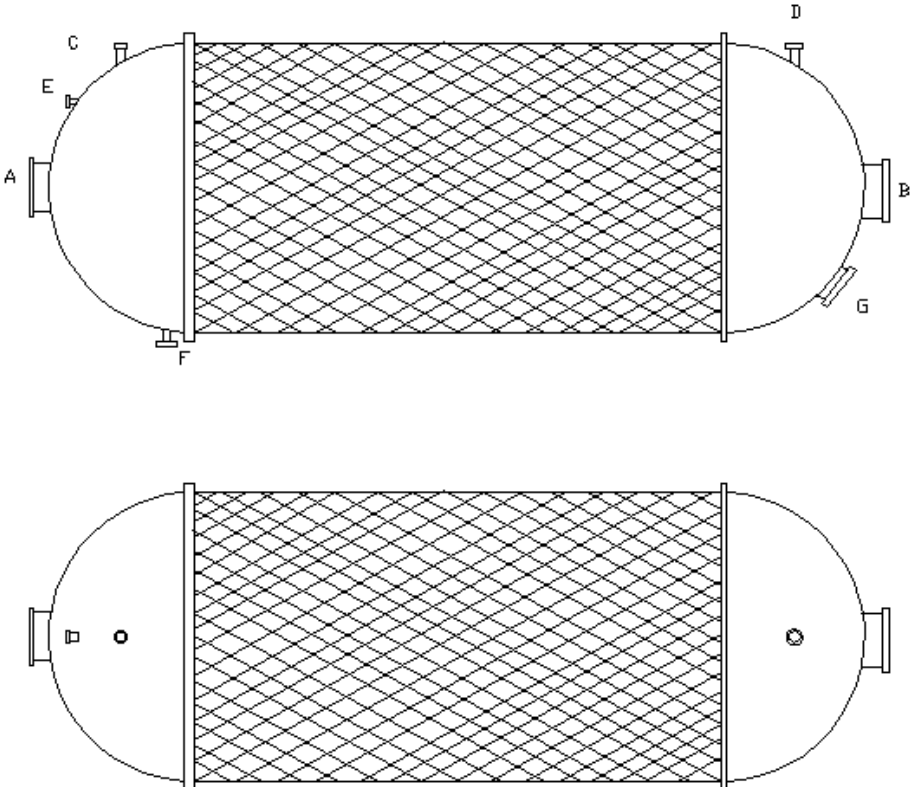
	TORRE DESORCIÓN		Item n°: D-801		Aprobado:		
			Proyecto n°:		Área:800		
	Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 16/06/08		
	Localización: Zona Franca		Hoja: 1 de: 2		Pág n°:		
Denominación			Columna de desorción				
REV.							
	1	ITEM	D-805		CANTIDAD	1	
	2	SERVICIO	Desorbedor para eliminar N2O de la corriente de líquido que se recircula				
	3	TIPO	Torre de relleno				
	4						
	5	CONDICIONES DE OPERACIÓN					
	6	Presión de operación	3	bar a	Temperatura máx de operación	129,9 °C	
	7	Presión de diseño	4,8	bar a	Temperatura máx de diseño	149,9 °C	
	8						
	9		Unidades	Ent Líquido	Ent Gas	Sal Líquido	
	10	Temperatura	°C	40	129,9	42,1	
	11	Flujo	kmol/h	22334,5	1234,6	22284,9	
	12	Composición	Molar frac				
	13	N2	-	-	0,79	0,7454	
	14	O2	-	-	0,21	0,1966	
	15	CO2	-	0,000443	-	2,869E-05	
	16	N2O	-	0,000769	-	3,1E-05	
	17	NO	-	0,000056	-	-	
	18	NO2	-	0,000736	-	2,9E-05	
	19	H2O	-	0,997996	-	0,99950	
	20	HNO3	-	-	-	0,00037	
	21						
	22	DISEÑO MECÁNICO					
	23						
	24	Altura torre	5782,7	mm	Espeor envolvente	6	
	25	Diámetro interno	2500	mm	Espeor fondos	6	
	26	Fondos carcasa	Esféricos		Sobreespeor de corrosión	1	
	27	Altura de los fondos	1250	mm	Aislante Tipo		
	28	Caída de presión	0,181	bar		mm	
	29						
	30	RELLENO					
	31						
	32	Tipo	Anillos de plástico		Densidad	64	
	33	Tamaño	88	mm	Porosidad	92	
	34	Espeor	1,5	mm	Factor de empaquetamiento	52	
	35	Superficie de contacto	85	m2/m3			
	36	Distribuidores de líquido	Nº	2	Redistribuidores	Nº	
	37	Plato de soporte	Nº	2	Plato sujección	Nº	
	38						
	39	MATERIALES					
	40						
	41	Carcasa	Acero AISI 304		Distribuidores de líquido	Acero AISI 304	
	42	Tubuladuras	Acero AISI 304		Redistribuidores	Acero AISI 304	
	43						

G8INGENIO	TORRE DESORCIÓN		Item n°: D-801		Aprobado:	
			Proyecto n°:		Área:800	
	Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 16/06/08	
	Localización: Zona Franca		Hoja:2 de: 2		Pág n°:	
Denominación			Columna de desorción			
REV.						
1	ITEM	AB-801	CANTIDAD	1		
2	SERVICIO	Columna de desorción de los gases en la salida líquida del reactor				
3	TIPO	Torre de relleno				
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
1						
2						
3						
4	NOTAS		TUBULADURAS			
5	Vista de alzado	Mark N°	Cantidad	Tamaño	Servicio	
6		A	1	12"	Entrada líquido	
7		B	1	30"	Entrada gas	
8		C	1	12"	Salida líquido	
9		D	1	30"	Salida gas	
10		E	1	6"	Drenaje	
11		F	1	1 1/2 "	Trasmisor Presión	
12		G	1	1 1/2 "	Válvula de seguridad	
13		H	1	24 "	Man Hole	

	REACTOR CATALÍTICO		Item n°: R-801 A/B		Aprobado:	
			Proyecto n°:		Área: 800	
	Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 16/06/08	
	Localización: Zona Franca		Hoja: 1 de: 2		Pág n°:	
Denominación			Reactor catalítico			
REV.						
	1	ITEM		CANTIDAD		2
	2	SERVICIO		Descomposición del N2O		
	3	TIPO		Reactor de lecho fijo		
	4					
	5	CONDICIONES DE OPERACIÓN				
	6	Presión de operación		2,92 bar a	Temperatura máx de operación	630,0 °C
	7	Presión de diseño		4,72 bar a	Temperatura de diseño	650,0 °C
	8					
	10		Unidades	Entrada	Salida	
	11	Presión	bar	3	3	
	12	Temperatura	°C	500	630,0	
	13	Estado	-	Gas	Gas	
	14	Flujo Molar	kmol/h	4072,7	4101,9	
	15	Flujo Másico	kg/h	118227,4	118227,4	
	16	Densidad	kg/m3	0,894	0,889	
	17					
	18	Catalizador				
	19	Ag - CuO				
	20	Forma	Lecho fijo			
	21	Sopote	Alúmina Al2O3			
	22					
	23	Reactor adiabático				
	24	Calor de reacción	329	kJ/mol		
	25	Calor generado	4519,5	KW		
	26					
	27	DISEÑO MECÁNICO				
	28					
	29	Caudal diseño	50912	m3/h		
	30	Volumen	154,9	m3		
	31	Tiempo de residencia	8	s		
	32	Longitud	11003	mm		
	33	Diámetro	4000	mm		
		Fondos	Elípticos			
	34	Altura de los fondos	1000	mm		
	35	Espesor de los fondos	7,0	mm		
	36	Espesor de la envolvente	8,6	mm		
	37	Sobreespesor de corrosión	1	mm		
	38	Caída de presión	0,010	bar		
	39	Disposición	Horizontal			
	40	Plato de sujección del relleno	En el lado del cabezal de salida			
	41	Platos de soporte	Reja metálica	2		
	42					
	43	MATERIALES				
	44	Carcasa	Acero AISI 304	Platos de sujección	Acero AISI 304	
	45	Tubuladuras	Acero AISI 304	Juntas	Acero AISI 304	
	46					

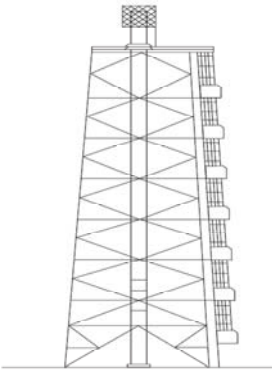
G8INGENIO	REACTOR CATALÍTICO		Item n°: R-801 A/B	Aprobado:	
			Proyecto n°:	Área: 800	
	Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO	Fecha: 16/06/08	
	Localización: Zona Franca		Hoja: 2 de 2	Pág n°:	
Denominación		Reactor catalítico			
REV.					
1	ITEM	R-801 A/B	CANTIDAD	2	
2	SERVICIO	Reactor de descomposición de N ₂ O			
3	TIPO	Reactor de lecho fijo			
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
1	NOTAS		TUBULADURAS		
2		Mark N°	Cantidad	Tamaño	Servicio
3		A	1	30"	Alimentación
4		B	1	40"	Salida gas
5		C	1	12"	Venteo
6		D	1	1 1/2 "	Trasmisor Temperatura 1
7		E	1	1 1/2 "	Trasmisor Temperatura 2
8		F	1	2 "	Drenaje
9		G	1	24 "	Man Hole

	REACTOR CATALÍTICO		Item n°: R-802 A/B		Aprobado:
			Proyecto n°:		Área: 800
	Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 16/06/08
	Localización: Zona Franca		Hoja: 1 de 2		Pág n°:
Denominación		Reactor catalítico			
REV.					
1	ITEM			CANTIDAD	3
2	SERVICIO	Oxidación del NO			
3	TIPO	Reactor de lecho fijo			
4					
5	CONDICIONES DE OPERACIÓN				
6	Presión de operación	2,33	bar a	Temperatura de operación	35 °C
7	Presión de diseño	4,13	bar a	Temperatura de diseño	55 °C
8					
9					
10		Unidades	Entrada		Salida
11	Presión	bar			
12	Temperatura	°C	280		323,1
13	Estado		Gas		Gas
14	Flujo Molar	kmol/h	4101,9		4099,6
15	Flujo Másico	kg/h	118227,4		118227,4
16	Densidad	kg/m3	0,889		0,891
17					
18	Catalizador				
19	Ag - CuO				
20	Forma	Lecho fijo			
21	Sopote	Alúmina Al2O3			
22					
23	Reactor adiabático				
24	Calor de reacción	304	kJ/mol		
25	Calor generado	1569,2	KW		
26					
27	DISEÑO MECÁNICO				
28					
29	Caudal diseño	51165,7	m3/h		
30	Volumen	88,7	m3		
31	Tiempo de residencia	5	s		
32	Longitud	11553,4	mm		
33	Diámetro	3000	mm		
	Fondos	Elípticos			
34	Altura de los fondos	750	mm		
35	Espesor de los fondos	5,5	mm		
36	Espesor de la envolvente	6,0	mm		
37	Sobreespesor de corrosión	1	mm		
38	Caída de presión	0,04	bar		
39	Disposición	Horizontal			
40	Plato de sujeción del relleno	En el lado del cabezal de salida			
41	Platos de soporte	Reja metálica	2		
42					
43	MATERIALES				
44	Carcasa	Acero AISI 304	Platos de sujeción	Acero AISI 304	
45	Tubuladuras	Acero AISI 304	Juntas	Acero AISI 304	
46					

	REACTOR CATALÍTICO		Item n°: R-802 A/B		Aprobado:
			Proyecto n°:		Área: 800
	Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 16/06/08
	Localización: Zona Franca		Hoja: 2 de 2		Pág n°:
Denominación			Reactor catalítico		
REV.					
1	ITEM	R-802 A/B	CANTIDAD		2
2	SERVICIO	Oxidación del NO			
3	TIPO	Reactor de lecho fijo			
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
1	NOTAS		TUBULADURAS		
2		Mark N°	Cantidad	Tamaño	Servicio
3		A	1	30"	Alimentación
4		B	1	40"	Salida gas
5		C	1	12"	Ventoe
6		D	1	1 1/2 "	Trasmisor Temperatura 1
7		E	1	1 1/2 "	Trasmisor Temperatura 2
8		F	1	2 "	Drenaje
9		G	1	24 "	Man Hole

		COMPRESOR		Item n°: C-801 A/B		Aprobado:	
				Proyecto n°:		Área: 800	
		Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 16/06/08	
		Localización: Zona Franca		Hoja: 1 de: 1		Pág n°:	
REV.							
1	ITEM	C-801 A/B					
2	SERVICIO	Compresión aire entrada a desorbedor D-801					
3	TIPO	Compresor centrífugo					
4	CANTIDAD	2					
5	EN OPERACIÓN	1					
6	EN ESPERA	1					
7	DRIVER	MOTOR				2	
8		TURBINA					
9		OTROS					
10	CASO DE OPERACIÓN	Diseño					
11	TEMPERATURA (°C)	°C		20			
12	PRESIÓN (bar a)	bar a		1,013			
13	TEMPERATURA DE DESCARGA (°C)	°C		3,04			
14	PRESIÓN DE DESCARGA (bar a)	bar a		129,9			
15	RADIO DE COMPRESIÓN			3			
16	Nº ETAPAS			1			
17	FLUJO MÁSSICO	kg/h		35604,9			
18	FLUJO VOLUMÉTRICO DESCARGA	m³/h		13534,9			
19	FLUJO VOLUMÉTRICO SUCCIÓN	m³/h		29528,6			
20	COMPOSICIÓN DEL GAS (3)						
21	N2			0,79			
22	O2			0,21			
23	Otros			-			
24	Cp/Cv			1,41			
25	POTENCIA	KW		10,75			
26	FABRICANTE	ELGI					
27	MODELO	1250-CFM					
28	LOCALIZACIÓN (Interior/Exterior)	Exterior					
29							
30	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	COMPRESOR				Acero al C	
31		MOTOR				Acero al C	
32		EJE				Acero al C	
33	NOTAS						
34	(1) Modelo isentrópico						
35	(2) Eficiencia isentrópica: 0,75						
36	(3) La composición del gas está en fracción molar						
37							
38							
39							
40							

		TURBINA		Item n°: TU-801 A/B		Aprobado:		
				Proyecto n°:		Área: 800		
		Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 16/06/08		
		Localización: Zona Franca		Hoja: 1 de 1		Pág n°:		
REV.								
1	ITEM	TU-801 A/B						
2	SERVICIO	Expansión gases de salida a la antorcha						
3	TIPO	Turbina centrífuga						
4	CANTIDAD					2		
5	EN OPERACIÓN					1		
6	EN ESPERA					1		
7	DRIVER					MOTOR		
8						TURBINA	2	
9						OTROS		
10	CASO DE OPERACIÓN					Diseño		
11	TEMPERATURA (°C)			°C	131,8			
12	PRESIÓN (bar a)			bar a	2,46			
13	TEMPERATURA DE DESCARGA (°C)			°C	1			
14	PRESIÓN DE DESCARGA (bar a)			bar a	38			
15	RADIO DE COMPRESIÓN							
16	Nº ETAPAS				1			
17	FLUJO MÁSCO			kg/h	118227			
18	FLUJO VOLUMÉTRICO DESCARGA			m³/h	105972			
19	FLUJO VOLUMÉTRICO SUCCIÓN			m³/h	55810			
20	COMPOSICIÓN DEL GAS (2)							
21	N2				0,770			
22	O2				0,203			
23	Otros (3)				0,230			
24	Cp/Cv				1,4			
25	POTENCIA			KW	-30,24			
26								
27	LOCALIZACIÓN (Interior/Exterior)	Exterior						
28								
29	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN					TURBINA	Acero al C	
30					MOTOR	Acero al C		
31					EJE	Acero al C		
32	NOTAS							
33	(1) Modelo isentrópico							
34	(2) La composición del gas está en fracción molar							
35	(3) H2O, NO2, N2O y CO2							
36								
40								
41								
42								

	ANTORCHA	Ítem n°: ANT-901	Aprobado:	
		Proyecto n°:	Área: A-900	
	Planta: Producción de ácido adípico	Diseño G8 INGENIO	Fecha: 13-06-08	
	Localización: Barcelona (Zona Franca)	Hoja: 1 De: 2	Pág. n°: 1/2	
Denominación		Combustión de N ₂ y O ₂ generado del tratamiento catalítico del N ₂ O		
DATOS GENERALES				
Tipo	Auxiliada con Vapor		Posición	Vertical
Altura (ft)	500		Combustible	Gas Natural
Soporte	Sostenida por torre		Combustible auxiliar	No se requiere
Diámetro boquilla (m)	0,5			
DATOS DE DISEÑO				
Materiales de construcción		Acero al carbón cédula 40		
Espesor, mm		8		
Temperatura de trabajo, °C		1000-1300		
Temperatura de diseño, °C		1315		
Presión de trabajo interna, bar		1.013		
Presión de trabajo externa, bar		1.013		
Presión de diseño interna, bar		1.013		
Presión de diseño externa, bar		1.013		
Presión de prueba, bar		1.013		
REQUERIMIENTOS				
Gas para el piloto (m ³ /h)		3,964		
Vapor (m ³ /h)		47,15		
Caudal de aire (m ³ /h)		14,75		
Gas de purga (m ³ /h)		4,05		
DIBUJO		DETALLES DE DISEÑO		
		Diseño	EPA	
		Radiografía	0,85	
		Eficacia soldadura	Parcial	
		Pintura	No	
		Aislante	No	
		Sello de líquido	Si	
		Cilindro Separador	No	

	EQUIPO DE FRIO		Ítem nº: EF-901	Aprobado:
			Proyecto nº:	Área: 900
	Planta: Producción de ácido adípico		Diseño: G8INGENIO	Fecha:
	Localización: Barcelona (Zona Franca)		hoja:1 De: 1	Pág. nº:
DATOS GENERALES				
Denominación: EQUIPO DE FRÍO			Unidades: 15	
Servicio: disminuir la temperatura del agua de proceso hasta a 6°C				
CARACTERÍSTICAS				
Marca comercial:			Modelo: Gama Antares, modelo 460	
Descripción: del tipo aire-agua				
Potencia frigorífica: 1536 KW				
Potencia útil: 1486 KW				
Eficacia energética: 2,66				
Carga de refrigerante R-407: 106 Kg				
Tensión de funcionamiento: 400 V (50 Hz)				
Consumo máximo: 401,1 A				
Consumo de arrancada: 728,6 A				
Factor de potencia: 0,79				
DESCRIPCIÓN FÍSICA				
Peso, Kg: 4720				
Dimensiones, m:		Anchura: 2,195		
		Longitud: 4,450		
		Altura: 2,200		
COMPRESOR				
Tipo: semihermético alternativo en Twin				
Unidades: 2				
Margen de tensión: 340-440 V				
Desplazamiento volumétrico: 151 m³/h				
Consumo máximo: 92 A				
Consumo a rotor bloqueado: 395-444 A				
Tipo de aceite: Suniso 3GS				
REFREDADORA				
Tipo: multitubular expansión seca				
Caudal agua: 78,84 m³/h				
Pérdida carga: 29 KPa				
Conexiones agua (junta flexible): 6"				FOTOGRAFIA
Volumen de agua: 113,5 dm³				
MÓDUL EXTERIOR				
Cantidad de baterías: 4				
Tipo ventilador: axial				
Cantidad: 8				
Caudal total aire: 44,6 m³/s				
Potencia motor: 1,35 KW				
Velocidad: 680 rpm				



[illegible]

	CALDERA		Item n°: CV-901	Aprobado:			
			Proyecto n°:	Área: 900			
	Producción Ácido Adípico		Diseño: Valtec Umisa	Fecha: 13/06/08			
	Localización: Barcelona		Hoja:1 De: 1	Pág n°: 2.131			
DATOS GENERALES							
Denominación: caldera de gas natural			Cantidad: 14				
Servicio: Proporcionar vapor de agua a una temperatura de 205°C							
CARACTERÍSTICAS							
Marca comercial: Valtec Umisa			Modelo: UMS-120 (16)				
Descripción: caldera pirotubular de tipo horizontal, dos hogares de tipo ondulado							
Material: Chapa Inoxidable							
Producción de vapor: 50000 Kg/h							
Potencia térmica útil: 30747 kW							
Consumo de combustible: 3205,1 m³N/h gas natural							
Peso en transporte: 85 Tn							
DESCRIPCIÓN FÍSICA							
Dimensiones, m:		Anchura: 4,945					
		Longitud: 9,505					
		Altura: 5,300					
Presión de diseño: 16 bar							
Temperatura Vapor Saturado: 205 °C							
Rendimiento: 94,5 %							
Volumen total: 76,26 m³							
FOTOGRAFIA							
							

5. CONTROL E INSTRUMENTACIÓN

5.1- Nomenclatura del P&ID

El diagrama P&ID representa detalladamente la disposición de los equipos, conducciones, válvulas y uniones, además de los instrumentos y lazos de control del proceso. Se incluye en el mismo también la denominación de las líneas de proceso.

Según la norma ANSI, las líneas continuas se emplearán para las tuberías de proceso y las discontinuas para señales de control y comunicación entre instrumentos.

5.1.1 Designación de los lazos de control:

Para la designación de los instrumentos se sigue la normativa ANSI/ISA-5.1-1984(R1992) que se recoge en la tabla siguiente:

	FIRST-LETTER (4)		SUCCEEDING-LETTERS (3)		
	MEASURED OR INITIATING VARIABLE	MODIFIER	READOUT OR PASSIVE FUNCTION	OUTPUT FUNCTION	MODIFIER
A	Analysis (5,19)		Alarm		
B	Burner, Combustion		User's Choice (1)	User's Choice (1)	User's Choice (1)
C	User's Choice (1)			Control (13)	
D	User's Choice (1)	Differential (4)			
E	Voltage		Sensor (Primary Element)		
F	Flow Rate	Ratio (Fraction) (4)			
G	User's Choice (1)		Glass, Viewing Device (9)		
H	Hand				High (7, 15, 16)
I	Current (Electrical)		Indicate (10)		
J	Power	Scan (7)			
K	Time, Time Schedule	Time Rate of Change (4, 21)		Control Station (22)	
L	Level		Light (11)		Low (7, 15, 16)
M	User's Choice (1)	Momentary (4)			Middle, Intermediate (7,15)
N	User's Choice (1)		User's Choice (1)	User's Choice (1)	User's Choice (1)
O	User's Choice (1)		Orifice, Restriction		
P	Pressure, Vacuum		Point (Test) Connection		
Q	Quantity	Integrate, Totalize (4)			
R	Radiation		Record (17)		
S	Speed, Frequency	Safety (8)		Switch (13)	
T	Temperature			Transmit (18)	
U	Multivariable (6)		Multifunction (12)	Multifunction (12)	Multifunction (12)
V	Vibration, Mechanical Analysis (19)			Valve, Damper, Louver (13)	
W	Weight, Force		Well		
X	Unclassified (2)	X Axis	Unclassified (2)	Unclassified (2)	Unclassified (2)
Y	Event, State or Presence (20)	Y Axis		Relay, Compute, Convert (13, 14, 18)	
Z	Position, Dimension	Z Axis		Driver, Actuator, Unclassified Final Control Element	

5.2- Generalidades de los equipos

5.2.1. Válvulas:

Las válvulas empleadas en la planta son las siguientes:

- Válvulas de asiento: utilizadas como elemento de regulación.
- Válvulas de compuerta: válvulas de todo o nada.
- Válvulas de bola: válvulas de todo o nada, empleadas en las áreas en las que pueden existir sólidos en suspensión en las corrientes, área 500.
- Válvulas antirretorno para asegurar el flujo unidireccional.
- Válvulas de alivio: empleadas como válvulas de seguridad.
- Válvula de tres vías: utilizadas para mezclar fluidos; o para derivar una corriente en dos salidas.

Las válvulas de control van acompañadas de dos válvulas de compuerta para posibilitar su aislamiento del resto de la instalación en el caso de que sea necesario. Además se instalan en paralelo con una válvula de globo manual para desviar el flujo cuando el control no esté operativo. Además consta de drenaje para evacuar el fluido en caso de vaciado y limpieza.

Deben colocarse válvulas antirretorno antes de las válvulas mezcladoras de tres vías para que no se produzcan retrocesos en mezcla de corrientes que se encuentran a diferente presión.

5.2.2. Equipos de bombeo:

Todas las bombas de la planta están duplicadas dispuestas en tuberías en paralelo para garantizar el funcionamiento en continuo del proceso en el caso de avería de alguna de ellas.

Cada rama va provista de un filtro en la succión, válvulas de corte para su aislamiento, una válvula antirretorno para proteger al equipo de una sobrepresión en la impulsión. Además constan de drenajes para su vaciado.

Además todas las bombas que no tienen un control directo sobre el nivel de succión disponen de enclavamientos de seguridad permitiendo su funcionamiento únicamente si se supera una consigna de nivel.

Los compresores tienen la misma disposición con un equipo en espera, además van provistos de un purgador para eliminar posibles gotas de líquido que dañen el equipo.

5.2.3. Intercambiadores de calor:

Los intercambiadores de calor están embriados provistos de drenajes para su posible vaciado. Además constan de una boca para manguera, de aislamiento en el caso de que sea necesario y de válvulas de alivio.

Los condensadores de las torres de destilación constan todos de bota para asegurar el nivel de líquido. Los ebulliciones que trabajan con vapor de agua que cede el calor condensándose tienen una válvula manual en la corriente de salida del vapor condensado para garantizar la condensación del agua en el último de los tubos.

5.2.4. Depósitos, columnas, reactores:

Estos equipos constan de bocas de hombre, bocas para manguera, drenajes, tubuladuras para los diferentes medidores y en el caso de que sea necesario rompe vórtices en la parte inferior.

Las especificaciones más concretas como alarmas de presión o temperatura vienen detalladas más adelante.

Además todos los equipos constan de sistemas de alivio de presión que actúan en el caso en el que se produzcan situaciones peligrosas, ya sean por variación de algunos de los parámetros o por actuaciones erróneas, generalmente sobrepresiones.

En el caso de los recipientes, están calculados para soportar la presión de diseño, a una cierta temperatura.

Los equipos que no tienen un control directo de la presión constan de una alarma de presión de alta cuya consigna se encuentra por debajo de la presión de diseño.

El dispositivo de alivio consiste en un elemento mecánico de cierre cuya resistencia es vencida cuando se supera cierta presión, de modo que permite el escape de cierta cantidad de fluido para que la presión no supere un determinado valor.

Las válvulas de seguridad empleadas en esta planta consisten en un resorte que mantiene un disco presionado contra un asiento, cerrando la salida del fluido hasta que la presión del sistema interior es capaz de vencer la ejercida por el resorte. Estas válvulas tienen los inconvenientes de las contrapresiones impuestas y las contrapresiones de flujo. La gran ventaja de las válvulas de seguridad es que se vuelven a cerrar una vez la presión ha alcanzado su valor normal, mientras que los discos de ruptura permanecen abiertos dejando escapar la totalidad del recipiente.

Para los equipos que trabajan a presión atmosférica la presión de tarado de la válvula se encuentra en un rango entre -20 y 50 mbarg, permitiendo una suficiente respiración en los equipos.

5.3. Instrumentación

Los principales requisitos exigidos a un instrumento son:

- Máxima sensibilidad
- Mínima incidencia
- Máxima velocidad de respuesta
- Minimización de las perturbaciones

A continuación se analizan los principales instrumentos utilizados en la planta. En la parte final se recogen ejemplos de hojas de especificaciones de los elementos más significativos.

Las variables de proceso medidas y controladas en la planta son:

- Temperatura.
- Presión.
- Nivel.
- Caudal o flujo másico.
- Conductividad → conductivímetros.

→ Medidores de caudal o flujo másico:

A la hora de seleccionar un medidor el factor más importante es la compatibilidad entre el tipo de medidor y las características de servicio, para ello hay que tener en cuenta la temperatura y la presión de operación, las características del fluido, la corrosividad, etc. Por supuesto el coste y la seguridad de estos serán también tenidos en cuenta

Se seleccionan medidores de varios tipos: medidores de placa de orificio que valen tanto para conducciones de líquido como de gas. Tienen un bajo coste y una fácil instalación, además su coste es independiente del tamaño de la tubería. Necesitan tramos de tuberías rectos.

También se utilizan medidores de boquilla y tubos que miden el flujo además de en conducciones de gas y líquido, en las que conducen vapor de agua. Son baratos, con bajo mantenimiento y auto-limpiables, aunque necesitan calibración.

→ Medidores de nivel:

Se eligen varios tipos de medidores de nivel dependiendo de las limitaciones de cada tipo:

- Medidores de nivel de líquido:

Como indicadores en planta se utilizan medidores de nivel de cristal, que constituyen un método directo y están formados por un tubo de vidrio que muestra el nivel del tanque. Son baratos y sencillos, aunque están limitados por una presión de 15 bar y una temperatura de 100 °C.

Como medidores y transmisores de nivel se emplean medidores indirectos de presión diferencial, que miden el nivel por diferencia de presión entre un nivel de referencia y la superficie del líquido.

- Medidores de nivel de sólido:

Se utilizan medidores de sonda.

→ Medidores de temperatura:

Para medir la temperatura se eligen medidores tipo termopar, que son instrumentos que miden la temperatura a partir de la fuerza electromotriz generada por dos metales diferentes unidos.

Existen diferentes termopares en función de los metales utilizados en su fabricación, y poseen diferentes rangos de medida. En este caso, se van a utilizar termopares tipo T, de cobre-Constantán para un rango que no supere los 200 °C, este tipo se utiliza para toda la planta salvo para la medición de la temperatura en la torre de destilación CD-502 y la zona de tratamiento de gases que se usan termopares tipo J de hierro- Constantán que miden hasta 550 °C.

Para medir la temperatura en los reactores R-801 A/B en los que se superan los 600 °C se utilizan termopares tipo K, de cromel-alumel que son más caros que los anteriores pero llegan a medir hasta los 1100 °C.

Los termopares poseen otras ventajas interesantes en este proceso como la resistencia a la humedad y a la corrosión, además de una precisión entre que oscila entre 0,4 y 0,8°C.

→ Medidores de presión:

Se han escogido medidores de presión diferencial, éstos miden la presión ejercida a partir de la deformación ejercida en un material elástico, estando dichas deformaciones previamente calibradas.

Los instrumentos más habituales son los de tipo Bourdon en "C", ya que resultan económicos. Además tienen un rango amplio de medida (0-1500 bar). El material elegido es acero inoxidable.

Para medir el vacío se utilizan vacuómetros de columna de líquido, entre ellos el vacuómetro de Mc-Leod, que obtiene la presión comprimiendo un gas con una columna de mercurio en un capilar.

5.4. Estrategia de control

El objetivo fundamental del control de la planta es asegurar la estabilidad del proceso y minimizar las oscilaciones que puedan producirse con el propósito de mantener las condiciones de operación dentro de unos límites seguros y obtener los productos con las especificaciones requeridas.

En cada lazo de control se llevan a cabo las siguientes operaciones:

- **Medición:** realizada los sensores y transmisores. Los sensores detectan variaciones que se producen en las variables medidas. Los transmisores por su parte transmiten esas señales desde los medidores a los controladores.
- **Decisión:** realizada por los controladores. Determinan la respuesta ante la perturbación detectada y su magnitud, es decir, la señal de control.
- **Actuación:** es el elemento final de control. Los actuadores responden directamente sobre el proceso según la señales de control enviada. Generalmente son válvulas o motores.

En primer lugar han de determinarse los objetivos de control del proceso, y establecer las variables medibles y manipulables, para posteriormente establecer los lazos de regulación más adecuados.

En la mayoría de las ocasiones se han empleado lazos de control simple, combinados en algunos casos con lazos más complejos como en control en cascada, control ratio, control override, lazo feedforward y control selectivo.

- El control ratio o de proporciones se emplea para mantener una determinada proporción entre los flujos de dos corrientes.

- El control en cascada consiste en unir dos lazos de control, de modo que el lazo externo fija la consigna del lazo interno, de esta manera que éste corrige las perturbaciones evitando que estas se transmitan al lazo exterior.

- El control override; en él una misma válvula controla dos variables diferentes, de manera que se coloca un selector que transmite la señal de la variable que normalmente se controla, salvo cuando la otra alcanza un valor límite.

- El control feedforward se emplea como compensación en delante, incluyendo un lazo que mide y transmite una variable que puede modificar la que estamos controlando, sirve para absorber perturbaciones de manera más rápida sin que afecten al sistema.

- El control selectivo que a partir de varios transmisores se transmite la señal más desfavorable a través de un selector de alta o de baja.

A continuación se describe el control detallado de cada una de las áreas de la planta.

5.4.1. Control del área 100:

El área 100 corresponde a la sección de almacenamiento de ciclohexanol, está formada por siete tanques enterrados, todos ellos con el mismo control.

La característica principal del control de esta sección es su automatización y control mediante PLC.

Cada tanque consta de un lazo de nivel formado por un medidor transmisor LT que envía el nivel al LI quien se encarga de mandar la señal de nivel en cada momento al PLC.

A la salida de cada depósito va dispuesta una válvula de control de manera que durante la impulsión del ciclohexanol a la planta sólo está abierta la que corresponde al tanque del que se bombea el reactivo.

El lazo que controla la apertura y cierre de cada una de las válvulas consta de un hand switch al que llega la señal de nivel del tanque desde el PLC. Este controlador consta de dos alarmas; una de nivel de alta y otra de nivel de baja. El control que realiza el PLC se basa en mandar señal de apertura de la válvula si y sólo si se sobrepasa el nivel de mínima. Esta válvula es una válvula de control de posición, que sólo puede situarse en dos posiciones: abierta o cerrada.

Todas las señales que llegan al PLC son:

- Nivel T-101.
- Nivel T-102.
- Nivel T-103.
- Nivel T-104.
- Nivel T-105.
- Nivel T-106.
- Nivel T-107.

Las señales enviadas desde el PLC a los diferentes hand-switch son:

- Posición válvula XV- 1002.
- Posición válvula XV- 1006.

- Posición válvula XV- 1010.
- Posición válvula XV- 1014.
- Posición válvula XV- 1018.
- Posición válvula XV- 1022.
- Posición válvula XV- 1024.

La secuencia lógica que sigue el PLC-1 es:

- 1º.- Recibe señal de nivel de T-101.
- 2º.- Abre la válvula XV-1002, si y sólo si el nivel es mayor a la consigna de mínima.
- 3º.- Se bombea de tanque T-101 hasta que el nivel iguala a la consigna de mínima.
- 4º.- Se abre la válvula de posición de un tanque que esté lleno.
- 5º.- Se cierra la válvula del tanque del que se succionaba.

El PLC-1 consta de memoria luego es capaz de saber en cada momento el nivel de cada uno de los tanques para poder ir bombeando sólo de aquellos que estén llenos.

Además del control en el vaciado de los tanques cada depósito consta de una inertización; importante en el llenado de los mismos. El lazo mide la presión de la línea que se regula mediante un control de rango partido: si la presión está por debajo de la del tanque actúa el controlador PX-A, sobre la línea de gas inerte dejando pasar este gas, en este caso nitrógeno al tratarse de ciclohexanol, que entra en el tanque para mantener la presión. Si por el contrario la presión es superior, por ejemplo durante el llenado del tanque, actúa el controlador PX-B, que abre la válvula PCV-B permitiendo la salida de gases hasta alcanzar la presión requerida. Los gases que salen lo hacen en una línea dirigida a la antorcha.

Cada depósito también consta de una válvula de seguridad, permitiendo la respiración de los tanques. La presión de tarado se encuentra entre -0.02 y 0.05 barg. Esta válvula actúa como un venteo abriéndose o cerrándose si la presión en el interior del depósito sobrepasa el 1,05 bar o baja hasta 0.98 bar.

A continuación se enumera una lista con los lazos explicados anteriormente para cada uno de los tanques que forma el área 100:

→*Tanque T101:*

-Lazo 1001: formado por LT 1001 y LI 1001: controlador de nivel.

-Lazo 1002: formado por HS 1002 y la válvula XV 1002: controlador de la posición de la válvula: abierta o cerrada.

-Lazo 1003: constituido por el transmisor PT 1003, los controladores PC 1003 y PX 1003 A/B y las válvulas de control de presión PCV 1003 A/B.

-PSV 1004: válvula de seguridad tarada entre -0.02 y 0.05 barg.

→*Tanque T104:*

-Lazo 1005: formado por LT 1005 y LI 1005: controlador de nivel.

-Lazo 1006: formado por HS 1006 y la válvula XV 1006: controlador de la posición de la válvula: abierta o cerrada.

-Lazo 1007: constituido por el transmisor PT 1007, los controladores PC 1007 y PX 1007 A/B y las válvulas de control de presión PCV 1007 A/B.

-PSV 1008: válvula de seguridad tarada entre -0.02 y 0.05 barg.

→*Tanque T103:*

-Lazo 1009: formado por LT 1009 y LI 1009: controlador de nivel.

-Lazo 1010: formado por HS 1010 y la válvula XV 1010: controlador de la posición de la válvula: abierta o cerrada.

-Lazo 1011: constituido por el transmisor PT 1011, los controladores PC 1011 y PX 1011 A/B y las válvulas de control de presión PCV 1011 A/B.

-PSV 1012: válvula de seguridad tarada entre -0.02 y 0.05 barg.

→*Tanque T104:*

-Lazo 1013: formado por LT 1013 y LI 1013: controlador de nivel.

-Lazo 1014: formado por HS 1014 y la válvula XV 1014: controlador de la posición de la válvula: abierta o cerrada.

-Lazo 1015: constituido por el transmisor PT 1015, los controladores PC 1015 y PX 1015 A/B y las válvulas de control de presión PCV 1015 A/B.

-PSV 1016: válvula de seguridad tarada entre -0.02 y 0.05 barg.

→*Tanque T105*:

-Lazo 1017: formado por LT 1017 y LI 1017: controlador de nivel.

-Lazo 1018: formado por HS 1018 y la válvula XV 1018: controlador de la posición de la válvula: abierta o cerrada.

-Lazo 1019: constituido por el transmisor PT 1019, los controladores PC 1019 y PX 1019 A/B y las válvulas de control de presión PCV 1019 A/B.

-PSV 1020: válvula de seguridad tarada entre -0.02 y 0.05 barg.

→*Tanque T106*:

-Lazo 1021: formado por LT 1021 y LI 1021: controlador de nivel.

-Lazo 1022: formado por HS 1022 y la válvula XV 1022: controlador de la posición de la válvula: abierta o cerrada.

-Lazo 1023: constituido por el transmisor PT 1023, los controladores PC 1023 y PX 1023 A/B y las válvulas de control de presión PCV 1023 A/B.

-PSV 1024: válvula de seguridad tarada entre -0.02 y 0.05 barg.

→*Tanque T107*:

-Lazo 1025: formado por LT 1025 y LI 1025: controlador de nivel.

-Lazo 1026: formado por HS 1026 y la válvula XV 1026: controlador de la posición de la válvula: abierta o cerrada.

-Lazo 1027: constituido por el transmisor PT 1027, los controladores PC 1027 y PX 1027 A/B y las válvulas de control de presión PCV 1027 A/B.

-PSV 1028: válvula de seguridad tarada entre -0.02 y 0.05 barg.

5.4.2. Control del área 200:

El control de esta zona es prácticamente el mismo que el de la zona de almacenamiento de ciclohexanol.

El PLC que controla el suministro de ácido nítrico así como el llenado de los tanques se comparte con la unidad 100.

El lazo de nivel de los tanques está formado por un medidor de nivel en planta LG, que es un indicador de nivel de vidrio, para el que se necesita la disposición representada en los diagramas. Los valores de nivel del tanque se mandan a cada momento al PLC. El indicador tiene dos alarmas de alta y de baja, que son con las que trabaja el PLC para posibilitar el llenado y el vaciado del tanque.

A la salida de cada depósito va dispuesta una válvula de control de manera que durante la impulsión del ácido nítrico a la planta sólo está abierta la que corresponde al tanque del que se bombea el reactivo.

El lazo que controla la apertura y cierre de cada una de las válvulas consta de un hand switch al que llega la señal de nivel del tanque desde el PLC. Este controlador consta de dos alarmas; una de nivel de alta y otra de nivel de baja. El control que realiza el PLC se basa en mandar señal de apertura de la válvula si y sólo si se sobrepasa el nivel de mínima. Esta válvula es una válvula de control de posición, que sólo puede situarse en dos posiciones: abierta o cerrada.

Todas las señales que llegan al PLC son:

- Nivel T-201.
- Nivel T-202.
- Nivel T-203.
- Nivel T-204.
- Nivel T-205.
- Nivel T-206.
- Nivel T-207.
- Nivel T-208.
- Nivel T-209.

Las señales enviadas desde el PLC a los diferentes hand-switch son:

- Posición válvula XV- 2002.
- Posición válvula XV- 2006.
- Posición válvula XV- 2010.
- Posición válvula XV- 2014.
- Posición válvula XV- 2018.
- Posición válvula XV- 2022.
- Posición válvula XV- 2024.
- Posición válvula XV- 2028.
- Posición válvula XV- 2032.

La secuencia lógica que sigue el PLC-1 es:

- 1º.- Recibe señal de nivel de T-201.
- 2º.- Abre la válvula XV-2002, si y sólo si el nivel es mayor a la consigna de mínima.
- 3º.- Se bombea de tanque T-201 hasta que el nivel iguala a la consigna de mínima.
- 4º.- Se abre la válvula de posición de un tanque que esté lleno.
- 5º.- Se cierra la válvula del tanque del que se succionaba.

El PLC-1 consta de memoria luego es capaz de saber en cada momento el nivel de cada uno de los tanques para poder ir bombeando sólo de aquellos que estén llenos.

Además del control en el vaciado de los tanques cada depósito consta de una inertización; importante en el llenado de los mismos. El lazo mide la presión de la línea que se regula mediante un control de rango partido: si la presión está por debajo de la del tanque actúa el controlador PX-A, sobre la línea de gas inerte, en este caso aire, dejando pasar aire, que entra en el tanque para mantener la presión. Si por el contrario la presión es superior, por ejemplo durante el llenado del tanque, actúa el controlador PX-B, que abre la válvula PCV-B permitiendo la salida de gases hasta alcanzar la presión requerida. Los gases que salen lo hacen en una línea dirigida a la antorcha.

Cada depósito también consta de una válvula de seguridad, permitiendo la respiración de los tanques. La presión de tarado se encuentra entre -0.02 y 0.05 barg.

Esta válvula actúa como un venteo abriéndose o cerrándose si la presión en el interior del depósito sobrepasa el 1,05 bar o baja hasta 0.98 bar.

A continuación se enumera una lista con los lazos explicados anteriormente para cada uno de los tanques que forma el área 200:

→*Tanque T201:*

-Lazo 2001: formado por LT 2001 y LI 2001: controlador de nivel.

-Lazo 2002: formado por HS 2002 y la válvula XV 2002: controlador de la posición de la válvula: abierta o cerrada.

-Lazo 2003: constituido por el transmisor PT 2003, los controladores PC 2003 y PX 2003 A/B y las válvulas de control de presión PCV 2003 A/B.

-PSV 2004: válvula de seguridad tarada entre -0.02 y 0.05 barg.

→*Tanque T202:*

-Lazo 2005: formado por LT 2005 y LI 2005: controlador de nivel.

-Lazo 2006: formado por HS 2006 y la válvula XV 2006: controlador de la posición de la válvula: abierta o cerrada.

-Lazo 2007: constituido por el transmisor PT 2007, los controladores PC 2007 y PX 2007 A/B y las válvulas de control de presión PCV 2007 A/B.

-PSV 2008: válvula de seguridad tarada entre -0.02 y 0.05 barg.

→*Tanque T203:*

-Lazo 2009: formado por LT 2009 y LI 2009: controlador de nivel.

-Lazo 2010: formado por HS 2010 y la válvula XV 2010: controlador de la posición de la válvula: abierta o cerrada.

-Lazo 2011: constituido por el transmisor PT 2011, los controladores PC 2011 y PX 2011 A/B y las válvulas de control de presión PCV 2011 A/B.

-PSV 2012: válvula de seguridad tarada entre -0.02 y 0.05 barg.

→Tanque T204:

- Lazo 2013: formado por LT 2013 y LI 2013: controlador de nivel.
- Lazo 2014: formado por HS 2014 y la válvula XV 2014: controlador de la posición de la válvula: abierta o cerrada.
- Lazo 2015: constituido por el transmisor PT 2015, los controladores PC 2015 y PX 2015 A/B y las válvulas de control de presión PCV 2015 A/B.
- PSV 2016: válvula de seguridad tarada entre -0.02 y 0.05 barg.

→Tanque T205:

- Lazo 2017: formado por LT 2017 y LI 2017: controlador de nivel.
- Lazo 2018: formado por HS 2018 y la válvula XV 2018: controlador de la posición de la válvula: abierta o cerrada.
- Lazo 2019: constituido por el transmisor PT 2019, los controladores PC 2019 y PX 2003 A/B y las válvulas de control de presión PCV 2019 A/B.
- PSV 2020: válvula de seguridad tarada entre -0.02 y 0.05 barg.

→Tanque T206:

- Lazo 2021: formado por LT 2021 y LI 2021: controlador de nivel.
- Lazo 2022: formado por HS 2022 y la válvula XV 2022: controlador de la posición de la válvula: abierta o cerrada.
- Lazo 2023: constituido por el transmisor PT 2023, los controladores PC 2023 y PX 2023 A/B y las válvulas de control de presión PCV 2023 A/B.
- PSV 2024: válvula de seguridad tarada entre -0.02 y 0.05 barg.

→Tanque T207:

- Lazo 2025: formado por LT 2001 y LI 2001: controlador de nivel.
- Lazo 2026: formado por HS 2026 y la válvula XV 2026: controlador de la posición de la válvula: abierta o cerrada.
- Lazo 2027: constituido por el transmisor PT 2027, los controladores PC 2027 y PX 2027 A/B y las válvulas de control de presión PCV 2027 A/B.

-PSV 2028: válvula de seguridad tarada entre -0.02 y 0.05 barg.

→*Tanque T208*:

-Lazo 2029: formado por LT 2029 y LI 2029: controlador de nivel.

-Lazo 2030: formado por HS 2030 y la válvula XV 2030: controlador de la posición de la válvula: abierta o cerrada.

-Lazo 2031: constituido por el transmisor PT 2031, los controladores PC 2031 y PX 2031 A/B y las válvulas de control de presión PCV 2031 A/B.

-PSV 2032: válvula de seguridad tarada entre -0.02 y 0.05 barg.

→*Tanque T209*:

-Lazo 2033: formado por LT 2001 y LI 2001: controlador de nivel.

-Lazo 2034: formado por HS 2034 y la válvula XV 2034: controlador de la posición de la válvula: abierta o cerrada.

-Lazo 2035: constituido por el transmisor PT 2035, los controladores PC 2035 y PX 2035 A/B y las válvulas de control de presión PCV 2035 A/B.

-PSV 2036: válvula de seguridad tarada entre -0.02 y 0.05 barg.

5.4.3. Control del área 300:

- Lazo 3002: Este lazo se encarga de controlar la proporción de reactivos que se alimentan al reactor R-301 A/B. El lazo consta de dos medidores y transmisores de flujo, FE 3002 A/B y FT 3002 A/B que miden sobre la corriente de ciclohexanol y la corriente de nítrico con la recirculación respectivamente. El control ratio actúa sobre la válvula FCV 3002 que abre o cierra la entrada de ciclohexanol según la señal del controlador FFC 3002.

- Lazo 3003: El lazo 3003 controla la temperatura en la primera etapa de reacción, en los reactores R-301 A/B. Se dispone de dos medidores y transmisores de temperatura en cada reactor, uno colocado en la parte superior del equipo y el otro en la inferior. Sendos transmisores mandan la señal al controlador TC-3003 A/B que además de ser un controlador de temperatura es un selector de alta; de manera que si en algún momento la temperatura se dispara en algún punto del reactor actúa sobre la válvula FCV 3003 A/B, que consta de un lazo de control de flujo en cascada. Así el controlador de temperatura manda la señal al controlador de flujo FC-3003 que se encarga de abrir o cerrar la válvula de entrada de agua de refrigeración en el reactor.

Las válvulas que controlan la entrada de agua de refrigeración tienen un servomotor de aire abre, de manera que si no llega señal neumática al actuador por fallo de aire permanecen abiertas para que no aumente de manera descontrolada la temperatura en los reactores.

Este lazo es el responsable del control del grado de avance de la primera etapa de la reacción, por ello es tan importante mantener una temperatura constante en el interior del reactor. Si se produjese un fallo en el suministro de agua de refrigeración la temperatura aumentaría sin control en el reactor y a la salida la cantidad de ácido nitrolítico y de adípico no serían las esperadas.

- Lazo 3004: consta de un transmisor de presión que mide la presión en el reactor R-301 A y manda la señal a un indicador de presión PI 3004 que es una alarma de alta presión.

- Lazo 3006: consta de un transmisor de presión que mide la presión en el reactor R-301 B y manda la señal a un indicador de presión PI 3006 que es una alarma de alta presión.

- Lazo 3008: consta de un transmisor de presión que mide la presión en el reactor R-301 C y manda la señal a un indicador de presión PI 3008 que es una alarma de alta presión.

- Lazo 3010: es un lazo que controla la presión en la línea de salida de los gases de la primera etapa de reacción, consta de un medidor y transmisor de presión PT 3010. Éste manda la señal a PC 3010 que actúa abriendo o cerrando la válvula PCV 3010.

-Lazo 3011: éste lazo controla la temperatura en los reactores R-302 A/B/C. Tiene la misma manera de actuación que el lazo 3003: consta de sendos transmisores de temperatura que envían las señales a TC 3011, selector de alta y controlador de la temperatura actuando sobre la válvula FCV 3011, regulada con un control en cascada. El lazo interno es de control de flujo de la entrada de agua de refrigeración.

Las válvulas que controlan la entrada de agua de refrigeración tienen un servomotor de aire abre, de manera que si no llega señal neumática al actuador por fallo de aire permanecen abiertas para que no aumente de manera descontrolada la temperatura en los reactores.

Al igual que el control de temperatura en la primera etapa de reacción, este lazo es el responsable del control del grado de avance de la segunda fase de la reacción, por ello es tan importante mantener una temperatura constante en el interior del reactor. Si se produjese un fallo en el suministro de agua de refrigeración la temperatura aumentaría sin control en el reactor y a la salida la cantidad de ácido adípico no la esperada. Además en estos segundos reactores el calor desprendido en la reacción es mucho mayor porque se genera la mayor parte del ácido adípico por lo que el control de la temperatura es un punto crítico del proceso.

- Lazo 3012, lazo 3014, lazo 3016: constan de un transmisor de presión que mide la presión en el reactor R-302 A, B o C y manda la señal a su correspondiente indicador de presión que es una alarma de alta presión.

- Lazo 3018: es un lazo para regular la presión de salida de los gases formados en los reactores R-302 A/B/C. El transmisor de presión manda la señal al controlador PC 3018 que actúa sobre la válvula PCV 3018 que se abre o cierra si aumenta o disminuye la presión medida.

- Las bombas B-301 A/B y B-302 A/B constan de indicadores de presión (PI 3001 A/B y PI 3019 A/B) en la impulsión de las mismas para comprobar su buen funcionamiento.

- Además el área 300 dispone de las siguientes válvulas de seguridad en los equipos:

- PSV 3005: válvula de alivio en el reactor R-301A con una presión de tarado de 5,4 barg.
- PSV 3007: válvula de alivio en el reactor R-301B con una presión de tarado de 5,4 barg.
- PSV 3009: válvula de alivio en el reactor R-301C con una presión de tarado de 5,4 barg.
- PSV 3013: válvula de alivio en el reactor R-302A con una presión de tarado de 4,3 barg.
- PSV 3015: válvula de alivio en el reactor R-302B con una presión de tarado de 4,3 barg.
- PSV 3017: válvula de alivio en el reactor R-302C con una presión de tarado de 4,3 barg.

5.4.4. Control del área 400:

- Lazo 4001: se encarga del control de proporciones de las entradas al desorbedor D-401. El lazo está formado por dos medidores de flujo FE 4001A y FE 4001 B que miden el flujo de la corriente líquida de entrada al equipo y el flujo de aire que sale del compresor C-401 respectivamente. Este lazo actúa en cascada con un lazo interno de control de velocidad del motor del compresor, SC 4001. Si se produce alguna perturbación en la corriente líquida que va a entrar en el desorbedor y aumenta o disminuye, el instrumento SC-4001 hará que aumente la velocidad del motor y por consiguiente el aire de entrada en la columna controlando la proporción necesaria para el buen funcionamiento del mismo.

- Lazo 4003: consta de un transmisor de presión que mide la presión en el desorbedor D-401 mandando la señal a su correspondiente indicador de presión que es una alarma de alta presión.

- Lazo 4005: este lazo se encarga de regular la presión en la corriente de salida de líquido del desorbedor D-401. Esta línea se encuentra a una presión de 3 bar y debe disminuir su presión hasta 1,5 bar por lo que la válvula PSV 4005 es una válvula de expansión que autocontrola la presión de la línea.

- Lazo 4006: es un lazo que controla la temperatura de la zona de cabezas de la torre de destilación CD-401. El medidor de temperatura se encuentra en la zona superior de la torre que transmite la señal al controlador TC-4006, abriendo o cerrando la válvula de reflujo a la torre si disminuye o aumenta la temperatura en la cabeza de la columna.

- Lazo 4007: este lazo se encarga de controlar la temperatura en el condensador CO-401 con la salida de agua de refrigeración del mismo. Se mide la temperatura en la corriente de salida de vapor en la cabeza de la columna y se abre o cierra la válvula TCV 4007 si la temperatura experimenta perturbaciones.

- Lazo 4008: es un lazo de nivel que controla la altura de líquido en la bota del condensador CO-401. El controlador tiene una consigna de nivel mínimo de manera que si la altura de condensado se encuentra por debajo se cierra la válvula LCV 4008. Es un lazo necesario para mantener el nivel necesario para asegurar el funcionamiento de la bomba B-401 A/B

- Lazo 4010: consta de un transmisor de presión que mide la presión en el desorbedor CD-401 mandando la señal a su correspondiente indicador de presión que es una alarma de alta presión.

- Lazo 4012: es un control de nivel que garantiza que existe un nivel mínimo en la torre de destilación CD-401. Consta de un controlador LC 4012 con un nivel de mínima que manda la señal a un enclavamiento parando la bomba en el caso de que no se disponga de suficiente nivel.

- Lazo 4013: controla la temperatura en la zona inferior de la columna de destilación CD-401. La medida de temperatura se realiza en la parte inferior mandando la señal al controlador TC 4013 que abre o cierra la válvula TCV 4013 de entrada de vapor en el ebullidor.

- Lazo 4015: controla la temperatura de la corriente de colas. El control se realiza sobre la corriente de salida de la torre CD-401 que se conduce al intercambiador IC-401 para bajar su temperatura de manera que la refrigeración en el posterior cristizador, CR-501, sea menor. Se coloca una corriente en by-pass de forma que si la temperatura de la corriente de salida del intercambiador aumenta se cierra la válvula en by-pass entrando más flujo en el intercambiador, bajando la temperatura. De igual manera si se produce una disminución en la temperatura la válvula se abre pasando menos flujo por el intercambiador.

- Las bombas B-401 A/B y B-402 A/B constan de indicadores de presión (PI 4009 A/B y PI 4014 A/B) en la impulsión de las mismas para comprobar su buen funcionamiento.

- El compresor C-401 también consta de un indicador de presión PI 4002 en la corriente de salida.

- Además el área 400 dispone de las siguientes válvulas de seguridad en los equipos:

- PSV 4004: válvula de alivio en la torre D-401 con una presión de tarado de 5,5 barg.
- PSV 4011: válvula de alivio en la torre CD-401 con una presión de tarado de 0,05 / -0,02 barg.

- PSV 4016: válvula de alivio en el ebulidor K-401 con una presión de tarado de 0,05 / -0,02 barg.
- PSV 4017: válvula de alivio en el condensador C-401 con una presión de tarado de 3,5 barg.

5.4.5. Control del área 500:

- Lazo 5001: está formado por una válvula todo o nada denominada XV-5001, cuya posición se determina desde panel remoto y a su vez devuelve una señal en función de la posición en la que se encuentre. Esta válvula abre o cierra el paso a la entrada de agua de refrigeración al cristizador CR-501.

- Lazo 5002: consta de un transmisor y un controlador de temperatura, y como actuador una válvula de control. El transmisor toma la lectura de temperatura del interior del cristizador CR-501, y la válvula de control regula el flujo de agua de refrigeración a través del encamisado del equipo.

- Lazo 5003: compone un enclavamiento de seguridad para el funcionamiento de la bomba B-501. Esto es, el transmisor de nivel toma medida del interior del cristizador CR-501 y por debajo de un cierto nivel consigna la bomba se para, por riesgo de operación en cavitación. Esta señal, por tanto actúa sobre el motor de la bomba M-B501.

- Lazo 5004: formado por una válvula todo o nada denominada XV-5004, cuya posición se determina desde panel remoto y a su vez devuelve una señal en función de la posición en la que se encuentre. Esta válvula abre o cierra el paso a la entrada de agua de proceso para la etapa de lavado del filtro F-501.

- Lazo 5005: compone un enclavamiento de seguridad para el funcionamiento de la bomba B-502. Esto es, el transmisor de nivel toma medida del interior del cubeto de F-501 y por debajo de un cierto nivel consigna la bomba se para, por riesgo de operación en cavitación. Esta señal, por tanto actúa sobre el motor de la bomba M-B502.

- Lazo 5007: formado por una válvula todo o nada denominada XV-5007, cuya posición se determina desde panel remoto y a su vez devuelve una señal en función de la posición en la que se encuentre. Esta válvula abre o cierra el paso a la entrada de agua de proceso para la etapa redisolución de sólidos en TD-501.

- Lazo 5008: consta de un transmisor y un controlador de temperatura, y como actuador una válvula de control. El transmisor toma la lectura de temperatura del

interior del tanque de redisolución TD-501, y la válvula de control regula el flujo de vapor necesario a través del encamisado del equipo.

- Lazo 5009: el transmisor de nivel da el valor de nivel de vapor de condensado que hay en el interior del encamisado del tanque de redisolución TD-501, que se controla con la válvula de control LCV-5009 de forma que garantizando siempre un nivel mínimo de nivel de condensado se asegura el buen aprovechamiento del vapor como calefacción y la garantía de que del encamisado sólo sale líquido.

- Lazo 5010: compone un enclavamiento de seguridad para el funcionamiento de la bomba B-504. Esto es, el transmisor de nivel toma medida del interior del tanque TD-501 y por debajo de un cierto nivel mínimo la bomba se para, por riesgo de operación en cavitación. Esta señal, por tanto actúa sobre el motor de la bomba M-B504.

- Lazo 5012: está formado por una válvula todo o nada denominada XV-5012, cuya posición se determina desde panel remoto y a su vez devuelve una señal en función de la posición en la que se encuentre. Esta válvula abre o cierra el paso a la entrada de agua de refrigeración al cristalizador CR-502.

- Lazo 5013: consta de un transmisor y un controlador de temperatura, y como actuador una válvula de control. El transmisor toma la lectura de temperatura del interior del cristalizador CR-502, y la válvula de control regula el flujo de agua de refrigeración a través del encamisado del equipo.

- Lazo 5014: compone un enclavamiento de seguridad para el funcionamiento de la bomba B-505. Esto es, el transmisor de nivel toma medida del interior del cristalizador CR-502 y por debajo de un cierto nivel consigna la bomba se para, por riesgo de operación en cavitación. Esta señal, por tanto actúa sobre el motor de la bomba M-B505.

- Lazo 5015: formado por una válvula todo o nada denominada XV-5015, cuya posición se determina desde panel remoto y a su vez devuelve una señal en función de la posición en la que se encuentre. Esta válvula abre o cierra el paso a la entrada de agua de proceso para la etapa de lavado del filtro F-502.

- Lazo 5016: compone un enclavamiento de seguridad para el funcionamiento de la bomba B-506. Esto es, el transmisor de nivel toma medida del interior del cubeto de F-502 y por debajo de un cierto nivel consigna la bomba se para, por riesgo de operación en cavitación. Esta señal, por tanto actúa sobre el motor de la bomba M-B506.

- Lazo 5018: compuesto por un transmisor de temperatura que da la temperatura de la corriente que sale del intercambiador de calor IC-501 para entrar en el cristalizador CR-503. Según la lectura la válvula de control TCV-5018 regula el flujo a través del by-pass. Es un lazo fundamentalmente de seguridad, pues asegura que la temperatura de la corriente de entrada a CR-503 nunca disminuya por debajo de un cierto valor consigna y no suceda la cristalización de la corriente antes de su llegada al cristalizador.

- Lazo 5019: formado por un sensor y un transmisor de temperatura. Es un lazo meramente informativo. Su función es la de dar el valor de la temperatura en la parte superior de la torre de destilación CD-501.

- Lazo 5020: la válvula de control TCV-5020 regula la entrada de agua de refrigeración al condensador CO-501, en función de la temperatura de destilado obtenida a la salida del mismo.

- Lazo 5021: el actuador de este lazo es el motor de la bomba de vacío BV-501, pues se mide la presión en el condensador CO-501 y mediante la variación de frecuencia de la bomba se regula la presión en la cabeza de la torre de destilación CD-501.

- Lazo 5023A/B: se encarga de controlar el sistema de despresurización de la torre. Cuando en el tanque DP-501A se alcanza un determinado nivel se cierra la válvula de entrada, y se abren la de salida y la que conecta con la atmósfera. En ese momento se cierran las mismas en el tanque DP-501B. Entonces mientras el tanque A descarga a presión atmosférica, el B se llena a vacío.

- Lazo 5025: mide la temperatura que hay en la parte superior de la torre de destilación CD-501 y en función del valor se abre o cierra la válvula TCV-5025 que regula el reflujo a la torre.

- Lazo 5026: el transmisor de nivel toma medida de la parte inferior de la columna de destilación CD-501 y regula mediante la válvula de control LCV-5026 que permite el paso a la salida por colas de la torre.

- Lazo 5028: formado por un sensor, un transmisor de temperatura y una alarma de alta temperatura. Es un lazo con doble función: de seguridad e informativa. Su función es la de dar el valor de la temperatura en el reboiler K-501 y por encima de una temperatura de consigna salta la alarma para llevar a cabo la secuencia de operaciones pertinentes.

- Lazo 5029: es un control en cascada. El lazo interno, o el rápido, mide el flujo de vapor de calefacción que entra en el reboiler K-501 y actúa sobre TCV-5029 y que permite el flujo de vapor al reboiler. El lazo lento, mide la temperatura en la parte inferior de la torre CD-501 e impone la consigna al control de flujo de vapor.

- Lazo 5030: está formado por una válvula todo o nada denominada XV-5030, cuya posición se determina desde panel remoto y a su vez devuelve una señal en función de la posición en la que se encuentre. Esta válvula abre o cierra el paso a la entrada de agua de refrigeración al cristalizador CR-503.

- Lazo 5031: consta de un transmisor y un controlador de temperatura, y como actuador una válvula de control. El transmisor toma la lectura de temperatura del interior del cristalizador CR-503, y la válvula de control regula el flujo de agua de refrigeración a través del encamisado del equipo.

- Lazo 5032: compone un enclavamiento de seguridad para el funcionamiento de la bomba B-511. Esto es, el transmisor de nivel toma medida del interior del cristalizador CR-503 y por debajo de un cierto nivel consigna la bomba se para, por riesgo de operación en cavitación. Esta señal, por tanto actúa sobre el motor de la bomba M-B511.

- Lazo 5034: formado por una válvula todo o nada denominada XV-5034, cuya posición se determina desde panel remoto y a su vez devuelve una señal en función de la posición en la que se encuentre. Esta válvula abre o cierra el paso a la entrada de agua de proceso para la etapa de lavado del filtro F-503.

- Lazo 5036: es un lazo en cascada con una secuencia de acciones. El lazo rápido mide el nivel del tanque TDH-501A y en el momento que sobrepasa un valor de nivel mínimo asignado se conecta el control de temperatura, que es el lazo externo. Este lazo mide la temperatura en el interior del tanque y controla la alimentación de vapor al encamisado del tanque para garantizar la temperatura óptima de operación. El flujo de vapor se regula a través de la válvula de control TCV-5036.

- Lazo 5037: el transmisor de nivel da el valor de nivel de vapor de condensado que hay en el interior del encamisado del tanque de deshidratación TDH-501A, que se controla con la válvula de control LCV-5037 de forma que garantizando siempre un nivel mínimo de nivel de condensado se asegura el buen aprovechamiento del vapor como calefacción y la garantía de que del encamisado sólo sale líquido.

- Lazo 5038: formado por una válvula todo o nada denominada XV-5038, cuya posición se determina desde panel remoto y a su vez devuelve una señal en función de la posición en la que se encuentre. Esta válvula abre o cierra el paso a la entrada de corriente principal a TDH-501A.

- Lazo 5039: formado por una válvula todo o nada denominada XV-5039, cuya posición se determina desde panel remoto y a su vez devuelve una señal en función de la posición en la que se encuentre. Esta válvula abre o cierra el paso a la salida de corriente principal de TDH-501A.

- Lazo 5040: este lazo mide la presión dentro del tanque de deshidratación TDH-501A y regula la posición de la válvula de control PCV-5040 para garantizar el vacío necesario en el reactor. Este lazo forma parte de la Función 1 del PLC-1 puesto que sólo está en funcionamiento cuando las válvulas XV-5038 y XV-5039 están cerradas y hay nivel en el interior del tanque.

- Lazo 5041: es el lazo que da valores continuos del nivel en el interior del tanque de deshidratación TDH-501A mediante un transmisor de nivel. Además cuenta con una alarma de alta que interviene en la Función 1 del PLC-1, pues cuando se alcanza el nivel asignado se activa la alarma y se cierra la válvula XV-5038.

- Lazo 5042: es un lazo en cascada con una secuencia de acciones. El lazo rápido mide el nivel del tanque TDH-501B y en el momento que sobrepasa un valor de nivel mínimo asignado se conecta el control de temperatura, que es el lazo externo.

Este lazo mide la temperatura en el interior del tanque y controla la alimentación de vapor al encamisado del tanque para garantizar la temperatura óptima de operación. El flujo de vapor se regula a través de la válvula de control TCV-5042.

- Lazo 5043: el transmisor de nivel da el valor de nivel de vapor de condensado que hay en el interior del encamisado del tanque de deshidratación TDH-501B, que se controla con la válvula de control LCV-5043 de forma que garantizando siempre un nivel mínimo de nivel de condensado se asegura el buen aprovechamiento del vapor como calefacción y la garantía de que del encamisado sólo sale líquido.

- Lazo 5044: formado por una válvula todo o nada denominada XV-5044, cuya posición se determina desde panel remoto y a su vez devuelve una señal en función de la posición en la que se encuentre. Esta válvula abre o cierra el paso a la entrada de corriente principal a TDH-501B.

- Lazo 5045: formado por una válvula todo o nada denominada XV-5045, cuya posición se determina desde panel remoto y a su vez devuelve una señal en función de la posición en la que se encuentre. Esta válvula abre o cierra el paso a la salida de corriente principal de TDH-501B.

- Lazo 5046: este lazo mide la presión dentro del tanque de deshidratación TDH-501B y regula la posición de la válvula de control PCV-5046 para garantizar el vacío necesario en el reactor. Este lazo forma parte de la Función 1 del PLC-1 puesto que sólo está en funcionamiento cuando las válvulas XV-5044 y XV-5045 están cerradas y hay nivel en el interior del tanque.

- Lazo 5047: es el lazo que da valores continuos del nivel en el interior del tanque de deshidratación TDH-501B mediante un transmisor de nivel. Además cuenta con una alarma de alta que interviene en la Función 1 del PLC-1, pues cuando se alcanza el nivel asignado se activa la alarma y se cierra la válvula XV-5044.

- Lazo 5048: es un lazo en cascada con una secuencia de acciones. El lazo rápido mide el nivel del tanque TDH-501C y en el momento que sobrepasa un valor de nivel mínimo asignado se conecta el control de temperatura, que es el lazo externo. Este lazo mide la temperatura en el interior del tanque y controla la alimentación de vapor al encamisado del tanque para garantizar la temperatura óptima de operación. El flujo de vapor se regula a través de la válvula de control TCV-5048.

- Lazo 5049: el transmisor de nivel da el valor de nivel de vapor de condensado que hay en el interior del encamisado del tanque de deshidratación TDH-501C, que se controla con la válvula de control LCV-5049 de forma que garantizando siempre un nivel mínimo de nivel de condensado se asegura el buen aprovechamiento del vapor como calefacción y la garantía de que del encamisado sólo sale líquido.

- Lazo 5050: formado por una válvula todo o nada denominada XV-5050, cuya posición se determina desde panel remoto y a su vez devuelve una señal en función de la posición en la que se encuentre. Esta válvula abre o cierra el paso a la entrada de corriente principal a TDH-501C.

- Lazo 5051: formado por una válvula todo o nada denominada XV-5051, cuya posición se determina desde panel remoto y a su vez devuelve una señal en función de la posición en la que se encuentre. Esta válvula abre o cierra el paso a la salida de corriente principal de TDH-501C.

- Lazo 5052: este lazo mide la presión dentro del tanque de deshidratación TDH-501C y regula la posición de la válvula de control PCV-5052 para garantizar el vacío necesario en el reactor. Este lazo forma parte de la Función 1 del PLC-1 puesto que sólo está en funcionamiento cuando las válvulas XV-5050 y XV-5051 están cerradas y hay nivel en el interior del tanque.

- Lazo 5053: es el lazo que da valores continuos del nivel en el interior del tanque de deshidratación TDH-501C mediante un transmisor de nivel. Además cuenta con una alarma de alta que interviene en la Función 1 del PLC-1, pues cuando se alcanza el nivel asignado se activa la alarma y se cierra la válvula XV-5050.

- Lazo 5056: formado por un sensor y un transmisor de temperatura. Es un lazo meramente informativo. Su función es la de dar el valor de la temperatura en la parte superior de la torre de destilación CD-502.

- Lazo 5057: la válvula de control TCV-5057 regula la entrada de agua de refrigeración al condensador CO-502, en función de la temperatura de destilado obtenida a la salida del mismo.

- Lazo 5058: el actuador de este lazo es el motor de la bomba de vacío BV-503, pues se mide la presión en el condensador CO-502 y mediante la variación de frecuencia de la bomba se regula la presión en la cabeza de la torre de destilación CD-502.

- Lazo 5080A/B: se encarga de controlar el sistema de despresurización de la torre. Cuando en el tanque DP-502A se alcanza un determinado nivel se cierra la válvula de entrada, y se abren la de salida y la que conecta con la atmósfera. En ese momento se cierran las mismas en el tanque DP-502B. Entonces mientras el tanque A descarga a presión atmosférica, el B se llena a vacío.

- Lazo 5060: mide la temperatura que hay en la parte superior de la torre de destilación CD-502 y en función del valor se abre o cierra la válvula TCV-5060 que regula el reflujo a la torre.

- Lazo 5061: el transmisor de nivel toma medida de la parte inferior de la columna de destilación CD-502 y regula mediante la válvula de control LCV-5061 que permite el paso a la salida por colas de la torre.

- Lazo 5063: formado por un sensor, un transmisor de temperatura y una alarma de alta temperatura. Es un lazo con doble función: de seguridad e informativa. Su función es la de dar el valor de la temperatura en el reboiler K-502 y por encima de una temperatura de consigna salta la alarma para llevar a cabo la secuencia de operaciones pertinentes.

- Lazo 5064: es un control en cascada. El lazo interno, o el rápido, mide el flujo de vapor de calefacción que entra en el reboiler K-502 y actúa sobre TCV-5064 y que permite el flujo de vapor al reboiler. El lazo lento, mide la temperatura en la parte inferior de la torre CD-502 e impone la consigna al control de flujo de vapor.

- Lazo 5065: compuesto por un transmisor de temperatura que da la temperatura de la corriente que sale del intercambiador de calor IC-502 para entrar en el tanque de redisolución TD-502. Según la lectura, la válvula de control TCV-5065 regula el flujo a través del by-pass. Es un lazo fundamentalmente de seguridad, pues asegura que la temperatura de la corriente de entrada a TD-502 nunca disminuya por debajo de un cierto valor consigna y no suceda la solidificación de la corriente antes de su llegada al tanque.

- Lazo 5068: formado por una válvula todo o nada denominada XV-5068, cuya posición se determina desde panel remoto y a su vez devuelve una señal en función de la posición en la que se encuentre. Esta válvula abre o cierra el paso a la entrada de agua de proceso para la etapa redisolución de sólidos en TD-502.

- Lazo 5069: compone un enclavamiento de seguridad para el funcionamiento de la bomba B-516. Esto es, el transmisor de nivel toma medida del interior del tanque TD-502 y por debajo de un cierto nivel mínimo la bomba se para, por riesgo de operación en cavitación. Esta señal, por tanto actúa sobre el motor de la bomba M-B516.

- Lazo 5071: está formado por una válvula todo o nada denominada XV-5071, cuya posición se determina desde panel remoto y a su vez devuelve una señal en función de la posición en la que se encuentre. Esta válvula abre o cierra el paso a la entrada de agua de refrigeración al cristizador CR-504.

- Lazo 5072: consta de un transmisor y un controlador de temperatura, y como actuador una válvula de control. El transmisor toma la lectura de temperatura del interior del cristizador CR-504, y la válvula de control regula el flujo de agua de refrigeración a través del encamisado del equipo.

- Lazo 5073: compone un enclavamiento de seguridad para el funcionamiento de la bomba B-517. Esto es, el transmisor de nivel toma medida del interior del cristizador CR-504 y por debajo de un cierto nivel consigna la bomba se para, por riesgo de operación en cavitación. Esta señal, por tanto actúa sobre el motor de la bomba M-B517.

- Lazo 5075: formado por una válvula todo o nada denominada XV-5075, cuya posición se determina desde panel remoto y a su vez devuelve una señal en función de la posición en la que se encuentre. Esta válvula abre o cierra el paso a la entrada de agua de proceso para la etapa de lavado del filtro F-504.

- Lazo 5077: este lazo mide el nivel de los cubetos de los filtros F-503 y F-504 y el controlador trabaja con la mayor de las dos señales. El actuador es la válvula de control de nivel que regula el vacío que se realiza en el tanque T-501. El vacío en este tanque controla el nivel de los cubetos de los filtros.

- Lazo 5079A/B: se encarga de controlar el sistema de despresurización de la torre. Cuando en el tanque DP-503A se alcanza un determinado nivel se cierra la válvula de entrada, y se abren la de salida y la que conecta con la atmósfera. En ese momento se cierran las mismas en el tanque DP-503B. Entonces mientras el tanque A descarga a presión atmosférica, el B se llena a vacío.

- Las bombas cuentan con indicadores de presión en la impulsión de las mismas para comprobar su buen funcionamiento. En la zona 500 los siguientes lazos de control corresponden a dichos indicadores y seguidamente se relacionan con la bomba con la que trabajan:

PI 5006 A/B	→	B-502 A/B
PI 5011 A/B	→	B-504 A/B
PI 5017 A/B	→	B-506 A/B
PI 5022 A/B	→	BV-501 A/B
PI 5024 A/B	→	B-508 A/B
PI 5027 A/B	→	B-509 A/B
PI 5033 A/B	→	B-511 A/B
PI 5035 A/B	→	B-512 A/B
PI 5054 A/B	→	BV-502 A/B
PI 5055 A/B	→	B-513 A/B
PI 5058' A/B	→	BV-503 A/B
PI 5059 A/B	→	B-514 A/B
PI 5062 A/B	→	B-515 A/B
PI 5070 A/B	→	B-516 A/B
PI 5074 A/B	→	B-517 A/B
PI 5076 A/B	→	B-518 A/B

- Además el área 500 dispone de las siguientes válvulas de seguridad en los equipos:

- PSV 5081: válvula de alivio en el cristalizador CR-501 con una presión de tarado entre 0,050 y –0,020 barg.
- PSV 5082: válvula de alivio en el tanque de redisolución TD-501 con una presión de tarado entre 0,050 y –0,020 barg.

- PSV 5083: válvula de alivio en el cristalizador CR-502 con una presión de tarado entre 0,050 y –0,020 barg.
- PSV 5084: válvula de alivio en el intercambiador de calor IC-501 con una presión de tarado de 3,6 barg.
- PSV 5085: válvula de alivio en la torre CD-501 con una presión de tarado de 3,2 2,9
- PSV 5086: válvula de alivio en el condensador CO-501 con una presión de tarado de 3,2 barg.
- PSV 5087: válvula de alivio en el reboiler K-501 con una presión de tarado de 3,2 barg.
- PSV 5088: válvula de alivio en el cristalizador CR-503 con una presión de tarado entre 0,050 y –0,020 barg.
- PSV 5089: válvula de alivio en el tanque de deshidratación TDH-501A con una presión de tarado de 2,7 barg.
- PSV 5090: válvula de alivio en tanque de deshidratación TDH-501B con una presión de tarado de 2,7 barg.
- PSV 5091: válvula de alivio en tanque de deshidratación TDH-501C con una presión de tarado de 2,7 barg.
- PSV 5092: válvula de alivio en el intercambiador de calor IC-502 con una presión de tarado de 3,2 barg.
- PSV 5093: válvula de alivio en la torre CD-502 con una presión de tarado de 2,9 barg.
- PSV 5094: válvula de alivio en el condensador CO-502 con una presión de tarado de 2,9 barg.
- PSV 5095: válvula de alivio en el reboiler K-502 con una presión de tarado de 2,9 barg.
- PSV 5096: válvula de alivio en el tanque de redisolución TD-502 con una presión de tarado entre 0,050 y –0,020 barg.
- PSV 5097: válvula de alivio en el cristalizador CR-504 con una presión de tarado entre 0,050 y –0,020 barg.

PLC-1

El control de la zona 500 requiere de un función compleja de secuencia de instrucciones en una sola etapa, la única de esta zona que se lleva a cabo por cargas

o ciclos, la deshidratación del ácido succínico en los tanques de deshidratación TDH-501 A/B/C.

Para esto se cuenta con un PLC al que llegan o del que salen las siguientes señales:

- Temperatura en el interior del Tanque TDH-501A (TT 5036).
- Posición de XV 5038.
- Posición de XV 5039.
- Posición de PCV 5040.
- Nivel en el interior del tanque TDH-501A (LT-5041).
- Temperatura en el interior del Tanque TDH-501B (TT 5042).
- Posición de XV 5044.
- Posición de XV 5045.
- Posición de PCV 5046.
- Nivel en el interior del tanque TDH-501B (LT-5047)
- Temperatura en el interior del Tanque TDH-501C (TT 5048).
- Posición de XV 5050.
- Posición de XV 5051.
- Posición de PCV 5052.
- Nivel en el interior del tanque TDH-501C (LT-5053).

Los tres tanques están funcionando simultáneamente, pero cada uno en una de las etapas del ciclo: carga, operación y descarga. Analizando la secuencia de situaciones llevadas a cabo en un ciclo completo para uno de los tanques resulta esta fórmula:

1º) Se cierra XV-5039 que permite la descarga del tanque.

2º) Se abre XV-5038 que permite la carga del tanque.

3º) Cuando el nivel en el tanque alcanza un valor consigna inmediatamente se abre TCV 5036 Permitiendo la entrada de vapor al encamisado, que a lo largo del proceso se autorregulará como un lazo de control de temperatura normal.

4º) Cuando el nivel detectado por LT 5041 llega al óptimo de operación se cierra la válvula de entrada al tanque XV-5038 y se activa el controlador de presión, por lo que comienza a realizarse el vacío en el tanque.

5º) En el instante en el que el transmisor de temperatura TT 5036 detecte la temperatura de operación se activará un temporizador con el tiempo de residencia estimado.

6º) Una vez completado el tiempo de deshidratación deja de intervenir el lazo de control de presión 5040 y la válvula PCV-5040 se cierra por completo.

7º) Se abre XV-5039 y se procede a descargar el tanque.

Este listado de funciones se realiza una y otra vez y en los tres tanques por igual.

La Función 1 del PLC-1 requiere por tanto de memoria para determinar correctamente en cual de las tres etapas (carga, descarga y operación) está cada uno de los depósitos, y cual es el lazo o actuador que interviene en el siguiente paso.

5.4.6. Control del área 600:

- Lazo 6001: formado por un transmisor de nivel y un indicador con alarma de alta. Da valores de nivel del silo SI-601.
- Lazo 6002: formado por una válvula todo o nada denominada XV-6002, cuya posición se determina desde panel remoto y a su vez devuelve una señal en función de la posición en la que se encuentre. Esta válvula abre o cierra el paso a la entrada de corriente principal secadero S-601.
- Lazo 6003: consta de un transmisor y un controlador de temperatura, y como actuador una válvula de control. El transmisor toma la lectura de temperatura del interior del secadero S-601, y la válvula de control regula el flujo de vapor necesario a través del encamisado del equipo.
- Lazo 6004: el transmisor de nivel da el valor de nivel de vapor de condensado que hay en el interior del encamisado del secadero S-601, que se controla con la válvula de control LCV-6004 de forma que garantizando siempre un nivel mínimo de nivel de condensado se asegura el buen aprovechamiento del vapor como calefacción y la garantía de que del encamisado sólo sale líquido.
- Lazo 6005: formado por una válvula todo o nada denominada XV-6005, cuya posición se determina desde panel remoto y a su vez devuelve una señal en función de la posición en la que se encuentre. Esta válvula abre o cierra el paso a la entrada de aire de secado al secadero S-601.
- Lazo 6006: formado por una válvula todo o nada denominada XV-6006, cuya posición se determina desde panel remoto y a su vez devuelve una señal en función de la posición en la que se encuentre. Esta válvula abre o cierra el paso a la salida de aire de secado al secadero S-601.
- Lazo 6007: formado por un transmisor de nivel y un indicador con alarma de alta. Da valores de nivel del secadero S-601 y cuando se alcanza un determinado nivel de llenado se activa la alarma, se cierra XV-6002 y se abren XV-6005 y XV-6006. Este lazo interviene, por tanto, en la Función 1 del PLC-1.

- Lazo 6008: formado por una válvula todo o nada denominada XV-6008, cuya posición se determina desde panel remoto y a su vez devuelve una señal en función de la posición en la que se encuentre. Esta válvula abre o cierra el paso a la entrada de corriente principal secadero S-602.

- Lazo 6009: consta de un transmisor y un controlador de temperatura, y como actuador una válvula de control. El transmisor toma la lectura de temperatura del interior del secadero S-602, y la válvula de control regula el flujo de vapor necesario a través del encamisado del equipo.

- Lazo 6010: el transmisor de nivel da el valor de nivel de vapor de condensado que hay en el interior del encamisado del secadero S-602, que se controla con la válvula de control LCV-6010 de forma que garantizando siempre un nivel mínimo de nivel de condensado se asegura el buen aprovechamiento del vapor como calefacción y la garantía de que del encamisado sólo sale líquido.

- Lazo 6011: formado por una válvula todo o nada denominada XV-6011, cuya posición se determina desde panel remoto y a su vez devuelve una señal en función de la posición en la que se encuentre. Esta válvula abre o cierra el paso a la entrada de aire de secado al secadero S-602.

- Lazo 6012: formado por una válvula todo o nada denominada XV-6012, cuya posición se determina desde panel remoto y a su vez devuelve una señal en función de la posición en la que se encuentre. Esta válvula abre o cierra el paso a la salida de aire de secado al secadero S-602.

- Lazo 6013: formado por un transmisor de nivel y un indicador con alarma de alta. Da valores de nivel del secadero S-602 y cuando se alcanza un determinado nivel de llenado se activa la alarma, se cierra XV-6011 y se abren XV-6012 y XV-6006. Este lazo interviene, por tanto, en la Función 1 del PLC-1.

- Lazo 6014: formado por un transmisor de nivel y un indicador con alarma de alta. Da valores de nivel del silo SI-602.

- Lazo 6015: formado por un transmisor de nivel y un indicador con alarma de alta. Da valores de nivel del silo SI-603.

- Lazo 6016: formado por un transmisor de nivel y un indicador con alarma de alta. Da valores de nivel del silo SI-604.
- Lazo 6017: formado por un transmisor de nivel y un indicador con alarma de alta. Da valores de nivel del silo SI-605.
- Lazo 6018: formado por un transmisor de nivel y un indicador con alarma de alta. Da valores de nivel del silo SI-606.
- Lazo 6019: formado por un transmisor de nivel y un indicador con alarma de alta. Da valores de nivel del silo SI-607.

PLC-1

El control de la zona 600 requiere de un función compleja de secuencia de instrucciones en la etapa de secado de sólidos, que se lleva a cabo en los secadores S-601 y S-602.

Para esto se cuenta con un PLC al que llegan o del que salen las siguientes señales:

- Posición de XV 6002.
- Posición de XV 6005.
- Posición de XV 6006.
- Posición de XV 6008.
- Posición de XV 6011.
- Posición de XV 6012.

Los dos secadores están funcionando simultáneamente y de forma sincronizada pues la descarga de S-601 supone la carga de S-602. La secuencia de situaciones llevadas a cabo en un ciclo completo para uno de los tanques resulta esta fórmula:

1º) Se abre XV-6002 que permite la carga al secadero.

2º) Se cierra XV-6002 cuando se ha llenado el equipo.

3º) Se abre XV-6005 que permite la entrada de aire de secado.

4º) Se abre XV-6006 que permite la salida de aire húmedo.

5º) Se activa un temporizador con el tiempo de secado estimado.

6º) Se cierra XV-6005 y se descarga el contenido en S-602, que realiza la misma secuencia de acciones.

7º) Se cierra XV-6006.

8º) Comienza de nuevo el ciclo.

5.4.7. Control del área 700:

- Lazo 7001: formado por un transmisor de conductividad a la salida del grupo A de columnas de intercambio iónico y una válvula de control CCV-7001 todo o nada que en el momento que el transmisor deja de enviar una señal por debajo del valor de consigna de la conductividad la válvula se cierra.

- Lazo 7002: formado por un transmisor de conductividad a la salida del grupo B de columnas de intercambio iónico y una válvula de control CCV-7002 todo o nada que en el momento que el transmisor deja de enviar una señal por debajo del valor de consigna de la conductividad la válvula se cierra.

- Lazo 7003: formado por una válvula todo o nada denominada XV-7003, cuya posición se determina desde panel remoto y a su vez devuelve una señal en función de la posición en la que se encuentre. Esta válvula abre o cierra el paso a la salida de corriente de recirculación del grupo A de intercambiadores iónicos.

- Lazo 7004: formado por una válvula todo o nada denominada XV-7004, cuya posición se determina desde panel remoto y a su vez devuelve una señal en función de la posición en la que se encuentre. Esta válvula abre o cierra el paso a la salida de corriente de recirculación del grupo B de intercambiadores iónicos.

- Lazo 7005: compuesto por un transmisor de conductividad que toma valores de la parte superior de la columna de intercambio iónico IO-701A. Tiene un indicador de conductividad que muestra los valores en panel remoto e interviene en la Función 1 del PLC-1.

- Lazo 7006: compuesto por un transmisor de conductividad que toma valores de la parte superior de la columna de intercambio iónico IO-702A. Tiene un indicador de conductividad que muestra los valores en panel remoto y son los que mandan en la Función 1 del PLC-1.

- Lazo 7007: compuesto por un transmisor de conductividad que toma valores de la parte superior de la columna de intercambio iónico IO-703A. Tiene un indicador de conductividad que muestra los valores en panel remoto y son los que mandan en la Función 1 del PLC-1.

- Lazo 7008: compuesto por un transmisor de conductividad que toma valores de la parte superior de la columna de intercambio iónico IO-701B. Tiene un indicador de conductividad que muestra los valores en panel remoto y son los que mandan en la Función 1 del PLC-1.

- Lazo 7009: compuesto por un transmisor de conductividad que toma valores de la parte superior de la columna de intercambio iónico IO-702B. Tiene un indicador de conductividad que muestra los valores en panel remoto y son los que mandan en la Función 1 del PLC-1.

- Lazo 7010: compuesto por un transmisor de conductividad que toma valores de la parte superior de la columna de intercambio iónico IO-703B. Tiene un indicador de conductividad que muestra los valores en panel remoto y son los que mandan en la Función 1 del PLC-1.

- Lazo 7011: formado por una válvula todo o nada denominada XV-7011, cuya posición se determina desde panel remoto y a su vez devuelve una señal en función de la posición en la que se encuentre. Esta válvula abre o cierra el paso a la entrada de corriente de ácido nítrico fresco al grupo A de intercambiadores iónicos.

- Lazo 7012: formado por una válvula todo o nada denominada XV-7012, cuya posición se determina desde panel remoto y a su vez devuelve una señal en función de la posición en la que se encuentre. Esta válvula abre o cierra el paso a la entrada de corriente de ácido nítrico fresco al grupo B de intercambiadores iónicos.

- Lazo 7013: es un hand switch que se manipula desde panel remoto y que determina el encendido o apagado de la bomba B-701 que bombea el agua destinada al lavado de las columnas de intercambio iónico.

- Lazo 7015: formado por un sensor y un transmisor de presión. Es un lazo con función informativa y de seguridad, pues tiene una alarma de alta. Da el valor de la presión en la parte superior de la torre de destilación CD-701.

- Lazo 7016: la válvula de control TCV-7016 regula la entrada de agua de refrigeración al condensador CO-701, en función de la temperatura de destilado obtenida a la salida del mismo.

- Lazo 7017: compone un enclavamiento de seguridad para el funcionamiento de la bomba B-702. Esto es, el transmisor de nivel toma medida de la bota del condensador CO-701 y por debajo de un cierto nivel consigna la bomba se para, por riesgo de operación en cavitación. Esta señal, por tanto actúa sobre el motor de la bomba M-B702.

- Lazo 7019: mide la temperatura que hay en la parte superior de la torre de destilación CD-701 y en función del valor se abre o cierra la válvula TCV-7018 que regula el reflujo a la torre.

- Lazo 7020: el transmisor de nivel toma medida de la parte inferior de la columna de destilación CD-701 y regula mediante la válvula de control LCV-7020 que permite el paso a la salida por colas de la torre.

- Lazo 7022: formado por un sensor, un transmisor de temperatura y una alarma de alta temperatura. Es un lazo con doble función: de seguridad e informativa. Su función es la de dar el valor de la temperatura en el reboiler K-701 y por encima de una temperatura de consigna salta la alarma para llevar a cabo la secuencia de operaciones pertinentes.

- Lazo 7023: es un control en cascada. El lazo interno, o el rápido, mide el flujo de vapor de calefacción que entra en el reboiler K-701 y actúa sobre TCV-7023 y que permite el flujo de vapor al reboiler. El lazo lento, mide la temperatura en la parte inferior de la torre CD-701 e impone la consigna al control de flujo de vapor.

- Lazo 7023': formado por un sensor y un transmisor de presión. Es un lazo con función informativa y de seguridad, pues tiene una alarma de alta. Da el valor de la presión en la parte superior de la torre de destilación CD-702A.

- Lazo 7024: la válvula de control TCV-7024 regula la entrada de agua de refrigeración al condensador CO-702A, en función de la temperatura de destilado obtenida a la salida del mismo.

- Lazo 7024': compone un enclavamiento de seguridad para el funcionamiento de la bomba B-705A. Esto es, el transmisor de nivel toma medida de la bota del condensador CO-702A y por debajo de un cierto nivel consigna la bomba se para, por

riesgo de operación en cavitación. Esta señal, por tanto actúa sobre el motor de la bomba M-B705A.

- Lazo 7026: mide la temperatura que hay en la parte superior de la torre de destilación CD-702A y en función del valor se abre o cierra la válvula TCV-7026 que regula el reflujo a la torre.

- Lazo 7027: el transmisor de nivel toma medida de la parte inferior de la columna de destilación CD-702A y regula mediante la válvula de control LCV-7027 que permite el paso a la salida por colas de la torre.

- Lazo 7029: formado por un sensor, un transmisor de temperatura y una alarma de alta temperatura. Es un lazo con doble función: de seguridad e informativa. Su función es la de dar el valor de la temperatura en el reboiler K-702A y por encima de una temperatura de consigna salta la alarma para llevar a cabo la secuencia de operaciones pertinentes.

- Lazo 7030: es un control en cascada. El lazo interno, o el rápido, mide el flujo de vapor de calefacción que entra en el reboiler K-702A y actúa sobre TCV-7030 y que permite el flujo de vapor al reboiler. El lazo lento, mide la temperatura en la parte inferior de la torre CD-702A e impone la consigna al control de flujo de vapor.

- Lazo 7031: formado por un sensor y un transmisor de presión. Es un lazo con función informativa y de seguridad, pues tiene una alarma de alta. Da el valor de la presión en la parte superior de la torre de destilación CD-702B.

- Lazo 7032: la válvula de control TCV-7032 regula la entrada de agua de refrigeración al condensador CO-702B, en función de la temperatura de destilado obtenida a la salida del mismo.

- Lazo 7033: compone un enclavamiento de seguridad para el funcionamiento de la bomba B-705B. Esto es, el transmisor de nivel toma medida de la bota del condensador CO-702B y por debajo de un cierto nivel consigna la bomba se para, por riesgo de operación en cavitación. Esta señal, por tanto actúa sobre el motor de la bomba M-B705B.

- Lazo 7035: mide la temperatura que hay en la parte superior de la torre de destilación CD-702B y en función del valor se abre o cierra la válvula TCV-7035 que regula el reflujo a la torre.

- Lazo 7036: el transmisor de nivel toma medida de la parte inferior de la columna de destilación CD-702B y regula mediante la válvula de control LCV-7036 que permite el paso a la salida por colas de la torre.

- Lazo 7038: formado por un sensor, un transmisor de temperatura y una alarma de alta temperatura. Es un lazo con doble función: de seguridad e informativa. Su función es la de dar el valor de la temperatura en el reboiler K-702B y por encima de una temperatura de consigna salta la alarma para llevar a cabo la secuencia de operaciones pertinentes.

- Lazo 7039: es un control en cascada. El lazo interno, o el rápido, mide el flujo de vapor de calefacción que entra en el reboiler K-702B y actúa sobre TCV-7039 y que permite el flujo de vapor al reboiler. El lazo lento, mide la temperatura en la parte inferior de la torre CD-702B e impone la consigna al control de flujo de vapor.

- Lazo 7040: es un hand switch que se manipula desde panel remoto y que determina el encendido o apagado del aeorefrigerador IC-702 que refrigera la salida de las torres de destilación .CD-702A y CD-702B. Sólo se manipula en la puesta en marcha y en la parada.

- Lazo 7041: la válvula de control TCV-7041 regula la entrada de agua de refrigeración al intercambiador de calor IC-703, en función de la temperatura a la salida del mismo.

- Lazo 7042: formado por un transmisor y un indicador de nivel que toma valores del interior del tanque T-701.

- Lazo 7043: controla la proporción entre la corriente de recirculación que sale de IC-703 y la que sale de T-701. Estas dos corrientes unidas suponen una de las corrientes de entrada a la sección 300 de reacción. El lazo consta de un medidor y transmisor de flujo, FE 7043 A/B y FT 7043 A/B que miden sobre la corriente de recirculación. El control ratio actúa sobre la válvula FCV 7043 que regula la salida del Tanque T-701.

- Lazo 7045: consta de un transmisor de conductividad que toma valores de la después del nudo entre la salida del tanque T-701 y la alimentación fresca de ácido nítrico, y en función de los mismos la válvula de control CCV-7045 regula el caudal de ácido nítrico fresco que se incorpora al proceso.

- Las bombas cuentan con indicadores de presión en la impulsión de las mismas para comprobar su buen funcionamiento. En la zona 700 los siguientes lazos de control corresponden a dichos indicadores y seguidamente se relacionan con la bomba con la que trabajan:

PI 7014 A/B → B-701 A/B
PI 7018 A/B → B-703 A/B
PI 7021 A/B → B-704 A/B
PI 7025 A/B → B-705 AA/AB
PI 7028 A/B → B-706 AA/AB
PI 7034 A/B → B-705 BA/BB
PI 7037 A/B → B-706 BA/BB
PI 7044 A/B → B-702 A/B

- Además el área 700 dispone de las siguientes válvulas de seguridad en los equipos:

- PSV 7046: válvula de alivio en la columna de intercambio iónico IO-701A con una presión de tarado entre 0,050 y –0,020 barg.
- PSV 7047: válvula de alivio en la columna de intercambio iónico IO-702A con una presión de tarado entre 0,050 y –0,020 barg.
- PSV 7048: válvula de alivio en la columna de intercambio iónico IO-703A con una presión de tarado entre 0,050 y –0,020 barg.
- PSV 7049: válvula de alivio en la columna de intercambio iónico IO-701B con una presión de tarado entre 0,050 y –0,020 barg.
- PSV 7050: válvula de alivio en la columna de intercambio iónico IO-702B con una presión de tarado entre 0,050 y –0,020 barg.
- PSV 7051: válvula de alivio en la columna de intercambio iónico IO-703B con una presión de tarado entre 0,050 y –0,020 barg.

- PSV 7052: válvula de alivio en la columna de destilación CD-701 con una presión de tarado entre 0,050 y –0,020 barg.
- PSV 7053: válvula de alivio en el condensador CO-701 con una presión de tarado entre 0,050 y –0,020 barg.
- PSV 7054: válvula de alivio en el reboiler K-701 con una presión de tarado entre 0,050 y –0,020 barg.
- PSV 7055A: válvula de alivio en el intercambiador de calor IC-701A con una presión de tarado entre 0,050 y –0,020 barg.
- PSV 7055B: válvula de alivio en el intercambiador de calor IC-701B con una presión de tarado entre 0,050 y –0,020 barg.
- PSV 7056A: válvula de alivio en la columna de destilación CD-702A con una presión de tarado entre 0,050 y –0,020 barg.
- PSV 7057A: válvula de alivio en el condensador CO-702A con una presión de tarado entre 0,050 y –0,020 barg.
- PSV 7058A: válvula de alivio en el reboiler K-702A con una presión de tarado entre 0,050 y –0,020 barg.
- PSV 7056B: válvula de alivio en la columna de destilación CD-702B con una presión de tarado entre 0,050 y –0,020 barg.
- PSV 7057B: válvula de alivio en el condensador CO-702B con una presión de tarado entre 0,050 y –0,020 barg.
- PSV 7058B: válvula de alivio en el reboiler K-702B con una presión de tarado entre 0,050 y –0,020 barg.
- PSV 7059: válvula de alivio en el intercambiador de calor IC-702 con una presión de tarado entre 0,050 y –0,020 barg.
- PSV 7060: válvula de alivio en el tanque intermedio T-701 con una presión de tarado entre 0,050 y –0,020 barg.

PLC-1

El control de la zona 700 requiere de un función compleja de secuencia de instrucciones en una sola etapa, la única de esta zona que se lleva a cabo por cargas o ciclos, la recuperación de los catalizadores en las columnas de intercambio iónico IO-701/2/3 A e IO-701/2/36 B.

Para esto se cuenta con un PLC al que llegan o del que salen las siguientes señales:

- Posición de XV 7001.

- Posición de XV 7002.
- Posición de XV 7003.
- Posición de XV 7004.
- Conductividad del contenido que circula por IO-701 A.
- Conductividad del contenido que circula por IO-702 A.
- Conductividad del contenido que circula por IO-703 A.
- Conductividad del contenido que circula por IO-701 B.
- Conductividad del contenido que circula por IO-702 B.
- Conductividad del contenido que circula por IO-703 B.
- Estado de la bomba de agua de lavado B-701 (marcha/paro).

Los tres pares de columnas de intercambio iónico están funcionando simultáneamente, pero cada grupo en una de las etapas del ciclo: si en el grupo de columnas A se lleva a cabo el intercambio iónico en el grupo de columnas B se llevan a cabo funciones de lavado primero y de regeneración después. Analizando la secuencia de situaciones llevadas a cabo en un ciclo completo para cada grupo de columnas resulta esta fórmula:

1º) Se abren XV-7001 que permiten la entrada de la corriente de recirculación al grupo A de intercambiadores iónicos.

2º) Se cierran XV-7001 cuando la conductividad en cualquiera de los medidores CI 7005, CI 7006 o CI 7007 disminuye.

3º) en este momento se abren XV-7002 que permiten la entrada de la corriente de recirculación al grupo B de intercambiadores iónicos.

4º) Simultáneamente se activa el contactor de la bomba B-701 que bombea el agua de lavado a las columnas del grupo A. El grupo B comienza la etapa de intercambio iónico.

5º) Comienza a contar el temporizador de la etapa de lavado.

6º) Cuando concluye el tiempo de lavado se desactiva el contactor de B-701 y se abre simultáneamente XV-7003 que permite la entrada de ácido nítrico fresco como agente regenerante del grupo A de columnas.

7º) La regeneración concluye cuando en el grupo B alguno de los medidores de conductividad, CI 7008, CI 7009 o CI7010 detecta una disminución del valor por debajo del set point.

8º) Comienza entonces el lavado en el grupo B y de nuevo se abren XV-7001 que permiten la entrada de la corriente de recirculación al grupo A de intercambiadores iónicos.

5.4.8. Control del área 800:

- Lazo 8001: es un control ratio que regula la proporción de corriente de líquido y gas que entran en el lavador AB-801. Consta de dos medidores de flujo, uno en la corriente de entrada de agua y otro en la corriente que reúne los gases de salida del reactor R-301 A/B y R-302 A/B. La señal la mandan al controlador FFC 8001 que abre o cierra la válvula FCV 8001 según la relación L/G sea menor o mayor que la consigna.

- Lazo 8002: se encarga de controlar la temperatura en el absorbedor AB-801 a través de un by-pass en la corriente de entrada de agua.

La corriente de agua de proceso de entrada en el lavador pasa por un intercambiador previo en el que enfría la corriente de gases para que la temperatura de trabajo en el lavador sea menor y se vea favorecido el equilibrio de los componentes gaseosos hacia el líquido. Si en un momento aumenta la temperatura en el absorbedor se abre la válvula FCV 8002 colocada en la corriente en by-pass entrando agua a menos temperatura en la torre.

- Lazo 8005: es un lazo de control de nivel en la columna de absorción. El transmisor LT 8005 mide el nivel en el cabezal de la torre mandando la señal al LC 8005 que debe tener una consigna de mínima para garantizar el flujo en la bomba 801 A/B. Si el nivel sobrepasa el mínimo se abre la válvula LCV 8005.

- Lazo 8006: es un control override que se encarga de controlar la temperatura en los reactores R-801 A/B. Se coloca un transmisor de temperatura en cada uno de los reactores que envían los valores al controlador TC 8006 que es un selector de mínima, elige el valor más bajo. Se coloca un selector de mínima ya que es necesario alcanzar una temperatura de al menos 500 °C para que tenga lugar la reacción en R-801. Este lazo actúa en cascada con un lazo de presión en los humos de caldera utilizados para calentar la corriente.

- Lazo 8007: este lazo es una alarma de temperatura en el reactor R-801 A. Consta de un transmisor de temperatura TT 8007 que envía señal a TI 8007 que tiene una alarma de alta temperatura. Si se descontrola la temperatura en el reactor aumentando sin control, se manda una señal a un enclavamiento que cierra la entrada de humos en el intercambiador IC-803.

- Lazo 8009: este lazo es una alarma de temperatura en el reactor R-801 B. Consta de un transmisor de temperatura TT 8009 que envía señal a TI 8009 que tiene una alarma de alta temperatura. Si se descontrola la temperatura en el reactor aumentando sin control, se manda una señal a un enclavamiento que cierra la entrada de humos en el intercambiador IC-803.

- Lazo 8011: se encarga del control de la cantidad de vapor de alta presión que se genera en el ebullidor IC-804. El PT 8011 mide la presión en la corriente de salida de vapor y abre o cierra la válvula PCV 8011 colocada en la entrada de gas caliente en el intercambiador.

- Lazo 8012: es un lazo de control de la temperatura en los reactores R-802 A/B. Se trata de un lazo override que selecciona el valor más bajo de temperatura. El controlador TC-8012 es un selector de mínima que manda señal a la válvula que da entrada al agua en el intercambiador IC-805. En este equipo se genera vapor de agua con el calor que desprenden los gases. Si la temperatura en cualquiera de los reactores es menor que la de consigna, 280 °C, el controlador envía la señal a un lazo en cascada, FC 8012, cerrando la válvula de entrada de agua saturada en el intercambiador.

- Lazo 8013: es una alarma de temperatura en el reactor R-802 A. Consta de un transmisor de temperatura TT 8013 que envía señal a TI 8013 que tiene una alarma de alta temperatura.

- Lazo 8015: es una alarma de temperatura en el reactor R-802 B. Consta de un transmisor de temperatura TT 8015 que envía señal a TI 8015 que tiene una alarma de alta temperatura.

- Lazo 8017: es un control ratio que regula la proporción de gas-líquido que entran en el desorbedor D-801. Además se encarga de controlar la presión en todo el recorrido del gas. Al controlador FFC 8017 llega la señal del flujo en la corriente de entrada de líquido a través del FT 8017 y la señal de presión de la salida de la corriente de gas-off del sistema. Si la presión es menor, se envía una señal al compresor, que mediante un lazo en cascada sobre la velocidad del motor, SC 8017, da más presión y aire a la entrada, corrigiendo esa disminución, ya que la corriente de aire que entra en el desorbedor D-801 entra al posterior tratamiento de gases.

- Lazo 8019: consta de un transmisor de presión que mide la presión en el desorbedor D-801 mandando la señal a su correspondiente indicador de presión que es una alarma de alta presión.

- Lazo 8022: es un controlador de nivel en la columna D-801. El transmisor LT 8022 mide el nivel en el cabezal de la torre mandando la señal al LC 8022 que debe tener una consigna de mínima para garantizar el flujo en la bomba 802 A/B. Si el nivel sobrepasa el mínimo se abre la válvula LCV 8022.

- Las bombas B-801 A/B y B-802 A/B constan de indicadores de presión (PI 8004 A/B y PI 8021 A/B) en la impulsión de las mismas para comprobar su buen funcionamiento.

- El compresor C-801 A/B también consta de un indicador de presión PI 8018 A/B en la corriente de salida.

- La turbina TU-801 A/B va instrumentada con el indicador PI 8023 A/B a la salida de la expansión.

- Además el área 800 dispone de las siguientes válvulas de seguridad en los equipos:

- PSV 8003: válvula de alivio en la torre AB-801 con una presión de tarado de 3,8 barg.
- PSV 8008: válvula de alivio en la torre R-801 A con una presión de tarado de 2,01 barg.
- PSV 8010: válvula de alivio en el reactor R-801 B con una presión de tarado de 2,01 barg.
- PSV 8014: válvula de alivio en el reactor R-802 A con una presión de tarado de 2 barg.
- PSV 8016: válvula de alivio en el reactor R-802 B con una presión de tarado de 2 barg.
- PSV 8020: válvula de alivio en la torre D-801 con una presión de tarado de 3,3 barg.

5.4.9. Lazos críticos

Los lazos críticos de la planta son los que controlan las variables más importantes del proceso y las más peligrosas del mismo.

En este caso una de las partes más críticas es la del reactor de oxidación del ciclohexanol, cuyo control deberá ser exhaustivo para conseguir una buena conversión y la cantidad de producto deseada. En este caso el control del grado de avance de la reacción se realiza sobre la temperatura en los reactivos.

Además son importantes los lazos que marcan la pureza del producto, en el proceso será esencial el control en las cristalizaciones para obtener ácido adípico puro.

Por otro lado será importante el control de la zona más peligrosa de la planta que en este caso se trata de la zona de tratamiento de gases ya que las reacciones ocurren a temperaturas superiores de 500 °C y son fuertemente exotérmicas.

5.5. HOJAS DE ESPECIFICACIONES DE INSTRUMENTOS

A continuación se recogen hojas de especificación de varios instrumentos de la planta.

Se ha escogido un elemento de cada tipo:

- o Válvulas de control.
- o Válvula de seguridad.
- o Válvula de venteo.
- o Medidor de presión.
- o Medidor de temperatura 1.
- o Medidor de temperatura 2.
- o Medidor de flujo.
- o Medidor de nivel.

G8INGENIO	REV.	0	Proyecto nº		VÁLVULA DE CONTROL TCV-4013				
	Fecha	16/06/08	Planta	Producción Ácido Adípico					
	Diseño	G8INGENIO	Cliente	UAB					
	Aprobado		Localización	Zona Franca Barcelona					
TAG No.								TCV-4013	
P&I Nº								4	
SERVICIO								Controla la entrada de vapor en el ebullición K-401	
FLUIDO		LÍQUIDO	-		REV.			REV.	
		GAS	Vapor de agua						
FLUJO TOTAL									
FLUJO ENTRADA LÍQUIDO		FLUJO SALIDA LÍQUIDO		-	-				
FLUJO ENTRADA VAPOR		FLUJO SALIDA VAPOR		126766,8	126766,8				
Δ P EN FLUJO NORMAL bar								0,0021	
PRESIÓN DE ENTRADA, ABS		PRESIÓN DISEÑO		10	12				
TEMPERATURA NORMAL								179,9 355,8	
TEMPERATURA DISEÑO								199,9 391,8	
DENSIDAD DEL LÍQUIDO @ T		VISCOSIDAD @ T Cp							
PESO MOLECULAR DEL GAS		Cp/Cv		18	1,34				
FUGAS								Agua condensada a drenaje	
ACCIÓN AIRE FALLO								Cierra	
NOTAS								UNIDADES	
C.O. Condiciones de operación normal								FLUJO GAS Nm3/h LÍQUIDO m3/h	
								PRESIÓN bar	
								TEMPERATURA °C/°F	

G8INGENIO	REV.	0	Proyecto n°		VÁLVULA DE CONTROL PCV-8012							
	Fecha	16/06/08	Planta	Producción Ácido Adípico								
	Diseño	G8INGENIO	Cliente	UAB								
	Aprobado		Localización	Zona Franca Barcelona								
TAG No.								PCV-8012				
P&I N°								8				
SERVICIO								Controla la entrada de agua en IC-805				
FLUIDO								LÍQUIDO	Agua	REV.		REV.
								GAS	-			
FLUJO TOTAL												
FLUJO ENTRADA LÍQUIDO								FLUJO SALIDA LÍQUIDO	2,36	2,36		
FLUJO ENTRADA VAPOR								FLUJO SALIDA VAPOR	-	-		
Δ P EN FLUJO NORMAL bar								0,007				
PRESIÓN DE ENTRADA, ABS								PRESIÓN DISEÑO	10	12		
TEMPERATURA NORMAL									179,9	355,8		
TEMPERATURA DISEÑO									199,9	391,8		
DENSIDAD DEL LÍQUIDO @ T								VISCOSIDAD @ T Cp	757,8	0,1344		
PESO MOLECULAR DEL GAS								Factor de compresibilidad	-	-		
FUGAS								Agua a drenaje				
ACCIÓN AIRE FALLO								Abre				
NOTAS								UNIDADES				
C.O. Condiciones de operación normal								FLUJO	GAS	Nm3/h	LIQUIDO	m3/h
								PRESIÓN	bar			
								TEMPERATURA	°C/°F			

G8INGENIO	REV.	0	Proyecto nº		VÁLVULA DE SEGURIDAD			
	Fecha	16/06/08	Planta	Producción Ácido Adípico				
	Diseño	G8INGENIO	Cliente	UAB				
	Aprobado		Localización	Zona Franca Barcelona				

TAG No.	PSV-8003		REV.		REV.		REV.		REV.	
P&I Nº	8									
EQUIPO PROTEGIDO	AB-801									
PRESIÓN DE OPERACIÓN (g)	3									
FLUIDOS INTERNOS DEL EQUIPO	LÍQUIDO	AGUA								
	GAS	AIRE 1 (2)								
FLUIDO DE DESCARGA	AIRE 1									
FLUJO: LÍQUIDO	GAS	94775,62								
PRESIÓN DE CONSIGNA (g)	SOBREPRESIÓN (%)	6,5								
PRESIÓN DE ALIVIO (a)	1									
TEMPERATURA DE ALIVIO (T)	20	68								
TEMPERATURA DESPUÉS DE LA VÁLVULA (1)	-52	-61,6								
LIQUIDO: DENSIDAD a T (°C)	VISCOSIDAD a T (cP)									
GAS										
PESO MOLECULAR	GAS: Cp/Cv RADIO	29	1,4001							
ÁREA DEL ORIFICIO CALCULADA	3,1416	20,27								

NOTAS:		UNIDADES:	
(1)	ESPECIFICAR ESTA TEMPERATURA SÓLO CUANDO LA TEMPERATURA DEL FLUIDO, DEBIDA A LA EXPANSIÓN, BAJA DE 0°C	FLUJO	LIQUIDO m³/h GAS Nm³/h VAPOR Lb/h Kg/h
(2)	LA COMPOSICIÓN DEL GAS DE DESCARGA ES: 70,5 % N2, 21,4 % O2, 3,11 % N2O, 3% NO2, 1,1 % H2O 0,79 % CO2 Y 0,1 % NO, CON COMPOSICIÓN EN % wt	PRESIÓN	bar
		TEMPERATURA	°C °F
		ÁREA	inch² cm²
		Nm³/h: Normal m³/h a 0 °C Y 760 mm Hg abs	

G8INGENIO	REV.	0	Proyecto n°		VÁLVULA DE SEGURIDAD VENTEO			
	Fecha	16/06/08	Planta	Producción Ácido Adípico				
	Diseño	G8INGENIO	Cliente	UAB				
	Aprobado		Localización	Zona Franca Barcelona				

TAG No.	PSV-4011	REV.		REV.		REV.	
P&I N°	4						
EQUIPO PROTEGIDO	CD-401						
PRESIÓN DE OPERACIÓN (g)	0						
FLUIDOS INTERNOS DEL EQUIPO	LÍQUIDO		CPP (2)				
	VAPOR		CPP (3)				
FLUIDO DE DESCARGA	VAPOR CPP						
FLUJO: LÍQUIDO	GAS		138601,2				
PRESIÓN DE CONSIGNA (g)	MÁX	MIN	0,05	-0,02			
PRESIÓN DE ALIVIO (a)			1				
TEMPERATURA DE ALIVIO (T)			20	68			
TEMPERATURA DESPUÉS DE LA VÁLVULA (1)							
LÍQUIDO: DENSIDAD a T (°C)	VISCOSIDAD a T (cP)						
GAS							
PESO MOLECULAR	GAS: Cp/Cv	RADIO	30,29	1,35			
ÁREA DEL ORIFICIO CALCULADA			3,1416	20,27			

NOTAS: (1) ESPECIFICAR ESTA TEMPERATURA SÓLO CUANDO LA TEMPERATURA DEL FLUIDO, DEBIDA A LA EXPANSIÓN, BAJA DE 0°C (2) LA COMPOSICIÓN DEL LÍQUIDO ES 72,76 % H ₂ O, 27,12 HNO ₃ % 0,11 CICLOHEXANOL, 0,01 % GASES DE NITRÓGENO, LAS COMPOSICIONES ESTÁN EN w t (3) COMPOSICIÓN DEL VAPOR DE DESCARGA LA MISMA QUE EL LÍQUIDO, CORRESPONDE A LA COMPOSICIÓN DE CABEZAS	UNIDADES: FLUJO LÍQUIDO m³/h GAS Nm³/h VAPOR Lb/h Kg/h PRESIÓN bar TEMPERATURA °C °F ÁREA inch² cm² Nm³/h: Normal m³/h a 0 °C Y 760 mm Hg abs

G8INGENIO	REV.	0	Proyecto nº		MEDIDOR TRANSMISOR DE PRESIÓN			
	Fecha	16/06/08	Planta	Producción Ácido Adípico				
	Diseño	G8INGENIO	Cliente	UAB				
	Aprobado		Localización	Zona Franca Barcelona				
TAG No.		PT 4010						
P&I Nº		4						
SERVICIO		Medidor y transmisor de presión en D-401						
		REV					REV	
MÉTODO DE MEDICIÓN		PRESIÓN DIFERENCIAL						
TIPO DE MEDIDOR		BOURDON "C"						
RANGO DE MEDIDA		0-500 bar						
MATERIAL		Acero inoxidable						
FLUIDO		AIRE (1) CPP (2)						
TEMPERATURA GAS: NORMAL		DISEÑO	148	168				
TEMPERATURA LÍQUIDO: NORMAL			63	83				
PRESIÓN: NORMAL		DISEÑO	3,5	5,3				
TAG No.		PI 4010						
P&I Nº		4						
SERVICIO		Indicador de presión con alarma de alta en D-401						
ALARM POINT								
LOW	HIGH	ALARM	4,5					
NOTAS		UNIDADES						
(1) Columna de desorción con aire en contracorriente con una corriente líquida		PRESIÓN bar a						
(2) Corriente principal con una composición de 67.1 % H ₂ O, 25.7 % HNO ₃ , 4.75 % ácido adípico, < de un 2.5 % de otros orgánicos.		TEMPERATURA °C						
		COMPOSICIÓN % w t						

G8INGENIO	REV.	0	Proyecto nº		MEDIDOR TRANSMISOR DE TEMPERATURA								
	Fecha	16/06/08	Planta	Producción Ácido Adípico									
	Diseño	G8INGENIO	Cliente	UAB									
	Aprobado		Localización	Zona Franca Barcelona									
TAG No.									TT 8007				
P&I Nº									8				
SERVICIO									Medidor y transmisor de temperatura en R-801				
									REV				
MÉTODO DE MEDICIÓN									INDIRECTO: FUERZA ELECTROMOTRIZ				
TIPO DE MEDIDOR									TERMOPAR K				
RANGO DE MEDIDA									Hasta 1100°C				
MATERIAL									Cromel-alumel				
FLUIDO									AIRE (1)				
TEMPERATURA: MIN									MÁX	500	635		
PRESIÓN: NORMAL									MÁX	2,92	3,51		
TAG No.									TI 8007				
P&I Nº									8				
SERVICIO									Indicador de temperatura con alarma de alta en R-801				
ALARM POINT													
LOW									HIGH	ALARM	685		
NOTAS									UNIDADES				
(1) Aire que contiene < del 4 % de CO2 y óxidos de nitrógeno									PRESIÓN bar a				
									TEMPERATURA °C				

G8INGENIO	REV.	0	Proyecto nº		MEDIDOR TRANSMISOR DE TEMPERATURA		
	Fecha	16/06/08	Planta	Producción Ácido Adípico			
	Diseño	G8INGENIO	Cliente	UAB			
	Aprobado		Localización	Zona Franca Barcelona			
TAG No.		TT 3003A 1					
P&I Nº		8					
SERVICIO		Medidor y transmisor de temperatura en R-301 A					
		REV					
MÉTODO DE MEDICIÓN		INDIRECTO: FUERZA ELECTROMOTRIZ					
TIPO DE MEDIDOR		TERMOPAR T					
RANGO DE MEDIDA		Hasta 200°C					
PRECISIÓN DE MEDIDA		0.4-0.8 °C					
MATERIAL		Cobre-Constantán					
FLUIDO		Corriente principal(1)					
TEMPERATURA: MIN	MÁX	35	55				
PRESIÓN: NORMAL	MÁX	4	5,1				
<u>NOTAS</u> (1) Corriente del reactor con un máximo de 7.8 % wt de orgánicos y un 64.9 % de H ₂ O y 27.3 % HNO ₃				<u>UNIDADES</u> PRESIÓN bar a TEMPERATURA °C			

G8INGENIO	REV.	0	Proyecto nº		MEDIDOR DE FLUJO		
	Fecha	16/06/08	Planta	Producción Ácido Adípico			
	Diseño	G8INGENIO	Cliente	UAB			
	Aprobado		Localización	Zona Franca Barcelona			
TAG No.		FT 8017					
P&I Nº		8					
SERVICIO		Medir el flujo de líquido de entrada en el desorbedor D-801					
TIPO DE MEDIDOR		Placa de orificio					
FLUIDO	LÍQUIDO	CREC (2)					
	GAS	REV.					
	MÁXIMO	489,06					
FLUJO	NORMAL	489,06					
	MÍNIMO	407,546					
TEMPERATURA: @ C.O.		DISEÑO	23,55	43,55			
PRESIÓN: @ C.O.		DISEÑO	3,12	3,74			
Δ P ADMISIBLE @ FLUJO NORMAL			1 bar				
			990,2				
DENSIDAD DEL LÍQUIDO @ C.O.			0,60				
VISCOSIDAD DEL FLUIDO @ C.O. (CP)			0,775				
			-				
PESO MOLECULAR DEL GAS			-				
Cp/Cv RATIO			-				
DENSIDAD DEL GAS Kg/m³		@ C.O.	-				
TRANSPARENCIA			-				
CONDUCTIVIDAD @ C.O. (μmho/cm)							
NOTAS				UNIDADES			
C.O. Condiciones de operación normal				FLUJO	GAS	Nm³/h	LIQUIDO m³/h
(2) La composición de la corriente es 99.51 % H2O, 0.1875 % NO2, 0.107 % CO2,				PRESIÓN	bar		
0.0093% NO, 0.187 % N2O				TEMPERATURA	°C		

G8INGENIO	REV.	0	Proyecto nº		MEDIDOR DE NIVEL
	Fecha	16/06/08	Planta	Producción Ácido Adípico	
	Diseño	G8INGENIO	Cliente	UAB	
	Aprobado		Localización	Zona Franca Barcelona	
TAG No.		LG 2002			
P&I Nº		2			
SERVICIO		Medidor de nivel en T-201 en el parque de almacenamiento de HNO ₃			
		REV		REV	
MÉTODO DE MEDICIÓN		MÉTODO DIRECTO			
TIPO DE MEDIDOR		NIVEL DE CRISTAL			
INDICACIÓN		EN PLANTA			
MATERIAL		VIDRIO			
LÍMITES DE TRABAJO					
TEMPERATURA MÁXIMA		100	212		
PRESIÓN MÁXIMA		15	bar a		
FLUIDO		HNO ₃ (1)			
TEMPERATURA NORMAL	DISEÑO	20	40		
PRESIÓN NORMAL	DISEÑO	1	3,5		
<u>NOTAS</u>			<u>UNIDADES</u>		
(1) Ácido nítrico al 60 % wt			PRESIÓN bar a		
			TEMPERATURA °C/°F		

5.6. LISTA DE INSTRUMENTACIÓN:

			LISTA DE INSTRUMENTOS		Fecha:	16/06/2008
					Proyecto n°:	
			Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO	
			Localización: Zona Franca		Hoja: 1 de 8	
REV.	ITEM	P&ID N°	ACTUADOR	TRANSMISOR	DESCRIPCIÓN	
	1	LI 1001	1	PLC	LT 1001	Consta de alarma de alta y de baja
	2	HS 1002	1	XV1002		Hand switch con dos posiciones A/C
	3	PC 1003	1	PV 1003A/B	PT 1003	Controla la inertización tanque T-101
	4	PV 1003A	1			Válvula de presión da entrada al aire en el T-101
	5	PV 1003B	1			Válvula de presión da salida a la antorcha
	6	PSV 1004	1	PSV 1004		Válvula de seguridad del T-101 (+0,050/-0,020 barg)
	7	LI 1005	1	PLC	LT 1005	Consta de alarma de alta y de baja
	8	HS 1006	1	XV1006		Hand switch con dos posiciones A/C
	9	PC 1007	1	PV 1007A/B	PT 1007	Controla la inertización tanque T-102
	10	PV 1007A	1			Válvula de presión da entrada al aire en el T-102
	11	PV 1007B	1			Válvula de presión da salida a la antorcha
	12	PSV 1008	1	PSV 1004		Válvula de seguridad del T-102 (+0,050/-0,020 barg)
	13	LI 1009	1	PLC	LT 1009	Consta de alarma de alta y de baja
	14	HS 1010	1	XV1010		Hand switch con dos posiciones A/C
	15	PC 1011	1	PV 10011A/B	PT 1011	Controla la inertización tanque T-103
	16	PV 1011A	1			Válvula de presión da entrada al aire en el T-103
	17	PV 1011B	1			Válvula de presión da salida a la antorcha
	18	PSV 1012	1	PSV 1012		Válvula de seguridad del T-103 (+0,050/-0,020 barg)
	19	LI 1013	1	PLC	LT 1013	Consta de alarma de alta y de baja
	20	HS 1014	1	XV1014		Hand switch con dos posiciones A/C
	21	PC 1015	1	PV 10015A/B	PT 1015	Controla la inertización tanque T-104
	22	PV 1015A	1			Válvula de presión da entrada al aire en el T-104
	23	PV 1015B	1			Válvula de presión da salida a la antorcha
	24	PSV 1016	1	PSV 1016		Válvula de seguridad del T-104 (+0,050/-0,020 barg)
	25	LI 1017	1	PLC	LT 1017	Consta de alarma de alta y de baja
	26	HS 1018	1	XV1018		Hand switch con dos posiciones A/C
	27	PC 1019	1	PV 10019A/B	PT 1019	Controla la inertización tanque T-105
	28	PV 1019A	1			Válvula de presión da entrada al aire en el T-105
	29	PV 1019B	1			Válvula de presión da salida a la antorcha
	30	PSV 1020	1	PSV 1020		Válvula de seguridad del T-105 (+0,050/-0,020 barg)
	31	LI 1021	1	PLC	LT 1021	Consta de alarma de alta y de baja
	32	HS 1022	1	XV1022		Hand switch con dos posiciones A/C
	33	PC 1023	1	PV 1023A/B	PT 1023	Controla la inertización tanque T-106
	34	PV 1023A	1			Válvula de presión da entrada al aire en el T-106
	35	PV 1023B	1			Válvula de presión da salida a la antorcha
	36	PSV 1024	1	PSV 1024		Válvula de seguridad del T-106 (+0,050/-0,020 barg)
	37	LI 1025	1	PLC	LT 1025	Consta de alarma de alta y de baja
	38	HS 1026	1	XV1026		Hand switch con dos posiciones A/C
	39	PC 1027	1	PV 1027A/B	PT 1027	Controla la inertización tanque T-107
	40	PV 1027A	1			Válvula de presión da entrada al aire en el T-107
	41	PV 1027B	1			Válvula de presión da salida a la antorcha
	42	PSV 1028	1	PSV 1028		Válvula de seguridad del T-107 (+0,050/-0,020 barg)
	43	PI 1029 A	1			Indicador de presión en la impulsión de B-101A
	45	PI 1029 B	1			Indicador de presión en la impulsión de B-101B
	46	LI 2001	2	PLC	LT 2001	Consta de alarma de alta y de baja
	47	LG 2001	2			Medidor e indicador de nivel de vidrio
	48	HS 2002	2	XV2002		Hand switch con dos posiciones A/C

			LISTA DE INSTRUMENTOS		Fecha:	16/06/2008
					Proyecto n°:	
			Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO	
			Localización: Zona Franca		Hoja: 2 de: 8	
REV.	ITEM	P&ID N°	ACTUADOR	TRANSMISOR	DESCRIPCIÓN	
	49	PC 2003	2	PV 2003A/B	PT 2003	Controla la inertización tanque T-201
	50	PV 2003A	2			Válvula de presión da entrada al aire en el T-201
	51	PV 2003B	2			Válvula de presión da salida a la antorcha
	52	PSV 2004	2	PSV 2004		Válvula de seguridad del T-201 (+0,050/-0,020 barg)
	53	LI 2005	2	PLC	LT 2005	Consta de alarma de alta y de baja
	54	LG 2005	2			Medidor e indicador de nivel de vidrio
	55	HS 2006	2	XV2006		Hand sw itch con dos posiciones A/C
	56	PC 2007	2	PV 2007A/B	PT 2007	Controla la inertización tanque T-202
	57	PV 2007A	2			Válvula de presión da entrada al aire en el T-202
	58	PV 2007B	2			Válvula de presión da salida a la antorcha
	59	PSV 2008	2	PSV 2008		Válvula de seguridad del T-202 (+0,050/-0,020 barg)
	60	LI 2009	2	PLC	LT 2009	Consta de alarma de alta y de baja
	61	LG 2009	2			Medidor e indicador de nivel de vidrio
	62	HS 2008	2	XV2008		Hand sw itch con dos posiciones A/C
	63	PC 2009	2	PV 2009A/B	PT 2009	Controla la inertización tanque T-203
	64	PV 2009A	2			Válvula de presión da entrada al aire en el T-203
	65	PV 2009B	2			Válvula de presión da salida a la antorcha
	66	PSV 2012	2	PSV 2012		Válvula de seguridad del T-203 (+0,050/-0,020 barg)
	67	LI 2013	2	PLC	LT 2013	Consta de alarma de alta y de baja
	68	LG 2013	2			Medidor e indicador de nivel de vidrio
	69	HS 2014	2	XV2014		Hand sw itch con dos posiciones A/C
	70	PC 2015	2	PV 2015A/B	PT 2015	Controla la inertización tanque T-204
	71	PV 2015A	2			Válvula de presión da entrada al aire en el T-204
	72	PV 2015B	2			Válvula de presión da salida a la antorcha
	73	PSV 2016	2	PSV 2016		Válvula de seguridad del T-204 (+0,050/-0,020 barg)
	74	LI 2017	2	PLC	LT 2017	Consta de alarma de alta y de baja
	75	LG 2017	2			Medidor e indicador de nivel de vidrio
	76	HS 2018	2	XV2018		Hand sw itch con dos posiciones A/C
	77	PC 2019	2	PV 2019A/B	PT 2019	Controla la inertización tanque T-205
	78	PV 2019A	2			Válvula de presión da entrada al aire en el T-205
	79	PV 2019B	2			Válvula de presión da salida a la antorcha
	80	PSV 2020	2	PSV 2020		Válvula de seguridad del T-205 (+0,050/-0,020 barg)
	81	LI 2021	2	PLC	LT 2021	Consta de alarma de alta y de baja
	82	LG 2021	2			Medidor e indicador de nivel de vidrio
	83	HS 2022	2	XV2022		Hand sw itch con dos posiciones A/C
	84	PC 2023	2	PV 2023A/B	PT 2023	Controla la inertización tanque T-206
	85	PV 2023A	2			Válvula de presión da entrada al aire en el T-206
	86	PV 2023B	2			Válvula de presión da salida a la antorcha
	87	PSV 2024	2	PSV 2024		Válvula de seguridad del T-206 (+0,050/-0,020 barg)
	88	LI 2025	2	PLC	LT 2025	Consta de alarma de alta y de baja
	89	LG 2025	2			Medidor e indicador de nivel de vidrio
	90	HS 2026	2	XV2026		Hand sw itch con dos posiciones A/C
	91	PC 2027	2	PV 2027A/B	PT 2027	Controla la inertización tanque T-207
	92	PV 2027A	2			Válvula de presión da entrada al aire en el T-207
	93	PV 2027B	2			Válvula de presión da salida a la antorcha
	94	PSV 2028	2	PSV 2028		Válvula de seguridad del T-207 (+0,050/-0,020 barg)
	95	LI 2029	2	PLC	LT 2029	Consta de alarma de alta y de baja
	96	LG 2029	2			Medidor e indicador de nivel de vidrio

			LISTA DE INSTRUMENTOS		Fecha:	16/06/2008
					Proyecto n°:	
			Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO	
			Localización: Zona Franca		Hoja: 3 de: 8	
REV.	ITEM	P&ID N°	ACTUADOR	TRANSMISOR	DESCRIPCIÓN	
	97	HS 2030	2	XV2030		Hand switch con dos posiciones A/C
	98	PC 2031	2	PV 2031A/B	PT 2031	Controla la inertización tanque T-208
	99	PV 2031A	2			Válvula de presión da entrada al aire en el T-208
	100	PV 2031B	2			Válvula de presión da salida a la antorcha
	101	PSV 2032	2	PSV 2032		Válvula de seguridad del T-208 (+0,050/-0,020 barg)
	102	LI 2033	2	PLC	LT 2025	Consta de alarma de alta y de baja
	103	LG 2033	2			Medidor e indicador de nivel de vidrio
	104	HS 2034	2	XV2034		Hand switch con dos posiciones A/C
	105	PC 2035	2	PV 2035A/B	PT 2035	Controla la inertización tanque T-209
	106	PV 2035A	2			Válvula de presión da entrada al aire en el T-209
	107	PV 2035B	2			Válvula de presión da salida a la antorcha
	108	PSV 2036	2	PSV 2036		Válvula de seguridad del T-209 (+0,050/-0,020 barg)
	109	PI 2037A	2			Indicador de presión en la impulsión de B-201A
	110	PI 2037B	2			Indicador de presión en la impulsión de B-201B
	111	PI 3001A	3			Indicador de presión en la impulsión de B-301A
	112	PI 3001B	3			Indicador de presión en la impulsión de B-301B
	113	FFC 3002	3	FCV 3002	FT 3002A/B	Controlador de proporciones, control ratio
	114	FE 3002 A/B	3			Medidor de flujo
	115	TC 3003A	3	FCV 3003A	TT 3003A 1/2	Controlador de la temperatura en R-301A
	116	FC 3003 A	3	FCV 3003A	FT 3003 A	Controlador de entrada de agua de refrigeración
	117	TC 3003B	3	FCV 3003B	TT 3003B1/2	Controlador de la temperatura en R-301B
	118	FC 3003 B	3	FCV 3003B	FT 3003 B	Controlador de entrada de agua de refrigeración
	119	TC 3003C	3	FCV 3003C	TT 3003C 1/2	Controlador de la temperatura en R-301C
	120	FC 3003 C	3	FCV 3003C	FT 3003C	Controlador de entrada de agua de refrigeración
	121	PI 3004	3		PT 3004	Alarma de presión en R-301 A
	122	PSV 3005	3	PSV 3005	PT 3004	Válvula de seguridad en R-301A
	123	PI 3006	3		PT 3004	Alarma de presión en R-301 B
	124	PSV 3007	3	PSV 3007		Válvula de seguridad en R-301B
	125	PI 3008	3		PT 3004	Alarma de presión en R-301 C
	126	PSV 3009	3	PSV 3009		Válvula de seguridad en R-301 C
	127	PC 3010	3	PCV 3010	PT 3010	Controlador de presión en línea de gases
	128	TC 3011A	3	FCV 3011A	TT 3011A 1/2	Controlador de la temperatura en R-302A
	129	FC 3011 A	3	FCV 3011A	FT 3011 A	Controlador de entrada de agua de refrigeración
	130	TC 3011B	3	FCV 3011B	TT 3011B1/2	Controlador de la temperatura en R-302B
	131	FC 3011 B	3	FCV 3011B	FT 3011 B	Controlador de entrada de agua de refrigeración
	132	TC 3011C	3	FCV 3011C	TT 3011C 1/2	Controlador de la temperatura en R-302C
	133	FC 3011 C	3	FCV 3011C	FT 3011C	Controlador de entrada de agua de refrigeración
	134	PI 3012	3		PT 3012	Alarma de presión en R-302 A
	135	PSV 3013	3	PSV 3013	PT 3013	Válvula de seguridad en R-302A (+0,050/-0,020 barg)
	136	PI 3014	3		PT 3004	Alarma de presión en R-302 B
	137	PSV 3015	3	PSV 3015		Válvula de seguridad en R-302B
	138	PI 3016	3		PT 3016	Alarma de presión en R-302 C
	139	PSV 3017	3	PSV 3017		Válvula de seguridad en R-302 C
	140	PC 3018	3	PCV 3018	PT 3018	Controlador de presión en línea de gases
	141	PI 3019A	3			Indicador de presión en la impulsión de B-302A
	142	PI 3019B	3			Indicador de presión en la impulsión de B-302B
	143	FE 4001 A/B	4			Medidor de flujo
	144	FFC 4001	4	M- C401	FT 4001 A/B	Controlador de proporciones, control ratio

			LISTA DE INSTRUMENTOS		Fecha:	16/06/2008
					Proyecto n°:	
			Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO	
			Localización: Zona Franca		Hoja: 4 de: 8	
REV.	ITEM	P&ID N°	ACTUADOR	TRANSMISOR	DESCRIPCIÓN	
	145	SC-4001	4	M-C401	ST-4001	Controlador entrada aire compresor
	146	PI-4002 A	4			Indicador de presión en la salida de C-401 A
	147	PI-4002 B	4			Indicador de presión en la salida de C-401 B
	148	PI 4003	4		PT 4003	Alarma de presión en D-401
	149	PSV 4004	4	PSV 4004		Válvula de seguridad en D-401
	150	PC 4005	4	PCV 4005	PT 4005	Controlador de presión en la salida de D-401
	151	TC 4006	4	TCV 4006	TT 4006	Controlador temperatura en cabezas CD-401
	152	TC 4007	4	TCV 4007	TT 4007	Controlador temperatura en condensador CO-401
	153	LC 4008	4	LCV 4008	LT 4008	Controlador nivel bota de CO-401
	154	PI 4009A	4			Indicador de presión en la impulsión de B-401 A
	155	PI 4009 B	4			Indicador de presión en la impulsión de B-401 B
	156	PI 4010	4		PT 4010	Alarma de presión en CD-401
	157	PSV 4011	4	PSV 4011		Válvula de seguridad en CD-401 (+0,050/-0,020 barg)
	158	LC 4012	4	M-B402	LT 4012	Controlador nivel columna de destilación CD-401
	159	TC 4013	4	TCV 4013	TT 4013	Controlador temperatura en colas con entrada vapor
	160	PI 4014A	4			Indicador de presión en la impulsión de B-402 A
	161	PI 4014 B	4			Indicador de presión en la impulsión de B-402 B
	162	TC 4015	4	TCV 4015	TT 4015	Controlador temperatura entrada CR-501
	163	PSV 4016	4	PSV 4016		Válvula de seguridad en CO-401
	164	PSV 4017	4	PSV 4017		Válvula de seguridad en K-401
	165	HS 5001	5_1	XV 5001		Hand switch válvula A/C para agua de refrigeración
	166	TC 5002	5_1	TCV 5002	TT 5002	Controlador de temperatura en el cristizador CR-501
	167	LC 5003	5_1	M-B501 A/B		Enclavamiento que asegura nivel en succión de B-501
	168	HS 5004	5_1	XV 5004		Hand switch válvula A/C para agua de proceso
	169	LC 5005	5_1	M-B502 A/B		Enclavamiento que asegura nivel en succión de B-501
	170	PI 5006 A/B	5_1			Indicador de presión en la impulsión de B-502
	171	HS 5007	5_1	XV 5007		Hand switch válvula A/C para agua de proceso
	172	TC 5008	5_1	TCV 5008	TT 5008	Controlador de temperatura en el tanque TD-501
	173	LC 5009	5_1	LCV 5009	LT 5009	Controlador bajo nivel de VC en encamisado TD-501A
	174	LC 5010	5_1	M-B504 A/B		Enclavamiento que asegura nivel en succión de B-504
	175	PI 5011 A/B	5_1			Indicador de presión en la impulsión de B-504
	176	HS 5012	5_1	XV 5012		Hand switch válvula A/C para agua de refrigeración
	177	TC-5013	5_1	TCV 5013	TT 5013	Controlador de temperatura en el cristizador CR-502
	178	LC 5014	5_1	M-B505 A/B		Enclavamiento que asegura nivel en succión de B-505
	179	HS 5015	5_1	XV 5015		Hand switch válvula A/C para agua de proceso
	180	LC 5016	5_1	M-B506 A/B		Enclavamiento que asegura nivel en succión de B-506
	181	PI 5017 A/B	5_1			Indicador de presión en la impulsión de B-506
	182	TC 5018	5_1	TCV 5018	TT 5018	Controlador de temperatura a a salida de IC-501
	183	PI 5019	5_1		PT 5019	Indicador de presión en la cabeza de la torre CD-501
	184	TC 5020	5_1	TCV 5020	TT 5020	Controlador temperatura salida de condensado CO-501
	185	PC 5021	5_1	M-BV501 A/B	PT 5021	Cotrolador de presión en la torre CD-501
	186	PI 5022 A/B	5_1			Indicador de presión en la impulsión de BV-501
	187	PC 5023 A/B	5_1	PCV 5023 A/B	PT 5023	Controlador sistema despresurización de DP-501 A/B
	188	PI 5024 A/B	5_1			Indicador de presión en la impulsión de B-508
	189	TC 5025	5_1	TCV 5025	TT 5025	Controlador de reflujo por temperatura a torre CD-501
	190	LC 5026	5_1	LCV 5026	LT 5026	Controlador nivel en colas de la torre CD-501
	191	PI 5027 A/B	5_1			Indicador de presión en la impulsión de B-509
	192	TI 5028	5_1		TT 5028	Alarma de alta temperatura en K-501

			LISTA DE INSTRUMENTOS		Fecha:	16/06/2008
					Proyecto n°:	
			Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO	
			Localización: Zona Franca		Hoja: 5 de: 8	
REV.	ITEM	P&ID N°	ACTUADOR	TRANSMISOR	DESCRIPCIÓN	
	193	TC 5029	5_1	TCV 5029	TT 5029	Controlador de temperatura en colas de torre CD-501
	194	HS 5030	5_2	XV 5030		Hand switch válvula A/C para agua de refrigeración
	195	TC 5031	5_2	TCV 5031	TT 5031	Controlador de temperatura en el cristalizador CR-503
	196	LC 5032	5_2	M-B511 A/B	LT 5032	Enclavamiento que asegura nivel en succión de B-511
	197	PI 5033 A/B	5_2			Indicador de presión en la impulsión de B-511
	198	HS 5034	5_2	XV 5034		Hand switch válvula A/C para agua de proceso
	199	PI 5035 A/B	5_2			Indicador de presión en la impulsión de B-512
	200	TC 5036	5_2	TCV 5036	TT 5036	Controlador de temperatura deshidratación TDH-501A
	201	LC 5037	5_2	LCV 5037	LT 5037	Controlador bajo nivel de VC en encamisado TDH-501A
	202	HS 5038	5_2	XV 5038		Hand switch válvula A/C para entrada a TDH-501A
	203	HS 5039	5_2	XV 5039		Hand switch válvula A/C para salida de TDH-501A
	204	PC 5040	5_2	PCV 5040	PT 5040	Controlador de vacío en TDH-501A
	205	LI 5041	5_2		LT 5041	Alarma indicadora de alto nivel en TDH-501A
	206	TC 5042	5_2	TCV 5042	TT 5042	Controlador de temperatura deshidratación TDH-501B
	207	LC 5043	5_2	LCV 5043	LT 5043	Controlador bajo nivel de VC en encamisado TDH-501B
	208	HS 5044	5_2	XV 5044		Hand switch válvula A/C para entrada a TDH-501B
	209	HS 5045	5_2	XV 5045		Hand switch válvula A/C para salida de TDH-501B
	210	PC 5046	5_2	PCV 5046	PT 5046	Controlador de vacío en TDH-501B
	211	LI 5047	5_2		LT 5047	Alarma indicadora de alto nivel en TDH-501B
	212	TC 5048	5_2	TCV 5048	TT 5048	Controlador de temperatura deshidratación TDH-501C
	213	LC 5049	5_2	LCV 5049	LT 5049	Controlador bajo nivel de VC en encamisado TDH-501C
	214	HS 5050	5_2	XV 5050		Hand switch válvula A/C para entrada a TDH-501C
	215	HS 5051	5_2	XV 5051		Hand switch válvula A/C para salida de TDH-501C
	216	PC 5052	5_2	PCV 5052	PT 5052	Controlador de vacío en TDH-501C
	217	LI 5053	5_2		LT 5052	Alarma indicadora de alto nivel en TDH-501C
	218	PI 5054 A/B	5_2			Indicador de presión en la impulsión de BV-502
	219	PI 5055 A/B	5_2			Indicador de presión en la impulsión de B-513
	220	PI 5056	5_2		PT 5056	Indicador de presión en la cabeza de la torre CD-502
	221	TC 5057	5_2	TCV 5057	TT 5057	Controlador temperatura salida de condensado CO-502
	222	PC 5058	5_2	M-BV503 A/B	PT 5058	Cotrolador de presión en la torre CD-502
	223	PI 5058' A/B	5_2			Indicador de presión en la impulsión de BV-503
	224	PC 5080 A/B	5_2	PCV 5080 A/B	PT 5080	Controlador sistema despresurización de DP-502 A/B
	225	PI 5059A/B	5_2			Indicador de presión en la impulsión de B-514
	226	TC 5060	5_2	TCV 5060	TT 5060	Controlador de reflujo por temperatura a torre CD-502
	227	LC 5061	5_2	LCV 5061	LT 5061	Controlador nivel en colas de la torre CD-502
	228	PI 5062 A/B	5_2			Indicador de presión en la impulsión de B-515
	229	TI 5063	5_2		TT 5063	Alarma de alta temperatura en K-502
	230	TC 5064	5_2	TCV 5064	TT 5064	Controlador de temperatura en colas de torre CD-502
	231	TC 5065	5_2	TCV 5065	TT 5065	Controlador de temperatura entrada CPP a TD-502
	232	TC 5066	5_2	TCV 5066	TT 5066	Controlador de temperatura en el tanque TD-502
	233	LC 5067	5_2	LCV 5067	LT 5067	Controlador bajo nivel de VC en encamisado TD-502A
	234	HS 5068	5_2	XV 5068		Hand switch válvula A/C para agua de proceso
	235	LC 5069	5_2	M-B516 A/B		Enclavamiento que asegura nivel en succión de B-516
	236	PI 5070 A/B	5_2			Indicador de presión en la impulsión de B-516
	237	HS 5071	5_2	XV 5071		Hand switch válvula A/C para agua de refrigeración
	238	TC-5072	5_2	TCV 5072	TT 5072	Controlador de temperatura en el cristalizador CR-504
	239	LC 5073	5_2	M-B517 A/B		Enclavamiento que asegura nivel en succión de B-517
	240	PI 5074A/B	5_2			Indicador de presión en la impulsión de B-517

			LISTA DE INSTRUMENTOS		Fecha:	16/06/2008
					Proyecto n°:	
			Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO	
			Localización: Zona Franca		Hoja: 6 de: 8	
REV.	ITEM	P&ID N°	ACTUADOR	TRANSMISOR	DESCRIPCIÓN	
	241	HS 5075	5_2	XV 5015		Hand switch válvula A/C para agua de proceso
	242	PI 5076 A/B	5_2			Indicador de presión en la impulsión de B-518
	243	LC 5077	5_2	LCV 5077	LT 5077 1/2	Controlador de nivel en filtros F-503 y F-504
	244	PI 5078 A/B	5_2			Indicador de presión en la impulsión de BV-504
	245	PC 5079 A/B	5_2	PCV 5079 A/B	PT 5079	Controlador sistema despresurización de DP-503 A/B
	246	PSV 5081	5_2	PSV 5081		Ventoeo en CR-501 (+0,050/-0,020 barg)
	247	PSV 5082	5_2	PSV 5082		Ventoeo en TD-501 (+0,050/-0,020 barg)
	248	PSV 5083	5_2	PSV 5083		Ventoeo en CR-502 (+0,050/-0,020 barg)
	249	PSV 5084	5_2	PSV 5084		Ventoeo en IC-501 (+0,050/-0,020 barg)
	250	PSV 5085	5_2	PSV 5085		Válvula de seguridad en CD-501
	251	PSV 5086	5_2	PSV 5086		Válvula de seguridad en CO-501
	252	PSV 5087	5_2	PSV 5087		Válvula de seguridad en K-501
	253	PSV 5088	5_2	PSV 5088		Ventoeo en CR-503 (+0,050/-0,020 barg)
	254	PSV 5089	5_2	PSV 5089		Válvula de seguridad en TDH-501A
	255	PSV 5090	5_2	PSV 5090		Válvula de seguridad en TDH-501B
	256	PSV 5091	5_2	PSV 5091		Válvula de seguridad en TDH-501C
	257	PSV 5092	5_2	PSV 5092		Ventoeo en IC-502 (+0,050/-0,020 barg)
	258	PSV 5093	5_2	PSV 5093		Válvula de seguridad en CO-502
	259	PSV 5094	5_2	PSV 5094		Válvula de seguridad en CO-502
	260	PSV 5095	5_2	PSV 5095		Válvula de seguridad en K-502
	261	PSV 5096	5_2	PSV 5096		Ventoeo en TD-502 (+0,050/-0,020 barg)
	262	PSV 5097	5_2	PSV 5097		Ventoeo en CR-504 (+0,050/-0,020 barg)
	263	LI 6001	6		LT 6001	Alarma nivel alto de CO-601
	264	HS 6002	6	XV 6002		Hand switch válvula A/C para entrada de CPP a S-601
	265	TC 6003	6	TCV 6003	TT 6003	Controlador de temperatura en S-601
	266	LC 6004	6	LCV 6004	LT 6004	Controlador bajo nivel de VC en encamisado S-601
	267	HS 6005	6	XV 6005		Hand switch válvula A/C entrada aire secado S-601
	268	HS 6006	6	XV 6006		Hand switch válvula A/C salida aire secado S-601
	269	LI 6007	6		LT 6007	Alarma nivel alto de S-601
	270	HS 6008	6	XV 6008		Hand switch válvula A/C para entrada de CPP a S-602
	271	TC 6009	6	TCV 6009	TT 6009	Controlador de temperatura en S-602
	272	LC 6010	6	LCV 6010	LT 6010	Controlador bajo nivel de VC en encamisado S-602
	273	HS 6011	6	XV 6011		Hand switch válvula A/C entrada aire secado S-602
	274	HS 6012	6	XV 6012		Hand switch válvula A/C salida aire secado S-602
	275	LI 6013	6		LT 6013	Alarma nivel alto de S-602
	276	LI 6014	6		LT 6014	Alarma nivel alto de S-601
	277	LI 6015	6		LT 6015	Alarma nivel alto de S-602
	278	LI 6016	6		LT 6016	Alarma nivel alto de S-603
	279	LI 6017	6		LT 6017	Alarma nivel alto de S-604
	280	LI 6018	6		LT 6018	Alarma nivel alto de S-605
	281	LI 6019	6		LT 6019	Alarma nivel alto de S-606
	282	CC 7001	7	XV 7001	CT 7001	Válvula A/C para CRR entrada IO-701/2/3 A
	283	CC 7002	7	XV 7002	CT 7002	Válvula A/C para CRR entrada IO-701/2/3 B
	284	HS 7003	7	XV 7003		Hand switch válvula A/C salida CRR de IO-701/2/3 A
	285	HS 7004	7	XV 7004		Hand switch válvula A/C salida CRR de IO-701/2/3 B
	286	CI 7005	7		CT 7005	Indicador de conductividad en IO-701 A
	287	CI 7006	7		CT 7006	Indicador de conductividad en IO-702 A
	288	CI 7007	7		CT 7007	Indicador de conductividad en IO-703 A

			LISTA DE INSTRUMENTOS		Fecha:	16/06/2008
					Proyecto n°:	
			Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO	
			Localización: Zona Franca		Hoja: 7 de: 8	
REV.	ITEM	P&ID N°	ACTUADOR	TRANSMISOR	DESCRIPCIÓN	
	289	CI 7008	7		CT 7008	Indicador de conductividad en IO-701 B
	290	CI 7009	7		CT 7009	Indicador de conductividad en IO-702 B
	291	CI 7010	7		CT 7010	Indicador de conductividad en IO-703 B
	292	HS 7011	7	XV 7011		Válvula A/C para AN entrada IO-701/2/3 A
	293	HS 7012	7	XV 7012		Válvula A/C para AN entrada IO-701/2/3 B
	294	HS 7013	7	M-B-701 A/B		Encendido/apagado de B-701
	295	PI 7014 A/B	7			Indicador de presión en la impulsión de B-701
	296	PI 7015	7		PT 7015	Indicador de presión en la cabeza de la torre CD-701
	297	TC 7016	7	TCV 7016	TT 7016	Controlador temperatura salida de condensado CO-701
	298	LC 7017	7	M-B702 A/B	PT 7017	Enclavamiento que asegura nivel en succión de B-702
	299	PI 7018 A/B	7			Indicador de presión en la impulsión de B-702
	300	TC 7019	7	TCV 7019	TT 7019	Controlador de reflujo por temperatura a torre CD-701
	301	LC 7020	7	LCV 7020	LT 7020	Controlador nivel en colas de la torre CD-701
	302	PI 7021 A/B	7			Indicador de presión en la impulsión de B-704
	303	TI 7022	7		TT 7022	Alarma de alta temperatura en K-701
	304	TC 7023	7	TCV 7023	TT 7023	Controlador de temperatura en colas de torre CD-701
	305	PI 7023'	7		PT 7023'	Indicador de presión en la cabeza de la torre CD-702A
	306	TC 7024	7	TCV 7024	TT 7024	Controlador temperatura salida condensado CO-702A
	307	LC 7024'	7	M-B705 AA/AB	PT 7024'	Enclavamiento asegura nivel en succión de B-705 A
	308	PI 7025 A/B	7			Indicador de presión en la impulsión de B-705A
	309	TC 7026	7	TCV 7026	TT 7026	Controlador reflujo por temperatura a torre CD-702 A
	310	LC 7027	7	LCV 7027	LT 7027	Controlador nivel en colas de la torre CD-702 A
	311	PI 7028 A/B	7			Indicador de presión en la impulsión de B-706 A
	312	TI 7029	7		TT 7029	Alarma de alta temperatura en K-702 A
	313	TC 7030	7	TCV 7030	TT 7030	Controlador de temperatura en colas de torre CD-702 A
	314	PI 7031	7		PT 7031	Indicador de presión en la cabeza de la torre CD-702 B
	315	TC 7032	7	TCV 7032	TT 7032	Controlador temperatura salida condensado CO-702 B
	316	LC 7033	7	M-B705 BA/BB	PT 7033	Enclavamiento asegura nivel en succión de B-705 B
	317	PI 7034 A/B	7			Indicador de presión en la impulsión de B-705 B
	318	TC 7035	7	TCV 7035	TT 7035	Controlador reflujo por temperatura a torre CD-702 B
	319	LC 7036	7	LCV 7036	LT 7036	Controlador nivel en colas de la torre CD-702 B
	320	PI 7037 A/B	7			Indicador de presión en la impulsión de B-706 B
	321	TI 7038	7		TT 7037	Alarma de alta temperatura en K-702 B
	322	TC 7039	7	TCV 7039	TT 7038	Controlador de temperatura en colas de torre CD-702 B
	323	HS 7040	7	XV 7040		Encendido/apagado de IC-702
	324	TC 7041	7	TCV 7041	TT 7041	Controlador de temperatura salida de IC-7032
	325	LI 7042	7		LT 7042	Indicador de nivel en el tanque T-701
	326	FC 7043	7	FCV 7043	FT 7043	Control ratio entre CRR y salida de T-701
	327	PI 7044 A/B	7			Indicador de presión en la impulsión de B-702
	328	FC 7045	7	FCV 7045	FT 7045	Control ratio entre AN y salida de T-701
	329	PSV 7046	7	PSV 7046		Ventoeo en IO-701 A (+0,050/-0,020 barg)
	330	PSV 7047	7	PSV 7047		Ventoeo en IO-702 A (+0,050/-0,020 barg)
	331	PSV 7048	7	PSV 7048		Ventoeo en IO-703 A (+0,050/-0,020 barg)
	332	PSV 7049	7	PSV 7049		Ventoeo en IO-701 B (+0,050/-0,020 barg)
	333	PSV 7050	7	PSV 7050		Ventoeo en IO-702 B (+0,050/-0,020 barg)
	334	PSV 7051	7	PSV 7051		Ventoeo en IO-703 B (+0,050/-0,020 barg)
	335	PSV 7052	7	PSV 7052		Ventoeo en CD-701 (+0,050/-0,020 barg)
	336	PSV 7053	7	PSV 7053		Ventoeo en CO-701 (+0,050/-0,020 barg)

			LISTA DE INSTRUMENTOS		Fecha:	16/06/2008
					Proyecto n°:	
			Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO	
			Localización: Zona Franca		Hoja: 8 de: 8	
REV.	ITEM	P&ID N°	ACTUADOR	TRANSMISOR	DESCRIPCIÓN	
	337	PSV 7054	7	PSV 7054		Ventoeo en K-501 (+0,050/-0,020 barg)
	338	PSV 7055 A	7	PSV 7055 A		Ventoeo en IC-701 A (+0,050/-0,020 barg)
	339	PSV 7055 B	7	PSV 7055 B		Ventoeo en IC-701 B (+0,050/-0,020 barg)
	340	PSV 7056 A	7	PSV 7056 A		Ventoeo en CD-701 A (+0,050/-0,020 barg)
	341	PSV 7057 A	7	PSV 7057 A		Ventoeo en CO-701 A (+0,050/-0,020 barg)
	342	PSV 7058 A	7	PSV 7058 A		Ventoeo en K-701 A (+0,050/-0,020 barg)
	343	PSV 7056 B	7	PSV 7056 B		Ventoeo en CD-701 B (+0,050/-0,020 barg)
	344	PSV 7057 B	7	PSV 7057 B		Ventoeo en CO-701 B (+0,050/-0,020 barg)
	345	PSV 7058 B	7	PSV 7058 B		Ventoeo en K-701 B (+0,050/-0,020 barg)
	346	PSV 7059	7	PSV 7059		Ventoeo en IC-703 (+0,050/-0,020 barg)
	347	PSV 7060	7	PSV 7060		Ventoeo en T-701 (+0,050/-0,020 barg)
	348	FE 8001 A/B	8			Medidor de flujo
	349	FFC 8001	8	FCV 8001	FT-8001 A/B	Controlador de proporciones, entrada de agua AB-801
	350	TC 8002	8	FCV 8002	TT 8002	Controlador temperatura en AB-801
	351	FC 8002	8	FCV 8002	FT 8002	By-pass controlador entrada agua en AB-801
	352	PSV 8003	8	PSV 8003		Válvula de seguridad en AB-801
	353	PI 8004 A	8			Indicador de presión en la impulsión de B-801 A
	354	PI 8004B	8			Indicador de presión en la impulsión de B-801 B
	355	LC 8005	8	LCV 8005	LT 8005	Controlador nivel AB-801
	356	TC 8006	8	PCV 8006	TT 8006 A/B	Controlador temperatura en R-801A/B, selector de baja
	357	PC 8006	8	PCV 8006	PT 8006	Controlador entrada humos de caldera
	358	TI 8007	8		TT 8007	Alarma de temperatura en R-801 A
	359	PSV 8008	8	PSV 8008		Válvula de seguridad en R-801 A
	360	TI 8009	8		TT 8009	Alarma de temperatura en R-801B
	361	PSV 8010	8	PSV 8010		Válvula de seguridad en R-801 B
	362	PC 8011	8	PCV 8011	PT 8011	Controlador de vapor generado en IC-804
	363	FC 8012	8	FCV 8012	FT 8012	Controlador entrada agua saturada a IC-805
	364	TC 8012	8	FCV 8012	TT 8012 A/B	Controlador temperatura en R-802A/B, selector de baja
	365	TI 8013	8		TT 8013	Alarma de temperatura en R-802 A
	366	PSV 8014	8	PSV 8014		Válvula de seguridad en R-802 A
	367	TI 8015	8		TT 8015	Alarma de temperatura en R-802B
	368	PSV 8016	8	PSV 8016		Válvula de seguridad en R-802 B
	369	FE 8017	8			Medidor de flujo
	370	FFC 8017	8	M C-401	FT 8017 A	Controlador ratio
	371	SC 8017	8	M C-401	ST 8017	Controlador motor C-401
	372	PC 8017	8	M C-401	PT 8017	Controlador presión de salida gas off
	373	PI 8018A	8			Indicador de presión en la salida C-401 A
	374	PI 8018B	8			Indicador de presión en la salida C-401 B
	375	PI 8019	8		PT 8019	Alarma de presión en D-801
	376	PSV 8020	8	PSV 8020		Válvula de seguridad en D-801
	377	PI 8021 A	8			Indicador de presión en la impulsión de B-802 A
	378	PI 8021 B	8			Indicador de presión en la impulsión de B-802 B
	379	LC 8022	8	LCV 8022	LT 8022	Controlador de nivel en D-801
	380	PI 8023 A	8			Indicador de presión en la salida de TU-801A
	381	PI 8023 B	8			Indicador de presión en la salida de TU-801B
	382					
	383					
	384					

En este capítulo se detallan los medios que hacen posible el transporte y circulación de los fluidos del proceso de un equipo a otro.

Por lo tanto, se especificará las tuberías, accesorios, bombas y válvulas que emplearan para dicho fin.

6.1. TUBERÍAS

Es importante definir el alcance de este apartado, dado que no se trata de un diseño mecánico completo del sistema de tuberías. El diseño de un sistema de tuberías consiste en el diseño de sus tuberías, bridas y su tornillería, empacaduras, válvulas, accesorios, filtros, trampas de vapor juntas de expansión. También incluye el diseño de los elementos de soporte, tales como zapatas, resortes y colgantes, pero no incluye el de estructuras para fijar los soportes, tales como fundaciones, armaduras o pórticos de acero.

La lista siguiente muestra los pasos que deben completarse en el diseño mecánico de cualquier sistema de tuberías:

a) Establecimiento de las condiciones de diseño incluyendo presión, temperaturas y otras condiciones, tales como la velocidad del viento, movimientos sísmicos, choques de fluido, gradientes térmicos y número de ciclos de varias cargas.

b) Determinación del diámetro de la tubería, el cual depende fundamentalmente de las condiciones del proceso, es decir, del caudal, la velocidad y la presión del fluido.

c) Selección de los materiales de la tubería con base en corrosión, fragilidad y resistencia.

d) Selección de las clases de “rating” de bridas y válvulas.

e) Cálculo del espesor mínimo de pared (Schedule) para las temperaturas y presiones de diseño, de manera que la tubería sea capaz de soportar los esfuerzos tangenciales producidos por la presión del fluido.

f) Establecimiento de una configuración aceptable de soportes para el sistema de tuberías.

g) Análisis de esfuerzos por flexibilidad para verificar que los esfuerzos producidos en la tubería por los distintos tipos de carga estén dentro de los valores admisibles, a objeto de comprobar que las cargas sobre los equipos no sobrepasen los valores límites, satisfaciendo así los criterios del código a emplear.

El análisis de flexibilidad tiene por objeto verificar que los esfuerzos en la tubería, los esfuerzos en componentes locales del sistema y las fuerzas y momentos en los puntos terminales, estén dentro de límites aceptables, en todas las fases de operación normal y anormal, durante toda la vida de la planta.

El diseño empleado para este apartado no abarca al completo el diseño mecánico antes mencionado. Nos centraremos en la determinación del diámetro de tubería

en base a velocidades típicas, selección del material y especificación de las bombas y válvulas empleadas en cada línea del proceso.

En este primer estudio no se abordaran estudios referidos a los soportes, estudios de flexibilidad, esfuerzo, análisis mecánicos, etc.

El procedimiento realizado para la caracterización y diseño de las tuberías, como así de las bombas se puede consultar en el manual de cálculos adjunto a esta memoria.

6.1.1. Normas de diseño

Las normas más utilizadas en el análisis de sistemas de tuberías son las normas conjuntas del American Estándar Institute y la American Society of Mechanical Engineers ANSI/ASME B31.1, B31.3, etc.

En lo que concierne al diseño todas las normas son muy parecidas, existiendo algunas discrepancias con relación a las condiciones de diseño, al cálculo de los esfuerzos y a los factores admisibles.

Nomenclatura

Con el fin de simplificar y mejorar la comprensión de los diagramas de ingeniería es necesario establecer un código claro por el cual se pueda identificar fácilmente a que se esta haciendo referencia y cuales son sus características.

Por esto desarrollaremos a continuación la nomenclatura que utilizaremos en el proyecto.

Ésta hará referencia a tuberías, bombas y accesorios (válvulas, filtros, etc.), exceptuando las válvulas de control.

En lo referente a una línea y accesorios, es importante poder identificar el diámetro de esta, el material del que esta compuesta, el tipo de unión, la presión de trabajo, el fluido que circula y el número de línea y área.

6.1.2. Tuberías

Nomenclatura de líneas

Se nombran de forma sistemática resumiendo 5 puntos los cuales harán referencia a:

1. Diámetro nominal de la tubería en pulgadas. Estos diámetros son seleccionados en función del caudal (en condiciones máximas de operación), velocidades típicas de circulación y teniendo en cuenta un posible aumento de la producción a futuro. Por

último se consulta con proveedores la existencia en stock o catalogo del mismo y en caso contrario se modifica al diámetro más cercano en stock.

2. Tipo de materia del cual esta compuesta la tubería. En principio podemos hacer una división en dos grupos. Para servicios utilizaremos acero al carbono (F) y para proceso acero inoxidable 316 (T).
3. Motivo y Espesor del aislante. La inclusión de este punto tiene como fin detallar en que tuberías es necesario utilizar un aislante y que espesor teórico le corresponde dependiendo de la temperatura del fluido que circula por el interior, de la temperatura exterior y del material aislante.
4. Fluido. La idea básica de este punto es identificar fácilmente que tipo de producto es el que atraviesa dicho tramo.
5. Número de área y línea. Con este número se podrá ubicar rápidamente dentro de la planta a que línea se esta haciendo referencia y en que área esta se encuentra.

A continuación se resume en cuadros la información necesaria para la configuración de la nomenclatura antes expuesta.

Identificación de materiales para tuberías y accesorios

Tipo de Material	Abreviación
Acero al Carbono	F
Acero Inoxidable	T

Identificación del motivo de la utilización de aislante en las tuberías

Motivo	Abreviación
Evitar Pérdidas Energéticas	H
Protección personas	PP

Detrás de la abreviación se indicará el espesor teórico del aislante.

Identificación de las áreas

Area	Abreviación
Almacenamiento Ciclohexanol	100
Almacenamiento Ácido Nítrico	200
Reacción	300
Separación	400
Purificación	500
Secado y Envasado	600
Almacenamiento, recuperación y recirculación del catalizador.	700
Tratamiento de Gases	800

Identificación de los fluidos

Significado	Abreviación
Ácido Adípico Seco	AAS
Ácido Adípico Húmedo	AAH
Ácido Glutámico	AG
Residuos	RE
Agua de Refrigeración	ARE
Ácido Succínico	SUC
Agua de Proceso	AP
Aceite Térmico	AT
Ciclohexanol	COH
Ácido Nítrico	AN
Corriente Principal	CPP
Corriente Recirculación	CRE
Gas	GAS
Aire	AIR
Vapor	VA
Vapor Condensado	VC
Vapor Proceso	VP
Líquido Proceso	LP

Identificación de los accesorios

Accesorios	Abreviación
Filtro en línea	F
Purgador líquidos	PL
Purgador gases	PG

A modo de ejemplo citaremos una supuesta línea (ficticia) en la cual se resume lo antes explicado.

2"-T-H/PP120-COH-101

En este caso estaríamos haciendo referencia a una línea de dos pulgadas, de acero inoxidable, con aislante para protección personal y evitar pérdidas energéticas con un grosor de 120 mm por donde circula ciclohexanol y está ubicada en el área de almacenamiento de ciclohexanol.

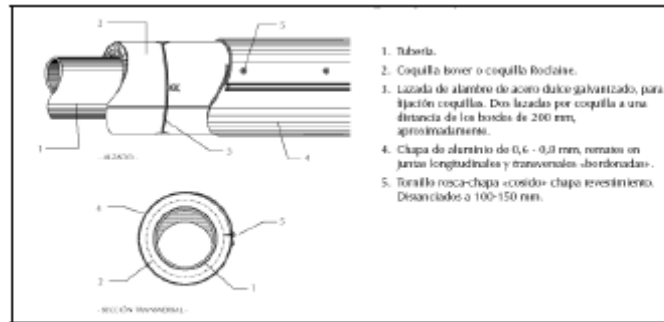
Aislamiento térmico de tuberías y accesorios

Las razones para la utilización del aislamiento térmico son, fundamentalmente:

- Necesidades de proceso, ya que deben evitarse las transferencias térmicas que provocan disfunciones en el proceso por diferencias de temperaturas no admisibles.
- Seguridad de las personas y bienes. Si no existe aislamiento térmico suficiente, las temperaturas superficiales externas pueden ser elevadas y provocar lesiones y accidentes en las personas. En el límite, producir efectos de combustión e incendio en materiales combustibles próximos a estas superficies.

La legislación actual obliga a aislar toda superficie, de modo que ninguna supere 50 °C en su superficie.

- El aislamiento térmico reduce las pérdidas energéticas, de tal modo que éstas pueden llegar a ser un 2-3% de las pérdidas energéticas sin aislamiento. Es con mucho el mejor método de ahorro de energía conocido, permitiendo la amortización del material aislante instalado en períodos de tiempo muy bajos, por ejemplo, algunas semanas.
- La reducción de la contaminación ambiental. El material aislante empleado será la lana de vidrio. Un material aislante se caracteriza por el valor de su conductividad térmica; su poder aislante es más elevado entre más pequeña es su conductividad. La lana de vidrio es un material compuesto. El fieltro, que se forma en la cadena, está constituido por fibras entrecruzadas desordenadamente, que impiden las corrientes de convección del aire. Es evidente que la conductividad térmica del fieltro será no una conductividad sólida real, sino una conductividad aparente y que será el balance de los efectos conjugados de varios procesos de cambios de calor. El material empleado para el aislamiento térmico empleados en nuestro proyecto será proveído por la empresa Induver, el calculo de espesor de aislante se realiza mediante un software suministrado por la empresa (induver, versión 2.1) y estas figuran en la lista de líneas adjunta a este apartado. El material empleado será coquilla y manta de lana de roca.



Aislamiento de una tubería con coquilla y manta de lana de roca.

La figura antes expuesta resume el tipo de instalación de aislamiento. La nomenclatura empleada se resume en un cuadro junto con las demás abreviaciones.

6.1.3. Tipos de Aislantes Utilizados

Lana de Vidrio

Un material aislante se caracteriza por el valor de su conductividad térmica; su poder aislante es tanto más elevado cuánto más pequeña es su conductividad.

La lana de vidrio es un material compuesto. El fieltro, que se forma en la cadena, está constituido por fibras entrecruzadas desordenadamente, que impiden las corrientes de convección del aire. Es evidente que la conductividad térmica del fieltro será no una conductividad sólida real, sino una conductividad aparente y que será el balance de los efectos conjugados de varios procesos de cambios de calor, que vamos a tratar de analizar a continuación:

- El aire inmovilizado por la red de fibras, es un volumen proporcionalmente importante; por tanto, una parte de la transmisión de calor se hará por convección.
- Las fibras, en contacto unas con otras, permiten la transmisión de calor por conducción.
- Finalmente, las fibras intercambian energía entre sí, por radiación.

La relativa importancia de estas formas distintas de cambio de calor dependen, a igualdad de temperatura en el ambiente, de:

- El diámetro de las fibras.
- La densidad aparente del producto.

La conductividad térmica resulta, en la práctica, de la combinación de la transmisión gaseosa y de la radiación; siendo despreciables las otras dos.

El valor de dicha conductividad varía de 0,032 a 0,045 W/(m · K) (a 10 °C), para los productos ISOVER, de aplicación en la construcción.

Otras propiedades

Los productos fabricados son ligeros (de 10 a 110 kg/m³) y fáciles de cortar y de manejar.

La lana de vidrio es incombustible, inatacable por los agentes exteriores: aire, vapor de agua, ácidos (excepto de fluorhídrico) y bases no concentradas. El pH de la composición, 7 aproximadamente, asegura a la fibra una estabilidad total, incluso en medio húmedo y garantiza al usuario la no existencia de corrosión de los metales en contacto con ella.

Su débil calor específico permite puestas en régimen rápidas, en instalaciones intermitentes.

Lana de Roca

La lana de roca, perteneciente a la familia de las lanas minerales, es un material fabricado a partir de la roca volcánica. Debido a su estructura fibrosa multidireccional, la lana de roca guarda aire seco y estable en su interior. Se utiliza principalmente como aislamiento térmico, acústico, y como protección pasiva contra el fuego en la edificación.

Comportamiento térmico → la estructura de la lana de roca contiene aire seco y estable en su interior, lo cual le permite actuar como obstáculo a las transferencias de temperatura. Por lo tanto es un producto que aísla tanto del frío como del calor.

Comportamiento acústico → gracias a su estructura multidireccional y elástica, la lana de roca frena el movimiento de las partículas de aire y disipa la energía sonora. Es por tanto apropiada para atenuar tanto el ruido aéreo como el ruido de impacto. Instalada en cubiertas, fachadas, tabiques y suelos, favorece el aislamiento acústico, pero también la absorción acústica en el interior de locales

Comportamiento ante el fuego → la lana de roca es un material No Combustible, siendo Clase A1 según la clasificación europea de reacción al fuego de los materiales de la construcción (Euroclases). Gracias a su incombustibilidad, es utilizada como protección pasiva contra el fuego en edificios. Gracias a su origen volcánico, conserva sus propiedades mecánicas intactas incluso expuesta a temperaturas extremadamente altas (superiores a 1.000°).

Las lanas minerales, a cuya familia pertenecen tanto las lanas de vidrio como las de roca, tienen propiedades térmicas y acústicas muy parecidas, además de ser ambos materiales incombustibles.

Las lanas de roca tienen una mayor resistencia al fuego que las de vidrio, aunque la absorción y aislamiento acústicos de la lana de vidrio es algo mejor.

Desde el punto de vista del aislamiento térmico, hay que tener en cuenta que las lanas de vidrio tienen un poder aislante más elevado que las lanas de roca de la misma densidad, o lo que es lo mismo, su coeficiente de conductividad térmica λ es más bajo.

Es fácil comprobar lo anterior para productos certificados con la Marca N, en lana de vidrio ó Sello INCE para lana de roca. Un producto LVP-2, tiene densidades entre 13 y 19 Kg/m³ y una $\lambda < 0,039 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$; para ese valor de coeficiente de conductividad en lana de roca, se debe disponer de un producto LRP-2, con densidades entre 22 y 35 Kg/m³.

Otro aspecto es el económico, donde la ventaja está claramente a favor de las lanas de vidrio, debido a que:

Como se indicaba más arriba, a todos los efectos de igualdad técnica, deben compararse lanas de vidrio de 14-16 Kg/m³ ó bien lanas de roca de 30-32 Kg/m³. El coste de los productos de lana de vidrio, es inferior.

6.1.4. Listado de líneas

Las listas adjuntas en este apartado resumen los valores y detalles más relevantes en lo que hace referencia a tuberías, bombas y accesorios. Todas las abreviaciones quedan definidas en los cuadros que se encuentran al comienzo de este apartado.

	Proyecto n°	1	Hoja	1
	Área	100, 200 y 300	De	8
	Planta	Producción de Ácido Adípico	Fecha	13/06/08

LISTADO DE LÍNEAS

DN	Mat	PN	Fluido	Estado	N° Línea	Tramo		Presión		Temperatura		Caudal m³/h	Aislamiento		Nomenclatura				
						De	A	Trabajo(bar)	Diseño(bar)	Trabajo(°C)	Diseño(°C)		Tipo	Espesor(mm)	Diametro	Material	AISLA	Fluido	Area/Línea
2"	T	16	COH	L	C101	CAMIÓN	T-100	0,013	1,013	25	41	6,08006742	NO		2"	T		COH	C101
2"	T	16	COH	L	101	T-100	IC-301	0,013	1,013	25	41	6,08006742	NO		2"	T		COH	101
2,5"	T	16	AN	L	C201	CAMIÓN	T-200	0,013	1,013	25	41	10,1900533	NO		2,5"	T		AN	C201
2,5"	T	16	AN	L	201	T-200	VD-701	0,013	1,013	25	41	10,1900533	NO		2,5"	T		AN	201

DN	Mat	Velocidad fluido (m/s)	Fluido	Estado	N° Línea	Tramo		Presión		Temperatura		Caudal m³/h	Aislamiento		Nomenclatura				
						De	A	Trabajo(bar)	Diseño(bar)	Trabajo(°C)	Diseño(°C)		Tipo	Espesor(mm)	Diametro	Material	Aislante	Fluido	Area/Línea
2"	Acero al carbón	0,91	Ciclohexanol	Líquido	301	B-301	Dos1	5,1	6,12	22	42	7,31			2"	F		COH	301
8"	Acero inox	1,52	Recirculación	Líquido	302	VM707	Dos2	5,1	6,12	38,9	58,9	193,54			8"	T		CRR	302
1 1/2"	Acero al carbón	0,76	Ciclohexanol	Líquido	303	Dos1	R-301A	5,05	6,06	22	42	3,65			1 1/2"	F		COH	303
1 1/2"	Acero al carbón	0,76	Ciclohexanol	Líquido	304	Dos1	R-301B	5,05	6,06	22	42	3,65			1 1/2"	F		COH	304
6"	Acero inox	1,32	Recirculación	Líquido	305	Dos2	R-301A	5,05	6,06	38,9	58,9	96,77			6"	T		CRR	305
6"	Acero inox	1,32	Recirculación	Líquido	306	Dos2	R-301B	5,05	6,06	38,9	58,9	96,77			6"	T		CRR	306
6"	Acero inox	1,51	Corriente princ	Líquido	307	R-301A	R-302A	4	4,8	35	55	110,63			6"	T		CPP	307
6"	Acero inox	1,51	Corriente princ	Líquido	308	R-301B	R-302B	4	4,8	35	55	110,63			6"	T		CPP	308
6"	Acero inox	1,48	Corriente princ	Líquido	309	R-302A	VM-301	2,92	3,504	57,5	77,5	108,63			6"	T		CPP	309
6"	Acero inox	1,48	Corriente princ	Líquido	310	R-302B	VM-301	2,92	3,504	57,5	77,5	108,63			6"	T		CPP	310
8"	Acero inox	1,71	Corriente princ	Líquido	311	B-302	D-401	3,5	4,2	56	76	217,01			8"	T		CPP	311
8"	Acero al carbón	1,95	Agua refrige	Líquido	312		R-301A	3	3,6	7	27	247,99			8"	F		ARE	312
8"	Acero al carbón	1,95	Agua refrige	Líquido	313		R-301B	3	3,6	7	27	247,99			8"	F		ARE	313
8"	Acero al carbón	1,95	Agua refrige	Líquido	314		R-301C	3	3,6	7	27	247,99			8"	F		ARE	314
8"	Acero al carbón	1,95	Agua refrige	Líquido	315	R-301A		2,55	3,06	12	32	247,99			8"	F		ARE	315
8"	Acero al carbón	1,95	Agua refrige	Líquido	316	R-301B		2,55	3,06	12	32	247,99			8"	F		ARE	316
8"	Acero al carbón	1,95	Agua refrige	Líquido	317	R-301C		2,55	3,06	12	32	247,99			8"	F		ARE	317
10"	Acero al carbón	2,48	Agua refrige	Líquido	318	R-301 A/B/C		2,55	3,06	20	40	495,99			10"	F		ARE	318
10"	Acero al carbón	1,68	Agua refrige	Líquido	319		R-302A	3	3,6	20	40	336,01			10"	F		ARE	319
10"	Acero al carbón	1,68	Agua refrige	Líquido	320		R-302B	3	3,6	20	40	336,01			10"	F		ARE	320
10"	Acero al carbón	1,68	Agua refrige	Líquido	321		R-302AC	3	3,6	20	40	336,01			10"	F		ARE	321
10"	Acero al carbón	1,68	Agua refrige	Líquido	322	R-302A		2,55	3,06	35	55	336,01			10"	F		ARE	322
10"	Acero al carbón	1,68	Agua refrige	Líquido	323	R-302B		2,55	3,06	35	55	336,01			10"	F		ARE	323
10"	Acero al carbón	1,68	Agua refrige	Líquido	324	R-302C		2,55	3,06	35	55	336,01			10"	F		ARE	324
12"	Acero al carbón	2,37	Agua refrige	Líquido	325	R-302 A/B/C		2,55	3,06	35	55	672,02			12"	F		ARE	325

	LISTADO DE LÍNEAS		Proyecto n°	1	Hoja	2
			Área	400	De	8
			Planta	Producción de Ácido Adípico	Fecha	13/06/08

DN	Mat	Velocidad fluido (m/s)	Fluido	Estado	N° Línea	Tramo		Presión		Temperatura		Caudal m³/h	Aislamiento		Nomenclatura				
						De	A	Trabajo(bar)	Diseño(bar)	Trabajo(°C)	Diseño(°C)		Tipo	Espesor(mm)	Diametro	Material	Aislante	Fluido	Area/Línea
48"	Acero al carbor	25,60	Gas	Gaseoso	401		C-401	1	1,2	20	40	106034,8343			48"	F		GAS	401
48"	Acero al carbor	25,60	Gas	Gaseoso	402	C-401	D-401	3,5	4,2	148,3	168,3	106034,8343	Lana de vid	2	48"	F	HPP2	GAS	402
8"	Acero inox	1,69	Corriente princ	Líquido	403	D-401	V4005	2,993	3,5916	62,6	82,6	215,112592	Lana de vid	0,5		T	HPP0,5	CPP	403
8"	Acero inox	1,69	Corriente princ	Líquido	404	V4005	IC-401	1,5	1,8	62,6	82,6	215,112592	Lana de vid	0,5		T	HPP0,5	CPP	404
8"	Acero inox	1,70	Corriente princ	Líquido	405	IC-401	CD-401	1,25	1,5	68,24	88,24	216,2128587	Lana de vid	0,5		T	HPP0,5	CPP	405
60"	Acero inox	33,27	Corriente princ	Vapor	406	CD-401	CO-401	1,03	1,236	105,99	125,99	215978,3279	Lana de vid	2		T	HPP2	CPP	406
2 1/5"	Acero inox	1,00	Corriente princ	Líquido	407	B-401	CD-401	1,2	1,44	105,99	125,99	12,36390205	Lana de vid	2		T	HPP2	CPP	407
8"	Acero inox	1,70	Corriente princ	Líquido	408	CO-401	B-401	1,2	1,44	105,99	125,99	215,9768876	Lana de vid	2		T	HPP2	CPP	408
8"	Acero inox	1,60	Corriente secu	Líquido	409	B-401	VM-707	1,2	1,44	105,99	125,99	203,6129856	Lana de vid	2		T	HPP2	CRS	409
10"	Acero inox	1,83	Corriente princ	Líquido	410	CD-401	B-402	1,25	1,5	131,75	151,75	365,9225046	Lana de vid	2		T	HPP2	CPP	410
8"	Acero inox	2,68	Corriente princ	Líquido	411	B-402	K-401	1,75	2,1	131,75	151,75	340,1078855	Lana de vid	2		T	HPP2	CPP	411
60"	Acero inox	52,00	Corriente princ	Vapor	412	K-401	CD-401	1,75	2,1	131,75	151,75	340109,4698	Lana de vid	2		T	HPP2	CPP	412
3"	Acero inox	1,36	Corriente princ	Líquido	413	B-402	IC-401	1,75	2,1	131,75	151,75	25,81461909	Lana de vid	2		T	HPP2	CPP	413
3"	Acero inox	1,36	Corriente princ	Líquido	414	IC-401	CR-501	1,35	1,62	118	138	25,81461909	Lana de vid	1		T	HPP1	CPP	414
60"	Acero al carbor	31,95	Vapor de agua	Vapor	415		k-401	10	12	179,9	199,9	207445,0543	Lana de vid	3		F	HPP3	VAP	415
8"	Acero al carbor	1,63	Vapor condens	Líquido	416	K-401		10	12	179,9	199,9	207,4450543	Lana de vid	3		F	HPP3	VAPC	416
30"	Acero al carbor	3,17	Agua refrige	Líquido	417		CO-401	4	4,8	20	40	5108,310041				F		ARE	417
30"	Acero al carbor	3,17	Agua refrige	Líquido	418	CO-401		4	4,8	35	55	5108,310041				F		ARE	418

	Proyecto n°	1	Hoja	3
	Área	500	De	8
	Planta	Producción de Ácido Adípico	Fecha	13/06/08

LISTADO DE LÍNEAS

DN	Mat	PN	Fluido	Estado	N° Línea	Tramo		Presión		Temperatura		Caudal m³/h	Aislamiento		Nomenclatura				
						De	A	Trabajo(bar)	Diseño(bar)	Trabajo(°C)	Diseño(°C)		Tipo	Espesor(t)	Diame	Material	AISLA	Fluido	Area/Línea
2,5	T	16	CPP	L	501	IC-401	CR-501	0,013	1,013	131,5	147,5	15,1957636	SI	120	2,5	T	H/PP120	CPP	501
3	T	16	CPP	S+L	502	CR-501	F-501	0,013	1,013	50	66	15,1957636	NO		3	T		CPP	502
2	T	16	CRE	L	503	F-501	VM-501	1,5	2,5	25	41	9,10366	NO		2	T		CRE	503
3	T	16	CPP	S+L	504	F-501	TD-501	1	2	48,75	64,75	6,747425	NO		3	T		CPP	504
2,5	T	16	CPP	L	505	TD-501	CR-502	1	2	80	96	21,1662719	SI	70	2,5	T	H/PP70	CPP	505
3	T	16	CPP	S+L	506	CR-502	F-502	0,8	1,8	25	41	21,1662719	NO		3	T		CPP	506
2,5	T	16	CRE	L	507	F-502	VM-501	1,5	2,5	25	41	15,401	NO		2,5	T		CRE	507
2,5	T	16	CPP	L	508	VM-501	IC-501	0,66	1,66	52,57	68,57	23,022147	SI	40	2,5	T	H/PP40	CPP	508
2,5	T	16	CPP	L	509	IC-501	CD-501	0,66	1,66	56,49	72,49	23,1115534	SI	40	2,5	T	H/PP40	CPP	509
2,5	T	16	LP	L	510	CO-501	VD-501	0,66	1,66	88,33	104,33	20,1880847	SI	70	2,5	T	H/PP70	LP	510
1	T	16	LP	L	511	VM-501	CD-501	0,66	1,66	88,33	104,33	1,88002453	SI	60	1	T	H/PP60	LP	511
2,5	T	16	LP	L	512	VM-502	VM-705	0,66	1,66	88,33	104,33	18,3080602	SI	70	2,5	T	H/PP70	LP	512
5	T	16	LP	L	513	CD-501	K-501/IC-501	0,658	1,658	139	155	72,2108017	SI	150	5	T	H/PP150	LP	513
26	T	16	VP	G	514	K-501	CD-501	0,658	1,658	139,3	155,3	61333,945	SI	200	26	T	H/PP200	VP	514
1,5	T	16	CPP	L	515	CD-501	IC-501	0,658	1,658	139,3	155,3	4,87108803	SI	110	1,5	T	H/PP110	CPP	515
1,25	T	16	CPP	L	516	IC-501	CR-503	0,013	1,013	105	121	4,72481111	SI	80	1,25	T	H/PP80	CPP	516
2	T	16	CPP	S+L	517	CR-503	F-503	1	2	25	41	4,72481111	NO		2	T		CPP	517
1,25	T	16	CRE	L	518	F-503	T-501	0,66	1,66	25	41	4,5325	NO		1,25	T		CRE	518
1	T	16	CPP	S+L	519	F-503	TDH-501	0,066	1,066	38,48	54,48	0,88622457	NO		1	T		CPP	519
1	T	16	CPP	S+L	520	TDH-501	IC-502	0,066	1,066	180	196	0,69720707	SI	140	1	T	H/PP140	CPP	520
1	T	16	CPP	S+L	521	IC-502	CD-502	0,66	1,66	205,49	221,49	0,75741159	SI	170	1	T	H/PP170	CPP	521
1,25	T	16	LP	L	522	CO-502	VM-504	0,33	1,33	202,8	218,8	3,55133785	SI	170	1,25	T	H/PP170	LP	522
1,25	T	16	LP	L	523	VD-503	CD-502	0,33	1,33	202,8	218,8	3,38324531	SI	170	1,25	T	H/PP170	LP	523
1	T	16	SUC	L	524	VD-503	A SUCCINICO	0,65	1,65	202,8	218,8	0,16809254	SI	160	1	T	H/PP160	SUC	524
2	T	16	LP	L	525	CD-502	K-502/IC-502	0,33	1,33	159	175	5,10422033	SI	140	2	T	H/PP140	LP	525
3	T	16	VP	G	526	K-502	CD-502	0,33	1,33	210	226	692,207792	SI	220	3	T	H/PP220	VP	526
0,75	T	16	CPP	L	527	CD-502	IC-502	0,33	1,33	159	175	0,57200015	SI	110	0,75	T	H/PP110	CPP	527
0,75	T	16	CPP	L	528	IC-502	TD-502	1	2	265	281	0,57200015	SI	200	0,75	T	H/PP200	CPP	528
1	T	16	CPP	L	529	TD-502	CR-504	0,066	1,066	80	96	1,60421476	SI	50	1	T	H/PP50	CPP	529
1	T	16	CPP	S+L	530	CR-504	F-504	0,066	1,066	20	36	1,60421476	NO		1	T		CPP	530
1	T	16	CRE	L	531	F-504	T-501	1	2	25	41	1,13607	NO		1	T		CRE	531
1,5	T	17	CRE	L	532	F-505	T-502	2	3	26	42	5,66857	NO		1,5	T		CRE	532

	Proyecto n°	1	Hoja	4
	Área	Servicios 500	De	8
	Planta	Producción de Ácido Adípico	Fecha	13/06/08

LISTADO DE LÍNEAS

DN	Mat	PN	Fluido	Estado	Nº Línea	EQUIPO	Temperatura	Caudal		Aislamiento		Nomenclatura				
								m³/s	m³/h	Tipo	Espesor	Dn	Mat	AISLA	Fluido	Area/Linea
4 F		16	ARE	L	5S1	CR-501	20	0,01778298	64,0187166	NO	0	4 F	0	ARE	5S1	
4 F		16	ARE	L	5S2	CR-501	35	0,01778298	64,0187166	NO	0	4 F	0	ARE	5S2	
0,75 F		16	AP	L	5S3	F-501	45	0,00025265	0,90954809	NO	0	0,75 F	0	AP	5S3	
2 F		16	AP	L	5S4	TD-501	80	0,00369443	13,2999609	SI	60	2 F	H/PP60	AP	5S4	
3 F		16	VA	V	5S5	TD-501	180	0,13711511	493,614396	SI	180	3 F	H/PP180	VA	5S5	
1 F		16	VC	L	5S6	TD-501	180	0,00070827	2,54976343	SI	140	1 F	H/PP140	VC	5S6	
7 F		16	ARE	L	5S7	CR-502	7	0,04567893	164,44414	NO	0	7 F	0	ARE	5S7	
7 F		16	ARE	L	5S8	CR-502	15	0,04573382	164,641769	NO	0	7 F	0	ARE	5S8	
0,75 F		16	AP	L	5S9	F-502	25	0,00029244	1,05279745	NO	0	0,75 F	0	AP	5S9	
18 F		16	ARE	L	5S10	CO-501	25	0,26867798	967,240712	NO	0	18 F	0	ARE	5S10	
18 F		16	ARE	L	5S11	CO-501	35	0,26867798	967,240712	NO	0	18 F	0	ARE	5S11	
6 F		16	VA	V	5S12	K-501	184	0,46456522	1672,43478	SI	220	6 F	H/PP220	VA	5S12	
2 F		16	VC	L	5S13	K-501	184	0,00257212	9,25961886	SI	170	2 F	H/PP170	VC	5S13	
2,5 F		16	ARE	L	5S14	CR-503	7	0,00627446	22,5880677	NO	0	2,5 F	0	ARE	5S14	
2,5 F		16	ARE	L	5S15	CR-503	15	0,006282	22,6152141	NO	0	2,5 F	0	ARE	5S15	
0,5 F		16	AP	L	5S16	F-503	35	0,00010349	0,37254626	NO	0	0,5 F	0	AP	5S16	
2 F		16	VA	V	5S17	TDH-501	180	0,03623966	130,462768	SI	160	2 F	H/PP160	VA	5S17	
0,5 F		16	VC	L	5S18	TDH-501	180	0,0001872	0,67390497	SI	120	0,5 F	H/PP120	VC	5S18	
2 F		16	VA	V	5S19	TDH-501	180	0,03623966	130,462768	SI	160	2 F	H/PP160	VA	5S19	
0,5 F		16	VC	L	5S20	TDH-501	180	0,0001872	0,67390497	SI	120	0,5 F	H/PP120	VC	5S20	
2 F		16	VA	V	5S21	TDH-501	180	0,03623966	130,462768	SI	160	2 F	H/PP160	VA	5S21	
0,5 F		16	VC	L	5S22	TDH-501	180	0,0001872	0,67390497	SI	120	0,5 F	H/PP120	VC	5S22	
0,75 F		16	VP	V	5S23	TDH-501	180	0,00640105	23,0437635	SI	130	0,75 F	H/PP130	VP	5S23	
3,5 F		16	ARE	L	5S24	CO-502	25	0,01169698	42,1091374	NO	0	3,5 F	0	ARE	5S24	
3,5 F		16	ARE	L	5S25	CO-502	35	0,01169698	42,1091374	NO	0	3,5 F	0	ARE	5S25	
2,5 F		16	AT	L	5S26	K-502	390	0,01825699	65,7251608	SI	430	2,5 F	H/PP430	AT	5S26	
2,5 F		16	AT	L	5S27	K-502	350	0,01742671	62,7361564	SI	370	2,5 F	H/PP370	AT	5S27	
0,75 F		16	AP	L	5S28	TD-502	80	0,00028882	1,03974415	SI	50	0,75 F	H/PP50	AP	5S28	
2,5 F		16	ARE	L	5S29	CR-504	7	0,00592341	21,324289	NO	0	2,5 F	0	ARE	5S29	
2,5 F		16	ARE	L	5S30	CR-504	15	0,00593053	21,3499166	NO	0	2,5 F	0	ARE	5S30	
0,25 F		16	AP	L	5S31	F-504	35	2,3192E-05	0,08349235	NO	0	0,25 F	0	AP	5S31	

	Proyecto n°	1	Hoja	5
	Área	700	De	8
	Planta	Producción de Ácido Adípico	Fecha	13/06/08

LISTADO DE LÍNEAS

DN	Mat	Velocidad fluido (m/s)	Fluido	Estado	Nº Línea	Tramo		Presión		Temperatura		Caudal m³/h	Aislamiento		Nomenclatura				
						De	A	Trabajo(bar)	Diseño(bar)	Trabajo(°C)	Diseño(°C)		Tipo	Espesor(mm)	Diame	Materia	Aislante	Fluido	Area/Línea
2"	Acero al C	1,49	Agua proceso		701	B-701	NUDO 702/3	2,5	2,8	22	42	10,01			2"	F		AP	701
2"	Acero al C	1,49	Agua proceso		702	NUDO 702/3	NUDO A	2,42	2,7	22	42	10,01			2"	F		AP	702
2"	Acero al C	1,49	Agua proceso		703	NUDO 702/3	NUDO B	2,42	2,7	22	42	10,01			2"	F		AP	703
1,25"	Acero al C	1,14	Agua proceso		704A	NUDO A	IO-701A	2,37	2,65	22	42	3,34			1,25"	F		AP	704A
1,25"	Acero al C	1,14	Agua proceso		705A	NUDO A	IO-702A	2,37	2,65	22	42	3,34			1,25"	F		AP	705A
1,25"	Acero al C	1,14	Agua proceso		706A	NUDO A	IO-703A	2,37	2,65	22	42	3,34			1,25"	F		AP	706A
1,25"	Acero al C	1,14	Agua proceso		704B	NUDO B	IO-701B	2,37	2,65	22	42	3,34			1,25"	F		AP	704B
1,25"	Acero al C	1,14	Agua proceso		705B	NUDO B	IO-702B	2,37	2,65	22	42	3,34			1,25"	F		AP	705B
1,25"	Acero al C	1,14	Agua proceso		706B	NUDO B	IO-703B	2,37	2,65	22	42	3,34			1,25"	F		AP	706B
1,25"	Acero al C	1,14	Agua proceso		707A	IO-701A	NUDO A	1,55	1,66	22	42	3,34			1,25"	F		AP	707A
1,25"	Acero al C	1,14	Agua proceso		708A	IO-702A	NUDO A	1,55	1,66	22	42	3,34			1,25"	F		AP	708A
1,25"	Acero al C	1,14	Agua proceso		709A	IO-703A	NUDO A	1,55	1,66	22	42	3,34			1,25"	F		AP	709A
1,25"	Acero al C	1,14	Agua proceso		707B	IO-701B	NUDO B	1,55	1,66	22	42	3,34			1,25"	F		AP	707B
1,25"	Acero al C	1,14	Agua proceso		708B	IO-702B	NUDO B	1,55	1,66	22	42	3,34			1,25"	F		AP	708B
1,25"	Acero al C	1,14	Agua proceso		709B	IO-703B	NUDO B	1,55	1,66	22	42	3,34			1,25"	F		AP	709B
2"	Acero al C	1,49	Agua proceso		710	NUDO A	NUDO 710/11	1,43	1,52	22	42	10,01			2"	F		AP	710
2"	Acero al C	1,49	Agua proceso		711	NUDO B	NUDO 710/11	1,43	1,52	22	42	10,01			2"	F		AP	711
2"	Acero al C	1,49	Agua proceso		712	NUDO 710/11	SALIDA	1,29	1,35	22	42	10,01			2"	F		AP	712
1,5"	Acero inox	0,899	Ácido nítrico		713	NUDO 713/726	NUDO 714/715	2	2,2	22	42	3,61			1,5"	T		AN	713
1,5"	Acero inox	0,899	Ácido nítrico		714	NUDO 714/715	NUDO A	1,96	2,52	22	42	3,61			1,5"	T		AN	714
1,5"	Acero inox	0,899	Ácido nítrico		715	NUDO 714/715	NUDO B	1,96	2,52	22	42	3,61			1,5"	T		AN	715
1"	Acero inox	0,73	Ácido nítrico		716A	NUDO A	IO-701A	1,89	2,07	22	42	1,2			1"	T		AN	716A
1"	Acero inox	0,73	Ácido nítrico		717A	NUDO A	IO-702A	1,89	2,07	22	42	1,2			1"	T		AN	717A
1"	Acero inox	0,73	Ácido nítrico		718A	NUDO A	IO-703A	1,89	2,07	22	42	1,2			1"	T		AN	718A
1"	Acero inox	0,73	Ácido nítrico		716B	NUDO B	IO-701B	1,89	2,07	22	42	1,2			1"	T		AN	716B
1"	Acero inox	0,73	Ácido nítrico		717B	NUDO B	IO-702B	1,89	2,07	22	42	1,2			1"	T		AN	717B
1"	Acero inox	0,73	Ácido nítrico		718B	NUDO B	IO-703B	1,89	2,07	22	42	1,2			1"	T		AN	718B
1"	Acero inox	0,89	Ácido nítrico		719A	IO-701A	NUDO A	1,82	1,99	22	42	1,46			1"	T		AN	719A
1"	Acero inox	0,89	Ácido nítrico		720A	IO-702A	NUDO A	1,82	1,99	22	42	1,46			1"	T		AN	720A
1"	Acero inox	0,89	Ácido nítrico		721A	IO-703A	NUDO A	1,82	1,99	22	42	1,46			1"	T		AN	721A
1"	Acero inox	0,89	Ácido nítrico		719B	IO-701B	NUDO B	1,82	1,99	22	42	1,46			1"	T		AN	719B
1"	Acero inox	0,89	Ácido nítrico		720B	IO-702B	NUDO B	1,82	1,99	22	42	1,46			1"	T		AN	720B
1"	Acero inox	0,89	Ácido nítrico		721B	IO-703B	NUDO B	1,82	1,99	22	42	1,46			1"	T		AN	721B
1,5"	Acero inox	1,09	Ácido nítrico		722	NUDO A	NUDO 722/723	1,76	1,91	22	42	4,4			1,5"	T		AN	722
1,5"	Acero inox	1,09	Ácido nítrico		723	NUDO B	NUDO 722/723	1,76	1,91	22	42	4,4			1,5"	T		AN	723
1,5"	Acero inox	1,09	Ácido nítrico		724	NUDO 722/723	T-701	1,71	1,86	22	42	4,4			1,5"	T		AN	724
1,5"	Acero inox	1,16	Alimentación		725	T-701	NUDO 725/726	4,5	5,2	22	42	4,41			1,5"	T		AL	725
2,5"	Acero inox	1,1	Ácido nítrico		726	NUDO 713/726	NUDO 725/726	4,5	5,2	22	42	11,24			2,5"	T		AN	726
2,5"	Acero inox	1,54	Alimentación		727	NUDO 725/726	NUDO 727/784	4,28	4,94	22	42	15,65			2,5"	T		AL	727
2"	Acero inox	0,85	Recirculación		728	DP-503A/B	NUDO 729/730	2,3	2,76	22	42	5,67			2"	T		RCC	728
2"	Acero inox	0,85	Recirculación		729	NUDO 729/730	NUDO A	2,26	2,71	22	42	5,67			2"	T		RCC	729

	LISTADO DE LÍNEAS		Proyecto n°	1	Hoja	6
			Área	700	De	8
			Planta	Producción de Ácido Adípico	Fecha	13/06/08

DN	Mat	Velocidad fluido (m/s)	Fluido	Estado	Nº Línea	Tramo		Presión		Temperatura		Caudal m³/h	Aislamiento		Nomenclatura				
						De	A	Trabajo(bar)	Diseño(bar)	Trabajo(°C)	Diseño(°C)		Tipo	Espesor(mm)	Diame	Materia	Aislante	Fluido	Area/Línea
2"	Acero inox	0,85	Recirculación		730	NUDO 729/730	NUDO B	2,26	2,71	22	42	5,67			2"	T		RCC	730
1,25"	Acero inox	0,65	Recirculación		731A	NUDO A	IO-701A	2,23	2,68	22	42	1,89			1,25"	T		RCC	731A
1,25"	Acero inox	0,65	Recirculación		732A	NUDO A	IO-702A	2,23	2,68	22	42	1,89			1,25"	T		RCC	732A
1,25"	Acero inox	0,65	Recirculación		733A	NUDO A	IO-703A	2,23	2,68	22	42	1,89			1,25"	T		RCC	733A
1,25"	Acero inox	0,65	Recirculación		731B	NUDO B	IO-701B	2,23	2,68	22	42	1,89			1,25"	T		RCC	731B
1,25"	Acero inox	0,65	Recirculación		732B	NUDO B	IO-702B	2,23	2,68	22	42	1,89			1,25"	T		RCC	732B
1,25"	Acero inox	0,65	Recirculación		733B	NUDO B	IO-703B	2,23	2,68	22	42	1,89			1,25"	T		RCC	733B
1"	Acero inox	0,98	Recirculación		734A	IO-701A	NUDO A	1,39	1,68	22	42	1,61			1"	T		RCC	734A
1"	Acero inox	0,98	Recirculación		735A	IO-702A	NUDO A	1,39	1,68	22	42	1,61			1"	T		RCC	735A
1"	Acero inox	0,98	Recirculación		736A	IO-703A	NUDO A	1,39	1,68	22	42	1,61			1"	T		RCC	736A
1"	Acero inox	0,98	Recirculación		734B	IO-701B	NUDO B	1,39	1,68	22	42	1,61			1"	T		RCC	734B
1"	Acero inox	0,98	Recirculación		735B	IO-702B	NUDO B	1,39	1,68	22	42	1,61			1"	T		RCC	735B
1"	Acero inox	0,98	Recirculación		736B	IO-703B	NUDO B	1,39	1,68	22	42	1,61			1"	T		RCC	736B
1,5"	Acero inox	1,2	Recirculación		737	NUDO A	NUDO 737/738	1,36	1,63	22	42	4,82			1,5"	T		RCC	737
1,5"	Acero inox	1,2	Recirculación		738	NUDO B	NUDO 737/738	1,36	1,63	22	42	4,82			1,5"	T		RCC	738
1,5"	Acero inox	1,2	Recirculación		739	NUDO 737/738	CD-701	1,32	1,58	22	42	4,82			1,5"	T		RCC	739
12"	Acero inox	24,27	Recirculación		740	CD-701	CO-701	0,9	1,08	111,1	141,1	5749,6	Lana de vidrio	12	12"	T	H/PP12	CRR	740
2"	Acero inox	0,86	Recirculación		741	CO-701	NUDO 742/743	2	2,2	111,1	141,1	5,75	Lana de vidrio	11	2"	T	H/PP11	CRR	741
1"	Acero inox	0,63	Recirculación		742	NUDO 742/743	CD-701	1,94	2,13	111,1	141,1	1,05	Lana de vidrio	10	1"	T	H/PP10	CRR	742
1,5"	Acero inox	1,17	Residuos		743	NUDO 742/743	SALIDA	1,94	2,13	111,1	141,1	4,7	Lana de vidrio	11	1,5"	T	H/PP11	RE	743
5"	Acero al C	1,78	Agua refriger		744	SERVICIOS	CO-701	4	4,6	20	40	75,74			5"	F		ARE	744
5"	Acero al C	1,91	Agua refriger		745	CO-701	SERVICIOS	3,5	4	35	55	81,01			5"	F		ARE	745
2"	Acero inox	0,9	Recirculación		746	B-704	NUDO K-701/74	2,5	2,8	197,7	217,7	6,04	Lana de vidrio	26	2"	T	H/PP26	CRR	746
12"	Acero inox	23,83	Recirculación		747	K-701	CD-701	1,3	1,36	197,7	217,7	5625,56	Lana de vidrio	31	12"	T	H/PP31	CRR	747
0,75"	Acero inox	0,45	Residuos		748	B-704	SALIDA	2,44	2,73	197,7	217,7	0,41	Lana de vidrio	22	0,75"	T	H/PP22	CRR	748
10"	Acero al C	27,47	Vapor alta		749	SERVICIOS	K-701	15	17,8	198	218	4576,95	Lana de vidrio	31	10"	F	H/PP31	V	749
1,5"	Acero al C	1,14	Vapor condensado		750	K-701	SERVICIOS	14	16,6	198	218	4,53	Lana de vidrio	25	1,5"	F	H/PP25	VC	750
12"	Acero inox	2,32	Recirculación		751	B-402	NUDO 751/752	2,55	2,86	47,1	67,1	547,32			12"	T		CRR	751
12"	Acero inox	2,43	Recirculación		752	NUDO 751/752	NUDO 752/753	2,44	2,73	56,25	76,25	571,94			12"	T		CRR	752
12"	Acero inox	2,45	Recirculación		753	NUDO 752/753	NUDO 754/768	2,43	2,72	58,82	78,82	577,67			12"	T		CRR	753
8"	Acero inox	2,73	Recirculación		754	NUDO 754/768	IC-701A	2,43	2,71	58,82	78,82	288,84			8"	T		CRR	754
8"	Acero inox	2,76	Recirculación		755	IC-701A	CD-702A	1,45	1,54	65,39	85,39	290,51	Lana de vidrio	2	8"	T	H/PP2	CRR	755
66"	Acero inox	39	Recirculación		756	CD-702A	CO-702A	0,9	1,08	100,02	120,02	252174,2	Lana de vidrio	10	66"	T	H/PP10	CRR	756
8"	Acero inox	2,38	Recirculación		757	CO-702A	NUDO 758/759	1,5	1,6	100,02	120,02	252,17	Lana de vidrio	10	8"	T	H/PP10	CRR	757
2,5"	Acero inox	1,17	Recirculación		758	NUDO 758/759	CD-702A	1,46	1,56	100,02	120,02	12,01	Lana de vidrio	9	2,5"	T	H/PP9	CRR	758
8"	Acero inox	2,25	Residuos		759	NUDO 758/759	SALIDA	1,46	1,56	100,02	120,02	236,86	Lana de vidrio	10	8"	T	H/PP10	RE	759
46"	Acero al C	2,85	Agua refriger		760	SERVICIOS	CO-702A	4	4,6	20	40				46"	F		ARE	760
46"	Acero al C	2,86	Agua refriger		761	CO-702A	SERVICIOS	3,5	4	35	55				46"	F		ARE	761
10"	Acero inox	2,42	Recirculación		762	B-706A	NUDOK-702A/7	5,5	6,4	106,82	126,82	11	Lana de vidrio		10"	T		CRR	762
72"	Acero inox	41,46	Recirculación		763	K-702A	CD-702A	1,3	1,36	106,82	126,82	12	Lana de vidrio		72"	T		CRR	763
4"	Acero inox	2,36	Recirculación		764	B-706A	IC-701A	5,36	6,24	106,82	126,82	11	Lana de vidrio		4"	T		CRR	764

	Proyecto n°	1	Hoja	7
	Área	700	De	8
	Planta	Producción de Ácido Adípico	Fecha	13/06/08
LISTADO DE LÍNEAS				

DN	Mat	Velocidad fluido (m/s)	Fluido	Estado	Nº Línea	Tramo		Presión		Temperatura		Caudal m^3/h	Aislamiento		Nomenclatura				
						De	A	Trabajo(bar)	Diseño(bar)	Trabajo(°C)	Diseño(°C)		Tipo	Espesor(mm)	Diame	Materia	Aislante	Fluido	Area/Line
4"	Acero inox	2,24	Recirculación		765	IC-701A	NUDO 765/782	4,69	5,43	70	90	3	Lana de vidrio		4"	T		CRR	765
62"	Acero al C	59,49	Vapor media		766	SERVICIOS	K-702A	10	11,8	179,9	199,9	29	Lana de vidrio		62"	F		V	766
10"	Acero al C	2,17	Vapor condensado		767	K-702A	SERVICIOS	9	10,6	179,9	199,9	27	Lana de vidrio		10"	F		VC	767
8"	Acero inox	2,73	Recirculación		768	NUDO 754/768	IC-701B	2,43	2,71	58,82	78,82	288,84			8"	T		CRR	768
8"	Acero inox	2,76	Recirculación		769	IC-701B	CD-702B	1,45	1,54	65,39	85,39	290,51	Lana de vidrio	2	8"	T	H/PP2	CRR	769
66"	Acero inox	39	Recirculación		770	CD-702B	CO-702B	0,9	1,08	100,02	120,02	252174,2	Lana de vidrio	10	66"	T	H/PP10	CRR	770
8"	Acero inox	2,38	Recirculación		771	CO-702B	NUDO 772/773	1,5	1,6	100,02	120,02	252,17	Lana de vidrio	10	8"	T	H/PP10	CRR	771
2,5"	Acero inox	1,17	Recirculación		772	NUDO 772/773	CD-702B	1,46	1,56	100,02	120,02	12,01	Lana de vidrio	9	2,5"	T	H/PP9	CRR	772
8"	Acero inox	2,25	Residuos		773	NUDO 772/773	SALIDA	1,46	1,56	100,02	120,02	236,86	Lana de vidrio	10	8"	T	H/PP10	RE	773
46"	Acero al C	2,85	Agua refrig		774	SERVICIOS	CO-702B	4	4,6	20	40	9039,99			46"	F		ARE	774
46"	Acero al C	2,86	Agua refrig		775	CO-702B	SERVICIOS	3,5	4	35	55	9081,54			46"	F		ARE	775
10"	Acero inox	2,42	Recirculación		776	B-706B	NUDOK-702B/7	5,5	6,4	106,82	126,82	403,15	Lana de vidrio	11	10"	T	H/PP11	CRR	776
72"	Acero inox	41,46	Recirculación		777	K-702B	CD-702B	1,3	1,36	106,82	126,82	339483,6	Lana de vidrio	12	72"	T	H/PP12	CRR	777
4"	Acero inox	2,36	Recirculación		778	B-706B	IC-701B	5,36	6,24	106,82	126,82	63,65	Lana de vidrio	11	4"	T	H/PP11	CRR	778
4"	Acero inox	2,24	Recirculación		779	IC-701B	NUDO 765/779	4,69	5,43	70	90	60,93	Lana de vidrio	3	4"	T	H/PP3	CRR	779
62"	Acero al C	59,49	Vapor media		780	SERVICIOS	K-702B	10	11,8	179,9	199,9	274014	Lana de vidrio	29	62"	F	H/PP29	V	780
10"	Acero al C	2,17	Vapor condensado		781	K-702B	SERVICIOS	9	10,6	179,9	199,9	361,59	Lana de vidrio	27	10"	F	H/PP27	VC	781
5"	Acero inox	2,88	Recirculación		782	NUDO 765/779	IC-702	4,6	5,32	70	90	121,86	Lana de vidrio	3	5"	T	H/PP3	CRR	782
5"	Acero inox	2,83	Recirculación		783	IC-702	IC-703	4,46	5,15	50	70	120,07			5"	T		CRR	783
5"	Acero inox	2,82	Recirculación		784	IC-703	NUDO 727/784	4,23	4,88	38,9	58,9	119,57			5"	T		CRR	784
5"	Acero al C	2,49	Agua refrig		785	SERVICIOS	IC-703	4	4,6	20	40	105,57			5"	F		ARE	785
5"	Acero al C	2,49	Agua refrig		786	IC-703	SERVICIOS	3,5	4	30	50	105,85			5"	F		ARE	786

	LISTADO DE LÍNEAS		Proyecto n°	1	Hoja	8
			Área	800	De	8
			Planta	Producción de Ácido Adípico	Fecha	13/06/08

DN	Mat	Velocidad fluido (m/s)	Fluido	Estado	N° Línea	Tramo		Presión		Temperatura		Caudal m³3/h	Aislamiento		Nomenclatura				
						De	A	Trabajo(bar)	Diseño(bar)	Trabajo(°C)	Diseño(°C)		Tipo	Espesor(mm)	Diametro	Material	Aislante	Fluido	Area/Línea
3,5"	Acero al carbor	27,6	Gas	Gaseoso	801	R-301A	VM-801	4,00	4,80	35	55	694,98			3,5"	F		GAS	801
3,5"	Acero al carbor	27,6	Gas	Gaseoso	802	R-301B	VM-801	4,00	4,80	35	55	694,98			3,5"	F		GAS	802
5 "	Acero al carbor	27,4	Gas	Gaseoso	803	VM-801	VM-803	4,00	4,80	35	55	1389,96			5"	F		GAS	803
6"	Acero al carbor	20,3	Gas	Gaseoso	804	R-302A	VM-802	2,92	3,51	57,5	77,5	1479,27			6"	F		GAS	804
6"	Acero al carbor	20,3	Gas	Gaseoso	805	R-302B	VM-802	2,92	3,51	57,5	77,5	1479,27			6"	F		GAS	805
8"	Acero al carbor	23,4	Gas	Gaseoso	806	VM-802	VM-803	2,92	3,51	57,5	77,5	2958,54			8"	F		GAS	806
10"	Acero al carbor	21,8	Gas	Gaseoso	807	VM-803	VM-804	3,46	4,15	50,65	70,65	4344,31			10"	F		GAS	807
42"	Acero al carbor	34,5	Gas	Gaseoso	808	D-401	VM-804	3,46	4,15	101,81	121,81	109053,40	Lana de vid	10	42"	F	HPP10	GAS	808
42"	Acero al carbor	35,9	Gas	Gaseoso	809	VM-804	IC-801	3,46	4,15	99,39	119,39	113543,83	Lana de vid	10	42"	F	HPP10	GAS	809
42"	Acero al carbor	35,9	Gas	Gaseoso	810	IC-801	AB-801	3,21	3,85	30	50	113196,37			42"	F		GAS	810
12"	Acero al carbor	1,7	AP	Líquido	811		IC-801	3,25	3,90	18	38	480,71			12"	F		AP	811
12"	Acero al carbor	1,7	AP	Líquido	812	IC-801	AB-801	3,00	3,60	21,45	41,45	480,41			12"	F		AP	812
42"	Acero al carbor	34,7	Gas	Gaseoso	813	AB-801	VM-805	3,02	3,63	28	48	109457,82			42"	F		GAS	813
44"	Acero al carbor	38,6	Gas	Gaseoso	814	AB-801	IC-802	3,20	3,84	39,58	59,58	133442,20			44"	F		GAS	814
48"	Acero al carbor	39,3	Gas	Gaseoso	815	IC-802	IC-803	2,95	3,54	334,05	354,05	162417,81	Lana de vid	7	48"	F	HPP7	GAS	815
48"	Acero al carbor	40,0	Gas	Gaseoso	816	IC-803	R-801A/B	2,92	3,51	500	520	165485,68	Lana de vid	10	48"	F	HPP10	GAS	816
30"	Acero al carbor	23,8	Gas	Gaseoso	817	Dos 1	R-801A/B	2,92	3,51	500	520	38193,64	Lana de vid	10	30"	F	HPP10	GAS	817
40"	Acero al carbor	26,7	Gas	Gaseoso	818	R-801A/B	Dos 2	2,68	3,22	630,29	650,29	85107,18	Lana de vid	14	40"	F	HPP14	GAS	818
48"	Acero al carbor	41,1	Gas	Gaseoso	819	Dos 2	IC-802	2,68	3,22	630,29	650,29	170214,36	Lana de vid	14	48"	F	HPP14	GAS	819
48"	Acero al carbor	39,6	Gas	Gaseoso	820	IC-802	IC-804	2,43	2,91	360	380	164090,81	Lana de vid	8	48"	F	HPP8	GAS	820
48"	Acero al carbor	39,4	Gas	Gaseoso	821	IC-804	IC-805	2,38	2,86	311,61	331,61	163383,52	Lana de vid	6	48"	F	HPP6	GAS	821
48"	Acero al carbor	39,3	Gas	Gaseoso	822	IC-805	Dos3	2,33	2,80	280	300	162980,82	Lana de vid	5	48"	F	HPP5	GAS	822
42"	Acero al carbor	25,7	Gas	Gaseoso	823	Dos3	R-802A/B	2,33	2,80	280	300	81490,41	Lana de vid	5	42"	F	HPP5	GAS	823
36"	Acero al carbor	35,1	Gas	Gaseoso	824	R-802A/B	Dos 4	2,15	2,58	323,24	343,24	81375,94	Lana de vid	7	36"	F	HPP7	GAS	824
48"	Acero al carbor	39,3	Gas	Gaseoso	825	Dos4	IC-806	2,15	2,58	323,24	343,24	162751,88	Lana de vid	7	48"	F	HPP7	GAS	825
48"	Acero al carbor	38,8	Gas	Gaseoso	826	IC-806	TU-801	2,46	2,95	132,77	152,77	160925,42	Lana de vid	2	48"	F	HPP2	GAS	826
48"	Acero al carbor	38,8	Gas	Gaseoso	827	TU-801	Antorcha	0,94	1,13	108,65	128,65	160809,01	Lana de vid	2	48"	F	HPP2	GAS	827
12"	Acero inox	1,7	Corri Secun	Líquido	828	B-801	IC-806	3,12	3,74	23,55	43,55	489,06			12"	T		CRS	828
12"	Acero inox	1,7	Corri Secun	Líquido	829	IC-806	D-801	2,82	3,38	40	60	489,06			12"	T		CRS	829
30"	Acero al carbor	29,9	Gas	Gaseoso	830		C-801	1,10	1,32	20	40	48213,62			30"	F		GAS	830
30"	Acero al carbor	30,3	Gas	Gaseoso	831	C-801	D-801	4,00	4,80	129,9	149,9	48314,18	Lana de vid	2	30"	F	HPP2	GAS	831
12"	Acero inox	1,7	Corri Secun	Líquido	832	B-802	VM 704	3,61	4,33	42,12	62,12	489,61			12"	T		CRS	832
30"	Acero al carbor	31,8	Gas	Gaseoso	833	D-801	VM-805	3,82	4,58	84,76	104,76	50700,80	Lana de vid	1	30"	F	HPP1	GAS	833
2"	Acero al carbor	0,9	ASAT	Líquido	834		IC-804	15,00	18,00	198	218	7,35	Lana de vid	4	2"	F	HPP4	ASAT	834
12"	Acero al carbor	26,0	VAP	Vapor	835	IC-804		15,00	18,00	198	218	7351,26	Lana de vid	4	12"	F	HPP4	VAP	835
1 1/4"	Acero al carbor	0,7	ASAT	Líquido	836		IC-805	10,00	12,00	179,9	199,9	2,36	Lana de vid	3	1 1/4"	F	HPP3	ASAT	836
8"	Acero al carbor	18,6	VAP	Vapor	837	IC-805		10,00	12,00	179,9	199,9	2361,73	Lana de vid	3	8"	F	HPP3	VAP	837

6.2. VÁLVULAS Y ACCESORIOS

En este apartado se definen el tipo de válvulas empleadas en el proyecto. Puede consultarse el cuadro resumen con las respectivas abreviaciones.

Accesorio → dispositivo incluido en la línea con el fin de evitar ciertos fenómenos los cuales afectarían al normal funcionamiento de la instalación. Estos no serán listados, pero sí se instalarán dentro de una configuración habitual en ciertos equipos. Puede que se utilicen también fuera de estas configuraciones para aplicaciones puntuales. Estos se verán reflejados en el diagrama de ingeniería y sus leyendas serán también incluidas.

Algunos de los accesorios empleados son filtros, purgadores, separadores, mirillas, colectores de fangos, etc.

Las válvulas más empleadas se detallan a continuación:

- Válvulas de asiento: Según el sentido permiten el paso o no de este. Suelen emplearse en diámetros no mayores de 3".
- Válvulas mariposa: También son del tipo todo-nada, en este caso se suelen emplear para diámetros mayores a 3"
- Válvulas de retención: Permiten la circulación de un fluido en una sola dirección evitando así el retorno de este.
- Válvulas de tres vías: Dentro de estas podemos encontrar dos tipos, las de admisión, las cuales permiten la entrada de dos corrientes y concentran su salida en uno, o las de bifurcación, las cuales permiten desviar el fluido.
- Válvulas de expansión: en el caso de un fluido a presión inferior a la del sistema.
- Válvulas reductoras: Cuando se necesite pasar un fluido de una presión superior a una presión inferior.

Tipos de Válvulas	Abreviación
General	G
De Asiento	A
De Tres Vías	T
De Mariposa	M
De Retención	N
De Expansión	E
Reductora	R
De Cuatro Vías	W

Existen también otro tipo de válvulas empleadas como las de control o seguridad, éstas se definen y especifican en los correspondientes apartados.

6.2.1. Nomenclatura de válvulas

Análogamente a lo expuesto para las líneas la nomenclatura de las válvulas se resume de la siguiente manera:

1. Diámetro nominal de la válvula. Este también es constatado con el proveedor.
2. Tipo de material de construcción. Al igual que las líneas.
3. Tipo de válvula: permite identificar el tipo de válvula utilizada.
4. Número de área y de válvula: permite identificar la válvula así como el área en la que ésta se encuentra.

Ejemplo:

2"-T-A-201

En este caso, se hace referencia a una válvula de asiento, de 2" de diámetro, de acero inoxidable que se encuentra en el área 200.

6.2.2. Listado de válvulas

Las listas a continuación expuestas resumen las válvulas instaladas en el proceso.

	LISTADO DE VÁLVULAS	Item n°:	Aprobado:
		Proyecto n°: 1	Área: 100, 200y 500
	Producción Ácido Adípico	Diseño: G8INGENIO	Fecha: 13/06/08
	Localización: Barcelona	Hoja: 1 De: 4	Pág n°:

Área	Línea	Nomenclatura	Tipo	Material	PN	DN
100	2"-T-CH-C101	2"-T-G-C101	G	T	16	2
100	2"-T-CH-C101	2"-T-A-C102	A	T	16	2
100	2"-T-CH-C101	2"-T-G-C103	G	T	16	2
100	2"-T-CH-C101	2"-T-G-C104	G	T	16	2
100	2"-T-CH-C101	2"-T-N-C105	N	T	16	2
100	2"-T-CH-C101	2"-T-G-C106	G	T	16	2
100	2"-T-CH-101	2"-T-G-101	G	T	16	2
100	2"-T-CH-101	2"-T-A-102	A	T	16	2
100	2"-T-CH-101	2"-T-G-103	G	T	16	2
100	2"-T-CH-101	2"-T-G-104	G	T	16	2
100	2"-T-CH-101	2"-T-N-105	N	T	16	2
100	2"-T-CH-101	2"-T-G-106	G	T	16	2
200	2,5"-T-AN-C201	2,5"-T-G-C201	G	T	16	2,5
200	2,5"-T-AN-C201	2,5"-T-A-C202	A	T	16	2,5
200	2,5"-T-AN-C201	2,5"-T-G-C203	G	T	16	2,5
200	2,5"-T-AN-C201	2,5"-T-G-C204	G	T	16	2,5
200	2,5"-T-AN-C201	2,5"-T-N-C205	N	T	16	2,5
200	2,5"-T-AN-C201	2,5"-T-G-C206	G	T	16	2,5
200	2,5"-T-AN-201	2,5"-T-G-201	G	T	16	2,5
200	2,5"-T-AN-201	2,5"-T-A-202	A	T	16	2,5
200	2,5"-T-AN-201	2,5"-T-G-203	G	T	16	2,5
200	2,5"-T-AN-201	2,5"-T-G-204	G	T	16	2,5
200	2,5"-T-AN-201	2,5"-T-N-205	N	T	16	2,5
200	2,5"-T-AN-201	2,5"-T-G-206	G	T	16	2,5
500	3"-T-CPP-502	3"-T-G-5001	G	T	16	3
500	3"-T-CPP-502	3"-T-N-5002	N	T	16	3
500	3"-T-CPP-502	3"-T-G-5003	G	T	16	3
500	2"-T-CRE-503	2"-T-G-5004	G	T	16	2
500	2"-T-CRE-503	2"-T-N-5005	N	T	16	2
500	2"-T-CRE-503	2"-T-G-5006	G	T	16	2
500	3"-T-CPP-504	3"-T-G-5007	G	T	16	3
500	3"-T-CPP-504	3"-T-N-5008	N	T	16	3
500	3"-T-CPP-504	3"-T-G-5009	G	T	16	3
500	2,5"-T-H/PP70-CPP-505	2,5"-T-G-5010	G	T	16	2,5
500	2,5"-T-H/PP70-CPP-505	2,5"-T-N-5011	N	T	16	2,5
500	2,5"-T-H/PP70-CPP-505	2,5"-T-G-5012	G	T	16	2,5
500	3"-T-CPP-506	3"-T-G-5013	G	T	16	3
500	3"-T-CPP-506	3"-T-N-5014	N	T	16	3
500	3"-T-CPP-506	3"-T-G-5015	G	T	16	3
500	2,5"-T-CRE-507	2,5"-T-G-5016	G	T	16	2,5
500	2,5"-T-CRE-507	2,5"-T-N-5017	N	T	16	2,5
500	2,5"-T-CRE-507	2,5"-T-G-5018	G	T	16	2,5
500	2,5"-T-H/PP70-LP-510	2,5"-T-G-5019	G	T	16	2,5
500	2,5"-T-H/PP70-LP-510	2,5"-T-N-5020	N	T	16	2,5

500	2,5"-T-H/PP70-LP-510	2,5"-T-G-5021	G	T	16	2,5
500	1"-T-H/PP60-LP-511	1"-T-G-5022	G	T	16	1
500	1"-T-H/PP60-LP-511	1"-T-A-5023	A	T	16	1
500	1"-T-H/PP60-LP-511	1"-T-G-5024	G	T	16	1
500	5"-T-H/PP150-LP-513	5"-T-G-5025	G	T	16	5
500	5"-T-H/PP150-LP-513	5"-T-N-5026	N	T	16	5
500	5"-T-H/PP150-LP-513	5"-T-G-5027	G	T	16	5
500	1,5"-T-H/PP110-CPP-515	1,5"-T-G-5028	G	T	16	1,5
500	1,5"-T-H/PP110-CPP-515	1,5"-T-A-5029	A	T	16	1,5
500	1,5"-T-H/PP110-CPP-515	1,5"-T-G-5030	G	T	16	1,5
500	1"-T-H/PP140-CPP-520	1"-T-G-5040	G	T	16	1
500	1"-T-H/PP140-CPP-520	1"-T-N-5041	N	T	16	1
500	1"-T-H/PP140-CPP-520	1"-T-G-5042	G	T	16	1
500	1"-T-H/PP140-CPP-520	1"-T-N-5043	N	T	16	1
500	1"-T-H/PP140-CPP-520	1"-T-N-5044	N	T	16	1
500	1"-T-H/PP140-CPP-520	1"-T-N-5045	N	T	16	1
500	1,25"-T-H/PP170-LP-522	1,25"-T-G-5046	G	T	16	1,25
500	1,25"-T-H/PP170-LP-522	1,25"-T-N-5047	N	T	16	1,25
500	1,25"-T-H/PP170-LP-522	1,25"-T-G-5048	G	T	16	1,25
500	1,25"-T-H/PP170-LP-522	1,25"-T-N-5049	N	T	16	1,25
500	1,25"-T-H/PP170-LP-522	1,25"-T-N-5050	N	T	16	1,25
500	1,25"-T-H/PP170-LP-522	1,25"-T-N-5051	N	T	16	1,25
500	1,25"-T-H/PP170-LP-522	1,25"-T-N-5052	N	T	16	1,25
500	1,25"-T-H/PP170-LP-523	1,25"-T-G-5053	G	T	16	1,25
500	1,25"-T-H/PP170-LP-523	1,25"-T-A-5054	A	T	16	1,25
500	1,25"-T-H/PP170-LP-523	1,25"-T-G-5055	G	T	16	1,25
500	2"-T-H/PP140-LP-525	2"-T-G-5056	G	T	16	2
500	2"-T-H/PP140-LP-525	2"-T-N-5057	N	T	16	2
500	2"-T-H/PP140-LP-525	2"-T-G-5058	G	T	16	2
500	0,75"-T-H/PP110-CPP-527	0,75"-T-G-5059	G	T	16	0,75
500	0,75"-T-H/PP110-CPP-527	0,75"-T-A-5060	A	T	16	0,75
500	0,75"-T-H/PP110-CPP-527	0,75"-T-G-5061	G	T	16	0,75
500	0,75"-T-H/PP110-CPP-527	0,75"-T-G-5062	G	T	16	0,75
500	0,75"-T-H/PP110-CPP-527	0,75"-T-A-5063	A	T	16	0,75
500	0,75"-T-H/PP110-CPP-527	0,75"-T-G-5064	G	T	16	0,75
500	1"-T-H/PP50-CPP-529	1"-T-G-5065	G	T	16	1
500	1"-T-H/PP50-CPP-529	1"-T-N-5066	N	T	16	1
500	1"-T-H/PP50-CPP-529	1"-T-G-5067	G	T	16	1
500	1"-T-CPP-530	1"-T-G-5068	G	T	16	1
500	1"-T-CPP-530	1"-T-N-5069	N	T	16	1
500	1"-T-CPP-530	1"-T-G-5070	G	T	16	1

	LISTADO DE VÁLVULAS	Item n°:	Aprobado:
		Proyecto n°:1	Área: 500
	Producción Ácido Adípico	Diseño: G8INGENIO	Fecha:13/06/08
	Localización: Barcelona	Hoja: 2 De: 4	Pág n°:

Área	Línea	Nomenclatura	Tipo	Material	PN	DN
500	4"-F-ARE-5S1	4"-F-G-5S11	G	F	16	4
500	4"-F-ARE-5S1	4"-F-A-5S12	A	F	16	4
500	4"-F-ARE-5S1	4"-F-G-5S13	G	F	16	4
500	4"-F-ARE-5S2	4"-F-G-5S21	G	F	16	4
500	4"-F-ARE-5S2	4"-F-A-5S22	A	F	16	4
500	4"-F-ARE-5S2	4"-F-G-5S23	G	F	16	4
500	3"-F-H/PP180-VA-5S5	3"-F-G-5S51	G	F	16	3
500	3"-F-H/PP180-VA-5S5	3"-F-A-5S52	A	F	16	3
500	3"-F-H/PP180-VA-5S5	3"-F-G-5S53	G	F	16	3
500	1"-F-H/PP140-VC-5S6	1"-F-G-5S61	G	F	16	1
500	1"-F-H/PP140-VC-5S6	1"-F-A-5S62	A	F	16	1
500	1"-F-H/PP140-VC-5S6	1"-F-G-5S63	G	F	16	1
500	7"-F-ARE-5S7	7"-F-G-5S71	G	F	16	7
500	7"-F-ARE-5S7	7"-F-A-5S72	A	F	16	7
500	7"-F-ARE-5S7	7"-F-G-5S73	G	F	16	7
500	7"-F-ARE-5S8	7"-F-G-5S81	G	F	16	7
500	7"-F-ARE-5S8	7"-F-A-5S82	A	F	16	7
500	7"-F-ARE-5S8	7"-F-G-5S83	G	F	16	7
500	18"-F-ARE-5S10	18"-F-G-5S101	G	F	16	18
500	18"-F-ARE-5S10	18"-F-A-5S102	A	F	16	18
500	18"-F-ARE-5S10	18"-F-G-5S103	G	F	16	18
500	6"-F-H/PP220-VA-5S12	6"-F-G-5S121	G	F	16	6
500	6"-F-H/PP220-VA-5S12	6"-F-A-5S122	A	F	16	6
500	6"-F-H/PP220-VA-5S12	6"-F-G-5S123	G	F	16	6
500	2,5"-F-ARE-5S14	2,5"-F-G-5S141	G	F	16	2,5
500	2,5"-F-ARE-5S14	2,5"-F-A-5S142	A	F	16	2,5
500	2,5"-F-ARE-5S14	2,5"-F-G-5S143	G	F	16	2,5
500	2,5"-F-ARE-5S15	2,5"-F-G-5S151	G	F	16	2,5
500	2,5"-F-ARE-5S15	2,5"-F-A-5S152	A	F	16	2,5
500	2,5"-F-ARE-5S15	2,5"-F-G-5S153	G	F	16	2,5
500	2"-F-H/PP160-VA-5S17	2"-F-G-5S171	G	F	16	2
500	2"-F-H/PP160-VA-5S17	2"-F-A-5S172	A	F	16	2
500	2"-F-H/PP160-VA-5S17	2"-F-G-5S173	G	F	16	2
500	0,5"-F-H/PP120-VC-5S18	0,5"-F-G-5S181	G	F	16	0,5
500	0,5"-F-H/PP120-VC-5S18	0,5"-F-A-5S182	A	F	16	0,5
500	0,5"-F-H/PP120-VC-5S18	0,5"-F-G-5S183	G	F	16	0,5
500	2"-F-H/PP160-VA-5S19	2"-F-G-5S191	G	F	16	2
500	2"-F-H/PP160-VA-5S19	2"-F-A-5S192	A	F	16	2
500	2"-F-H/PP160-VA-5S19	2"-F-G-5S193	G	F	16	2
500	0,5"-F-H/PP120-VC-5S20	0,5"-F-G-5S201	G	F	16	0,5
500	0,5"-F-H/PP120-VC-5S20	0,5"-F-A-5S202	A	F	16	0,5
500	0,5"-F-H/PP120-VC-5S20	0,5"-F-G-5S203	G	F	16	0,5
500	2"-F-H/PP160-VA-5S21	2"-F-G-5S211	G	F	16	2
500	2"-F-H/PP160-VA-5S21	2"-F-A-5S212	A	F	16	2

500	2"-F-H/PP160-VA-5S21	2"-F-G-5S213	G	F	16	2
500	0,5"-F-H/PP120-VC-5S22	0,5"-F-G-5S221	G	F	16	0,5
500	0,5"-F-H/PP120-VC-5S22	0,5"-F-A-5S222	A	F	16	0,5
500	0,5"-F-H/PP120-VC-5S22	0,5"-F-G-5S223	G	F	16	0,5
500	0,75"-F-H/PP130-VP-5S23	0,75"-F-G-5S231	G	F	16	0,75
500	0,75"-F-H/PP130-VP-5S23	0,75"-F-A-5S232	A	F	16	0,75
500	0,75"-F-H/PP130-VP-5S23	0,75"-F-G-5S233	G	F	16	0,75
500	0,75"-F-H/PP130-VP-5S23	0,75"-F-G-5S234	G	F	16	0,75
500	0,75"-F-H/PP130-VP-5S23	0,75"-F-A-5S235	A	F	16	0,75
500	0,75"-F-H/PP130-VP-5S23	0,75"-F-G-5S236	G	F	16	0,75
500	0,75"-F-H/PP130-VP-5S23	0,75"-F-G-5S237	G	F	16	0,75
500	0,75"-F-H/PP130-VP-5S23	0,75"-F-A-5S238	A	F	16	0,75
500	0,75"-F-H/PP130-VP-5S23	0,75"-F-G-5S239	G	F	16	0,75
500	0,75"-F-H/PP130-VP-5S23	0,75"-F-N-5S2310	N	F	16	0,75
500	0,75"-F-H/PP130-VP-5S23	0,75"-F-N-5S2311	N	F	16	0,75
500	0,75"-F-H/PP130-VP-5S23	0,75"-F-N-5S2312	N	F	16	0,75
500	0,75"-F-H/PP130-VP-5S23	0,75"-F-N-5S2313	N	F	16	0,75
500	3,5"-F-ARE-5S24	3,5"-F-G-5S241	G	F	16	3,5
500	3,5"-F-ARE-5S24	3,5"-F-A-5S242	A	F	16	3,5
500	3,5"-F-ARE-5S24	3,5"-F-G-5S243	G	F	16	3,5
500	2,5"-F-H/PP430-AT-5S26	2,5"-F-G-5S261	G	F	16	2,5
500	2,5"-F-H/PP430-AT-5S26	2,5"-F-A-5S262	A	F	16	2,5
500	2,5"-F-H/PP430-AT-5S26	2,5"-F-G-5S263	G	F	16	2,5
500	2,5"-F-ARE-5S29	2,5"-F-G-5S291	G	F	16	2,5
500	2,5"-F-ARE-5S29	2,5"-F-A-5S292	A	F	16	2,5
500	2,5"-F-ARE-5S29	2,5"-F-G-5S293	G	F	16	2,5
500	2,5"-F-ARE-5S30	2,5"-F-G-5S301	G	F	16	2,5
500	2,5"-F-ARE-5S30	2,5"-F-A-5S302	A	F	16	2,5
500	2,5"-F-ARE-5S30	2,5"-F-G-5S303	G	F	16	2,5

6.3 BOMBAS

Una **bomba** es una máquina hidráulica generadora que transforma la energía (generalmente energía mecánica) con la que es accionada en energía hidráulica del fluido incompresible que mueve. El fluido incompresible puede ser líquido o una mezcla de líquidos y sólidos como puede ser el hormigón antes de fraguar o la pasta de papel. Al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura, todas ellas relacionadas según **el principio de Bernoulli**. En general, una bomba se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, **para mover el fluido de una zona de menor presión o altitud a otra de mayor presión o altitud**.

La principal clasificación de las bombas se realiza atendiendo **al principio de funcionamiento** en el que se basan:

6.3.1 Bombas de desplazamiento positivo o volumétricas, en las que el principio de funcionamiento está basado en la hidrostática, de modo que el aumento de presión se realiza por el empuje de las paredes de las cámaras que varían su volumen. En este tipo de bombas, en cada ciclo el órgano propulsor genera de manera positiva un volumen dado o cilindrada, por lo que también se denominan **bombas volumétricas**. En caso de poder variar el volumen máximo de la cilindrada se habla de bombas de volumen variable. Si ese volumen no se puede variar, entonces se dice que la bomba es de volumen fijo. A su vez este tipo de bombas pueden subdividirse en

- **Bombas de émbolo alternativo**, en las que existe uno o varios compartimentos fijos, pero de volumen variable, por la acción de un émbolo o de una membrana. En estas máquinas, el movimiento del fluido es discontinuo y los procesos de carga y descarga se realizan por válvulas que abren y cierran alternativamente. Algunos ejemplos de este tipo de bombas son la bomba alternativa de pistón, la bomba rotativa de pistones o la bomba pistones de accionamiento axial.
- **Bombas volumétricas rotativas o rotoestáticas**, en las que una masa fluida es confinada en uno o varios compartimentos que se desplazan desde la zona de entrada (de baja presión) hasta la zona de salida (de alta presión) de la máquina. Algunos ejemplos de este tipo de máquinas son la bomba de paletas, **la bomba de lóbulos**, la bomba de engranajes, la bomba de tornillo o la bomba peristáltica.

6.3.2. Bombas rotodinámicas, en las que el principio de funcionamiento está basado en el intercambio de cantidad de movimiento entre la máquina y el fluido, aplicando la hidrodinámica. En este tipo de bombas hay uno o varios rodets con álabes que giran

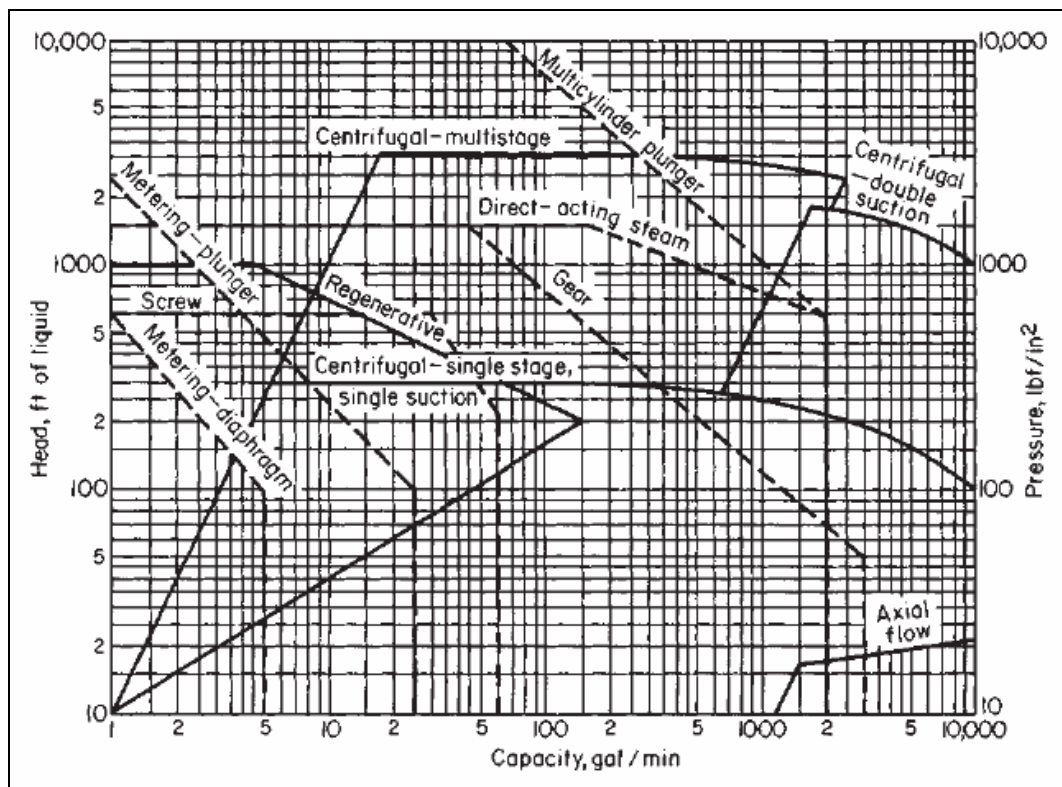
generando un campo de presiones en el fluido. En este tipo de máquinas el flujo del fluido es continuo. Estas **turbomáquinas hidráulicas generadoras** pueden subdividirse en:

- **Radiales o centrífugas**, cuando el movimiento del fluido sigue una trayectoria perpendicular al eje del rodete impulsor.
- **Axiales**, cuando el fluido pasa por los canales de los álabes siguiendo una trayectoria contenida en un cilindro.
- **Diagonales o helicocentrífugas** cuando la trayectoria del fluido se realiza en otra dirección entre las anteriores, es decir, en un cono coaxial con el eje del rodete.

Para seleccionar una bomba para cualquier servicio, es necesario saber el tipo de líquido que se va a impulsar, la carga total del sistema, las cargas a las zonas de succión y de impulsión, la temperatura, la viscosidad, su presión de vapor y su densidad.

Además es importante poder determinar el rango de operación debido a la gran variedad de bombas.

La siguiente gráfica da una idea aproximada, dentro de los rangos más habituales de operación, de qué tipo de bomba se debe utilizar.



6.3.3. Bombas de desplazamiento positivo vs Bombas centrífugas

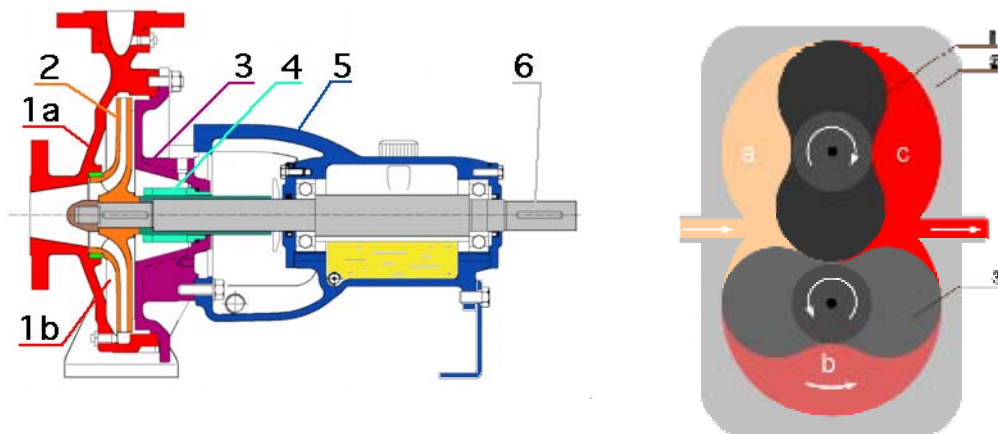
- Caudal vs Presión: la bomba centrífuga tiene variaciones de caudal en función de la presión de salida, en cambio la bomba de desplazamiento positivo tiene un caudal prácticamente constante respecto a la presión.
- Variaciones de la presión: las bombas de desplazamiento positivo admiten variaciones de presión con el mismo rendimiento. Para las centrífugas representa una pérdida de caudal y de eficiencia. Además, si tenemos un sistema que trabaja a presiones elevadas (> 70 bar), las bombas centrífugas no podrán dar valores tan elevados de presión.
- Efecto de la viscosidad: la bomba centrífuga se ve claramente afectada por este parámetro, ya que pierde caudal al aumentar la viscosidad. Por otro lado, en las otras bombas se incrementa ligeramente el caudal debido a la disminución de pérdidas dentro de la bomba, ya que a mayores viscosidades menores son las fugas internas.
- Rendimiento mecánico: variaciones de presión tienen efectos menospreciados en las bombas de desplazamiento positivo, mientras que en las centrífugas puede ser muy importante, sobretodo si estamos trabajando fuera del punto de eficiencia máxima. Por lo tanto, si estamos dentro de la zona de máxima eficiencia, el tipo de bomba que utilizaremos será independiente del rendimiento.
- Coste: el coste de adquisición de una bomba volumétrica, en la mayoría de los casos, es menor que el de una bomba centrífuga.
- Efecto cizallamiento: la bomba de desplazamiento positivo trata mucho mejor el líquido a impulsar, ya que el efecto de cizallamiento se incrementa con la velocidad de las bombas centrífugas. Por lo tanto, las primeras serán más apropiadas para impulsar fluidos sensibles.
- Cebamiento: las de desplazamiento positivo son autoaspirantes y, por lo tanto, se ceban automáticamente obteniendo vacíos de hasta 28"Hg. En cambio, las centrífugas difícilmente pueden pasar de 13"Hg.
- Mantenimiento: las bombas volumétricas giran a menor velocidad que las centrífugas. Esto tiene un impacto sobre los elementos mecánicos y las juntas de estanqueidad de la bomba. Por eso, las centrífugas requieren de unos planes periódicos de mantenimiento.

· Rango de trabajo: el funcionamiento óptimo de las bombas centrífugas se encuentra en caudales elevados con poca pérdida de carga. Las volumétricas trabajan mejor a caudales medios o pequeños con pérdidas de carga importantes.

Las bombas centrífugas son las más empleadas en la industria por bajo costo inicial, caudal uniforme, dimensiones reducidas, bajo mantenimiento y operación rápida, etc.

Las bombas centrífugas se instalan sobre el nivel del suelo en una plataforma de hormigón armado y se considera esa cota **0 de altura**.

Algunas bombas serán dobladas, entiéndase por esto, la instalación de una bomba adicional en forma de by-pass con el fin de asegurar la circulación del fluido en zonas críticas del proceso.



Corte esquemático de una bomba centrífuga. 1a carcasa, 1b cuerpo de bomba, 2 rodete, 3 tapa de impulsión, 4 cierre del eje, 5 soporte de cojinetes, 6 eje.

1. pistón rotatorio 1; 2. cuerpo de la bomba; 3. pistón rotatorio 2; a: entrada fluido, b: transporte de fluido, c: salida fluido.

En nuestro proceso también se utilizan bombas dosificadoras en aplicaciones puntuales, que nos garantiza la posibilidad de dosificar un cierto producto con un control del caudal. Existen diferentes clases, pero las más empleadas actúan mediante una membrana la cual por ciclos va suministrando el fluido. Este tipo de bombas proporcionan un caudal tipo “pulsante”.

El tipo de nomenclatura empleado para las bombas sigue el mismo criterio que el de los demás equipos, la letra B hará referencia a la bomba, y el número que le sigue indicará el área donde se encuentra y el número de bomba.

Cada grupo de bombas contara con su ficha de especificaciones técnicas.

Para la correcta selección de una bomba se deben conocer ciertos parámetros, los cuales se resumen en el siguiente cuadro.

En el manual de cálculos adjunto a esta memoria se detalla la metodología aplicada para la caracterización de una línea y la correcta selección de una bomba en base a la carga neta requerida y las gráficas de los fabricantes.

6.3.4. Listado de bombas

 LISTADO DE BOMBAS	Proyecto nº	1	Hoja	1
	Área	500	De	1
	Planta	Producción de Ácido Adípico	Fecha	13/06/08

Nombre	Tipo	Doblada	Tramo		z2-z1 (m)	L (m)	d (m)	P1 (Pa)	P2 (Pa)	v (m/s)	Re	F	W (J/Kg)	h (m)
			De	Hasta										
B-C101	Centrífuga	Sí	Camión	T-100	0	6,38	0,0508	1,00E+05	1,00E+05	2	4,01E+03	9,93E-03	2,06E+01	1,32210599
B-101	Centrífuga	Sí	T-100	IC-301	4	73,3	0,0508	1,00E+05	1,00E+05	2	4,01E+03	9,93E-03	2,99E+02	19,1897131
B-C201	Centrífuga	Sí	Camión	T-200	5	6,38	0,0635	1,00E+05	1,00E+05	2	1,94E+05	3,77E-03	1,87E+02	5,40115611
B-202	Centrífuga	Sí	T-200	VD-701	4	43,79	0,0635	1,00E+05	1,00E+05	2	1,94E+05	3,77E-03	2,34E+02	6,75338963
B-501	Desp. Posit.	Sí	CR-501	F-501	5	3,22	0,0762	1,00E+05	1,00E+05	1,8	2,99E+04	6,01E-03	2,30E+02	5,21799173
B-502	Centrífuga	Sí	F-501	VM-501	3	30	0,0508	1,00E+05	1,00E+05	2	3,44E+04	5,80E-03	1,64E+02	6,63062206
B-503	Desp. Posit.	Sí	F-501	TD-501	1	3,39	0,0762	1,00E+05	1,00E+05	1,8	6,03E+03	8,96E-03	2,96E+01	1,3424679
B-504	Centrífuga	Sí	TD-501	CR-502	4	6,87	0,0635	1,00E+05	1,00E+05	2	1,51E+05	4,01E-03	2,60E+02	4,45970332
B-505	Desp. Posit.	Sí	CR-502	F-502	5	3,22	0,0762	1,00E+05	1,00E+05	1,8	6,50E+04	4,95E-03	3,01E+02	5,17955297
B-506	Centrífuga	Sí	F-502	VM-501	3	30	0,0635	1,00E+05	1,00E+05	2	1,46E+05	4,04E-03	2,11E+02	5,02426719
B-508	Centrífuga	Sí	CO-501	VD-501	1	12,4	0,0635	1,00E+05	1,00E+05	2	2,18E+05	3,65E-03	9,81E+01	1,75645822
B-509	Centrífuga	Sí	CD-501	K-501/IC-501	4	3,4	0,127	1,00E+05	1,00E+05	2	3,48E+05	3,25E-03	8,62E+02	4,09228602
B-510	Centrífuga	Sí	IC-501	CR-503	4	9,64	0,03175	1,00E+05	1,00E+05	2	3,40E+04	5,82E-03	8,05E+01	5,87330787
B-511	Desp. Posit.	Sí	CR-503	F-503	1	3,22	0,0508	1,00E+05	1,00E+05	1,8	1,78E+04	6,84E-03	1,88E+01	1,37217509
B-512	Desp. Posit.	Sí	F-503	TDH-501	2	10,78	0,0254	1,00E+05	1,00E+05	1,8	2,37E+03	1,13E-02	1,51E+01	6,12441164
B-513	Centrífuga	Sí	TDH-501	IC-502	1	4,9	0,0254	1,00E+05	1,00E+05	1,8	2,16E+04	6,52E-03	4,62E+00	2,07988797
B-514	Centrífuga	Sí	CO-502	VM-504	2	12,4	0,03175	1,00E+05	1,00E+05	2	1,08E+05	4,35E-03	5,16E+01	3,8022701
B-515	Centrífuga	Sí	CD-502	K-502/IC-502	2	3,4	0,0508	1,00E+05	1,00E+05	2	1,30E+05	4,16E-03	3,22E+01	2,29533654
B-516	Centrífuga	Sí	TD-502	CR-504	0	9,36	0,0254	1,00E+05	1,00E+05	2	3,83E+04	5,65E-03	9,73E+00	2,20684096
B-517	Desp. Posit.	Sí	CR-504	F-504	1	3,22	0,0254	1,00E+05	1,00E+05	1,8	7,70E+03	8,43E-03	8,46E+00	1,91802806

Hojas de Especificaciones de Bombas

	BOMBA CENTRÍFUGA		Item n°: B-301A/B		Aprobado:	
			Proyecto n°:		Área: 300	
	Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 16/06/08	
	Localización: Zona Franca		Hoja: 1 de 1		Pág n°:	

REV.						
1	ITEM	B-301 A/B				
2	SERVICIO					
3	TIPO	Centrífuga				
4	NO. DE BOMBAS	2				
5	EN OPERACIÓN	1				
6	EN ESPERA	1				
7	DRIVER	MOTOR		2		
8		TURBINA				
9		OTROS				
10	LIQUIDO BOMBEADO	Recirculación (1)				
11	CASO DE OPERACIÓN	Diseño				
12	TEMPERATURA	°C	20			
13	VISCOSIDAD (@ T)	cP	0,8033			
14	PRESIÓN DE VAPOR (@ T)	bar a	0,0231			
15	DENSIDAD (@ T)	kg/m³	844,61			
16						
17	CAPACIDAD NORMAL	m³/h	175,94			
18	CAPACIDAD DE DISEÑO	m³/h	211,13			
19	PRESIÓN DESCARGA Normal/Diseño	bar g	5,1	6,12		
20	PRESIÓN SUCCIÓN Normal/Diseño	bar g	1	1,20		
21	PRESIÓN DIFERENCIAL Normal/Diseño	Bar	4,1	4,92		
22	ALTURA DIFERENCIAL Normal/Diseño	m	12,1	15,3		
23	NPSH MÍNIMO DISPONIBLE Normal/Diseño	m	5,26	5,41		
24	MÁXIMA PRESIÓN DE SUCCIÓN	bar g	1,21			
25	PRESIÓN SHUT-OFF	bar g	6,13			
26	DUTY (Continuo/Intermitente)	Intermitente				
27	FABRICANTE	AGAR				
28	MODELO	H-200				
29	VELOCIDAD (rpm)	653				
30	LOCALIZACIÓN (Interior/Exterior)	Exterior				
31	PODER HIDRÁULICO @ Flujo de diseño (kW)	5				
32	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	CARCASA	Acero al C			
33		RODETE	Acero al C			
34		EJE	Acero al C			
35	NOTAS					
36	(1) Contiene un 67,13 % H2O, 25,7 % HNO3, 4,75 % Ácido Adípico, 1,34 % Ciclohexanol y < de 1,1 % otros					
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						

		BOMBA CENTRÍFUGA		Item n°: B-701 A/B		Aprobado:	
				Proyecto n°:		Área: 700	
		Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 16/06/08	
		Localización: Zona Franca		Hoja: 1 de 2		Pág n°:	
REV.							
1	ITEM	B-701 A/B					
2	SERVICIO	Alimentación agua de proceso					
3	TIPO	Centrífuga					
4	NO. DE BOMBAS					2	
5	EN OPERACIÓN					1	
6	EN ESPERA					1	
7	DRIVER	MOTOR				2	
8		TURBINA					
9		OTROS					
10	LIQUIDO BOMBEADO	Agua					
11	CASO DE OPERACIÓN	Diseño					
12	TEMPERATURA	°C	22				
13	VISCOSIDAD (@ T)	cP	0,833				
14	PRESIÓN DE VAPOR (@ T)	bar a	0,025				
15	DENSIDAD (@ T)	kg/m³	998,81				
16							
17	CAPACIDAD NORMAL	m³/h	10,01				
18	CAPACIDAD DE DISEÑO	m³/h	11,11				
19	PRESIÓN DESCARGA Normal/Diseño	bar g	2,5	3			
20	PRESIÓN SUCCIÓN Normal/Diseño	bar g	0	0,20			
21	PRESIÓN DIFERENCIAL Normal/Diseño	Bar	2,5	2,8			
22	ALTURA DIFERENCIAL Normal/Diseño	m	25	28			
23	NPSH MÍNIMO DISPONIBLE Normal/Diseño	m	3,39	3,52			
24	MÁXIMA PRESIÓN DE SUCCIÓN	bar g	1,13				
25	PRESIÓN SHUT-OFF	bar g	4,13				
26	DUTY (Continuo/Intermitente)	Intermitente					
27	FABRICANTE	Finish Thompson INC.					
28	MODELO	AC6					
29	VELOCIDAD (rpm)	2900					
30	LOCALIZACIÓN (Interior/Exterior)	Exterior					
31	PODER HIDRÁULICO @ Flujo de diseño (kW)	1,5					
32	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	CARCAZA	Acero al C				
33		RODETE	Acero al C				
34		EJE	Acero al C				
35	NOTAS						
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							

		BOMBA CENTRÍFUGA		Item n°: B-801 A/B		Aprobado:	
				Proyecto n°:		Área: 800	
		Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 16/06/08	
		Localización: Zona Franca		Hoja: 1 de: 1		Pág n°:	
REV.							
1	ITEM	B-801 A/B					
2	SERVICIO	Bombeo de la salida líquida del lavador AB-801					
3	TIPO	Centrifuga					
4	NO. DE BOMBAS					2	
5	EN OPERACIÓN					1	
6	EN ESPERA					1	
7	DRIVER	MOTOR				2	
8		TURBINA					
9		OTROS					
10	LIQUIDO BOMBEADO	Agua (1)					
11	CASO DE OPERACIÓN	Diseño					
12	TEMPERATURA	°C	23,6				
13	VISCOSIDAD (@ T)	cP	0,783				
14	PRESIÓN DE VAPOR (@ T)	bar a	0,0287				
15	DENSIDAD (@ T)	kg/m³	990,15				
16							
17	CAPACIDAD NORMAL	m³/h	444,6				
18	CAPACIDAD DE DISEÑO	m³/h	489,05				
19	PRESIÓN DESCARGA Normal/Diseño	bar g	2,1	2,52			
20	PRESIÓN SUCCIÓN Normal/Diseño	bar g	1	1,20			
21	PRESIÓN DIFERENCIAL Normal/Diseño	Bar	1,1	1,32			
22	ALTURA DIFERENCIAL Normal/Diseño	m	11	13,2			
23	NPSH MÍNIMO DISPONIBLE Normal/Diseño	m	6,09	6,27			
24	MÁXIMA PRESIÓN DE SUCCIÓN	bar g	1,1				
25	PRESIÓN SHUT-OFF	bar g	2,43				
26	DUTY (Continuo/Intermitente)	Intermitente					
27	FABRICANTE	EMICA					
28	MODELO	EKN					
29	LOCALIZACIÓN (Interior/Exterior)	Exterior					
30	PODER HIDRÁULICO @ Flujo de diseño (kW)	18					
31	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	CARCASA					Acero al C
32		RODETE					Acero al C
33		EJE					Acero al C
34	NOTAS						
35	(1) El agua contiene < del 0,5 % de CO2 y óxidos de nitrógeno						
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							

		BOMBA CENTRÍFUGA		Item n°: B-802A/B		Aprobado:	
				Proyecto n°:		Área: 800	
		Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño: G8INGENIO		Fecha: 16/06/08	
		Localización: Zona Franca		Hoja: 1 de: 1		Pág n°:	
REV.							
1	ITEM	B-802 A/B					
2	SERVICIO	Bombeo de la salida líquida del desorbedor D-801					
3	TIPO	Centrifuga					
4	NO. DE BOMBAS	2					
5	EN OPERACIÓN	1					
6	EN ESPERA	1					
7	DRIVER	MOTOR				2	
8		TURBINA					
9		OTROS					
10	LIQUIDO BOMBEADO	Agua (1)					
11	CASO DE OPERACIÓN	Diseño					
12	TEMPERATURA	°C	42				
13	VISCOSIDAD (@ T)	cP	0,580				
14	PRESIÓN DE VAPOR (@ T)	bar a	0,081839737				
15	DENSIDAD (@ T)	kg/m³	989,04				
16							
17	CAPACIDAD NORMAL	m³/h	445,1				
18	CAPACIDAD DE DISEÑO	m³/h	489,61				
19	PRESIÓN DESCARGA Normal/Diseño	bar g	2,61	3,132			
20	PRESIÓN SUCCIÓN Normal/Diseño	bar g	1,4	1,60			
21	PRESIÓN DIFERENCIAL Normal/Diseño	Bar	1,21	1,53			
22	ALTURA DIFERENCIAL Normal/Diseño	m	12,1	15,3			
23	NPSH MÍNIMO DISPONIBLE Normal/Diseño	m	6,1	6,28			
24	MÁXIMA PRESIÓN DE SUCCIÓN	bar g	1,7				
25	PRESIÓN SHUT-OFF	bar g	3,16				
26	DUTY (Continuo/Intermitente)	Intermitente					
27	FABRICANTE	EMICA					
28	MODELO	EKN					
29	LOCALIZACIÓN (Interior/Exterior)	Exterior					
30	PODER HIDRÁULICO @ Flujo de diseño (kW)	18					
31	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	CARCASA	Acero al C				
32		RODETE	Acero al C				
33		EJE	Acero al C				
34	NOTAS						
35	(1) El agua contiene < del 0,25 % de CO2 y óxidos de nitrógeno						
36							
37							
38							
39							
40							
41							
43							

G8INGENIO	ESPECIFICACIÓN BOMBAS		Item nº: B-501	Aprobado:
			Proyecto nº:1	Área: 500
	Producción Ácido Adípico		Diseño : G8INGENIO	Fecha: 13/06/08
	Localización: Barcelona		Hoja :1 De: 1	Pág nº:
Denominación: Bomba de desplazamiento positivo			Cantidad: 6 (de desplazamiento positivo)	
CONDICIONES DE OPERACIÓN				
Líquido	Corriente Principal de Proceso	Densidad, Kg/m ³	1064	
Caudal (m ³ /h)	15,19	Viscosidad, Kg/m·s	4,88E-3	
Temperatura trabajo, °C	50	Altura, m	5	
Temperatura diseño, °C	70	Presión aspiración, Pa	1·10 ⁵	
Presión de vapor, Pa	3,95E+3	Presión impulsión, Pa	1·10 ⁵	
Sólidos	Sí	NPSH disponible	11.75	
CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA				
Modelo	IC10/0005/12	Velocidad máx, rpm	1400	
Tipo	Lobular	Veloc. máx (Pmáx), rpm	1000	
Norma	DIN-24255	Autocebante	Sí	
NºLóbulos	3	Conexión estándar, mm	25	
Desplazamiento, l/rev	0.046	Caudal máx., m ³ /h	3.86	
Potencia absorbida, KW	0.23	Presión máx, bar	12	
Potencia recomendada, kW	>Pabsorbida	Aumento capacidad	93%	
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN				
Cabezal		Mecanismos		
Eje rotor	AISI 304	Rodete		
Válvulas		Bisinfín, excéntrica y corona		
DATOS DEL MOTOR				
Motor eléctrico		Ciclos de corriente, Hz		
Potencia, CV		Carrera pistón, mm		
Voltage, V		Frecuencia (imp/min)		
Observaciones:				

[illegible]

6.4 TORNILLOS SINFIN

Los transportadores de tornillo sinfín, también llamados tornillos de Arquímedes, se utilizan básicamente para el transporte de sólidos o de líquidos muy viscosos.

En nuestro caso, hemos utilizado este tipo de equipos para el transporte de ácido adípico sólido de los secadores a los silos de almacenamiento de producto final y de éstos a la sala de envasado fabricados en la empresa FLEXICON.

También se utilizan en el transporte de los filtros al silo anterior a los secadores.

Los **transportadores de tornillo sinfin** son un sistema capaz de mover **materiales a granel**, prácticamente en cualquier dirección proporcionando variedad de opciones para su manejo de manera eficaz y confiable.

Éstos transportadores són versátiles, compactos y de fácil mantenimiento; los cuales con una mínima supervisión una vez instalados resultan ideales para trasladar, distribuir o elevar, materiales a granel.

Funcionamiento

Un transportador con rosca sinfín flexible, también dicho un transportador helicoidal, transportador-tornillo, transportador a hélice o rosca sin centro, se construye de una rosca flexible hecha en acero de muelle o acero inoxidable encerrada en un tubo de plástico, rígido o flexible, o un tubo rígido de acero, con motor eléctrico instalado al punto de descarga de la máquina. Este sistema **facilita un trabajo eficaz y una alta fiabilidad** y a la vez **reduce mantenimiento y los gastos de operación**.

El transportador con rosca funcionará mejor y más eficazmente que los tornillos rígidos, los elevadores a cangilones, transportadores a cadena, transportadores aeromecánicos y otras máquinas que se emplea para transportar polvo y materiales sólidos en bulto.

A la entrada del transportador con rosca flexible se instala en el tubo una tolva de alimentación en forma de "U" para hacer la conexión de la salida del equipo precedente.

El transportador flexible pasa por el fondo de la tolva, con una sección de la rosca descubierta, para recibir el producto que cae del equipo. Un vez que la sección descubierta empieza a hacer vueltas, ésta alimenta el producto al tubo al exterior donde la rosca, ya encerrada, lo empuja por la longitud del transportador.

Un fenómeno típico de una rosca flexible en un tubo lleno de producto en bulto es que la rosca automáticamente se centra dentro del tubo, y de este modo se hace un margen entre

la rosca y la superficie interior del tubo. Tal concepción permite que se trasporten los granulados sin daño, no obstante, la fragilidad y grandeza del granulado.

Al fin del tubo del transportador, cerca de la entrada del producto, se encuentra un capote desmontable para la limpieza que facilita el vaciado rápido del tubo, tanto como el desmontaje y lavado de los compuestos internos.

Puesto que no se utiliza ningún cojinete al fin de la rosca a la entrada del producto, y queda el fin de descarga de producto conectado directamente al motor por encima del punto de descarga, no hay contacto entre el producto mismo y rodillas y juntas. Por eso **la rosca flexible es el único compuesto móvil** que tiene contacto con el producto.



A medida que gira, el sinfín propulsa el material y se centra automáticamente dentro del tubo del transportador, proporcionando una holgura constante entre sí mismo y la pared del tubo.

Este diseño sencillo no requiere cables, cadenas, discos, cojinetes internos ni las numerosas piezas móviles encontradas en elevadores de cangilones, transportadores de tornillo rígidos, cadenas de arrastre y/o transportadores aeromecánicos (piezas que pueden aumentar el coste inicial, requieren mantenimiento, se desgastan, fomentan la contaminación y/o se averían.

Y lo que es aun más importante, los transportadores sinfín flexibles ofrecen eficiencia y versatilidad al transportar materiales a granel que van desde gránulos grandes hasta polvos de tamaños inferiores a un micrón — tanto fluidos como no fluidos — incluidos productos difíciles de manipular que se apelmazan, forman costras, se agarrotan, se fluidizan, producen obstrucciones o manchan, sin separación de mezclas.



Materiales húmedos y pegajosos



Materiales desmenuzables



Partículas grandes



Mezclas de ingredientes distintos



Materiales abrasivos



Productos que no fluyen libremente



Materiales peligrosos



Materiales que fluyen libremente



Productos sensibles a la contaminación



Materiales que se fluidizan



Productos que se apelmazan, forman costras, manchan o producen obstrucciones

Manipulación y mezcla suaves del producto

Los tornillos sinfín flexibles pueden manipular productos cuidadosamente, debido a que el sinfín flexible se centra automáticamente al girar. Esto puede proporcionar una separación amplia entre el sinfín y la pared del tubo para impedir la trituración, el quebrantamiento y otros daños del producto.

Además, la suave acción de rodadura creada por el sinfín impide la separación de mezclas a lo largo del transportador.

Contaminación del Producto

Debido a que el tubo del tornillo sinfín está totalmente cerrado, no produce polvo ni ensucia, impidiendo la contaminación de los productos y del ambiente de la planta a la vez que preserva los niveles de humedad y temperatura del material transportado.

El transporte se puede realizar en cualquier sentido, mientras que otros transportadores tienen ángulos de inclinación limitados y/o tramos de transporte únicamente rectos.

El tipo de tornillo sinfín que hemos escogido puede desplazar el material vertical u horizontalmente y a cualquier ángulo. Además pueden pasarse através de agujeros pequeños en paredes o techos.

Limpieza rápida y completa

El transportador sinfín flexible carece de grietas, cavidades o cojinetes internos que puedan atrapar partículas o impedir una limpieza completa. Para limpiar simplemente se quitará la tapa de limpieza y se invertirá la rotación para evacuar los materiales residuales antes de enjuagar con aire, agua, vapor o solución de limpieza.

El sinfín y el tubo pueden quitarse de forma **rápida** para poder limpiarse de forma sencilla y completa.

Para adaptarse a nuestros requisitos de limpieza y a nuestro producto los transportadores sinfín flexibles escogidos están hechos de acero inoxidable diseñados, fabricados y acabados según normas industriales, alimentarias, de productos lácteos y farmacéuticas.

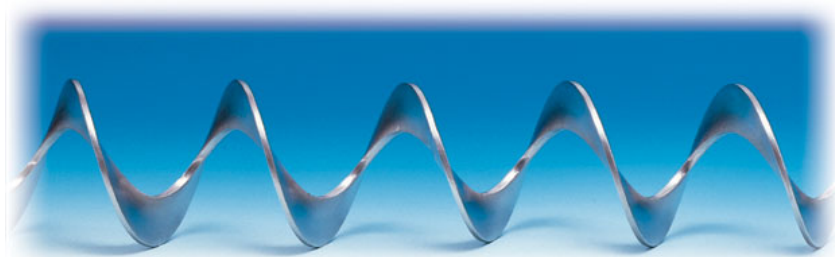


Gran Fiabilidad y Poco Mantenimiento

Cómo no tienen cojinetes internos, cables, filtros, cadenas, cangilones u otros componentes potencialmente problemáticos que se puedan desgastar, averiarse o requerir mantenimiento. La única pieza móvil que hace contacto con el material es un robusto sinfín flexible que resiste al desgaste y a la fatiga, y es impulsado por un motor eléctrico.

Incluso con una carga completa de producto húmedo y denso (dependiendo de los parámetros de la aplicación) **este tipo de transportador puede ponerse en marcha y pararse repetidamente sin que se atasque ni se dañe la unidad.**

El resultado es un transportador sin limitaciones de carga que funciona de forma fiable, aumentando la productividad y reduciendo el mantenimiento.



Economía

Este transportador no tiene componentes internos y externos que encarecen y dificultan su construcción e instalación.

Transportadores de alimentación volumétrica

Permiten dosificar y transportar simultáneamente productos sólidos a granel. Las unidades están equipadas con mandos de velocidad variable de CA o CC y tolvas con dispositivos de estimulación de flujo para la alimentación continua de materiales fluidos y no fluidos.



Sistemas de múltiples puntos de descarga

Para alimentar los 6 silos de almacenamiento de producto final de nuestro proceso utilizaremos transportadores sinfín flexibles horizontales que pueden alimentar múltiples máquinas de empackado, máquinas de moldeo y otros equipos de procesamiento. El sistema puede transportar material a granel a distancias cortas e intermedias, alimentar múltiples puntos de descarga de forma selectiva o llenar todos los puntos en un ciclo temporizado mediante válvulas de corredera manuales o automáticas.

Parámetros de los tornillos sinfín

Los parámetros que se deben de considerar son los siguientes:

- Capacidad (kg/h): cantidad de sólido que transporta el tornillo.
- Longitud (m): distancia horizontal entre los equipos.

- Altura (m): altura a la cual se encuentra del equipo final.
- Ángulo ($^{\circ}$): una vez sabemos la longitud y la altura, por pitágoras, podemos encontrar el ángulo que formará el tornillo sinfín desde tierra.
- Eje (m): diámetro de la espiral interna.
- Ala (m): diámetro total del tornillo sinfín.
- Rendimiento: el rendimiento del tornillo dependerá del ángulo que forma éste con el suelo, tal y cómo se observa en la siguiente figura.

 LISTADO DE TORNILLOS SINFIN	Proyecto n°	1	Hoja	1
	Área	600	De	1
	Planta	Producción de Ácido Adípico	Fecha	13/06/08

Nombre	Sólido	De	Hasta	Capacidad (Kg/h)	Tiempo carga (h)	Longitud (m)	Altura (m)	Ángulo (°)	Diámetro
TSF-501	Ácido Adípico Húmedo	F-502	SI-601	7705,37	1	25	17	57	8"
TSF-502	Ácido Adípico Húmedo	F-504	SI-601	610,85	1	25	17	57	8"
TSF-601	Ácido Adípico Húmedo	SI-601	S-601	8316,33	1	10,28	13,13	63	8"
TSF-602	Ácido Adípico	S-602	SI-602a607	7576,29	1	30	17	90	8"
TSF-603	Ácido Adípico	SI-607	E-601	800	1	16	4	0	8"

7.1. ESTUDIO DE SEGURIDAD E HIGIENE

7.1.1. LEGISLACIÓN

Legislación General

- Ley 31/01/1995 de 8 de noviembre, Ley de Prevención de Riesgos Laborales (B.O.E. de 3 de diciembre).
- R.D. 1627/1997 de 24 de octubre sobre Seguridad, Salud y Medicina en el Trabajo.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo de 9 de marzo de 1971.
- R.D. 485/1997 de 14 de abril sobre Disposiciones Mínimas en materia de señalización de Seguridad y Salud en los lugares de Trabajo.
- R.D. 486/1997 de 14 de abril sobre Disposiciones Mínimas en Materia de Señalización, Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Orden de 17 de mayo de 1974 sobre Normas Técnicas Reglamentarias sobre homologación de Medios de Protección Personal (B.O.E. nº 128 29/05/1974).
- R.D. 39/1997 de 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención (B.O.E. de 31 de enero de 1997), modificaciones por R.D. 604/2006, de 19 de mayo, R.D. 688/2005, de 10 de junio y R.D. 780/1998, de 30 de abril.

Prevención de Incendios

- R.D. 2177/1996 de 4 de octubre, Norma Básica de Edificaciones y condiciones N.B.E.-C.P.I./96.
- R.D. 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los establecimientos industriales.
- R.D. 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios.

Instalaciones Eléctricas

- R.D. 2413/1973 de 20 de septiembre, Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Complementarias (REBT) (B.O.E. de 9 de octubre de 1973), modificado por el R.D. de 9 de octubre de 1985.
- R.D. 842/2002, de 2 de agosto de 2002, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Directiva 2006/95/CE, no Directiva 73/23/CEE del Consejo, de 19 de febrero de 1973

- R.D. 154/1995, de 3 de Febrero, por el que se modifica el R.D. 7/1988, de 8 de enero, por el que se regula las exigencias de Seguridad del Material Eléctrico destinado a ser utilizado en determinados Límites de Tensión.
- R.D. 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

Maquinaria

- R.D. de 16 de agosto de 1969, Reglamento de Recipientes a Presión (B.O.E. de 28 de octubre de 1969) y modificaciones aprobadas por Real decreto 1244/1979 (Modificado en B.O.E. de 7 de marzo de 1981).
- Directiva 97/23/CE de Equipos a Presión.
- R.D. 2291/1985 de 8 de noviembre, Reglamento de Aparatos de Elevación y Mantenimiento de los mismo (B.O.E. de 11 de diciembre de 1985). Se deroga a partir del 1 de Julio de 1999, excepto los arts. 10 a 15, 19 y 24, por el R.D. 1314/1997, de 1 de agosto de Reglamento de Aparatos de Elevación y Mantenimiento de los mismo
- R.D. 1495/1986 de 26 de mayo, Reglamento de Seguridad en las Máquinas (B.O.E. de 21 de julio de 1986). Modificado en el B.O.E. de 4 de octubre de 1986.
- Directiva Comunitaria 89/392/CE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre máquinas. Transpuesta en el R.D. 1435/1992 de 20 de enero (B.O.E. de 8 de febrero de 1995).
- Orden de 8 de abril de 1991. ITC-MIE-MSG1: Máquinas, Elementos de Máquinas o Sistemas de Protección Utilizados (B.O.E. de 11 de abril de 1991).
- R.D. 1435/1992, de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre máquinas.
-

Equipos de Protección Individual (EPI)

- R.D. 1407/1992 de 20 de noviembre sobre Comercialización y Libre Circulación Intracomunitaria de los Equipos de Protección Individual (B.O.E. de 28 de diciembre de 1992), modificado por la O.M. de 16 de mayo de 1994 y por el R.D. 159/1995 de 3 de febrero (B.O.E. de 8 de marzo de 1995).
- R.D. 773/1997 de 30 de mayo sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud relativas a la Utilización por los Trabajadores de Equipos de Protección Individual.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

7.1.2. NORMAS

- N.B.E.-N.T.E.: Normas Básicas de Edificación- Norma Tecnológica de Edificación:
 - NTE-IEE: Iluminación exterior.
 - NTE-IEI: Iluminación interior.
 - NTE-IEP: Puesta a tierra.
 - NTE-IER: Instalaciones eléctricas. Red exterior.
 - NTE-EA: Estructuras de acero.
 - NTE-EH: Estructuras de hormigón.
 - NTE-EME: Estructuras de madera. Encofrados.
 - NTE-CSZ: Cimentaciones superficiales. Zapatas.
 - NTE-CSS: Cimentaciones superficiales corridas.
 - NBE-CPI/97: Condiciones de protección contra incendios.
 - NBE-MV-102: Ejecución de las estructuras de acero laminado en edificación.
 - NBE-MV-103: Acero laminado para estructuras de edificación.
- E.B.S.: Estudio de Seguridad e Higiene.
- R.A.P.: Reglamento de Aparatos a Presión.
- R.E.B.T.: Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- R.E.A.T.: Reglamento Electrotécnico de Alta Tensión.
- R.A.M.I.N.P.: Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas.

7.2. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD E HIGIENE

7.2.1. OBJETO

Establecer, durante la ejecución de esta obra, las previsiones respecto a la prevención de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, así como información útil para efectuar en su día, los previsibles trabajos posteriores de mantenimiento en las debidas condiciones de seguridad e higiene.

El presente estudio sirve para proporcionar unas directrices básicas a la empresa constructora para llevar a cabo sus obligaciones en el terreno de la prevención de riesgos profesionales, facilitando su desarrollo, conforme al Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad e Higiene en las obras de construcción.

En base al artículo 7º, y en aplicación de este Estudio Básico de Seguridad e Higiene (E.S.H.), el contratista deberá elaborar un Plan de Seguridad e Higiene en el Trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el presente documento.

El Plan de Seguridad e Higiene deberá ser aprobado antes del inicio de la obra por el Coordinador de Seguridad e Higiene durante la ejecución de la obra o, cuando no exista Coordinador, por la Dirección Facultativa.

Se recuerda la obligatoriedad de que en cada centro de trabajo exista un Libro de Incidencias para el seguimiento del Plan. Cualquier anotación que se realice en el Libro de Incidencias deberá ponerse en conocimiento de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social en el plazo de 24 horas.

Así mismo se recuerda que, según el artículo 15º del Real Decreto, los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban la información adecuada de todas las medidas de seguridad e higiene en la obra.

Antes del inicio de los trabajos el promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente, según modelo incluido en el anexo III del Real Decreto.

La comunicación de apertura del centro de trabajo a la autoridad laboral competente deberá ir acompañada del Plan de Seguridad e Higiene.

El Coordinador de Seguridad e Higiene durante la ejecución de la obra o cualquier integrante de la Dirección Facultativa, caso de apreciar un riesgo grave inminente para la seguridad de los trabajadores, podrá detener la obra parcial o totalmente, comunicándolo a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social, al contratista, al subcontratista y a los representantes de los trabajadores.

7.2.2. ALCANCE

7.2.2.1. Ámbito de Aplicación

La aplicación será vinculante para todo el personal propio de la empresa instaladora y el dependiente de otras empresas subcontratadas por ésta, para realizar sus trabajos en el interior del recinto de la obra, con independencia de las condiciones contractuales que regulen su intervención en la misma.

A la empresa instaladora no le será exigible por la Autoridad Laboral ni por la Propiedad la responsabilidad “in Vigilando” de las diversas empresas de contrata no vinculadas contractualmente, de forma directa o indirecta con ella.

7.2.2.2. Variaciones del E.S.H.

El Estudio Básico de Seguridad e Higiene podrá ser modificado en función del proceso de ejecución de la obra y de las posibles incidencias o modificaciones del proyecto que puedan surgir a lo largo de la misma, previa aprobación expresa de la Dirección Facultativa, siguiéndose la necesaria información y comunicación a los representantes legales de los trabajadores en el Centro de trabajo, quienes podrán presentar por escrito y de forma razonada, las sugerencias y alternativas de mejoras preventivas que estimen oportunas.

7.2.3. NORMAS LEGALES Y REGLAMENTOS APLICABLES

- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (OGSHT) de 9 de marzo.
- Capítulo XVI de la Ordenanza Laboral de la Construcción de 28 de agosto de 1970.
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales (B.O.E. 10/11/1995).
- R.D. 39/1997 de 17 de enero por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- R.D. 485/1997 de 14 de abril sobre disposiciones Mínimas en Materia de Señalización de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- R.D. 486/1997 de 14 de Abril sobre Disposiciones Mínimas en los Lugares de Trabajo.
- R.D. 773/1997 de 30 de mayo sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización por los trabajadores de los Equipos de Protección Individual.
- R.D.1215/1997 de 18 de julio sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud para la utilización por los trabajadores de los Equipos de Trabajo.
- R.D. 245/1989 de 27 de febrero que establece la Determinación y Limitación de Potencia acústica admisible de determinado material y maquinaria para la construcción y la modificación de su Anexo I según O.M. de 29 de marzo de 1996.

- R.D. 1627/1997 de 24 de octubre Legislación sobre Seguridad y Salud y Medicina en el Trabajo.
- Reglamento de los Servicios Médicos de Empresa (O.M. 21/11/59) (B.O.E. 27/11/59).
- Resolución de 18 de febrero de 1998 de la Dirección General de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social sobre el Libro de Visitas de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social.
- Real Decreto 379/2001, de 6 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias.
- R.D. 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y Salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Directiva 89/656/CEE fija las disposiciones mínimas de seguridad, y salud que garanticen una protección adecuada del trabajador en la utilización de los equipos de protección individual en el trabajo.
- Normas Técnicas Reglamentarias sobre Homologación de Medios de Protección Personal del Ministerio de Trabajo.
 - MT-1 Cascos de seguridad no metálicos (B.O.E. 23/4/97).
 - MT-2 Protecciones auditivas (B.O.E. 1/9/75).
 - MT-3 Pantallas de soldadores (B.O.E. 2/9/75).
 - MT-4 Guantes aislantes de electricidad (B.O.E. 3/9/75).
 - MT-5 Calzado de seguridad contra riesgos mecánicos (B.O.E. 4/9/75).
 - MT-7 Equipos de protección personal de las vías respiratorias (B.O.E. 6/9/75).
 - MT-13 Cinturones de seguridad (B.O.E. 2/9/77).
 - MT-16 Gafas de montura universal para protección contra impactos (B.O.E. 17/8/78).
 - MT-17 Oculares de protección contra impactos (B.O.E. 9/9/78).
 - MT-21 Cinturones de seguridad: cinturones de sujeción (B.O.E. 16/3/81).
 - MT-22 Cinturones de seguridad: cinturones de caída (B.O.E. 17/3/81).
 - MT-27 Botas.
 - MT-28 Dispositivos personales utilizados en las operaciones de elevación y descenso: Dispositivos anticaídas (B.O.E. 14/12/83).

7.2.4. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA Y DATOS GENERALES

7.2.4.1. Características de la obra

El terreno donde se llevan a cabo las obras está situado en la Zona Franca de Barcelona. Se supone un plazo de ejecución desde su iniciación hasta su terminación completa de 30 meses, previéndose, dadas las circunstancias de los trabajos, un número máximo de cincuenta operarios.

7.2.4.2. Unidades Constructivas que componen la obra

Las principales unidades constructivas que integran la obra son:

- Reconocimiento de la zona por el Contratista acompañado de la Propiedad o de la Dirección Técnica de la Obra.
- Obtención de las licencias y/o permisos necesarios para llevar a cabo los trabajos.
- Organización previa de los trabajos.
- Organización de la zona de obra.
- Recepción de la maquinaria, medios auxiliares y herramientas.
- Desarrollo de los trabajos:
 - Cimentaciones
 - Colocación de los anclajes y depósitos.
 - Montaje de equipos y tuberías
 - Soldaduras.
 - Verificación de soldaduras por rayos X.
 - Colocación de las válvulas y accesorios de medida y/o control.
 - Obras complementarias.

7.2.4.3. Oficios implicados en la obra

Los oficios cuya intervención se preveé en el desarrollo de las unidades constructivas citadas son los siguientes:

- Albañilería
- Montaje
- Manejo de maquinaria
- Electricidad

7.2.4.4. Maquinaria y Medios Auxiliares previstos en la realización de las obras

La maquinaria que interviene en la ejecución de las diferentes actividades es la siguiente:

- Camión de transporte de materiales.

- Retroexcavadora
- Camión grúa (carga de materiales de deshecho).
- Grúa autotransportadora (elevación y descarga de equipos).
- Herramientas en general (radiales, cizallas cortadoras y similares).
- Compresor móvil.

Los equipos y medios auxiliares que intervienen en la obra son los indicados a continuación:

- Andamios.
- Escaleras de mano.
- Grupo electrógeno.
- Equipo auxiliar corte oxiacetileno.
- Cables, eslingas.

7.2.5. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO

7.2.5.1. Evaluación de Riesgos Potenciales

Los riesgos presentes en cada fase, elemento o unidad de obra del proceso constructivo serán los siguientes:

- Excavación de zanjas, pozos y cimientos
 - Desprendimiento de tierras.
 - Caídas de personas al mismo nivel.
 - Caídas de personas al interior de la zanja.
 - Atrapamiento por maquinaria.
 - Interferencias por conducciones.
 - Inundación.
 - Vuelco de maquinaria.
 - Golpes por objetos.
 - Caídas de objetos.
 - Caídas de maquinaria y material al interior de la zanja.
 - Generación de polvo. Proyección de partículas en los ojos.
 - Intoxicación por desprendimiento de gases de filtración.
 - Ruido ambiental.
- Relleno de tierras
 - Exceso de carga de vehículos.
 - Caídas al mismo nivel de personas y materiales.
 - Caídas a distinto nivel de personas y materiales.

- Interferencias entre vehículos.
- Atropellos de personas.
- Vibraciones.
- Generación de polvo. Proyección de partículas en los ojos.
- Ruido ambiental.
- Colocación de tuberías y canalizaciones
 - Caídas al mismo nivel de personas y materiales.
 - Caídas a distinto nivel de personas y materiales.
 - Golpes y cortes.
 - Interferencias con otras conducciones.
 - Salpicaduras de polvo.
 - Atrapamientos.
 - Vuelco de maquinaria.
 - Heridas en manos y pies.
 - Ruido ambiental.
- Obras de hormigonado
 - Caídas al mismo nivel de personas y materiales.
 - Caídas a distinto nivel de personas y materiales.
 - Hundimientos de encofrados.
 - Pisadas sobre objetos punzantes.
 - Contactos con hormigón.
 - Corrimientos de tierras.
 - Atrapamientos.
 - Vibraciones.
 - Electrocutión.
 - Golpes y cortes.
 - Atropellos.
 - Vuelco de maquinaria.
 - Proyección violenta de hormigón.
 - Dermatitis, debido al contacto de la piel con el cemento.
 - Neumoconiosis, debido a la aspiración del polvo de cemento.
- Montajes
 - Caídas al mismo nivel de personas y materiales.
 - Caídas a distinto nivel de personas y materiales.
 - Sobreesfuerzos.
 - Atrapamientos.

- Golpes y cortes por uso de herramientas.
 - Cortes por manejo de cables.
 - Desprendimientos de unidades a montar.
- Instalación de líneas eléctricas y luminarias
 - Caídas al mismo nivel de personas y materiales.
 - Caídas a distinto nivel de personas y materiales.
 - Cortes y golpes.
 - Contactos eléctricos.
 - Pinchazos de manos.
 - Electrocución o quemaduras.
 - Incendios.
 - Riesgos producidos por falta de limpieza y orden.
- Pruebas de presión y estanqueidad
 - Impactos por rotura de tuberías o desprendimientos de accesorios.
 - Proyección de objetos y partículas.
 - En caso de rotura cuando las pruebas se llevan a cabo con gases inertes en lugares cerrados o mal ventilados, posible riesgo de asfixia.
- Maquinaria
 - Camiones, retroexcavadoras y grúa auto transportadora
 - Caída de objetos en la manipulación.
 - Choques y golpes contra objetos móviles e inmóviles.
 - Proyección de objetos y partículas.
 - Vuelco por hundimiento del terreno.
 - Atrapamientos.
 - Aplastamiento.
 - Ruido ambiental.
 - Cortadora
 - Golpes y cortes por objetos y herramientas.
 - Proyección de fragmentos y partículas.
 - Ruido ambiental.
 - Otros: rotura de disco.
 - Vibrador
 - Caídas de personas a distinto nivel.
 - Proyección de fragmentos y partículas: salpicaduras.
 - Descarga eléctrica.
 - Sierra circular

- Golpes y cortes por objetos y herramientas.
 - Proyección de fragmentos y partículas.
 - Ruido ambiental.
 - Incendio.
 - Otras: rotura de disco.
- Soldadura
 - Quemaduras.
 - Proyección.
 - Exposición a diversos compuestos (polvos, humos y gases) perjudiciales para la salud de los trabajadores.
 - Exposición a rayos luminosos, llamas o arcos eléctricos, que tienen un efecto perjudicial para la vista y la piel en exposiciones continuas.
- Productos químicos
 - Salpicaduras.
 - Derrames.
 - Irritación de la piel y ojos.
 - Quemaduras
 - Atmósfera tóxica o no respirable.
 - Explosión.
 - Incendio.

7.2.5.2. Detección de Factores causales de tales riesgos

Excavación de zanjas, pozos y cimientos

- Maquinaria en malas condiciones.
 - Falta de análisis del tipo de terreno y sus características.
 - Falta de organización en el trabajo.
 - Deficiente formación de los trabajadores.
 - No empleo de los equipos de protección colectiva.
 - Presencia de mala climatología.
 - No guardar distancias de seguridad.
 - No evacuación de las aguas.
- Relleno de tierras
 - Maquinarias en malas condiciones.
 - Falta de organización en el trabajo.
 - Deficiente formación de los trabajadores.
 - No empleo de los equipos de protección colectiva.

- Presencia de mala climatología.
- No guardar distancias de seguridad.
- Colocación de tuberías y canalizaciones
 - Maquinaria en malas condiciones.
 - Falta de organización en el trabajo.
 - Deficiente formación de los trabajadores.
 - No empleo de los equipos de protección colectiva.
 - Presencia de mala climatología.
 - No guardar distancias de seguridad.
- Obras de hormigonado
 - Maquinaria en las condiciones.
 - Falta de organización en el trabajo.
 - Deficiente formación de los trabajadores.
 - No empleo de los equipos de protección colectiva.
 - Presencia de mala climatología.
 - No guardar distancias de seguridad.
- Instalación de líneas eléctricas y luminarias
 - Falta de organización en el trabajo.
 - Deficiente formación de los trabajadores.
 - No empleo de los equipos de protección colectiva.
 - Presencia de mala climatología.
 - No guardar distancias de seguridad.
 - Deficiente utilización de los equipos y medios auxiliares.
 - Contactos eléctricos.
- Pruebas de presión y estanqueidad
 - Falta de organización en el trabajo.
 - Deficiente formación de los trabajadores.
 - No empleo de los equipos de protección colectiva.
 - Presencia de mala climatología.
 - Deficiente utilización de los equipos y medio auxiliares.
- Maquinaria
 - Falta de organización en el trabajo.
 - Deficiente formación de los trabajadores.
 - No empleo de los equipos de protección colectiva.
 - Presencia de mala climatología.
 - No guardar distancias de seguridad.

- Contactos eléctricos.
- Productos químicos
 - Deficiente formación de los trabajadores.
 - No empleo de los equipos de protección individual.
 - Manipulación inadecuada por parte de los trabajadores.

7.2.6. MEDIDAS DE PROTECCIÓN A IMPLANTAR

7.2.6.1. Características y Requisitos Técnicos a cumplir por los equipos de protección individual (EPI'S)

Todos los equipos de protección individual EPI's estarán regulados por el R.D. 773/1997 de mayo sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización de Protección Individual, inscribiéndose asimismo dentro de las normas de desarrollo reglamentario previsto en el Artículo 6º de la Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales.

Todos los EPI's dispondrán del marcado "CE" y se colocará de forma visible, legible e indeleble, durante el período de duración previsible o vida útil. El marcado estará compuesto de las iniciales "CE" diseñadas según la figura que se incluye en el R.D. 159/1995. Igualmente, el marcado "CE" se añadirá la categoría ERA.

- Cascos

Los cascos serán de polietileno rígido, provistos de arnés regulable y bandas de amortiguación, con luz libre desde las mismas a la cima de 221 mm. Para los trabajadores con riesgo de caída de objetos sobre la cabeza será imprescindible el uso de casco. Éste puede ser con o sin barboquejo, dependiendo de si el operario debe o no agacharse. Los cascos serán homologados, debiendo cumplir las condiciones impuestas por las Normas Técnicas de Prevención del Ministerio de Trabajo.

- Guantes de seguridad

Los guantes de seguridad utilizados por los operarios serán diferenciados según sea la protección frente a los agentes químicos o frente a agresivos físicos. Estarán confeccionados en materiales naturales o sintéticos, no rígidos, impermeables a los agresivos de uso común y de características mecánicas adecuadas. Carecerán de orificios, grietas o cualquier deformación o imperfección que merme sus propiedades. Se adaptarán a la configuración de la mano, haciendo confortable su uso. La talla, medida de perímetro de contorno del guante a la altura de la base de los dedos, será la adecuada al operario. En la UNE-EN-240 se definen las características de los guantes de uso para trabajadores.

- Botas reforzadas de seguridad

Las botas de seguridad reforzadas están compuestas por la bota propiamente dicha construida en cuero, la puntera reforzada interiormente con plancha metálica que impida el aplastamiento de los dedos en el caso de caída de objetos pesados sobre ella, y suela metálica que impida el paso de elementos punzantes a su través, revestida exteriormente con material antideslizante. Están diseñadas para ofrecer protección frente al impacto cuando se ensaye con un nivel de energía de 200 J.

- Botas impermeables

Estarán compuestas por material de caucho o goma en una sola pieza, revestidas interiormente por felpilla que recoja el sudor. Se utilizarán en trabajos en los que exista agua o humedad, debiendo secarse cuando varían las condiciones de trabajo.

- Gafas de protección

Se usarán en los trabajos con riesgo de impacto de partículas, salpicaduras de polvo (cemento, riesgos, etc.), atmósferas contaminadas, etc. Estas gafas de protección tendrán, además de unos oculares de resistencia adecuada, un diseño de montura y unos elementos adicionales, a fin de proteger el ojo en cualquier dirección: superior, temporal e inferior.

- Pantallas de protección

Se empleará este tipo de pantallas cuando es necesario realizar trabajos de soldadura. El armazón está fabricado en materiales opacos a las radiaciones. Están provistas de filtro u oculares filtrantes adecuados a la intensidad de las radiaciones existentes en el lugar de trabajo, expresando su grado de protección N, dependiendo de la intensidad de la radiación. Delante llevará sobre el filtro un cubrefiltro, cuya misión es la de preservar los primeros de los posibles riesgos mecánicos y detrás del filtro, un antecristal destinado a preservar el ojo del trabajador contra partículas que puedan existir en el ambiente laboral.

Para soldaduras con oxiacetilénica se tomará en valor de protección N entre 4 y 7. Para soldadura con oxicorte entre 5 y 7. Para soldadura con plana entre 5 y 10. Para soldadura de arco entre 10 y 15.

- Ropa de protección

Para la protección de los operarios contra el calor se emplearán trajes en cuero. Para la protección de los operarios contra el frío se emplearán prendas a base de tejidos acolchados con materiales aislantes. Se dispondrán prendas de señalización tales como cinturones, brazaletes, guantes, chalecos, etc., para ser utilizados en lugares de poca iluminación, trabajos nocturnos, donde existan riesgos de colisión, atropello, etc.

- Protección contra caídas de altura

Estos equipos se clasifican en:

- Sistemas de sujeción: destinados a sujetar al trabajador mientras realiza el trabajo en altura (cinturón de sujeción). Se empleará en aquellos casos en los que el usuario no necesite desplazarse. El elemento de amarre del cinturón debe estar siempre tenso.
- Sistemas anticaídas: constan de un arnés anticaídas, un elemento de amarre y una serie de conectores (argollas, mosquetones, etc.) Este dispositivo frena y detiene la caída libre de un operario. Para disminuir la caída libre se acortará el elemento de amarre.
- Dispositivo anticaídas: constan de un arnés anticaídas y un sistema de bloqueo automático. Puede ser deslizante o retráctil.

Los cinturones utilizados pueden ser de tres tipos:

- Cinturón de clase A: compuesto por una faja o arnés, con elemento de amarre y mosquetón de seguridad provisto de una o dos zonas de conexión. Debe estar homologado de acuerdo con las Normas Técnicas de Prevención del Ministerio de Trabajo MT-9.
- Cinturón de clase C: compuesto por una faja, arnés torácico, elemento de amarre con mosquetón de seguridad y dispositivo entreoídas. Se emplearán en los trabajos que requieran un desplazamiento del operario, con lo que éste no puede permanecer a distancia constante del punto de amarre o cable fiador.
- Cinturón antivibratorio: compuesto por una faja de doble lona de sarga de algodón pegada, con objetos metálicos que permiten la transpiración y refuerzos de okay en zonas vitales. Estos cinturones antivibratorios serán utilizados por conductores de maquinaria de movimiento de tierras o camiones, así como operarios que deban utilizar de manera prolongada martillos perforadores o picadores neumáticos.
- Protectores auditivos
 - Protectores externos (orejeras): cubren totalmente el pabellón auditivo, constan de dos casquetes y arnés de fijación con una almohadilla absorbente y un cojín para la adaptación a la oreja.
 - Protectores internos (tapones): se introducen en el canal externo del oído. Su poder de atenuación es menor que el de las orejeras. Son fáciles de transportar, confortables y facilitan el movimiento en el trabajo.

Para elegir correctamente el protector auditivo es necesario comenzar por analizar y valorar el riesgo de ruido, determinando los valores y los tiempos de exposición de los trabajadores.

- Mascarillas autofiltrantes

Tienen la función de proporcionar al trabajador que se encuentra en un ambiente contaminado, el aire que precisa para respirar en debidas condiciones higiénicas. Se utilizarán en todos los trabajos en los que se produzca polvillo que pueda afectar a las vías

respiratorias, como picado con martillos neumáticos, uso de rebarbadoras, mesas de corte circular, etc. Las mascarillas estarán compuestas por: cuerpo de la mascarilla, arnés de sujeción de dos bandas ajustables y válvula de exhalación, debiendo estar homologada según las Normas de Prevención del Ministerio de Trabajo MT-13.

7.2.6.2. Equipos de Protección Individual (EPI'S) a utilizar en las distintas actividades constructivas

Los equipos de protección individual para cada actividad serán los siguientes:

- Excavación de zanjas, pozos y cimientos
 - Casco de polietileno.
 - Gafas antipolvo.
 - Mascarilla antipolvo con filtro mecánico recambiable.
 - Cinturón de seguridad (clase A, B o C).
 - Guantes de cuero.
 - Botas de seguridad.
 - Botas de goma de media caña.
 - Traje impermeable.
 - Traje de trabajo.
 - Protectores auditivos.
 - chaleco reflectante.
- Relleno de tierras
 - casco de polietileno.
 - Gafas antipolvo.
 - Mascarilla antipolvo con filtro mecánico recambiable.
 - Cinturón de antivibratorio.
 - Guantes de cuero.
 - Botas de seguridad.
 - Botas impermeables de seguridad.
 - Traje impermeable.
 - Ropa de trabajo.
 - Chaleco reflectante.
- Colocación de tuberías y canalizaciones
 - Casco de polietileno.
 - Gafas antiproyecciones.
 - Guantes de goma.
 - Botas de seguridad.

- Botas de goma de media caña.
- Traje impermeable.
- Traje de trabajo.
- chaleco reflectante o nocturno.
- Comando de abrigo.
- Faja elástica de protección sobreesfuerzos.
- Obras de hormigonado
 - Casco de polietileno.
 - Gafas antiproyecciones.
 - Cinturón de seguridad de sujeción.
 - Cinturón portaherramientas.
 - Guantes de cuero.
 - Guantes impermeables.
 - Botas de seguridad.
 - Botas de PVC de media caña.
 - Traje impermeable.
 - Traje de trabajo.
 - Protectores auditivos.
 - Chaleco reflectante.
 - Comando de abrigo.
 - Faja elástica de protección sobreesfuerzos.
 - Faja antivibratoria.
 - Muñequeras antivibratorias.
- Montaje
 - Casco de seguridad.
 - Cinturón de seguridad anticaídas.
 - Guantes de cuero.
 - Botas de seguridad.
 - Botas de seguridad para agua.
 - Traje impermeable.
 - Mandil de cuero.
- Instalación de líneas eléctricas y luminarias
 - Casco de seguridad.
 - Gafas antiproyecciones.
 - Cinturón de seguridad anticaídas.
 - Guantes de cuero.

- Guantes de goma o PVC.
- Guantes aislantes para alta tensión.
- Guantes aislantes para baja tensión.
- Botas de seguridad.
- Botas de PVC o goma.
- Traje impermeable.
- Botas protectoras de riesgos eléctricos.
- Pruebas de presión y estanqueidad
 - Gafas de protección mecánica.
 - Equipo respiratorio.
- Maquinaria
 - Camión grúa
 - Casco con protectores contra el ruido.
 - Gafas de seguridad antiproyecciones.
 - Botas con suela antideslizante.
 - Traje de trabajo.
 - Guantes de loneta impermeabilizada.
 - Grúa autotransportadora
 - Casco con protectores contra el ruido.
 - Fajas y muñequeras contra sobreesfuerzos.
 - Botas de seguridad.
 - Guantes de loneta impermeabilizada.
 - Retroexcavadora
 - Casco con protectores contra el ruido.
 - Fajas y muñequeras contra sobreesfuerzos.
 - Botas de seguridad.
 - Guantes de loneta impermeabilizada.
 - Traje de trabajo.
 - Cortadora
 - Casco de seguridad.
 - Gafas de seguridad antiproyecciones.
 - Guantes de cuero.
 - Mascarilla antipolvo con filtro mecánico recambiable.
 - Vibrador
 - Casco de seguridad.
 - Gafas de protección contra salpicaduras.

- Botas de goma o PVC.
 - Guantes dieléctricos.
 - Muñequeras antivibraciones.
- Sierra circular
 - Casco de seguridad.
 - Gafas de protección antiproyecciones de partículas.
 - Botas de seguridad.
 - Guantes de cuero.
- Soldadora
 - Pantalla manual o cefálica provista de cristal inactínico protegido por otro blanco.
 - Gafas de seguridad.
 - Botas de seguridad.
 - Guantes de cuero.
 - Delantal.
 - Manguitos.
 - Polainas.
- Productos químicos
 - Casco de polietileno.
 - Ropa de trabajo.
 - Botas de seguridad.
 - Mascarilla con filtro.
 - Guantes de cuero.
 - Gafas de protección contra salpicaduras.

7.2.6.3. Sistemas de Protección Colectiva

Cuando se diseñen los sistemas preventivos, se dará prioridad a los colectivos sobre los personales o individuales. En cuanto a los colectivos, se preferirán las protecciones de tipo preventivo (las que eliminan los riesgos) sobre las de protección (las que no evitan el riesgo, pero disminuyen o reducen los daños del accidente). Los medios de protección una vez colocados en obra, deberán ser revisados periódicamente y antes del inicio de cada jornada, para comprobar su efectividad.

- Señalización

La normativa vigente establece un conjunto de preceptos sobre dimensiones, colores, símbolos, formas de señales y conjuntos que proporcionan una determinada información relativa a la seguridad. Dichas disposiciones se resumen en la tabla siguiente:

Tabla 1. Tabla de señales

Tipo de señal de seguridad	Forma geométrica	Color		
		Pictograma	Fondo	Borde
Advertencia	Triangular	Negro	Amarillo	Negro
Prohibición	Redonda	Negro	Blanco	Rojo
Obligación	Redonda	Blanco	Azul	Blanco o Azul
Lucha contra incendios	Rectangular o cuadrada	Blanco	Rojo	-----
Salvamento o socorro	Rectangular o cuadrada	Blanco	Verde	Blanco o Azul

- Cinta de señalización

Los obstáculos o zonas de caídas de objetos se limitarán con cintas de tela o materiales plásticos con franjas alternadas oblicuas en color amarillo y negro, inclinada 60° con respecto a la horizontal.

- Iluminación

Se cuidará que en todos los puntos de la obra exista suficiente iluminación, natural o artificial (ORO, Art. 191).

Zonas de paso	20 lux
Zonas de trabajo	200-300 lux

Los accesorios de iluminación exterior serán estancos a la humedad. Está totalmente prohibido utilizar iluminación de llama.

- Protección de personas en instalación eléctrica

La instalación eléctrica se ajustará al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión avalada por un instalador homologado. Las tomas de corriente estarán provistas de neutro con enclavamiento y serán blindadas. La distancia de seguridad a las líneas de alta tensión será: $3,3 + \text{Tensión (en kV)}/100$ (m).

En los trabajos en condiciones de humedad muy elevadas es preceptivo el empleo de transformador portátil de seguridad de 24 V o protección mediante transformador de separación de circuitos.

- Protección contra caídas de personas y objetos

La instalación de barandillas, plataformas, pasarelas, escaleras y análogas seguirán los artículos 17-23 de la OGSHT, además de lo establecido en la OLC.

- Redes de seguridad: sus dimensiones se ajustarán al hueco a proteger. Serán de poliamida de alta tenacidad, con luz de malla de 7.5 x 7.5 cm., diámetro de hilo de 4

mm y cuerda de recercado perimetral de 12 mm de diámetro, de conformidad a la norma UNE 81-650-80.

- Tapas en aberturas: tableros que se colocan en los huecos horizontales de servicios y patinejos.
- Barandillas de protección: se colocan en el perímetro de huecos verticales y plataformas de trabajo siempre que exista un desnivel superior a 2 m.
- Escaleras portátiles: las escaleras que tengan que utilizarse en obra serán preferentemente de aluminio o hierro; de no ser posible, se utilizarán de madera, pero con los peldaños ensamblados y no clavados. Estarán dotadas de zapatas y reunirán las garantías necesarias de solidez, estabilidad y seguridad. Se apoyarán siempre sobre superficies planas y resistentes.
- Pasarelas de madera: se colocan para el paso de personas sobre zanjas, estando formadas por tablones trabados entre sí.
- Protección de la maquinaria

Se adoptarán medidas técnicas para la protección de la maquinaria (defensa, resguardo y dispositivos de seguridad). La protección de las máquinas se encuentra regulada por la Directiva de Seguridad en Máquinas (89/292/CEE de 14 de junio) y el Reglamento de Seguridad en Máquinas (R.D. 1495/1986 de 26 de mayo).

7.2.6.4. Equipos de Protección Colectiva a utilizar en las distintas actividades constructivas

Los equipos de protección colectiva necesarios para cada actividad serán los siguientes:

- Excavación de zanjas, pozos, cimientos y obras de drenaje
 - Pasarelas para peatones.
 - Vallado total de pozos.
 - Entibación según profundidad.
 - Escaleras.
 - Topes para vehículos.
 - Tableros resistentes, redes o elementos equivalentes.
 - Señalización de tráfico.
 - Señalización luminosa.
 - Barandillas.
- Relleno de zanjas
 - Cintas plásticas.
 - Topes para vehículos.
 - Señalización.

- Barandillas.
- Vallado.
- Colocación de tuberías y canalizaciones
 - Cintas plásticas.
 - Escaleras.
 - Pasarelas.
 - Eslingas.
- Obras de hormigonado
 - Topes para vehículos.
 - Barandillas.
 - Plataformas de trabajo.
 - Castilletes de hormigonado.
 - Escaleras.
 - Señalización.
 - Cables de seguridad.
- Montaje
 - Vallado.
 - Eslingas de seguridad.
 - Plataformas de trabajo.
 - Escaleras de mano.
 - Andamio metálico.
 - Señalización.
 - Toma de tierra.
 - Iluminación artificial.
- Instalación de líneas eléctricas y luminarias
 - Señalización.
 - Vallado de seguridad.
 - Gálidos de altura.
 - Encintado y balizamiento de la zona de trabajo.
 - Escaleras antideslizantes.
 - Toma de tierra.
 - Iluminación artificial.
 - Balizamiento de la zona.
- Maquinaria
 - Resguardos.
 - Defensas.

- Dispositivos de seguridad.
- Productos químicos: polvos, humos, gases y vapores
 - Sistemas de ventilación-extracción adecuados.
 - Sistemas de detección, alarma y extinción de incendios.
 - Disminución de tiempos de exposición.

7.2.7. NORMAS DE ACTUACIÓN PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS

7.2.7.1 Características y Requisitos Técnicos a cumplir en la realización de ciertos trabajos

- Excavación de tierras

Antes del comienzo de la jornada de trabajo se inspeccionará la zona en la que se desarrollarán las obras, extremándose estas precauciones después de interrupciones de trabajo y alteraciones atmosféricas.

En todo momento las zanjas deben estar correctamente señalizadas, para evitar la caída del personal en su interior. Al realizar trabajos en la zanja, la distancia mínima entre los trabajadores será de 1m.

- Colocación de tuberías y canalizaciones

Siempre que se prevea el paso de personas o vehículos ajenos a la obra, se dispondrá a todo lo largo de la zanja, en el borde contrario al que se acopian los productos de la excavación, o a ambos lados si estos no existen, vallas que se iluminan cada cierta distancia. Los tubos se almacenarán en un lugar destinado para ello y estarán perfectamente apilados y acunados para que no se produzcan desprendimientos.

- Obras de hormigonado

Se dispondrán caminos seguros para acceder a los puntos de encofrado u hormigonado y se circulará por ellos con un arnés de seguridad provisto de una anilla que permita desplazarse por un cable horizontal bien sujeto. En el caso de izamiento de cargas se efectuará una correcta sujeción previa y señalización de la zona en la que se prevé que puedan caer éstas.

- Instalación de líneas eléctricas y luminarias

En todo momento se mantendrán las zonas de trabajo limpias y ordenadas. En régimen de lluvia intensa, nieve o hielo se suspenderán los trabajos. Se señalizarán las zonas de trabajo. Se prohíbe anular la toma de tierra de las máquinas-herramientas. Se prohíbe el conexionado con cables eléctricos a los de alimentación sin utilización de clavijas macho-hembra.

Para evitar la conexión accidental a la red, el último cableado que se ejecutará será el que va al cuadro general de la compañía suministradora. Las herramientas estarán dotadas de grado de aislamiento II.

- Trabajos de soldadura eléctrica

Antes de comenzar el trabajo es obligatorio comprobar qué tipo de materiales existen, no sólo sobre los equipos sobre los que afecta la soldadura, sino también alrededor o en cotas inferiores a éstos. En aquellos trabajos en que exista un riesgo para las personas o equipos debido a las proyecciones, será necesario delimitar y señalizar la zona. En zonas con carga de fuego importantes es necesario proveerse con anterioridad de medios de extinción adecuados.

Los grupos de soldadura y botellas de gases asociadas se instalarán en el exterior en recintos cerrados. Los cables conductores serán lo más cortos posibles y se colgarán por paredes o barandillas, protegiéndose adecuadamente en zonas de paso, sobre todo en aquellas donde exista tránsito de vehículos.

Será obligatorio el uso de equipo de protección personal en todo momento y el de protección colectiva, teniendo especial cuidado en trabajos dentro de recintos cerrados, en los que se deben utilizar extractores de humo o equipos de respiración especiales en caso de que fuesen necesarios.

En trabajos de altura es necesario utilizar contenedores de herramientas y amarrar el mando a distancia y la estufa. Los andamios desde los que se efectúen estos trabajos tendrán anclajes aislados.

- Trabajos de oxicorte

Antes de comenzar el trabajo es obligatorio comprobar qué tipo de materiales existen, no sólo sobre los equipos sobre los que afecta la soldadura, sino también alrededor o en cotas inferiores a éstos. En aquellos trabajos en que exista un riesgo para las personas o equipos debido a las proyecciones, será necesario delimitar y señalizar la zona.

En zonas con cargas de fuego importantes se limitarán las operaciones a lo imprescindible, siendo necesario en todo caso proveerse con anterioridad de medios de extinción adecuados. La realización de trabajos de este tipo está prohibida cerca de recipientes con líquidos o gases inflamables.

Las botellas se limitarán a las necesidades, colocándose verticalmente, sujetas adecuadamente o sobre carro, provistas de capuchones y alejadas de focos de calor, en zonas exteriores ventiladas y señalizadas.

Es necesario comprobar el perfecto estado del equipo: botellas, monorreductores, mangueras, válvulas, etc. Los sopletes y monorreductores no presentarán golpes y estarán provistos de válvulas de seguridad y libres de grasa o aceite. Las mangueras serán lo más

cortas posible, de diámetro uniforme y estarán exentas de cortes, dobleces y coronamientos, debiendo tener en los extremos válvulas antirretorno.

Será obligatorio el uso de equipo de protección personal en todo momento tanto para el operario como para el ayudante y el de protección colectiva, teniendo especial cuidado en trabajos dentro de recintos cerrados o al cortar piezas galvanizadas o emplomadas, para lo cual se deben utilizar extractores de humo o equipos de respiración especiales en caso de que fuesen necesarios.

Hay que tener especial cuidado en la manipulación de las botellas, siendo las precauciones más significativas a tener en cuenta las siguientes:

- No está permitido fumar, producir chispas o utilizar llamas en las zonas de almacenamiento.
- El trabajo en botellas se hará en contenedores adecuados, sin arrastrarlas nunca.
- No se almacenarán botellas con gases incompatibles o sin capuchón protector.
- No deberán someterse las botellas a temperaturas elevadas, humedad excesiva, golpes, materiales corrosivos, etc.
- Nunca forzarán las válvulas de aislamiento con herramientas inadecuadas ni se lubricarán.
- Trabajos de pintura

Antes de empezar el trabajo es obligatorio conocer el tipo de pintura, disolvente, decapante, etc. que se van a utilizar, leyendo detenidamente toda la información que los fabricantes remiten en las etiquetas del envase.

En las operaciones de decapado mediante chorreado (con arena, vapor, etc.) es preciso utilizar las protecciones individuales necesarias, incluso trajes herméticos con respiración asistida, y colectivas, tales como cabinas herméticas con equipos extractores de aire que tengan un sistema de filtración adecuado.

Si las operaciones de chorreado se realizan a la intemperie es obligatorio dirigir el chorro a favor del aire y está completamente prohibido dirigirlo hacia las personas o equipos.

Es necesario proteger las zonas del equipo y otras adyacentes sobre las que pueda incidir el chorro, pues al utilizar generalmente materiales muy abrasivos se pueden producir desperfectos o desgastes importantes en las partes móviles o de rodadura y en los componentes de control.

Cuando los trabajos de pintura se realicen en el interior de recintos cerrados como tanques y fosas, en los que la concentración de las emanaciones produce una atmósfera irrespirable, es necesaria la utilización de equipos de respiración asistida y de aireación. En estos casos, el número mínimo de trabajadores es de dos, entre los cuales debe existir una adecuada comunicación.

7.2.7.2. Características y Requisitos Técnicos a cumplir por la maquinaria de obras y medios auxiliares.

- Camión de transporte

Las operaciones de carga y descarga se efectuarán en los lugares señalados para tal efecto. Todos los camiones estarán en perfectas condiciones de mantenimiento y conservación. Antes de iniciar las maniobras de carga y descarga del material se instalará el freno de mano y los calzos de inmovilización de las ruedas.

Las operaciones de aparcamiento salida de camiones se efectuarán mediante escalerillas metálicas, dotadas de ganchos de inmovilización y seguridad. Las cargas se instalarán sobre la caja de una forma uniforme compensado pesos.

Las pistas interiores de circulación de camiones tendrán un ancho mínimo de 6 metros y una pendiente máxima del 12% en tramos rectos y del 8% en curvas. El colmo máximo permitido para materiales sueltos será con pendiente del 5% debiendo protegerse la carga con una lona para evitar desplomes del mismo.

- Retroexcavadora

Se debe tener especial precaución con la cuchara bivalva, ya que puede oscilar en todas las direcciones y golpear a la cabina o a las personas circundantes que trabajen junto a ésta durante los desplazamientos de la máquina. En la zona de alcance máximo del brazo excavador se prohíbe la realización de trabajos o la permanencia de personas (la zona estará señalizada).

Se prohíbe realizar movimientos de tierras sin antes haber puesto en servicio los apoyos hidráulicos de inmovilización. No derribar elementos que sean más altos que la máquina con la cuchara extendida (riesgo de caída de objetos).

El cambio de posición de la retroexcavadora, se efectuará situando el brazo en el sentido de la marcha y las operaciones de control del buen funcionamiento de los mandos se harán con marchas sumamente lentas (evitará accidentes).

Cuando se trabaje en terreno con pendiente se debe orientar el brazo hacia la parte de abajo, tocando casi el suelo. Para la extracción de material trabajar siempre de cara a la pendiente (riesgo de vuelco). Se realizarán las cargas en los camiones con precaución (riesgo de golpes).

Se prohíbe verter los productos de la excavación con la retro a menos de 2 m. del borde de corte superior de una zanja para evitar riesgos de sobrecarga del terreno.

Se debe guardar las distancias de seguridad con la líneas eléctricas.- 3m para líneas de menos de 66.000 voltios y 5m. para las de más de 66.000 voltios.

No estacionar la "retro" a menos de 3 m de bordes de barrancos, zanjas o similares (evitará el vuelco de la máquina por fatiga del terreno). Al abandonar la retroexcavadora,

apoyar el equipo en el suelo, la cuchara bivalva cerrada, parar el motor y colocar el freno (conservar la llave de contacto encima).

- Camión grúa

Antes de realizar cualquier trabajo se instalarán los calzos inmovilizadores en las cuatro ruedas y los gatos estabilizadores. Las maniobras de carga y descarga serán dirigidas por un especialista en prevención de riesgos. Los ganchos de cuelgue estarán dotados de pestillos de seguridad. Se prohíbe sobrepasar la carga máxima admisible fijada por el fabricante del camión, en función del brazo de la grúa. Las rampas de acceso de los camiones grúa no sobrepasarán el 20%.

Se estacionarán a una distancia superior a 2 m del borde de cualquier corte del terreno. Se prohíbe la permanencia de personas en torno al camión grúa a distancias inferiores a 5 m. Nunca se situará ningún operario bajo una carga suspendida.

- Compresor

Se ubicará en los lugares indicados para ello en la obra. El movimiento del compresor por parte de los operarios se efectuará a una distancia nunca inferior a 2 m del borde de cualquier terreno. El transporte mediante eslingas se efectuará tomándolo de 4 puntos fijos del compresor. El compresor quedará en estación con la lanza de arrastre en posición horizontal, con las ruedas sujetas mediante tacos antideslizantes.

Durante el empleo, las carcasas permanecerán cerradas para evitar atrapamientos y ruidos. La zona dedicada a la obra para la ubicación del compresor quedará acordonada en un radio de 4 m, instalándose señales de “obligatorio el uso de protectores auditivos” para sobrepasar la distancia de 4 m.

Los compresores a utilizar si no son silenciosos, se ubicarán a una distancia mínima de trabajo de martillos o vibradores no inferior a 15 m. Las mangueras estarán siempre en perfectas condiciones de uso, sin grietas ni desgastes.

Los mecanismos de conexión o empalme estarán recibidos a las mangueras mediante racores de presión según cálculo. No se pasará con vehículo por encima de las mangueras, elevándolas si se considera necesario.

- Mesa de sierra circular

Se ubicará en los lugares que expresamente se reflejarán en los planos de organización de la obra que completará el Plan de Seguridad e Higiene. Nunca se situarán a distancias inferiores a 3 m de cualquier superficie de trabajo superior.

Las máquinas de sierra circular estarán señalizadas mediante señales de peligro y rótulos con leyenda “prohibido utilizar por personas no autorizadas”.

Estarán dotadas de carcasa de cubrición del disco, cuchillo divisor del cote, empujador de la pieza a cortar y guía, carcasa de protección de las transmisiones por polea, interruptor estanco y toma de tierra.

El mantenimiento eléctrico de las sierras de disco se realizará mediante mangueras antihumedad, dotadas de clavijas estancas a través del cuadro eléctrico de distribución. Nunca se ubicará la sierra en lugares mojados.

- Máquinas y herramientas en general

Se consideran las pequeñas herramientas tales como taladro, rozadoras, cepilladuras metálicas, sierras, etc.

Estas máquinas estarán protegidas por carcasa y resguardos. En las reparaciones y manipulaciones se realizarán paradas y por personal especializado. Si se encuentran averiadas se señalarán con una señal de peligro "No conectar, equipo averiado".

Las máquinas o herramientas con capacidad de corte, tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones. En ambientes húmedos, la alimentación de las máquinas no protegidas con doble aislamiento, se realizará mediante conexión a transformadores de 24 V. Se prohíbe la utilización de estas herramientas por personal no especializado. No se dejarán herramientas de corte abandonadas por el suelo.

- Instalaciones provisionales

Los cuadros principales y de distribución irán provistos de protección magnetotérmica y relé diferencial con base de enchufe y clavija de conexión. Cualquier máquina conectada a un cuadro principal o auxiliar se efectuará a través de una manguera siempre con hilo de tierra incorporado.

Los cuadros eléctricos permanecerán cerrados y señalizados y sólo serán manipulados por el personal especializado. Se situarán sobre patas, soporte o colgarán pendientes de tableros de madera. Las tomas de tierra se realizarán mediante picas hincadas en el terreno.

Los trabajos necesarios para la instalación o reparación se realizarán dejando la línea que alimenta ese cuadro sin tensión. El cuadro de mando irá provisto de relés magnetotérmicos para cada línea de distribución.

Como cabecera de cada línea se dispondrá de un interruptor diferencial y sensibilidad igual a 30 mA para alumbrado y 300 mA para fuerza. Cada toma de corriente alimentará a un único aparato, máquina o herramienta. Todos los conductores utilizados serán antihumedad y con aislamiento nominal de 1000 V como mínimo.

El tendido de mangueras se realizará a una altura de 2 m en lugares peatonales y de 5 m en los vehículos.

El tendido de cables para cruzar viales de obra se efectuará enterrado. Se señalará el paso de cable mediante una cubrición permanente de tabloncillos. Además el cable irá protegido en el interior de un tubo rígido.

- Andamios

Se armará y organizará de forma adecuada para asegurar su estabilidad y para que los trabajadores puedan permanecer en él con las debidas condiciones de seguridad.

Antes de su primera utilización, todo andamio será sometido por una persona competente a la práctica de su reconocimiento (a repetir diariamente) y a una prueba de plena carga. Las cargas a tener en cuenta serán referidas al personal, los materiales necesarios para el trabajo, mecanismos y aparejos, viento, nieve y similares. Se dará cuenta a la Inspección de Trabajo del comienzo de toda obra en la que se empleen andamios.

La anchura del andamio será la precisa para la fácil circulación de los trabajadores y el adecuado almacenamiento de útiles, herramientas y materiales. Todo el contorno de los andamios que ofrezca peligro de caída será protegido con barandillas sólidas y rígidas, de madera o metálicas, de 90 cm de altura. En el lado del muro, las barandillas pueden estar a una altura de 70 cm y la distancia entre paramento y andamio será siempre inferior a 45 cm.

No se almacenarán sobre los andamios más materiales de los estrictamente necesarios para asegurar la continuidad del trabajo, y al finalizar la jornada se procurará que el peso depositado sea mínimo.

7.2.7.3. Condiciones preventivas que debe reunir el centro de trabajo

- Métodos de limpieza y recogida de escombros, deshechos y basuras

En cada trabajo de la obra, un operario se encargará al final de la jornada laborable de acopiar y recoger los escombros, deshechos y basuras que se generen en cada trabajo para depositarlos en el lugar indicado para ello.

En los planos del Plan de Seguridad se indicará el lugar habilitado para acopio de los escombros así como el lugar dispuesto para poder quemar algún tipo de deshecho.

- Lugares de aparcamiento, reparación y mantenimiento de maquinaria

El Contratista, bajo la supervisión del Coordinador en Seguridad e Higiene, habilitará el lugar de la obra para que se puedan estacionar, mantener, revisar y reparar en cualquier momento la maquinaria de obra y equipos auxiliares.

Este lugar estará situado en un punto totalmente separado de la obra y bien comunicado para un fácil acceso a los trabajos y al exterior, para que no se produzcan interferencias con la maquinaria en movimiento.

Se vallará totalmente su perímetro para poder independizar este recinto del exterior y se colocarán señales indicativas para poder identificarlo.

- Emplazamiento de locales de almacenamiento de materiales

Se habilitará en la obra un lugar separado de los diferentes trabajos, locales o casetas de almacenamiento de materiales y elementos de obra.

Para el almacenamiento de tierra (zahorras, arenas, gravas, etc.) se dispondrán recintos delimitados en todo su perímetro y separando los diferentes terrenos. El lugar de su acopio estará separado de los trabajos pero a una distancia tal que facilite su accesibilidad en caso de necesidad. El almacenamiento se realizará a la intemperie, pero si se moja, no se empleará hasta que esté seco. El cierre perimetral de las tierras se efectuará mediante un encintado.

Los sacos de cemento y mortero prefabricado se almacenarán en un local cerrado y protegido del exterior para impedir que se moje. Este local se situará contiguo a las casetas de los operarios y cerca del acceso a la obra para facilitar su almacenaje.

Las tuberías se acopiarán en función del tipo de material y en un local delimitado en todo su perímetro y a la intemperie. Se acopiarán en los paquetes que vienen de fábrica y se acuñarán y apuntalarán para impedir la caída de los tubos, lo que podría provocar accidentes. Se almacenarán cerca de las casetas y en un lugar próximo a la entrada de la obra.

La valvulería se almacenará en un local totalmente cerrado y protegido del exterior, agrupándola según el tipo que sea. El local estará próximo a las casetas de los trabajadores para facilitar su accesibilidad.

Los materiales tóxicos y/o inflamables se almacenarán en recipientes totalmente cerrados para impedir fugas, y a su vez en locales cerrados y protegidos del exterior.

Cada recipiente llevará un cartel indicativo del material y sus características. En el paramento exterior se colocarán las señales necesarias para indicar el tipo de material que se almacena. El acceso a este tipo de almacén será controlado por un encargado de mantenimiento y con conocimiento suficiente del tipo de materiales que se almacenan.

- Delimitación de espacio y lugares o zonas de paso y circulación

Se delimitarán los espacios destinados a la circulación de la maquinaria y camiones por toda la obra en función de las diferentes actividades a ejecutar. Se independizarán las zonas de circulación de vehículos y de personal de obra mediante el empleo de cinta de señalización y vallado de obra.

7.2.7.4. Medidas de Emergencia y Evacuación

Cualquier salida de emergencia deberá permanecer libre de obstáculos y tener acceso lo más directamente posible a una zona de seguridad.

En caso de peligro, todos los lugares o trabajos deberán poder evacuarse rápidamente y en condiciones de máxima seguridad para los trabajadores.

A cada trabajador se le indicará el medio de evacuación seguro de su puesto de trabajo en caso de producirse una situación de peligro.

Las vías de emergencia deberán señalizarse conforme al R.D. 485/1997 de 14 de abril, sobre Disposiciones Mínimas en Materia de Señalización. Dicha señalización deberá fijarse en los lugares adecuados y tener resistencia suficiente.

En caso de avería del sistema de alumbrado, las vías y salidas de emergencia que requieren iluminación deben estar equipadas con iluminación de seguridad.

7.2.7.5. Botiquines

Se dispondrá un botiquín conteniendo el material especificado en la Ordenación General de Seguridad y Salud en el Trabajo. Eligiendo el personal más cualificado, se impartirán cursillos de socorrismo y primeros auxilios, de forma que todos los lugares de trabajo dispongan de algún socorrista.

7.2.7.6. Asistencia a Accidentados

Se deberá informar a la obra del emplazamiento de los diferentes Centros Médicos (servicios propios, Mutuas Patronales, Mutualidades Laborales, Ambulatorios, etc.), donde deberá trasladarse a los accidentados para su más rápido y efectivo tratamiento.

Es muy conveniente disponer en la obra, y en sitio bien visible, de una lista con los teléfonos y direcciones de los centros asignados para urgencias, ambulancias, taxis, etc., tratando de garantizar con ello un rápido transporte de los posibles accidentados a los centros de asistencia.

7.2.7.7. Prevención de Riesgos de Daños a Terceros

Se señalizará, de acuerdo con la normativa vigente, los diversos tramos en que se ejecuten simultáneamente obras puntuales, tomándose las adecuadas medidas de seguridad que cada caso requiera.

Se señalarán los accesos naturales a la obra, prohibiéndose el paso a toda persona ajena a la misma, colocándose en su caso los cerramientos necesarios.

7.2.8. SERVICIOS DE PREVENCIÓN

La constructora designará uno o varios trabajadores para ocuparse de las tareas de prevención de riesgos profesionales, según el Artículo 30 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales.

7.2.9. COORDINADOR DE SEGURIDAD E HIGIENE

Se nombrará por parte de la Propiedad un Coordinador en materia de Seguridad e Higiene cuando en la ejecución de la obra intervengan más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos, o diversos trabajadores autónomos, antes del inicio de los

trabajos, según R.D. 1627/1997 de 24 de octubre, sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.

7.2.10. LIBRO DE INCIDENCIAS

El Libro de Incidencias será facilitado por la Oficina de Supervisión y Proyectos. Se mantendrá siempre en la obra y estará en poder del Coordinador de Seguridad e Higiene durante la ejecución de la obra o, cuando no fuera necesario la designación de éste, en poder de la Dirección Facultativa, según R.D. 1627/1997.

7.2.11. INSTALACIONES MÉDICAS

Los botiquines se revisarán mensualmente y se repondrá inmediatamente el material consumido. La empresa constructora dispondrá de un Servicio Médico de Empresa propio o mancomunado.

Todo personal de nuevo ingreso en la obra, aunque sea eventual, debe pasar un reconocimiento médico, obligatorio antes de iniciar su trabajo. Además todo el personal se someterá a los reconocimientos periódicos, según Orden del 12/01/1963 (B.O.E. 13/03/1963) y Orden del 15/12/1965 (B.O.E. 17/01/1966).

7.2.12. INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR

Considerando el número previsto de operarios, se dispondrá de vestuarios y servicios higiénicos debidamente dotados.

El agua potable que se suministrará a los distintos servicios será procedente de la red general de abastecimiento que exista en la zona. Lo mismo se realizará para el suministro de energía eléctrica a los distintos servicios de la obra.

El vestuario dispondrá de taquillas individuales con llave y asientos. Los servicios higiénicos dispondrán de un lavabo y una ducha con agua fría y caliente por cada diez trabajadores, y dos W.C. por cada veinticinco trabajadores, disponiendo de espejos y calefacción.

La limpieza y conservación de estos locales será efectuada por un trabajador con dedicación necesaria o un servicio de limpieza ajeno.

El número de instalaciones sanitarias, y construcción e instalación de letrinas, retretes provistos de un sistema de descarga automática de agua o de tratamiento químico, tuberías y demás elementos de las instalaciones sanitarias, deberán ajustarse a las descripciones de las autoridades competentes.

Los lavabos se instalarán en un número suficiente lo más cerca posible de los retretes.

El número y tipo de construcción y mantenimiento de los lavabos y duchas deben

ajustarse a las prescripciones de las autoridades competentes. Las duchas y lavabos no deben utilizarse para ningún otro fin.

7.2.13. PLAN DE SEGURIDAD E HIGIENE

El Contratista está obligado a redactar un Plan de Seguridad e Higiene que será remitido a la Administración con un informe favorable del Coordinador en materia de Seguridad e Higiene para su aprobación.

Antes de comenzar las obras, el Adjudicatario comunicará por escrito a la Dirección Facultativa el nombre del máximo responsable entre el personal que se encuentre habitualmente en la obra, quien tendrá en su poder una copia del Plan de Seguridad e Higiene que se elabore.

Este Plan de Seguridad a presentar para su aprobación por el Coordinador en materia de Seguridad e Higiene debe incluir específicamente un Plan de Emergencia en el que se detallen las actuaciones a desarrollar en el caso de un accidente o incendio. En concreto, se especificará, como mínimo:

- Nombre, teléfono y dirección del centro donde deben acudir normalmente los accidentados.
- Teléfono de paradas de taxis próximas.
- Teléfono de cuerpo de bomberos próximo.
- Teléfono de ambulancias próximas.

Cuando tenga lugar algún accidente que precise asistencia facultativa, aunque sea leve, y la asistencia médica se reduzca a una primera cura, se realizará una investigación del mismo y además de los trámites oficialmente establecidos, se pasará, como muy tarde dentro del día siguiente al accidente, un informe a la Dirección Facultativa de la obra en el que se especifique:

- Nombre del accidentado.
- Día, hora y lugar del accidente.
- Descripción del mismo.
- Causas del accidente.
- Medidas preventivas para evitar su repetición.
- Fechas límite para la adopción de las medidas preventivas.

La Dirección Facultativa podrá aprobar este informe o exigir la adopción de medidas complementarias no indicadas en el mismo.

7.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD EN ZONAS DE ALMACENAMIENTO

Área 100: Ciclohexanol

El ciclohexanol se considera un producto de clase C (productos cuyo punto de inflamación está comprendido entre 55°C y 100°C). La normativa para este tipo de productos es la ITC MIE-APQ-1 (almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles). El ciclohexanol se almacena en recipientes enterrados a temperatura ambiente y presión atmosférica. Los recipientes enterrados se alojarán evitando el desmoronamiento de cimentaciones existentes. La situación con respecto a cimentaciones de edificios y soportes y otros recipientes será tal que las cargas de éstos no se transmitan al recipiente. La distancia desde cualquier parte del recipiente a la pared más próxima de un sótano o foso, a los límites de propiedad o a otros tanques, **no será inferior a un metro**.

Todos los recipientes enterrados tienen doble pared con lo que el sistema de detección de fugas se basa en la pérdida de vacío en la cámara estanca de manera que el ciclohexanol quede contenido en dicha cámara.

Los recipientes enterrados se dispondrán en cimentaciones firmes y rodeados con un mínimo de 250 mm de materiales inertes, no corrosivos (**grava bien compactada**).

Los recipientes se cubrirán con un mínimo de 300 mm de tierra más una losa de hormigón armado de 100 mm de espesor.

La protección con hormigón o aglomerado asfáltico se extenderá al menos 300 mm fuera de la periferia del recipiente en todas direcciones.

Área 200: Ácido Nítrico

El almacenamiento de ácido nítrico se tiene que ajustar a la ITC MIE-APQ-6 (almacenamiento de líquidos corrosivos). Así, los tanques estarán a temperatura ambiente y presión atmosférica y serán diseñados con un material resistente a la corrosión.

No existen requerimientos especiales de distancias entre instalaciones de líquidos corrosivos entre sí, ni respecto a otras instalaciones de la planta o fábrica, excepto los siguientes:

La pared interior de los cubetos distará, como mínimo, 1,5 metros del vallado exterior de la planta. El resto de las instalaciones del almacenamiento distarán al menos 3 metros de dicho vallado.

Las instalaciones de líquidos corrosivos estarán protegidas de los efectos de siniestros procedentes de otras instalaciones que presenten riesgos de incendio o explosión.

La separación entre dos recipientes de líquidos corrosivos contiguos será como mínimo de 1 metro.

Los tanques tienen el fondo plano con lo que la superficie sobre la que descansan debe quedar a 30 cm, como mínimo, por encima del suelo y debe ser impermeable al ácido nítrico, de forma que las posibles fugas por el fondo salgan al exterior.

La distancia mínima horizontal entre la pared mojada del recipiente y el borde interior de la coronación del cubeto, será igual o superior a 1 m.

El fondo del cubeto tendrá una pendiente mínima del 1 por 100, para que todo el producto derramado escurra rápidamente hacia el punto de recogida y posterior tratamiento de residuos líquidos.

Los canales de evacuación tendrán una sección mínima de 400 centímetros cuadrados, con una pendiente, también mínima, del 1 por 100 hacia el punto de salida.

Dado que el cubeto contiene más de dos recipientes, la capacidad útil del cubeto será, como mínimo, igual a la capacidad del recipiente mayor; su capacidad se mide considerando que no existe el recipiente mayor, pero sí los demás, es decir, descontando del volumen total del cubeto vacío el volumen de la parte de cada recipiente que quedaría sumergido bajo el nivel del líquido, excepto el del mayor.

Las dimensiones del cubeto serán: 22x22 y 1 m de altura.

Las paredes y fondo del cubeto es de un material que asegura la estanquidad de los productos almacenados durante el tiempo necesario previsto para su evacuación, con un tiempo mínimo de 48 horas, debiendo ser diseñadas para poder resistir la presión hidrostática debida a la altura total del líquido a cubeto lleno.

En el cubeto deben existir accesos normales y de emergencia, señalizados, con un mínimo de dos en total y en número tal que no haya que recorrer una distancia superior a 25 metros hasta alcanzar un acceso desde cualquier punto del interior del cubeto.

Como mínimo, la cuarta parte de la periferia del cubeto debe ser accesible por dos vías diferentes. Estas vías deberán tener una anchura de 2,5 m y una altura libre de 4 m como mínimo para permitir el acceso de vehículos de emergencia.

Las tuberías no deben atravesar más cubeto que el del recipiente o recipientes a los cuales estén conectadas y se debe asegurar la estanquidad del cubeto.

El paso de las tuberías a través de las paredes del cubeto debe hacerse de forma que su estanquidad quede asegurada. Las bridas, conexiones y bombas de carga o descarga de los tanques estarán protegidas de forma y material adecuados para evitar salpicaduras de ácido nítrico.

Tanto en la descarga de ciclohexanol como en la de ácido nítrico se instalarán duchas de seguridad y lavaojos.

7.4. MEDIDAS DE SEGURIDAD EN GENERADORES DE VAPOR

Los generadores de vapor tienen unas medidas de seguridad específicas que son más restrictivas en función de la categoría de la caldera. Le es de aplicación el Reglamento de Aparatos a Presión y la instrucción técnica MIE- AP1

En nuestro caso, tiene la categoría más alta, es decir la A, ya que el $P \times V > 600 \text{ bar} \cdot \text{m}^3$, donde P es la presión de diseño y V el volumen total de la caldera.

La sala o recinto de calderas deberá ser de dimensiones suficientes para que todas las operaciones de mantenimiento, entretenimiento y conservación puedan efectuarse en condiciones de seguridad.

Las salas dispondrán de salidas fácilmente utilizables, suficientemente separadas.

En todos los casos las salidas serán de fácil acceso. Las salas de calderas deberán estar perfectamente iluminadas y especialmente en lo que respecta a los indicadores de nivel y a los manómetros.

Las plataformas y escaleras de servicio de la instalación dispondrán de medios de acceso fácilmente practicables.

Toda sala de calderas deberá estar totalmente libre de polvo, gases o vapores inflamables. Asimismo habrá de estar permanentemente ventilada, con llegada continua de aire tanto para su renovación como para la combustión.

En la sala o recinto de calderas deberá prohibirse todo trabajo no relacionado con los aparatos contenidos en la misma, y en sus puertas se hará constar la prohibición expresa de entrada de personal ajeno al servicio de las calderas.

En la sala sólo podrán instalarse las máquinas y aparatos correspondientes a sus servicios, así como los elementos productores o impulsores de los fluidos necesarios para el funcionamiento de la industria a la que pertenezca la caldera y siempre que no supongan un aumento de riesgo y sean manejados por el mismo personal encargado de la caldera.

En la sala de calderas no se permitirá el almacenamiento de productos combustibles, con la excepción del depósito nodriza de combustible para las calderas, ni la ubicación de cualquier otro producto o aparato cuya reglamentación específica así lo prohíba.

En lugar fácilmente visible de la sala o recinto de calderas se colocará un cuadro con las instrucciones para casos de emergencia, así como un manual de funcionamiento de las calderas allí instaladas.

Las calderas deberán estar separadas de otros locales y vías públicas por las distancias y los muros no admitiéndose distancias menores de 1,5 y 1 metros a los riesgos 1 y 2, respectivamente. Independientemente de ello, la parte de caldera que no requiera manipulación distará como mínimo 0,5 metros del paramento interior del muro más próximo.

- Riesgo 1: es el que afecta a viviendas, locales de pública concurrencia, calles, plazas y demás vías públicas y talleres o salas de trabajo ajenas al usuario.
- Riesgo 2: es el que afecta a zonas, o locales donde haya personas de modo permanente o habitual, tales como zonas de paso continuo, talleres, salas de trabajo, etc., que pertenezcan al propio usuario de la caldera.

Los muros de protección serán de ladrillo macizo, de mampostería de piedra con mortero de cemento, de hormigón en masa o de hormigón armado y las puertas serán metálicas y macizas, con unas dimensiones máximas de 1, 20 m. de ancho por 2,10 m. de alto.

La altura de los techos no será nunca inferior a los tres metros sobre el nivel del suelo y deberá rebasar en un metro, como mínimo, la cota del punto más alto entre los sometidos a presión de la caldera y al menos a 1,80 m. sobre las plataformas de la caldera si existen.

El techo de la sala será de construcción ligera (fibrocemento plástico, etc.) y no tendrá encima pisos habitables.

Los muros tendrán los espesores siguientes, en función del riesgo:

Espesor mínimo de los muros (cm.)

Riesgo	Fábrica de ladrillo, mampostería u hormigón en masa	Hormigón armado
1	45	20
2	30	15

Toda caldera de vapor saturado llevará como mínimo dos válvulas de seguridad independientes, las cuales deberán precintarse a una presión que no exceda en un 10 por 100 a la de servicio, sin sobrepasar en ningún caso la de diseño.

El conjunto de las válvulas de seguridad bastará para dar salida a todo el vapor producido en régimen máximo, sin que el aumento de presión en el interior de la caldera pueda exceder del 10 por 100 de la presión de precinto correspondiente.

La descarga de las válvulas de seguridad deberá realizarse de tal forma que se impida eficazmente que el vapor evacuado pueda producir daños a personas o a bienes.

Con el fin de evitar tensiones eléctricas parásitas, trastornos por retornos eléctricos, electricidad estática y otros fenómenos análogos, tanto la caldera como su equipo de combustión y el cuadro de maniobra deberá disponer de conexiones a masa para reducir su potencial a cero.

7.5. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

7.5.1. INTRODUCCIÓN

Se incluyen en este apartado algunas de las recomendaciones a tener en cuenta a la hora de establecer el conjunto de acciones destinadas a complementar la acción preventiva, para que en caso de que se inicie un incendio, éste quede limitado y se minimice su propagación y sus consecuencias.

Como técnicas específicas de actuación frente a los incendios está la seguridad en el proyecto o protección pasiva, la detección y la extinción.

7.5.2. NORMATIVA DE APLICACIÓN

La prevención de incendios y protección contra el fuego están reglamentados por las siguientes normas de carácter estatal:

- Norma Básica de la Edificación sobre Condiciones de Protección en los Edificios. NBE-CP1 96.
- R.D. 1942/93, Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios.
- O.M. de 29 de noviembre de 1984 para el desarrollo del plan de Emergencia Contra Incendios y de Evaluación de Locales y Edificios.
- Reglamento APQ y sus instrucciones técnicas complementarias sobre Almacenamiento de Productos Químicos.
- Capítulo VII de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (OGSHT) de 9 de marzo de 1971.

7.5.3. CONDICIONES DE LOS LOCALES DE TRABAJO

- Emplazamiento de los locales

Con la finalidad de que el riesgo de incendio alcance al menor número de trabajadores, los locales en los que existan sustancias fácilmente combustibles y estén expuestos a incendios súbitos o de rápida propagación se construirán a conveniente distancia entre sí y aislados de los restantes centros de trabajo. Si la separación entre locales fuese

imposible, se aislarán con paredes resistentes de mampostería o con muros de rellenos de tierra o materiales incombustibles sin aberturas.

Siempre que sea posible, los locales de alto riesgo de incendio se orientarán evitando su exposición a los vientos más violentos o dominantes.

- Estructura de los locales

Los puntos más importantes son los siguientes:

- En la construcción de los locales de trabajo se emplearán materiales de gran resistencia al fuego y se revestirán los de menor resistencia con materiales ignífugos adecuados (cemento, yeso, cal, mampostería).
- Los pisos de los pasillos y corredores serán lisos e ignífugos y las pequeñas diferencias de nivel se salvarán con rampas suaves.
- Las puertas de acceso al exterior estarán siempre libres de obstáculos y abrirán hacia fuera, sin necesidad de emplear llaves, barras o útiles parecidos.
- Ningún puesto de trabajo fijo distará más de 25 m de una puerta o ventana que pueda ser utilizada para la salida en caso de emergencia.
- Se instalarán pararrayos:
 - ◆ En los tanques que contengan sustancias muy inflamables.
 - ◆ En las chimeneas altas.
 - ◆ En edificaciones de centros laborales que destaquen por su elevación.

7.5.4. INSTALACIONES Y EQUIPOS INDUSTRIALES

En los locales de trabajo especialmente expuestos al riesgo de incendio se tendrán en cuenta las reglas siguientes:

- No existirán hornos, hogares y calderas de fuego al aire libre.
- No se emplearán útiles ni maquinaria que produzcan chispas o cuyo calentamiento pueda originar incendios por contacto o proximidad con sustancias inflamables.
- Las tuberías de conducciones de fluidos peligrosos o de altas temperaturas serán completamente estancas y estarán construidas o revestidas con material resistente a roturas, anticorrosivo y, cuando sea necesario, aislante del frío exterior. Los accesorios y uniones de las tuberías deberán resistir dilataciones que puedan producirse normalmente o en caso de incendio.
- La temperatura ambiental se mantendrá constantemente a nivel inferior a los 25°C.

7.5.5. ALMACENAMIENTO, MANIPULACIÓN Y TRANSPORTE DE MATERIALES INFLAMABLES

- Se prohíbe el almacenamiento conjunto de materias, que al reaccionar entre sí puedan originar incendios.
- Los productos o materiales inflamables se almacenarán bien en locales distintos a los de trabajo, o bien en recintos completamente aislados. En los puestos de trabajo sólo se depositará la cantidad necesaria para el proceso.
- Los recipientes se rotularán indicando su contenido, peligrosidad y precauciones necesarias para el empleo del producto.

7.5.6. MEDIOS DE PREVENCIÓN Y EXTINCIÓN

En los centros de trabajo en los que exista peligro de incendio se adoptarán las medidas de prevención que se indican a continuación, combinando su empleo con la protección general más próxima que puedan prestar los servicios públicos contra incendios.

- Uso del agua

Se emplearán las siguientes condiciones:

- Donde existan conducciones de agua a presión, se instalarán suficientes tomas o bocas a distancia conveniente entre si y cercanas a los puestos fijos de trabajo y lugares de paso del personal, colocando junto a tales tomas las correspondientes mangueras (bocas de incendio equipadas).
- Cuando se carezca de agua a presión (o ésta sea insuficiente), se instalarán depósitos con agua suficiente para combatir los posibles incendios.

- Extintores portátiles

Se emplearán en las siguientes condiciones:

- En la proximidad de puestos de trabajo con riesgo de incendio, colocados en sitio visible y fácilmente accesible, se dispondrá de extintores portátiles o móviles sobre ruedas, de la clase que convenga según la causa determinante del fuego a extinguir.
- Cuando se empleen diversos tipos, los extintores serán rotulados con carteles indicadores del incendio en que deban emplearse.
- Los extintores serán revisados periódicamente y cargados según las normas reglamentarias del Ministerio de Industria y Economía.
- Con objeto de identificar la sustancia extractora más adecuada en cada caso, los fuegos se clasifican en:

- ◆ Fuegos de clase A: combustibles sólidos de producción de brasas y sólidos de alto punto de fusión (maderas, papel, etc.).
 - ◆ Fuegos de clase B: líquidos inflamables y sólidos de bajo punto de fusión (gasolinas, alcohol, etc.).
 - ◆ Fuegos de clase C: gases inflamables (metano, butano, etc.).
 - ◆ Fuegos de clase D: metales combustibles y compuestos químicos muy reactivos (sodio, aluminio, etc.).
 - ◆ Fuegos de clase E: fuegos eléctricos.
- Los agentes extintores característicos para cada uno de estos fuegos son:
- ◆ Agua: fuegos tipo A. Pulverizada con fuegos de clase B y E cuando son de baja tensión.
 - ◆ Espumas: fuegos tipo A y B. De alta expansión también con fuegos de tipo E.
 - ◆ Polvo seco: fuegos tipo A, B, C y E.
 - ◆ Anhídrido carbónico: fuegos tipo B, C y E.
 - ◆ Derivados halogenados: fuegos tipo B, C y E.
 - ◆ Productos especiales: fuegos tipo D.

- Equipos contra incendios

El material asignado al equipo de extinción (cubiertas de lona o tejidos ignífugos, hachas, picos, palas, etc.) no podrá ser usado para otros fines y su emplazamiento será conocido por las personas que deban utilizarlo.

La empresa designará un jefe de equipo contra incendios que cumplirá estrictamente las instrucciones técnicas dictadas por el Comité de Seguridad para la extinción del fuego, y las del Servicio Médico de la empresa para el socorro de los accidentados.

- Alarmas y simulacro de incendios

Para comprobar el buen funcionamiento de los sistemas de prevención, el entrenamiento de los equipos contra incendios, y que los trabajadores participen con aquellos, se efectuará, periódicamente alarmas y simulacros de incendios por orden de la empresa y bajo la dirección del jefe de la brigada contra incendios, que sólo advertirá de los mismos a las personas que, en previsión de daños o riesgos innecesarios, deban ser informadas.

- Prohibiciones personales

Queda terminantemente prohibido fumar dentro de las instalaciones de trabajo y en las zonas de alto riesgo de incendio está prohibida la introducción de cerillas, mecheros o útiles de ignición. Esta prohibición se indicará con carteles visibles. Igualmente se prohíbe introducir cualquier herramienta no autorizada que pueda ocasionar chispas.

Es obligatorio el uso de guantes, manoplas, mandiles o trajes ignífugos y de calzado especial contra incendios que las empresas facilitarán a los trabajadores para uso individual.

7.5.7. NORMAS DE SEGURIDAD EN LA PLANTA

Todo el personal de operación de la planta debe estar perfectamente enterado de los procedimientos de mantenimiento y de seguridad, así como comprender el riesgo que pueda generarse con la utilización de técnicas inapropiadas o descuidadas.

La mejor protección para la seguridad del personal es prevenir que se dé cualquier situación de riesgo. No debe haber ninguna clase de gases, vapores, líquidos o productos químicos en la atmósfera o sobre el suelo del área del proceso.

Una vez por turno, se deben comprobar todas las duchas de seguridad y lavajos e informar sobre cualquier anomalía. Todos los operarios conocerán la situación de las duchas de seguridad.

Cada operador deberá conocer la situación y manejo del equipo contra incendios de su zona de trabajo y contribuirá a guardarlo y mantenerlo en perfectas condiciones de uso. Se deberá informar de todas las fugas y repararlas tan rápidamente como sea posible, para evitar un daño mayor e irreparable.

7.5.8. CLASIFICACIÓN DE LAS ÁREAS

Para poder estudiar el abastecimiento de agua contra incendios y los equipos de protección necesarios, se empieza por dividir la planta en diferentes bloques con su determinado riesgo de incendio. Así, cada bloque de incendio representa un área definida con un nivel de riesgo determinado.

La carga de fuego ponderada Q_p de una industria o almacenamiento se calculará considerando todos los materiales combustibles que formen parte de la construcción, así como aquellos que se prevean como normalmente utilizables en los procesos de fabricación y todas las materias combustibles que puedan ser almacenadas. El cálculo de la carga de fuego ponderada Q_p se establecerá mediante la expresión:

$$Q_p = \sum_A \frac{P_i H_i C_i}{A} \cdot R_a \text{ (Mcal / m}^2\text{)}$$

siendo:

P_i : peso en kg de cada una de las diferentes materias combustibles.

H_i : poder calorífico de cada una de las diferentes materias en Mcal/kg.

C_i : coeficiente adimensional que refleja la peligrosidad de los productos conforme a los siguientes valores:

	Grado de peligrosidad		
	Alta	Media	Baja
Descripción de los productos	- Cualquier líquido o gas licuado a presión de vapor de 1 kg/cm² y 23° C. - Materiales criogénicos. - Materiales que pueden formar mezclas explosivas en el aire. - Líquidos cuyo punto de inflamación sea inferior a 23° C. - Materias de combustión espontánea en su exposición al aire. - Todos los sólidos capaces de inflamarse por debajo de los 100° C.	- Los líquidos cuyo punto de inflamación esté comprendido entre los 23 y los 61° C. - Los sólidos que comienzan su ignición entre los 100 y los 200° C. - Los sólidos y semisólidos que emiten gases inflamables.	- Productos sólidos que requieran para comenzar su ignición estar sometidos a una temperatura superior a 200° C. - Líquidos con punto de inflamación superior a los 61° C.
Valor de C	1,6	1,2	1

A : superficie construida del local, considerada en m².

R_a : coeficiente adimensional que pondera el riesgo de activación inherente a la actividad industrial, de la siguiente forma:

	Riesgo de activación		
	Alto	Medio	Bajo
Coeficiente R_a	3	1,5	1

En nuestro caso, el riesgo de activación es Medio-Alto ya que se trata de una industria química.

$C_i = 1$ dependiendo del punto de ignición e inflamación de los materiales

$R_a = 3$ considerando el peor de los casos tratándose de una industria química

En primer lugar, se lleva a cabo la caracterización de la planta en relación con la seguridad contra incendios, en función del tipo de configuración y su ubicación en relación con el entorno. Así es posible determinar la carga de fuego que permitirá establecer el nivel de riesgo intrínseco de cada zona.

	Niveles de riesgo intrínseco							
	Bajo		Medio			Alto		
	1	2	3	4	5	6	7	8
Carga de fuego ponderada Q_p del local en Mcal/m^2	$Q_p < 100$	$100 < Q_p < 200$	$200 < Q_p < 300$	$300 < Q_p < 400$	$400 < Q_p < 800$	$800 < Q_p < 1600$	$1600 < Q_p < 3200$	$Q_p \geq 3200$

Sector	Área (m^2)	Edificio	Carga de fuego (MJ/m^2)	Nivel de riesgo
Almacenamiento de Ciclohexanol	456,34	---	23928,79	Alto (8)
Almacenamiento de Ácido Nítrico	441	E	----	Bajo (1)
Área de reacción	180,91	C	526,3	Alto (5)
Área de separación	390,74	C	1270,07	Alto (6)
Área de purificación	799,59	C	1648,14	Alto (7)
Área de producto final	509,22	D	19904,89	Alto (8)
Área de recuperación catalizadores	1364,98	C	216,88	Medio (3)
Área de tratamiento de gases	1251,16	C	60,74	Bajo (1)
Zona de envasado	203,28	C	295,15	Medio (3)
Sala de control, oficinas y laboratorios	1258,61	B	49,89	Bajo (1)
Aparcamiento	2443,17	B	94,55	Bajo (1)
Báscula de camiones	42,00	E	----	Bajo (1)
Vestuarios, taquillas, aseos y comedor	200	A	340,90	Medio (4)
Estación de bombeo contraincendios	5,00	C	----	Bajo (1)

7.5.9. ESPECIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN CONTRAINCENDIOS NECESARIA

Para enfrentarse contra un incendio se emplean dos sistemas diferentes, la protección activa y la protección pasiva.

7.5.9.1. Protección Activa

La protección activa es aquella que incluye las actuaciones que implican una acción directa, en el empleo de las instalaciones. Los equipos de protección contraincendios y su emplazamiento en la planta pueden contemplarse en el Layout de Protección Contra Incendios.

i. Sistemas de alarma:

Los sistemas de detección de incendios se instalarán en toda el área de producción, donde dispondremos de sistemas de detección automáticos y de sistemas manuales.

ii. Sistema de abastecimiento de agua contraincendios:

- Depósito de almacenamiento de agua

La planta dispondrá de un depósito de aspiración de agua a nivel de la superficie. Será un embalse de hormigón y con una capacidad determinada por el caudal y por la

presión necesaria por los equipos contraincendios durante el tiempo que pueda durar un incendio.

El caudal de agua estimado para un incendio de las peores características requeriría un caudal de 300 m³/h, durante dos horas. Por lo tanto, será necesario un almacenamiento de agua de 600 m³ (14 m de diámetro x 4 m de profundidad).

- Red de distribución y equipos contraincendios

- Hidrantes

Los hidrantes són unos dispositivos constituidos por un conjunto de válvulas y una columna. Se instalan con la finalidad de suministrar agua a mangueras que se acoplan directamente o bien para tanques o bombas de los equipos de extinción.

Deben situarse en el exterior de los edificios. En la planta dispondrán de hidrantes del tipo de 100 mm, con tres salidas: una de 100 mm y dos de 70 mm; con un caudal de agua de 2500 l/min durante 90 minutos y una presión mínima de 7 bar.

Debido a que la zona de producción por su riesgo intrínseco debe tener hidrantes éstos se ubicarán cada 40 m y deberán estar situados entre 5 y 15 m del edificio que protegen.

- Bocas de Incendio Equipadas (BIE's)

Se trata de un conjunto de dispositivos necesarios para transportar y proyectar agua desde un punto fijo de una red fija de abastecimiento de agua hasta la zona donde está el fuego, incluyendo los elementos de soporte, medida de presión y protección del conjunto, como son el armario, el racor, la lanza, manómetro y manguera.

La planta dispondrá de BIE's de 45 mm en la sección de producción. La presión de agua será de 2 a 5 bar.

Las bocas de incendio equipadas deberán situarse sobre un soporte rígido, de forma que el centro quede como máximo a una altura de 1,5 m con relación al suelo. Se situarán preferentemente cerca de las puertas o salidas y a una distancia máxima de 5 m, teniendo en cuenta que no deberán constituir obstáculo para la utilización de dichas puertas. En las bocas de incendio equipadas de 25 mm, la altura sobre el suelo podrá ser superior, siempre que la boquilla y la válvula manual si existe, se encuentren a una altura máxima de 1,50 m con relación al suelo.

- Sistemas rociadores automáticos de agua

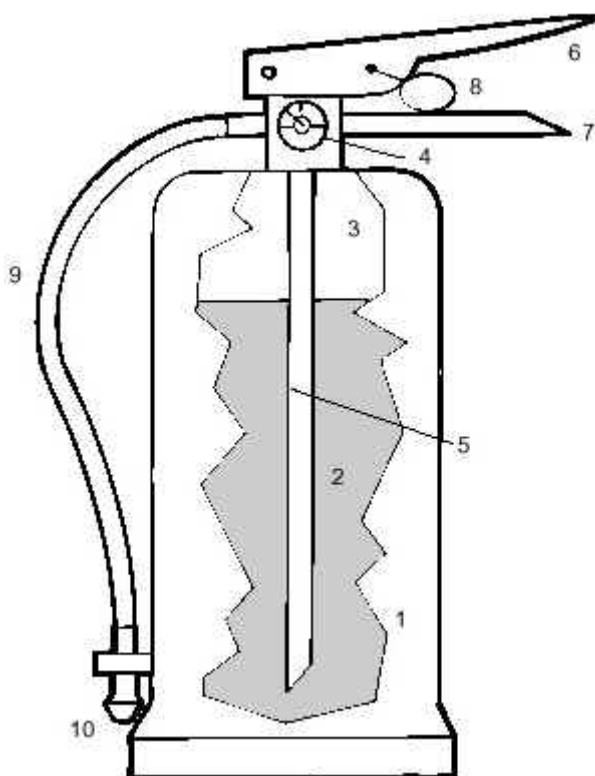
Estos sistemas de extinción pueden funcionar con independencia del factor humano. Serán instalados en las áreas de reacción y de tratamiento de gases, debido a las altas temperaturas que se alcanzan.

- Extintores

Son recipientes a presión que contienen un agente extintor.

Se situarán a una altura superior a 1,70m del suelo, próximos a puntos donde se estimen mayores probabilidades de iniciarse el incendio.

En el interior, se colocarán con una distancia máxima de 15 m. desde cualquier punto, en zonas de riesgo medio y bajo. En zonas de riesgo especial, se situarán en el exterior del local.



1. Cuerpo del extintor	6. Maneta palanca de accionamiento
2. Agente extintor	7. Maneta fija
3. Agente impulsor	8. Pasador de seguridad
4. Manómetro	9. Manguera
5. Tubo sonda de salida	10. Boquilla de manguera

Para escoger el extintor adecuado, utilizaremos la tabla mostrada a continuación en función del tipo de fuego:

Tabla 1. Agentes extintores y su adecuación a las distintas clases de fuego según el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios. (R.D. 1942/1993. BOE 14.12.1993)

AGENTE EXTINTOR	CLASE DE FUEGO (UNE-EN2 1994)			
	A (Sólidos)	B (Líquidos)	C (Gases)	D (Metales especiales)
Agua pulverizada	OOO (2)	O		
Agua a chorro	OO (2)			
Polvo BC (convencional)		OOO	OO	
Polvo ABC (polivalente)	OO	OO	OO	
Polvo específico metales				OO
Espuma física	OO (2)	OO		
Anhídrido carbónico	O (1)	O		
Hidrocarburos halogenados	O (1)	OO		

Siendo: **OOO** Muy adecuado / **OO** Adecuado / **O** Aceptable

Notas:

1. En fuegos poco profundos (profundidad inferior a 5 mm) puede asignarse OO.
2. En presencia de corriente eléctrica no son aceptables como agentes extintores el agua a chorro ni la espuma; el resto de los agentes extintores podrán utilizarse en aquellos extintores que superen el ensayo dieléctrico normalizado en UNE-23.110.

En la planta se instalarán extintores portátiles de 6 kg. de polvo polivalente ABC a base de fosfatos como agente extintor y nitrógeno como agente propulsor, que extinguen fuegos tipo A, B y C (21A, 113B y C, respectivamente) y también son adecuados para fuegos que se desarrollan en elementos de baja tensión eléctrica. De esta manera se requerirá un sólo tipo de extintor en toda la planta.

- Sistemas de comunicación de alarma

Se deberán instalar sistemas de comunicación de alarma en todos los sectores de incendio del establecimiento industrial, dado que la suma de la superficie construida de todos los sectores de incendio supera los 10000 m².

- Equipos de protección personal

En la planta también se dispondrá de dispositivos formados por:

- Manta ignífuga
- Equipos analizadores de atmósferas explosivas

- Mangueras con conexiones adaptables y boquillas

Estación de bombeo ⁽¹⁾

Se instalará un red de incendios que abastecerá de agua a todos los puntos de la planta donde sea necesario, dicha red será alimentada por un grupo de presión que suministrará el caudal necesario para abastecer la instalación. Llevará incorporado un presostato conectado con la central de señalización que permita detectar su funcionamiento.

Un equipo contra incendios está compuesto básicamente por una bomba principal, accionada por motor eléctrico, una bomba de reserva accionada por motor diesel con capacidad igual a la principal y una bomba auxiliar o jockey que es siempre eléctrica.

La bomba Jockey mantiene constantemente presurizada la red, entre dos valores próximos, que son superiores a la presión de arranque de la bomba principal, compensando a su vez las posibles fugas en la instalación.

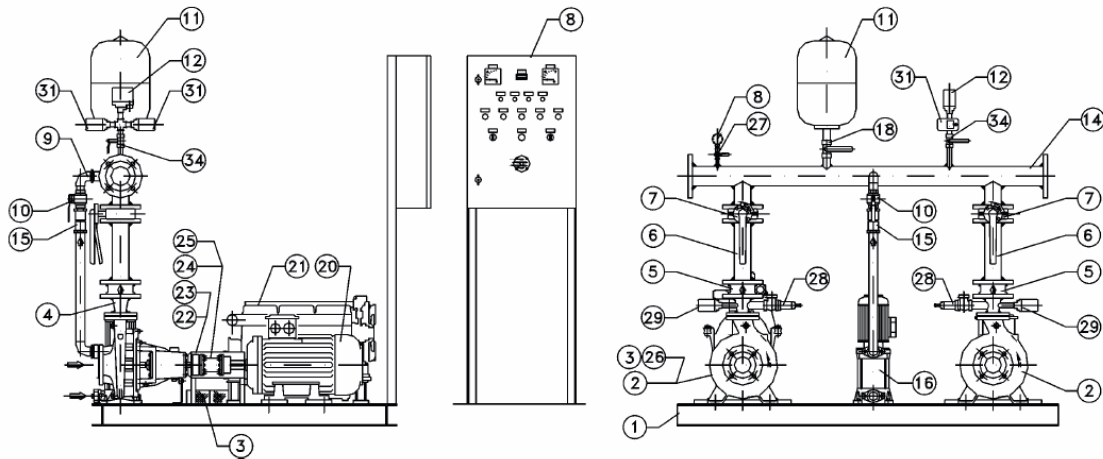
En caso de incendio, al abrirse cualquier punto de la red, como hidratantes, lanzas, sprinklers, etc., la presión disminuye, con lo cual se pone en marcha la bomba principal que solo se podrá parar manualmente.

El grupo de presión estará compuesto por un mínimo de 2 bombas verticales que se alimentan de un depósito del que se reservarán para la red de incendios 178 m³. Este depósito tendrá una capacidad de unos 400 m³. Los equipos de bombeo de la red general de incendios, si su alimentación es eléctrica, se abastecerán mediante dos fuentes de suministro, de las cuales la principal será la red general de la planta.

Las características de las bombas que han sido seleccionadas se muestran a continuación:

Tipo de grupo	Características		Electrobomba caudal		Electrobomba Jockey	
	Q (m ³ /h)	H (m)	Q (m ³ /h)	Pot (CV)	Tipo	Pot (CV)
AF 1025-R2	180	6,6	4	100	MVXE 120/6	3

El diseño del sistema de bombeo puede verse en la siguiente figura:



Ref.	Denominación	CEPREVEN	UNE
1	Bancada	✓	✓
2	Bombas principales eléctrica / diesel	✓	✓
3	Batería	✓	✓
4	Cono difusor	✓	✓
5	Válvula de retención	✓	✓
6	Carrete	✓	✓
7	Válvula de mariposa	✓	✓
8	Manómetro	✓	✓
9	Codo	✓	✓
10	Válvula de bola	✓	✓
11	Acumulador	✓	✓
12	Presostato bomba jockey	✓	✓
13	Cuadro de maniobra	✓	✓
14	Colector de impulsión	✓	✓
15	Válvula de retención	✓	✓

Ref.	Denominación	CEPREVEN	UNE
16	Bomba jockey	✓	✓
18	Válvula de mariposa / bola	✓	✓
20	Motor eléctrico	✓	✓
21	Motor Diesel	✓	✓
22	Protector acoplamiento bomba eléctrica	✓	✓
23	Protector acoplamiento bomba Diesel	✓	✓
24	Acoplamiento espaciador bomba eléctrica	✓	SIN ESPAC.
25	Acoplamiento espaciador bomba Diesel	✓	SIN ESPAC.
26	Arrancador manual motor Diesel	✓	-
27	Grifo de purga	✓	-
28	Válvula de seguridad esc. conducido	✓	-
29	Presostato, bomba en marcha	✓	-
31	Presostato bombas principales en demanda	✓	✓
34	Válvula de bola	✓	✓

(1) La información sobre las bombas se ha extraído de un catálogo de grupos contraincendio Ebara

Hidrantes

El caudal de agua necesario para los hidrantes será:

$$C = C_m \times N^{\circ}$$

Siendo:

C = Caudal de agua necesaria en l/min.

C_m = Caudal mínimo por salida de 70 mm en l/min.

Nº = Número de salidas de 70 mm.

Por tanto, teniendo en cuenta que se tratan de hidrantes Tipo 100 mm, el caudal de cada uno de ellos será de 2000 l/min, además cada uno de los hidrantes tiene dos salidas de 70 mm.

$$C = 2000 \times 2 = 4000 \text{ l/min.}$$

Reserva de agua para los hidrantes (CHE):

$$R_{CHET} = C \times T_a$$

Siendo:

R_{CHET} = la reserva total de agua en litros.

C = caudal de agua necesaria en l/min.

T_a = Tiempo de autonomía en minutos.

Así se tiene que:

$$R_{CHE} = 5000 \times 90 = 450000 \text{ litros}$$

$$R_{CHE} = 450 \text{ m}^3 \text{ de agua}$$

Presión necesaria para los hidrantes: 70 m.c.a.

Presión en estación de bombeo aprox: 75 m.c.a.

Instalación de Rociadores Automáticos (caso más desfavorable)

Densidad de diseño: 5 l/min x m²

Área de cobertura máxima: 72 m²

Cobertura por rociador: 12 m²

Tiempo de autonomía: 90 minutos

Tipo de abastecimiento: superior o doble

Caudal para los rociadores:

$$Q_t = D \times S_m = 5 \times 72 = 360 \text{ l/min}$$

$$Q = 1,3 \times Q_t = 1,3 \times 360 = 468 \text{ l/min} = 42,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

Demanda total: 468 l/min

Reserva de agua:

Caudal = 468 l/min

Tiempo = 90 min

$$\text{Reserva} = C_m = Q \times T = 468 \times 90 = 42120 \text{ l} = 42,12 \text{ m}^3$$

Red de Bocas de Incendio Equipadas (BIE)

Ningún punto del local se encontrará a más de 25 m de una BIE, con el fin de obtener total cobertura. El caudal será de 200 l/min por cada boca de 70 mm. Podrán funcionar dos bocas hidráulicamente más desfavorables simultáneamente durante un tiempo de autonomía de 90 minutos. La reserva mínima es de 36 m³.

Simultaneidad de Sistemas

Para el cálculo de la simultaneidad del sistema se preverá la suma de los caudales de dos bocas de incendio equipadas y el sistema de extinción manual de mayor caudal, en este caso, dos hidratantes.

Para el cálculo del volumen de incendio aplicaremos un coeficiente de seguridad de 1,2 al volumen obtenido.

$$\text{Reserva} = 2 \times 2500 \times 0,5 \times 90 + 468 \times 90 = 267120 \text{ litros} = 267,12 \text{ m}^3$$

$$V = 1,2 \times 267,12 = 320 \text{ m}^3 = 400 \text{ m}^3$$

Abastecimiento de Agua Contra Incendios

Las condiciones de abastecimiento de agua en:

Hidratantes: 2.500 l/min

Rociadores automáticos: 468 l/min

Suponen un caudal total de 2.968 l/min (178 m³/h), de los cuales pueden utilizarse, según las circunstancias del incendio, los siguientes caudales:

Para Rociadores: 28 m³/h

Para hidratantes: 150 m³/h

En la zona de control, vigilado las 24 horas del día por personas responsables, se repetirán las señales de alarma producidas en la sala de bombas, en caso contrario se conectará a la estación de bombeo más cercana.

Centralización de Controles y Alarmas

Las instalaciones fijas de detección de incendios permiten la detección y localización automática del incendio, así como la puesta en marcha automática de aquellas secuencias del plan de alarma incorporadas a la central de detección.

En general la rapidez de detección es superior a la detección por vigilante, si bien caben las detecciones erróneas. Pueden vigilar permanentemente zonas inaccesibles a la detección humana.

La central estará supervisada por un vigilante en un puesto de control. En el caso de que el vigilante no esté en la central se activará el plan de alarma programable.

En la figura 1 se aprecia un esquema genérico de una instalación automática de detección y de una posible secuencia funcional para la misma. Sus componentes principales son:

- Detectores automáticos.
- Pulsadores manuales.
- Central de señalización y mando a distancia.
- Líneas.
- Aparatos auxiliares: alarma general, teléfono directo a bomberos, accionamiento sistemas extinción, etc.

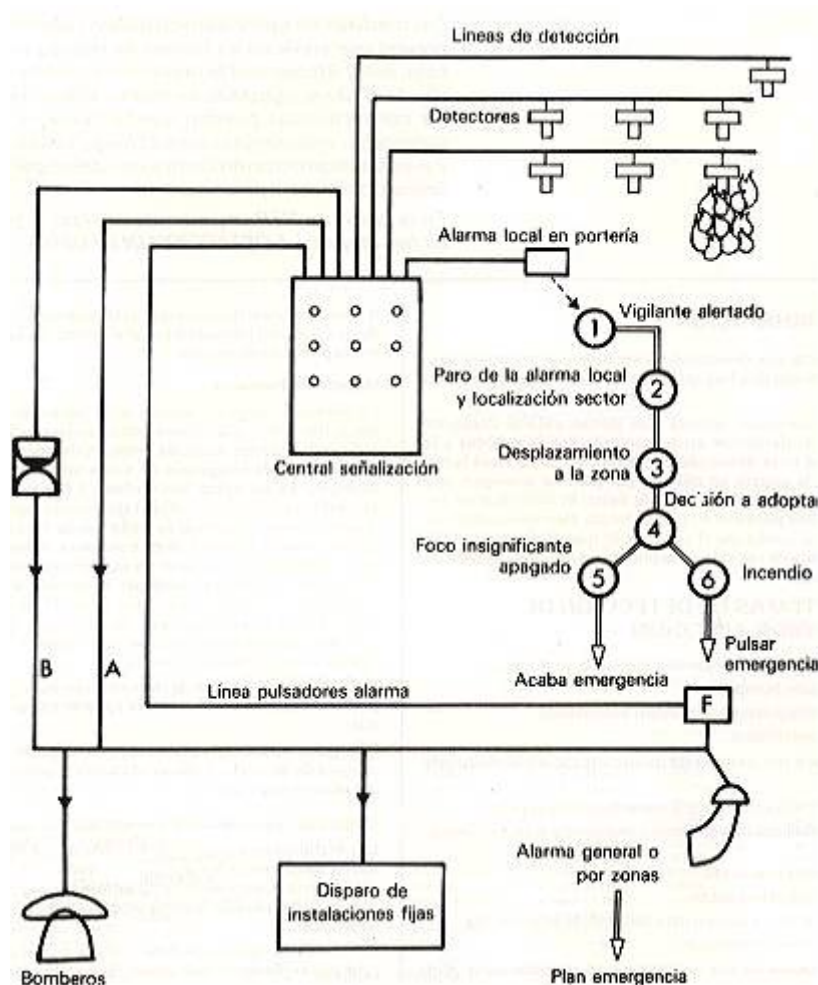


Figura 1: Instalación automática de detección de incendios. Componentes y funciones

Se instalará un cuadro sinóptico en el que se concentrarán las siguientes señales:

- Situación de las válvulas de control de los sistemas rociadores automáticos.
- Repetición de las siguientes situaciones en los Equipos de Bombeo de agua Contra Incendios:
 - o Demanda de cada grupo de bombeo
 - o Marcha de cada grupo de bombeo
 - o Fallo de cada grupo de bombeo
 - o Bajo nivel de combustible
 - o Falta de tensión
 - o Anomalía

iii. Iluminación de emergencia:

Es la iluminación que en caso de que falle la iluminación general, se activa automáticamente, permitiendo la evacuación segura y sencilla de los ocupantes del edificio.

La iluminación de señalización se instala para funcionar de forma continua y señala la situación de puertas, pasillos y salidas.

iv. Señalización

Se señalizarán los equipos de lucha y protección contra incendios según la norma UNE 23033-82. Las señales pueden ser de forma rectangular o cuadrada y el pictograma es blanco sobre un fondo rojo (el rojo deberá cubrir como mínimo el 50 por 100 de la superficie de la señal).

Por otro lado, se instalarán también, señales de salvamento y socorro, también de forma rectangular o cuadrada, con el pictograma blanco sobre el fondo verde. A modo de ejemplo se puede ver la siguiente figura:



Requerimientos de la instalación contraincendios

Sector	Area (m ²)	Tipo de edificio	Detección		Hidrantes	BIE's	Rociador automático	Tipo de Fuego	Extintor ⁽⁴⁾
			Sistemas automáticos	Sistemas manuales ⁽¹⁾					
Almacenamiento de Ciclohexanol	456,34	---	No	No	Si	---	---	B	1
Almacenamiento de Ácido Nítrico	441	E	No	No	No	---	---	C	1
Área de reacción	180,91	C	Si	Si	Si	DN 45mm (90 min) ⁽³⁾	Si	C	3 por planta
Área de separación	390,74	C	Si	Si	Si	DN 45mm (90 min) ⁽³⁾	---	C	4 por planta
Área de purificación	799,59	C	Si	Si	Si	DN 45mm (90 min) ⁽³⁾	---	C	8 por planta
Área de producto final	509,22	D	No	Si	Si	DN 45mm (90 min) ⁽³⁾	---	A	5
Área de recuperación catalizadores	1364,98	C	Si	Si	Si	DN 45mm (90 min) ⁽³⁾	---	C	11
Area de tratamiento de gases	1251,16	C	Si	Si	Si	DN 45mm (90 min) ⁽³⁾	Si	C	8 por planta
Zona de envasado	203,28	C	Si	Si	No	DN 45mm (90 min) ⁽³⁾	---	A	3
Sala de control, oficinas y laboratorios	1258,61	B	Si	Si	No	DN 25mm (60 min) ⁽²⁾	---	A	4
Aparcamiento	2443,17	B	No	Si	No	---	---	E	10
Báscula de camiones	42,00	E	No	No	No	---	---	E	1
Vestuarios, taquillas, aseos y comedor	200	A	Si	Si	No	---	---	A	4

⁽¹⁾ Cada 25 m⁽²⁾ Simultaneidad 2⁽³⁾ Simultaneidad 3 → se ubicarán⁽⁴⁾ Extintores portátiles de 6 kg de polvo seco ABC extintores móviles sobre ruedas de 50 kg de polvo seco ABC.

7.5.9.2. Protección pasiva

La protección pasiva incluye aquellos métodos que suponen un freno o una barrera frente al avance del incendio, delimitándolo en un sector pero sin que implique una acción directa sobre el fuego. La protección pasiva, evita que se produzca o minimiza sus efectos.

Los elementos de protección pasiva contra incendios son elementos constructivos o materiales añadidos a los elementos constructivos, que cumplen una múltiple función:

- Evitar que el fuego se inicie.
- Evitar que se propague.
- Facilitar la evacuación de personas.
- Facilitar la extinción del fuego.

Evitar que el fuego se inicie, y evitar su propagación, se consigue utilizando materiales ignífugos, no inflamables o de muy baja inflamabilidad, clasificados como M-1 ó M-2 cuando son ensayados en el ensayo de reacción al fuego.

Facilitar la evacuación y la extinción, se consigue con sistemas de sectorización y protegiendo las estructuras portantes del edificio para evitar su colapso y derrumbe.

Los revestimientos para la protección pasiva contra incendios deben estar ensayados y certificados por Laboratorios acreditados en esta especialidad, para poder ser utilizados en los edificios.

De esta manera se establecerá una compartimentación horizontal con la finalidad de dificultar la propagación horizontal del fuego y de los humos (consecuencia del incendio).

- Separación, para reducir la conducción y radiación del calor.
- Muros y paredes cortafuegos, con aberturas mínimas.
- Puertas cortafuegos para proteger dichas aberturas.

También debe realizarse una compartimentación vertical, para impedir el paso de las corrientes de convección que producen los gases calientes (humos) del incendio.

- Cortafuegos en conductos.
- Limitar la presencia de ventanas o emplear ventanas con marco metálicos. Se instalarán además alerones que obliguen a separar las llamas de la fachada del edificio.
- Los espacios para ascensores, escaleras verticales, y montacargas y otras aberturas han de ser construidas con materiales incombustibles.

Sector	Edificio	Nivel de riesgo	Estabilidad elementos estructurales portantes	RF	Evacuación del personal (distancia máxima, m)
Almacenamiento de Ciclohexanol	---	Alto (8)	---	---	25
Almacenamiento de Ácido Nítrico	E	Bajo (1)	---	---	50
Área de reacción	C	Alto (5)	EF-90	RF-240	25
Área de separación	C	Alto (6)	EF-90	RF-240	25
Área de purificación	C	Alto (7)	EF-90	RF-240	25
Área de producto final	D	Alto (8)	---	RF-240	25
Área de recuperación catalizadores	C	Medio (3)	EF-60	RF-180	35
Área de tratamiento de gases	C	Bajo (1)	EF-30	RF-120	50
Zona de envasado	C	Medio (3)	EF-60	RF-180	35
Sala de control, oficinas y laboratorios	B	Bajo (1)	EF-60	RF-120	50
Aparcamiento	B	Bajo (1)	EF-60	RF-120	50
Báscula de camiones	E	Bajo (1)	---	---	50
Vestuarios, taquillas, aseos y comedor	A	Medio (4)	EF-120	RF-180	35
Estación de bombeo contraincendios	C	Bajo (1)	EF-30	RF-120	50

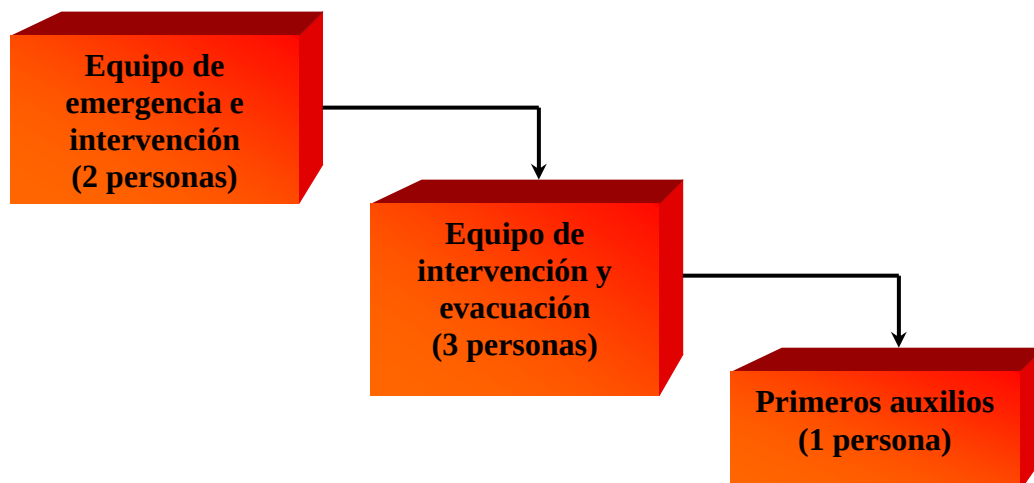
7.5.9.3. Plan de emergencia

La peligrosidad de los accidentes en la industria química, que pueden afectar, no sólo al recinto industrial, sino también a las personas y al medio ambiente, ha sido regulada mediante el R.D. 886/1988 sobre la prevención de accidentes mayores y posteriormente en la Resolución del 31/1/91 por la cual se aprueba la Directiva Básica por la elaboración y homologación de los Planes Especiales del Sector Químico.

La planta dispondrá de un sistema de detección automática y de pulsadores, que serán activados en caso de emergencia. En ambos casos, comenzará a sonar una sirena de forma continua o bien intermitente. Se comprobará si la emergencia es real o no y también de qué modelo se trata. A continuación se procederá según el caso. En aquel caso en que sirena suene de manera continuada, supone una evacuación. Por tanto, debe dirigirse rápidamente, pero sin correr, hacia el punto de reunión, situado en las entradas de la planta.

Efectivos humanos durante una emergencia

En cada uno de los turnos de trabajo se asignarán responsables para actuar en caso de emergencia.



Seguidamente se describen las actuaciones del personal de la planta en caso de detección de un incendio.

Plan de emergencia general

- i. Aviso accionando el pulsador de alarma más cercano y desde el teléfono más próximo avisar de lo ocurrido e indicar claramente el lugar, y la gravedad de la emergencia
- ii. En caso de fuego si se puede intervenir atacar el fuego con extintores (no utilizar agua sin estar seguro de que la corriente eléctrica está desconectada).
- iii. Si suena la sirena (de manera intermitente) permanecer atentos a la evolución de la emergencia.
- iv. Si suena la alarma (de manera continuada) indica evacuación, desconectar las máquinas de la correspondiente área de trabajo habitual, procurar colaborar con una evacuación ordenada y salir dirigiéndose hacia el punto de reunión exterior.
- v. No sacar el vehículo del aparcamiento. Podría obstaculizar la entrada de los vehículos de socorro.

Plan de emergencia (grupo de emergencia e intervención)

- i. Dirigir las actuaciones a desenvolver durante la emergencia.
- ii. Cuando suene la alerta (de manera intermitente) dirigirse a la central de alarmas, inspeccionar la zona y si es necesario avisar a los bomberos.
- iii. Si hay peligro para las personas, ordenar la evacuación mediante una alarma (de manera continua).
- iv. Coordinar las actuaciones de evacuación y de recepción de los bomberos y facilitarles toda la información.

- v. Permanecer atentos, en caso de evacuación, para saber si en el interior del edificio permanecen personas que puedan estar en peligro.
- vi. Coordinar las tareas de salvamento, si se da el caso.
- vii. Ordenar el final de emergencia.
- viii. Coordinar las tareas de investigación de las causas de la emergencia.

Plan de emergencia (equipo primera intervención)

- i. Comprobar el alcance de la emergencia
- ii. Avisar inmediatamente, de palabra o pulsando la alarma.
- iii. Llamar a los bomberos indicando el lugar y la gravedad del incendio.
- iv. Desenchufar los aparatos eléctricos.
- v. Si es conveniente y posible intervenir, atacar la emergencia con los medios de los que se disponga.
- vi. Informar al grupo de intervención y ponerse a su disposición.
- vii. Un vez acabada la emergencia, informar al grupo de intervención de todas las incidencias detectadas, por medio de un comunicado de investigación de incendio.
- viii. Entre los equipos de primera intervención habrá una persona formada en primeros auxilios.

7.5.10. PROTECCIÓN DE LOS RIESGOS PROFESIONALES

La preocupación por la seguridad en el trabajo es uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta y que debe permanecer presente en todas las fases de diseño de la planta. Desde el diseño de los equipos a los trabajos de obra civil, y por supuesto una vez que la planta comience su etapa de producción.

La Ley 31/01/1995 de 8 de noviembre, Ley de Prevención de Riesgos Laborales (B.O.E. de 3 diciembre), es la que tiene por objetivo principal promover la seguridad y la salud de los trabajadores mediante la aplicación de medidas y el desarrollo de las actividades necesarias para la prevención de los riesgos derivados del trabajo.

7.5.10.1. Técnicas generales de prevención

En función del momento de aplicación de la gestión preventiva, las técnicas de seguridad se pueden clasificar como: analíticas, operativas y organizativas.

- Las *técnicas analíticas* intentan identificar las causas de los posibles accidentes:
 - Inspecciones o auditorías de seguridad.
 - Notificación y registro de accidentes.
 - Análisis estadísticos de la accidentabilidad.

- Investigación de los accidentes.
- Las *técnicas operativas* tienen como objetivo la eliminación de los factores de riesgo, o al menos, la minimización de los efectos de dichos factores de riesgo.
 - Técnicas integradas con el diseño de equipos y proyectos de instalaciones. Se basa en el diseño de equipos, máquinas e instalaciones seguras.
 - Técnicas integradas a la definición de métodos de trabajo. Se tienen en cuenta los factores preventivos a la hora de diseñar las operaciones.
 - Técnicas de selección de personal. El objetivo es escoger el trabajador que se adecua más a las exigencias del lugar de trabajo, en lo referente a la seguridad.
 - Formación. Se trata de informar al trabajador de los riesgos existentes, formarlo en las medidas de prevención y conseguir una implicación por parte del propio trabajador.
 - Campañas de propaganda de seguridad. A través de carteles o trípticos que muestren los factores de riesgo y la manera de evitar sus efectos.
 - Adaptación de sistemas de seguridad, defensa i resguardo de máquinas. Cuando los elementos no formen parte del equipo original, se diseñan posteriormente para evitar o reducir el efecto del factor de riesgo asociado.
 - Señalización de zonas de riesgo o peligrosas. Tienen como objetivo avisar al trabajador de la presencia de peligro y también de informar sobre las medidas de prevención y protección.
 - Normes de seguridad. Son las reglas de comportamiento que rigen la seguridad del trabajador.
 - Equipos de protección individual. Evitan o disminuyen el daño causado por factores de riesgo. En la planta se dispondrán de los siguientes equipos de protección individual (EPI's):
 - i. Protección de la cabeza. Cascos de protección contra golpes e impactos. Uno por trabajador, y cien más para los posibles visitantes.
 - ii. Protección de los ojos. Gafas de montura universal. Unas por cada trabajador, y cien más para los posibles visitantes.
 - iii. Protección de los ojos y la cara. Pantallas para soldadura. Se dispondrá al menos de diez, para poder ser empleados por posibles trabajadores subcontratados.
 - iv. Protección de las vías respiratorias. Equipos filtrantes de gases y vapores. Se dispondrá al menos de diez unidades, para el parque de tanques de almacenamiento, unidades de transporte de sólidos y los filtros del bicarbonato.

- v. Protección de manos y brazos. Guantes contra agresiones químicas (ácidos), guantes contra las agresiones de origen eléctrico (2 pares), guantes contra las agresiones de origen térmico (10 pares).
 - vi. Protección de los pies. Calzado especial de protección, para trabajar en planta.
 - vii. Protección total del cuerpo. Ropa de protección contra las agresiones químicas.
- En último lugar las *técnicas organizativas* definen, implementan y mantienen la organización de seguridad necesaria. Engloban la definición e implementación de organigramas de seguridad, responsables y técnicas de seguridad, comités de seguridad e Higiene laboral, reuniones de seguridad y servicios médicos de la empresa.

7.5.10.2. Técnicas específicas de prevención

Condiciones generales del centro de trabajo

Para prever las zonas de paso que faciliten los flujos de circulación de personas y materiales, aislar operaciones especialmente molestas y peligrosas y definir espacios para usos determinados, entre otras cosas. Aquí han de intervenir diversos factores:

- Condiciones estructurales. La estructura ha de ser sólida y las paredes han de ser construidas de materiales aislantes y de fácil limpieza. Habrá de tenerse en cuenta las dimensiones mínimas del local (3 m desde el piso al techo, 10 m³ por trabajador).
- Orden y limpieza. Los locales de trabajo, servicios y vestuarios habrán de mantenerse en buen estado de orden y limpieza.
- Señalización de seguridad. Las disposiciones mínimas en materia de señalización se recogen en el R.D. 485/1997.

Equipos

Las medidas de seguridad para prevenir riesgos provocados por la maquinaria pueden aplicarse en los siguientes campos:

- Medidas de prevención endógena, es decir, del diseño. Hay que tener en cuenta la seguridad de los trabajadores, así como también las operaciones de inspección, ajuste, lubricación y mantenimiento de los equipos. Se utilizarán dispositivos de seguridad para con esta finalidad. Se debe considerar también las distancias (800 mm de espacio libre alrededor de cada máquina). Los equipos se diseñarán para no provocar esfuerzos, ni fatiga a los trabajadores.

- Medidas de protección general. Consisten en formar al personal en métodos seguros de utilización de los equipos, sistemas de bloqueo, etc. Se utilizarán los equipos de protección individual (EPI's).
- Advertencias de seguridad. Informan al trabajador de los riesgos. Pueden ser instrucciones técnicas, manual específico de instrucciones de seguridad, normas de implantación y mantenimiento, señales visuales, etc.
- Medidas de emergencia. Se emplean en situaciones que no son las de uso normal del equipo.
- Dispositivos de parada de emergencia, para conseguir la interrupción de suministro de las fuentes de alimentación y parar el equipo lo más rápidamente posible, mediante un accionamiento visible.
- Dispositivo de salvamento de personas, para evitar que el trabajador pueda quedar atrapado en la maquinaria.
- Parada de máquinas, es decir, dejar el equipo totalmente bloqueado sin ningún tipo de energía, para poder acceder a él en caso de necesidad, como puede ser limpieza, sustitución de piezas, reparación etc.

Electricidad

Las prescripciones relativas a este tipo de protección están contempladas en la MI BT 021 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y el artículo 51 del Título II del Ordenamiento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

- Medidas contra contactos eléctricos directos. Colocar cubiertas de protección que eviten el contacto accidental y recubrir las partes activas de los aparatos y conductores mediante un aislante como la goma.
- Medidas contra contactos eléctricos indirectos. Para tensiones superiores a 50V son necesarias protecciones, tanto pasivas como activas.

La protección pasiva evita la aparición de una tensión peligrosa e incluye el doble de aislamiento, la separación entre las partes activas y las masas accesibles mediante aislamiento de protección, inaccesibilidad simultánea de partes en tensión y masa, y la separación de circuitos.

Los sistemas activos de protección evitan la permanencia de una tensión peligrosa, desconectando la instalación defectuosa por la puesta a tierra o neutro de las masas de los equipos.

Manipulación, almacenamiento y transporte

En la manipulación de los diferentes productos habrá que utilizar los equipos de protección adecuados según el riesgo del producto con el cual puede existir un posible contacto, que están indicadas en las fichas de seguridad dispuestas al final del capítulo.

Ruido y vibraciones

La reducción y eliminación de ruidos será un factor a tener en cuenta en el diseño de la planta.

- Reducción del nivel sonoro en el foco de origen. Adquiriendo equipos lo menos ruidos posible y diseñar equipos mostrando énfasis en todos aquellos aspectos (desde los materiales a los tipo de mecanismos y circuitos) que aseguren el mínimo nivel de ruido posible. Esto se conseguirá colocando elementos antivibratorios, silenciadores, etc.
- Reducción del nivel sonoro ambiental. Se aplicarán medidas pasivas, colocando baffles, revistiendo las paredes con materiales absorbentes, realizando una distribución de los equipos ruidosos en la planta de la manera menos agresiva posible, es decir, lo más alejada posible de los lugares de trabajo.

Iluminación y color

Con una buena iluminación se favorece la comodidad de la visión y de esta manera aumenta la eficacia del trabajo, disminuyendo el número de accidentes y defectos de fabricación. Así se apostará principalmente por una iluminación natural, diseñando grandes ventanales en los diversos edificios de la planta. No obstante existirá un sistema de luz artificial, el cual será esencial mantener en buen estado. El RD 486/97 establece los niveles de iluminación en función de las actividades desarrolladas en el sector de trabajo:

- Vías de circulación de uso ocasional: 25 lux.
- Vías de circulación: 50 lux
- Áreas o locales de uso habitual:
 - exigencias visuales bajas (planta): 100 lux.
 - exigencias visuales moderadas (sala control): 200 lux.
 - exigencias visuales altas (oficinas): 500 lux.

El color es también un factor importante a tener en cuenta, para reflejar la luz y no absorberla. De esta manera, el suelo será de color blanco; las paredes serán también de colores claros excepto las que incorporen grandes ventanas, que serán de color gris claro o beige; el techo será de color oscuro. El mobiliario será de colores claros.

Temperatura y humedad

Es necesario para el trabajador mantener unas condiciones de temperatura sin variaciones bruscas. Esto se consigue aislando los focos de calor, como los hornos y secaderos, con una ventilación general óptima, con sistemas de extracción localizada y limitando la duración de los tiempos de exposición del trabajador a la fuente de calor, entre otras.

Condiciones del propio trabajo

Las condiciones inherentes al trabajo incluyen la carga del trabajo (tanto física como mental) y los aspectos propios de la organización del mismo.

- Carga del trabajo: Nuestra planta está dotada de un elevado grado de automatización, lo que favorece la disminución de la carga física del trabajador. Podrán evitarse lesiones debido a malas prácticas relacionadas con la manipulación de peso, siguiendo las siguientes pautas: situando el peso cerca del cuerpo, buscando el equilibrio, asegurando una buena sujeción de la carga, manteniendo la columna vertical recta, utilizando los músculos más fuertes, flexionando las rodillas, y siempre que sea posible, cargando con los brazos estirados. El trabajo estático, sobretodo en las oficinas, también puede resultar perjudicial. Por este motivo la mesa de trabajo ha de ser de la medida adecuada al igual que los asientos. La fatiga mental es debido especialmente a la cantidad y tipo de información que el trabajador recibe y a la cual debe dar respuesta. Por tanto, se limitará la cantidad de información a la estrictamente necesaria, de manera ordenada y adecuadamente, se distribuirán correctamente las pausas de descanso, se adecuarán el ritmo de trabajo a la formación de cada persona y se tendrá en consideración el confort de las zonas de trabajo.
- Organización del trabajo. Derivado del elevado grado de automatización, algunas faenas de la planta pueden resultar simples, tediosas y monótonas. Este hecho puede producir un alto grado de insatisfacción por parte del trabajador. La solución pasa por informar al trabajador sobre su influencia en el proceso global, ofrecerle la oportunidad de intervenir en las soluciones, poder marcar su propio ritmo de trabajo y marcar rotaciones de tareas para disminuir la monotonía. Se tratará de evitar, por otro lado, el aislamiento de la persona en los lugares de trabajo, promoviendo las relaciones con otras personas durante las pausas, poner a disposición teléfonos u otros mecanismos de comunicación, disminuir el nivel de ruido ambiental y reducir también la distancia entre los lugares de trabajo. La planta funcionará 330 días al año, de manera continuada, por lo que los turnos se ha fijado un quinto turno de trabajo, donde se trabaja mañana, tarde y noche, además de los festivos y fines de semana. Será imprescindible reducir la carga de trabajo durante la noche. En cualquier lugar es

importante marcar un ritmo de trabajo adecuado que permitan al operario abandonar esporádicamente el lugar de trabajo y variar el ritmo de trabajo en situaciones determinadas (paradas para ir al baño, ingerir alimentos o bebidas, etc.); sin que ello afecte a la consecución de los objetivos económicos de la empresa.

Fichas Internacionales de Seguridad Química**CICLOHEXANOL****ICSC: 0243**

			
Ciclohexilalcohol Hexahidrofeno Hexalino $C_6H_{11}OH$ Masa molecular: 100.2			
Nº	CAS	108-93-0	
Nº	RTECS	GV7875000	
Nº	ICSC	0243	
Nº	CE	603-009-00-3	

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Combustible.	Evitar las llamas.	Polvo, AFFF, espuma o dióxido de carbono.
EXPLOSION	Por encima de 68°C pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire.	Por encima de 68°C, sistema cerrado, ventilación.	
EXPOSICION		¡EVITAR LA FORMACION DE NIEBLA DEL PRODUCTO!	
INHALACION	Tos. Vértigo. Somnolencia. Dolor de cabeza. Náuseas. Dolor de garganta.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica.
PIEL	Piel seca. Enrojecimiento.	Guantes protectores. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse. Proporcionar asistencia médica.
OJOS	Enrojecimiento. Dolor.	Gafas de protección de seguridad, o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
INGESTION	Dolor abdominal. Diarrea. (para mayor información, véase Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. Dar a beber agua abundante. Proporcionar asistencia médica.
DERRAMES Y FUGAS		ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos. Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente precintable; si fuera necesario, humedecer el polvo para evitar su dispersión. Eliminar el residuo con agua abundante. (protección personal adicional: respirador de filtro para gases y vapores orgánicos).		Separado de oxidantes fuertes. Mantener en lugar seco.	 NU (Transporte): Ver pictograma en cabecera. CE: símbolo Xn R: 20/22-37/38 S: 2-24/25
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			

Fichas Internacionales de Seguridad Química**CICLOHEXANOL****ICSC: 0243**

D A T O S I M P O R T A N T E S	ESTADO FISICO; ASPECTO Líquido hidrosκόpico incoloro. Cristales blancos, de olor característico.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación y por ingestión.
	PELIGROS QUIMICOS Reacciona violentamente con oxidantes fuertes. Ataca el plástico.	RIESGO DE INHALACION Por evaporación de esta sustancia a 20°C no se alcanza, o se alcanza sólo muy lentamente, una concentración nociva en el aire.
	LIMITES DE EXPOSICION TLV: 50 ppm (como TWA); (piel) A3 (ACGIH 2003). MAK: 50 ppm; 210 mg/m ³ ; I(1); H (DFG 2003) grupo de embarazo de riesgo: Ilc	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La sustancia irrita los ojos , la piel y el tracto respiratorio. EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA El líquido desengrasa la piel.
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: 161°C Punto de fusión: 23°C Densidad relativa (agua = 1): 0.96 Solubilidad en agua, g/100 ml a 20°C: 4 Presión de vapor, kPa a 20°C: 0.13 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3.5	Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.00 Punto de inflamación: 68°C c.c. Temperatura de autoignición: 300°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 2.4-12 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 1.2
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
Código NFPA: H 1; F 2; R 0;		
INFORMACION ADICIONAL		
Los valores LEP pueden consultarse en línea en la siguiente dirección: http://www.mtas.es/insht/practice/vlas.htm		Última revisión IPCS: 2001 Traducción al español y actualización de valores límite y etiquetado: 2003 FISQ: 6-051
ICSC: 0243		CICLOHEXANOL
© CE, IPCS, 2003		

Fichas Internacionales de Seguridad Química**ACIDO NITRICO****ICSC: 0183**

ACIDO NITRICO
 HNO_3
 Masa molecular: 63.0

Nº
 Nº
 Nº
 Nº
 Nº CE 007-004-00-1

CAS
 RTECS
 ICSC
 NU

7697-37-2
 QU5775000
 0183
 2031

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible pero facilita la combustión de otras sustancias. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.	NO poner en contacto con sustancias inflamables. NO poner en contacto con compuestos orgánicos o combustibles.	En caso de incendio en el entorno: no utilizar espuma.
EXPLOSION	Riesgo de incendio y explosión en contacto con muchos compuestos orgánicos.		En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICION		¡EVITAR TODO CONTACTO!	
INHALACION	Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria, pérdida del conocimiento (síntomas no inmediatos: véanse Notas).	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, posición de semiincorporado, respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia médica.
PIEL	Corrosivo. Quemaduras cutáneas graves, dolor, decoloración amarilla.	Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse y proporcionar asistencia médica.
OJOS	Corrosivo. Enrojecimiento, dolor, quemaduras profundas graves.	Pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
INGESTION	Corrosivo. Dolor abdominal, sensación de quemazón, shock.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	NO provocar el vómito, dar a beber agua abundante, reposo y proporcionar asistencia médica.
DERRAMAS Y FUGAS		ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Ventilar. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintables, neutralizar cuidadosamente el residuo con carbonato sódico y		Separado de sustancias combustibles y reductoras, bases, compuestos orgánicos y alimentos y piensos. Mantener en lugar fresco, seco y bien ventilado.	Envase irrompible; colocar el envase frágil dentro de un recipiente irrompible cerrado. No transportar con alimentos y piensos. símbolo O símbolo C

eliminarlo a continuación con agua abundante. NO absorber en serrín u otros absorbentes combustibles. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).			R: 8-35 S: (1/2-)23-26-36-45 Nota: B Clasificación
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			
ICSC: 0183	Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994		

Fichas Internacionales de Seguridad Química**ACIDO NITRICO****ICSC: 0183**

D A T O S I M P O R T A N T E S	ESTADO FISICO; ASPECTO Líquido entre incoloro y amarillo, de olor acre.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor y por ingestión.
	PELIGROS FISICOS	RIESGO DE INHALACION Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar muy rápidamente una concentración nociva en el aire.
	PELIGROS QUIMICOS La sustancia se descompone al calentarla suavemente, produciendo óxidos de . La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores, e.j., trementina, carbón, alcohol. La sustancia es un ácido fuerte, reacciona violentamente con bases y es corrosiva para los metales. Reacciona violentamente con compuestos orgánicos (e.j., acetona, ácido acético, anhídrido acético), originando peligro de incendio y explosión. Ataca a algunos plásticos.	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La sustancia es muy corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosiva por ingestión. La inhalación del vapor puede originar edema pulmonar (véanse Notas).
	LIMITES DE EXPOSICION TLV (como TWA): 2 ppm; 5.2 mg/m³ (ACGIH 1993-1994). TLV (como STEL): 4 ppm; 10 mg/m³ (ACGIH 1993-1994).	EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: 121°C Punto de fusión: -41.6°C Densidad relativa (agua = 1): 1.4 Solubilidad en agua: Miscible	Presión de vapor, kPa a 20°C: 6.4 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2.2 Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.07
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles. Enjuagar la ropa contaminada con agua abundante (peligro de incendio). Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-9B Código NFPA: H 3; F 0; R 0;		
INFORMACION ADICIONAL		
FISQ: 3-010 ACIDO NITRICO		
ICSC: 0183		ACIDO NITRICO
© CCE, IPCS, 1994		

Fichas Internacionales de Seguridad Química**ACIDO ADIPICO****ICSC: 0369**

 ACIDO ADIPICO Acido hexanodioico $C_6H_{10}O_4/HOOC(CH_2)_4COOH$ Masa molecular: 146.14 Nº 124-04-9 Nº RTECS AU8400000 Nº ICSC 0369 Nº CE 607-144-00-9			
TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Combustible.	Evitar llama abierta.	Espuma, dióxido de carbono, pulverización con agua, polvo.
EXPLOSION	Las partículas finamente dispersas forman mezclas explosivas en el aire.	Evitar el depósito de polvo. Sistema cerrado, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión de polvo.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones por pulverización con agua.
EXPOSICION		¡EVITAR LA DISPERSION DEL POLVO! ¡HIGIENE Estricta!	
INHALACION	Tos, dificultad respiratoria, dolor de garganta.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo y someter a atención médica.
PIEL	Enrojecimiento.	Guantes protectores, traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse.
OJOS	Enrojecimiento, dolor.	Gafas ajustadas de seguridad o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después consultar a un médico.
INGESTION		No comer, beber ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca, reposo y someter a atención médica.
DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	
Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente de plástico. Eliminar el residuo con agua abundante.		 símbolo Xi R: 36 S: 2 CE:	
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			
ICSC: 0369		Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994	

Fichas Internacionales de Seguridad Química**ACIDO ADIPICO****ICSC: 0369**

D A T O S I M P O R T A N T E S	ESTADO FISICO; ASPECTO Polvo cristalino, incoloro e inodoro.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol.
	PELIGROS FISICOS Es posible la explosión de polvo si se encuentra mezclada con el aire en forma pulverulenta o granular. Si está seca, puede cargarse electrostáticamente por turbulencia, transporte neumático, vertido, etc.	RIESGO DE INHALACION La evaporación a 20°C es despreciable. Sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire por dispersión.
	PELIGROS QUIMICOS La sustancia se descompone al calentarla intensamente, produciendo vapores volátiles de ácido valérico y otras sustancias. La sustancia es un ácido débil. Reacciona con materiales oxidantes.	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La inhalación del aerosol de la sustancia puede originar reacciones asmáticas (véanse Notas).
	LIMITES DE EXPOSICION TLV no establecido.	EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. El contacto prolongado o repetido puede producir sensibilización de la piel. La exposición a inhalación prolongada o repetida puede originar asma.
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: 338°C Punto de fusión: 152°C Densidad relativa (agua = 1): 1.36 Solubilidad en agua: moderada (1.4 g/100 ml a 15°C) Presión de vapor, Pa a 18.5°C: 10	Densidad relativa de vapor (aire = 1): 5.04 Punto de inflamación: 196°C Temperatura de autoignición: 422°C Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 0.08
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
Los síntomas del asma no se ponen de manifiesto a menudo hasta pasadas unas pocas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y observación médica son por ello imprescindibles. Cualquiera que haya presentado síntomas de asma debidos a la sustancia en cuestión, debe evitar el contacto con ella. Código NFPA: H 1; F 1; R 0;		
INFORMACION ADICIONAL		
FISQ: 2-009 ACIDO ADIPICO		
ICSC: 0369		ACIDO ADIPICO
© CCE, IPCS, 1994		

Fichas Internacionales de Seguridad Química**MONOXIDO DE NITROGENO****ICSC: 1311**

 Óxido de nitrógeno Monóxido de mononitrógeno (botella) NO Masa molecular: 30.01 N° CAS 10102-43-9 N° RTECS QX0525000 N° ICSC 1311 N° NU 1660			

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible pero facilita la combustión de otras sustancias.		
EXPLOSION			En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.
EXPOSICION		¡HIGIENE ESTRICTA!	
• INHALACION	Dolor abdominal. Labios o uñas azulados. Piel azulada. Sensación de quemazón. Confusión mental. Convulsiones. Tos. Vértigo. Somnolencia. Dolor de cabeza. Náuseas. Jadeo. Pérdida del conocimiento. Síntomas no inmediatos (véanse Notas).	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Posición de semiincorporado. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica.
• PIEL			Proporcionar asistencia médica.
• OJOS	Enrojecimiento.	Gafas ajustadas de seguridad, o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
• INGESTION			
DERRAMES Y FUGAS		ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Traje hermético de protección química, incluyendo equipo de respiración autónoma.		A prueba de incendio si está en local cerrado. Mantener en lugar bien ventilado.	NU (Transporte): Clasificación de Peligros NU: 2.3 Riesgos Subsidiarios NU: 5.1 y 8 CE: No clasificado
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			

ICSC: 1311

Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2003

Fichas Internacionales de Seguridad Química**MONOXIDO DE NITROGENO****ICSC: 1311**

D A T O S I M P O R T A N T E S	ESTADO FISICO; ASPECTO Gas comprimido incoloro.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación.
	PELIGROS QUIMICOS La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona con materiales combustibles y reductores. En contacto con el aire desprende dióxido de nitrógeno.	RIESGO DE INHALACION Al producirse una pérdida de gas se alcanza muy rápidamente una concentración nociva de éste en el aire.
	LIMITES DE EXPOSICION TLV: 25 ppm (como TWA); BEI (ACGIH 2003). MAK no establecido.	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La sustancia irrita los ojos y el tracto respiratorio. La inhalación de la sustancia puede originar edema pulmonar (véanse Notas). La sustancia puede causar efectos en sangre, dando lugar a formación de metahemoglobina. La exposición puede producir la muerte. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica.
		EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA Los pulmones pueden resultar afectados por la exposición prolongada o repetida.
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: -151.8°C Punto de fusión: -163.6°C	Solubilidad en agua, ml/100 ml a 0°C: 7.4 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.04
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles. Debe considerarse la inmediata administración de un aerosol adecuado por un médico o persona por él autorizada. En caso de envenenamiento con esta sustancia es necesario realizar un tratamiento específico; así como disponer de los medios adecuados junto las instrucciones respectivas. A concentraciones tóxicas no hay alerta por el olor. Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-736 Código NFPA: H 3; F 0; R 0; OX		
INFORMACION ADICIONAL		
Los valores LEP pueden consultarse en línea en la siguiente dirección: http://www.mtas.es/insht/practice/vlas.htm		Última revisión IPCS: 1998 Traducción al español y actualización de valores límite y etiquetado: 2003 FISQ: 6-142
ICSC: 1311		MONOXIDO DE NITROGENO
© CE, IPCS, 2003		

Fichas Internacionales de Seguridad Química**OXIDO NITROSO****ICSC: 0067**

   			
Monóxido de dinitrógeno Anhídrido del ácido hiponitroso Gas hilarante Óxido de dinitrógeno N_2O Masa molecular: 44.0 (botella) (botella)			
Nº	ICSC		0067
Nº	CAS		10024-97-2
Nº	RTECS		QX1350000
Nº	NU	1070	(comprimido)

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible pero facilita la combustión de otras sustancias. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSION	Riesgo de incendio y explosión: Véanse Peligros Químicos..	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión.	En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.
EXPOSICION		¡EVITAR LA EXPOSICION DE MUJERES (EMBARAZADAS)!	
• INHALACION	Euforia. Somnolencia. Pérdida del conocimiento.	Ventilación. Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
• PIEL	EN CONTACTO CON LIQUIDO: CONGELACION.	Guantes aislantes del frío.	EN CASO DE CONGELACION: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa. Proporcionar asistencia médica.
• OJOS	EN CONTACTO CON LIQUIDO: CONGELACION.	Gafas ajustadas de seguridad, o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
• INGESTION		No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	
DERRAMES Y FUGAS		ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Ventilar. En estado líquido: NO absorber en serrín u otros absorbentes combustibles. NO verter NUNCA chorros de agua sobre el líquido.		A prueba de incendio, si está en local cerrado. Separado de materiales incompatibles. Véanse Peligros Químicos. Mantener en lugar fresco.	NU (transporte): Ver pictograma en cabecera. Clasificación de Peligros NU: 2.2 Riesgos Subsidiarios NU: 5.1 CE: No clasificado

(Protección personal adicional: equipo autónomo de respiración).		
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE		
ICSC: 0067	Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2003	

Fichas Internacionales de Seguridad Química**OXIDO NITROSO****ICSC: 0067**

D A T O S I M P O R T A N T E S	ESTADO FISICO: ASPECTO: Gas licuado comprimido, incoloro, de olor característico.	VIAS DE EXPOSICION: La sustancia se puede absorber por inhalación.
	PELIGROS FISICOS: El gas es más denso que el aire y puede acumularse en las zonas más bajas produciendo una deficiencia de oxígeno.	RIESGO DE INHALACION: Al producirse una pérdida de gas, se alcanza muy rápidamente una concentración nociva de éste en el aire.
	PELIGROS QUIMICOS: Reacciona violentamente con anhídrido sulfuroso, boro amorfo, fosfina, éteres, aluminio, hidracina, fenil-litio y carburo de tungsteno, originando peligro de incendio y explosión. El gas es un oxidante fuerte a >300°C y puede formar mezclas explosivas con amoníaco, monóxido de carbono, ácido sulfhídrico, aceite, grasa y carburantes.	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION: El líquido puede producir congelación. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central , dando lugar a disminución del estado de alerta .
	LIMITES DE EXPOSICION: TLV: 50 ppm como TWA; A4; (ACGIH 2003). MAK: 100 ppm, 180 mg/m³; Categoría de limitación de pico: II (2); Riesgo para el embarazo: grupo D (DFG 2003).	EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA: La sustancia puede afectar a la médula ósea y al sistema nervioso periférico . Puede producir alteraciones en la reproducción humana.
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: -88.5°C Punto de fusión: -90.8°C Densidad relativa (agua = 1): 1.23 a -89°C Solubilidad en agua, g/100 ml a 15°C: 0.15	Presión de vapor, kPa a 20°C: 5150 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.53 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 0.35
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella que tenga un escape manteniendo arriba el punto de escape. Otros números de NU: 2201 Líquido refrigerado. Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-20S1070		
INFORMACION ADICIONAL		
Los valores LEP pueden consultarse en línea en la siguiente dirección: http://www.mtas.es/insht/practice/vlas.htm		Última revisión IPCS: 2003 Traducción al español y actualización de valores límite y etiquetado: 2003 FISQ: 3-166
ICSC: 0067		OXIDO NITROSO
© CE, IPCS, 2003		

Fichas Internacionales de Seguridad Química**DIOXIDO DE NITROGENO****ICSC: 0930**

 Peróxido de nitrógeno NO_2 (botella) Masa molecular: 46.01			
Nº	ICSC	0930	
Nº	CAS	10102-44-0	
Nº	RTECS	QW9800000	
Nº	NU	1067	
Nº	CE	007-002-00-0	

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible pero facilita la combustión de otras sustancias.	NO poner en contacto con combustibles.	En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSION			En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua.
EXPOSICION		¡HIGIENE ESTRICTA!	¡CONSULTAR AL MEDICO EN TODOS LOS CASOS!
• INHALACION	Sensación de quemazón. Dolor de garganta. Tos. Vértigo. Dolor de cabeza. Sudoración. Dificultad respiratoria. Náuseas. Vómitos. Jadeo. Debilidad. Síntomas no inmediatos (véanse Notas).	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Posición de semiincorporado. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica.
• PIEL	Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras cutáneas.	Guantes protectores. Traje de protección.	Aclarar con agua abundante, después quitar la ropa contaminada y aclarar de nuevo. Proporcionar asistencia médica.
• OJOS	Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras profundas graves.	Gafas ajustadas de seguridad, o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
• INGESTION		No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	Enjuagar la boca. Proporcionar asistencia médica.
DERRAMES Y FUGAS		ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Ventilar. NO absorber en serrín u otros absorbentes combustibles. Eliminar vapor con agua pulverizada. Neutralizar usando agua con yeso o		Ventilación a ras del suelo.	NU (transporte): Ver pictograma en cabecera. Clasificación de Peligros NU: 2.3 Riesgos Subsidiarios NU: 5.1 y 8 CE: Nota: 5

soda. Traje hermético de protección química, incluyendo aparato autónomo de respiración.			simbolo T+ R: 26-34 S: 1/2-9-26-28-36/37/39-45
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			
ICSC: 0930	Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2003		

Fichas Internacionales de Seguridad Química**DIOXIDO DE NITROGENO****ICSC: 0930**

D A T O S I M P O R T A N T E S	ESTADO FISICO: ASPECTO: Gas marrón- rojizo o líquido marrón oamarillo, de olor acre. PELIGROS FISICOS: El gas es más denso que el aire. PELIGROS QUIMICOS: La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores. Reacciona con agua produciendo ácido nítrico y óxido nítrico. Ataca a muchos metales en presencia de agua. LIMITES DE EXPOSICION: TLV: 3 ppm como TWA, 5 ppm como STEL, A4 (ACGIH 2003). MAK: Cancerígeno: categoria 3B (DFG 2003). VIAS DE EXPOSICION: La sustancia se puede absorber por inhalación. RIESGO DE INHALACION: Al producirse una pérdida de gas se alcanza muy rápidamente una concentración nociva de éste en el aire. EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION: La sustancia es corrosivo para la piel y el tracto respiratorio. La inhalación del gas o el vapor puede originar edema pulmonar (véanse Notas). La exposición muy por encima del LEP puede producir la muerte. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica. EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA: La sustancia puede afectar al sistema inmune y pulmón, dando lugar a una menor resistencia frente a infecciones. La experimentación animal muestra que esta sustancia posiblemente cause efectos tóxicos en la reproducción humana.
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: 21.2°C Punto de fusión: -11.2°C Densidad relativa (agua = 1): 1.45 (líquido) Solubilidad en agua: reacciona Temperatura crítica: 158°C (no en la ficha) Presión de vapor, kPa a 20°C: 96 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.58
DATOS AMBIENTALES	
NOTAS	
El líquido comercial, de color pardo, presentado bajo presión se conoce como tetróxido de nitrógeno. Realmente se trata de una mezcla en equilibrio de dióxido de nitrógeno y el tetraóxido de nitrógeno, incoloro. Concentraciones no irritantes pueden causar edema de pulmón. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles. Debe considerarse la inmediata administración de un aerosol adecuado por un médico o persona por él autorizada. Enjuagar la ropa contaminada con agua abundante (peligro de incendio). Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella que tenga un escape manteniendo arriba el punto de escape. Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-20S1067 Código NFPA: H 3; F 0; R 0; OX	
INFORMACION ADICIONAL	
Los valores LEP pueden consultarse en línea en la siguiente dirección: http://www.mtas.es/insht/practice/vlas.htm	Última revisión IPCS: 2003 Traducción al español y actualización de valores límite y etiquetado: 2003 FISQ: 1-099
ICSC: 0930 DIOXIDO DE NITROGENO © CE, IPCS, 2003	

Fichas Internacionales de Seguridad Química**ACIDO GLUTARICO****ICSC: 1367**

 Ácido 1,5-pentanodioico Ácido 1,3-propanodicarboxílico $C_5H_8O_4$ / $COOH(CH_2)_3COOH$ Masa molecular: 132.1 Nº CAS 110-94-1 Nº RTECS MA3740000 Nº ICSC 1367			

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Combustible.	Evitar las llamas.	Agua pulverizada, polvo.
EXPLOSION			
EXPOSICION			
• INHALACION	Tos. Dolor de garganta.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo.
• PIEL	Enrojecimiento. Dolor.	Guantes protectores.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse.
• OJOS	Enrojecimiento. Dolor.	Gafas de protección de seguridad, Gafas ajustadas de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
• INGESTION	Dolor abdominal.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. Dar a beber agua abundante. Proporcionar asistencia médica.
DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	
Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente tapado; si fuera necesario, humedecer el polvo para evitar su dispersión. Eliminarlo a continuación con agua abundante.	Separado de bases.	NU (transporte): No clasificado. CE: No clasificado.	
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			
ICSC: 1367		Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2003	

Fichas Internacionales de Seguridad Química**ACIDO GLUTARICO****ICSC: 1367**

D A T O S I M P O R T A N T E S	ESTADO FISICO; ASPECTO Cristales incoloros. PELIGROS QUIMICOS La disolución en agua es moderadamente ácida. LIMITES DE EXPOSICION TLV no establecido. MAK no establecido. VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol. RIESGO DE INHALACION La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire al dispersar. EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio.
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición (se descompone): 302-304°C Punto de fusión: 98°C Densidad: 1.4 g/cm³ Solubilidad en agua, g/100 ml a 20°C: 63.9 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0.47/-0.08 (calculado)
DATOS AMBIENTALES	
NOTAS	
INFORMACION ADICIONAL	
Los valores LEP pueden consultarse en línea en la siguiente dirección: http://www.mtas.es/insht/practice/vlas.htm	Última revisión IPCS: 2002 Traducción al español y actualización de valores límite y etiquetado: 2003
ICSC: 1367	ACIDO GLUTARICO

© CE, IPCS, 2003

ACIDO SUCCÍNICO

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD - MSDS

1. Identificación de la sustancia o del preparado y de la sociedad o empresa

Identificación de la sustancia o del preparado:**Referencia del producto:** AC2040**Denominación del producto:** Ácido succínico, purísimo**Uso de la sustancia o el preparado:**

química analítica, valorante en análisis volumétrico, síntesis de productos orgánicos, en la industria alimentaria (E 363).

Identificación de la sociedad o empresa:**Empresa:**

Scharlau Chemie, S.A.

Ctra. Polinyà-Sentmenat Km. 8,2

08181 Sentmenat (Barcelona) ESPAÑA

Tel. +34 - 93 715 18 11 - FAX +34 - 93 715 31 75

Internet Web Site: www.scharlau.com**Representante regional:**

Scharlab, S.L.

Gato Pérez, 33. Pol. Ind. Mas d'en Cisa

08181 Sentmenat (Barcelona) ESPAÑA

Tel: +34-93 715 19 39 - FAX +34-93 715 27 65

email: scharlab@scharlab.comInternet Web Site: www.scharlab.com**Teléfono de urgencias:**

Instituto Nacional de Toxicología de Madrid. Tel: +34 - 91 562 04 20

2. Composición/información sobre los componentes

Identificación y cantidad de los componentes:

CAS: 110-15-6

Peso molecular: 118.09

Numero CE: 203-740-4

Formula: C₄H₆O₄

3. Identificación de peligros

Peligros que presenta la sustancia según las directivas europeas:

Irrita los ojos.

4. Primeros auxilios

Tras inhalación: Tomar aire fresco.**Tras contacto con la piel:** aclarar con abundante agua. Quitar la ropa contaminada.**Tras ingestión:** beber abundante agua, provocar vómitos. Avisar al médico.**Tras contacto con los ojos:** aclarar con abundante agua, con los párpados bien abiertos. Si no desaparecen las molestias, llamar al oftalmólogo.

5. Medidas de lucha contra incendios

Medios de extinción adecuados: Agua, espuma.**Riesgos especiales particulares:** combustible**Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios:** No permanecer en la zona de peligro sin sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente.**Información adicional:** Procurar que el agua de extinción no penetre en acuíferos superficiales o subterráneos.

MSDS conforme a la directiva 2001/58/CE Página 1

Referencia: AC2040

Ácido succínico, purísimo

Scharlau Chemie- MSDS

6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental

Precauciones individuales: Procurar no inhalar polvo. Procurar no entrar en contacto con la sustancia.**Precauciones para la protección del medio ambiente:** No verter por el sumidero.**Procedimientos de limpieza:** Recoger cuidadosamente en seco, procediendo luego a su eliminación.

Aclarar. Intentar que no se forme polvo.

7. Manipulación y almacenamiento

Manipulación: Sin más exigencias.

Almacenamiento: Almacenar bien cerrado, seco. Almacenar entre +5°C y +30°C.

8. Controles de exposición/protección personal

Valores límite de la exposición: (MAK, Alemania):

Controles de la exposición:

Controles de la exposición profesional: Los equipos de protección personal deben elegirse según el puesto de trabajo, en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. El suministrador debería

facilitar la estabilidad de los equipos de protección personal frente a los productos químicos.

Protección respiratoria: necesaria cuando se genera polvo.

Protección de las manos: necesaria

Protección ocular: necesaria

Protección cutánea: Se recomienda protección cutánea preventiva.

Medidas de higiene particulares: Cambiar la ropa contaminada. Lavarse las manos tras trabajar con la sustancia.

9. Propiedades físicas y químicas

Información general:

Aspecto: sólido

Color: blanco

Olor: inodoro

Información importante en relación con la salud, la seguridad y el medio ambiente:

Valor de pH: ---

Punto/intervalo de ebullición: ~ 235 °C

Punto de destello: 206 °C

Límites de explosión (bajo): ---

Límites de explosión (alto): ---

Presión de vapor: ---

Densidad (20 °C):

Solubilidad en agua: (20 °C): soluble

Solubilidad en:

etanol (20 °C): soluble

Coefficiente de reparto n-octanol/agua: log P(o/w): -0,59

Viscosidad: ---

Índice de refracción: ---

Punto/intervalo de fusión: 183 - 187 °C

Punto de ignición: ~ 630 °C

10. Estabilidad y reactividad

Condiciones a evitar: Temperaturas que estén por encima del punto de fusión.

Materias a evitar: agentes oxidantes fuertes.

Productos de descomposición peligrosos: No disponemos de información.

MSDS conforme a la directiva 2001/58/CE Página 2

Referencia: AC2040

Ácido succínico, purísimo

Scharlau Chemie- MSDS

11. Información toxicológica

Toxicidad aguda:

DL50 (oral, rata): 2260 mg/kg

Informaciones complementarias sobre toxicidad:

Tras inhalación: (polvo): Irritación de las vías respiratorias.

Tras contacto con la piel: irritaciones

Tras contacto con los ojos: irritaciones

Tras ingestión: Irritaciones de las mucosas en la boca, faringe, esófago y tracto gastrointestinal.

Información adicional:

En condiciones fisiológicas, esta sustancia se halla presente en el organismo humano.

Este producto debe manejarse con los cuidados especiales de los productos químicos.

12. Informaciones ecológicas

Ecotoxicidad:**Toxicidad para las bacterias:** Ps. putidaCE0 : 125 mg/l**Movilidad:** Reparto: log P(o/w): -0,59**Potencial de bioacumulación:** Bioacumulación poco probable (log P(o/w) < 1).**Observaciones ecológicas adicionales:**

DBO: 0,21 g/g; DQO: 1,85 g/g; ThOD: 1,31 mg/l.

No deberían esperarse problemas ecológicos si se manipula el producto de manera apropiada.

13. Consideraciones relativas a la eliminación

Producto: Los criterios homogéneos para la eliminación de residuos químicos no están regulados, por ahora, en la Unión Europea. Los residuos, procedentes del uso habitual de los productos químicos, poseen, generalmente, el carácter de residuos especiales. Existen leyes y disposiciones locales que regulan la eliminación de estos residuos en los países de la UE. Para informarse sobre su caso particular, rogamos que se ponga en contacto con la Administración Pública, o bien con una Empresa autorizada para la gestión de residuos.

Envases: Se procederá según las disposiciones oficiales para eliminarlos. Los embalajes contaminados deberán ser sometidos a las mismas medidas aplicadas al producto químico contaminante. Los embalajes no contaminados serán tratados como material reciclable o como residuos domésticos.

14. Información relativa al transporte

Exento de las normas de transporte.

15. Información reglamentaria

Clasificación CE: Este producto no está incluido en el índice de sustancias peligrosas con su número de índice CE correspondiente, por lo que ha sido clasificado siguiendo el anexo VI de la directiva 2001/59/CE.

Pictograma: Xi (Irritante)**Frases R:** 36 Irrita los ojos.**Frases S:** 26 En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.**Nº de índice CE:** ---

16. Otras informaciones

Motivo de la revisión: Actualización general.**Fecha:** 14/5/2003**MSDS conforme a la directiva 2001/58/CE** Página 3

Referencia: AC2040

Ácido succínico, purísimo

Scharlau Chemie- MSDS

La información suministrada en esta hoja de seguridad, se basa en el estado actual de nuestros conocimientos.

El propósito de esta información es únicamente describir las medidas de seguridad en el manejo del producto,

y por tanto no constituye una garantía sobre las propiedades del mismo.

MSDS conforme a la directiva 2001/58/CE Página 4

8.- MEDIO AMBIENTE

8.1.- INTRODUCCIÓN

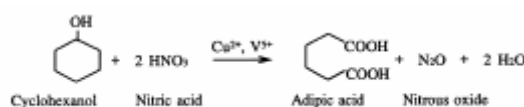
Uno de los objetivos en el diseño de una planta química es que su desarrollo conlleve el mínimo impacto ambiental posible a su entorno.

Un análisis extensivo y riguroso de los residuos que se generan y sus posibilidades de tratamiento, permiten obtener un desarrollo sostenible del proceso.

Se sabe que todas las plantas de la industria química, tienen un elevado impacto ambiental. Un desarrollo deficiente de la política ambiental puede comportar un conjunto de efectos directos o indirectos en un largo o corto plazo de tiempo tanto para los seres vivos como para las actividades humanas.

Se ha diseñado una planta química teniendo muy presente el respeto por el medio ambiente. Se ha intentado determinar el tratamiento óptimo para todos los tipos de residuos que se generan desde su construcción hasta su puesta en funcionamiento.

Uno de los grandes problemas de contaminación en las plantas de producción de ácido adípico es la generación de N_2O (óxido nitroso) a partir de la reacción de ciclohexanol con ácido nítrico, como se puede observar en la siguiente reacción:



En esta planta de producción de ácido adípico obtendremos residuos en forma gaseosa, residuos líquidos y residuos sólidos.

Esta planta generará en gran cantidad NO_x y N_2O en forma gaseosa. Por esta razón en esta planta se ha decidido construir un área (área nº 8) basada únicamente para el tratamiento de gases contaminantes.

También se obtendrán efluentes líquidos contaminantes que se generan en:

- La salida por colas de la columna de destilación CD-701, de recirculación. En esta columna se genera ciclohexanol, ácido succínico, ácido glutárico y ácido adípico.
- La salida por cabezas de la columna de destilación CD-702, también de recirculación. En esta columna se genera agua y ácido nítrico.
- La salida de la columna de destilación CD-502, tiene como finalidad destilar el máximo de ácido succínico anhidro por cabezas para obtener por colas la mayor cantidad de ácido adípico puro.

Ambas columnas de destilación de recirculación se encuentran en el área nº 7 y la columna de destilación de ácido succínico anhidro – ácido adípico se encuentra en el área nº 5.

En las 3 corrientes residuales contrataremos a una empresa externa para que se encargue de recogerlas y tratarlas.

En esta planta se generarán sólidos residuales en la construcción y en el mantenimiento de la planta, pero no en su funcionamiento.

Los sólidos residuales generados en planta también serán recogidos y tratados por la misma empresa externa que se encarga de recoger las corrientes residuales.

Para poder establecer criterios de actuación es necesario tener en cuenta la siguiente normativa de impacto ambiental:

LEGISLACIÓN UNIÓN EUROPEA:

- Decisión 96/151/CE de la Comisión, de 2 de Febrero de 1996, sobre el reconocimiento de la norma española UNE-77-801(2)-94 por la que se establecen especificaciones para sistemas de gestión medioambiental de conformidad con el artículo 12 del Reglamento (CEE) 1836/93 del Consejo. DOCE 34/L, de 13-02-96

- Directiva 97/11/CE del Consejo de 3 de Marzo de 1997, por la que se modifica la Directiva 85/337/CEE relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente. DOCE 73/L, de 14-03-97
- Decisión 97/265/CE de la comisión de 16 de abril de 1997, sobre el reconocimiento de la norma internacional ISO 14001:1996 de la norma Europea EN ISO 14001:1996 que establecen especificaciones para sistemas de gestión medioambiental.
- Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de Junio de 2001, relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente (SEA).

LEGISLACIÓN ESPECÍFICA:

- Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de Junio, de evaluación de impacto ambiental. BOE 155, de 30-06-1986. Interpretado y parcialmente declarada inconstitucional por la sentencia del Tribunal Constitucional 13/1998 y modificada por la ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos determinados planes y programas en el medio ambiente y por la Ley 27/2006, de 18 de Julio, por la que se regulan los derechos de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de medio ambiente.
- Real Decreto 1131/1988, de 30 de Septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del RD 1302/1986, de 28 de Junio, de Evaluación del Impacto Ambiental. BOE 239, DE 05-10-88.
- Real Decreto – Ley 9/2000, de 6 de Octubre, de modificación del RD 1302/1986, de 28 de Junio, de Evaluación de Impacto Ambiental. BOE 241, de 7-10-2000.
- Resolución de 19 de Octubre de 2000, del Congreso de los Diputados, por la que se ordena la publicación del Acuerdo de convalidación del RD – Ley 9/2000, de 6 de octubre, por el que se modifica el RD 1302/1986, de 28 de Junio, de evaluación de impacto ambiental. BOE de 25-10-2000.
- Ley 6/2001, de 8 de Mayo, de modificación del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de Junio, de evaluación de impacto ambiental. BOE 111, de 09-05-2001.

- Ley 9/2006, de 28 de Abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente.

LEGISLACIÓN EN CATALUÑA:

- Decreto 114/1988, de 7 de Abril de 1988, de Evaluación de Impacto Ambiental. DOGC 1000, de 03-06-1988.
- Ley 3/1988, de 27 de Febrero, de la intervención integral de la administración ambiental. BOE 84, de 08-04-1998. Afectada por la ley 4/2004.
- Ley 6/2001, de 31 de Mayo, de Ordenación Ambiental del Alumbrado para la protección del Medio Nocturno. BOE 149, DE 22-06-2001.
- Ley 4/2004, de 1 de Julio, reguladora del proceso de adecuación de las actividades de incidencia ambiental a lo establecido en la ley 3/1998, de 27 de Febrero, de la intervención integral de la administración ambiental. BOE 233, DE 27-09-2004.
- Ley 16/2002, de 28 de Junio, de protección contra la contaminación acústica (DOGC 3675, de 11-07-2002).

8.2.- EFLUENTES GASEOSOS

8.2.1.- Legislación

El departamento de medio ambiente de la “Generalitat de Catalunya” hace un seguimiento de las emisiones para controlar que no se supere los niveles permitidos por ley.

La legislación sobre contaminación atmosférica es la siguiente:

- Ley 22/1983, de 21 de Noviembre de 1983, de protección del ambiente atmosférico (DOGC 385, de 30-11-83).
- Decreto 322/1987, de 23 de Septiembre, de desarrollo de la ley 22/1983, de 21 de Noviembre de 1983, de protección del ambiente atmosférico (DOGC 919, de 25-11-87).
- Ley 7/1989, de 5 de Junio, que modifica la ley 22/1983, de 21 de Noviembre de 1983, de protección del ambiente atmosférico (DOGC 1153, de 09-06-89).
- Ley 6/1996, de 18 de Junio, de modificación de la ley 22/1983, de 21 de Noviembre de 1983, de protección del ambiente atmosférico (DOGC 2223, DE 28-06-1996).
- Decreto 398/1996, de 12 de Diciembre, regulador del sistema de planes graduales de reducción de emisiones a la atmósfera (DOGC 2294, DE 18-12-96).
- Decreto 390/2004, de 21 de Septiembre, de asignación de competencias en materia de emisión de gases de efecto invernadero (DOGC 4225, de 23-09-2004).
- Directiva 1999/30/CE, relativa a la fijación de los valores límites de dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno. Esta directiva será derogada en el 2010 para limitar las emisiones del dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno.
- Directiva 2001/81/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de Octubre de 2001, sobre techos nacionales de emisión de determinados contaminantes atmosféricos.

- Real Decreto 1030/2007, de 20 de Julio, por el que se modifica el Real Decreto 1370/2006, de 24 de Noviembre, por el que se aprueba el Plan Nacional de Asignación de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, 2008-2012.
- Real Decreto 1031/2007, de 20 de Julio, por el que se desarrolla el marco de participación en los mecanismos de flexibilidad del Protocolo de Kyoto.
- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y de protección de la atmósfera.
- RD 508/2007, de 20 de abril, (BOE del 21) establece las normas adicionales sobre el suministro de la información para cumplir con el Registro Europeo PRTR.

8.2.2.- Descripción de los efluentes y tratamiento a la atmósfera

Los efluentes gaseosos que se emiten a la atmósfera como consecuencia de la actividad de la planta de producción de ácido adípico son: dióxido de carbono (CO_2), óxido nítrico (NO), dióxido de nitrógeno (NO_2), nitrógeno (N_2), y óxido nitroso (N_2O).

Los gases que salen por la parte de arriba de los reactores (área 3 –zona de reacción) generados por la reacción del ciclohexanol ($\text{CH}_2(\text{CH}_2)_4\text{CHOH}$) con el ácido nítrico (HNO_3) se unen junto con los gases que salen por la parte de arriba del aireador (desorbedor D-401–área 4) formando la mezcla de gases compuestos por: dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno (N_2O y NO), nitrógeno, oxígeno y dióxido de nitrógeno.

Esta mezcla de gases se envía al área 8 del diagrama de proceso dónde se tratarán estos gases para que no se liberen directamente a la atmósfera.

Este tratamiento de gases tiene como objetivo principal eliminar los NO_x y N_2O , compuestos muy contaminantes para la atmósfera y abundantes en nuestra planta, mediante un proceso de descomposición por catálisis. Pero a su vez, también tratará los demás gases que se arrastran durante el proceso.

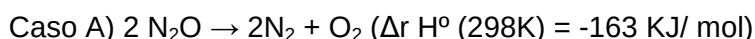
8.2.2.1.- Características de los gases contaminantes generados

OXIDO NITROSO N₂O

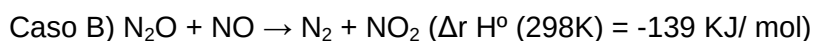
El N₂O se considera actualmente un contaminante atmosférico porque contribuye a la destrucción del ozono estratosférico y al efecto invernadero.

Aunque en la actualidad no existe legislación con la relación a las emisiones, se nota mayor preocupación por el impacto de éste compuesto. El tiempo de vida medio del óxido nitroso es de 150-160 años. Por lo tanto, el efecto en la disminución de las emisiones actuales sólo se observará después de muchas décadas. Se ha estimado que a fin de estabilizar la concentración de óxido nitroso en la atmósfera se requiere disminuir las emisiones antropogénicas en un 70-80%.

La molécula de N₂O es muy estable a temperatura ambiente. En la molécula asimétrica N-N-O el orden del enlace N-N es de 2'7 y el N-O alrededor de 1'6. Por lo tanto, este último es el más probable de romper primero. La energía de activación para la fisión térmica del enlace N-O es alrededor de 250-270 KJ/mol y se requieren temperaturas superiores a los 900 K para alcanzar conversión significativa de acuerdo a la ecuación:



Dependiendo de las propiedades de los catalizadores pueden ocurrir otras reacciones debido a la presencia de otros gases en los efluentes. Por ejemplo:



Adicionalmente, cuando las concentraciones de N₂O son muy altas las temperaturas se pueden incrementar, imponiendo demandas en la estabilidad térmica del catalizador.

En nuestra planta para la descomposición de N₂O se procederá inicialmente a un precalentamiento del gas y posteriormente se aplicará un proceso de descomposición mediante catalizadores a una temperatura de aproximadamente 500 °C, obteniendo así de esta descomposición N₂ y O₂ que por último se enviarán a una antorcha donde serán quemados.

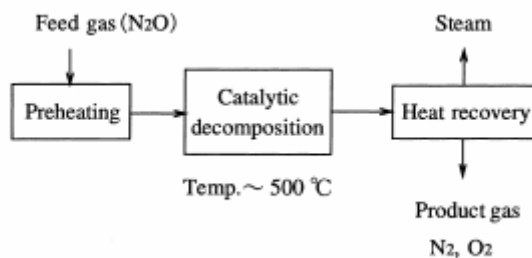
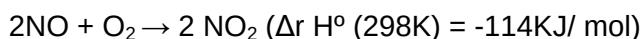


Fig.8.2.1. Diagrama conceptual del proceso catalítico.

NOx (Conjunto de NO y NO₂)

El óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂) se suelen considerar en conjunto con la denominación de NOx. Son contaminantes primarios de mucha trascendencia en los problemas de contaminación.

El emitido en más cantidad es el NO, pero sufre una rápida oxidación a NO₂, como muestra la siguiente reacción:



El NOx tiene una vida corta y se oxida rápidamente a NO₃⁻ en forma de aerosol. Produce el fenómeno de la lluvia ácida. En concentraciones altas produce daños a la salud y a las plantas y corroe tejidos y materiales diversos.

Nitrógeno N₂

La forma molecular N-N tiene carácter de “inerte” en condiciones de bajas temperaturas debido a que la molécula está formada por dos átomos unidos por un enlace triple, a una distancia de 0,75 Å y que requiere una energía de 225 Kcal / mol para su disociación. Esta fuerte unión entre los átomos es la causa de que muchos de los compuestos muy ricos en nitrógeno sean explosivos, posean tendencia a la descomposición, liberando N₂ gaseoso y gran cantidad de calor.

En nuestro caso el Nitrógeno será enviado a una temperatura de 100 °C a un antorcha. No será emitido directamente a la atmósfera.

El nitrógeno en nuestra planta es enviado en su totalidad al tratamiento de gases.

Dióxido de Carbono CO₂

Dada su presencia natural en la atmósfera y su falta de toxicidad, no deberíamos considerarlo una sustancia que contamina, pero se dan dos circunstancias que lo hacen un contaminante de gran importancia en la actualidad: es un gas que produce un importante efecto de atrapamiento del calor, el llamado efecto invernadero.

En España, aproximadamente un 35% del emitido procede de combustiones industriales.

La emisión española del CO₂ está por debajo de la media europea y así se justifica la postura de la Unión Europea en la Conferencia de Tokio de diciembre de 1997 sobre reducción de emisiones de gases con efecto invernadero. Toda Europa en conjunto disminuirá las emisiones de dióxido de carbono hasta el año 2010, pero a España se le permite aumentarlas en una proporción de un 15%, porque en la actualidad sus emisiones son más bajas que la media.

En nuestra planta el CO₂ será arrastrado en el proceso de descomposición por catálisis. El CO₂ que se genera en esta planta es pequeño.

8.2.2.2.- Umbrales de emisión

8.2.2.2.1- Umbrales de emisión de NO₂ y NO_x

Se adopta como medida mecanismos de descomposición del óxido nitroso para que las concentraciones en el aire ambiente de dióxido de nitrógeno y de óxidos de nitrógeno, evaluadas de acuerdo con las normas de la Directiva 1999/30/CE, no superen los valores límites indicados en la tabla 8.2.1.

La tabla 8.2.1 de la Directiva 1999/30/CE contempla umbrales de evaluación superiores e inferiores correspondientes al dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno.

La clasificación de cada zona debe revisarse cada cinco años, pero esa revisión puede efectuarse anticipadamente si se producen cambios significativos de las actividades que pueden incidir en las concentraciones.

En el caso de la emisión de NO_2 , en la planta se prevé emitir aproximadamente 620'20 kg/ h (4910400 Kg/año), unos 4543 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Superando el umbral superior de la tabla 2. Es necesario el tratamiento de este gas.

En el caso de la emisión de N_2O ya se prevé emitir una gran cantidad, evaluada aproximadamente en 2581'37 Kg/h (20444450 Kg/año) , unos 18911 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y que, por lo tanto, también es necesaria su descomposición.

Los valores límite se expresarán en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El volumen se normalizará a la temperatura 293 °K y a la presión de 101,3 kPa.

	Período de promedio	Valor límite	Margen de tolerancia	Fecha de cumplimiento del valor límite
1. Valor límite horario para la protección de la salud humana	1 hora	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 que no podrán superarse en más de 18 ocasiones por año civil	50 % a la entrada en vigor de la Directiva, con una reducción lineal a partir del 1 de enero de 2001 y posteriormente cada 12 meses en un porcentaje anual idéntico hasta alcanzar el 0 % el 1 de enero de 2010	1 de enero de 2010
2. Valor límite anual para la protección de la salud humana	1 año civil	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2	50 % a la entrada en vigor de la presente Directiva, con una reducción lineal a partir del 1 de enero de 2001 y posteriormente cada 12 meses hasta alcanzar el 0 % el 1 de enero de 2010	1 de enero de 2010
3. Valor límite anual para la protección de la vegetación	1 año civil	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_x	Ninguno	19 de julio de 2001

Tabla 8.2.1. Márgenes de Tolerancia del dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno.

8.2.2.2.2- Umbrales de emisión de CO_2

Según EPER Registro Europeo de Emisiones de Sustancias Contaminantes (The European Pollutant Emission Register) el cual se regula en la Decisión 2000/479/CE de acuerdo al artículo 15.3 de la Directiva 96/61/CE relativa a la Prevención y Control Integrados de la Contaminación (IPPC). El umbral de emisión atmosférica de CO_2 establecido por el RD 508/2007 es de 100.000.000 Kg/año (ver tabla 8.2.3)

Según la Decisión EPER, los Estados Miembros tienen que informar a la Comisión Europea, cada tres años, de las emisiones generadas al aire y al agua por los complejos industriales afectados por la IPPC de 50 sustancias si se superan los umbrales de notificación indicados en el Anexo A1 de la misma.

En nuestra planta generamos menor cantidad de CO₂, aproximadamente 614,98 Kg/h y considerando que en nuestra planta se trabajan 330 días, producimos 202943.4 Kg/año. Un valor el cual no sería demasiado elevado. Aunque igualmente este gas será descompuesto en el tratamiento de gases posteriormente.

Nº	Nº CAS	Contaminante A.1	Valor umbral de información pública de emisiones a la atmosfera (Kg/año) A.2
3	124-38-9	CO ₂	100.000.000
5	10024-97-2	N ₂ O	10.000
8	-	NO _x / NO ₂	100.000
12		N ₂	-

Tabla 8.2.3. Lista de Sustancias RD 508/2007

8.2.3.- Tratamiento del óxido nitroso (N₂O)

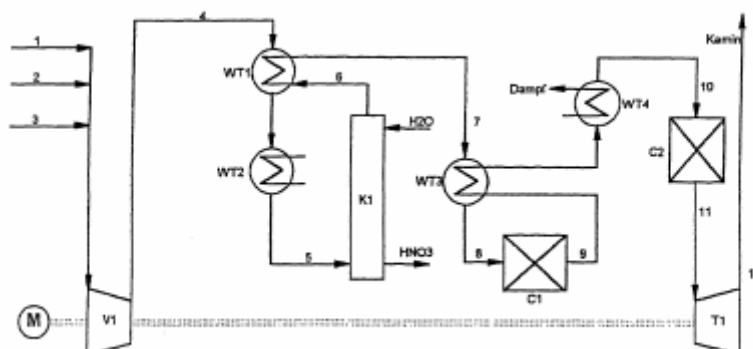
Para poder descomponer el óxido nitroso se va a utilizar un proceso catalítico.

Los catalizadores para disminuir las emisiones de óxido nitroso, deberán satisfacer los requerimientos de alta actividad y estabilidad en las condiciones de aplicación. Es decir, baja sensibilidad a la presencia de oxígeno, a la inhibición por agua y a la estabilidad térmica. En todas las aplicaciones es necesario que la caída de presión sea baja.

Las reacciones involucradas en la destrucción de N₂O serán exotérmicas, de tal manera que la estabilidad térmica del catalizador es importante principalmente en plantas de producción de ácido adípico donde se encontrarán altos niveles de concentración de óxido nitroso. Los niveles típicos que se producen de N₂O en la industria del ácido adípico es aproximadamente de 0,25 Kg de N₂O por cada Kg de ácido adípico que fabricamos.

En un 30-50% de N₂O conducen a temperaturas adiabáticas entre 500-700 K.

8.2.3.1- Proceso de descomposición por catálisis



A. Shimizu et al. / *Chemosphere – Global Change Science* 2 (2000) 425–434

Fig 8.2.2.- Proceso de descomposición por catalizadores, según patente.

Nuestro tratamiento de gases se ha basado en descomponer los gases de N_2O y de NO_x a partir de catalizadores, ver Fig.8.2.2.

El proceso se basa en hacer pasar el gas producido en los reactores (R-304 A/B, R-305 A/B) y en los desorbedores (D-401, D-801) a través de un compresor de aire C-801 para incrementar la presión. Esto hace que la temperatura de la mezcla de aire alcance de 250-350 ° C aproximadamente. Este calor es intercambiado entre WT1 y WT2 (en nuestro caso IC-806 y IC-802) que consiguen bajar la temperatura del gas a 39,58° C. Posteriormente el gas entra por la parte de abajo de la columna de absorción AB-801, en sentido ascendente. En contracorriente circula agua que entra por arriba de la columna. En la columna de absorción se consigue llegar a temperaturas de 450-500 ° C. El ácido nítrico que sale de la columna de absorción es conducido a un segundo desorbedor D-801 (conectado a su vez a un colector de salida de la columna destilación multicomponente CD-401) el cual mediante la compresión de aire generará más gases para ser eliminados.

El gas que sale del absorbedor AB-801 y del desorbedor D-801 pasa a través del intercambiador de calor WT1(en nuestro caso IC-806) que intercambia calor con el WT3 (IC-803) consiguiendo un aprovechamiento energético. Más tarde el gas se introduce en dos reactores R-801 A/B donde se produce la descomposición por catálisis del N_2O . En esta fase del proceso se alcanzan temperaturas muy altas de aproximadamente 500 ° C. Enfriamos mediante los intercambiadores de calor WT3 y WT4 (en nuestro caso IC-804 y IC-805) hasta aproximadamente 280 ° C y posteriormente pasamos el gas a dos reactores adiabáticos R-802 A/B que se encarga de reducir por acción catalítica el NO_x a N_2 y O_2 . La temperatura que

se alcanza a la salida de este reactor es de 323,24 ° C, el gas se dirige hacia una turbina TU-801 donde por expansión adiabática el aire es descargado a la atmosfera a 315°C.

Posteriormente este gas se enviará a una antorcha que se encargará de quemar los residuos gaseosos de este tratamiento.

8.2.3.2.- Corriente residual de entrada al tratamiento de gases (área 8)

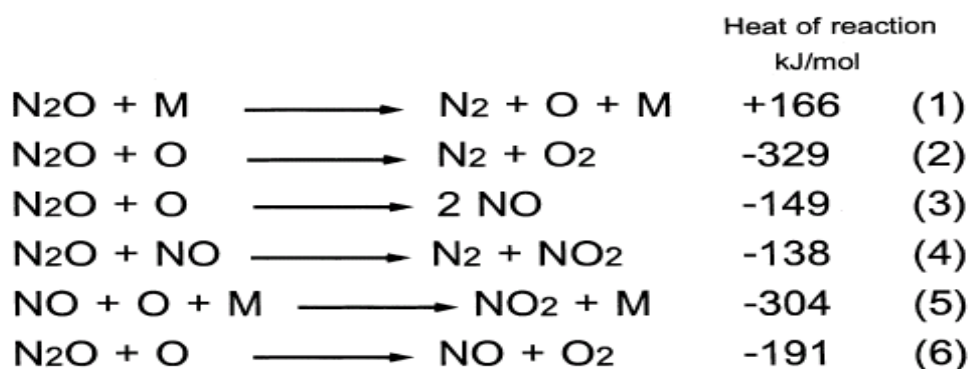
La entrada al tratamiento de gases proviene de la salida de gas del lavador AB-801 y la salida de gas del desorbedor n° 2 del proceso D-801. Ambos equipos pertenecientes al área de tratamiento de gases.

La mezcla del gas de entrada al tratamiento alcanza una temperatura de 39,58 °C

COMPONENTES	Kg /h	Fracción en peso
N ₂	86819,10	0,7343
O ₂	26260,53	0,2221
CO ₂	635,07	0,0053
N ₂ O	2600,72	0,0219
NO	53,19	0,0004
NO ₂	805,59	0,0068
H ₂ O	1053,22	0,0089
TOTAL	118227,43	

Tabla. 8.2.2.

En el reactor de descomposición del N₂O se producen las siguientes reacciones:



Scheme 1. Elementary reactions of N₂O decomposition.

Fig. 8.2.3.

Debido a las siguientes combinaciones;

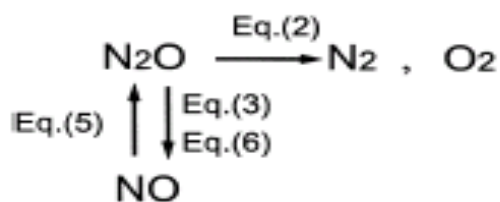


Fig. 8.2.4.

8.2.3.3- Balances de materia del tratamiento de gases (área 8)

A continuación hacemos hincapié en las etapas más importantes del proceso de descomposición:

REACTOR R-801. Descomposición de N_2O

P operación = 3 atm.

T operación = 500° C,

COMPUESTOS	ENTRADA (Kg/h)	SALIDA (Kg/h)
N_2	86819,10	88416,59
O_2	26260,53	27149,98
CO_2	635,07	635,07
N_2O	2600,72	26,01
NO	53,19	140,97
NO_2	805,59	805,59
H_2O	1053,22	1053,22
TOTAL	118227,43	118227,43

Tabla. 8.2.3.

El reactor de descomposición por catálisis R-801 trabaja a una Temperatura de 500° C aproximadamente y una Presión de 3 atmósferas. A la salida del reactor de descomposición de N_2O se observa en el balance de materia un aumento de N_2 , O_2 y por lo tanto una reducción de N_2O al 26,01 Kg/h debido a la descomposición en nitrógeno y oxígeno. El NO en cambio aumenta por este hecho y el NO_2 se mantiene.

REACTOR R-802. Oxidación de NO

$$\Delta T = 35,77^\circ \text{C}, P = 2,5 \text{ atm.}$$

$$T_{\text{entrada}} = 280^\circ \text{C}$$

$$T_{\text{salida}} = 323,24^\circ \text{C}$$

COMPUESTOS	ENTRADA (Kg/h)	SALIDA (Kg/h)
N ₂	88416,59	88416,6
O ₂	27149,98	27074,9
CO ₂	635,07	635,1
N ₂ O	26,01	26,0
NO	140,97	0,1
NO ₂	805,59	1021,5
H ₂ O	1053,22	1053,2
TOTAL	118227,43	118227,4

Tabla. 8.2.4.

En cambio en el reactor de oxidación R-802 del NO se verifica como se oxida completamente quedándose en 0,1 Kg/h. Y al oxidarse el NO da lugar a la reacción 5 produciéndose un aumento en el NO₂

EXPANSIÓN DEL GAS A TRAVÉS DE UNA TURBINA

Una vez el gas sale del reactor 2 a una temperatura de 323,24°C se dirige hacia una turbina donde por expansión adiabática el aire es descargado a la atmosfera a 315°C. La expansión pasa de 2,5 atm de presión de entrada a 1 atm de presión de salida. Posteriormente este gas se enviará a una antorcha que se encargará de quemar los residuos gaseosos de este tratamiento.

La turbina de gas está integrada en el proceso y el sistema consiste esencialmente en un compresor montado sobre el mismo eje que la turbina. El aire entra en el compresor, donde se comprime antes de entrar en una cámara de combustión. En la cámara de combustión aumenta la temperatura del aire, y la mezcla de aire y gases de combustión se expande en la turbina. La energía aportada a los gases durante la combustión es suficiente para producir trabajo neto en el eje y mover el compresor. El gas expandido puede liberarse directamente a la antorcha.

Contenido de gases de expansión hacia la antorcha;

COMPONENTES	Kg /h	Fracción en peso
N ₂	88416,59	0,74785
O ₂	27074,88	0,22901
CO ₂	635,07	0,00537
N ₂ O	26,01	0,00022
NO	0,14	0,00000
NO ₂	1021,53	0,00864
H ₂ O	1053,22	0,00891
TOTAL	118227,43	

Tabla. 8.2.5.

En esta tabla se puede comprobar la finalidad del tratamiento observando los resultados mayoritarios de la corriente 821 de N₂ y O₂ en dirección hacia la antorcha.

ANTORCHA

La antorcha es, sobre todo, un elemento de seguridad como sumidero de gases en situaciones de emergencia o incidentes e indirectamente control medio ambiental de las descargas indeseadas o excedentes generados en nuestro proceso.

El diseño de la antorcha requiere que pueda trabajar sin humo para los flujos de gases que se esperan en la operación cotidiana normal, por lo común 15 o 20% del máximo flujo de diseño.

Al sistema de antorcha entran todas las corrientes gaseosas generadas en el tratamiento de gases (corriente 821) que deberán ser eliminadas rápidamente en condiciones fiables.

Para asegurar el mejor funcionamiento se inyecta vapor de agua (mejora la combustión).

La única salida del proceso son gases de combustión a la atmósfera.

La antorcha obtendrá una transformación a muy altas temperaturas del N_2O en O_2 y N_2 . Ya que el N_2O a muy altas temperaturas superiores a $300^\circ C$ se deshace y suelta su oxígeno. Este oxígeno extra crea potencia adicional ya que permite quemar más combustible. El nitrógeno actúa como un cojín para la presión creada y así ayuda a controlar el proceso de combustión.

El tipo de antorcha que se utilizará es una antorcha de tipo elevada por su disponibilidad y economía para grandes descargas.

8.2.3.4- Control de emisiones a la atmósfera

En cumplimiento de la Orden del Ministerio de Industria de 18 de octubre de 1976, sobre prevención y corrección de la contaminación industrial de la atmósfera se realizarán autocontroles de las emisiones atmosféricas de N_2 y O_2 con periodicidad anual del foco y mediciones oficiales por el organismo de control autorizado cada 3 años.

G8INGENIO tiene un libro de registro de emisiones a la atmósfera diligenciado por el INAGA para el foco emisor, según Orden de 15 de Junio de 1994, del Departamento de Medio Ambiente, donde anotará las mediciones oficiales y de autocontrol realizadas.

Se deberá presentar en la Agencia de Medio Ambiente y Sostenibilidad del Ayuntamiento de Barcelona y al Servicio provincial de Medio Ambiente de Barcelona, las medidas de emisión que lleven a cabo en el citado foco.

8.3.- EFLUENTES LIQUIDOS

8.3.1.- Legislación

La legislación general sobre el tratamiento y el vertido de aguas residuales existentes es la siguiente:

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO:

- Ley 5/1981, de 4 de junio, sobre desarrollo legislativo en materia de evacuación y tratamiento de aguas residuales.
- Decreto 83/1996, de 5 de marzo sobre medidas de regularización de vertidos de aguas residuales.
- RD 1/2001, de 20 de julio, por el cual se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas Ley 46/1999, de 13 de diciembre, de modificación de la Ley 29 / 1985, de 2 de agosto, de aguas.
- Orden de 19 de febrero de 1987, normas complementarias en materia de autorizaciones de vertidos de aguas residuales.
- Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos.
- Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.
- RD 606/2003, de 23 de mayo, por el cual se modifica el RD 849/1986, 11 de abril, por el cual se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.
- <<Reglamento Público Hidráulico, Real Decreto 849/86>>, publicado al BOE 103 del día 30/4/1986. Este reglamento contiene una tabla que marca los parámetros característicos que se han de considerar en la estimación de los tratamientos de aguas residuales:

Paràmetre Unitat	Nota	Valors límits		
		Taula 1	Taula 2	Taula 3
pH	(A)	Entre 5,5 i 9,5	Entre 5,5 i 9,5	Entre 5,5 i 9,5
Sòlids en suspensió (mg/l)	(B)	300	150	80
Matèries sedimentàries (mg/l)	(C)	2	1	0,5
Sòlids grossos	(D)	Absent	Absent	Absent
D.B.O. 5(mg/l)	(E)	300	60	40
D.Q.O. 5(mg/l)	(F)	500	200	160
Temperatura (°C)	(G)	3°	3°	3°
Color		No aprec. en diss. 1/40	No aprec. en diss. 1/30	No aprec. en diss. 1/20
Alumini (mg/l)	(H)	2	1	1
Arsènic (mg/l)	(H)	1,0	0,5	0,5
Bari (mg/l)	(H)	20	20	20
Bor (mg/l)	(H)	10	5	2
Cadmi (mg/l)	(H)	0,5	0,2	0,1
Crom III (mg/l)	(H)	4	3	2
Crom H VI (mg/l)	(H)	0,5	0	0,2
Ferro (mg/l)	(H)	10	3	2
Manganès (mg/l)	(H)	10	3	2
Niquel (mg/l)	(H)	10	3	2
Mercuri (mg/l)	(H)	0,1	0,05	0,05
Plom (mg/l)	(H)	0,5	0,2	0,2
Seleni (mg/l)	(H)	0,1	0,03	0,03
Estany (mg/l)	(H)	10	10	10
Coure (mg/l)	(H)	10	0,5	0,2
Zinc (mg/l)	(H)	20	10	3
Toxics metal·lics	(J)	3	3	3
Cianurs (mg/l)	-	1	0,5	0,5
Clorurs (mg/l)	-	2.000	2.000	2.000
Sulurs (mg/l)	-	2	1	1
Sulfits (mg/l)	-	2	1	1
Sulfats (mg/l)	-	2.000	2.000	2.000
Fluorurs (mg/l)	-	12	8	6
Fosfor total (mg/l)	(K)	20	20	10
idem	(K)	0,5	0,5	0,5
Amoniac (mg/l)	(L)	50	50	15
Nitrogen nítric	(L)	20	12	10
Olis i greixos (mg/l)	-	40	25	20
Ferros (mg/l)	(M)	1	0,5	0,5
Aldehids (mg/l)	-	2	1	1
Detergents	(N)	6	3	2
Pesticides (mg/l)	(P)	0,05	0,05	0,05

Tabla. 8.3.1. Valores límites de elementos en aguas residuales.

DIARIO OFICIAL DE LA "GENERALITAT DE CATALUÑA":

- Ley 4/2004, de 1 de Julio, reguladora del proceso de adecuación de las actividades de incidencia ambiental.
- RD 3/2003, de 4 de noviembre, por el cual se aprueba el texto refundido de la legislación en materia de aguas de Cataluña.
- RD 130/2003, de 13 de mayo, por el cual se aprueba el Reglamento de los servicios públicos de Saneamiento.

8.3.1.1- Descripción de los efluentes a tratar

Los efluentes líquidos residuales que se han de tratar son tres:

Corriente residual nº 712

Esta corriente corresponde a la salida por colas de la columna de destilación CD-701 de recirculación en la que se genera ciclohexanol, ácido succínico, ácido glutárico (mayoritario) y ácido adípico.

Corriente residual nº 718

Esta corriente corresponde a la salida por cabezas de la destilación CD-702 de recirculación en la que se genera agua, en gran cantidad, y ácido nítrico.

Corriente residual nº 524

Esta corriente corresponde a la salida por cabezas de la columna de destilación de ácido succínico anhidro CD-502. Con la finalidad de separar el ácido succínico anhidro (en gran cantidad en el alimento) del ácido adípico, que es el producto que se quiere obtener.

Las corrientes residuales 712 y la 524 de la planta serán almacenadas en nuestra planta, mediante depósitos enterrados, para su recogida y posterior tratamiento por una empresa externa, tal y como describimos en el plan de gestión medio ambiental.

La corriente 718 debido a la gran cantidad de fluido residual que se genera no se puede almacenar. Así que dicha corriente será tratada en una planta de tratamiento de aguas residuales.

La empresa que se encargará de la recogida y el tratamiento de las corrientes residuales 712 y 524 es la empresa ALLENDE y se encuentra en el mismo polígono de Zona Franca, economizando de esta forma en gastos de transporte.

Su localización exacta es;

P.I. Zona Franca, calle D, 57-59
08040 Barcelona



Fig.8.3.1. Fotografía ALLENDE



Fig. 8.3.2. Emplazamiento ALLENDE.

Esta empresa cuenta con centros propios de Transferencia de Residuos Tóxicos y Peligrosos, homologados por la Junta de Residuos de la Generalitat de Cataluña.

Sus camiones cisterna de volumen aproximado de 20 Tn están autorizados para el transporte de residuos especiales y de mercancías peligrosas, según la normativa ADR.

Según el artículo 108 del RD 1/2001 de 20 de Julio por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas dice:

Las autorizaciones de vertido que a su favor se otorguen, incluirán, además de las condiciones exigidas con carácter general, las siguientes:

- a. Las de admisibilidad de los vertidos que van a ser tratados por la empresa.
- b. Las tarifas máximas y el procedimiento de su actualización periódica.
- c. La obligación de constituir una fianza para responder de la continuidad y eficacia de los tratamientos.

La cuantía de la fianza y los efectos que se deriven de la revocación de la autorización se determinarán reglamentariamente.

Las corrientes residuales que generamos son:

Corriente residual nº 712

Caudal másico (kg/h)	408,48
Temperatura de salida (°C)	197,63
Densidad (kg/m ³)	1166,92
COMPOSICIÓN %	
Ciclohexanol	9,22
Ácido Succínico	14,55
Ácido Glutárico	65,50
Ácido Adípico	10,72

Tabla. 8.3.2.

De la corriente residual 712 se observa que el compuesto mayoritario de la disolución es el ácido glutárico y el compuesto de menor cantidad es de ciclohexanol.

La mezcla contenida de la corriente residual 712 (mayoritaria en glutárico) se almacenará en un tanque horizontal enterrado de aproximadamente 76m³ al generar 3235 Tn/año.

El tanque de almacenaje de residuos RE-701 será de acero inoxidable, resistente a la corrosión. Y será enterrado por mayor seguridad y para evitar que salgan vapores.

Se ha contabilizado que en 3 días se generan 29,4 m³, por lo que, se diseña un tanque para un volumen con excedente por si la recogida de los residuos se retrasa.

Corriente residual nº 718

Caudal másico (kg/h)	447338
Temperatura de salida (°C)	100
Densidad (kg/m ³)	1260'813
COMPOSICIÓN %	
Agua	99,95
Ácido Nítrico	0,05

Tabla. 8.3.3.

En este caso la corriente residual 718 tiene un porcentaje muy elevado de agua y casi inapreciable de ácido nítrico, pero lo suficiente para no poder verter al alcantarillado por superar el valor límite según el RD 849/86

Esta corriente residual es de destacar el caudal tan elevado.

Corriente residual nº 524

Caudal másico (kg/h)	235,63
Temperatura de salida (°C)	221
Densidad (kg/m ³)	1386,975
COMPOSICIÓN %	
Ácido Succínico Anhidro	90,65
Ácido Adípico	0,67
Ciclohexanol	2,8
Ácido Nítrico	0,38
Agua	0,64
Ácido Succínico	4,7

Tabla. 8.3.4.

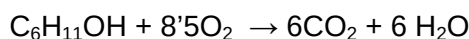
La mezcla contenida de la corriente residual 524 (mayoritaria en ácido succínico anhidro) se almacenará en un tanque horizontal enterrado de aproximadamente 76m³ al generar 1866,18 Tn/año.

El tanque de almacenaje de residuos RE-501 será de acero inoxidable, resistente a la corrosión. Y será enterrado por mayor seguridad y para evitar que salgan vapores.

Se ha contabilizado que en 3 días se generan 17m³, por lo que, se diseña un tanque para un volumen con excedente por si la recogida de los residuos se retrasa.

CÁLCULO DE DQO's (Demanda Química de Oxígeno)**Corriente residual nº 712**Ciclohexanol (C₆H₁₁OH):

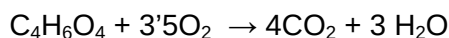
De ciclohexanol se genera una composición del 9'22 % (37'65 Kg/h) equivalentes a:



$$(37'65\text{kg C}_6\text{H}_{11}\text{OH /h}) \times (\text{h}/408'48 \text{ Kg total}) \times (1\text{kmol C}_6\text{H}_{11}\text{OH /}100\text{kg C}_6\text{H}_{11}\text{OH}) \times (8'5\text{kmol O}_2/1\text{kmol C}_6\text{H}_{11}\text{OH}) \times (32\text{kg / }1\text{kmol O}_2) \times (10^6\text{mg O}_2/1\text{kg O}_2) \times (1166'92\text{kg}/10^3\text{L}) = \mathbf{292552\text{mgO}_2/\text{L}}$$

Ácido Succínico (C₄H₆O₄):

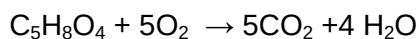
De ácido succínico se genera una composición del 14'55 % (59'44Kg/h) equivalentes a:



$$(59'44\text{kg C}_4\text{H}_6\text{O}_4 \text{ /h}) \times (\text{h}/408'48 \text{ Kg total}) \times (1\text{kmol C}_4\text{H}_6\text{O}_4 /118.089\text{kg C}_4\text{H}_6\text{O}_4) \times (3'5\text{kmol O}_2/1\text{kmol C}_4\text{H}_6\text{O}_4) \times (32\text{kg / }1\text{kmol O}_2) \times (10^6\text{mg O}_2/1\text{kg O}_2) \times (1166'92\text{kg}/10^3\text{L}) = \mathbf{161048\text{mgO}_2/\text{L}}$$

Ácido Glutárico (C₅H₈O₄):

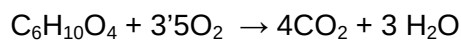
De ácido glutárico se genera la composición más elevada en 65'50 % (267'56Kg/h) equivalentes a:



$$(267'56\text{kg C}_5\text{H}_8\text{O}_4 \text{ /h}) \times (\text{h}/408'48 \text{ Kg total}) \times (1\text{kmol C}_5\text{H}_8\text{O}_4 /146'143\text{kg C}_5\text{H}_8\text{O}_4) \times (5\text{kmol O}_2/1\text{kmol C}_5\text{H}_8\text{O}_4) \times (32\text{kg / }1\text{kmol O}_2) \times (10^6\text{mg O}_2/1\text{kg O}_2) \times (1166'92\text{kg}/10^3\text{L}) = \mathbf{836822\text{mgO}_2/\text{L}}$$

Ácido Adípico (C₆H₁₀O₄):

De ácido adípico se genera la composición de 10'72 % (43'816Kg/h) equivalentes a:



$$(43'816\text{kg C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4 / \text{h}) \times (\text{h}/408'48 \text{ Kg total}) \times (1\text{kmol C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4 / 132'115\text{kg C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4) \times (3'5\text{kmol O}_2 / 1\text{kmol C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4) \times (32\text{kg} / 1\text{kmol O}_2) \times (10^6\text{mg O}_2 / 1\text{kg O}_2) \times (1166'92\text{kg}/10^3\text{L}) = \mathbf{106113\text{mgO}_2 / \text{L}}$$

DQO total = 1 396 535mg O₂ / L

Por lo que, confirmamos la contaminación que contiene dicha corriente. Según tabla 8.3.1 del RD 849/86

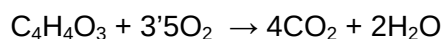
Corriente residual nº 718

En la corriente residual 2 el único contaminante que contiene el agua residual es el ácido nítrico, generando sin el agua 223 Kg/h (1771 Tn/año).

Obteniendo así; 498 mg / L HNO₃ valor que hace que esta aguas residuales sean tratadas, según tabla 8.3.1 de RD 849/86

Corriente residual nº 524Ácido Succínico Anhidro(C₄H₄O₃):

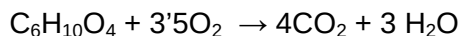
De ácido succínico se genera una composición del 90,65 % (212,53Kg/h) equivalentes a:



$$(212\text{kg C}_4\text{H}_4\text{O}_3 / \text{h}) \times (\text{h}/235'63 \text{ Kg total}) \times (1\text{kmol C}_4\text{H}_4\text{O}_3 / 100'074\text{kg C}_4\text{H}_4\text{O}_3) \times (3'5\text{kmol O}_2 / 1\text{kmol C}_4\text{H}_4\text{O}_3) \times (32\text{kg} / 1\text{kmol O}_2) \times (10^6\text{mg O}_2 / 1\text{kg O}_2) \times (1386'9\text{kg}/10^3\text{L}) = \mathbf{1396575\text{mgO}_2 / \text{L}}$$

Ácido Adípico (C₆H₁₀O₄):

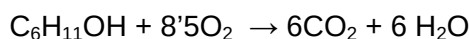
De ácido adípico se genera la composición de 0,67 % (2,31Kg/h) equivalentes a:



$$(2'31\text{kg C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4/\text{h}) \times (\text{h}/235'63\text{kg total}) \times (1\text{kmol C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4/146'143\text{kg C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4) \times (3.5\text{kmol O}_2/1\text{kmol C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4) \times (32\text{kg O}_2/1\text{kmol O}_2) \times (10^6\text{mg O}_2/1\text{kg O}_2) \times (1386'9\text{kg}/10^3\text{L}) = \mathbf{10419\text{mgO}_2/\text{L}}$$

Ciclohexanol (C₆H₁₁OH):

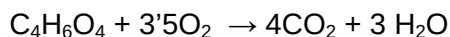
De ciclohexanol se genera la composición de 2,84 % (6,68Kg/h) equivalentes a:



$$(6,68\text{kg C}_6\text{H}_{11}\text{OH} / \text{h}) \times (\text{h}/235'63\text{kg total}) \times (1\text{kmol C}_6\text{H}_{11}\text{OH} /100\text{kg C}_6\text{H}_{11}\text{OH}) \times (8.5\text{kmol O}_2/1\text{kmol C}_6\text{H}_{11}\text{OH}) \times (32\text{kg O}_2/1\text{kmol O}_2) \times (10^6\text{mg O}_2/1\text{kg O}_2) \times (1386'9\text{kg}/10^3\text{L}) = \mathbf{106944\text{mgO}_2/\text{L}}$$

Ácido Succínico (C₄H₆O₄):

De ciclohexanol se genera la composición de 4,79 % (13,26Kg/h) equivalentes a:



$$(13,26\text{kg C}_4\text{H}_6\text{O}_4 / \text{h}) \times (\text{h}/235'63\text{kg total}) \times (1\text{kmol C}_4\text{H}_6\text{O}_4 /118\text{kg C}_4\text{H}_6\text{O}_4) \times (3.5\text{kmol O}_2/1\text{kmol C}_4\text{H}_6\text{O}_4) \times (32\text{kg O}_2/1\text{kmol O}_2) \times (10^6\text{mg O}_2/1\text{kg O}_2) \times (1386'9\text{kg}/10^3\text{L}) = \mathbf{74030\text{mgO}_2/\text{L}}$$

DQO total = 1 587 968mg O₂ / L

El ácido nítrico que se produce en esta corriente es del orden de 3800 mg/l por lo tanto también es contaminante para las aguas.

En conclusión la corriente residual 712 y 524 contienen un valor elevado en la DQO. Éstas corrientes no son demasiado grandes en comparación con la corriente 718, por lo que, serán gestionadas por la empresa ALLENDE que vendrán a recoger los depósitos cada 3 días.

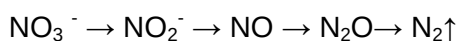
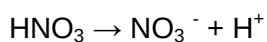
Por lo que, hace a la corriente 718 se planteará realizar un tratamiento complementario para la reutilización del agua residual, ya que el contenido de ácido nítrico es mínimo. Esta corriente no contiene hidrocarburos, así que no haría falta realizar un tratamiento de aguas residuales con tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario.

Este tratamiento sería químico.

En nuestra planta se utiliza y se deshecha mucha agua, por lo que, resulta atractiva económicamente una ulterior mejora en la calidad del efluente para reutilizar el agua como agua de lavado, e incluso para la preparación de agua de caldera, agua de alimentación de la reacción, reposición de las torres de refrigeración, cortes de suministro de agua, para el sistema de contra incendios.

Par la reutilización del agua residual generada se tratará:

1. El agua se va almacenando en balsas de recogida donde se gestiona y distribuye el agua a tratar.
2. Proceso de **Desnitrificación**: eliminación de nitratos del agua convirtiéndolos en nitrógeno en forma gaseosa emitido a la atmósfera.



Con la desnitrificación ya se podría eliminar el ácido nítrico que contiene el agua y ya se podría verter al alcantarillado. Ya que estaríamos dentro de los límites de vertido.

3. Pero si queremos obtenerla más purificada debemos aplicar una **Filtración en arena**.
4. Seguida de una combinación de **Ultrafiltración o Filtración sobre carbón activo**
5. Seguido de **Ósmosis Inversa** para la eliminación de sales genera la suficiente agua bruta para fabricar agua desmineralizada.

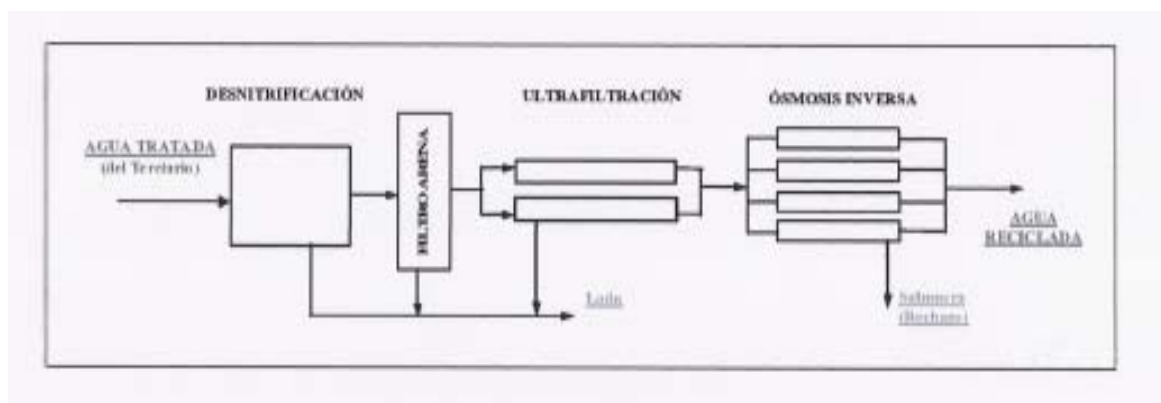


Fig.8.3.3. Reutilización del agua residual (algunas posibilidades de purificación adicional)

8.4.- RESIDUOS SÓLIDOS

8.4.1.- Legislación

En nuestra planta no se generan efluentes sólidos residuales. Los únicos sólidos residuales que se generan es durante el proceso de construcción y mantenimiento de la instalación, tal y como planteamos en el plan de gestión medioambiental posterior.

Los residuos sólidos, bien sea en forma pulverulenta o en forma de tortas procedentes de filtros, serán almacenados en contenedores cerrados.



Fig. 8.4.1. Contenedor sin cerrar.

Todos los productos o poseedores de residuos industriales están obligados a presentar cada año la declaración de residuos en función de los residuos producidos el año anterior.

Dichos vertidos sólidos serán recogidos y tratados por la misma empresa (ALLENDE) encargada de venir a recoger y tratar las corrientes residuales líquidas.

La legislación sobre residuos industriales existente es la siguiente:

- Decreto 142/1984, del 11 de abril, de desarrollo parcial de la ley 6/1983, de abril, sobre residuos industriales. Modificado por la resolución 237 de octubre de 1999.
- Orden del 17 de octubre de 1984, sobre clasificación de residuos industriales.
- Ley 6/1993, del 15 de julio, reguladora de los residuos.
- Decreto 245/1993, del 14 de setiembre, de aprobación de los estatutos de la Junta de residuos. Modificado por la Resolución del 27 de octubre de 1999.

- Decreto 323/1994, del 4 de noviembre, por el cual se regulan las instalaciones de incineración de residuos y los límites de sus emisiones a la atmosfera.
- Decreto 34/1996, del 9 de enero, por el cual se aprueba el catálogo de residuos de Cataluña. Modificado por el Decreto 92/1999, del 6 de abril y por la Resolución del 27 de Octubre de 1999.

8.5.- CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

8.5.1.- Legislación

La legislación existente sobre contaminación acústica es la siguiente:

- Directiva 79/113/CEE (adaptación de Dr 85/406/CEE) sobre emisión sonora de equipos (RD 245/1989).
- Directiva 84/533/CEE (adaptación de Dr. 85/406/CEE).
- Resolución del 30 de octubre de 1995, por la cual se aprueba una ordenanza municipal tipo, reguladora de ruido y las vibraciones (DOGC 2126, fecha de publicación 10/11/1995).
- Ley 37/2003, del 17 de noviembre de Ruido.

La contaminación acústica de la planta es debida a las bombas, compresores y otros equipos que funcionan con motor, pero en principio no tienen de suponer ningún problema ya que estos equipos están fabricados con el objetivo de generar un nivel mínimo e ruido, y es necesario destacar que este factor se ha tenido en cuenta en todo momento en el diseño de la planta.

En ambiente exterior, el nivel de ruido se deberá ajustar a los establecido en el artículo 42 de la vigente Ordenanza Municipal de Protección contra Ruidos y Vibraciones para las áreas acústicas tipo IV, suelo de uso industrial, no debiéndose superar los 75 db(A) diurnos y los 70 db(A) nocturnos, medidos a 3 metros de distancia del foco del ruido en la dirección de máxima incidencia sonora y si es posible a 3,5 metros como mínimo de las paredes de edificios u otras estructuras que reflejan el sonido.

8.6.- Listado de equipos del área de tratamiento de residuos (Área 800):

ITEM	DESCRIPCION EQUIPO	CANTIDAD	CARACTERÍSTICAS				MATERIAL	OBSERVACIONES
			Volumen (m ³)	Diámetro (m) Sección (m ²)	Altura (m)	Potencia (KW)		
C-801	Compresor de aire	2	-	-	-	24,87	Acero inoxidable AISI-316	
IC-801	Intercambiadores de Calor	1	10,11	2,344 3187,3	2,3	-	Acero inoxidable AISI-316	
IC-802	Intercambiadores de Calor	1	0,78	0,998 337,5	0,1	-	Acero inoxidable AISI-316	
IC-803	Intercambiadores de Calor	1	0,3	0,728 114,9	0,7	-	Acero inoxidable AISI-316	
IC-804	Intercambiadores de Calor	1	0,78	1,000 92,8	1,0	-	Acero inoxidable AISI-316	
IC-805	Intercambiadores de Calor	1	0,06	0,427 15,7	0,4	-	Acero inoxidable AISI-316	
IC-806	Intercambiadores de Calor	1	1,07	1,110 443,1	1,1	-	Acero inoxidable AISI-316	
AB-801	Columna de absorción	1	0,50	2,412 30,12	2,77	-	Acero inoxidable AISI-304	
D-801	Desorbedor	1	0,62	2,512 35,79	3,28	-	Acero inoxidable AISI-304	

R-801	Reactor de descomposición	2	3,3	4,018 117,1	7,3	-	Acero inoxidable AISI-304	
R-802	Reactor adiabático	2	1,7	3,514 82,32	5,7	-	Acero inoxidable AISI-304	
TU-801	Turbina	1	-	-	-	-30,24	Acero inoxidable AISI-304	

8.7.- PLAN DE GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL

El plan medio ambiental tendrá como alcance:

- La construcción de la planta.
- La puesta en marcha y funcionamiento.
- Y el mantenimiento de la planta.



PLAN GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL

TÍTULO: CONSTRUCCIÓN DE PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÁCIDO ADÍPICO

CLIENTE: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA BARCELONA (UAB)

HISTORIAL DE REVISIONES			
REV.	DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO	AUTORES	FECHA
5			
4			
3			
2			
1			
0	Emisión para aprobación	G8INGENIO	13-06-2008

DPTO. TÉCNICO. G8INGENIO	REVISADO POR DIRECTOR TÉCNICO	TÉCNICO MEDIOAMBIENTE

ÍNDICE

1. Objeto.
2. Alcance.
3. Definiciones.
4. Responsabilidades.
5. Formación / Información Ambiental
6. Descripción de la Obra.
7. Inspección periódica de Medioambiente.

ANEXOS

- I. Instrucción de Gestión de Residuos.
- II. Instrucción de Gestión de Aguas Residuales.
- III. Instrucción de Gestión de Derrames.
- IV. Ficha de Control Medioambiental.
- V. Programa de Puntos de Inspección.

1. **OBJETO**

El objeto de este Plan es definir la gestión ambiental para la ejecución de la construcción de Planta de Producción de ácido adípico.

2. **ALCANCE**

Este Plan de Gestión Ambiental es de aplicación en todas y cada una de las actividades que se realicen en la obra junto a la aplicación de las Normas.

3. **DEFINICIONES**

Se definen, a continuación, los términos utilizados en el presente Plan:

- **Residuo**: Cualquier tipo de sustancia u objeto generada como consecuencia de la actividad de construcción de la presente obra y de la cual se desprenda o tenga la obligación de desprenderse.
- **Gestión de residuos**: Cualquier actividad necesaria para conseguir que un residuo tenga un tratamiento final adecuado de forma segura para las personas y el medio ambiente. Explícitamente, se aplica a la recogida, manipulación, transporte, almacenamiento, registro, tratamiento interno y/o expedición para su tratamiento externo.
- **Responsable del Residuo**: Persona a la que se le asigna vigilar la correcta separación, envasado, etiquetado y almacenamiento de los residuos en obra, almacén, taller u oficina. Esta labor la puede desempeñar cualquier persona de la organización. (Se hace constar en la “Ficha de Gestión de Residuos”).
- **Residuo Peligroso**: Todo residuo que contiene en su composición sustancias o materiales en concentraciones tales que representan un riesgo para la salud humana,

los recursos naturales y el medio ambiente (Restos de aceite, ácido, baterías, trapos con aceite, grasa).

- Residuo Inerte: Son los residuos sólidos o pastosos que una vez depositados en un vertedero no experimentan transformaciones físico-químicas o biológicas y no son considerados como tóxicos y peligrosos.
- Residuo de construcción inerte: Son los residuos que tienen su origen en las actividades de construcción, demolición, excavación o movimientos de tierras (Restos de tierra, rocas, restos de áridos, hormigón, asfaltos, alquitranes).
- Residuos Industriales Inertes: Los que tienen su origen en actividades o procesos de fabricación (chatarra, restos de aisladores, restos de plásticos, cartones, fibra de vidrio, neumáticos, envases metálicos varios).
- Vertido: acción y efecto de verter desperdicios, ya sean líquidos, sólidos o gaseosos que se introducen en el medio ambiente.
- Derrame: porción de líquido que se sale o se pierde del recipiente que lo contiene.
- Emisión: exhalación o expulsión hacia el exterior de gases que afectan el medio ambiente.
- Reciclaje: someter una materia (papel, vidrio, ...) a un determinado proceso para que pueda volver a ser utilizable.
- Reutilización: acción de volver a utilizar un mismo material.

4. **RESPONSABILIDADES**

Del Director General:

- Dotar de los medios necesarios para la correcta Gestión Ambiental generados por las actividades de las obras que ejecute G8INGENIO.

Del Responsable de obra y del Jefe de Obra:

- Cumplir y hacer cumplir al personal de su organización lo especificado en este procedimiento.

Del Técnico de Medio Ambiente:

- Delimitar e identificar las zonas en las que se han de almacenar o depositar los diferentes residuos que generen en su actividad.
- Gestionar, con el apoyo del Dpto. de Compras de G8INGENIO, los residuos generados en la obra.
- Mantener (en los casos que aplique) y/o enviar a oficina los impresos, albaranes y notas de entrega y gestión de residuos con gestores y/o recogedores.
- Actuar como interlocutor con gestores/recogedores y la Administración en los aspectos relacionados con los residuos.
- Complimentar y/o hacer complimentar los documentos requeridos por la Administración en relación con los residuos generados.
- Gestionar los residuos generados en taller, almacén y oficinas.
- Mantener un archivo con los registros (impresos, albaranes y notas) que se generen como consecuencia de la gestión de residuos en instalaciones fijas.
- Se encargará de impartir formación y dar información en Medio Ambiente a todos los operarios.
- Controlar mediante vigilancia ambiental.

Del Responsable del Residuo:

- Vigilar que la separación, envasado, etiquetado y almacenamiento de los residuos se haga de forma correcta.

De la Dirección Técnica:

- Archivo, control, actualización y distribución (cuando aplique) de la documentación y legislación medioambiental aplicable a los residuos generados.
- Colaborar con los responsables especificados en la gestión de residuos.
- Colaborar con los responsables especificados en la cumplimentación de la documentación a enviar.
- Mantener los registros como consecuencia de entrega de residuos en obras.

5. FORMACIÓN / INFORMACIÓN AMBIENTALFORMACIÓN MEDIO AMBIENTAL

Se contemplará la creación de un plan de formación adaptado a las características del proyecto, de forma que se asegure que todo el personal que interviene en la obra recibe una adecuada concienciación sobre la importancia del respecto de los diferentes condicionantes ambientales aplicables a la obra en el desarrollo de sus actividades.

INFORMACIÓN MEDIO AMBIENTAL

Entre otros aspectos se facilitará información sobre la gestión de los residuos, las medidas preventivas para minimizar los derrames y las medidas de protección y conservación de especies de interés presentes en la zona de obra, plan de prevención de incendios, etc.

6. DESCRIPCION DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA

La construcción de la planta química abarca obra civil, obra eléctrica e instrumentación, obra de montaje mecánico y protección pasiva.

En general los trabajos comprenden las actividades siguientes:

- Montaje de tuberías y accesorios (varias dimensiones)
- Montaje de equipos (válvulas, tanques, reactores, bombas, compresores, filtros, intercambiadores, columnas de destilación, cristalizadores, absorbedores, aireadores, etc....) (Ver lista de equipos)
- Montaje de instrumentación (ver lazos de control de cada equipo).
- Montaje eléctrico (red eléctrica de la instalación)
- Montaje del sistema de detección contra incendios.
- Pintura
- Pruebas: hidrostáticas, neumáticas, de estanqueidad,
- Ensayos: ensayos no destructivos (radiográficos, líquidos penetrantes, partículas magnéticas), ensayos de espesores (con micrómetro), de rugosidad (con rugosímetro), de resiliencia, de resistencia de materiales...
- Puesta en marcha.
- Operación de Planta.

7. INSPECCION PERIÓDICA DE MEDIOAMBIENTE

Se realizará semanalmente una Inspección de Medioambiente conforme al Programa de Puntos de Inspección incluido en el Anexo V.

ANEXO I

- **Instrucción de Gestión de Residuos**

1. CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS

1.1 Residuos previstos:

Los residuos previsibles en la ejecución de los trabajos son:

1.1.1 Residuos inertes

Para simplificar la terminología en obra, se denominarán de tipo A.

1.1.1.1 Residuos de construcción inertes (Tipo A1)

- Tierras sobrantes de excavación.
- Demoliciones.
- Encofrados.
- Aglomerado.
- Hormigón

1.1.1.2 Residuos industriales inertes (Tipo A2)

- Embalajes (cartones, plásticos, vidrio y maderas)
- Papel (oficina de obra).
- Tóner impresora / fax (oficina de obra).
- Chatarra sobrante de fabricaciones metálicas.
- Restos de material de encintado de tuberías y aislamiento.
- Guantes y trapos personal mecánico.

1.2. Residuos peligrosos.

Para simplificar la terminología, se denominarán de tipo B.

1.2.1 Aceites usados (Tipo B1)

- Aceites procedentes del mantenimiento de maquinaria.
- Aceites procedentes de vaciados o purgados de circuitos de aceite.

Residuos cuya gestión se regula según el RD 679/2006

1.2.2 Resto de residuos peligrosos (Tipo B2)

- Sobrantes de pinturas.
- Derrames de combustible.
- Restos de electrodos.
- Cartuchos de tinta vacíos (oficina de obra).
- Pilas.

Los residuos peligrosos no serán gestionados en la empresa G8INGENIO, por lo que, se gestionará mediante gestor autorizado, priorizando alternativas como reutilización, reciclaje o valorización frente a la eliminación del residuo.

1.3 Aguas residuales

Para simplificar la terminología se denominarán de tipo C.

Al inicio de la construcción de la planta únicamente consideraremos aguas residuales todas aquellas procedentes de los servicios del personal de obra.

Pero una vez puesta en marcha y en funcionamiento generaremos 3 corrientes residuales que contendrán concentraciones de ácido nítrico, ácido adípico, ácido succínico, ácido succínico anhidro, ácido glutárico, catalizadores, resinas, ciclohexanol y agua. Estas corrientes deberán ser tratadas según la legislación por su composición contaminante para el medio ambiente.

Pero en este proyecto no abarcamos dicho tratamiento en la planta y por ello, se contrata a una empresa externa especializada.

1.4. Derrames

Dado el tipo de proyecto, las posibles afecciones al suelo por vertido accidental al mismo serían:

- De aceites procedentes de mantenimiento de maquinaria, vaciados o purgados de circuitos de aceite, almacenamiento, etc.
- De pinturas durante operaciones de pintado o almacenamiento.
- De combustible, en operaciones de llenado de depósitos, almacenado y trasiego del mismo.
- De ciclohexanol, ácidos y agua necesarios para la producción del ácido adípico debido a fugas o derrames.

2. **GESTION DE RESIDUOS EN OBRA.**

El registro de la actuación llevada a cabo con los residuos generados en obra, se plasmará en la "Ficha de Control Medioambiental", incluida en el Anexo IV de este Plan Medioambiental.

Según el tipo de residuo, se indicará:

- Si es peligroso o inerte.
- Breve descripción del tipo de residuo.
- Nombre de la empresa gestora.
- Se indicará si la gestión implica otra documentación, que se adjuntará a la Ficha, en caso afirmativo.
- Los datos de la gestión del residuo, junto con las firmas del Técnico de Medioambiente de G8INGENIO y la empresa que gestionará el residuo.

La gestión de residuos en la obra exige en primer lugar un orden y limpieza en la obra que permita la segregación de los diferentes tipos de residuos en la obra e impida la mezcla de los mismos.

- Los principales residuos generados durante la construcción de la planta serán:
 - Escombros procedentes de las correspondientes demoliciones de pavimentos.
 - Tierras procedentes de excavaciones.

- Chatarra procedente de los desmontajes de las marquesinas, vallados,...
- Palets de madera, cartones, plásticos, botes de pintura, flejes,... procedentes de los embalajes de los materiales suministrados por G8INGENIO.
- Guantes, trapos, utilizados por el personal de obra.

Se realizará una recogida selectiva de los citados residuos de la siguiente forma:

- Se instalará un contenedor de alquiler para el almacenamiento temporal de los escombros procedentes de las demoliciones, siendo retirado periódicamente en el momento que esté lleno por parte de una empresa autorizada para llevar dichos escombros a un vertedero controlado. Dicha empresa será la encargada de la segregación posterior de los residuos.
 - Las tierras procedentes de las excavaciones se colocarán en montones para ser reutilizadas en caso de ser necesarias y aceptables o cargadas y retiradas por camiones a vertederos autorizados. En este caso se informará inmediatamente a la Dirección de Obra y se segregarán estas tierras para no contaminar el resto.
- Los principales residuos generados durante la puesta en marcha y funcionamiento de la planta serán :
- 3 corrientes de aguas residuales. La corriente 712 contiene ciclohexanol, ácido succínico, ácido glutárico y ácido adípico. La corriente 718 es una disolución de ácido nítrico al 0,05%. La corriente 524 es la disolución de ácido succínico anhidro, ácido succínico, ácido adípico, ciclohexanol y ácido nítrico

Se realizará la recogida mediante depósitos enterrados. El contenido de los depósitos será gestionado por la Empresa ALLENDE que se encargará de gestionar los residuos.

2.1. Residuos inertes (Tipo A).

El Técnico de Medio Ambiente identificará los distintos residuos inertes que se generen y definirá para cada uno:

- Lugar donde van a ser almacenados.

- Recogedores / gestores autorizados en la zona para su retirada.

2.2. Residuos peligrosos (Tipo B).

2.2.1. Aceites usados

Los cambios de aceite de los vehículos y la maquinaria se realizarán, siempre que sea posible, en talleres externos a la obra, por lo que no se generarán residuos de este tipo en la misma.

En el caso de que se genere residuo de aceites en otra actividad o por derrame de algún vehículo o máquina, la sistemática a seguir será según la “Instrucción de Control de Derrames”.

2.2.2. Resto de residuos peligrosos

Para los residuos peligrosos, se definirán los siguientes aspectos:

- Los envases que van a contenerlos
- Las etiquetas a colocar en los envases.
- Los lugares donde serán almacenados
- Los recogedores / gestores autorizados de la zona para su retirada

2.2.2.1. Envasado

Los envases que contengan residuos peligrosos cumplirán los siguientes requisitos:

- Resistentes a la sustancia contenida y a la temperatura de almacenamiento.
- Los cierres serán resistentes para evitar derrames de la sustancia contenida en las manipulaciones.
- Encontrarse en perfecto estado, ausencia de golpes, deformaciones, óxidos, fugas aparentes y permanecerán siempre cerrados.
- Las FICHAS de seguridad de los productos químicos se solicitarán por parte del Dpto. de Soporte a la compra de los mismos.

No se deben envasar juntos residuos peligrosos de distinta naturaleza.

2.2.2.2. Etiquetado

Las etiquetas de los envases que contengan residuos peligrosos, deben recoger los siguientes datos:

- Código de Identificación de los residuos.
- Nombre, dirección y teléfono del titular de los residuos.
- Fecha del envasado.
- Naturaleza del riesgo del residuo, expresado con Pictogramas indicadores de testigos.

Las condiciones de colocación de las etiquetas:

- Estarán unidas al envase de un modo firme y capaz de resistir las operaciones de movimiento del envase.
- Se colocarán de forma visible de modo que llame la atención y sea fácilmente legible.
- Deben Identificar perfectamente el residuo, incluso en los recipientes que se utilicen para su transporte.

2.2.2.3. Almacenamiento

LIQUIDOS:

Como la forma de almacenamiento puede incidir en un % variable sobre costos de manipulación y transporte. Se transportará los líquidos residuales en cisterna que es mucho más cómodo a la hora de la carga y más barato a la hora del transporte.

En la corriente 712 se van a generar 3235 Tn / año de un efluente residual líquido que contiene la mezcla de ciclohexanol, ácido succínico, ácido adípico, ácido glutárico y ácido adípico.

En la corriente 718 se generan 3,5 millones de Tn/año (99'95 % agua y 0'05 ácido nítrico).

Y en la corriente 523 se generan 1866,18 Tn/año(90,65% ácido succínico anhidro y 9,35% ácido adípico)

La corriente 712 se verterá para su posterior recogida en un depósito enterrado RE-701 situado en el área 700 de la planta.

La corriente 523 se verterá para su posterior recogida en un depósito enterrado RE-501 situado en el área 500 de la planta.

Ambos depósitos tienen las mismas dimensiones de 3'5 de diámetro y 7 de largo. Con un volumen de 75 metros cúbicos.

SÓLIDOS:

Los residuos sólidos, bien sea en forma pulverulenta o en forma de tortas procedentes de filtros, deberán estar almacenados en contenedores cerrados, para evitar que adquieran agua de lluvia o creen problemas de emisiones atmosféricas en el caso de los pulverulentos. Para este tipo de residuos, se cargará mediante volquete.

Para los residuos semisólidos (pastosos) deberán almacenarse en depósitos enterrados, ya que la forma más idónea tanto para su carga como para su transporte y descarga es mediante camiones mixtos presión-aspiración, siendo además muy útiles para efectuar una eventual limpieza de dichos depósitos debido a la adherencia de los residuos a las paredes de los mismos.

Condiciones generales:

- La zona de almacenamiento de los distintos residuos estará debidamente localizada.
- El tiempo de almacenamiento de los residuos tóxicos y peligrosos no podrá exceder de 6 meses salvo autorización especial del órgano competente de la administración.
- El parque de almacenamiento constará de todas las medidas de seguridad, así como de compartimentos estancos, para cada tipo de residuos, para evitar que por cualquier accidente puedan producirse mezclas que ocasionen graves perjuicios.

- Los tanques, así como los recintos de almacenamiento de residuos deberán contar con un certificado de homologación del Ministerio de Industria.

2.2.2.4. Retirada

En nuestro caso, únicamente nos encargaremos del almacenamiento dejando la retirada y tratamiento de residuos en mano de una empresa especializada.

Los residuos clasificados como tóxicos y peligrosos no podrán salir de donde se generen salvo para ser enviados a gestor / recogedor autorizado.

El responsable del residuo solicitará, con antelación suficiente, al Técnico Medioambiental, la retirada de los residuos tóxicos y peligrosos generados, indicándole tipo de residuo y la cantidad a retirar.

Cuando el gestor proceda a la retirada del residuo rellenará la “Ficha de Control Medioambiental”. Se harán tantas “Fichas” como tipos de residuos peligrosos se retiren.

2.2.2.5. Control

Control de vertido de aguas residuales

En el caso de G8INGENIO dispondremos de arqueta de registro de vertido final, acondicionada para permitir la extracción de la corriente residual.

La empresa ALLENDE se encargará de recoger y tratar en sus instalaciones, como titular autorizado de realizar el autocontrol de regulación del funcionamiento de sus instalaciones de depuración y de la calidad (DQO, pH, sólidos en suspensión y Temperatura) y cantidad de los vertidos.

Control de la producción de residuos

G8INGENIO deberá registrar y conservar en un archivo los documentos de aceptación y documentos de control y seguimiento durante un periodo no inferior a

cinco años para los residuos peligrosos, y no inferior a tres años para los residuos no peligrosos. G8INGENIO tendrá en sus instalaciones un libro de control de la gestión de los residuos peligrosos. Dicho libro deberá ser aceptado diligenciado por la Dirección General de Calidad Ambiental y Cambio Climático o bien llevar un sistema de registro informático, aceptado por dicha Dirección General, debiendo conservarse durante un periodo no inferior a cinco años.

Destino vertedero:

- Se solicitará ALBARÁN DE ENTREGA del vertedero autorizado o el requisito que aplique.
- Si la gestión de estos residuos se hace a través del subcontratista de obra, se le EXIGIRÁ que cumpla con los mismos requisitos y que entregue el albarán de entrega.

2.3. Gestión de residuos en taller, almacén y oficinas

Para cada tipo de residuo generado en taller, almacén u oficina, el Técnico de Medio Ambiente, definirá el lugar en donde se van a depositar y, además para los residuos peligrosos dispondrá de los envases que vayan a contenerlos, con sus correspondientes etiquetas de identificación y pictogramas.

Los residuos generados en estas zonas, una vez clasificados como peligrosos o inertes, el proceso será el descrito anteriormente.

2.4. Gestión de los residuos generados por subcontratistas

A los subcontratistas se les exigirá la misma metodología que si hubieran sido generados por G8 INGENIO.

2.5 Gestión de los RSU (residuos sólidos urbanos)

2.5.1. Gestión de los RSU

Se considera como gestión de los residuos sólidos urbanos al conjunto de operaciones que se realizan con ellos desde que se generan hasta la última fase en su tratamiento. Abarca pues 3 etapas:

1. Depósito y recogida
2. Transporte.
3. Tratamiento

1) RECOGIDA:

La recogida de los residuos urbanos consiste en su recolección para efectuar su traslado a las plantas de tratamiento.

Básicamente existen 2 tipos fundamentales de recogida:

- Recogida no selectiva: los residuos se depositan mezclados sin ningún tipo de separación
- Recogida selectiva: los residuos se separan y se depositan según su clase.

2) TRANSPORTE:

Posteriormente a la recogida se realiza el transporte de los residuos hacia las estaciones de transferencia, plantas de clasificación, reciclado, valorización energética o vertedero.

3) TRATAMIENTO:

Es la etapa final del proceso y la etapa de mayor importancia.

Si los residuos vienen ya separados desde el origen como es el caso del papel o el vidrio se dirigen directamente a la planta de reciclado.

Si los residuos vienen junto como es el caso de los envases hay que separar según su naturaleza.

El proceso de selección se realiza mediante diversos sistemas:

- Metales férricos: por medio de campos magnéticos.
- Metales no férricos: triaje manual y por corrientes de Foucault.
- Papel , cartón y plásticos duros: se seleccionan por triaje manual
- Plástico film: mediante sistemas neumáticos.
- Vidrio de color y vidrio blanco: por triaje manual

Una vez separados los residuos hay que realizar su tratamiento. Se someterá a una de las siguientes opciones según la naturaleza , el estado de los residuos y según el modelo de gestión implantado.

1. Reciclado
2. Valorización energética.
3. Vertido controlado

2.6 Gestión de residuos peligrosos:

Residuos cuya gestión se realizará de acuerdo al régimen general establecido en el Real Decreto 833/1988, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20 / 1986, básica de residuos tóxicos y peligrosos como:

- Ciclohexanol
- Ácido Succínico y Ácido Succínico anhidro.
- Ácido Glutárico
- Ácido Adípico
- Ácido nítrico

ANEXO II

- **Instrucción Gestión Aguas Residuales.**
- **Tratamiento de Líquidos.**
- **Drenajes.**

1. INSTRUCCIONES GENERALES.

Dadas las características de la obra, se prevé la instalación de:

- Dos servicios de lavabo-inodoro de tipo químico mientras se crean los edificios principales y secundarios de la planta. Estos servicios serán alquilados a una empresa especialista que se encarga de la limpieza periódica y vaciado de los mismos.
- Las restantes aguas residuales generadas una vez la planta se encuentra en funcionamiento serán gestionadas por una empresa externa autorizada que se encargará de la recogida y tratamiento posterior.

2. REGISTRO.

La retirada de las aguas residuales de los lavabos químicos y de las aguas residuales generadas en la producción de ácido adípico se registrará según la “Ficha de Control Medioambiental”, incluida en el Anexo IV de esta Plan de Medio Ambiente.

3. TRATAMIENTOS DE AGUAS

3.1. Tratamiento de Líquidos Sanitarios.

Este sistema recogerá los residuos de los baños, lavatorios, duchas, cocinas y vestidores. Se prevé que una planta de tratamiento de efluentes sanitarios de tipo biológico será provista en la Planta G8INGENIO y tendrá las siguientes características:

- Cribado de residuos sólidos gruesos;
- Compensación de velocidades de flujo y bombeo;
- Purificación biológica en un reactor de fango activado en una cámara de aireación.
- Sedimentación secundaria;
- Cámara de contacto y sistema de cloración.

Para este proyecto, la descarga directa de los efluentes residuales sanitarios tratados se hará directamente en el océano respetando los límites de vuelco adoptados para este proyecto.

El diseño de la planta de tratamiento de residuos sanitarios o cloacales tendrá en cuenta una población máxima de 80 personas y los siguientes parámetros de diseño han sido considerados:

- Población total: 80 habitantes;
- Volumen por habitante: 0,25 m³/d;
- Volumen total: 12,5 m³/d;
- DBO entrante (promedio): 250 mg/l;
- DBO entrante diario total (promedio): 3,1 kg/día;
- DBO saliente (máximo): 50 mg/l.

Se planifica que cada subcontratista involucrado en la fase de construcción del proyecto provea su propio sistema temporario de tratamiento de efluentes residuales, cuya capacidad deberá ser adecuada para la cantidad de empleados.

Estos sistemas de tratamiento incluirán un sistema de drenaje que recogerá los líquidos provenientes de baños, lavatorios, duchas, vestidores y cocinas y los llevarán a un tanque séptico donde se acumularán.

Los sólidos y semisólidos provenientes del tanque séptico serán periódicamente removidos y adecuadamente almacenados en un área dedicada, a la espera de su transporte. El tratamiento y eliminación definitiva fuera de la planta se realizará a través de transportistas y operadores de residuos debidamente autorizados y aprobados.

Además, se deberá instalar una trampa de grasa en la salida de la cocina con el fin de eliminar estos materiales de la corriente de efluentes residuales sanitarios. Periódicamente, se limpiarán estas cámaras y los residuos se almacenarán adecuadamente dentro del área de almacenamiento antes mencionado. Estos residuos se removerán, tratarán y eliminarán fuera de la planta a través de transportistas y operadores de residuos debidamente autorizados y aprobados.

El contratista deberá respetar los requisitos ambientales para eliminación o descarga de residuos sanitarios.

3.2. Tratamiento de Líquidos Laboratorios

Esto se refiere exclusivamente a los residuos líquidos que provienen del Laboratorio de la Planta G8INGENIO que han sido principalmente neutralizados por la dosificación de ácidos o bases, según corresponda. Después de neutralizar el residuo líquido, se colocarán en recipientes adecuados y se almacenarán hasta que sean recolectados, transportados y tratados externamente a la Planta G8INGENIO a través de empresas debidamente autorizadas y habilitadas. El sector de almacenamiento será provisto de contención secundaria para evitar posibles derrames de estos líquidos.

Existe otra posibilidad para el almacenamiento de estos líquidos y consiste en derivarlos al tanque de agua de desecho para que luego sean recolectados y tratados externamente en forma conjunta con los demás líquidos allí acumulados.

4. DRENAJES

4.1. Drenaje No Industrial

Drenaje Pluvial: el drenaje de agua o de precipitaciones pluviales consta de líquido que se origina del escurrimiento de agua de lluvia desde los edificios, caminos, áreas de la planta y cualquier otro flujo de agua no contaminada. Debido a la ubicación de la planta y a las características climáticas generales de la región, no se prevén cantidades significativas de agua de lluvia. Por lo tanto, el drenaje del agua de lluvia deberá cumplir con las condiciones mínimas de las precipitaciones. No se requerirá ningún tratamiento para el agua de lluvia.

Drenaje Sanitario o Cloacal: este sistema recogerá los desperdicios residuales de baños, lavatorios, duchas, cocinas y vestidores. Debido al limitado número de personal en la Planta G8INGENIO durante las operaciones, los líquidos sanitarios serán mínimos y se calculan para aproximadamente 80 operarios.

Durante la etapa de construcción de la Planta G8INGENIO se prevé que cada contratista y/o subcontratista provea a su personal de las instalaciones adecuadas para la recolección, conducción, tratamiento y disposición de estos líquidos residuales.

4.2. Drenaje Industrial

El drenaje de agua industrial, es decir el agua que tiene un cierto grado de contaminación, constará de unos drenajes cerrados y abiertos de proceso.

Drenaje Abierto de Proceso: este drenaje recolectará todos aquellos líquidos industriales residuales constituidos básicamente por purga de instrumentos y/o equipos y de cualquier agua (de lluvia o lavado) que haya tenido contacto con una o varias de las áreas de proceso.

Los puntos de recolección del drenaje abierto estarán físicamente conectados desde las áreas de producción y/o despacho hasta el colector de drenaje abierto.

Las áreas de producción y despacho de productos (incluyendo el área de carga de camiones) en las que se pudieran llegar a producir o donde existiera una mayor probabilidad de ocurrencia de pequeñas pérdidas de aceite, o agua (de lluvia o lavado) que haya estado en contacto con éstos, serán provista de una losa de hormigón en declive que permitirá que el escurrimiento de cualquier líquido sea enviado a una fosa sumidero (de hormigón) que será provista en forma conjunta con la losa.

Los posibles compuestos químicos acumulados en estas fosas serán primeramente separados del agua limpia, bombeándose éstos al tanque de aceite residual y el agua oleosa se descarga en un tanque destinado a tales fines (tanque de agua de desecho) hasta que sea recolectada y tratada externamente por empresas debidamente autorizadas y habilitadas por las autoridades. El agua limpia acumulada en estos sumideros se drena al sistema general de drenaje de escurrimientos del área en cuestión. Se instalarán bombas accionadas por motor eléctrico (cada una al 100% de su capacidad de diseño) para eliminar los líquidos almacenados en las fosas sumidero.

Otra posible fuente de agua contaminada será el sistema de extinción de incendios.

Drenaje de Líquidos de Laboratorio: este sistema de drenaje manipulará exclusivamente efluentes residuales provenientes del laboratorio de la Planta G8INGENIO que habrán sido previamente neutralizados mediante el agregado de ácidos o bases, según

corresponda. Los efluentes residuales neutralizados serán manipulados de acuerdo con lo expresado en el punto 3.2.

Drenaje Cerrado de Proceso: los drenajes de la unidad de destilación primaria tendrán baja presión y se enviarán por medio de un colector subterráneo a un recipiente subterráneo destinado a tales fines y que poseerá una alarma de cierre por nivel máximo y mínimo de líquido. Los vapores generados en este recipiente se conducirán hacia el quemador de la antorcha de baja presión, mientras que los líquidos se bombearán a través de una bomba vertical montada en la parte superior del recipiente para transferir los líquidos ya sea a los recipientes de redestilación o bien al tanque de aceite agudo.

Los puntos de recolección del drenaje cerrado estarán físicamente conectados desde los recipientes e instrumentos hasta el colector de drenaje cerrado.

Drenajes de Aceite Lubricante Residual: los usuarios más significativos de aceite lubricante son los generadores de energía impulsados por turbinas, los compresores refrigerantes, los compresores de aire para instrumentos y la bomba de agua para lucha contra incendios. Los drenajes de estos equipos serán enviados mediante un drenaje abierto a los recipientes subterráneos de drenaje de aceite lubricante, que estarán equipados con bombas verticales destinadas a transferir el contenido (automáticamente, mediante sensores de nivel) al tanque de aceite agudo.

Posteriormente los líquidos transferidos a este tanque se separarán en una fase oleosa que será transferida como parte de la alimentación de la unidad de destilación primaria y una fase acuosa que será almacenada en un tanque destinado a tales fines (tanque de agua de desecho) hasta que sea recolectada y tratada adecuadamente en instalaciones externas a la Planta G8INGENIO que se encuentren debidamente habilitadas por las autoridades competentes.

ANEXO III

- **Instrucción de Control de Derrames**

1. **INSTRUCCIONES GENERALES.**

Se deben de prever derrames de producto en la ejecución de los trabajos. Desde derrames de combustible o de aceites, que se puedan provocar accidentalmente por el uso de la maquinaria utilizada en obra o durante el vaciado de circuitos de aceite, hasta fugas y derrames en la instalación en equipos, embridados, pernos, juntas etc.. También pudieran darse casos de derrames durante las operaciones de pintado.

Es por ello que se prestará atención a los depósitos de gasóleo de compresores, generadores y cualquier máquina con motor de combustión. También se tendrán continuamente vigilados los tanques por posibles fugas que pudieran ocurrir al descubrir una bajada de presión en el interior de éstos.

No se realizarán cambios de aceite de la maquinaria en obra a no ser que sea absolutamente inevitable. En este caso se dispondrá de una bandeja de capacidad suficiente para contener el aceite usado. El aceite viejo se almacenará en un bidón metálico y será retirado de obra por un gestor autorizado. Se actuará de igual manera en el caso del vaciado de circuitos de aceite existentes en la Planta.

La instalación estará controlada de forma continua por personal cualificado para que ante cualquier anomalía evitar males mayores. Y en el momento que existiese cualquier indicio de fuga por tuberías o equipos mediante válvulas e instrumentación poder aislar el tramo afectado.

Los tanques de almacenaje aéreos estarán rodeados por unos cubetos con la capacidad suficiente que en el caso que fugaran pudieran aislar el producto del resto de la planta. Posteriormente si el producto no es peligroso mediante chuponas se podría aspirar. Si el producto es peligroso se procederá actuar según instrucción técnica a seguir del producto en cuestión.

En nuestra planta también tendremos depósitos o tanques enterrados para almacenaje de materia prima y para el almacenaje de efluentes residuales líquidos, generados por 3 corrientes. Estos tanques irán a su vez cerrados herméticamente por otro tanque para evitar la contaminación del subsuelo en caso de fuga.

2. INSTRUCCIONES GENERALES A SEGUIR EN CASO DE DERRAME.

Acción inmediata:

- Actuar para evitar que siga produciéndose el derrame.
- Evita la dispersión del producto derramado, por medios físicos.
- En caso de líquidos, impedir que el derrame afecte a las redes de aguas de la instalación o al terreno, conduciéndolo hacia zonas con suelo protegido y sin desagües o drenajes.
- En el caso de que el vertido afecte a las redes de vertido, se actuará con los medios disponibles para minimizar los efectos en el medio receptor y se avisará de inmediato a la Dirección de Obra.

Acción Posterior:

- No lavar el derrame con agua.
- Recoger el producto confinado, en recipientes herméticos y adecuados según las características del producto derramado.
- En el caso de líquidos, absorber el líquido residual con arena u otro absorbente inerte, o bien barre y depositar en recipientes adecuados.
- Identificar el contenedor respecto al producto que contiene y gestionar como residuo peligroso conforme a la legislación vigente.

Independientemente de lo anterior, se seguirán las recomendaciones de las fichas de seguridad de los productos vertidos.

Se estudiará la magnitud del derrame y según la magnitud del derrame se abrirá una No Conformidad.

La gestión de los derrames se registrará según ficha del Anexo IV "Ficha de Control Medioambiental".

MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL PARA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE Y PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA DE LAS SIGUIENTES SUSTANCIAS PELIGROSAS:

ÁCIDO NÍTRICO

El objetivo principal es prevenir la contaminación del suelo, aguas y desagües. Se recogerá el líquido procedente de la fuga en recipientes precintables, se neutralizará cuidadosamente el residuo con carbonato sódico y se eliminará a continuación con agua abundante. No se absorberá en serrín u otros absorbentes combustibles.

CICLOHEXANOL

El objetivo principal es evitar que penetre en la canalización, aguas superficiales y subterráneas.

En caso de vertido se quitará con material absorbente (arena, material absorbente de ácidos o universal, serrín) y se eliminará el material contaminado como desecho.

ÁCIDO SUCCÍNICO

No existen según ficha de datos de seguridad precauciones para la protección del medio ambiente.

Se recogerá en seco y se depositará en contenedores de residuos para su posterior eliminación, limpiando los restos con agua abundante.

DISOLUCIÓN DE ÁCIDO GLUTÁRICO, SUCCÍNICO, ADÍPICO, NÍTRICO Y AGUA

Se procederá a contener los derrames grandes con terraplenes y se transferirá el material a los recipientes resistentes a la corrosión para reclamación o disposición final.

1. Se absorberá el material que queda o los derrames pequeños con un material inerte

2. Colocar luego en un recipiente de desechos químicos
3. Neutralizar las aguas de lavado con ceniza de sosa o cal.
4. Enjuagar la zona de los derrames con agua.

ANEXO IV

- **Ficha de Control Medioambiental**

DATOS DE LA OBRA:

OBRA: CONSTRUCCIÓN PLANTA PRODUCCIÓN ÁCIDO ADÍPICO

CÓDIGO: GRUPO 8

JEFE DE OBRA:

TÉCNICO DE MEDIO AMBIENTE:

DATOS DE IDENTIFICACIÓN:

RESIDUO	☐ PELIGROSO	☐ DERRAME	☐ AGUAS RESIDUALES
	☐ INERTE		

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO (sólo en caso de residuo o derrame)

DATOS DE LA GESTIÓN:

LUGAR DE RECOGIDA: _____

FECHA DE RECOGIDA: _____

CANTIDAD RECOGIDA:

MODO DE RETIRADA:

GESTOR G8INGENIO:

GESTOR EXTERNO:

DOCUMENTACIÓN ☐ NO ☐ SI : _____

Por G8INGENIO (Nombre, Fecha y Firma)	Por Gestor (Nombre, Fecha y Firma)

OBSERVACIONES:

ANEXO V

Programa de Puntos de Inspección

Nº	PUNTO DE INSPECCIÓN	DESCRIPCIÓN	NOMBRE INSPECTOR	FECHA INSPECCIÓN	OBSERVACIONES/ COMENTARIOS
1	Señalización y accesos	- La zona de obras se encuentra correctamente señalizada - Las medidas adoptadas para garantizar el acceso a las zonas cortadas por las obras son las adecuadas			
2	Orden y limpieza	- La zona de obras y las inmediaciones se mantienen en correcto estado de orden y limpieza. - Se retiran de la zona de ocupación temporal, una vez finalizadas las obras, todos los materiales, herramientas, casetas y demás restos procedentes de los trabajos.			
3	Maquinaria y equipos	- El movimiento de la maquinaria y los vehículos se limita exclusivamente a la zona de trabajo. - La maquinaria y los equipos están en adecuadas condiciones de funcionamiento y no se aprecian pérdida de fluido.			
4	Almacenamiento de productos químicos	- Se dispone de las fichas de seguridad de los productos químicos almacenados. - Los almacenes están alejados de las zonas de tránsito de vehículos. - Los envases están identificados respecto al producto que contienen. - La disposición de los productos químicos es compatible con las características físico-químicas de los mismos. - Las zonas de almacenamiento disponen de las medidas protectoras del suelo adecuadas. - En las operaciones de manipulación y transporte de productos químicos se adoptan las medidas adecuadas para evitar derrames.			
5	Control de derrames	- Las operaciones de mantenimiento de la maquinaria y equipos se realizan en las zonas habilitadas al efecto o con los medios adecuados para prevenir los derrames. - No existen derrames en la zona de obras. - Se respecta lo indicado en el procedimiento de control de derrames.			

6	Gestión de aguas residuales	- No existen fugas o vertidos al terreno en las fosas sépticas estancas o se dispone de la autorización de vertido impuestas, cuando las fosas sépticas no sean estancas. - Se realizan los vaciados adecuados para el buen funcionamiento de estas instalaciones. - Se respeta lo especificado en el procedimiento de gestión de aguas residuales.			
7	Almacenamiento de residuos.	- Los contenedores de residuos no tienen pérdidas de contenido. - Los contenedores están identificados respecto al residuo que contienen. - No existen mezclas de residuos diferentes en un mismo contenedor.			
8	Documentación de la gestión de residuos	- Se dispone de los documentos de aceptación por gestor autorizado de los residuos peligrosos que se generan habitualmente en obra. - Se dispone de autorización por parte de la Comunidad Autónoma para los estores y transportistas de residuos. - Se tienen los documentos de control y seguimiento de las retiradas de residuos peligrosos efectuadas. - Los residuos urbanos y asimilables se ponen a disposición del Ayuntamiento más cercano o se entregan a vertedero autorizado. - Los escombros y tierras sobrantes son trasladados a vertedero y se dispone de documentación que lo acredita.			
9	Prevención de incendios	- Se dispone de los medios de prevención y control de incendios adecuados. - No existen materiales inflamables en la zona de trabajo o en los lugares con riesgo de incendio.			
10	Requisitos específicos incluidos en estudios, permisos, etc.	- Autorización por parte del Ministerio de Fomento del montaje de la Planta de Producción de Ácido Adípico.			

9.- EVALUACIÓN ECONÓMICA

9.1.- INTRODUCCIÓN

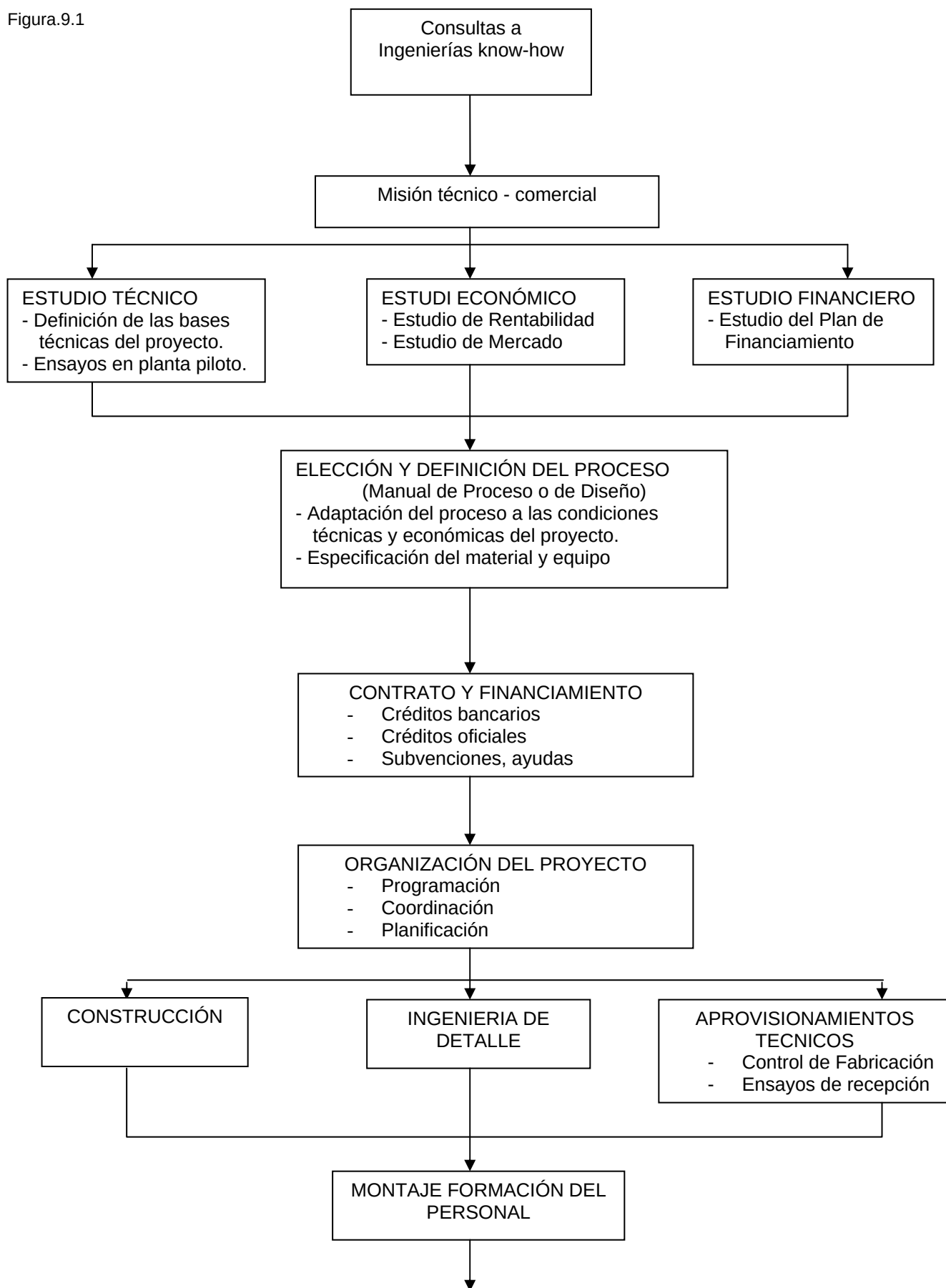
9.1.1.- Secuencias de actuación en un proyecto de una planta química

Cualquiera que sea el tipo y el alcance del proyecto, es indispensable llevar a cabo un análisis económico previo, antes de introducirse en los aspectos técnicos más precisos, todo y que la aplicación en el proyecto de una o otra tecnología modificará sin duda el resultado de este análisis económico.

No es función del ingeniero de proyecto, y todavía menos del ingeniero de proceso, realizar un análisis económico muy detallado, sobretodo en los grandes proyectos. Así mismo se necesita que cualquier ingeniero de proyecto tenga un conocimiento más que superficial de las principales metodologías para evaluar la rentabilidad de un proyecto, por tal de adquirir un nivel de lenguaje suficiente para hablar con los profesionales del tema y para poder aplicarlas a proyectos de alcance más pequeño, de los cuales probablemente será el responsable, como Project manager.

Un proyecto de construcción de una planta química se estructurará siguiendo el esquema de la Figura 9.1.

Figura.9.1



En primer lugar se realiza la consulta a alguna firma de ingeniería. Se ha de distinguir si se conoce el proceso o sistema de fabricación si se posee o se conoce la licencia o se ha de comprar la licencia o el know-how fuera de la empresa, que comportaría unos determinados pagamientos por estos conceptos.

En una ingeniería, normalmente, se procede pidiendo al licenciado del proceso una primera información muy básica, tanto del proceso, como del que podría costar la licencia (si está disponible) o el know-how. En el caso que el licenciado estuviese dispuesto a llegar a un acuerdo con la empresa, las negociaciones se llevarían a su máximo nivel ejecutivo ya que el proceso de adquisición de los derechos de explotación es o puede ser muy complejo. Esta gestión es la que se indica en la Figura 1 con el epígrafe “misión técnico-comercial”, formada por la Dirección General, el Director del Proyecto y por responsables de los Departamentos de Procesos, Financiero y Jurídico ya que pueden haber aspectos muy críticos a tratar desde todos estos ámbitos.

Al mismo tiempo se efectúa un estudio técnico, económico y financiero con los siguientes objetivos:

- Definición de las bases técnicas del proyecto, tal y como, las condiciones del emplazamiento, materias primas y auxiliares, equipos principales, una definición de los servicios necesarios y disponibles en el lugar, un estudio de los aspectos ambientales y de seguridad más relevante, etc.
- Si fuese necesario, en esta fase se realizarían los ensayos en planta piloto y otros estudios de carácter técnico.
- El presupuesto conllevará, un estudio de mercado y un análisis de rentabilidad del proyecto.
- Un estudio detallado del plan de financiamiento, con las fuentes de financiamiento que se aplicarán, la posibilidad de obtener créditos bancarios, subvenciones, préstamos oficiales, etc.

A continuación, viene la etapa de elección y definición del proceso, que tiene como objetivo la elaboración del Manual de Proceso o Manual de Diseño que contendrá información substancial del proceso, balances de materia y energía, las especificaciones de los equipos, esquemas, diagramas, planos, etc., y en general los datos que sean necesarios

para el desarrollo del proyecto en detalle. También tiene como un objeto adecuar el proceso elegido a las condiciones específicas, técnicas y económicas, del proyecto.

El Manual de Diseño ofrece suficiente información para revisar y afinar el presupuesto y buscar, si es necesario, fuentes de financiamiento externas extra que completen el financiamiento propio. Hay tipos de proyectos, como, por ejemplo, los relacionados con el medio ambiente, que a menudo no se pueden concretar si no cuentan con subvenciones financiados por alguna Administración pública: de aquí, entonces la necesidad de estar al día en los programas de ayuda oficiales y tener en cuenta que la administración suele tardar en efectuar los pagos, una vez concedida la ayuda oficialmente.

En la etapa siguiente, la de organización del proyecto, se puede decir que comienza la parte técnica y de gestión del proyecto, mediante la planificación, programación y coordinación del mismo, de tal manera que la ingeniería de detalle se lleve a cabo con la máxima eficacia de recursos. Es necesario hacer notar que es la fase más importante para un ingeniero de proceso es la que se acaba con la redacción del Manual de Proceso, pero que no significa que haya dejado de participar en el proyecto. Durante todo el proyecto, su relación con los diferentes departamentos de ingeniería y con el director del proyecto será constante y además, participará casi seguro en el tramo final de la construcción de la planta, en las operaciones previas a esta y, finalmente, en su puesta en marcha.

La fase de construcción y aprovisionamiento para el montaje de la planta (control de fabricación y ensayos de recepción) ha de transcurrir en paralelo con la ingeniería de detalle por tal que no surjan retrasos en la data de plazo de ejecución de la planta.

El proyecto concluiría con las etapas de montaje y puesta en marcha ya que son claves tanto del punto de vista contractual como del funcionamiento futuro con completa garantía de la instalación.

9.1.2.- Viabilidad de un proyecto

A pesar de todo el interés económico o de otro tipo que el proyecto pueda tener, pueden existir múltiples factores que condicionen la vida del proyecto o de la futura instalación. Por ejemplo, un problema de contaminación grave, difícil de resolver (hoy en día, el aspecto ambiental está completamente integrado en el proyecto), la falta de mano de obra especializada, suministro de materias primas no garantiza en el futuro, falta de materiales resistentes a la corrosión, etc.

Puede haber entonces un importante grado de incertidumbre que los responsables habrán de valorar, aplicando sus conocimientos y experiencia o por medio de técnicas que evalúen el riesgo económico, y finalmente habrán de decidir si el proyecto se realiza correctamente y asumir un determinado riesgo.

Los aspectos que habrán de considerarse a la hora de llevar a cabo un estudio de viabilidad son los siguientes:

- Materias primas (disponibilidad, cantidad, calidad, coste).
- Servicios disponibles (cantidad, calidad)
- Termodinámica y cinética de las reacciones químicas implicadas (equilibrio, rendimiento, velocidades de reacción, condiciones óptimas).
- Instalaciones y equipos que habrán de comprarse.
- Estimación de los costes de producción y de la inversión total.
- Beneficios (probable y optimo, por año, por kg,...)
- Rentabilidad.
- Materiales de construcción.
- Aspectos de Seguridad y Medio Ambiente.
- Mercados (suministros y demandas actuales y futuras, usos actuales y usos potenciales, hábitos de compra por el caso de productos de consumo, márgenes de precios de productos y de subproductos, cifra de clientes potenciales y formas de distribución).
- Competencia (comparación entre procesos de competidores, estudiando las especificaciones de sus productos, sus cifras de venta, su mercado...).
- Propiedades de las materias (propiedades físicas y químicas, impurezas, influencia de las condiciones de almacenamiento en la calidad de los productos, información sobre el grado de inflamabilidad, la toxicidad por las personas y el medio ambiente).
- Servicio de venta (métodos de venta y de distribución, servicios técnicos requeridos).
- Transporte, posibles restricciones, contenedores...
- Ubicación de la planta.
- Situación de la patente y posibles restricciones legales.

Por tanto, para determinar si el proyecto es o no viable, se ha llevar a cabo la valoración económica del mismo. Es muy importante conocer que cantidad de dinero se

habrá de invertir, cuales serán los costes de operación de la planta y, finalmente, que rentabilidad se obtendrá.

Es decir, se habrán de evaluar previamente:

- Costes de capital o inversión del proyecto.
- Costes de fabricación del producto.
- Ingresos para la venta del producto o servicio.

9.2.- VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA PLANTA: ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN INICIAL

La inversión inicial corresponde a todo el capital desembolsando antes de comenzar la actividad y permitiendo obtener bienes o servicios al cabo de un periodo de tiempo.

La inversión consta de los gastos previos, el capital inmovilizado, el capital inmovilizado, el capital circulante y los gastos asociados a la puesta en marcha.

9.2.1.- Gastos previos

Se incluyen todos aquellos gastos anteriores al proyecto: I + D, construcción de la planta,...

Los gastos no se calcularán porque se tendrán en cuenta a la hora de calcular el capital inmovilizado.

9.2.2.- Capital inmovilizado

Es el capital destinado a la compra de los medios de transformación (planta, parcela, edificación,...). A medida que pasa el tiempo pierde valor, por tanto, desde el punto de vista contable, se permite que sea amortizado.

Para calcular el capital inmovilizado se ha de utilizar el método Vian. En este método, la primera partida es "Maquinaria y aparatos". Esta partida se ha de calcular mediante el método de Happel por los equipos comunes. Los precios de los equipos que no se pueden calcular por este método se buscarán a internet.

9.2.2.1.- Costes de los equipos

El método de Happel da el coste de compra C en dólares del año 1970, este coste de compra se habrá de convertir a euros actuales, mediante un factor de conversión de los dólares a euros.

Para pasar de dólares de 1970 a dólares de 2008 los coeficientes utilizados son:

M&S (1970)= 303.3

M&S (2008)= 1408.6

$$C \text{ (dólares 2008)} = C \text{ (dólares 1970)} \times \frac{M\&S (2008)}{M\&S (1970)}$$

Para pasar de dólares de 2008 a euros de 2008 el cambio es:

$$C \text{ (euros 2008)} = C \text{ (dólares 2008)} \times 0,688$$

Para algunos de los equipos se ha utilizado el método Happel para calcular el coste de compra C, aunque ha sido necesario aplicar factores de corrección para material, ya que la correlación utilizada en este método es para acero al carbono.

A continuación se muestran los precios de cada uno de los equipos sin la instalación. La mano de obra de instalación se tendrá en cuenta con el método de Vian.

TANQUES

El coste de compra depende del peso total del tanque.

Y el coste también será dependiente del tipo de acero inoxidable utilizado: AISI 316L o AISI 304L.

Nomenclatura	Nº Tanques	Peso (Kg)	Coste de compra (M€ 2008)
T-101	7	96064,22	1,249
T-108	3	265007,73	3,445
T-201	9	121133,07	1,575
TD-501	1	1039,31	0,014
T-501	1	3417,19	0,044
T-502	2	5766,7182	0,075
TD-502	1	1039,31	0,014

T-701	1	2036	0,026
DH-501 al DH-503	3	59660,58	0,776
DP-501 A/B	2	17456,16	0,227
DP-502 A/B	2	3526,16	0,046
DP-503 A/B	2	3526,16	0,046
RE-501	1	137234,6	1,784
RE-701	1	137234,6	1,784
SI-601	7	90759,2	1,180
PRECIO TOTAL			12,284

AGITADORES

El coste de compra depende de la potencia al eje del motor, en caballos de vapor (HP).

$$\text{Coste 2008} = 1070 \times (\text{HP})^{0.56} \times (\text{M\&S (2008)} / \text{M\&S (1970)})$$

Nomenclatura	Nº agitadores	Potencia (HP)	Coste de compra (MM€ 2008)
M-501	4	594,12	0,122252297
M-502	2	5,96	0,009290207
M-503	3	10,32	0,012634211
M-701	1	10,05	0,012448026
M-601	2	53,64	0,031798102
PRECIO TOTAL			0,188422843

INTERCAMBIADORES DE CALOR

El coste de compra está calculado a partir de un dato conocido; peso total en Kilogramos de acero inoxidable, incluyendo carcasa y tubos.

El acero inoxidable que se ha utilizado para los intercambiadores de calor son el AISI 304L y el AISI 316L.

El AISI 304L está aconsejado para fluidos más corrosivos, tiene un precio aproximado de 13'8 euros/kg.

Y el AISI 316L es algo más económico con un precio de 13 euros/kg.

Nomenclatura	Coste de Compra (MM€ 2008)
IC-401	0,011
IC-503	0,004
IC-504	0,641
IC-701	0,076
IC-702	0,730
IC-801	0,083
IC-802	0,030
IC-803	0,020
IC-804	0,005
IC-805	0,108
IC-806	1,423
K-401	0,274
K-501	0,555
K-502	1,125
K-701	1,121
K-702	0,329
CO-401	0,073
CO-501	0,002
CO-502	0,008
CO-701	0,847
PRECIO TOTAL	7,464

COMPRESORES

El coste de compra depende de la potencia del motor del compresor, en caballos de vapor (HP).

Mediante la fórmula de Happel, en primer lugar, se calcula la potencia de los compresores y a partir de ella se calcula el precio.

$$H_p = 0.0044 \times P_1 \times Q_1 (\ln(P_2 / P_1))$$

Siendo;

H_p : potencia

P_1 : presión de entrada (lb/in²)

P2: presión de salida (lb/in²)

Q1: caudal de entrada del gas (ft³/min)

$$\text{Coste 2008} = 645 \times (\text{HP})^{0.8} \times (\text{M\&S (2008)} / \text{M\&S (1970)})$$

Nomenclatura	Potencia (Hp)	Coste de compra (€ 2008)
C-401	36,64	40000
C-801A/B	28,82	30000
PRECIO TOTAL		70000

REACTORES

El coste de compra de este equipo también se ha calculado conociendo el peso del equipo total, incluyendo tubuladuras y considerando que el material del equipo es acero inoxidable AISI – 304L, valorado en 13,8 euros/kg.

Nomenclatura	Unidades	Coste de compra (M€ 2008)
R-301/A	1	0,596
R-301/B	1	0,596
R-302/A	1	0,592
R-302/B	1	0,592
R-801	2	0,730
R-802	2	0,388
PRECIO TOTAL		3,495

TURBINA

El coste de compra se ha consultado por internet.

Nomenclatura	Unidades	Coste de compra (€ 2008)
TU-801A / 802A	2	350000
PRECIO TOTAL		350000

COLUMNAS

Para calcular el precio de las columnas se considera:

Precio de acero inoxidable 304: 13.8 euros/kg

Precio de acero inoxidable 316: 13 euros/kg

Por tanto, teniendo en cuenta estos datos, se han calculado los costes totales de compra de la columna, sumando; el peso de la columna vacía, el peso de los platos o del relleno según el tipo de la columna.

Nomenclatura	Unidades	Kg totales de la columna	Coste compra total (MM€ 2008)
D-401	1	5990,400	0,083
CD-401	1	38283,32	0,528
CD-501	1	6926,66	0,096
CD-502	1	66264	0,914
CD-701	1	3180,51	0,044
CD-702	2	86601,54	1,195
AB-801	1	4400,77	0,061
D-801	1	5363,6	0,074
IO-701	6	18931,17	0,261
PRECIO TOTAL			2,995

CALDERA

El coste de compra se ha consultado a un fabricante.

Equipo	Unidades	Coste de compra (MM€ 2008)
Caldera	14	0,392871
PRECIO TOTAL		5,5002

TORRE DE REFRIGERACIÓN

El coste de compra depende del caudal de agua a enfriar, en galones/min.

$$C = 476 \times (\text{gal} / \text{min.})^{0.6} \times (\text{M\&S (2008)} / \text{M\&S (1970)})$$

Equipo	Unidades	Caudal (Galones /min.)	Coste de compra (MM€ 2008)
Torre de Refrigeración	3	319396,1914	3,05287136
PRECIO TOTAL			3,05

CRISTALIZADORES

El coste de compra depende del peso total del cristalizador y del tipo de acero inoxidable utilizado (AISI-304L o AISI-316L).

Nomenclatura	Peso (kg)	Coste de compra (€ 2008)
CR-501	26494,3	365621,340
CR-502	36699,1	477088,300
CR-503	2689,48	37114,824
CR-504	3592,96	46708,480
PRECIO TOTAL		926532,944

FILTROS

El cálculo de su coste viene determinado por su área periférica total del tambor, aunque es necesario aplicar factores de corrección para material, ya que la correlación utilizada es para acero al carbono y en nuestro caso es acero inoxidable AISI-316L.

$$\text{Coste 2008} = 1620(0,25A_T)^{0,63} \times \text{coef. material} \times (\text{M\&S (2008)} / \text{M\&S (1970)})$$

Nomenclatura	A _T área periférica total tambor	Coste de compra (€ 2008)
F-501	8,07	7446,8845
F-502	8,07	7446,8845
F-503	2,69	3727,2474
F-504	2,69	3727,2474
PRECIO TOTAL		22348,264

SECADORES

El coste de compra depende del peso total del secador cónico, teniendo en cuenta el material con el que ha sido construido (AISI-316L).

Nomenclatura	Peso (kg)	Coste de compra (€ 2008)
S-601	4281	55653,000
S-602	5059	65767,000
PRECIO TOTAL		121420,000

BOMBAS DE VACÍO

El coste de compra se ha consultado por internet

Nomenclatura	Coste de compra (euros 2008)
BV-501	5700
BV-502	5700
TOTAL	11400

BOMBAS

El coste de compra de las bombas depende de la potencia del motor (HP).

El cálculo se ha realizado mediante el método Happel, basado en la siguiente correlación de precios:

Potencia del motor (CV)	Precio de compra (dólares 1970)
1	600
10	1400
100	6000

En el caso de que esta tabla no sea útil, se utilizará:

$$C2 = C1 (Hp2 / Hp1)^{0.52} \times (M\&S (2008) / M\&S (1970))$$

Siendo;

C2: coste de la bomba a instalar

C1: coste de la bomba de referencia

Hp1: potencia de la bomba a instalar

Hp2: potencia de la bomba de la planta

Nomenclatura	Potencia del motor (HP)	Coste de compra(€ 2008)
B-101	1,34	1917,15
B-201	1,34	1917,15
B-301	18,77	6205,16
B-303	18,77	6205,16
B-401	1,34	1917,15
B-402	1,34	1917,15
B-403	1,34	1917,15
B-502	1,34	1917,15
B-503	1,34	1917,15
B-504	1,34	1917,15
B-505	1,34	1917,15
B-506	1,34	1917,15
B-507	1,34	1917,15
B-508	1,34	1917,15
B-509	1,34	1917,15
B-510	1,34	1917,15
B-511	1,34	1917,15
B-512	1,34	1917,15
B-513	1,34	1917,15
B-514	1,34	1917,15
B-515	1,34	1917,15
B-516	1,34	1917,15
B-701	1,34	1917,15
B-702	1,34	1917,15
B-703	1,34	1917,15
B-704	1,34	1917,15
B-705	1,34	1917,15
B-706	1,34	1917,15
B-801	1,34	1917,15
B-802	1,34	1917,15
PRECIO TOTAL		75000

OTROS EQUIPOS

Además de los equipos mencionados anteriormente, en la planta es necesario instalar una antorcha de tipo elevada para la combustión de gases, equipos de frío y estación transformadora para el suministro de electricidad.

Equipo	Unidades	Coste (Euros)
ANT-901	1	680206
EF-901	15	60000
ET-901	1	32700

Estos equipos no se han calculado mediante ningún método, para conocer su coste se pidió un presupuesto a empresas especializadas. SAIDI y VALVULAS NACIONAL en el caso de las válvulas y Rebollo, S.A. para la antorcha.

TOTAL COSTES DE LOS EQUIPOS	37,360

9.2.2.2.- Aplicación del método de Vian.

A continuación se muestran los cálculos necesarios para calcular el capital inmovilizado.

I_1 = Maquinaria y aparatos: corresponde al valor de los costes de compra de los equipos.

I_2 = Instalación: corresponde a la mano de obra de instalación de los equipos y al transporte hasta la entrada de la planta. Se calcula como el 40% de I_1 , el 20% corresponde al transporte y el 20% a la mano de obra.

I_3 = Tuberías y válvulas: incluye coste más instalación de las conducciones pero no del aislamiento térmico. Se calcula como el 45% de I_1 .

I_4 = Instrumentación y control: se calcula como el 15% de I_1 .

I_5 = Aislamientos térmicos: incluye la instalación y la mano de obra. Se calcula como el 6,5% de I_1 .

I_6 = Instalación eléctrica: incluye subestación, transformadora y motores (agitadores,...). Se calcula como el 10% de I_1 .

I_7 = Terrenos y edificios: incluye el aplanamiento del terreno, los análisis, la construcción de edificios,... Se calcula como el 35% de I_1 . En nuestro proceso no se tiene en cuenta porque nos lo daban.

I_8 = Instalaciones auxiliares: incluye las instalaciones de agua, vapor, gases, refrigeración, calefacción,... Se calcula como el 40% de I_1 .

I_9 = Proyección y dirección de obras: se calcula como el 20% del capital físico, un 12% corresponde a los proyectos, un 6% corresponde a la dirección de obra y un 2% a la gestión de compras.

I_{10} = Contrato de las obras: depende de la localización y complejidad de la planta y precios de cada lugar. Se calcula como el 5% del capital directo.

I_{11} = Gastos no previstos: se incluye para absorber errores, subidas de precios,... Se calcula como el 20% del capital directo.

- Capital Físico: es la suma de I_1 hasta I_8 .
- Capital Directo: es la suma del capital físico más I_9 .

Los resultados obtenidos son:

Parámetro	Descripción	Precio (MM euros)
I1	Maquinaria y aparatos	37,360
I2	Instalación	14,944
I3	Tubería y válvulas	16,812
I4	Instrumentación y control	5,604
I5	Aislamientos térmicos	2,428
I6	Instalación eléctrica	3,736
I7	Terrenos y edificios	0,000
I8	Instalaciones auxiliares	14,944
Y	Capital físico	95,827
I9	Proyección y dirección de obras	19,165
Z	Capital directo	114,993
I10	Contrato de obras	5,750
I11	Gastos no previstos	22,999
I	CAPITAL INMOVILIZADO	143,741

9.2.3.- Capital Circulante

Es el capital destinado al funcionamiento del negocio y asegura el rendimiento del capital inmovilizado. Corresponde a la compra de materias primeras, la producción intermedia y es el que hay en caja. No pierde valor, si no se tiene en cuenta la inflación se mantiene constante.

El capital circulante se ha de estimar como el 20% del capital inmovilizado, tomando como referencia el método global.

CAPITAL CIRCULANTE	28,748

9.2.4.- Gastos de Puesta en Marcha

Los gastos de puesta en marcha se han tenido en cuenta en el cálculo global de los equipos.

Por tanto, la inversión inicial total será:

Descripción	Precio (€)
Gastos previos	0
Capital inmovilizado	143,741
Capital circulante	28,748
Puesta en marcha	0
Inversión inicial	172,489

9.3. – ESTIMACIÓN DEL COSTE DE PRODUCCIÓN

Es el valor expresado en dinero de los bienes y prestaciones utilizados para alcanzar el objetivo de la empresa que es la producción. Se considera coste todo el que sea indispensable para la empresa.

Para hacer una estimación de cada una de las partidas de los costes de fabricación y de producción y sus posibles relaciones se utilizará el método de Vian.

9.3.1. Gastos de fabricación o manufactura

Son los gastos originados en la planta productiva. A continuación se detallan cada una de las partidas.

M_1 = costes de materias primas: se incluyen tanto las materias de reacción como las auxiliares. Se ha de tener en cuenta el coste de almacenamiento y las posibles pérdidas de producto debidas a la manipulación de la materia prima.

	Consumo (kg/año)	Precio Unitario (€/kg)	Precio de compra (€/año)
Ciclohexanol	541632	0,2	108326,4
Ácido Nítrico 60%	1139174,4	0,4	455669,76
Agua de Proceso	4922736	0,015	73841,04
Catalizadores Ag y CuO soportado con Al_2O_3	-	-	100
Resina de Intercambiadores Iónicos	69888000	0,15	10483200
Catalizadores	349440	0,6	209664

(Cu ²⁺ , VO ²⁺)			
PRECIO TOTAL			11330801,2

M₂ = mano de obra directa: incluye la mano de obra del proceso de fabricación, es decir, los operarios.

El número de turnos en nuestra empresa será de 5 turnos rotatorios; mañana, tarde y noche.

Número de turnos = 5 Turnos.

Horas operativas = 24 (horas / día) x 7 (días / semana) x 52 (semanas / año) = 8736 horas /año

Las horas de cada trabajador dependerán del turno que tiene asignado, el cual va variando cada semana. En la siguiente tabla describimos los días de trabajo por turno en este año 2008.

TURNO/MES	I-A	II-B	III-C	IV-D	V-E
ENERO	14	15	16	14	16
FEBRERO	18	18	17	17	17
MARZO	18	18	19	19	19
ABRIL	18	18	18	18	18
MAYO	19	18	18	19	19
JUNIO	18	18	18	18	18
JULIO	19	18	18	19	19
AGOSTO	6	7	5	6	6
SEPTIEMBRE	18	18	18	19	17
OCTUBRE	18	18	19	19	19
NOVIEMBRE	17	18	18	18	19
DICIEMBRE	15	14	15	13	12
TOTAL DIAS- AÑO TRABAJADOS 2008	198	198	199	199	199

Se ha decidido que la planta tendrá 2 operarios por turno y por área haciendo un total de 80 operarios en la planta.

Media Total horas / año trabajadas en un turno = $198,6 \text{ (días / año)} \times 24 \text{ (horas/día)} = 4766,4$

Media Total horas-trabajador /año = 1824 horas-trabajador /año

El salario bruto anual de un operario se considera 20000 euros/brutos anuales. Por tanto, el coste total de los operarios será:

Coste total mano de obra directo = $20000 \text{ (euros / año} \times \text{ persona)} \times 80 \text{ personas} = 1600000 \text{ €/año}$

Los 5 turnos rotarán de mañana, tarde y noche, de la siguiente manera:

G8INGENIO CALENDARIO 5 TURNOS - 2008						TERCER TRIMESTRE											
JULIO	I=A	II=B	III=C	IV=D	V=E	AGOSTO	I=A	II=B	III=C	IV=D	V=E	SEPTIEMBRE	I=A	II=B	III=C	IV=D	V=E
MARTES	1 M			N	T	VIERNES	1					LUNES	1		M	T	N
MIÉRCOLES	2 M	T		N		SABADO	2					MARTES	2		M	T	N
JUEVES	3 M	T		N		DOMINGO	3					MIÉRCOLES	3 N		M	T	
VIERNES	4 M	T	N			LUNES	4					JUEVES	4 N		M	T	
SABADO	5 M	T	N			MARTES	5					VIERNES	5 N	M		T	
DOMINGO	6	T	N		M	MIÉRCOLES	6					SABADO	6 N	M		T	
LUNES	7	T	N		M	JUEVES	7					DOMINGO	7 N	M			T
MARTES	8		N	T	M	VIERNES	8					LUNES	8 N	M			T
MIÉRCOLES	9		N	T	M	SABADO	9					MARTES	9	M	N		T
JUEVES	10 N			T	M	DOMINGO	10					MIÉRCOLES	10	M	N		T
VIERNES	11 N			T	M	LUNES	11					JUEVES	11		N	M	T
SABADO	12 N	M		T		MARTES	12					VIERNES	12		N	M	T
DOMINGO	13 N	M		T		MIÉRCOLES	13					SABADO	13 T		N	M	
LUNES	14 N	M	T			JUEVES	14					DOMINGO	14 T		N	M	
MARTES	15 N	M	T			VIERNES	15					LUNES	15 T	N		M	
MIÉRCOLES	16	M	T		N	SABADO	16					MARTES	16 T	N		M	
JUEVES	17	M	T		N	DOMINGO	17					MIÉRCOLES	17 T	N		M	
VIERNES	18		T	M	N	LUNES	18					JUEVES	18 T	N			M
SABADO	19		T	M	N	MARTES	19					VIERNES	19	N	T		M
DOMINGO	20 T			M	N	MIÉRCOLES	20					SABADO	20	N	T		M
LUNES	21 T			M	N	JUEVES	21					DOMINGO	21		T	N	M
MARTES	22 T	N		M	N	VIERNES	22		T	N	M	LUNES	22		T	N	M
MIÉRCOLES	23 T	N		M		SABADO	23		T	N	M	MARTES	23 M		T	N	
JUEVES	24 T	N	M			DOMINGO	24 M		T	N		MIÉRCOLES	24 M		T	N	
VIERNES	25 T	N	M			LUNES	25 M	T		N		JUEVES	25 M	T		N	
SABADO	26	N	M		T	MARTES	26 M	T		N		VIERNES	26 M	T		N	
DOMINGO	27	N	M		T	MIÉRCOLES	27 M	T		N		SABADO	27 M	T			N
LUNES	28		M	N	T	JUEVES	28 M	T		N		DOMINGO	28 M	T			N
MARTES	29		M	N	T	VIERNES	29 M	T		N		LUNES	29	T	M		N
MIÉRCOLES	30 M			N	T	SABADO	30	T	M		N	MARTES	30	T	M		N
JUEVES	31 M			N	T	DOMINGO	31	T	M		N						
TRABAJO	19	18	18	19	19		6	7	5	6	6		18	18	18	19	17
																	3
G8INGENIO CALENDARIO 5 TURNOS - 2008						CUARTO TRIMESTRE											
OCTUBRE	I=A	II=B	III=C	IV=D	V=E	NOVIEMBRE	I=A	II=B	III=C	IV=D	V=E	DICIEMBRE	I=A	II=B	III=C	IV=D	V=E
MIÉRCOLES	1		M	T	N	SABADO	1		M	T	N	LUNES	1		M	T	N
JUEVES	2		M	T	N	DOMINGO	2 N		M	T		MARTES	2 N		M	T	
VIERNES	3 N		M	T		LUNES	3 N		M	T		MIÉRCOLES	3 N		M	T	
SABADO	4 N		M	T		MARTES	4 N	M		T		JUEVES	4 N	M		T	
DOMINGO	5 N	M		T		MIÉRCOLES	5 N	M		T		VIERNES	5 N	M		T	
LUNES	6 N	M		T		JUEVES	6 N	M		T		SABADO	6 N	M		T	
MARTES	7 N	M		T		VIERNES	7 N	M		T		DOMINGO	7 N	M		T	
MIÉRCOLES	8 N	M		T		SABADO	8	M	N		T	LUNES	8	M	N		T
JUEVES	9	M	N		T	DOMINGO	9	M	N		T	MARTES	9	M	N		T
VIERNES	10	M	N		T	LUNES	10		N	M	T	MIÉRCOLES	10		N	M	T
SABADO	11		N	M	T	MARTES	11		N	M	T	JUEVES	11		N	M	T
DOMINGO	12		N	M	T	MIÉRCOLES	12		N	M	T	VIERNES	12 T		N	M	
LUNES	13 T		N	M		JUEVES	13 T		N	M		SABADO	13 T		N	M	
MARTES	14 T		N	M		VIERNES	14 T	N		M		DOMINGO	14 T	N		M	
MIÉRCOLES	15 T	N		M		SABADO	15 T	N		M		LUNES	15 T	N		M	
JUEVES	16 T	N		M		DOMINGO	16 T	N		M		MARTES	16 T	N			M
VIERNES	17 T	N			M	LUNES	17 T	N			M	MIÉRCOLES	17 T	N			M
SABADO	18 T	N			M	MARTES	18	N	T		M	JUEVES	18	N	T		M
DOMINGO	19	N	T		M	MIÉRCOLES	19	N	T		M	VIERNES	19	N	T		M
LUNES	20		N	T	M	JUEVES	20		T	N	M	SABADO	20		N	T	M
MARTES	21		T	N	M	VIERNES	21		T	N	M	DOMINGO	21 M	N	T		
MIÉRCOLES	22		T	N	M	SABADO	22 M		T	N		LUNES	22 M		T	N	
JUEVES	23 M		T	N		DOMINGO	23 M		T	N		MARTES	23 M		T	N	
VIERNES	24 M		T	N		LUNES	24 M	T		N		MIÉRCOLES	24				
SABADO	25 M	T		N		MARTES	25 M	T		N		JUEVES	25				
DOMINGO	26 M	T		N		MIÉRCOLES	26 M	T		N		VIERNES	26				
LUNES	27 M	T		N		JUEVES	27 M	T		N		SABADO	27				
MARTES	28 M	T		N		VIERNES	28	T	M		N	DOMINGO	28				
MIÉRCOLES	29	T	M		N	SABADO	29	T	M		N	LUNES	29				
JUEVES	30	T	M		N	DOMINGO	30		M	T	N	MARTES	30				
VIERNES	31		M	T	N							MIÉRCOLES	31				
TRABAJO	18	18	19	19	19		17	18	18	18	19		15	14	15	13	12
																	4

Los horarios serán:

Mañana = 6:00 h a 14:00 h

Tarde = 14:00 h a 22:00 h

Noche = 22:00 h a 6:00 h

Los días en rojo son los planificados para la parada, y por lo tanto, no serán operativos.

M_3 = Patentes: depende del contrato: canon por unidad de producto, porcentaje sobre las ventas anuales o porcentaje sobre los beneficios. Se calcula como el 0.5 % de los beneficios por ventas. En nuestro caso no se consideran, ya está patentado.

M_4 = Mano de obra indirecta: es la mano de obra no asociada directamente al proceso: manufactura, personal de fabricación que no son los operarios (cargar columna,...), personal de fábrica (supervisores, vigilancia, alumnos en prácticas,...). Se calcula como un 20% de M_2 .

M_5 = Servicios generales: es el producto del consumo por el precio. Los servicios generales de la planta son: gas natural, agua, electricidad, aceite térmico, y tratamiento químico del agua. A continuación el coste total de los servicios de nuestra planta.

Servicios	Coste (euros/m ³) o (euros/KW)	Coste anual (MMeuros)
Agua de servicio	0,007	0,037066062
Electricidad	0,05	9,82692984
Gas natural	0,025	0,8002176
Aceite Térmico	0,009	4,359193526
PRECIO TOTAL		15,023

Coste TOTAL de servicios (€)	15023407,03

M_6 = Suministros: material de adquisición regular que no es materia prima (lubricantes, impresos,...). Se calcula como el 0,5 % del capital inmovilizado.

M_7 = Mantenimiento: electricidad, electrónica, mecánicos, informáticos,... Se calcula como el 3% del capital inmovilizado.

M_8 = Laboratorio: gastos de laboratorio de fabricación. Se calcula como el 5% de M_2 .

M_9 = Envasado de productos: depende de la distribución que se hace del producto y está relacionado con el precio de venta del producto. Se calcula como el 3% del precio de venta del producto.

M_{10} = Expedición: transporte del producto hasta el consumo.

M_{11} = Directivos y técnicos: jefes de planta, directores de instalaciones, técnicos responsables de la parte productiva. Se calcula como el 15% de M_2 .

M_{12} = Amortización: es la forma con la que se puede recuperar “I” la inversión que se ha hecho y se ha dispuesto de los recursos para continuar con el negocio una vez ha pasado el periodo de amortización. La amortización se puede considerar un gasto, aunque se trata de una operación contable, es decir, no hay un intercambio físico de dinero. Teniendo en cuenta una amortización lineal y un valor residual cero, la amortización se calcula dividiendo el capital inmovilizado entre el número de años de vida de la planta. Se tendrá en cuenta en la estimación del Net Cash Flow.

M_{13} = Alquileres de edificios: nuestro terreno es comprado, por tanto no nos hace falta el alquiler de ningún edificio para llevar a cabo el proceso.

M_{14} = Tasas: pagos a administraciones no atribuibles a beneficios. Cualquier pago a administración pública (ayuntamiento, gobierno,...). Se calcula como el 0,5 % del capital inmovilizado.

M_{15} = Aseguradoras: hacen referencia a instalaciones y edificios, no a personas. Se calcula como el 1% del capital inmovilizado.

15

$$M = \sum_{i=1} M_i$$

A continuación se muestran los resultados de los gastos de la manufactura:

Parámetro	Descripción	Precio (euros/ año)
M_1	Materias primeras	11330801,2
M_2	Mano de obra directa	1600000
M_3	Patentes	0
M_4	Mano de obra indirecta	320000
M_5	Servicios	15023407,03
M_6	Suministros	718703,9662
M_7	Mantenimiento	4312223,797
M_8	Laboratorio	80000
M_9	Envasado	1440182,016
M_{10}	Expedición	0
M_{11}	Directivos	240000
M_{12}	Amortización	0
M_{13}	Alquiler	0

M_{14}	Tasas	1437407,932
M_{15}	Seguros	1437407,932
M	Suma	37940133,87

9.3.2.- Gastos Generales

Son los gastos originados por la venta del producto. A continuación se explican cada una de las partidas:

G_1 = Gastos comerciales: serán más elevados si al final va al consumo público.

Incluye técnicas de ventas, viajes, publicidad, marketing. Se calcula como el 5% de M.

G_2 = Gerencia: no contabiliza en costes de producción. Incluye sueldos de gerentes y administración (departamentos legales,...). Se calcula como el 3% de M.

G_3 = Gastos financieros: intereses de capitales prestados invertidos en el negocio.

En nuestro caso, no se tendrán en cuenta porque no se piden capitales prestados.

G_4 = Investigación y servicios técnicos: asesora en la utilización del producto al cliente (responde a las necesidades del cliente). Investigación de nuevas aplicaciones,... Se calcula como el 1.5 % de M, el 1% corresponde al servicio técnico y el 0,5 % a la investigación.

$$G = \sum_{i=1}^4 G_i$$

A continuación se muestran los resultados de los gastos generales:

Parámetro	Descripción	Precio (euros/ año)
G_1	Gastos comerciales	1897006,694
G_2	Gerencia	1138204,016
G_3	Gastos financieros	0
G_4	Investigación y servicios técnicos	758802,6774
G	Suma	3794013,387

El coste de producción total será la suma de M y G:

Coste de producción totales (€)	41734147,26

9.4. – VENTAS Y RENTABILIDAD DEL NEGOCIO

Nuestra planta está diseñada para producir 60000 Tn / año de ácido adípico. De este proceso se obtiene como subproducto 1972,5 Tn/año de ácido succínico, que también venderemos. La electricidad generada por la turbina se invertirá para la misma planta con la finalidad de ahorrar energéticamente

	Producción (Tn/año)	Precio unitario (€/kg)	Precio venta (MM€/año)
Ácido Adípico	60.000	0,8	48,0060672
Ácido Succínico	1972,5	0,6	1,183500864

Para ver la viabilidad de nuestro proceso, se necesita hacer un estudio de la rentabilidad. Por tanto, lo primero que se tienen que hacer es una evaluación económica, calculando el flujo neto de caja (Net Cash Flow) que se puede definir como la medida de la liquidación de una empresa, que normalmente consiste en la suma de los beneficios netos (después de impuestos) más la amortización.

Se realiza un estudio del rendimiento de la planta considerando una vida útil de 16 años.

A continuación se muestra la tabla del cálculo del NCF:

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

-172,489

CAPITAL INMOVILIZADO	-71,870	-71,870															17,249
CAPITAL CIRCULANTE		-28,748															28,748
INGRESOS (VENTAS)		49,190	49,190	49,190	49,190	49,190	49,190	49,190	49,190	49,190	49,190	49,190	49,190	49,190	49,190	49,190	
COSTES		-41,734	-41,734	-41,734	-41,734	-41,734	-41,734	-41,734	-41,734	-41,734	-41,734	-41,734	-41,734	-41,734	-41,734	-41,734	
NCF (sin impuestos)	-71,870	-93,163	7,455	7,455	7,455	7,455	7,455	7,455	7,455	7,455	7,455	7,455	7,455	7,455	7,455	7,455	45,997

INGRESOS (VENTAS)		49,190	49,190	49,190	49,190	49,190	49,190	49,190	49,190	49,190	49,190	49,190	49,190	49,190	49,190	49,190	
COSTES		-41,734	-41,734	-41,734	-41,734	-41,734	-41,734	-41,734	-41,734	-41,734	-41,734	-41,734	-41,734	-41,734	-41,734	-41,734	
AMORTIZACIÓN		-9,583	-9,583	-9,583	-9,583	-9,583	-9,583	-9,583	-9,583	-9,583	-9,583	-9,583	-9,583	-9,583	-9,583	-9,583	
BENEFICIO BRUTO		-2,127	-2,127	-2,127	-2,127	-2,127	-2,127	-2,127	-2,127	-2,127	-2,127	-2,127	-2,127	-2,127	-2,127	-2,127	
BASE IMPONIBLE			-4,255	-2,127	-2,127	-2,127	-2,127	-2,127	-2,127	-2,127	-2,127	-2,127	-2,127	-2,127	-2,127	-2,127	
IMPUESTOS (35%)				0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
NCF (con impuestos)	-71,870	-93,163	7,455	7,455	7,455	7,455	7,455	7,455	7,455	7,455	7,455	7,455	7,455	7,455	7,455	7,455	45,997

(*) Valores expresados en millones de euros.

Tabla .9.1

Gráfico referente al Net Cash Flow

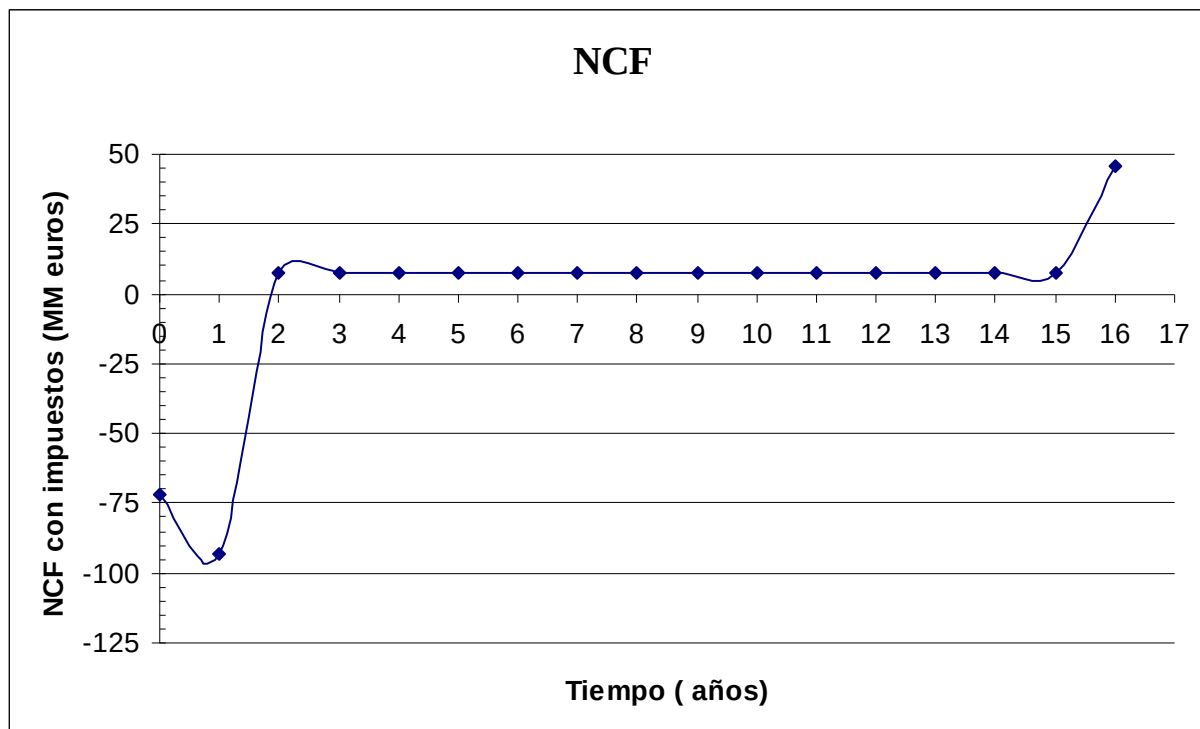


Gráfico .9.1

9.4.1 – Cálculo del flujo neto de caja (NCF)

El NCF son los ingresos brutos de la planta, calculando como:

$$\text{NCF} = \text{ventas} - \text{costes de producción}$$

Para obtener el valor neto de ingresos, se debe descontar un 35% de la base imponible, esta viene dada por el beneficio bruto de caja menos la amortización del capital inicial invertido.

Durante el primer año de funcionamiento de la planta, se paga el capital inmovilizado y el circulante.

Cabe destacar que, debido a que la construcción de la planta se realiza en 24 meses, el capital circulante se introduce el segundo año de construcción.

En este mismo año se empieza a producir para estudiar el comportamiento de la planta y la demanda de producto, si las condiciones son favorables, se producirá al 100% del diseño

especificado en este estudio, pudiendo incrementarse debido al sobredimensionamiento de los equipos. La amortización de la planta, durante su periodo de vida útil, es lineal.

Para un cálculo más ajustado del NCF se utiliza:

Donde:

CC: capital circulante (MM euros)

CI: capital inmovilizado (MM euros)

V: ventas (MM euros)

A: amortización (MM euros)

I: impuestos (MM euros)

El NCF se representa en la tabla 9.1 donde se muestran todos los cálculos.

9.4.2 – Métodos con actualización

Valor actual neto. VAN

Valor neto de caja actualizado en función de los años de operación de la planta.

$$VAN = \sum (NCF)_r / (1+i)^r$$

Donde:

r: años de inversión y operación de la planta

i: tipo de interés 3,5%

$$VAN < 0$$

Para cualquier tipo de interés superior a 0 el VAN es negativo, eso confirma la no viabilidad del proyecto.

9.4.3 – Tasa interna de rendimiento: TIR

Tasa de interés que da lugar a un VAN igual a cero. Este valor permite comparar el valor obtenido mediante la inversión en la planta de producción, con el que dan las entidades financieras y así determinar el rendimiento de la empresa.

$$VAN = \sum (NCF)_r / (1+i)^r = 0$$

$$TIR < 0$$

Era de esperar que el TIR también fuera negativo.

9.4.4 – Análisis de los parámetros de rendimiento

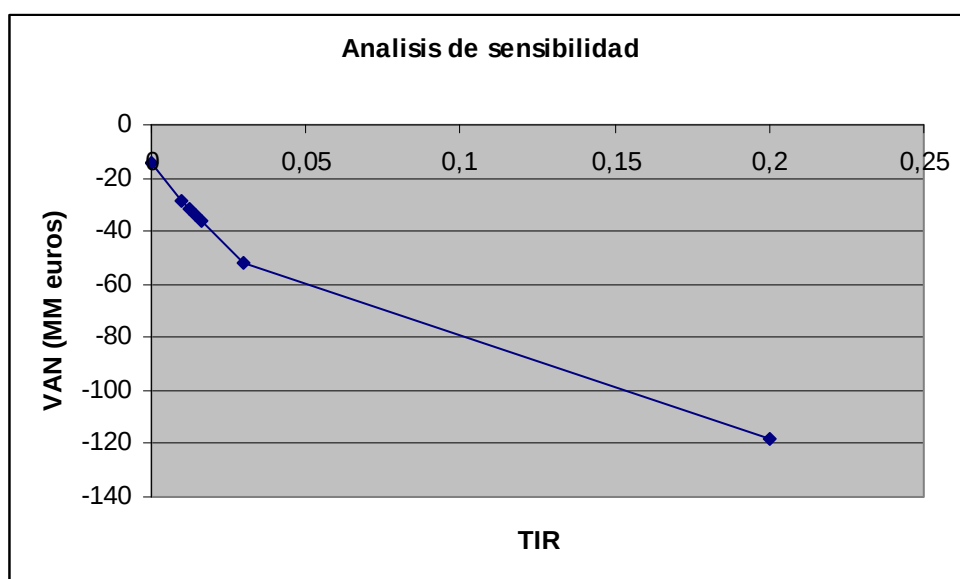


Gráfico .9.2

Para todos los valores que hemos supuesto de TIR positivos el VAN es negativo.

A medida que incrementamos la Tasa Interna de Rendimiento VAN es más negativo.

9.4.5 – Viabilidad de la Planta

Debido a que el capital inmovilizado es muy elevado y los costes son elevados, los ingresos no són suficientes para dar un beneficio positivo a la planta. Consideramos pues, que esta planta no es viable.

Uno de los factores que afectan a esta planta es el gran consumo que se hace de diferentes materias primas para llevar a cabo la reacción.

Los catalizadores y las resinas son productos caros y se consumen en cantidades elevadas.

El consumo de agua, electricidad y de aceite térmico aumentan muchos los costes en esta planta.

Se ha de destacar que es una planta que genera mucha contaminación atmosférica. Por lo que, se ha tenido que crear un área de tratamiento de gases, actualmente de elevado coste, y obligatorio por la legislación medioambiental.

También se genera gran contaminación de aguas residuales, obligándote también a crear una planta de tratamiento de aguas residuales. En nuestro caso el coste de la recogida de estos residuos son nulos. Se coopera con una empresa externa que los recoge y los trata para su propio beneficio y de esta forma nos ahorramos el transporte y la recogida.

Otro aspecto negativo es que el precio de las materias primas resulta fluctuante, haciendo aumentar el coste y reduciendo aún más los beneficios.

Finalmente comentar algunas de las alternativas para que la planta fuera rentable;

- 1) Aumentar el precio de los productos obtenidos, pero esto haría disminuir la demanda.
- 2) Aprovechar las corrientes residuales generadas tratándolas en la misma planta y vendiéndolas. Pero esto llevaría a invertir aún más para construir una planta de tratamiento de aguas habría que realizar un estudio de mercado para comprobar si la venta de los productos obtenidos suplierla la inversión actual más la futura.

10.- PUESTA EN MARCHA

10.1.- Limpieza de equipos

- o Se lavan todos los equipos de la planta de proceso con agua con la finalidad de eliminar restos de la etapa de montaje de los mismos.
- o Se comprueba la estanqueidad de los equipos. La forma es la siguiente: se cubren las bridas, juntas, y demás puntos de unión de todo el proceso con láminas de celulosa que permitan ver cualquier fuga de agua y se llenan los equipos y el circuito con el mismo agua con el que se está lavando.
- o Se vacía el circuito y los equipos.
- o Para el secado de los equipos se lleva a cabo una división de la planta:
 - Los equipos en los que el ciclohexanol está presente en una concentración relevante el secado se llevará a cabo con nitrógeno por motivos de seguridad. Las zonas en las que se lleva a cabo este secado son la 100, la 300 y la 800. En la zona 800 el ciclohexanol nunca estará presente, pero es la manera de sacar el nitrógeno de las zonas anteriores.
 - El resto de los equipos. Estos son los incluidos en las zonas 200, 400, 500, 600 y 700. En estas zonas el secado se lleva a cabo con aire.
- o El secado finaliza cuando el nitrógeno y el aire que salen están completamente secos.

10.2.- Preparado de materias primas

o Se llena el parque de almacenamiento de tanques de ciclohexanol.

o Se llena el parque de almacenamiento de tanques de ácido nítrico

o Se llena el parque de almacenamiento de tanques de agua de proceso.

o Se procede a la preparación de los catalizadores en el tanque T-701:

- Se llena el tanque a una capacidad del 50% de ácido nítrico.
- Se activa el contactor del agitador del tanque T-701.
- Se incorpora la mezcla de catalizadores de reacción, poco a poco y de forma manual.

10.3.- Puesta en marcha de servicios

- o Agua de refrigeración:
 - Se llena de agua destinada a agua de refrigeración el circuito que recorre. Para ello se abren todas las válvulas manuales que se encuentran en el circuito hasta las bombas y se ceban las bombas.
 - Se hace funcionar la torre de refrigeración.
- o Vapor:
 - Se asegura el abastecimiento de gas natural.
 - Se llena de agua destinada a evaporar el circuito que recorre. Para ello se abren todas las válvulas manuales que se encuentran en el circuito hasta las bombas y se ceban las bombas.
 - Se pone en marcha la caldera, esto se realiza simultáneamente a la demanda del primer equipo que necesite vapor.

10.4.- Llenado del circuito y obtención de presiones

Se parte de la base de que todas las válvulas de la planta están cerradas.

Este apartado sólo influye a las zonas en las que se trabaja a presión que son la zona 300, la zona 400 y la 800.

- Abrir válvulas manuales del circuito que va desde el tanque T-201 hasta la bomba B-201.
- Abrir válvulas manuales del circuito que va desde el tanque de almacenamiento de agua de proceso hasta la bomba que lo impulsa.
- Abrir válvulas automáticas del circuito que va desde el tanque T-201 hasta la bomba B-201.
- Abrir válvulas automáticas del circuito que va desde el tanque de almacenamiento de agua de proceso hasta la bomba que lo impulsa.
- Llenar las tuberías de los circuitos hasta que salga todo el aire de su interior.
- Cebear las bombas B-201 y la de agua de proceso.
- El caso de puesta en marcha en los equipos se va a realizar con la mezcla de agua y ácido nítrico estimada para el proceso, 32,6 wt %. La finalidad de esto está en que el pasivado de los equipos se desarrolle en las condiciones de concentración con las que se va a trabajar.
- Abrir válvulas manuales HV-7043 y HV-7045.
- Abrir válvulas automáticas FCV-7043 y CCV-7045.
- Llenar tuberías hasta que salga el aire.
- Cebear bomba B-301 en régimen de operación de flujo mínimo.

- Se abren las válvulas manuales de entrada de ácido nítrico a los reactores R-301 A y R-301 B.
- Los lazos de control de presión PC-3010 y PC-1018 se activan en modo automático, para controlar la presión en los reactores.
- Abrir las válvulas manuales de la zona 800 hasta TU-801.
- Activar el contactor de C-401.
- Activar el contactor de C-801.
- Cebiar B-302.
- Garantizar nivel en D-401.
- Poner en modo automático la válvula PCV 4005.
- Abrir válvula manual de entrada a la turbina TU-801.
- Activar el contactor de la turbina TU-801.

10.5.- Consecución de temperaturas de operación

→ Zona 100.

- Abrir válvulas manuales del circuito que va desde el tanque T-101 hasta la bomba B-101.
- Abrir válvulas automáticas del circuito que va desde el tanque T-101 hasta la bomba B-101.
- Llenar las tuberías de los circuitos hasta que salga todo el aire de su interior.
- Cebear la bomba B-101.

→ Zona 300.

- Abrir válvula de entrada de vapor a IC-301.
- Dejar paso a la alimentación de ciclohexanol abriendo la válvula en by-pass que lo manda al IC-301.
- Regular válvula manual de salida de vapor condensado de IC-301.
- Excluir lazo de control TC-3003 A y TC-3003 B.
- Activar en automático los lazos de control TC-3011 A y TC-3011 B.

→ Zona 400.

- Poner en automático el lazo FC-4001
- Poner en automático el lazo LC-4012.
- Cebear bombas B-401.
- Abrir válvula de entrada de vapor a K-401.
- Abrir agua de refrigeración de salida de CO-401 TCV-4007.
- Poner en automático el lazo LC-4008.
- Cebear la bomba B-402.
- Poner en automático el lazo de control de temperatura TCV-4013.
- Poner en automático el lazo de control de temperatura TCV-4006.

→ Zona 500.

- Abrir XV-5001.
- Poner en automático el lazo TC-5002.
- Poner en automático el lazo LC-5003.
- Poner en automático el lazo LC-5005.
- Cebear la bomba B-502.
- Abrir XV-5007.
- Garantizar nivel en TD-501.
- Poner en automático lazo TC-5008.
- Poner en automático lazo LC-5009.
- Poner en automático lazo LC-5010.
- Cebear bomba 504.
- Abrir XV-5012.
- Poner en automático el lazo TC-5013.
- Poner en automático el lazo LC-5014.
- Poner en automático el lazo LC-5016.
- Cebear la bomba B-506.
- Abrir XV-5007.
- Garantizar nivel en TD-501.
- Poner en automático lazo TC-5008.
- Poner en automático lazo LC-5009.
- Poner en automático lazo LC-5010.
- Poner en automático el lazo LC-5026.
- Cebear bombas B-509.
- Abrir válvula de entrada de vapor a K-501.
- Abrir agua de refrigeración de salida de CO-501 TCV-5020.
- Poner en automático el lazo PC-5021.
- Activar lazos PC-5023 A y PC-5023 B.
- Cebear la bomba B-508.
- Poner en automático el lazo de control de temperatura TCV-5029.
- Poner en automático el lazo de control de temperatura TCV-5025.
- Poner en automático el lazo TC-5018.
- Abrir XV-5030.
- Poner en automático el lazo TC-5031.
- Poner en automático el lazo LC-5032.
- Poner en automático el lazo LC-5077.

- Cebiar la bomba B-502.
- Alimentar agua de proceso a TDH-501C.
- Garantizar nivel TDH-501C.
- Poner en automático el lazo TC-5048.
- Poner en automático el lazo TC-5049.
- Abrir XV-5051.
- Cebiar la bomba B-513.
- Poner en automático el lazo LC-5061.
- Cebiar bombas B-515.
- Abrir válvula de entrada de vapor a K-502.
- Abrir agua de refrigeración de salida de CO-502 TCV-5057.
- Poner en automático el lazo PC-5058.
- Activar lazos PC-5080 A y PC-5080 B.
- Cebiar la bomba B-514
- Poner en automático el lazo de control de temperatura TCV-5064.
- Poner en automático el lazo de control de temperatura TCV-5060.
- Poner en automático el lazo TC-5065.
- Abrir VX-5068.
- Poner en automático el lazo LC-5069.
- Cebiar la bomba B-516.
- Abrir XV-5071.
- Poner en automático el lazo TC-5072.
- Poner en automático el lazo LC-5073.
- Poner en automático el lazo LC-5077 (ya estaba activado).
- Poner en automático PC-5079 A/B.

→ Zona 700.

- Abrir válvulas manuales HV-7001, HV-7002.
- Abrir válvulas XV-7003 y XV-7004.
- Poner en automático el lazo LC-7020.
- Cebiar bombas B-704.
- Abrir válvula de entrada de vapor a K-701.
- Abrir agua de refrigeración de salida de CO-701 TCV-7016.
- Poner en automático el lazo LC-7017.
- Cebiar la bomba B-703.

- Poner en automático el lazo de control de temperatura TCV-7023.
- Poner en automático el lazo de control de temperatura TCV-7019.
- Poner en automático el lazo LC-7027.
- Cebiar bombas B-706A.
- Abrir válvula de entrada de vapor a K-702A.
- Abrir agua de refrigeración de salida de CO-702A TCV-7024.
- Poner en automático el lazo LC-7024'.
- Cebiar la bomba B-705A.
- Poner en automático el lazo de control de temperatura TCV-7029.
- Poner en automático el lazo de control de temperatura TCV-7026.
- Poner en automático el lazo LC-7036.
- Cebiar bombas B-706B.
- Abrir válvula de entrada de vapor a K-702B.
- Abrir agua de refrigeración de salida de CO-702B TCV-7032.
- Poner en automático el lazo LC-7023.
- Cebiar la bomba B-705B.
- Poner en automático el lazo de control de temperatura TCV-7039.
- Poner en automático el lazo de control de temperatura TCV-7035.
- Activar el contactor de IC-702 mediante HS 7040.
- Abrir agua de refrigeración de IC-703, TCV-7041.

→ Zona 800.

- Poner en automático el lazo FCV-8001.
- Poner en automático el lazo de nivel LC-8005.
- Cebiar bomba B-801.
- Poner en automático el lazo de nivel LC-8022.
- Cebiar bomba B-802.
- Poner en automático el lazo TC-8006.
- Poner en automático el lazo PC-8011.
- Poner en automático el lazo TC-8012.

10.6.- Consecución de set points restantes de operación

Para este último paso de la puesta en marcha ya es necesario la incorporación de los catalizadores de reacción. Del mismo modo se activan todos los sistemas de alarma de la planta.

- Poner en automático el lazo LC-7042.
- Cebiar bomba B-702.
- Poner en automático el lazo CC-7045.
- Poner en automático el lazo FC-7043.
- Poner en automático el lazo FC-3002.
- Cerrar la válvula manual que permite la entrada de ciclohexanol a IC-301.
- Poner en automático el lazo TC-3003A.
- Poner en automático el lazo TC-3003B.
- Poner en automático el lazo TC-4015.
- Activar HS-5004.
- Activar HS-5015.
- Activar HS-5034.
- Activar HS-5075.
- Poner en automático el lazo TC-8002.

12.- MANUAL DE CÁLCULO

12.1.- DISEÑO MECÁNICO DE LOS EQUIPOS

El diseño mecánico de un equipo consta de una serie de pasos que se pueden resumir en:

1.- Selección del material.

2.- Especificaciones mecánicas:

- Dimensionado del equipo.
- Selección de los fondos de la estructura.
- Cálculo del volumen total del equipo.
- Determinación del espesor de la envolvente y el fondo.
- Determinación del peso de los equipos
- Medidas contra la corrosión: sobreepesor de corrosión.
- Tubuladuras del equipo.

12.1.1.- Selección del material

Un punto determinante en el diseño de un equipo es la selección del material con el que se va a construir.

Se utilizan diferentes aceros dependiendo de las características del equipo y de los compuestos que va a contener la estructura.

Debido a la presencia de ácido nítrico en el proceso se va a utilizar acero AISI-304, ya que este acero tiene la capacidad de pasivarse con la presencia de ácido nítrico autoprotigiéndose contra la corrosión.

Las características de este acero se recogen en las tablas siguientes:

Nombre EN	Número EN	AISI/ASTM
X5CrNi18-P	1,4301	304

Composición química							
C	Si	Mn	P máx	S	N	Cr	Ni
< 0,07	< 1,0	< 2,0	0,045	< 0,015	<0,11	17,00-19,50	8,00-10,50

Propiedades Mecánicas								
		Dureza					Energía impacto (J)	
Conformado	Espesor máx (mm)	HRB máx	HB-HV máx	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	A (%)	long	trans
C	6	80		230	500-700	45	90	60
H	12	80		210	540-750	45		
P	75		149	210	520-720	45		

Propiedades Físicas				
Densidad (kg/m ³)	Módulo elasticidad	Conductividad térmica (W/m·K)	Calor específico (J/kgK)	Resistencia eléctrica Ωmm ² /m
7900	200	15	500	0,73

12.1.2.- Especificaciones mecánicas

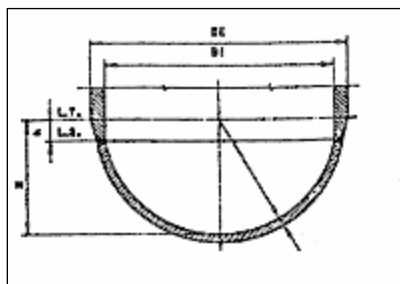
Dimensionado del equipo:

El dimensionado del equipo se resume en calcular el diámetro y altura de cada equipo de la planta según los procedimientos de diseño determinados para cada equipo.

Selección de fondos de los equipos:

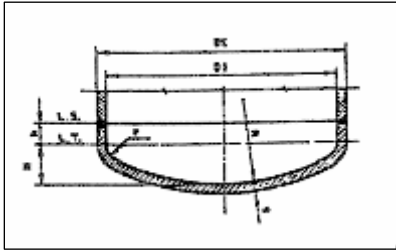
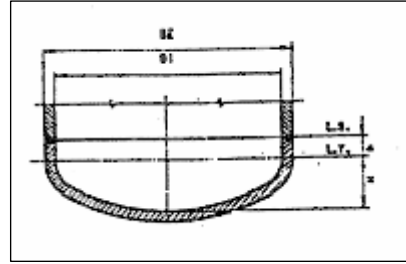
Existen diferentes tipos de fondos que se diferencian en la presión que pueden soportar. Los tres tipos de fondos más comunes son:

- Semiesférico → Altas presiones
- Elíptico → Medias y bajas presiones
- Torisférico → Bajas presiones



FONDO SEMIESFÉRICO

FONDO ELÍPTICO



FONDO TORIESFÉRICO

La altura de los fondos depende del tipo del mismo:

- Fondos esféricos: $H = 0,5 \cdot D_i$
- Fondos elípticos: $H = 0,25 \cdot D_i$
- Fondos toriesféricos: $H = 0,194 \cdot D_i$

Cálculo del volumen total del equipo:

Dependiendo del tipo de fondo escogido para el equipo el volumen total del mismo es diferente:

- Fondos semiesféricos:

$$V_T = 2 \left(\frac{2}{3} \cdot \pi \cdot \left(\frac{d_i}{2} \right)^3 \right) + \frac{\pi}{4} \left(2 \cdot \left(\frac{d_i}{2} \right) \right)^2 \cdot L$$

- Fondos elípticos:

$$V_T = 2 \cdot (0,13 \cdot d_i^3) + \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \cdot L$$

- Fondos toriesféricos:

$$V_T = 2 \cdot (0,1 \cdot d_i^3) + \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \cdot L$$

Determinación del grueso de los equipos:

Para la determinación de los gruesos de los equipos se aplica la normativa ASME. Esta normativa permite estimar el grueso necesario del cuerpo cilíndrico y de los fondos, en función de la presión interna y externa de diseño. El mayor grueso será el que determinará el grueso de cada parte del equipo.

- Cuerpo**a) Presión interna**

$$t = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0.6 \cdot P} + C_1 + C_2 \quad [mm]$$

Donde:

$$P \equiv P_{operación} + 0.2 \cdot P_{operación} \quad [bar]$$

$$R \equiv \text{Radio interno} \quad [mm]$$

$$E \equiv \text{Factor de soldadura} = 0.85 \text{ (soldadura en X con radiografiado parcial)}$$

$$S \equiv \text{límite elástico} \quad [bar]$$

$$C_1 \equiv \text{tolerancia a la corrosión} = 1 \quad [mm]$$

$$C_2 \equiv \text{tolerancia a la soldadura} = 0$$

b) Presión externa

Para determinar el grueso en función de la presión externa se ha de proceder a un sistema de cálculo iterativo, tomando como valor inicial el grueso obtenido en función de la presión interna.

El diámetro externo se determina en función del interno y el grueso supuesto:

$$D_{ext} = D_{int} + 2 \cdot t \quad [mm]$$

La longitud se determina teniendo en cuenta la altura de los fondos:

$$L = l_{cilindro} + 2 \cdot h_{fondos} \quad [mm]$$

Donde:

$$l_{cilindro} = l_{tubos} \text{ [mm]}$$

$$h_{fondos} = 0.2 \cdot D_{ext} + 3.5 \cdot D_{ext} \text{ [mm]}$$

Se ha de determinar también el grueso útil:

$$t_{\text{útil}} = t - C_1 - C_2 \text{ [mm]}$$

Con estos tres parámetros se determina cuál es la presión externa que puede soportar el grueso supuesto, mediante la estimación gráfica de dos factores:

- figura: UGO-28.0

$$\left. \begin{array}{l} \text{eje } y \equiv \frac{L}{D_{ext}} \\ \text{curva} \equiv \frac{D_{ext}}{t_{\text{útil}}} \end{array} \right\} \text{ FACTOR A}$$

- figura: UCS-28.2*

$$\left. \begin{array}{l} \text{eje } y \equiv \text{FACTOR A} \\ \text{curva} \equiv \text{módulo de elasticidad [MPsi]} \end{array} \right\} \text{ FACTOR B}$$

$$P_a = \frac{4 \cdot B}{3 \cdot (D_{ext} / t_{\text{útil}})} \text{ [bar]}$$

Donde:

$$B \equiv \text{FACTOR B} \text{ [bar]}$$

Si no se dispone de FACTOR B, P_a se determina mediante:

$$P_a = \frac{A \cdot E}{(D_{ext} / t_{\text{útil}})} \text{ [bar]}$$

Donde:

$$A \equiv \text{FACTOR A}$$

$$E \equiv \text{módulo de elasticidad [bar]}$$

Se procederá a un método iterativo, suponiendo un grueso cada vez mayor mientras P_a sea menor a la presión admisible (P).

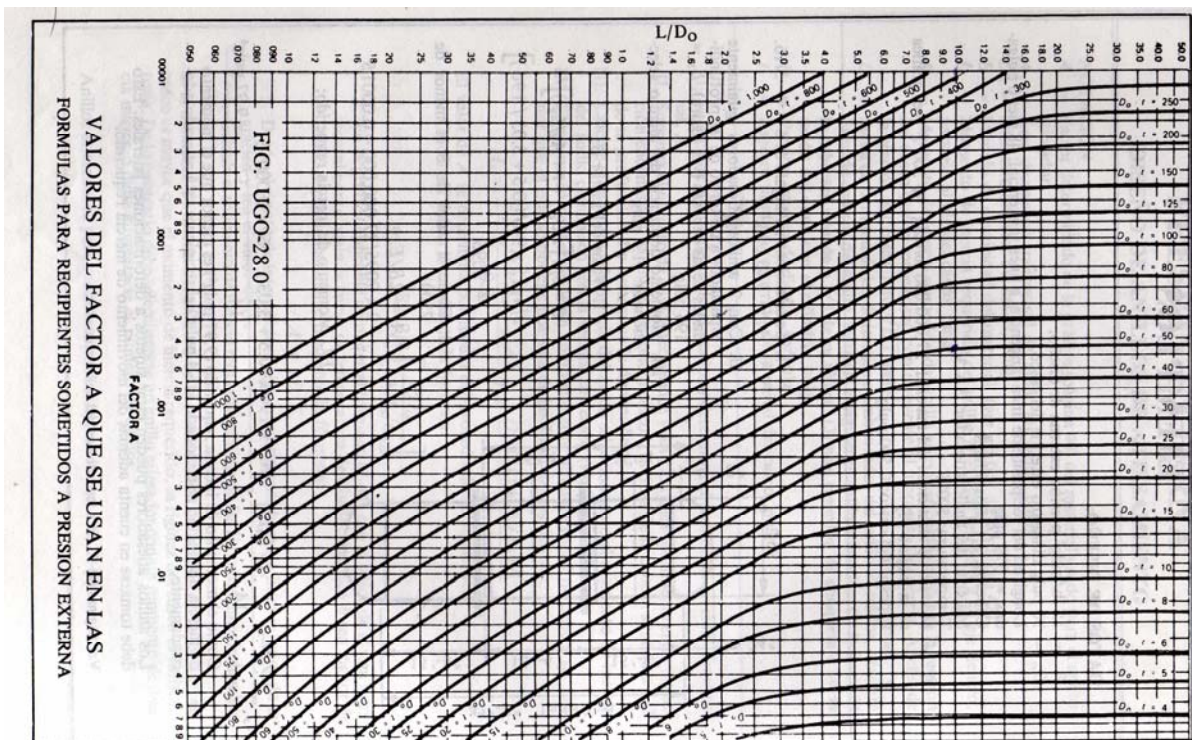


Fig 12.1.1. UGO-28.0

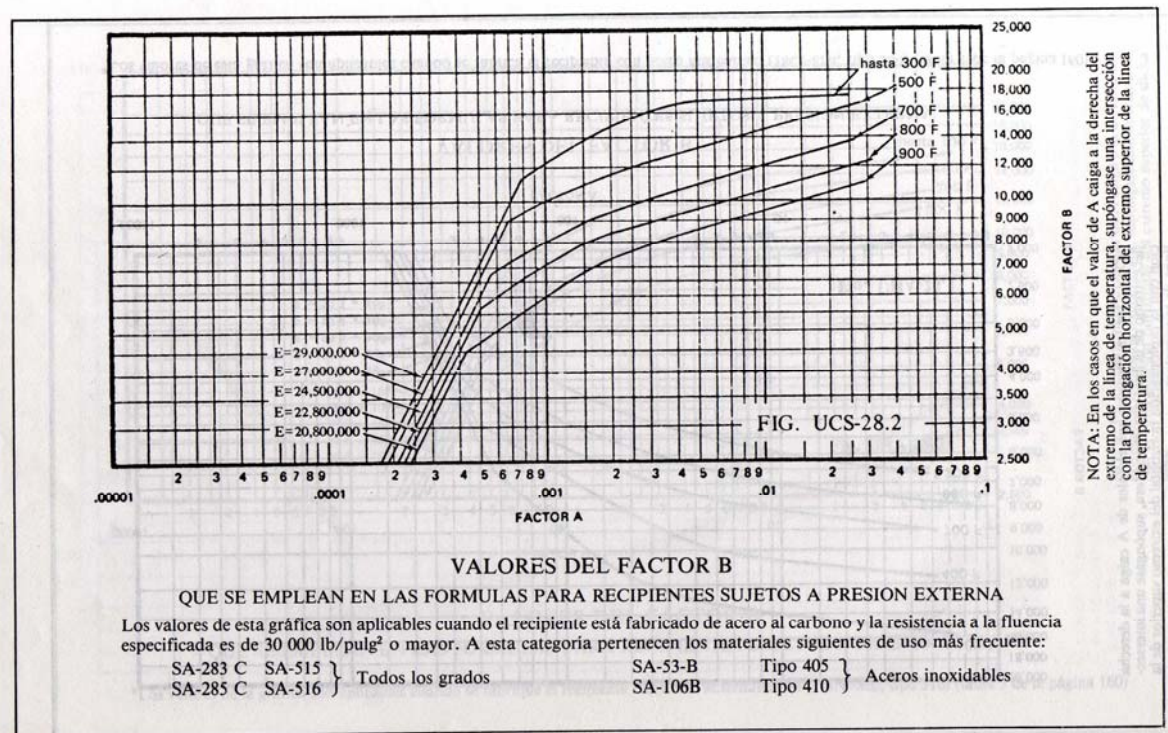


Fig 12.1.2. UCS-28.2*

- Fondos**→Cabezal toriesférico**

a) Presión interna

$$t = \frac{P \cdot L \cdot M}{2 \cdot S \cdot E - 0.2 \cdot P} \quad [mm]$$

Donde:

$$P \equiv P_{operación} + 0.2 \cdot P_{operación} \quad [bar]$$

$$L \equiv \text{Altura carcasa} \quad [mm]$$

$$M \equiv L / r_{int} = 1.54 \text{ (fondos toriesféri cos decimales)}$$

$$E \equiv \text{Factor de soldadura} = 0.85 \text{ (soldadura en X con radiografiado parcial)}$$

$$S \equiv \text{límite elástico} \quad [bar]$$

b) Presión externa

$$t = \frac{1.67 \cdot P \cdot L \cdot M}{2 \cdot S \cdot E - 0.2 \cdot 1.67 \cdot P} \quad [mm]$$

Donde:

$$P \equiv P_{operación} + 0.2 \cdot P_{operación} \quad [bar]$$

$$L \equiv \text{Altura carcasa} \quad [mm]$$

$$M \equiv L / r_{int} = 1.54 \text{ (fondos toriesféri cos decimales)}$$

$$E \equiv \text{Factor de soldadura} = 0.85 \text{ (soldadura en X con radiografiado parcial)}$$

$$S \equiv \text{límite elástico} \quad [bar]$$

El grueso de los fondos será el que tenga el grueso mayor determinado con las dos presiones que actúan sobre el equipo.

→Cabezal esférico

Se sobredimensionará el grueso obtenido un 7% a partir de la siguiente fórmula:

$$t = \frac{P \cdot R}{2 \cdot S \cdot E - 0.2 \cdot P} \quad [mm]$$

Donde:

$$P \equiv P_{operación} + 0.2 \cdot P_{operación} \quad [bar]$$

$$R \equiv \text{Radio interno} \quad [mm]$$

$$E \equiv \text{Factor de soldadura} = 0.85 \quad (\text{soldadura en X con radiografiado parcial})$$

$$S \equiv \text{límite elástico} \quad [bar]$$

→Cabezal cónico

Se sobredimensionará el grueso obtenido un 7% a partir de la siguiente fórmula:

$$t = \frac{P \cdot D}{2 \cdot \cos \alpha (S \cdot E - 0.6 \cdot P)} \quad [mm]$$

Donde:

$$P \equiv P_{operación} + 0.2 \cdot P_{operación} \quad [mm]$$

$$D \equiv \text{Diámetro interno} \quad [mm]$$

$$\alpha \equiv \text{grado de inclinación}$$

$$E \equiv \text{Factor de soldadura} = 0.85 \quad (\text{soldadura en X con radiografiado parcial})$$

$$S \equiv \text{límite elástico} \quad [bar]$$

El grueso de los fondos será el que tenga el grueso mayor determinado con las dos presiones que actúan sobre el equipo.

Determinación del grueso de los equipos:

Para la determinación de los pesos, se ha de tener en cuenta la contribución de todos los elementos que forman el equipo.

- Cuerpo cilíndrico

$$\text{Peso cuerpo} = V_{cuerpo} \cdot \rho_{material} \quad [kg]$$

Donde:

$$V_{cuerpo} = \pi(D_{ext}^2 - D_{int}^2) \cdot L \quad [m^3]$$

$$\rho_{material} = 7900 \left[\frac{kg}{m^3} \right] \quad (\text{aceros AISI 316L y AISI 304L})$$

- Fondos**→Cabezal toriesférico:**

$$\text{Peso fondo} = \frac{\pi}{4} \cdot D_d^2 \cdot 8t_F \cdot \rho_{\text{material}} \quad [\text{kg}]$$

Donde:

$$D_d = (1.2D_{\text{ext}} + 1.7h) / 10^6 \quad [\text{m}]$$

$$D_{\text{ext}} \equiv \text{diámetro externo} \quad [\text{mm}]$$

$$t_F \equiv \text{grueso} \quad [\text{mm}]$$

$$h = 3.5t_F \quad [\text{mm}]$$

$$\rho_{\text{material}} = 7900 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \quad (\text{aceros AISI 316L y AISI 304L})$$

→Cabezal semiesférico:

$$\text{Peso fondo} = V_{\text{fondo}} \cdot \rho_{\text{material}} \quad [\text{kg}]$$

Donde:

$$V_{\text{fondo}} = \frac{\frac{\pi}{6} \cdot (D_{\text{ext}}^3 - D_{\text{int}}^3)}{2} \quad [\text{m}^3]$$

$$\rho_{\text{material}} = 7900 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \quad (\text{aceros AISI 316L y AISI 304L})$$

→Cabezal cónico:

$$\text{Peso fondo} = V_{\text{fondo}} \cdot \rho_{\text{material}} \quad [\text{kg}]$$

Donde:

$$V_{\text{fondo}} = \frac{\pi \cdot h}{12} \cdot (D_{\text{ext}}^2 - D_{\text{int}}^2) \quad [\text{m}^3]$$

$$h \equiv \text{altura del fondo cónico} \quad [\text{m}]$$

$$\rho_{\text{material}} = 7900 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \quad (\text{aceros AISI 316L y AISI 304L})$$

→Cabezal plano:

$$\text{Peso fondo} = V_{\text{fondo}} \cdot \rho_{\text{material}} \quad [\text{kg}]$$

Donde:

$$V_{\text{fondo}} = \frac{\pi}{4} \cdot D_{\text{ext}}^2 \cdot t \quad [\text{m}^3]$$

$$t \equiv \text{grueso del fondo} \quad [\text{m}]$$

$$\rho_{\text{material}} = 7900 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \quad (\text{aceros AISI 316L y AISI 304L})$$

A continuación se muestra la contribución de pesos de los diversos elementos que componen los equipos:

Intercambiador de calor = Cuerpo cilíndrico + 2·(Fondos) + Tubos

Columna de relleno = Cuerpo cilíndrico + 2·(Fondos) + Relleno

Torre de platos = Cuerpo cilíndrico + 2·(Fondos) + Platos

Reactor = Cuerpo cilíndrico + 2·(Fondos) + Tubos

Reactor de lecho fijo = Cuerpo cilíndrico + 2·(Fondos)+ Lecho

Tanques = Cuerpo cilíndrico + 2·(Fondos)

Sobreespesor de corrosión:

El sobreespesor de corrosión se calcula a partir de los años de duración del recipiente y de la velocidad de corrosión, 0,001 mm/año. Por lo tanto para un período de 15 años el sobreespesor mínimo sería de 0,015 mm, sin embargo la norma indica que el mínimo espesor debe ser de 1 mm, por lo que se tomará este valor para todos los equipos.

Tubuladuras:

→Tubuladuras de entrada y salida:

Se calculan a partir de los caudales que entran en el equipo. Se supone una velocidad de entrada dentro de los valores típicos y se calcula la sección necesaria y por consiguiente el diámetro requerido.

→Venteos y drenajes:

Los venteos y drenajes en un equipo son esenciales para un vaciado del mismo en el caso de que ocurra alguna irregularidad en el funcionamiento de la planta, o para la limpieza del equipo.

Se han calculado a partir del valor de líquido o gas que hay en el interior del equipo en un momento determinado del proceso y en la situación crítica de tener que proceder al vaciado del equipo. Con un tiempo estimado de vaciado se calcula el diámetro necesario de tubuladura.

→Boca de hombre:

Las bocas de hombre son necesarias para la limpieza del equipo o arreglo de alguna de las partes internas del mismo.

Se colocan bocas de hombre similares en todos lo equipos son un diámetro de 25 “.

→Tubuladuras para mangueras:

Las mangueras que se van a utilizar para la limpieza de los equipos tienen en todos los casos un valor de 1”.

→Sondas de medidores:

Las tubuladuras necesarias para la colocación de las sondas de medidores se han tomado todas del mismo valor, con un diámetro de 1½”.

12.2.- INTERCAMBIADORES DE CALOR

Para llevar a cabo el diseño de los intercambiadores de calor se ha seguido el método de Kern para intercambiadores de carcasa y tubos, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- El fluido a mayor presión o temperatura va en los tubos.
- El fluido más corrosivo va en los tubos.
- El fluido más sucio va en los tubos.
- El fluido con menor pérdida de presión va en la carcasa.
- El fluido con cambio de fase va en la carcasa.

12.2.1.- Balance térmico

El calor intercambiado cuando no hay cambio de fase es un parámetro conocido a partir del balance de energía que viene dado por la siguiente expresión:

$$Q = M \cdot C_{p_c} \cdot (T_2 - T_1) = m \cdot C_{p_t} \cdot (t_2 - t_1)$$

Donde:

Q: calor intercambiado, J/h

M: caudal másico de fluido que pasa por la carcasa, kg/h

C_{p_c} : calor específico del fluido que pasa por la carcasa, kJ/kg°C

T_2 : temperatura de salida del fluido que pasa por la carcasa, °C

T_1 : temperatura de entrada del fluido que pasa por la carcasa, °C

m: caudal másico de fluido que pasa por los tubos, kg/h

C_{p_t} : calor específico del fluido que pasa por los tubos, kJ/kg°C

t_2 : temperatura de salida del fluido que pasa por los tubos, °C

t_1 : temperatura de entrada del fluido que pasa por los tubos, °C

A partir del calor intercambiado, se puede calcular el caudal que será necesario con el balance de energía.

12.2.2.- Cálculo de la DTML

Considerando que el flujo es a contracorriente, ya que es el caso más favorable para el intercambio de calor, se aplica la siguiente expresión para el cálculo de la DTML:

$$DTML = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln\left(\frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}\right)}$$

Donde:

DTML: media logarítmica de la diferencia de temperaturas, °C

T_1 : temperatura de entrada del fluido que pasa por la carcasa, °C

T_2 : temperatura de salida del fluido que pasa por la carcasa, °C

t_1 : temperatura de entrada del fluido que pasa por los tubos, °C

t_2 : temperatura de salida del fluido que pasa por los tubos, °C

12.2.3.- Corrección de la DTML

Decisión del número de pasos por carcasa, n_s , y por tubos, n_t

Se comienza la iteración suponiendo que hay 1 paso por tubos y 1 paso por carcasa. Si el cálculo no converge, se aumentará el número de pasos.

Cálculo de los coeficientes R y P

Para el caso en que se realice más de un paso por carcasa y tubos, habrá que determinar la corrección de la DTML utilizando los coeficientes R y P para, posteriormente, determinar gráficamente el factor de corrección F en las figuras 12.3:

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} \qquad P = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1}$$

12.2.4.- Selección del intercambiador

12.2.4.1.- Suposición del coeficiente global U

Se parte de un coeficiente global supuesto a partir de datos bibliográficos para un intercambiador de carcasa y tubos, y según el tipo de fluidos que intervengan (Ver tabla 13.2.1). El valor de esta U supuesta habrá de coincidir con la U calculada al final del método de Kern.

12.2.4.2.- Cálculo del área de intercambio, A

Se determina el área de intercambio utilizando la siguiente expresión:

$$A = \frac{Q}{U \cdot (DTML)_c}$$

Donde:

Q: calor intercambiado, W

U: coeficiente global, W/m²·°C

(DTML)_c: media logarítmica de la diferencia de temperaturas corregida , °C

$$(DTML)_c = F \cdot DTML$$

A: área de intercambio, m²

12.2.4.3.- Selección de los tubos

La selección del tipo de tubos que se utilizará en el intercambiador viene dada por los siguientes parámetros, que se harán variar según la velocidad de los fluidos, pérdida de carga, etc.

- Material
- Longitud (L)
- Diámetro interno (Di)
- Diámetro externo (De)
- Grueso (Δx)

12.2.4.4.- Características de los tubos

Los principales parámetros que caracterizan a los tubos son los siguientes:

- Área de intercambio de un tubo, A_t

$$A_t = \pi \cdot L \cdot D_e \quad (m^2)$$

- Disposición de los tubos (Pitch): Se escogerá una disposición triangular para mejorar el contacto, excepto para fluidos más sucios, que será cuadrada para una mejor limpieza de los tubos.

El valor de Pitch para disposición triangular será 1.25 veces el diámetro externo, y para disposición cuadrada, 1.5 veces.

12.2.5.- Cálculo del número de tubos necesarios

Para calcular el número de tubos necesarios se ha de aplicar la siguiente expresión:

$$N_t = \frac{A}{A_t}$$

12.2.6.- Cálculo del diámetro del eje de tubos, D_b

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$D_b = D_e \cdot \left(\frac{N_t}{k_1} \right)^{\frac{1}{n_1}}$$

Donde:

D_b : Diámetro del haz de tubos, m

D_e : Diámetro externo, m

N_t : número de tubos

K_1 y n_1 : constantes en función del pitch y del número de pasos por tubos

12.2.7.- Cálculo del diámetro de la carcasa, D_c

El tipo de cabezal escogido es el de carcasa tipo T (Pull-through floating head), ya que es desmontable y fácil de limpiar. A partir del valor del diámetro del haz de tubos y según el gráfico de la figura 13.2.1 se encuentra la diferencia entre el diámetro de la carcasa y el diámetro del haz, $(D_c - D_b)$, de donde se obtendrá el diámetro de la carcasa.

La relación entre la longitud de los tubos y el diámetro de la carcasa ha de estar comprendida entre 4 y 6. Si el fluido es un gas, la relación puede bajar hasta aproximadamente 2.

12.2.8.- Cálculo de la velocidad de paso a través de los tubos

El valor de la velocidad de paso del fluido por los tubos se calcula con el número de tubos obtenido y las características del tubo seleccionado, mediante la siguiente ecuación:

$$v_t = \frac{m}{\rho_t \cdot \pi \cdot \frac{D_i^2}{4} \cdot N_t}$$

12.2.9.- Número y distancia de las pantallas deflectoras, N_p y B

Hay dos parámetros que determinan las características geométricas de las pantallas deflectoras:

1. La altura libre de pantalla (Baffle cut), B, es el espacio que queda entre la pantalla y la carcasa, por donde pasará el fluido que circula por carcasa. Se expresa como un porcentaje que oscila entre el 15 y el 45 % del diámetro de la carcasa. Para el proceso, se han seleccionado pantallas segmentadas al 25%.
2. La separación entre pantallas deflectoras (l_b) se mueve entre el 20 y el 100% del diámetro de la pantalla. Para el proceso se ha seleccionado una separación del 20%.

El número de pantallas deflectoras viene dado por:

$$N_p = \frac{L}{l_b} - 1$$

12.2.10.- Determinación del coeficiente global y el área de intercambio reales:

Se ha de calcular el coeficiente global para el área de intercambio real que se obtiene con el número de tubos, el diámetro exterior de un tubo y la longitud de tubo seleccionada, mediante la expresión:

$$U_r = \frac{Q}{N_t \cdot \pi \cdot D_e \cdot L \cdot DTML}$$

12.2.11.- Cálculo del coeficiente de convección del lado de los tubos, h_t

Se han de determinar las siguientes propiedades físicas medias (entrada - salida) del fluido que circula por los tubos:

k: conductividad térmica media, W/m·°C

μ : viscosidad media, Pa·s

Cp: calor específico medio, J/kg·°C

Si no hay cambio de fase, y el fluido no es excesivamente viscoso, la correlación adecuada para el cálculo del coeficiente individual de convección de los tubos es:

$$h_t = \frac{k}{D_i} \cdot j_h \cdot \text{Re}_t \cdot \text{Pr}_t^{0.33}$$

Donde:

h_t : coeficiente individual de convección de tubos, W/m²·°C

D_i : Diámetro interior del tubo, m

$\text{Pr}_t = \frac{\mu \cdot C_p}{k}$: número adimensional de Prandtl

$$Re_t = \frac{D_i \cdot G_t}{\mu} : \text{número adimensional de Reynolds}$$

$$G_t = \frac{m_t}{A_{\text{paso}_t}} : \text{caudal másico de tubo por unidad de área, kg/m}^2 \cdot \text{s}$$

j_h : constante (Figura 12.3.6)

12.2.12.- Cálculo del coeficiente de convección del lado de la carcasa, h_c

Al igual que en el caso de los tubos, se han de determinar las siguientes propiedades físicas medias (entrada -salida) del fluido que circula por la carcasa:

Si no hay cambio de fase, y el fluido no es excesivamente viscoso, la correlación adecuada para el cálculo del coeficiente individual de convección de la carcasa es:

$$h_c = \frac{k}{D_{eq}} \cdot j_h \cdot Re_c \cdot Pr_c^{0.33}$$

Donde:

h_c : coeficiente individual de convección de carcasa, $W/m^2 \cdot ^\circ C$

j_h : constante (Figura 13.2.7)

D_{eq} : Diámetro equivalente, m

El diámetro equivalente se calcula mediante la siguiente expresión:

$$D_{eq} = \frac{C_1}{D_e} \cdot (pitch^2 - C_2 \cdot D_e^2)$$

Siendo para arreglo cuadrado

$$C_1=1.27 \text{ y } C_2=0.785$$

Y siendo para el triangular

$$C_1=1.10 \text{ y } C_2=0.917$$

$$Pr_c = \frac{\mu \cdot Cp}{k} : \text{número adimensional de Prandtl}$$

$$Re_c = \frac{D_i \cdot G_c}{\mu} : \text{número adimensional de Reynolds}$$

G_c : caudal másico en carcasa por unidad de área, $kg/m^2 \cdot s$

$$G_c = \frac{M}{\frac{B \cdot D_c \cdot (Pitch - D_e)}{Pitch \cdot n_s}}$$

12.2.13.- Cálculo del coeficiente global neto

El coeficiente global se puede determinar mediante la siguiente expresión:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_c} + \frac{1}{R_c} + \frac{D_e}{D_i \cdot R_t} + \frac{D_e}{D_i \cdot h_t}$$

Donde:

U: coeficiente global neto, W/m²·°C

h_t: coeficiente individual de convección de tubos, W/m²·°C

h_c: coeficiente individual de convección de carcasa, W/m²·°C

R_t: factor de ensuciamiento de los tubos, W/m²·°C (Tabla 12.3.4)

R_c: factor de ensuciamiento de la carcasa, W/m²·°C (Tabla 12.3.4)

D_e: diámetro externo de los tubos, m

D_i: diámetro interno de los tubos, m

A continuación se ha de calcular el error entre el coeficiente global supuesto y el calculado. La U calculada ha de ser igual o mayor en un valor máximo al rededor del 15% del supuesto. En caso de no cumplirse, se volverá a suponer un nuevo valor para U.

12.2.14.- Cálculo de las pérdidas de carga

12.2.14.1.- Tubos

Las pérdidas de presión son principalmente debidas a contracciones y expansiones:

$$\Delta P_t = n_t \cdot 8 \cdot j_f \cdot \left(\frac{L}{D_i} \right) \cdot \frac{\rho v_t^2}{2}$$

12.2.14.2.- Carcasa

$$\Delta P_c = n_s \cdot 8 \cdot j_f \cdot \left(\frac{D_c}{D_{eq}} \right) \cdot \left(\frac{L}{l_b} \right) \cdot \frac{\rho \cdot v_c^2}{2}$$

12.2.15.- Diseño mecánico

Los cálculos de los parámetros del diseño mecánico de los intercambiadores de calor se realizan siguiendo la normativa ASME descrita anteriormente.

NOTA: Los resultados de cada uno de los intercambiadores se exponen en su respectiva hoja de especificaciones (Capítulo 4).

12.3.- EVAPORADOR

El fluido a evaporar circulará por carcasa mientras que el calefactor irá por tubos.

Para los cálculos se usará el método de Kern, excepto en los parámetros referentes a la carcasa, ya que es donde se lleva a término el cambio de fase.

Por tanto, a continuación se detallan los puntos del método de Kern donde varía respecto al diseño de un intercambiador de calor sin cambio de fase.

12.3.1.- Balance térmico

El calor intercambiado cuando se produce un cambio de fase viene dado por la siguiente expresión:

$$Q = m_t \cdot C_{p_t} \cdot (t_2 - t_1) = m \cdot C_{p_c} \cdot (T_2 - T_1) + m \cdot \lambda_c$$

12.3.2.- Cálculo del área de intercambio, A

En el caso del evaporador, se debe añadir un 5% por posibles pérdidas.

12.3.3.- Características de los tubos

- Disposición de los tubos (Pitch)

La disposición más usada en los evaporadores suele ser de tipo cuadrado, de esta manera los tubos están más separados y la liberación de vapor es mejor. En este caso, el Pitch será 1.5 veces el diámetro externo de los tubos.

12.3.4.- Cálculo del coeficiente de convección del lado de la carcasa, h_c

Para evaluar el coeficiente individual del lado de la carcasa se utilizará la ecuación de Mostinski, obtenida del *Perry R.H Handbook of chemical engineering*, utilizando la presión y la presión crítica del fluido que circula.

$$h_c = 3.75 \cdot 10^{-5} \cdot P_c^{0.69} \cdot \left(\frac{q}{A} \right)^{0.7} \left[1.8 \left(\frac{P}{P_c} \right)^{0.17} + 4 \left(\frac{P}{P_c} \right)^{1.2} + \left(\frac{P}{P_c} \right)^{10} \right]$$

Donde:

h_c : coeficiente individual de convección de carcasa, $W/m^2 \cdot ^\circ C$

P_c : Presión crítica del sistema, bar

P : presión a la que circula el fluido, bar

q/A : flujo de calor por unidad de área, W/m^2

12.3.5.- Estimación del diámetro de carcasa, D_c

El valor del diámetro de carcasa en el caso del evaporador depende del flujo de calor de operación. Según la bibliografía se obtiene una relación entre D_c , D_b y Q_{op} .

En función del flujo de calor de operación se obtendrá una relación entre el diámetro de la carcasa y el diámetro del eje de tubos:

Flujo de calor (W/m^2)	D_c/D_b
< 25000	1.2 a 1.5
25000 < Q < 40000	1.4 a 1.8
> 40000	1.7 a 2

Tabla 12.3.1 Relación Duty diámetro

A partir de esta relación y sabiendo el diámetro del haz de tubos se encuentra el valor de D_c .

Para el cálculo de la altura del líquido se considera una relación del 20% del diámetro del haz de tubos: $h_L = 1.2 \cdot D_b$

Con este valor se asegura que no se produce arrastre de gotas de líquido.

12.3.6.- Comprobación de la velocidad del vapor

12.3.6.1.- Anchura del nivel del líquido

Se utiliza la siguiente expresión:

$$I = 2 \cdot (h_L \cdot D_c - h_L^2)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

I: anchura del nivel del líquido, m

D_c: diámetro de carcasa, m

h_L: altura del líquido, m

12.3.6.2.- Área superficial del líquido

Se determina como:

$$a_L = I \cdot \frac{L}{2}$$

Donde:

a_L: área superficial del líquido, m²

I: anchura del nivel del líquido, m

L: longitud de los tubos, m

12.3.6.3.- Velocidad del vapor en la superficie

Se aplica la expresión:

$$v_{vap} = \frac{m}{\rho_{vap} \cdot a_L}$$

Donde:

v_{vap}: velocidad del vapor, m/s

m: caudal másico del fluido que pasa por los tubos, kg/s

ρ_{vap}: densidad del vapor, kg/m³

a_L: área superficial del líquido, m²

Es recomendable que la velocidad del vapor no sea muy elevada para evitar el posible arrastre de líquido. Para ello, se ha de calcular la velocidad máxima a la que debe ir el vapor, y cumplirse que v_{max} > v_{vap}:

$$v_{max} = 0.2 \cdot \left(\frac{\rho_L - \rho_{vap}}{\rho_{vap}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

$v_{\max}$: velocidad máxima del vapor, m/s

ρ_{vap} : densidad del vapor, kg/m³

ρ_L : densidad del líquido, kg/m³

NOTA: Los resultados de cada uno de los evaporadores se exponen en su respectiva hoja de especificaciones (Capítulo 4).

12.4.- KETTLE REBOILER DE LAS COLUMNAS DE RECTIFICACIÓN

El diseño se realizará de la misma manera que el evaporador explicado anteriormente, pero en este caso habrá dos salidas por carcasa. Entra una corriente líquida y sale, por una parte, una corriente de vapor que se devuelve a la columna y, por otra, una corriente líquida que será la corriente de interés.

Por tanto, se seguirá el método de Kern, excepto en el punto del balance térmico.

12.4.1.- Balance térmico

El balance térmico para la carcasa será:

$$q = m_{s1} \cdot Cp_{s1} \cdot \Delta T_s + m_{s1} \cdot \lambda_s + m_{s2} \cdot Cp_{s2} \cdot \Delta T_s$$

Donde:

s1: corriente que se evapora por la carcasa.

s2: corriente líquida que sale por la carcasa.

El correspondiente a los tubos será:

$$q = m_t \cdot Cp_t \cdot \Delta T_t$$

NOTA: Los resultados de cada uno de los reboilers se exponen en su respectiva hoja de especificaciones (Capítulo 4).

12.5.- CONDENSADOR

El agua será el fluido refrigerante utilizado para condensar el fluido del proceso.

Igual que en el caso del kettle reboiler, se utilizará el método de Kern excepto para los parámetros referentes a la carcasa, ya que es donde se lleva a cabo el cambio de fase.

El guión seguido es el mismo explicado anteriormente para los intercambiadores de calor de carcasa y tubos, excepto en los siguientes puntos:

12.5.1.- Balance térmico

El balance será:

$$q = m_{agua} \cdot Cp_{agua} \cdot \Delta T_{agua} = m_{fp} \cdot \lambda_{fp} + m_{fp} \cdot Cp_{fp} \cdot \Delta T_{fp}$$

12.5.2.- Coeficiente de convección por el lado de la carcasa

Para calcular el coeficiente individual de transmisión de calor para carcasa cuando el fluido cambia de fase, la ecuación utilizada es la correlación de *Coulson and Richarson* para condensadores de tubos horizontales:

$$h_s = 0.95 \cdot k_L \cdot \left(\frac{\rho_L (\rho_L - \rho_v)}{\mu_L \cdot \Gamma_N} \right)^{1/3} \cdot N_r^{-1/6}$$

Donde:

ρ_{vap} : densidad del vapor, kg/m³

ρ_L : densidad del líquido, kg/m³

Γ_N : parámetro que se calcula según la correlación:

$$\Gamma_N = \frac{w_c}{L \cdot N_t}$$

μ_L : viscosidad del líquido, cP

N_r : parámetro que se calcula según la correlación:

$$N_r = \frac{2}{3} \cdot N_t$$

k_L : conductividad del líquido, W/m°C

NOTA: Los resultados de cada uno de los condensadores se exponen en su respectiva hoja de especificaciones (Capítulo 4).

12.6.- REACTORES R-301 A/B, R-302 A/B

El diseño del reactor se basa en el diseño de un intercambiador de calor de carcasa y tubos en el que se debe tener en cuenta las características propias de un reactor como el tiempo de reacción y el volumen necesario.

El dimensionado del reactor se ha obtenido a partir del tiempo de residencia y del caudal de reactivos que entran al mismo, se ha diseñado de manera que el tiempo de residencia sea el mismo en los dos casos siendo iguales también sus dimensiones.

Las condiciones de operación de las dos etapas de reacción se muestran en la tabla:

Equipo	T (°C)	P (bar)	t de residencia (min)
Reactor R-301 A/B	35	4	9,6
Reactor R-302 A/B	57,5	4	9,6

Tabla 12.6.1. Condiciones de operación en los reactores R-301 A/B

Los dos reactores se han dimensionado siguiendo el mismo procedimiento
Pasos a seguir a la hora de diseñar el reactor como un intercambiador de calor:

o A partir del tiempo de reacción y de una longitud elegida se calcula la velocidad del líquido en el reactor.

Se ha tomado una longitud de reactor de 8 m, resultado de varias iteraciones en el cálculo del diseño. La velocidad viene dada por:

$$v = L / t$$

o Con la velocidad y el caudal de alimentación que entran en el reactor se calcula la superficie necesaria para el paso de la corriente.

$$S = Q / v$$

o La reacción tiene lugar dentro de los tubos del reactor, luego la superficie calculada corresponde con la superficie de todos los tubos. Se han escogido tubos con las características de la tabla:

Tubos		
d_{EXT}	104	mm
e	2	mm
d_{INT}	100	mm

Tabla 12.6.2.. Dimensiones de los tubos

Se han tomado estas medidas basándose en el equilibrio entre el intercambio de calor y el paso de la corriente de entrada.

Los tubos tienen una disposición al tresbolillo, figura, y el fluido da un solo paso por ellos.

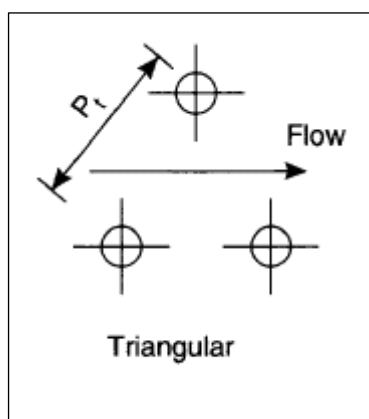


Fig.12.6.1. Disposición de los tubos

o El número de tubos se obtiene con la superficie de paso total de la corriente y la superficie de cada tubo:

$$N_T = \frac{A_{total,ext}}{A_T}$$

o Con el número de tubos se obtienen las dimensiones de la carcasa como se explica a continuación:

- Se calcula el diámetro de la bancada de tubos:

$$D_b = d_{EXT} \left(\frac{N_T}{K_1} \right)^{\frac{1}{n_1}}$$

Donde:

D_b : diámetro de la bancada de tubos.

d_{ext} : diámetro externo de los tubos.

N_t : número de tubos.

K_1 y n_1 parámetros determinados según la configuración de los tubos; para este caso de disposición triangular tienen un valor de $K_1 = 0,319$ y $n_1 = 2,142$.

- Con D_b se calcula el diámetro interno de la carcasa D_{INT} :

$$D_{INT} = D_b + y = 1,34 \text{ m.}$$

Donde y es un factor determinado gráficamente (ver figuras manual de cálculo X *Diseño de intercambiadores*) y determina el espacio entre el diámetro interior de la carcasa y la bancada de tubos.

- Se calcula el espaciado entre placas deflectoras l_B :

$$l_B = \frac{D_{INT}}{5}$$

Siguiendo estos pasos se obtiene el diseño del reactor R-301 y R-302:

Dimensiones		
L	8	m
Dsi	2,123	m
D_b	2,103	m
N_t	200	
l_b	0,427	m
Lt	10,123	m

Tabla 12.6.3. Dimensiones de los reactores

Para comprobar el diseño se calcula el coeficiente global de transferencia de energía U a partir de los coeficientes individuales y a partir de la transferencia de calor.

1.- Cálculo del coeficiente a partir del calor intercambiado:

- Definir el DUTY velocidad de transferencia de calor, en este caso se determina con el calor de la reacción:

$$q = \dot{m} \cdot \Delta H_r \quad \text{en Kj/s}$$

Equipo	Q kj/s
Reactor 301	3948,6
Reactor 302	9322,5

Tabla 12.6.4.DUTY

- Hallar el área de transferencia de calor a partir del número de tubos y de la superficie externa de cada uno:

$$A_T = L d_{EXT} \pi$$

- Determinar la diferencia media de temperaturas ΔT_{lm} , que es la diferencia logarítmica:

$$\Delta T_{ml} = \frac{(T_{H,o} - T_{C,i}) - (T_{H,i} - T_{C,o})}{\ln \frac{(T_{H,o} - T_{C,i})}{(T_{H,i} - T_{C,o})}}$$

Equipo	AT
Reactor 301	23,78
Reactor 302	27,19

Tabla 12.6.5 ΔT_{lm} en los reactores

- A partir de la fórmula de intercambio de calor se determina el coeficiente global de transferencia de energía, U.

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

2.- Cálculo del coeficiente global a partir de los coeficientes individuales:

$$\frac{1}{U_o} = \frac{1}{h_o} + \frac{1}{h_{oD}} + \frac{d_o \ln(d_o / d_i)}{2K_w} + \frac{d_o}{d_i} \times \frac{1}{h_{iD}} + \frac{d_o}{d_i} \times \frac{1}{h_i}$$

Donde se definen:

U_o : coeficiente global, $W/m^2\text{°C}$

h_o : coeficiente del lado de la carcasa, $W/m^2\text{°C}$

h_i : coeficiente del lado de los tubos, $W/m^2\text{°C}$

h_{oD} , h_{iD} : coeficientes de ensuciamiento para el lado de la carcasa y de los tubos.

Se ha tomado un valor de $5000 \text{ w/m}^2\text{°C}$

d_o , d_i : diámetro externo e interno de los tubos, m.

K_w : conductividad térmica de la pared de los tubos, $W/m\text{°C}$

Los coeficientes evaluados para el lado de la carcasa y de los tubos se calculan con las fórmulas:

Para la carcasa:

$$h_s = \frac{K_{f,C} j_h \text{Re Pr}^{1/3} \left(\frac{\mu_C}{\mu_w} \right)^{0,14}}{d_e}$$

Donde:

K_f : conductividad del fluido, $w/m\text{°C}$

j_h : se obtiene gráficamente, Manual de cálculo, Diseño de intercambiadores de calor,

Re : número de Reynolds del lado de la carcasa:

$$\text{Re}_s = \frac{\rho_C u_s d_e}{\mu_C}$$

de: diámetro equivalente en m:

$$d_e = \left(\frac{1,1}{d_{EXT}} \right) (P_T^2 - 0,917 d_{EXT}^2)$$

Pr: número de Prandlt:

$$Pr = \frac{C_{p,C} \mu_C}{K_{f,C}}$$

Para los tubos:

$$h_I = Nu \frac{K_f}{d_{INT}}$$

Donde:

Nu: número de Nusselt:

$$Nu = j_h Re Pr^{0,33} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

En el que se definen:

$$j_H = St Pr^{0,67} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0,14}$$

$$St = 0,0225 \exp(-0,0225 (\ln Pr)^2) Re^{-0,205} Pr^{-0,505}$$

$$d_{INT} = d_{EXT} - 2e$$

$$Re_T = \frac{\rho_H u_T d_{INT}}{\mu_H}$$

$$Pr = \frac{C_{p,H} \mu_H}{K_{f,H}}$$

A continuación se muestra una tabla resumen con los datos de los dos reactores:

	R 301 A/B	R 302 A/B	Unidades
q	1974273,5	4661239,0	W
A	522,3	522,3	m ²
AT In	23,8	27,2	°C
U	159,0	328,2	W/m ² .°C

Tabla 12.6.6. Comprobación del coeficiente global

	R 301 A/B	R 302 A/B	Unidades
U	123,8	212,8	W/m ² .°C
ho	1372,5	1866,5	W/m ² .°C
hi	150,9	280,2	W/m ² .°C

Tabla 12.6.7. Comprobación del coeficiente global

Los coeficientes globales calculados tienen un valor bajo para las características de los fluidos entre los que se intercambia el calor, pero el valor calculado por los dos métodos se encuentra dentro del mismo orden de magnitud.

Caída de presión

Para calcular la caída de presión es necesario estimarla para el lado de la carcasa y para el lado de los tubos.

La pérdida de carga para la carcasa es evaluada como:

$$\Delta P_S = 8j_F \left(\frac{D_{INT}}{d_e} \right) \left(\frac{L}{l_B} \right) \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0,14} \frac{\rho u_s^2}{2}$$

Para el lado de los tubos, la caída de presión es dada por:

$$\Delta P_T = N_p \left[8j_F \left(\frac{L}{d_{INT}} \right) \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-m} + 2,5 \right] \frac{\rho u_T^2}{2}$$

La caída de presión en los dos reactores es:

	R301 A/B	R302 A/B	
ΔP carcasa	0,0141	0,0244	bar
ΔP tubos	0,0735	0,0536	bar
ΔP vencer el líquido	1,0990	1,0791	bar

Tabla 12.6.8. Caída de presión en los reactores

La caída de presión que debe vencer el líquido debe incluir la altura del equipo.

Diseño mecánico de los reactores.

El diseño mecánico se ha realizado siguiendo los pasos recogidos en el punto 12.1 *Diseño mecánico de equipos*.

Diseño mecánico	R-301 A/B	Unidades
Material	AISI 304	
Tipo de fondos	Esféricos	
Altura de los fondos	1061,7	mm
Presión de diseño	6	bar
Presión de operación	4	bar
Presión de servicio	5,07	bar
Espesor carcasa	6	mm
Espesor fondos	3	mm
Espesor real	6	mm

Tabla 12.6.9 Diseño mecánico de R-301 A/B

Diseño mecánico	R-302 A/B	Unidades
Material	AISI 304	
Tipo de fondos	Esféricos	
Altura de los fondos	1061,7	mm
Presión de diseño	6	bar
Presión de operación	3,8	bar
Presión de	5,07	bar

servicio		
Espesor carcasa	6	mm
Espesor fondos	3	mm
Espesor real	6	mm

Tabla 12.6.10. Diseño mecánico de R-302 A/B

12.7.- COLUMNAS DE RELLENO D-401, AB-801, D-801

Para diseñar las torres de relleno del proceso correspondientes a los equipos D-401, D-801 y AB-801 se ha seguido el mismo procedimiento, al tratarse de tres columnas empacadas en las que tiene lugar una desorción o una absorción.

Los pasos a seguir en el diseño de las columnas han sido:

1. Cálculo de las condiciones de operación.
2. Elección del relleno de la torre.
3. Componentes internos de la torre.
4. Cálculo del diámetro de la columna.
5. Cálculo de la altura.
6. Determinación de las pérdidas de carga.
7. Diseño mecánico de la columna.

Elección y características del relleno:

Una vez determinadas las condiciones de operación de la columna se escoge un tipo de relleno adecuado. Debido a la presencia de ácido nítrico y a que no se requiere elevadas temperaturas en las operaciones, se ha elegido un relleno de plástico con las características que se muestran a continuación:

ANILLOS PALL DE PLÁSTICO:

Tamaño	88	mm
Espesor	1,5	mm
Número	1160	/m ³
Densidad lecho	64	kg/m ³
Superficie de contacto Sb	85	m ² /m ³
Espacio libre	92	% e
Factor empaquetamiento F	52	m ² /m ³

Tabla 12.7.1. Características del relleno

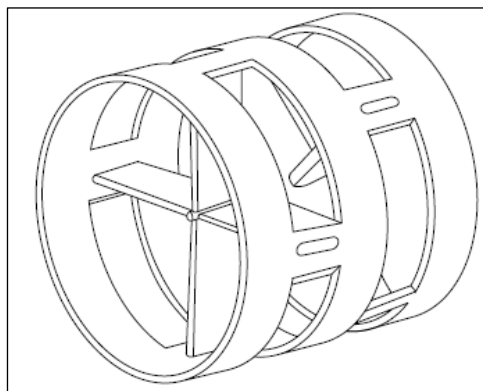


Fig.12.7.1 Relleno Pall de plástico

Componentes internos de la torre:

El relleno se encuentra distribuido al azar en la torre; sin embargo son necesarios una serie de elementos que soporten el relleno y que garanticen la distribución del líquido y del gas en la columna.

Soporte de relleno:

Los platos de soporte deben soportar el peso del relleno y permitir el flujo del líquido y del gas, se han seleccionado platos de soporte tipo rejilla, como el que se muestra en la figura:

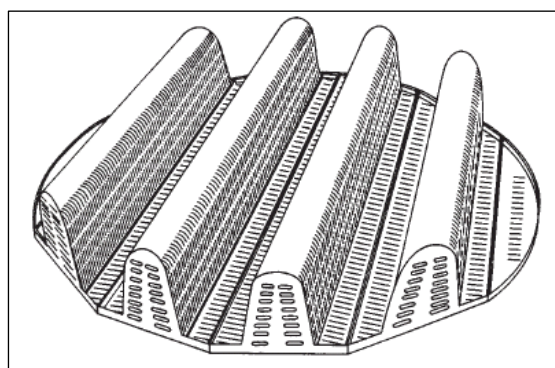


Fig.12.7.2. Soporte del relleno

Como no se trata en ninguno de los casos de torres con elevada altura se colocan dos platos de soporte en cada una de ellas, que soportan la mitad del peso del relleno cada uno. Uno se coloca en la parte inferior de la columna y el otro en la mitad de la misma.

Plato de sujeción de relleno:

El plato de sujeción del relleno sirve para confinar las partículas de relleno y evitar su expansión y dispersión. Se colocan en la parte superior de la columna. Se ha escogido un plato de sujeción del tipo:

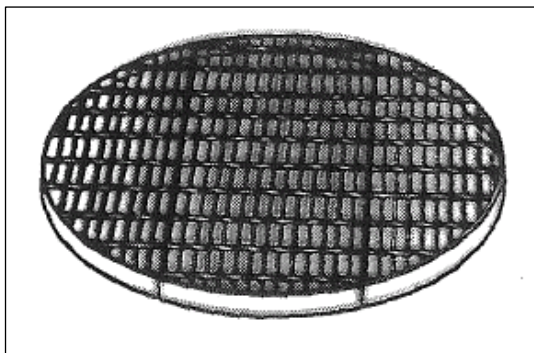


Fig.12.7.3. plato de sujeción

Distribuidores de líquido:

Para un correcto funcionamiento de la columna de relleno es fundamental una buena distribución de las fases líquida y gaseosa dentro de la columna. Los distribuidores de líquido son los que permiten esa buena repartición.

En este caso se han seleccionado distribuidores con forma de platos perforados, el líquido cruza a través de los orificios mientras que el gas pasa por los tubos:

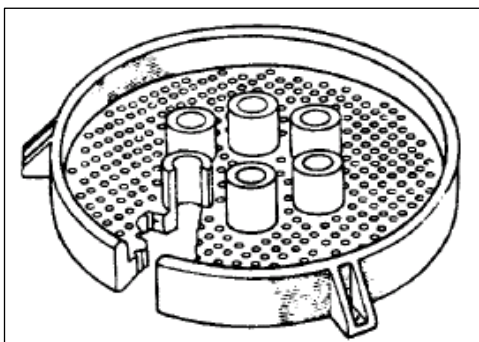


Fig.12.7.4. Distribuidor de líquido

El número de distribuidores de líquido depende de las dimensiones de la columna; en este caso al tratarse de una columna con una longitud no muy elevada se colocan dos distribuidores de líquido.

Redistribuidores de líquido:

Los redistribuidores sirven para recoger el líquido y canalizarlo a lo largo del relleno para su homogénea distribución en la columna.

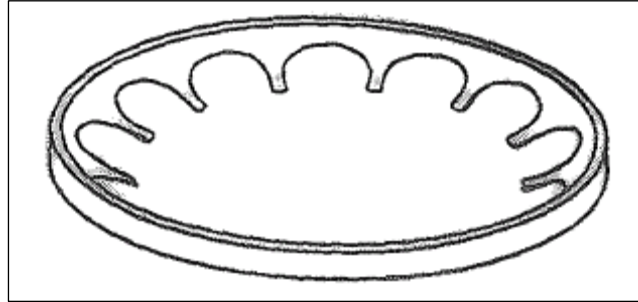


Fig.12.7.4. Redistribuidores de líquido

Determinación del diámetro de la torre:

El diámetro de la torre viene delimitado por la inundación de la misma, ya que si se trabaja con diámetros demasiado pequeños puede producirse.

Para comprobar que la columna no se inunda se supone un diámetro y se comprueba con las gráficas:

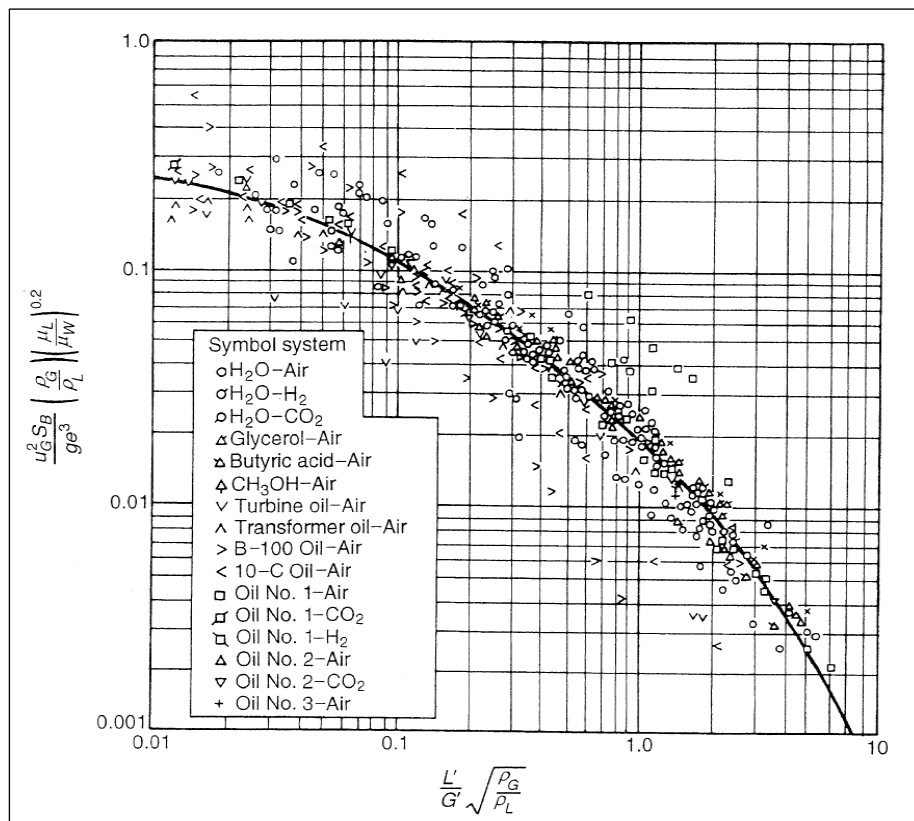


Fig. 12.7.6. Gráfico para comprobar la inundación de una columna de relleno

Donde se definen:

u_g es la velocidad del gas, calculada en la sección del lecho m/s,

S_b es la superficie de contacto por unidad de volumen del lecho,

g aceleración de la gravedad, $9,8 \text{ kg/m}^2$

ϵ espacio libre del lecho, %

ρ_g densidad del gas, kg/m^3

ρ_l densidad del líquido, kg/m^3

μ_w es la viscosidad del agua a 293 K, $\text{kg/m}\cdot\text{s}$

μ_L es la viscosidad del líquido en las condiciones de trabajo, $\text{kg/m}\cdot\text{s}$

L' es el flujo másico de líquido por unidad de área, kg/m^2

G' es el flujo másico de gas por unidad de área, kg/m^2

Cálculo de las pérdidas de carga:

La estimación de las pérdidas de carga se realiza gráficamente, verificando que no se llega a la inundación de la torre.

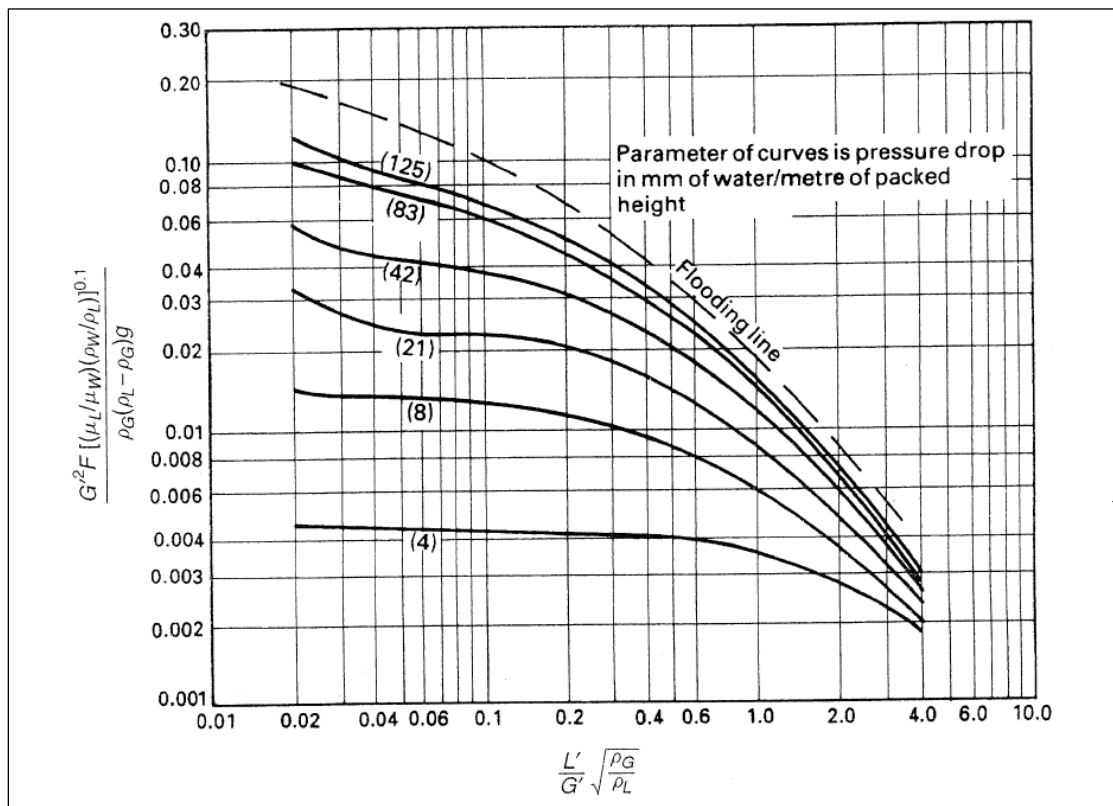


Fig. 12.7.7. Gráfico para calcular la pérdida de presión en una columna de relleno

Donde se definen:

g aceleración de la gravedad, $9,8 \text{ kg/m}^2$

ρ_g densidad del gas, kg/m^3

ρ_l densidad del líquido, kg/m^3

ρ_w densidad del agua en las condiciones de trabajo, kg/m^3

μ_w es la viscosidad del agua a 293 K, $\text{kg/m}\cdot\text{s}$

μ_L es la viscosidad del líquido en las condiciones de trabajo, $\text{kg/m}\cdot\text{s}$

L' es el flujo másico de líquido por unidad de área, kg/m^2

G' es el flujo másico de gas por unidad de área, kg/m^2

F factor de empaquetamiento del relleno, m^2/m^3

Cálculo de la altura de la torre:

La altura de una columna de relleno se calcula a partir de la ecuación:

$$h = HTU \cdot NTU$$

En donde HTU es la altura de unidad de transferencia de materia y NTU es al número de unidades de transferencia de materia.

Ambos parámetros pueden evaluarse en ambas fases:

$$h = H_{OL} \cdot N_{OL} = H_{OG} \cdot N_{OG}$$

En este caso se ha calculado la altura a partir de la determinación de los coeficientes en la fase gaseosa.

El número de unidades de transferencia de materia viene determinado por la correlación:

$$N_{OG} = \frac{1}{1 - (m \cdot G_M / L_M)} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{m \cdot G_M}{L_M} \right) \left(\frac{y_1 - m \cdot x_2}{y_2 - m \cdot x_2} \right) + \frac{m \cdot G_M}{L_M} \right]$$

Donde se definen:

G_M flujo molar del gas por la columna, kmol/s

L_M flujo molar del líquido a través de la columna, kmol/s,

m pendiente de la línea de equilibrio,

y_1 concentración de entrada del soluto en el gas,

y_2 concentración de salida del soluto en el gas,

x_2 concentración de salida del soluto en el líquido.

La altura de la unidad de transferencia puede determinarse a partir de varias correlaciones, en este caso se ha utilizado:

$$H_{OG} = \frac{G}{K_{OG} \cdot a \cdot S}$$

El coeficiente global de transferencia de materia, $K_{OG} \cdot a$, puede determinarse de varias maneras, en este caso por falta de datos experimentales se ha calculado a partir de correlaciones obtenidas del estudio de experiencias:

- Borden-Squires : $K_{OG} \cdot a = 0.00086 \cdot G^{0.5} \cdot L^{0.4}$
- Kowalke-Cois: $K_{OG} \cdot a = 0.000031 \cdot G^{0.8}$

A continuación se recoge tablas con los resultados del diseño de cada una de las columnas:

<u>D-401</u>		
Cálculo de la altura		Unidades
NOG	0,318	
HOG	11,44	m
Altura de la torre	3,63	m
Diámetro de la torre	2,2	m
Pérdida de carga	84	mm H2O/m relleno
Pérdida de carga total	0,407	bar
Relleno		
Anillos Pall de Plástico		
Tamaño	88	mm

Tabla 12.7.2. Dimensionado de D-401

AB-801		
Cálculo de la altura		Unidades
NOG	0,63	
HOG	4,38	m
Altura de la torre	2,77	m
Diámetro de la torre	2,4	m
Pérdida de carga	50	mm H ₂ O/m relleno
Pérdida de carga total	0,185	bar
Relleno		
Anillos Pall de Plástico		
Tamaño	88	mm

Tabla 12.7.3 Dimensionado de AB-801

D-801		
Cálculo de la altura		Unidades
NOG	3,00	
HOG	1,09	m
Altura de la torre	3,28	m
Diámetro de la torre	2,5	m
Pérdida de carga	42	mm H ₂ O/m relleno
Pérdida de carga total	0,181	bar
Relleno		
Anillos Pall de Plástico		
Tamaño	88	mm

Tabla 12.7.4 Dimensionado de D-801

Diseño mecánico de las columnas:

Siguiendo los pasos desarrollados en la parte de diseño mecánico se obtienen los siguientes resultados:

Diseño mecánico	D-401	
Material	AISI 304	
Tipo de fondos	Esféricos	
Altura de los fondos	1100	mm
Presión de diseño	5,3	bar
Presión de operación	3,5	bar

Presión de servicio	4,3	bar
Espesor carcasa	6,2	mm
Espesor fondos	3,2	mm
Espesor real	7	mm

Tabla 12.7.5. Diseño mecánico de D-401

Diseño mecánico	AB-801	
Material	AISI 304	
Tipo de fondos	Esféricos	
Altura de los fondos	1200	mm
Presión de diseño	5,3	bar
Presión de operación	3,5	bar
Presión de servicio	4,3	bar
Espesor carcasa	3,5	mm
Espesor fondos	5,07	mm
Espesor real	6	mm

Tabla 12.7.6. Diseño mecánico de AB-801

Diseño mecánico	D-801	
Material	AISI 304	
Tipo de fondos	Esféricos	
Altura de los fondos	1250	mm
Presión de diseño	4,8	bar
Presión de operación	3	bar
Presión de servicio	3,8	bar
Espesor carcasa	3,5	mm
Espesor fondos	5,1	mm
Espesor real	6	mm

Tabla 12.7.7 Diseño mecánico de D-801

El espesor real se ha calculado tomando el valor mayor de los espesores calculados de la carcasa y de espesor redondeando a la unidad por encima y a ese espesor se añade 1 mm de sobreespesor de corrosión.

12.8.- COLUMNAS DE DESTILACIÓN CD-401, CD-501, CD-701, CD 702 A/B:

- Selección de las columnas de destilación:

A la hora de seleccionar el diseño de una columna de destilación hay que analizar el tipo de separación que se da en ella.

Una vez realizados los balances de materia se calcula el número de etapas necesarias para la separación impuesta de los componentes. En este proyecto las columnas se caracterizan porque requieren poca altura, ya que el número de etapas nunca sobrepasa las 20, y diámetros considerables debido a que las corrientes que se tratan son elevadas.

- Diseño de una columna de platos:

Los pasos a seguir para el diseño de las columnas han sido:

- o Determinación de las condiciones de trabajo de la torre.
- o Cálculo del número mínimo de etapas.
- o Cálculo de las etapas reales de la torre.
- o Determinación de la etapa de alimentación.
- o Cálculo de la altura de la torre a partir de la altura requerida en cada etapa.
- o Determinación del diámetro de la columna a partir del diámetro de plato.
- o Estructura de los platos.
- o Diseño mecánico.
- o Tubuladuras

Condiciones de trabajo de la torre:

Para poder determinar el diseño de una columna es necesario saber cómo trabaja la columna; un parámetro fundamental es el reflujo de la columna que se calcula a partir de la relación de reflujo mínima. Para poder determinarla se trata a la mezcla como pseudobinaria con los componentes clave.

Las fórmulas utilizadas para el cálculo han sido:

La que da el líquido mínimo de la torre:

$$\frac{L \text{ min}}{F} = \frac{(D \cdot x_{DCL} / F \cdot x_{FCP}) - \alpha_{CL-CP} \cdot (D \cdot x_{DCL} / F \cdot x_{FCP})}{\alpha_{CL-CP} - 1}$$

En donde los subíndices CL y CP corresponden a los claves ligero y pesado respectivamente de cada columna y F y D hacen referencia a la alimentación y a la corriente de destilado.

La ecuación de Underwood que calcula el reflujo mínimo:

$$\frac{V \text{ min}}{D} = \sum \frac{\alpha_i \cdot x_{Di}}{\alpha_i - \phi}$$

Para determinar el factor ϕ se usa la correlación:

$$1 - q = \sum \frac{\alpha_i \cdot x_{Fi}}{\alpha_i - \phi}$$

En donde q es la fracción de vapor en la alimentación.

El balance de la columna resulta:

$$F = D + W$$

$$V = V' + q \cdot F$$

$$L' = L + (1 - q) \cdot F$$

Con el valor de los flujos mínimos que deben recorrer la torre se hallan los valores reales, se ha tomado la relación de V/D 1,1 mayor que la mínima.

En la tabla se recogen los valores de los flujos internos con los que trabajan las diferentes torres:

ITEM	V (mol/s)	L (mol/s)	V' (mol/s)	L' (mol/s)
CD-401	1862,4	106,5	1862,4	1934,2
CD-501	290,2	27,0	290,2	309,4
CD-701	43,9	8,0	43,9	44,8
CD-702	10071,8	479,6	10071,8	11778,2

Tabla 12.8.1. Flujos internos en las torres

Número mínimo de etapas

El número mínimo de etapas viene determinado por la correlación de Fenske:

$$N_{\min} = \frac{\ln \left[\frac{\left(\frac{x_{CL}}{x_{CP}} \right)_D}{\left(\frac{x_{CL}}{x_{CP}} \right)_W} \right]}{\ln \alpha_{CL-CP}}$$

En donde D y W hacen referencia a las composiciones de los componentes clave en el destilado y en las colas y α_{CL-CP} es el cociente entre las volatilidades de los dos compuestos; ésta se ha calculado para los valores de temperaturas en colas y en destilado y en la alimentación:

$$\bar{\alpha} = \sqrt[3]{\alpha_D \cdot \alpha_F \cdot \alpha_W}$$

En la parte de Manual de Cálculo se recoge un punto en el que se desarrolla el cálculo de las volatilidades de los compuestos según las condiciones de operación.

Número de etapas reales:

Se utilizan las correlaciones de Gilliland para calcular las etapas necesarias:

$$X = \frac{\left(\frac{L}{D}\right) - \left(\frac{L}{D}\right)_{\min}}{L/D + 1}$$

$$\frac{N - N_{\min}}{N + 1} = 0,545827 - 0,591422 \cdot X + 0,00243 / X$$

Además las etapas reales deben corregirse con la eficacia de cada etapa, ésta se ha calculado a partir de una correlación empírica de *Drickamer y Bradford*, al no disponer de datos experimentales.

$$E = 0,17 - 0,616 \cdot \log \sum [x_f \cdot (\mu_L / \mu_w)]$$

Donde x_F es la composición en la alimentación de los diferentes componentes, μ_L es la viscosidad del líquido a una temperatura media en la torre y μ_w es la viscosidad del agua a 293 K.

Etapas de alimentación

El plato óptimo en el que debe entrar la alimentación se calcula a partir de las correlaciones:

$$NF_{\min} = \frac{\ln \left[\left(\frac{X_{CL}}{X_{ECP}} \right)_D \middle/ \left(\frac{X_{CL}}{X_{CP}} \right)_F \right]}{\ln \alpha_{CL-CP}}$$

$$NF = \frac{NF_{\min}}{N_{\min}} \cdot N$$

En la tabla se muestran los resultados de las torres de la planta:

ITEM	N min	N	N real	NF	ε
CD-401	7	15	18	12	0,79
CD-501	6	13	18	5	0,83
CD-701	3	7	10	3	0,70
CD-702	4	13	20	7	0,65

Tabla 12.8.2. Etapas en las columnas de destilación

Cálculo de la altura de la torre:

La altura de la torre se calcula a partir de la altura de cada etapa de transferencia de materia HETP que se puede calcular a partir de la fórmula:

$$\ln HETP = 2,96 - 0,157389 \cdot \ln g + 0,577402 \cdot \mu$$

Donde σ la tensión superficial cuyo cálculo se recoge en anexos.

La altura de las torres se recoge en la tabla:

ITEM	HETP enr	HETP ago	L (m)
CD-401	0,54	0,32	8,35
CD-501	0,29	0,31	5,52
CD-701	0,43	0,57	5,28
CD-702	0,29	0,29	5,86

Tabla 12.8.3 Cálculo de la altura en las columnas de destilación

Tipo y diámetro de platos y diámetro de la torre:

Se han escogido platos perforados por ser los más sencillos y baratos de construir; la estructura de los platos perforados es la que se muestra en la figura:

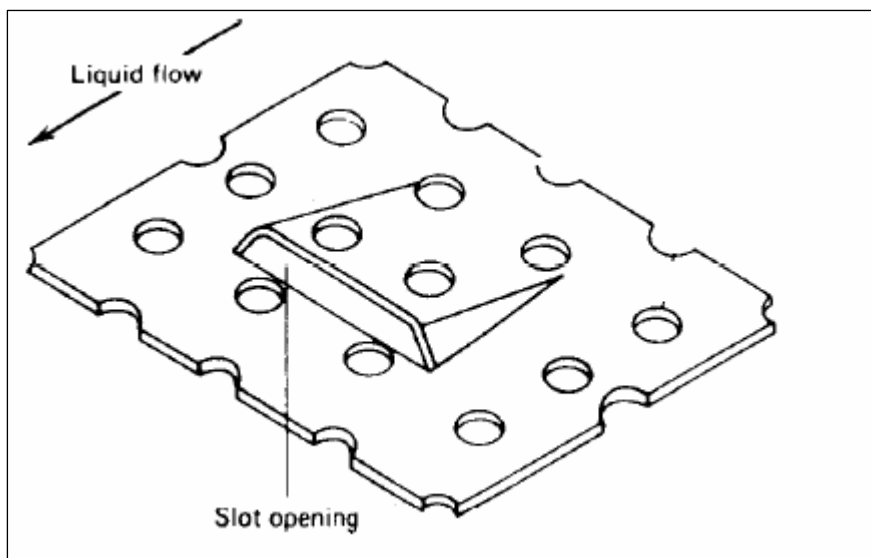


Fig. 12.1 Representación de las perforaciones en los platos de las columnas

Para su cálculo se ha impuesto una velocidad típica del vapor por los agujeros y se ha calculado la superficie necesaria para ello; a partir de esta superficie y con un determinado diámetro para los agujeros se calcula el número de agujeros y la superficie total de los platos, obteniendo así el diámetro de la torre.

A continuación se muestra el cálculo para cada una de las torres:

ITEM	d agujero (")	N agujeros	% Agujeros	Espaciado líquido (m ²)	D total (m)
CD-401	1,5	75	20	0,084	3,79
CD-501	0,50	40	18	0,0199	1,69
CD-701	0,25	30	15	0,0075	1,13
CD-702	1,5	120	25	0,172	4,30

Tabla 12.8.4 Características de los platos

Diseño mecánico de las torres:

Siguiendo el Manual de Cálculo se obtienen los diseños incluidos en las tablas que siguen:

Diseño mecánico	CD-401	
Material	AISI 304	
Tipo de fondos	Elípticos	
Altura de los fondos	948,5	mm
Presión de diseño	3,5	bar
Presión operación	1,013	bar
Presión de servicio	2,6	bar
Espesor carcasa	6,3	mm
Espesor fondos	6,7	mm
Espesor real	7	mm

Tabla 12.8.5 Diseño mecánico de la CD-401

Diseño mecánico	CD-501	
Material	AISI 304	
Tipo de fondos	Elípticos	
Altura de los fondos	421,9	mm
Presión de diseño	3,5	bar
Presión operación	0,67	bar
Presión de servicio	2,6	bar
Espesor carcasa	3,34	mm
Espesor fondos	3,5	mm
Espesor real	4	mm

Tabla 12.8.6. Diseño mecánico de la CD-501

Diseño mecánico	CD-701	
Material	AISI 304	
Tipo de fondos	Elípticos	
Altura de los fondos	282,8	mm
Presión de diseño	3,5	bar
Presión operación	1,013	bar
Presión de servicio	2,6	bar
Espesor carcasa	3,5	mm
Espesor fondos	3,1	mm
Espesor real	4	mm

Tabla 12.8.7. Diseño mecánico de la CD-701

Diseño mecánico	CD-702	
Material	AISI 304	
Tipo de fondos	Elípticos	
Altura de los fondos	1075,5	mm
Presión de diseño	3,5	bar
Presión operación	1,013	bar
Presión de servicio	2,6	bar
Espesor carcasa	7,0	mm
Espesor fondos	7,5	mm
Espesor real	8	mm

Tabla 12.8.9 Diseño mecánico de la CD-702

12.9.- COLUMNA DE DESTILACIÓN ACIDO SUCCÍNICO

Este método de cálculo para el diseño de las columnas de destilación también se puede utilizar para las otras columnas de destilación de nuestra planta.

12.9.1.- Descripción del proceso de cálculo

Esta columna de destilación ha sido diseñada con el simulador de la empresa AspenTech llamado HYSYS. La versión utilizada ha sido la 3.1. Este programa dispone de una base de datos muy amplia de todos los componentes a utilizar.

Para tener una primera idea de como tiene que ser la columna real se ha realizado un diseño preliminar con la opción “Short Cut Distillation” y después el diseño riguroso con la opción “Distillation Column”.

En esta columna se va a separar el ácido succínico anhidro del ácido adípico. Por cabezas saldrá el ácido succínico anhidro y por colas el ácido adípico que es lo que nos interesa como producto final.

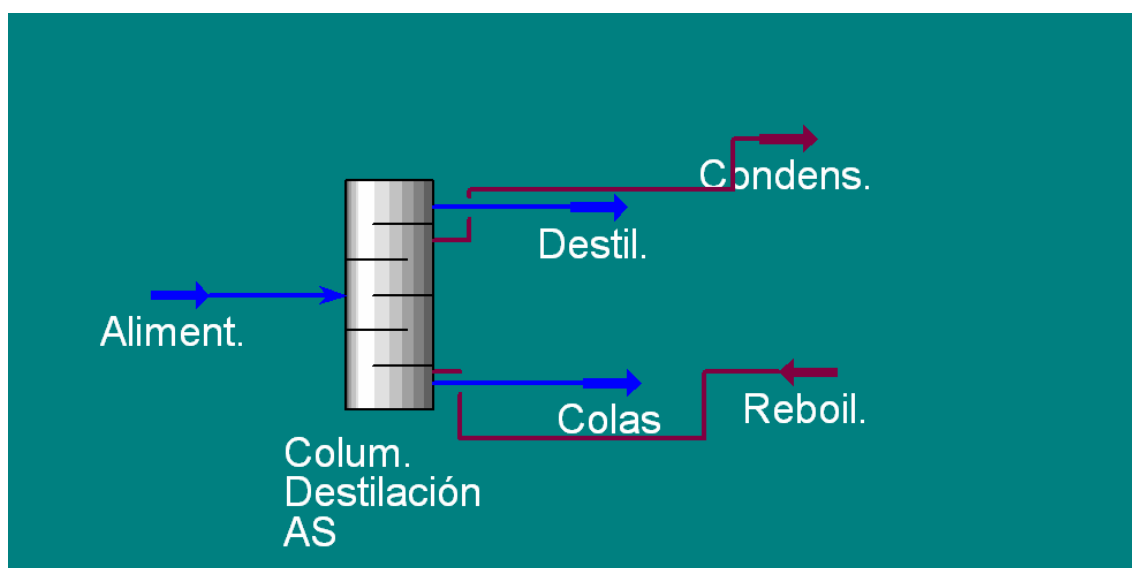


Fig.12.9.1.

12.9.1.1.- Diseño por el método “Short Cut Distillation”

Una vez definida la corriente del alimento que se introduce en la columna el simulador nos pide:

- Fracción molar del componente clave ligero a colas.
- Fracción molar del componente clave pesado a cabezas.

- Presión al condensador.
- Presión a la caldera.

Los componentes claves marcan la distribución de los productos por cabezas y por colas y esta es función del objetivo de separación a cada columna. Se han fijado como ejemplo en esta columna los siguientes valores:

- Componente clave ligero: ácido succínico anhidrido
- Fracción molar del componente clave ligero por colas: 0.0025
- Componente clave pesado: ácido adípico
- Fracción molar del componente clave pesado por cabezas: 0.0067
- Presión al condensador: 33.33 KPa.
- Presión a la caldera: 33.33 KPa.

Una vez introducidos los valores, el simulador calcula la mínima relación de reflujo, con este valor se puede fijar una relación de reflujo externa con la que se hace la resta de cálculos. Los resultados obtenidos por la columna de destilación TD-528 són:

Parámetros característicos	Valor calculado
Relación de reflujo externa	18,240
Relación de reflujo mínima	0,262
Número mínimo de platos	4,520
Plato del alimento	4,683
Plato del alimento	2
Temperatura del condensador (°C)	220.1
Temperatura de la caldera (°C)	294,4
Caudal de vapor rectificado (Kmol/h)	42,591
Caudal de líquido rectificado (Kmol/h)	40,377
Caudal de energía al condensador (KJ/h)	42,591
Caudal de energía a la caldera (KJ/h)	46,677

Tabla 12.91.

Este método hace muchas aproximaciones, una de ellas es considerar que todas las composiciones no claves que salen por cabezas y por colas es cero, cosa que realmente no es así.

12.9.1.2.- Diseño por el método riguroso “Distillation Column”

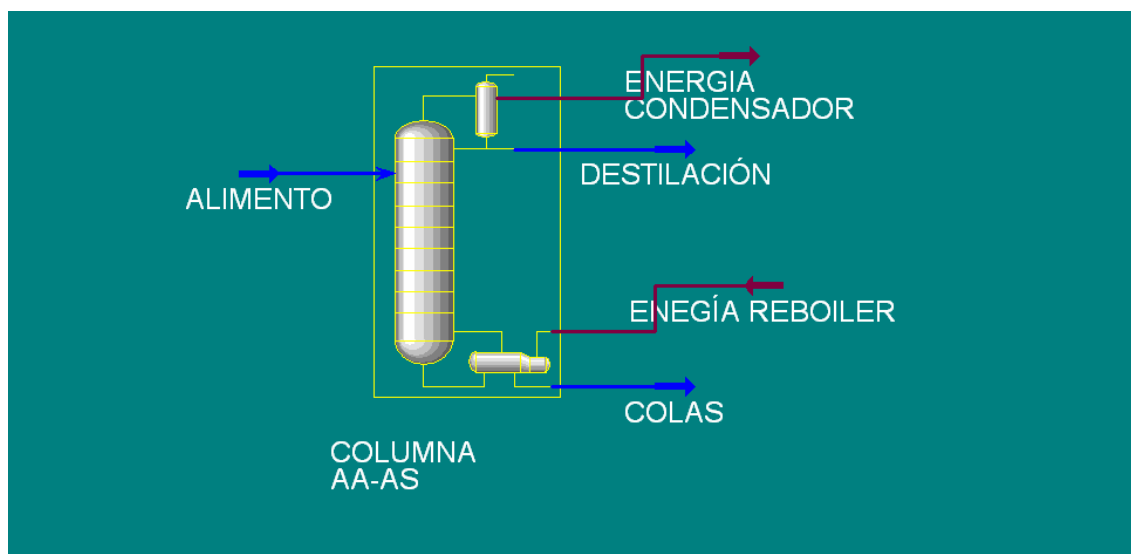


Fig.12.9.2.

Los valores obtenidos por el método anterior sirven para comenzar con el diseño riguroso. A continuación se explican los pasos para calcular los parámetros de diseño de una de las columnas de destilación para destilar el ácido succínico, TD-528.

En primer lugar se ha de tener definida la corriente del alimento, fijar las presiones a la caldera y al condensador y elegir el tipo de trabajo en el condensador (parcial o total).

En la pantalla donde se encuentra la pestaña “Design”, en Connections nos permite fijar el número de platos (etapas teóricas) y decidir en que plato entra la corriente del alimento.

La columna todavía tiene dos grados de libertad. Hysys dispone de una opción para elegir las especificaciones más apropiadas para que la columna converja a las condiciones deseadas. Se puede añadir todas las especificaciones que se quiera, para visualizar las después, y así decidir más fácilmente si el resultado es el deseado.

Una vez definidas las especificaciones vamos a la opción “Monitor” dentro de la pestaña “Design” para poder seguir los cálculos. Pulsando “Run” el simulador comienza a calcular y se puede ver si los valores con los que la columna converge son lógicos y si sirven para el diseño.

Los valores azules son los que se añaden como especificaciones. Los de valor negro son los calculados por el simulador. Las opciones elegidas son las utilizadas para que la columna converja.

Una vez converge la columna se puede ver la variación de las composiciones, caudales, presión y temperaturas a lo largo de la columna.

12.9.1.3.- Caracterización de las corrientes.

	Entrada	Destilado	Colas
Caudal masico (Kg/h)	818.9	222.2	596.7
Caudal molar (Kmol/h)	6.3	2.21	4.086
Fracción molar AS anhidro	0.3506	0.9933	0.0025
Fracción molar AA	0.6494	0.0067	0.9975
Presión (Bar)	0.30	0.33	0.33
Temperatura (°C)	250	222.60	294.44

Tabla 12.9.2

Se trabaja en condiciones de vacío.

En este caso en especial se va a diseñar una columna de destilación de relleno. Por lo que, hysys nos dará un número de platos que nos servirá para calcular la altura y diámetro de la columna, y así saber el número de piezas de relleno que rellenaran la columna.

DESCRIPCIÓN DE LA COLUMNA	
Tipo de Columna	Rellena
Nº de Platos Teóricos	5 platos + caldera
Condensador	Total
Diámetro	1.5m
Altura	2,6m

Tabla 12.9.3

12.9.1.3.1.- Relleno.

Esta columna de destilación es una columna rellena, con un relleno desordenado del tipo anillos Pall de Polipropileno (plástico) de 1pulgada de diámetro.

Se estima mediante datos bibliográficos que se rellene por Area Superficial $210 \text{ m}^2/\text{m}^3$, ocupando así 3360 m^2 de relleno en la columna.

Anillos Pall en Polipropileno					
Medida	5/8"	1"	1½"	2"	3"
Area Superficial m^2/m^3	340	210	130	115	75
Espacio Libre %	87	92	93	95	96
Peso Aprox. Kg/m^3	145	93	72	57	48
Factor de Relleno (*)	78	45	28	22	20

(*) Para la mayoría de las aplicaciones.-

Tabla.12.9.4

Este tipo de relleno tiene muchas ventajas:

- No requiere el extremo cuidado que debe ser observado con los otros rellenos.
- Resistencia al ácido adípico y al ácido succínico a altas temperaturas.
- No se necesita hacer ninguna provisión para prevenir los choques de las piezas del relleno cuando se viertan en la torre.
- Se requiere aproximadamente sólo un décimo de tiempo y costo para instalar los Anillos Pall de Polipropileno, comparando con los cerámicos.
- Los anillos son fácilmente limpiados "in situ".
- No se producen roturas, pudiéndose mantener bajas caídas de presión y de esta forma la torre puede operar al máximo de capacidad y eficiencia.

El polipropileno es resistente a los ácidos inorgánicos, incluso a altas concentraciones y temperaturas superiores a los 100°C , siendo atacado por las sustancias oxidantes como el ácido nítrico

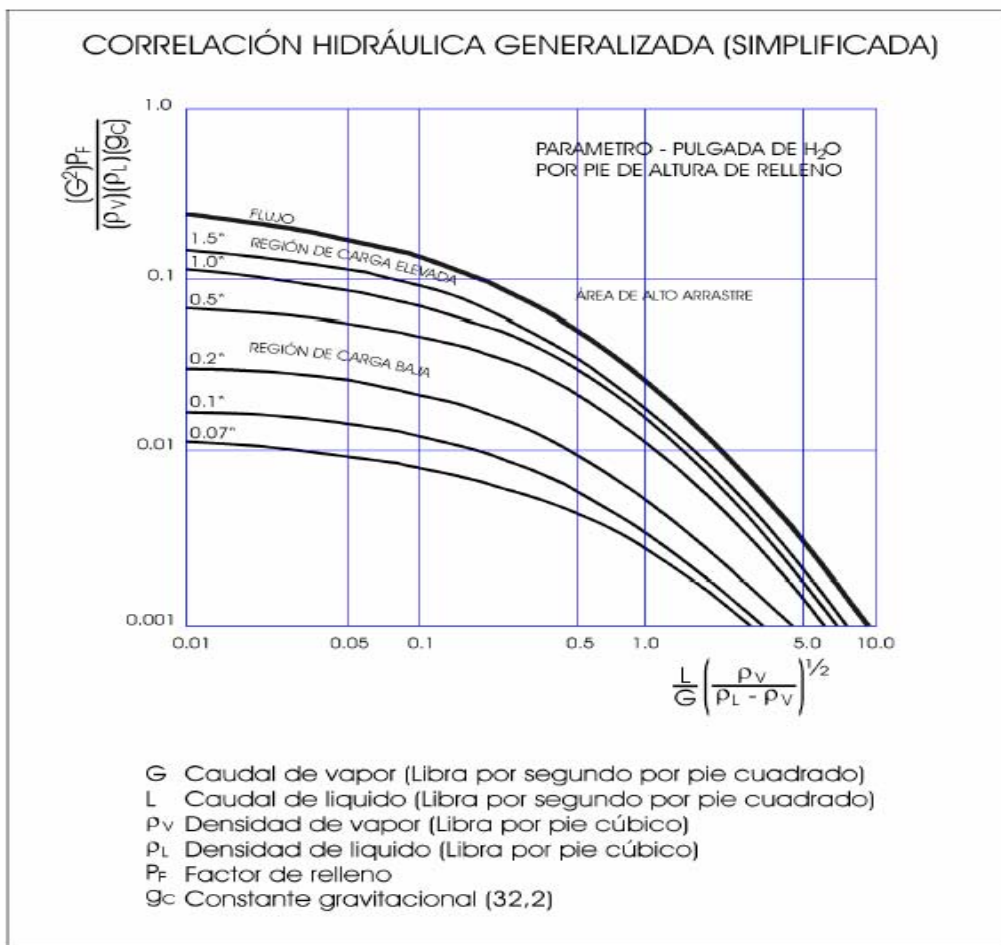


Tabla.12.9.5

12.91.3.2- Caldera y Condensador

Para una columna de rectificación es necesaria una caldera y un condensador. La caldera nos vaporiza parte del líquido que entra a la columna favoreciendo así la separación de los dos componentes, succínico anhidro y adípico. Y el condensador nos favorece la destilación del ácido succínico que sale en fase vapor enfriándolo. La importancia de la destilación por rectificación es el continuo reflujo que se produce.

La caldera está trabajando a una temperatura de 294,4°C , presión de 0,33 bar y la energía que gasta es de 2421505 KJ/h.

El condensador está trabajando a una temperatura de 220,1°C, presión de 0,33 bar y consume -2269178 KJ/h.

12.10.- REACTORES R-801 A/B, R-802 A/B:

Para el diseño de los dos reactores se ha seguido el mismo procedimiento; a partir de un tiempo de reacción estimado se calcula la longitud del reactor. Se impone un diámetro y con una velocidad típica de paso de los gases se halla la longitud necesaria para la reacción.

Las dimensiones de los reactores son:

ITEM	t reac (s)	D (m)	L reac (m)
R-801 A/B	5	4	7,3
R-802 A/B	3	3,5	5,7

Tabla 12.10.1. Dimensiones R-801 A/B, R-802 A/B

El diseño mecánico se recoge en la tabla:

Diseño mecánico	R-801 A/B	Unidades	Diseño mecánico	R-802 A/B	Unidades
Material	AISI 304		Material	AISI 304	
Tipo de fondos	Elípticos		Tipo de fondos	Elípticos	
Altura de los fondos	1000	mm	Altura de los fondos	875	mm
L tot	9292	mm	L tot	7498	mm
Presión de diseño	4,82	bar	Presión de diseño	4,11	bar
Presión operación	2,92	bar	Presión operación	2,33	bar
Espesor carcasa	8,6	mm	Espesor carcasa	6,2	mm
Espesor fondos	7	mm	Espesor fondos	5,5	mm
Espesor real	9	mm	Espesor real	7	mm

Tabla 12.10.2. Diseño mecánico R-801 A/B, R-802 A/B

Tubuladuras	R-801 A/B	Tubuladuras	R-802 A/B
Entrada gas	30 "	Entrada gas	42"
Salida gas	40 "	Salida gas	36 "
Drenaje	2"	Drenaje	2"
Venteo	12 "	Venteo	10 "

Tabla 12.10.3. Tubuladuras R-801 A/B, R-802 A/B

12.11.-TANQUES AGITADOS

Durante el proceso es necesaria la agitación y mezcla de algunas corrientes. Para ello se diseñan los tanques de disolución TD-501 y TD-502, y tres tanques para la deshidratación (TDH-501) que trabajaran cada uno de los cuales en discontinuo, además del tanque de mezcla T-701.

Del mismo modo se diseñarán los cristalizadores CR-501 a CR-504, dimensionando el cuerpo cilíndrico y los fondos (fondo superior toriesférico y fondo inferior cónico para facilitar la salida del producto cristalizado).

El diseño será el mismo y consistirá en el cálculo de las dimensiones del tanque, el cálculo de la camisa y del agitador, excepto en los casos del TD-502 y del T-701, que no requieren camisa. A continuación se expone el procedimiento de cálculo.

12.11.1.- Cálculo de las dimensiones del tanque

Conociendo el caudal volumétrico y el tiempo medio de permanencia en el tanque, se obtiene el volumen necesario, m^3 , al que se le añadirá un 30% para sobredimensionarlo.

Puesto que se pretende una agitación homogénea de la disolución, en los tanques de disolución y de deshidratación, el diámetro será igual a la altura del tanque.

$$D = H = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{\pi}} \quad [m]$$

En el caso de los cristalizadores, el volumen total será igual a $\frac{3}{4}$ partes del cilindro más $\frac{1}{4}$ de cono.

En el caso del T-701, el diámetro y la altura tendrán una relación 1/3 para mejorar la detección y control de las perturbaciones.

12.11.2.- Cálculo de la camisa

Se hace un balance de energía en el tanque para encontrar el flujo de calor:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Donde:

Q: flujo de calor necesario para mantener la temperatura constante, kJ/h

m: caudal másico de entrada al tanque, kg/h

C_p: calor específico de la disolución, kJ/kg·K

ΔT: salto térmico de temperatura, K

Para encontrar el caudal de vapor necesario se aplica el balance de energía al fluido calefactor (vapor de agua):

$$Q = m_{\text{vapor}} \cdot \Delta H_{\text{vap}}$$

Donde:

m_{vapor}: caudal de vapor necesario, kg/h

ΔH_{vap}: calor de vaporización, kJ/kg

A continuación, se procede al cálculo del grueso de la camisa. Para ello, se calcula la sección de paso:

$$S = \frac{Q_L}{v}$$

Donde:

Q_L: caudal volumétrico de vapor, m³/h

S: sección de paso, m²

v: velocidad de paso del vapor, m/h

Por geometría se encuentra que:

$$D = 2 \cdot 1000 \cdot \sqrt{S / \pi}$$

Donde:

D: grueso de la camisa o diámetro de la sección, mm

S: sección de paso, m²

12.11.3.- Cálculo del agitador

12.11.3.1.- Elección del agitador

El tipo de agitador afecta directamente al flujo que se produce dentro del tanque. Se escoge el tipo de agitador según la viscosidad del fluido y el tipo de operación.

12.11.3.2.- Dimensionado del agitador

Las dimensiones del tipo de agitador escogido se pueden ver en la figura 13.11.1, en la que se encuentra

- el diámetro del agitador, d_2 , m
- altura del agitador respecto del fondo, h_3 , m
- distancia entre el baffle y la pared, δ , m

12.11.3.3.- Cálculo de la potencia de agitación

Se calcula a partir del número de potencia, N_p , que es un número adimensional. Para encontrar este valor es necesario calcular antes el número de Reynolds:

$$Re_i = \frac{N_i \cdot d^2 \cdot \rho}{\mu}$$

Donde:

N_i : velocidad de agitación, rps

d : diámetro del agitador, m

ρ : densidad del fluido, Kg/m^3

μ : viscosidad del fluido, Kg/m/s

A partir de este valor y con la figura 12.7.2 se encuentra el número de potencia. Después se calculará la potencia de agitación con la siguiente ecuación:

$$P = N_p \cdot d^5 \cdot N_i^3 \cdot \rho$$

Donde:

P: potencia necesaria del agitador, W

Np: número de potencia

Ni: velocidad de agitación, rps

d: diámetro del agitador, m

ρ : densidad del fluido, Kg/m³

12.11.4.- Cálculo del grueso del aislante en el tanque

Se ha pensado en recubrir el tanque con un aislante para minimizar, en la medida de lo posible las pérdidas del calor.

El procedimiento de cálculo es el siguiente:

- Estimación del área de transferencia de calor de acuerdo con la geometría del tanque:

$$A = \pi \cdot \left(D_T H_{\text{útil}} + \frac{D_T^2}{4} \right)$$

Donde:

A: Área de intercambio de calor, m².

D_T: diámetro del tanque, m.

H_{útil}: Altura útil del tanque, m.

- Seguidamente, se supone un grueso de aislante (lana de vidrio), y a partir de aquí es puede calcular:
 - o Coeficiente de transferencia de materia.

$$U = \frac{1}{\Delta x / k_{\text{aislante}}}$$

Donde:

U: coeficiente de transferencia de calor, kcal/m/h/°C.

Δx : Anchura del aislante, m.

k_{aislante} : Conductividad térmica del aislante, que se ha tomado un valor de 0.34 kcal/m/h/°C.

- o Flujo de calor con el aislante, el cual ha de ser el mínimo posible; en el caso de que sea muy grande, se aumenta el grueso del aislante y se vuelve a recalcular el coeficiente de transferencia de materia y el flujo de calor. La expresión utilizada es:

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T$$

A: Área de intercambio de calor, m².

U: coeficiente de transferencia de calor, kcal/m/h/°C.

ΔT : diferencia de temperaturas entre el exterior y el interior del tanque, °C.

Diseño mecánico del tanque:

Los cálculos del diseño mecánico se realizan siguiendo la normativa ASME descrita anteriormente.

NOTA: Los resultados de cada uno de los tanques se exponen en su respectiva hoja de especificaciones (Capítulo 4).

12.12.- FILTROS DE TAMBOR ROTATORIO AL VACÍO

Los filtros al vacío son recomendados para procesos continuos. En estos filtros se mantiene una presión subatmosférica corriente abajo del medio filtrante y atmosférica corriente arriba.

El filtro de tambor rotatorio al vacío consiste en un tambor rotatorio girando alrededor de su eje horizontal. La superficie del tambor consiste de un número de compartimentos poco profundos formados por flejes divisorios que corren a lo largo del tambor. Cada compartimiento se encuentra conectado por una o varias tuberías a una válvula rotatoria automática situada centralmente en un extremo del tambor. El tambor se encuentra parcialmente sumergido en un tanque abierto que contiene la suspensión a filtrarse. El medio filtrante cubre la superficie del tambor y se encuentra soportado por placas perforadas. El tambor gira a velocidades del orden de 0.1 – 2 rpm. Conforme el tambor gira los compartimentos sumergidos en la suspensión forman un vacío. El filtrado fluye a través del medio filtrante y salen por la tubería de drenado, mientras que los sólidos forman una torta en la superficie externa del medio filtrante. Conforme el compartimiento emerge de la suspensión, la capa de torta es raspada.

12.12.1.- Parámetros de torta de filtración

A continuación se exponen los parámetros constantes que determinan la torta de filtración utilizando valores medios de operación de filtración facilitados por el proveedor TEFSA (Técnicas de Filtrado, S.A.).

Los parámetros variables se describen en la hoja correspondiente de cada hoja de especificación.

Valores Medios de Operación		
Presión	101325	N / m ²
Inmersión del tambor	35	%
Solute recuperado después de lavado	5,8	%
Humedad del pan de filtración	50	%
N	1'5	Vol agua lavado / Vol liquido en la torta

Tabla 12.12.1. Valores de operación

12.12.1.1. – Estimación del peso en servicio a tratar en el área de filtración

Para calcular los diseños de los filtros se va a partir del caudal de entrada (Kg/h), que parte del cristalizador y del tiempo del ciclo del filtro constante que es de 200 segundos:

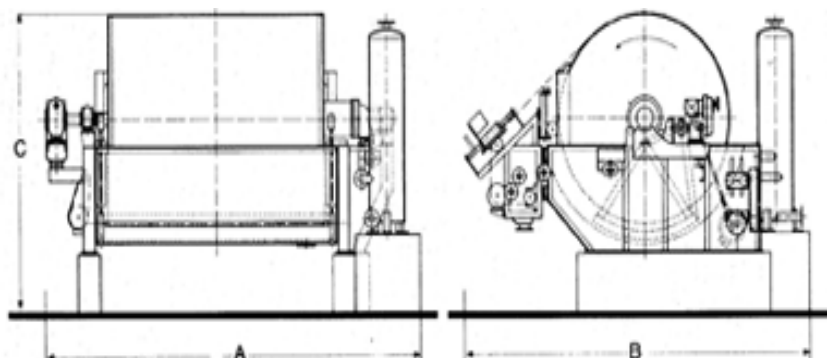
Caudal de entrada Kg/h sólidos a tratar x 1h / 3600s x 200seg. = kg en un ciclo.

De esta forma podemos estimar el peso de sólido que se va a tratar en cada ciclo y a partir de una tabla facilitada por el proveedor podemos determinar el área y así sus parámetros característicos, tal y como se muestra en la tabla siguiente:

Área Filtrante (m ²)	Diámetro Tambor (mm)	Anchura Tambor (mm)	Nº celdas	Longitud A (mm)	Anchura B (mm)	Altura C (mm)	Peso en servicio (Tn)
0,25	520	155	16	1900	850	1000	0,5
0,72	920	250	14	2050	2050	1700	2,0

Tabla 12.12.2

Los parámetros que indicamos anteriormente son los datos que se han obtenido para los 4 filtros. El F-504 y el F-512 nos dan un área de 0,72m² y el F-523 y el F-538 nos da un área de 0,25m²



Parámetros de diseño		
Tiempo de ciclo	200	s
Tiempo de formación torta de filtración	80	s
Tiempo de lavado	60	s
Eficiencia de lavado	0'95	
r.p.m del tambor	1	revoluciones por minuto

Tabla 12.12.3

12.12.1.2. – Peso del sólido seco en fango por unidad de volumen filtrado

$$w = \frac{\rho}{\left(\frac{1-x}{x}\right) - \left(\frac{1-x_c}{x_c}\right)}$$

Donde:

ρ es la densidad del agua = 1000 kg/m³

X porcentaje de solidos concentrados en corriente de aguas madres y aguas de lavado.

X_c porcentaje de solidos en el pan de filtración

Se obtiene un peso de sólido seco en el fango de kg/m³

12.12.1.3. – Parametro α'

$$\alpha' = \frac{2\beta(\Delta P)^{1-s}}{\mu w t_c \left(\frac{V}{At_c}\right)^2}$$

Donde:

T_c es el tiempo de ciclo

12.12.1.4. – Parametro α

Con la formula siguiente se calcula el valor de α

$$\alpha = \alpha'(\Delta P)^s$$

12.12.2.- Volumen del filtro

Con los valores que caracterizan el medio a filtrar se puede calcular el área de la membrana necesaria para filtrar un batch en el tiempo deseado, utilizando la siguiente fórmula:

$$\frac{1}{A} = \left[\frac{2\beta(\Delta P)^{s-1}}{\mu\alpha'wt_c} \right]^{1/2} \frac{t_c}{V}$$

12.12.3.- Volumen de agua de lavado

También se puede calcular la cantidad de agua necesaria para lavar, utilizando la siguiente fórmula:

$$V_w = \left[\frac{(\Delta P)^{s-1}}{2\mu\alpha'wt_f} \right]^{1/2} At_w$$

12.13.- SECADORES CÓNICOS

El secado del ácido adípico se va a realizar en 2 fases por lo que utilizaremos 2 secadores.

El Secador 1 tendrá la función de lograr el pre-secado del ácido adípico húmedo en la 1ª etapa y conseguirá una humedad en el ácido adípico del 3% en peso de agua operando a 100 ° C y 100 minutos de tiempo de residencia.

El ácido adípico después del pre-secado, producido por la primera fase, es enviado al segundo secador por gravedad.

El Secador 2 tendrá la finalidad de secado final en la 2ª etapa y conseguirá una humedad en el producto final del 0,2% operando a 120° C y 120 minutos de tiempo de residencia.

Un alto caudal de gas de secado debe ser beneficiosa para primera etapa y segunda etapa. La tasa de flujo, sin embargo debe ser lo suficientemente baja como para que el excesivo arrastre de sólidos de ácido adípico de secado no se produzca.

El seco y caliente ácido adípico que provienen de la etapa final puede ser enfriado por contacto con un enfriamiento del gas y el mantenimiento de una temperatura a 60°C, durante al menos 5 minutos.



Fig.12.13.1. Secador cónico.

12.13.1.-SECADOR S-601**12.13.1.1- Datos de la corriente de entrada y dimensiones del secador**

La masa que entra en el secador es de 13907Kg. Esta corriente tiene una densidad de 1030'75Kg/m³:

$$\text{Volumen corriente de entrada} = \frac{13907}{1030'75} = 13,49m^3$$

Partiendo de un tiempo de residencia que nos da la patente de 100 minutos y de un caudal de salida de 7790Kg /h, obtenemos;

$$V \text{ corriente de salida} = \zeta \times Q = 100 \text{ min} \times 130 \text{ kg/min} = 13000\text{Kg} = 13m^3$$

El secador tiene forma de sección cónica.

Se han supuesto los siguientes valores a partir de comparaciones con otros secadores para un mismo caudal:

Sobredimensionamos el equipo un 15% dando así;

$$\text{Volumen del secador} = 15m^3$$

$$\text{Diámetro pequeño del cono, } d = 0,7m$$

Para encontrar los valores del diámetro grande de la sección cónica y la altura, tendremos que suponen uno de los dos valores:

$$D_{\text{secador}} = 2'7 \text{ m}$$

$$h = \frac{10 \cdot 3}{\pi \cdot \left(\left(\frac{D}{2} \right)^2 + \frac{D}{2} \cdot \frac{d}{2} + \left(\frac{d}{2} \right)^2 \right)} = 3,95m$$

longitud del secador; L=3'5 m

12.13.1.2.- Datos del agitador

N (velocidad de la agitación)= 6,5 rev/min

P (potencia)= 20 kW

12.13.1.3.- Camisa refrigerante

El secador trabaja a una presión de 1 bar y la temperatura del secador es de 100 ° C

El total del tiempo de residencia (tiempo de secado) puede estar en el rango de 5 - 120 minutos. Según la patente para secadores de ácido adípico se aconseja trabajar a tiempos de residencia elevados.

12.13.1.4.- Diseño mecánico del secador**1- Condiciones de operación**

Las condiciones de trabajo para este secador refrigerativo será: presión de trabajo de 1 bar y una temperatura de trabajo de 100 ° C.

El tiempo de secado será 100 minutos.

2- Condiciones de diseño

Las condiciones de diseño mecánico se obtiene siguiendo el apartado 12.1.

12.13.2.-SECADOR S-602**12.13.2.1- Datos de la corriente de entrada y dimensiones del secador**

La masa que entra en el secador es de aproximadamente 15581Kg. Esta corriente tiene una densidad de 1030'75Kg/m³:

$$\text{Volumen corriente de entrada} = \frac{15581}{1030'75} = 15'11m^3$$

Partiendo de un tiempo de residencia que nos da la patente de 120 minutos y de un caudal de salida de 7578Kg /h, obtenemos;

$$V \text{ corriente de salida} = \zeta \times Q = 120 \text{ min} \times 126,3 \text{ kg/min} = 15156\text{Kg} = 15'15\text{m}^3$$

El secador tiene forma de sección cónica.

Se han supuesto los siguientes valores a partir de comparaciones con otros secadores para un mismo caudal:

Sobredimensionamos el equipo un 15% dando así;

$$\text{Volumen del secador} = 17\text{m}^3$$

$$\text{Diámetro pequeño del cono, } d = 0,7\text{m}$$

El volumen del secador 2 será algo más grande que el secador 1 debido a que hemos aumentado el tiempo de residencia.

Para encontrar los valores del diámetro grande de la sección cónica y la altura, tendremos que suponen uno de los dos valores:

$$D_{\text{secador}} = 3\text{m}$$

$$h = \frac{10 * 3}{\pi * \left(\left(\frac{D}{2} \right)^2 + \frac{D}{2} * \frac{d}{2} + \left(\frac{d}{2} \right)^2 \right)} = 2\text{m}$$

longitud del secador; L=3'8 m

12.13.2.2.- Datos del agitador

N (velocidad de la agitación)= 6,5 rev/min

P (potencia)= 20 kW

12.13.2.3.- Camisa refrigerante

El secador trabaja a una presión de 1 bar y la temperatura del secador es de 120 ° C

El total del tiempo de residencia (tiempo de secado) puede estar en el rango de 5 - 120 minutos. Según la patente para secadores de ácido adípico se aconseja trabajar a tiempos de residencia elevados.

12.13.2.3.1.- Diseño mecánico del secador

1- Condiciones de operación

Las condiciones de trabajo para este secador refrigerativo será: presión de trabajo de 1 bar y un temperatura de trabajo de 120° C.

El tiempo de secado será 120 minutos.

2- Condiciones de diseño

Las condiciones de diseño mecánico se obtiene siguiendo el apartado 12.1.

12.14.- COLUMNAS DE INTERCAMBIO IÓNICO IO-701 A/B/C

Los pasos a seguir en el diseño de las columnas sido:

8. Cálculo de las condiciones de operación.
9. Elección del relleno de la columna.
10. Componentes internos de la columna.
11. Cálculo de las dimensiones de la columna.
12. Determinación de las pérdidas de carga.
13. Diseño mecánico de la columna.

Cálculo de las condiciones de operación:

Las condiciones de operación vienen fijadas por los resultados obtenidos en los balances de materia y energía. El flujo de la corriente a tratar, como de la de agua de lavado, como de la de la de regenerante están fijadas. La temperatura a la que llega la corriente a tratar es de 20°C y las otras dos corrientes que intervienen, lavado y regeneración se encuentran a temperatura atmosférica.

Elección y características del relleno:

Se comienza por seleccionar una resina óptima para la captación de los iones. En este caso los iones a captar son iones Cu^{2+} e iones VO^+ . Por ello se escoge una resina ácida fuerte. Se selecciona un poliestireno sulfonado. Las propiedades de ésta son las siguientes:

Material	Shape* of particles	Bulk wet density (drained), kg/L	Moisture content (drained), % by weight	Swelling due to exchange, %	Maximum operating temperature, f °C	Operating pH range	Exchange capacity	
							Dry, equivalent/kg	Wet, equivalent/L
Cation exchangers: strongly acidic								
Polystyrene sulfonate	S				120-150	0-14		
Homogeneous (gel) resin								
4% cross-linked		0.75-0.85	64-70	10-12			5.0-5.5	1.2-1.6
6% cross-linked		0.76-0.86	58-65	8-10			4.8-5.4	1.3-1.8
8-10% cross-linked		0.77-0.87	48-60	6-8			4.6-5.2	1.4-1.9
12% cross-linked		0.78-0.88	44-48	5			4.4-4.9	1.5-2.0
16% cross-linked		0.79-0.89	42-46	4			4.2-4.6	1.7-2.1
20% cross-linked		0.80-0.90	40-45	3			3.9-4.2	1.8-2.0
Porous structure								
12-20% cross-linked	S	0.81	50-55	4-6	120-150	0-14	4.5-5.0	1.5-1.9
Sulfonated phenolic resin	G	0.74-0.85	50-60	7	50-90	0-14	2.0-2.5	0.7-0.9
Sulfonated coal	G							

Se calculan los equivalentes/l de catalizador que lleva la corriente a tratar, y mediante la capacidad de intercambio se obtiene el volumen de resina necesario para el intercambio. Debido a las dimensiones obtenidas se decide repartir el flujo en tres columnas de intercambio iónico, por lo que se tienen un total de seis columnas, tres en las que se lleva a cabo el intercambio y sus gemelas en las que se lleva a cabo lavado y regeneración.

La resina de las columnas se presenta en forma esférica. A nivel de diseño los parámetros de interés de la resina son:

Tamaño (diámetro)	6,35	mm
	1/4	in
Área superficial	948	m ² /m ³
Densidad lecho	820	kg/m ³
Espacio libre	40,5	% e
Coeficiente de permeabilidad B	4,9x10 ⁻⁸	m ²

Tabla 12.14.1

Componentes internos de la torre:

La resina se encuentra distribuida al azar en la columna; sin embargo son necesarios una serie de elementos que soporten la resina y que garanticen la distribución del líquido en la misma.

- Soporte de relleno.
- Distribuidores de líquido, tanto en la entrada superior como en la inferior. El número de distribuidores de líquido depende de las dimensiones de la columna; en este caso al tratarse de una columna con una longitud elevada se colocan tres distribuidores.

Determinación de las dimensiones de la columna:

Las dimensiones de la columna vienen determinadas por el volumen de resina que han de alojar. Para conseguir un intercambio iónico óptimo el volumen de resina total necesario es de 94,96 m³ para un periodo de tres días. Teniendo en cuenta que el flujo se reparte entre tres columnas el volumen de resina en cada una resulta ser de

31,65 m³. Pero si además se sobredimensionan capacidades en un factor del 110% sobre el flujo de tratamiento, este volumen asciende a **34,82 m³**.

Se determina una relación típica altura/diámetro de torre de 3 resultando las siguientes dimensiones para cada una de las torres:

Altura	7,4	m
Diámetro	2,45	m

Cálculo de las pérdidas de carga:

La estimación de las pérdidas de carga se realiza mediante Bernuilli. Teniendo en cuenta la altura de la columna que tiene que superar el fluido y la pérdida de carga que da el ensanchamiento a la entrada y el estrechamiento a la salida. En función del sentido del flujo y de la corriente que atravesase la columna (agua, recirculación o ácido nítrico) el valor será diferente, pero se toma el más desfavorable: **0,831 bar**.

Diseño mecánico de las columnas de intercambio iónico:

Se lleva a cabo siguiendo los pasos del manual de cálculo para diseño mecánico de los equipos.

12.15.- COMPRESORES C-401, C-801, TU-801

El diseño de un compresor se basa en la aplicación del primer y segundo principios de la termodinámica.

Si se realiza un balance de energía entre la entrada y salida del compresor de tal manera que se desprecian los cambios de energía cinética y potencial, así como las pérdidas de carga resulta:

$$-W = h_2 - h_1$$

Donde W es el trabajo de compresión, h1 y h2 las entalpías de entrada y salida.

Para conocer las entalpías de la corriente de salida es necesario conocer el modelo de compresión del gas, ya que el trabajo de compresión sigue la ecuación:

$$W = \int_{P_1}^{P_2} V \cdot dP$$

Los modelos que puede seguir la compresión son el modelo isentrópico y el politrópico; en este caso se ha seguido el primer modelo.

→ Modelo isentrópico:

Se trata de un modelo adiabático y reversible donde se cumple:

$$P \cdot V^\gamma = cte$$

Siendo γ el coeficiente isentrópico y se define como el coeficiente entre la capacidad calorífica a presión constante y la capacidad a volumen constante:

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{C_p}{C_p - R}$$

Para calcular el trabajo teniendo en cuenta las pérdidas de compresión se utiliza la siguiente expresión:

$$-W_s = z \cdot \frac{\gamma \cdot R \cdot T_1}{(\gamma - 1)PM} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right]$$

La potencia del compresor viene dada por el producto entre el trabajo de compresión ideal y el flujo másico de gas:

$$P(kW) = m \cdot \left(\frac{-W_s}{\eta_s} \right)$$

El cálculo de la temperatura de salida se hace teniendo en cuenta las pérdidas de compresión, mediante el término η_s , la eficacia isentrópica:

$$T_2 = T + \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right]$$

Para calcular el coeficiente isentrópico se han utilizado las correlaciones:

$$Mcp = A + B \cdot T, BTU / mol / ^\circ R$$

Las constantes A y B vienen tabuladas, para el aire tienen un valor de:

A	B
6,737	0,000397

$$\gamma = \frac{Cp}{Cv} = \frac{Mcp}{Mcp - 1.987}$$

La salida de los compresores obtenida es:

C-401		
P ent	1,01	bar
P sal	3,55	bar
T ent	19,9	°C
T sal	148,3	°C

Tabla 12.15.1. C-401

C-801		
P ent	1,01	bar
P sal	3,04	bar
T ent	19,9	°C
T sal	129,9	°C

Tabla 12.15.2. C-801

En el caso de calcular la turbina se realiza de igual manera:

TU-801		
P ent	2,5	bar
P sal	1	bar
T ent	131,8	°C
T sal	38	°C

Tabla 12.15.2. TU-801

12.16.- TORRES DE REFRIGERACIÓN

12.16.1.- Componentes de la torre.

Ventilador: el ventilador es axial y va montado en la parte superior de la torre y es accionado por un grupo motorreductor.

Tuberías: las tuberías de distribución son fabricadas en Polipropileno.

Toberas o pulverizadores: están fabricadas en ABS, reparten proporcionalmente el agua sobre los cuerpos de relleno, procedente del circuito de refrigeración. Debido a las dimensiones de los pasos en estas toberas, la obstrucción en las mismas es prácticamente imposible.

Cuerpos refrigerantes: los forman paneles fabricados en Polipropileno, muy resistentes a temperaturas altas.

Separador de gotas: está compuesto por paneles fabricados en Polipropileno. Son de gran eficacia e impiden la salida del agua al exterior, por la acción del ventilador.

Estructura de la torre: está formada por perfiles de acero galvanizado en caliente, y el revestimiento lo componen planchas de poliéster reforzado con fibra de vidrio, con sus correspondientes persianas para evitar salpicaduras.

La balsa recogedora de agua: será de poliéster.

En nuestra planta se consume un total de agua de refrigeración de:
 $24181117.35 \text{ kg/h} \rightarrow 24181.11 \text{ m}^3/\text{h}$

Teniendo en cuenta el total de agua de refrigeración que necesitamos en nuestra planta se ha comprado a la empresa EWK, Equipos de Refrigeración, S.A. una torre de refrigeración de las siguientes características:

MODELO: EWB 7200

- Estructura modular
- Resistente a la corrosión.

- Tiene un uso amplio en distintos campos de la industria.
- Fácil mantenimiento.
- Alberga grandes capacidades de 500 hasta 10.000 m³/h

El modelo escogido es de una capacidad de 10.000 m³/h de esta forma necesitaremos 3 torres de refrigeración en nuestra planta para satisfacer las necesidades de la planta.

12.16.2.- Factores que determinan el tamaño de la torre de refrigeración.

Generalmente, el tamaño de la torre de refrigeración se puede determinar a través de varios factores:

- Caudal de agua a enfriar : 24181117,35 kg/h
- Temperatura del agua de entrada: 20° C
- Temperatura de agua de salida: 35° C
- Temperatura del termómetro húmedo o ubicación de la torre de refrigeración: 24° C
- Calor disipado en la torre.

12.16.3.- Potencia disipada en la torre de refrigeración.

La potencia disipada en la torre es de 11 512 Kw. Las condiciones de disipación son:

Tin : 35° C
Tout: 30° C
Twb: 24° C

12.16.4.- Parámetros característicos de la Torre de Refrigeración.

MODELO	DISIPACIÓN	PESO VACÍO	PESO SERVICIO	POTENCIA VENTILADOR	LARGO	ANCHO	ALTO
	Kw.	Kg.	Kg.	Kw	mm.	mm.	mm.
EWB 7200	11512	16000	21200	2X37.0	12250	6100	4266

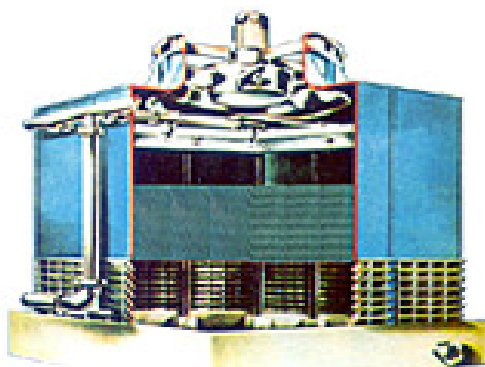


Fig.12.16.1. Torre de Refrigeración EWB

12.16.5.- Equilibrio de material de una torre de refrigeración

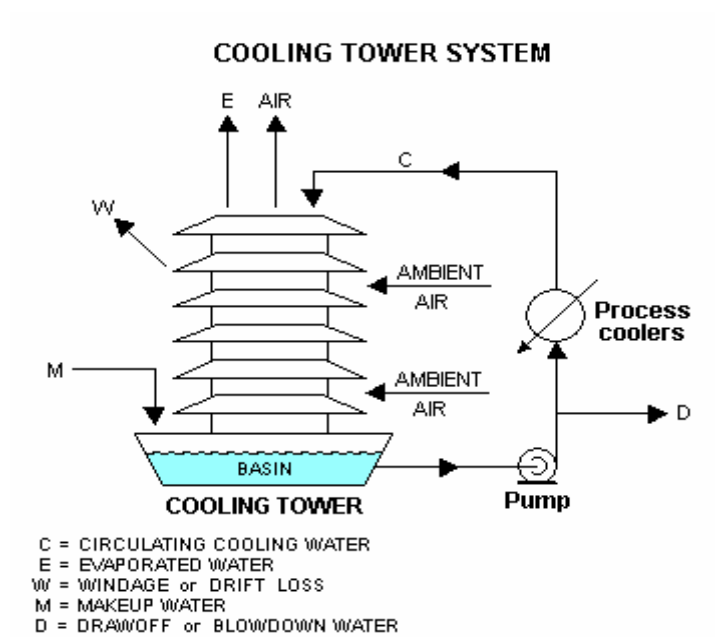


Fig.12.16..2. Esquema proceso

- M** = Agua de la estructura en m³/h
- C** = Agua circulante en m³/h
- D** = Trasegado de agua en m³/h
- E** = Agua evaporada en m³/h
- W** = Pérdida por viento de agua en m³/h
- X** = Concentración en ppmw (de sales completamente solubles, normalmente cloruros)
- X_M** = Concentración de cloruros en el agua de la estructura (M), en ppmw
- X_C** = Concentración de cloruros en el agua circulante (C), en ppmw
- Ciclos** = Ciclos de concentración = X_C / X_M (sin dimensión)
- ppmw** = partes por millón en peso

En el boceto anterior, el agua bombeada desde el depósito de la torre es el agua refrigerante encaminada a través de enfriadores del proceso y los condensadores en una instalación industrial. El agua fría absorbe calor de las corrientes calientes del proceso que necesitan ser enfriadas o condensadas, y el calor absorbido calienta el agua circulante (C). El agua calentada vuelve a la cima de la torre de refrigeración y cae en chorros finos – presentando gran superficie para su enfriamiento con el aire – sobre el material de relleno dentro de la torre. A medida que gotea, el contacto con el aire que sube por la torre, por tiro natural o forzado por grandes ventiladores. Este contacto provoca que una pequeña cantidad de agua sea pérdida por arrastre del viento (W) y otra parte del agua (E) por evaporación. El calor necesario para evaporar el agua se deriva de la propia agua, que enfría el agua a su regreso al depósito original y en donde queda a disposición para volver a circular. El agua evaporada deja las sales que lleva disueltas entre el grueso del agua que no ha sufrido la evaporación, lo que hace que la concentración de sales se incremente en el agua de refrigeración circulante. Para evitar que la concentración de sales en el agua llegue a ser demasiado alta, una parte del agua es retirada (D) para su vertido. Se suministra al depósito de la torre nuevo contingente de agua fresca (M) para compensar las pérdidas por el agua evaporada, el viento, y el agua retirada.

El equilibrio del agua en todo el sistema es:

$$M = E + D + W$$

Dado que el agua evaporada (E) no tiene sales, el equilibrio de cloruros del sistema es:

$$M (X_M) = D (X_C) + W (X_C) = X_C (D + W)$$

y, en consecuencia:

$$X_C / X_M = \text{Ciclos de concentración} = M \div (D + W) = M \div (M - E) = 1 + [E \div (D + W)]$$

De un equilibrio de calor simplificado de la torre:

$$E = C \cdot \Delta T \cdot c_p \div H_v$$

donde:

H_v = calor latente de vaporización del agua = alrededor de 2260 kJ / kg

ΔT = diferencia de temperaturas del agua de la cima de la torre a su base, en °C

c_p = calor específico del agua = alrededor de 4.184 kJ / kg / °C

Las pérdidas por viento (W), en ausencia de datos del fabricante, pueden estimarse que son:

W = 0,3 a 1,0 % de C para torres de refrigeración de tiro natural.

W = 0,1 a 0,3 % de C para torres de refrigeración de tiro inducido.

W = alrededor de 0,01% de C si la torre de refrigeración tiene eliminadores del efecto del viento.

A continuación se adjuntan el plano dimensional del equipo.

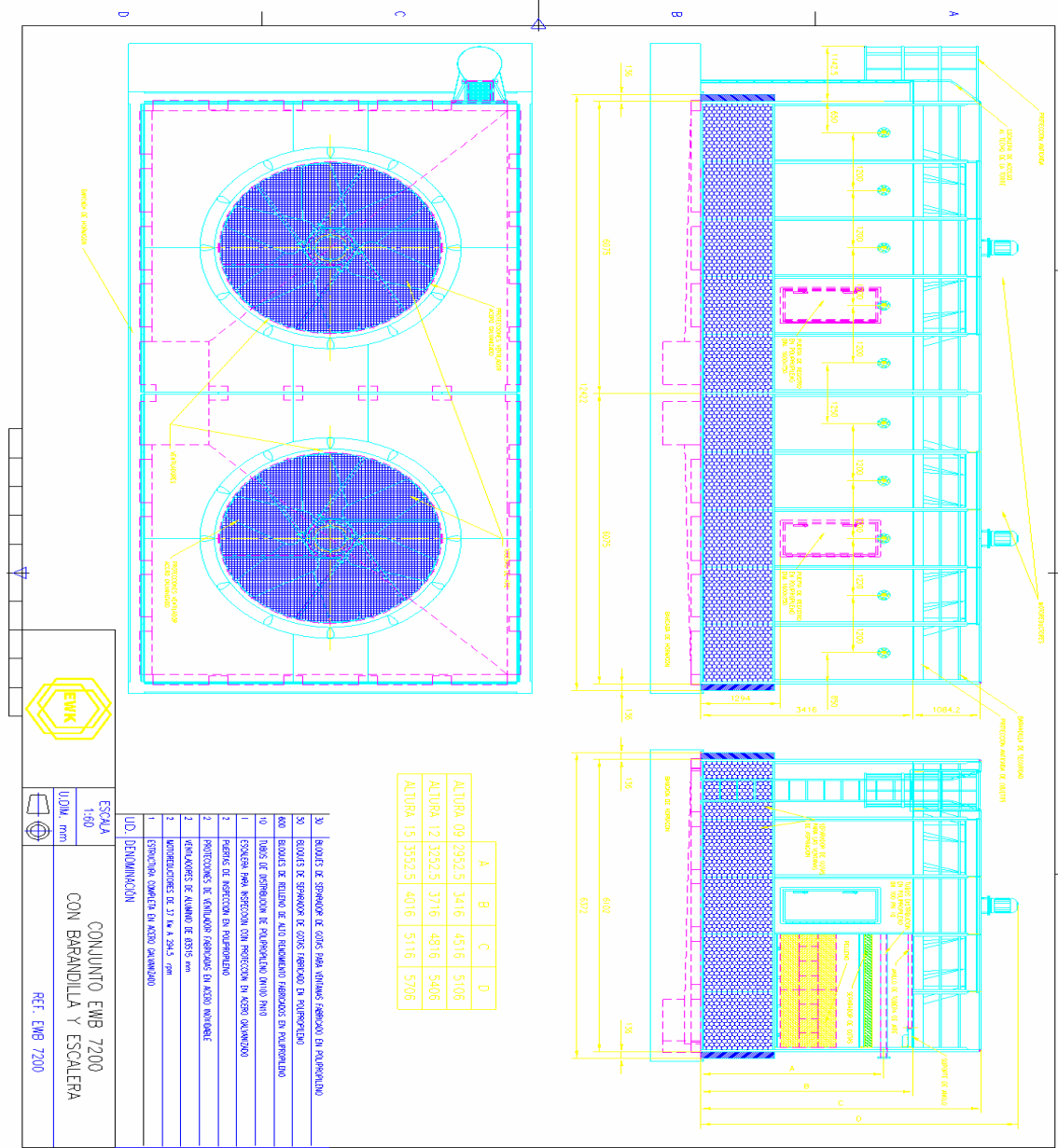


Fig.12.16.3. Plano Dimensional

12.17.- ANTORCHA ELEVADA AUXILIADA CON VAPOR

12.17.1.- Información requerida para el diseño

El primer paso en el procedimiento de diseño es determinar las especificaciones del gas venteado que se va a procesar. La información requerida del corriente de gas para diseñar el tamaño de un sistema de antorcha se ha obtenido a partir de los datos que nos proporciona la corriente 821 que sale de la turbina de expansión, que se pueden observar en la siguiente tabla:

DATOS	VALOR	UNIDADES
P	1	atm
T	381,82	°C
W	262726	lb/h
Q _L	4175	ft ³ /h
B _v	978	Btu/ft ³
Q _{generado}	250	KJ/mol
Densidad vapor	0,0434	Lb/ft ³

Tabla 12.17.1

Siendo;

P y T = Presión y Temperatura.

W y Q_L = Caudal másico y volumétrico de la corriente de gas respectivamente.

B_v = Poder calorífico de la corriente de gas.

Procedimiento de diseño:

El diseño de la antorcha está influido por varios factores, incluyendo la disponibilidad del espacio, las características del gas de la antorcha (composición, cantidad y nivel de presión) y por consideraciones ocupacionales. El diseño del tamaño de las antorchas requiere también la determinación del diámetro de la boquilla de la antorcha y su altura.

12.17.2.- Requerimientos de combustión auxiliar

La cantidad de combustible requerido, se calcula en base a mantener el poder calorífico neto de la corriente de gas venteado a un mínimo de 300 Btu/ft^3 , requerido por las reglas definidas en el CFR.

Debido a que el poder calorífico de la corriente está por encima de 300 Btu/ft^3 , no se requiere combustible auxiliar. Por lo tanto, Q_{tot} es igual a la razón de flujo de la corriente venteada (Q_L).

12.17.3.- Cálculo de la velocidad de salida en la boquilla de la antorcha

Para corrientes de gas entre 300-1,000 Btu/ft^3 , la velocidad máxima permitida (V_{max} , en ft/seg) se determina por la siguiente ecuación:

$$\log_{10}(V_{max}) = \frac{Bv + 1,214}{852}$$

donde:

$$\log_{10}(V_{max}) = 1,14 \text{ ft/s} = 0,35 \text{ m/s}$$

12.17.4.- Cálculo del diámetro de la boquilla de la antorcha

Al determinar la velocidad máxima permitida (V_{max}), y conociendo el caudal de flujo volumétrico total Q_{tot} (ft^3/min), incluyendo la corriente venteada y el gas combustible auxiliar (si se requiere), se puede calcular un diámetro mínimo para la boquilla.

Es una práctica normal diseñar el tamaño de la antorcha de tal manera que la velocidad de diseño del caudal (Q_{tot}), sea el 80 por ciento de V_{max} .

El diámetro se determina por la siguiente ecuación:

$$D_{min(in)} = 12 * \sqrt{\frac{\frac{4}{\pi} * \frac{Q_{tot}}{60(seg/min)}}{0,8V_{max}}} = 1,95 * \sqrt{\frac{Q_{tot}}{V_{max}}}$$

En este caso:

V_{max}	1,14	ft/seg
Q_{tot}	54,72	ft/min

$$D_{min} = 13,5 \text{ in } \text{ in } = 0,5 \text{ m}$$

Típicamente se utiliza tubería de **acero al carbón cédula 40** y el tamaño mínimo de la boquilla de la antorcha es de **1 pulgada**; están disponibles tamaños más grandes en incrementos de 2 pulgadas desde 2 hasta 24 pulgadas y en incrementos de 6 pulgadas para tamaños mayores de 24 pulgadas. El tamaño máximo disponible comercialmente es de **90 pulgadas**.

12.17.5.- Cálculo de la altura de la antorcha

La ecuación siguiente (Hajek y Ludwig) puede ser usada para determinar la distancia mínima (L) requerida desde el centro de la llama de la antorcha y un punto de exposición donde la radiación térmica debe limitarse. La altura mínima normalmente utilizada es de 30 pies.

$$L^2 (ft^2) = \frac{\zeta^* f^* R}{4^* \pi^* K}$$

La liberación de calor, R , se calcula de la razón del flujo de gas de la antorcha, W , y del poder calorífico neto, B_v , de la siguiente manera:

$$R\left(\frac{Btu}{h}\right) = W\left(\frac{lb}{h}\right)^* B_v\left(\frac{Btu}{lb}\right)$$

En este caso:

S	1	adimensional
f	0,24	adimensional
R	$5920 \cdot 10^6$	Btu/h
K	500	Btu/h* ft ³
W	262726	lb/h
Bv	22534	Btu/lb

$$L = 475 \text{ ft} > 30\text{ft} = 145 \text{ m}$$

Donde:

ς = fracción de intensidad de calor transmitida

f = fracción de calor radiado

R = calor neto liberado (Btu/hr)

K = radiación permitida (500 Btu/hr-ft³)

La siguiente tabla nos muestra los estándares de Antorchas de tipo "Sostenidas por Torres":

Df (Diámetro en pulgadas)	Hf (Altura en pies)	Año 2000 (En dólares)
36	200	\$252,325
36	250	\$341,430
36	300	\$443,982
36	350	\$559,983
36	400	\$689,431
36	450	\$832,328
36	500	\$988,672
36	550	\$1,158,465
36	600	\$1,341,705
54	200	\$303,910
54	250	\$401,044
54	300	\$511,625
54	350	\$635,655
54	400	\$773,133
54	450	\$924,059
54	500	\$1,088,433
54	550	\$1,266,255
54	600	\$1,457,525

Tabla.12.17.1. Tabla de Alturas y Diámetros sobre Antorcha Sostenida por Torre

Según esta tabla y los valores del diámetro de la boquilla y de la altura de la antorcha

Nuestra Antorcha será de 36" de diámetro y de 500ft de altura.

12.17.6.- Cálculo de requerimientos del gas de purga

El flujo volumétrico total de la llama debe ser controlado cuidadosamente para prevenir problemas de retorno de llama por bajo flujo y evitar la inestabilidad de la llama. El gas de purga, típicamente gas natural, se usa para mantener el mínimo flujo positivo requerido a

través del sistema para asegurar un flujo positivo a través de todos los componentes de la antorcha.

El requerimiento mínimo de gas de purga continuo está determinado por el diseño de los sellos de la chimenea, los cuales son generalmente dispositivos patentados. Los sellos modernos de gas internos y de laberinto, requieren una velocidad de gas de 0.001 a 0.04 *ft/sec* (en condiciones normales).

Usando un valor conservador de 0.04 *ft/sec* y conociendo el diámetro de la antorcha (*in*), puede calcularse el volumen anual del gas de purga, **Fpu** de la siguiente forma:

$$F_{pu}\left(\frac{ft^3}{año}\right) = 0.04\left(\frac{ft}{seg}\right) \cdot \frac{\pi D^2}{144} (ft^2) \cdot \left(3600 \frac{seg}{h}\right) \cdot \left(8760 \frac{h}{año}\right) = 6880 \cdot D^2 \left(\frac{ft^3}{año}\right)$$

Para nuestro diámetro de 13,5 (*in*) el requerimiento anual de gas de purga es:

$$F_{pu} = 6880 \cdot (13,5)^2$$

Fpu	1253880	ft ³ /año
	35505	m³/año
	143	ft ³ /h
	4,05	m³/h

12.17.7.- Requerimientos de gas para el piloto

El número de pilotos requerido depende del tamaño de la antorcha mayoritariamente y (de la composición del gas de la antorcha y de las condiciones de viento de forma menor). El uso del gas para el piloto es una función del número de quemadores requeridos para asegurar una ignición positiva del gas a quemar, del diseño de los pilotos y del modo de operación. El consumo promedio del gas para el piloto en base a un modelo de consumo eficiente de energía es de 70 ft³/hr (para un

gas típico **de 1000 Btu/ft³**). En nuestra instalación se usa el gas natural que tiene un valor calorífico neto de aproximadamente **1,000 Btu/ft³**.

El número de quemadores pilotos, N , en base al tamaño de la antorcha es 2 según la siguiente tabla de diseño:

Número de Quemadores Pilotos por Diámetro de la Boquilla de la Antorcha	
Diámetro de la Boquilla de la Antorcha (in)	Número de Pilotos (N)
1-10	1
12-24	2
30-60	3
>60	4

Tabla.12.11.2. Obtención del Número de Quemadores Pilotos

El requerimiento de gas para el piloto se calcula según la ecuación que precede:

$$F_{pi}\left(\frac{ft^3}{año}\right) = 70\left(\frac{ft^3}{h}\right) * N * \left(8760 \frac{h}{año}\right) = 613200\left(\frac{ft^3}{año}\right) * N$$

Donde los resultados obtenidos se observan en la siguiente tabla:

Fpiloto	1226400	ft ³ /año
	34727,78	m ³ /año
	140	ft ³ /h
	3,964	m³/h

12.17.8.- Requerimientos de vapor

Por consideraciones generales, se puede suponer que la cantidad de vapor requerida (S) es de 0.4 libras de vapor por libra de gas de la antorcha, W . Utilizando una relación de 0.4, la cantidad requerida de vapor es:

$$S\left(\frac{lb}{año}\right) = 70\left(\frac{ft^3}{h}\right) * N * \left(8760 \frac{h}{año}\right) = 613200\left(\frac{ft^3}{año}\right) * N$$

La siguiente tabla nos muestra el resultado de este cálculo sencillo:

REQUERIMIENTOS DE VAPOR		
W	2295*10 ⁶	lb/año
S	918*10 ⁶	lb vapor/año
	413*10 ⁶	Kg vapor/año
	47157	Kg/h

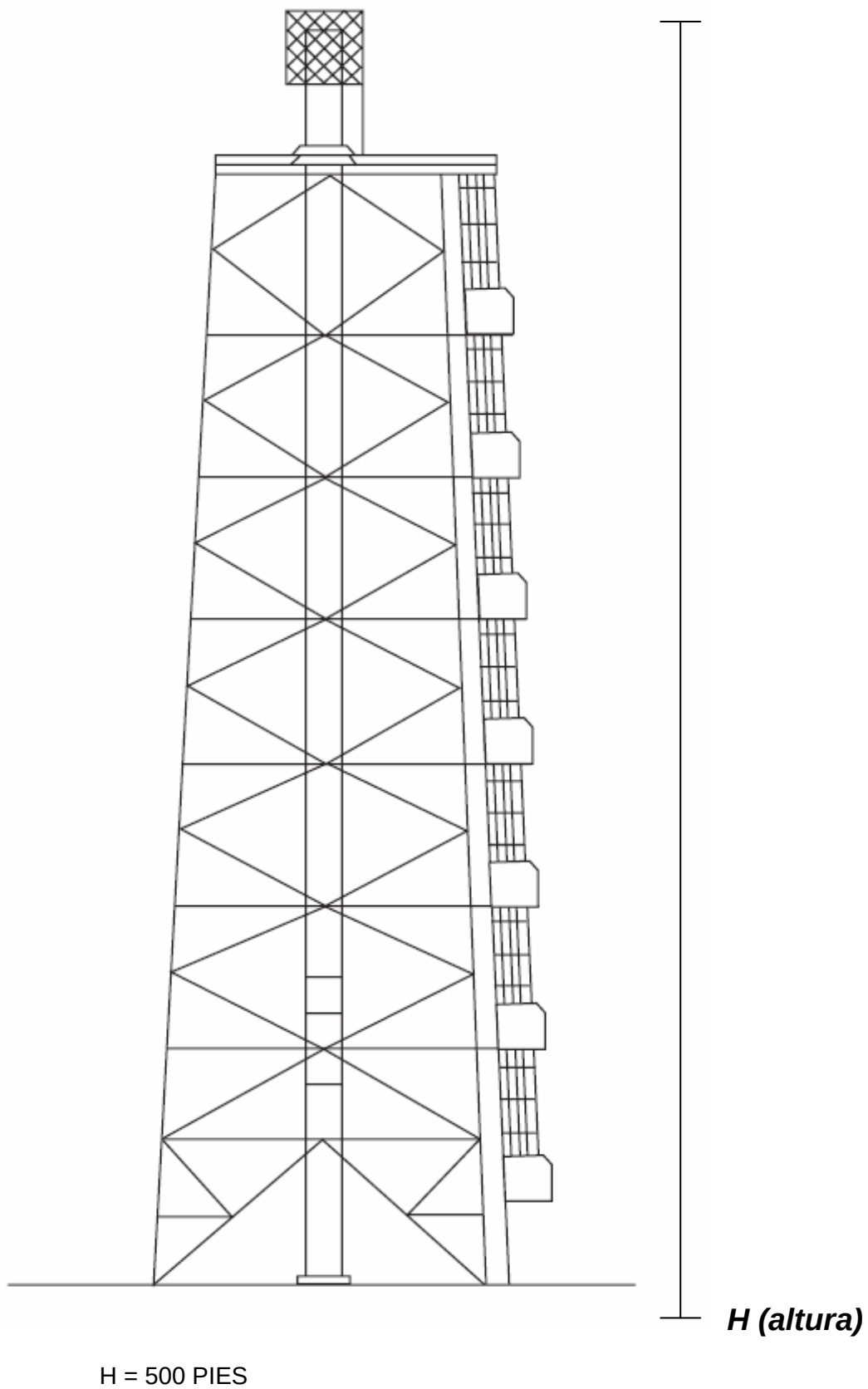


Fig.12.17.1. Antorcha Sostenida por Torre

12.18.- DISEÑO DE TUBERÍAS, BOMBAS Y ACCESORIOS

12.18.1.1.- Diámetro de tuberías

Conociendo los kg/h que tenemos que transportar de un equipo a otro y su densidad es posible conocer el caudal volumétrico, lo cual es más práctico para trabajar.

El diámetro de una tubería influye directamente en el costo económico final de una instalación. El diámetro económico óptimo se refiere a aquel diámetro el cual reduce los costos finales de operación. Existen en la actualidad una serie de métodos para determinar el diámetro económico óptimo. Si bien, en la práctica se aplican unos rangos de velocidades típicas en tuberías para líquidos de viscosidad baja y para gases con una densidad de entre 0,2 a 20 kg/m³, las cuales demuestran una gran optimización. La siguiente tabla resume estas velocidades.

Líquidos		Gases	
Condiciones	v (m/s)	Condiciones	v (m/s)
Aspiración Bombas	1,5	Presión Atm.	10 - 30
Impulsión Bombas	2,5	Vacío	50 - 70
Por Gravedad	0,7 - 0,5	Alta Presión	5 - 10
Resto de Líquidos	1 - 3	Hasta 10 bar	30

Tabla 12.8.1 Condiciones en tuberías

Por tanto teniendo en cuenta estos valores es fácil determinar el diámetro óptimo, ya que el caudal es conocido.

$$Q = m^3/h = v \text{ (m/s)} \cdot a \text{ (m}^2\text{)}$$

$$a = (\pi/4) \cdot d^2$$

Teniendo en cuenta esta relación y despejando el diámetro obtenemos una ecuación la cual nos permite determinar el diámetro para el cual la velocidad es óptima.

$$d = \sqrt{(4/\pi) \cdot (Q/v)}$$

Una vez determinado el diámetro óptimo de circulación tenemos que ajustar el resultado al diámetro nominal según el código de diseño ASME.



Gama ASTM

Tubos soldados y sin soldadura

Dimensiones según ASME / ANSI B 36.19 y B 36.10
Pesos lineales en lbs/pie y Kg/metro.

Diámetro D	Schedule 5 S		Schedule 10 S		Schedule 40 S/STD		Schedule 80 S/XS		Schedule 160		Schedule XXS	
	Exterior	Espesor T	Espesor T	Espesor T	Espesor T	Espesor T	Espesor T	Espesor T	Espesor T	Espesor T	Espesor T	Espesor T
	Pulgadas mm	Pulgadas mm	Pulgadas mm	Pulgadas mm	Pulgadas mm	Pulgadas mm	Pulgadas mm	Pulgadas mm	Pulgadas mm	Pulgadas mm	Pulgadas mm	Pulgadas mm
1/4"	0.540		0.065	0.33	0.088	0.43	0.119	0.54				
	13,72			1,65	0,49	2,24	0,64	3,02	0,80			
3/8"	0.675		0.065	0.42	0.091	0.57	0.126	0.74				
	17,15			1,65	0,63	2,31	0,85	3,20	1,11			
1/2"	0.840	0.065	0.54	0.083	0.68	0.109	0.86	0.147	1.10	0.188	1.32	
	21,34	1,65	0,81	2,11	1,01	2,77	1,28	0,73	1,64	4,78	1,97	
3/4"	1.050	0.065	0.69	0.083	0.87	0.113	1.14	0.154	1.49	0.219	1.97	0.308
	26,67	1,65	1,03	2,11	1,30	2,87	1,71	3,91	2,23	5,56	2,94	7,82
1"	1.315	0.065	0.88	0.109	1.42	0.133	1.70	0.179	2.20	0.250	2.88	0.358
	33,40	1,65	1,31	2,77	2,12	3,38	2,54	4,55	3,28	6,35	4,29	9,09
1 1/4"	1.660	0.065	1.12	0.109	1.83	0.140	2.31	0.191	3.04	0.250	3.82	0.382
	42,16	1,65	1,67	2,77	2,73	3,56	3,44	4,85	4,53	6,35	5,70	9,70
1 1/2"	1.900	0.065	1.29	0.109	2.11	0.145	2.76	0.200	3.67	0.281	4.93	0.400
	48,26	1,65	1,92	2,77	3,16	3,68	4,11	5,08	5,49	7,14	7,36	10,16
2"	2.375	0.065	1.62	0.109	2.68	0.154	3.70	0.218	5.09	0.343	7.57	0.436
	60,33	1,65	2,42	2,77	3,99	3,91	5,52	5,54	7,59	8,71	11,26	11,07
2 1/2"	2.875	0.083	2.51	0.120	3.58	0.203	5.88	0.276	7.77	0.375	10.16	0.552
	73,03	2,11	3,74	3,05	5,34	5,16	8,76	7,01	11,58	9,52	15,14	14,02
3"	3.500	0.083	3.07	0.120	4.40	0.216	7.69	0.300	10.41	0.438	14.55	0.600
	88,90	2,11	4,58	3,05	6,55	5,49	11,46	7,62	15,50	11,13	21,66	15,24
3 1/2"	4.000	0.083	3.52	0.120	5.05	0.226	9.25	0.318	12.70			
	101,60	2,11	5,25	3,05	7,52	5,74	13,7	8,08	18,81			

Diámetro D	Schedule 5 S		Schedule 10 S		Schedule 40 S/STD		Schedule 80 S/XS		Schedule 160		Schedule XXS	
	Exterior	Espesor T	Espesor T	Espesor T	Espesor T	Espesor T	Espesor T	Espesor T	Espesor T	Espesor T	Espesor T	Espesor T
	Pulgadas mm	Pulgadas mm	Pulgadas mm	Pulgadas mm	Pulgadas mm	Pulgadas mm	Pulgadas mm	Pulgadas mm	Pulgadas mm	Pulgadas mm	Pulgadas mm	Pulgadas mm
4"	4.500	0.083	3.98	0.120	5.70	0.237	10.95	0.337	15.21	0.531	22.85	0.674
	114,30	2,11	5,93	3,05	8,49	6,02	16,32	8,56	22,66	13,49	34,04	17,12
5"	5.563	0.109	6.45	0.134	7.88	0.258	14.83	0.375	21.08	0.625	33.47	0.750
	141,30	2,77	9,61	3,40	11,74	6,55	22,09	9,52	31,40	15,87	49,82	19,05
6"	6.625	0.109	7.72	0.134	9.42	0.280	19.26	0.432	29.00	0.718	46.04	0.864
	168,28	2,77	11,50	3,40	14,03	7,11	28,69	10,97	43,20	18,24	60,58	21,95
8"	8.625	0.109	10.1	0.148	13.40	0.322	29.00	0.500	44.05	0.906	75.82	0.875
	219,08	2,77	15,0	3,76	19,94	8,18	43,18	12,70	65,61	23,01	112,9	22,23
10"	10.750	0.134	15.4	0.165	18.70	0.365	41.13	0.500	55.57	1.125	117.4	1.000
	273,05	3,40	22,9	4,19	27,83	9,27	61,22	12,70	82,78	28,57	174,9	25,40
12"	12.750	0.156	21.3	0.180	24.20	0.375	49.56	0.500	66.41	1.312	162.8	1.000
	323,85	3,96	31,7	4,57	36,00	9,52	73,82	12,70	98,89	33,34	242,5	25,40
14"	14.000	0.156	23.4	0.188	27.73	0.375	54.57	0.500	72.09	1.406	192.0	
	355,60	3,96	34,9	4,78	41,30	9,52	81,28	12,70	109,00	37,71	285,9	
15"	16.000	0.165	28.2	0.188	31.75	0.375	62.58	0.500	82.77	1.549	244.9	
	406,40	4,19	42,0	4,78	47,29	9,52	93,21	12,70	123,29	40,49	364,85	
18"	18.000	0.165	31.9	0.188	35.77	0.375	70.59	0.500	93.45	1.781	308.55	
	457,20	4,19	47,5	4,78	53,26	9,52	105,14	12,70	139,19	45,24	459,15	
20"	20.000	0.188	40.4	0.218	46.06	0.375	78.60	0.500	104.13	1.969	379.14	
	508,00	4,78	60,2	5,54	68,50	9,52	117,07	12,70	155,10	50,01	564,14	
24"	24.000	0.218	55.37	0.250	63.41	0.375	94.62	0.500	125.49	2.344	542.13	
	609,60	5,54	84,16	6,35	96,33	9,52	141,12	12,70	187,07	59,54	823,66	

Fig.12.18.1. Tablas normalizadas para determinar diámetros de tuberías.

Una vez ajustado el diámetro se contabilizan los metros lineales de tubería y se estiman los accesorios a instalar.

12.18.1.2. – Diseño detallado de tuberías:

→ Tuberías que transportan líquidos.

Para determinar el diámetro se atiende a criterios de velocidad y pérdida de carga por longitud. Como criterios generales para todas las líneas:

Succión de bomba:

En punto de burbuja: $\Delta P < 0.5 \text{ bar/km}$, $u < 1 \text{ m/s}$

Subenfriado: $\Delta P < 2 \text{ bar/km}$, $u < 1.5 \text{ m/s}$

Impulsión de bomba:

$\Delta P < 5 \text{ bar/km}$, $u < 3 \text{ m/s}$

Por gravedad:

$\Delta P < 0.3 \text{ bar/km}$, $u < 0.5 \text{ m/s}$

En primer lugar se caracteriza el flujo que circula por cada una de las tuberías, así como sus condiciones normales de operación (densidad, viscosidad, flujo másico, presión y temperatura del fluido por el interior). Teniendo en cuenta la ecuación de Chen para el factor de fricción en flujo turbulento y la ecuación de flujo laminar:

Caudal de diseño: $Q_{\text{especificado}} = f_{FO} \cdot Q_{\text{normal}}$

Siendo f_{FO} el factor de sobredimensionamiento del caudal. Por motivos de seguridad se tomará un factor de 1,2.

Se determina el número de Reynolds y en función de que el régimen sea laminar o turbulento:

Número de Reynolds: $Re = \frac{\rho \cdot u \cdot D}{\mu}$

- Laminar: para $Re < 4200 \rightarrow f = \frac{64}{Re}$

- Turbulento: para $Re > 4200 \rightarrow$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{Chen}}} = 2 \cdot \log_{10} \left[\frac{\left(\frac{\varepsilon}{D} \right)}{3.7065} - \frac{5.0452}{Re} \cdot \log_{10} \left[\frac{\left(\frac{\varepsilon}{D} \right)^{1.1098}}{2.8257} + \frac{5.8506}{Re^{0.8981}} \right] \right]$$

Siendo generalmente $\varepsilon = 0.046$ mm (rugosidad relativa del acero).

A continuación se determina la pérdida de carga por unidad de longitud:

$$\left(\frac{-\Delta P}{L_e} \right) = f_{SF} \cdot f \cdot \frac{u^2}{2 \cdot g \cdot D}$$

Siendo f_{SF} = factor de ensuciamiento + incertidumbre de pérdida de carga (normal = 1.2, sucio = 1.3-1.5).

Para el cálculo del espesor y del número de catálogo se recurre a las fórmulas indicadas en la normativa correspondiente (ANSI B 31.3).

$$t = \left(\frac{P \cdot D_0}{2 \cdot S \cdot E} + C \right) \cdot M$$

Donde:

T es el espesor mínimo de la tubería (in).

P es la presión interna de diseño (psig)

S es la tensión máxima admisible del material a una determinada temperatura de diseño (lb/in²).

D₀ es el diámetro externo de la tubería (in).

E es la eficiencia de la soldadura (valor típico 0.8).

M es la tolerancia de fabricación (1.125 para el acero).

Una vez determinado el espesor, en función del catálogo nominal se determina el catálogo necesario para que la pérdida de carga en la conducción no supere la pérdida de carga máxima.

→ Tuberías que transportan gases.

Como criterios generales para todas las líneas:

$$\Delta P < 0.5 \cdot P^{0.5}, P \neq \text{bara}, \Delta P \neq \text{bar/km}$$

Velocidad:

$$P < 10 \text{ bara} \rightarrow u < 30 \text{ m/s}$$

$$P > 10 \text{ bara} \rightarrow u < 60 \text{ m/s}$$

La pérdida de carga se calcula de forma idéntica a la de los líquidos pero con las características propias de los gases.

→ Diseño del aislamiento de tuberías:

Se aislarán aquellas tuberías que impliquen riesgos de quemaduras por contacto o que se pretenda evitar pérdidas elevadas de calor. Se pretende que la temperatura en la superficie del aislante no supere los 50°C.

Para diseñar el aislante se debe calcular el calor desprendido al ambiente, teniendo en cuenta la conducción a través del aislante y la convección natural desde la superficie de éste a la atmósfera:

$$\text{Coeficiente de convección natural en régimen turbulento: } h_{CN} = 1.65(\Delta T)^{1/4}$$

Calor transferido por convección natural: $q_{CN} = h_{CN} A_{ext} \Delta T$

Transferencia de calor en el aislante por conducción: $q = \frac{k}{e} A_{in} \Delta T_{aisl}$

Igualando las expresiones anteriores y despejando el espesor del aislante se obtiene la siguiente expresión:

$$e = \frac{k \cdot A_{in} \cdot \Delta T_{aisl}}{1.65 \cdot A_{ext} \cdot \Delta T^{1.25}}$$

e es el espesor del aislante (m)

k es la conductividad térmica del aislante (W/m²K)

A_{ext} es el área externa del aislante (m²)

A_{in} es el área media logarítmica del aislante (m²)

ΔT es la diferencia de temperaturas entre el ambiente y la superficie del aislante (K)

ΔT_{aisl} es la diferencia de temperaturas en el aislante (K)

12.18.2.- Pérdidas de energía mecánica por fricción

Las pérdidas de energía mecánica se generan debido a la resistencia que presenta la instalación al paso del fluido. Si bien, estos valores en puntos concretos son despreciables, la suma de ellos debe de ser tenidas en cuenta a la hora de diseñar una bomba.

El balance de energía mecánica aplicado en un tramo de la conducción se representa mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta p/\rho + \Delta e_p + \Delta e_k = w - (e_v)$$

Las pérdidas de energía pueden clasificarse en dos grandes términos:

$$(e_v) = (e_v)_{\text{tramosrectos}} + (e_v)_{\text{accidentes}}$$

12.18.3.- Pérdidas de energía en tramos rectos

Las pérdidas de energía en tramos rectos representan las pérdidas que sufre un fluido debido al rozamiento de éste con las tuberías y a la turbulencia.

Aplicando el balance de cantidad de movimiento se obtiene una expresión que incorpora un factor de fricción, que es a su vez función del Re y de la rugosidad relativa, que es un parámetro característico del material de la tubería.

$$(e_v)_{\text{tramosrectos}} = 2 \cdot f \cdot (L/D) \cdot \langle v \rangle^2$$

$$Re = (\rho \cdot \langle v \rangle \cdot D) / \mu$$

$$\epsilon/D \rightarrow \epsilon \rightarrow \text{rugosidad}$$

La rugosidad del material es una propiedad del material conocida, y el cálculo del Re sólo necesita datos del fluido. Una vez obtenido estos valores existen varias formas de determinar el factor de fricción, existen tablas, las cuales en función del Re y la rugosidad relativa obtienen un valor, el cual se denomina factor de Darcy, que este a su vez es 4 veces mayor que el factor de Fanning.

Material	Surface roughness ϵ , mm
Drawn tubing (brass, lead, glass, and the like)	0.00152
Commercial steel or wrought iron	0.0457
Asphalted cast iron	0.122
Galvanized iron	0.152
Cast iron	0.259
Wood stove	0.183–0.914
Concrete	0.305–3.05
Riveted steel	0.914–9.14

* From Moody, *Trans. Am. Soc. Mech. Eng.*, **66**, 671–684 (1944); *Mech. Eng.*, **69**, 1005–1006 (1947). Additional values of ϵ for various types or conditions of concrete wrought-iron, welded steel, riveted steel, and corrugated-metal pipes are given in Brater and King, *Handbook of Hydraulics*, 6th ed., McGraw-Hill, New York, 1976, pp. 6-12–6-13. To convert millimeters to feet, multiply by 3.281×10^{-3} .

Fig.12.18.2. Valor de rugosidad de varios materiales

En general, podemos admitir que nuestro régimen es turbulento, por lo cual el rango de valores dentro de la grafica se reduce considerablemente.

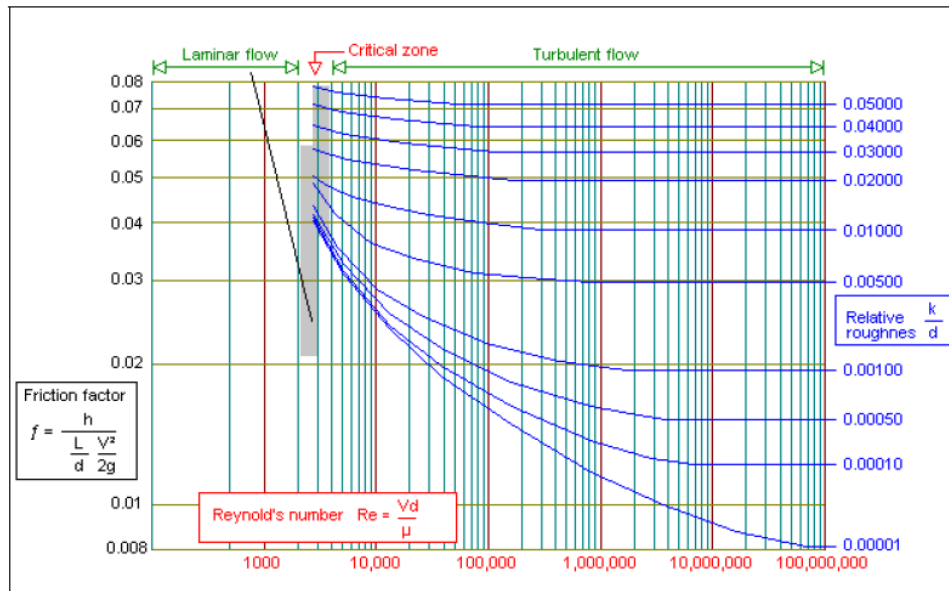


Fig.12.18.3. Gráfico de obtención del nº de Reynolds

Obteniendo el valor de la rugosidad relativa, calculando el Re y aplicando la grafica se determina el valor de f , por lo que las pérdidas de energía en tramos rectos son conocidas.

12.18.4.- Pérdidas de energía en accidentes

Definimos accidentes como todo obstáculo, u objeto que interfiera el flujo, o distorsione su recorrido. Los accidentes característicos de una instalación son los codos, válvulas, reducciones, filtros, etc.

Existen dos métodos generalizados. En este caso emplearemos el método de los coeficientes de pérdidas (k).

$$(e_v)_{\text{accidentes}} = k \cdot (\langle v \rangle^2 / 2)$$

En donde los valores de k para diferentes tipos de accidentes se resumen en el cuadro siguiente:

Type of fitting or valve	Additional friction loss, equivalent no. of velocity heads, K
45° ell, standard ^{b,c,d,e,f}	0.35
45° ell, long radius ^c	0.2
90° ell, standard ^{b,c,e,f,g,h}	0.75
Long radius ^{b,c,d,e}	0.45
Square or miter ^h	1.3
180° bend, close return ^{b,c,e}	1.5
Tee, standard, along run, branch blanked off ⁱ	0.4
Used as ell, entering run ^h	1.0
Used as ell, entering branch ^{h,i}	1.0
Branching flow ^{h,k}	1 ^l
Coupling ^{c,e}	0.04
Union ^c	0.04
Gate valve, ^{l,m,n} open	0.17
3/4 open ⁿ	0.9
1/2 open ⁿ	4.5
1/4 open ⁿ	24.0
Diaphragm valve, ^o open	2.3
3/4 open ⁿ	2.6
1/2 open ⁿ	4.3
1/4 open ⁿ	21.0
Globe valve, ^{o,m}	
Bevel seat, open	6.0
1/2 open ⁿ	9.5
Composition seat, open	6.0
1/2 open ⁿ	8.5
Plug disk, open	9.0
3/4 open ⁿ	13.0
1/2 open ⁿ	36.0
1/4 open ⁿ	112.0
Angle valve, ^{l,o} open	2.0
Y or blowoff valve, ^{o,m} open	3.0
Plug cock ^e	
θ = 5°	0.05
θ = 10°	0.29
θ = 20°	1.56
θ = 40°	17.3
θ = 60°	206.0
Butterfly valve ^f	
θ = 5°	0.24
θ = 10°	0.52
θ = 20°	1.54
θ = 40°	10.8
θ = 60°	118.0
Check valve, ^{h,m} swing	2.0 ^g
Disk	10.0 ^g
Ball	70.0 ^g
Foot valve ^e	15.0
Water meter, ^h disk	7.0 ^g
Piston	15.0 ^g
Rotary (star-shaped disk)	10.0 ^g
Turbine-wheel	6.0 ^g

Fig.12.18.4. Valores de k para diferentes tipos de accidentes

Una vez conocidas las pérdidas de carga por energía mecánica podemos despejar del balance el término de potencia y aplicando la relación entre la potencia teórica de la bomba y la masa podemos conocer la potencia teórica que la bomba tiene que aplicar al sistema para que éste pueda circular.

12.18.5.- Cálculo de la potencia total

$$w \text{ (j/s)} = w^{\wedge} \text{ (j/kg)} \cdot m \text{ (kg/s)}$$

Ésta es la potencia teórica que tiene que aplicar una bomba. Tenemos que tener en cuenta el rendimiento de la misma en estas condiciones, valor que podemos obtener del fabricante. No toda la energía que llega a la bomba es absorbida por el fluido.

Por tanto, la potencia real que tiene que aplicar la bomba viene determinada por:

$$W_{\text{bomba}} = w / \eta$$

donde $\eta \rightarrow$ rendimiento = (Energía efectiva/Energía consumida por la bomba)

12.18.6.-Cálculo de la carga y del NPSH**Carga total de la bomba**

Para obtener la carga debemos dividir el balance por g. Por tanto, la carga total de la bomba queda como:

$$h \text{ (m)} = w^{\wedge} / g$$

La zona anterior a la bomba se denomina zona de aspiración y el tramo siguiente a la bomba zona de impulsión. Se define a la carga neta de aspiración como:

$$(NPSH)_{\text{disponible}} = h_a - (p_v / \rho \cdot g)$$

Deduciendo del balance los términos de h_a (carga en el tramo de aspiración) y h_i , obtenemos $h = h_i - h_a = a$, la carga que tenemos que aportar al sistema.

Se define el NPSH como la diferencia entre la energía que tiene el sistema y la mínima necesaria para que el fluido no vaporice. Teóricamente el NPSH del sistema ha de ser 0, pero el fluido siempre pierde algo de energía al entrar al sistema. Esta pérdida se refiere a la bomba se nombra como NPSH requerido.

Por tanto se debe cumplir:

$$(NPSH)_{\text{disponible}} > (NPSH)_{\text{requerido}}$$

La carga neta de aspiración se calcula de la siguiente manera:

$$(NPSH)_{\text{disponible}} = (z_1 - z_3) + (1/g) \cdot (((p_1 - p_2) / \rho) + (<v>^2 / (2 \cdot \alpha)) - e_{va})$$
$$e_{va} = 2 \cdot f \cdot (L/D) \cdot <v>^2$$

12.18.7.- Selección final de la bomba

Con todo lo antes expuesto la elección final de una bomba se resume de la siguiente manera:

Disponiendo de los catálogos del fabricante se selecciona la bomba teniendo en cuenta:

- 1. (NPSH) requerido**
- 2. Presión real del sistema**
- 3. Carga y rendimiento**
- 4. Caudal máximo**

Aplicación práctica para el diseño de las tuberías y selección de la bomba.

En este punto, se presenta la estrategia a seguir para la selección final de tuberías, accesorios y bombas.

Si bien, lo antes mencionado es lo que se debe aplicar a cada línea en la práctica simplificaremos la metodología de trabajo.

Diámetro de tuberías

Tendremos en cuenta las velocidades típicas y el diámetro disponible en catálogo.

Pérdidas de energía mecánica

El régimen será turbulento en la mayoría de los casos. En tramos rectos calcularemos una media teniendo en cuenta los diámetros y caudales. Para las pérdidas en accidentes estimaremos las pérdidas generadas por configuraciones habituales de válvulas y accesorios.

Potencia de la bomba

La potencia de la bomba requerida será el resultado de este calculo más un 30% para asegurar el funcionamiento correcto.

NPSH disponible

El NPSH será estimado en condiciones particulares y corroboradas en las gráficas del fabricante.

En casos dónde la diferencia de alturas predomine a los tramos horizontales, sólo se tendrán en cuenta las diferencias de alturas.

De este modo queda configurada la estrategia de diseño.

12.19.-CIRCUITO FRIGORÍFICO

12.19.1.-Necesidades de frío de la planta

En la tabla siguiente se muestran los caudales de agua que deben ser enfriados en los equipos del área 500 y área 300: Cristalizadores CR-502, CR-503, CR-504 y Reactores R-301/A, R-301/B.

Requerimientos de agua de refrigeración			
Equipos	Kg/h	T^a entrada (°C)	T^a salida (°C)
CR-502	2033104,2	7	15
CR-503	1886,8	7	15
CR-504	957,2	7	15
R-301A/B	187723,6	7	15
R-301A/B	187723,6	7	15
	TOTAL	7	15

Por lo tanto los Kg/h totales que pasaran por el circuito de frío son:

Kg/h circuito frigorífico = 2 411 395,2 Kg/h

12.19.2-Cálculo de la potencia frigorífica necesaria en el equipo de frío

$P. \text{ frigorífica} = m \cdot C_p \text{ agua} \cdot \Delta T = \text{kJ/s} = \text{Kw.}$

Donde:

m = Caudal de agua a enfriar en Kg/h

$C_p \text{ agua}$ = Calor específico del agua en kJ/Kg.°C

ΔT = Variación de la temperatura entre (15 – 7) °C

$P. \text{ frigorífica} = 2\,411\,395,2 \text{ (kg/h)} \cdot 4,16 \text{ (kJ/Kg.°C)} \cdot (15 - 7) \text{ (°C)} = 80\,251\,232,26 \text{ kJ/h}$

$80\,251\,232,26 \text{ kJ/h} \cdot (1\text{h} / 3600 \text{ s}) = 22\,292 \text{ KW}$

12.19.3.-Equipo de frío

Para enfriar tantas frigerías necesitamos 15 equipos de frío que serán suministrados por la empresa MTA – NOVAIR, el modelo a utilizar será el PHOENIX.

Son equipos de enfriadores de agua condensadas por aire, utilizando como gas refrigerante R407c que desde el punto de vista ecológico es bastante interesante porque no contiene cloro y el valor de O.D.P es muy bajo y con una potencia útil de 1536 KW cada equipo.



Fig.12.19.2. Equipo de frío modelo "PHOENIX"

13.- PROPIEDADES

13.1.- Propiedades químicas y físicas de sustancias

- Peso molecular:

Compuesto	PM (g/mol)
Ciclohexanol	100
HNO ₃	63
H ₂ O	18,015
Ácido adípico	146
Ácido glutárico	132
Ácido succínico	118
CO ₂	44,01
N ₂	28,013
N ₂ O	44,013
NO	30,006
NO ₂	46,006
O ₂	36
Cu(NO ₃) ₂	241,63
NH ₄ VO ₃	116,99

Tabla 13.1.1. Peso molecular de sustancias que intervienen en el proceso.

- Densidad:

Para los siguientes compuestos y por falta de valores en una mayor rango de temperatura se ha utilizado un mismo valor de densidad:

Compuesto	líquido kg/m ³	gas kg/m ³
Ciclohexanol	942	0,942
Ácido adípico	1030,75	1,03075
CO ₂	777	0,777
N ₂	805	0,805
N ₂ O	1226	1,226
NO	1280	1,28
NO ₂	1447	1,447
O ₂	1149	1,149

Tabla 13.1.2. Densidad de sustancias que intervienen en el proceso.

Para los ácidos succínico y glutárico se ha utilizado la siguiente correlación, que depende de la densidad del agua y de la concentración de ácido en agua:

$$\rho_{\text{ácido}} = \rho_{\text{agua}} + 3,04 \cdot \% \text{Ácido (wt)}$$

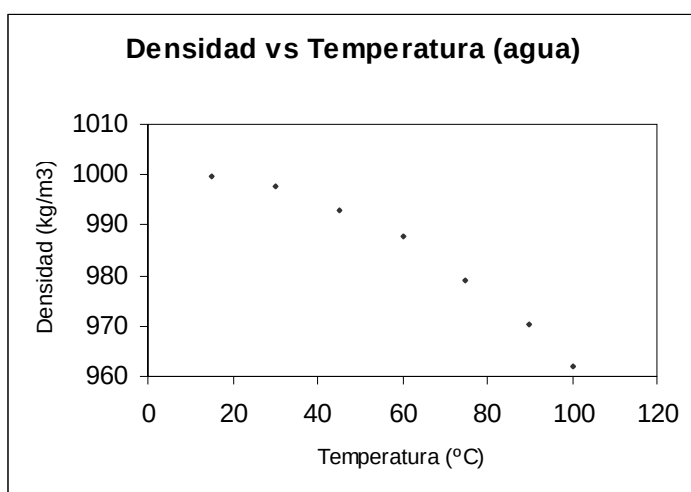
Para el agua, tomando valores en distintos puntos de temperatura se ha obtenido la ecuación de la curva para facilidades de trabajo:

Agua	ρ kg/m ³
0-15 °C	999,69
15-30 °C	997,57
30-45 °C	993,07
45-60 °C	987,71
60-75 °C	979,13
75- 90 °C	970,18
90-100 °C	961,96

Tabla 13.1.3. Densidad del agua a distintas temperaturas.

La ecuación de gráfico obtenida:

$$y = -3E-06x^3 - 0,0036x^2 + 0,0116x + 1000,4$$



La densidad del ácido nítrico no solo depende de la temperatura sino que también influye el grado de dilución en agua en el que se encuentre:

%	0°C	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	40°C	50°C	60°C	80°C	100°C
1	1.0058	1.00572	1.00534	1.00464	1.00364	1.00241	1.0009	0.9973	0.9931	0.9882	0.9767	0.9632
2	1.0117	1.01149	1.01099	1.01018	1.00909	1.00778	1.0061	1.0025	0.9982	0.9932	0.9816	0.9681
3	1.0176	1.01730	1.01668	1.01576	1.01457	1.01318	1.0114	1.0077	1.0033	0.9982	0.9865	0.9730
4	1.0236	1.02315	1.02240	1.02137	1.02008	1.01861	1.0168	1.0129	1.0084	1.0033	0.9915	0.9779
5	1.0296	1.02904	1.02816	1.02702	1.02563	1.02408	1.0222	1.0182	1.0136	1.0084	0.9965	0.9829
6	1.0357	1.03497	1.03397	1.03272	1.03122	1.02958	1.0277	1.0235	1.0188	1.0136	1.0015	0.9879
7	1.0418	1.0410	1.0399	1.0385	1.0369	1.0352	1.0333	1.0290	1.0241	1.0188	1.0066	0.9929
8	1.0480	1.0471	1.0458	1.0443	1.0427	1.0409	1.0389	1.0344	1.0295	1.0241	1.0117	0.9980
9	1.0543	1.0532	1.0518	1.0502	1.0485	1.0466	1.0446	1.0399	1.0349	1.0294	1.0169	1.0032
10	1.0606	1.0594	1.0578	1.0561	1.0543	1.0523	1.0503	1.0455	1.0403	1.0347	1.0221	1.0083
11	1.0669	1.0656	1.0639	1.0621	1.0602	1.0581	1.0560	1.0511	1.0458	1.0401	1.0273	1.0134
12	1.0733	1.0718	1.0700	1.0681	1.0661	1.0640	1.0618	1.0567	1.0513	1.0455	1.0326	1.0186
13	1.0797	1.0781	1.0762	1.0742	1.0721	1.0699	1.0676	1.0624	1.0568	1.0509	1.0379	1.0238
14	1.0862	1.0845	1.0824	1.0803	1.0781	1.0758	1.0735	1.0681	1.0624	1.0564	1.0432	1.0289
15	1.0927	1.0909	1.0887	1.0865	1.0842	1.0818	1.0794	1.0739	1.0680	1.0619	1.0485	1.0341
16	1.0992	1.0973	1.0950	1.0927	1.0903	1.0879	1.0854	1.0797	1.0737	1.0675	1.0538	1.0393
17	1.1057	1.1038	1.1014	1.0989	1.0964	1.0940	1.0914	1.0855	1.0794	1.0731	1.0592	1.0444
18	1.1123	1.1103	1.1078	1.1052	1.1026	1.1001	1.0974	1.0913	1.0851	1.0787	1.0646	1.0496
19	1.1189	1.1168	1.1142	1.1115	1.1088	1.1062	1.1034	1.0972	1.0908	1.0843	1.0700	1.0547
20	1.1255	1.1234	1.1206	1.1178	1.1150	1.1123	1.1094	1.1031	1.0966	1.0899	1.0754	1.0598
21	1.1322	1.1300	1.1271	1.1242	1.1213	1.1185	1.1155	1.1090	1.1024	1.0956	1.0808	1.0650
22	1.1389	1.1366	1.1336	1.1306	1.1276	1.1247	1.1217	1.1150	1.1083	1.1013	1.0862	1.0701
23	1.1457	1.1433	1.1402	1.1371	1.1340	1.1310	1.1280	1.1210	1.1142	1.1070	1.0917	1.0753
24	1.1525	1.1501	1.1469	1.1437	1.1404	1.1374	1.1343	1.1271	1.1201	1.1127	1.0972	1.0805
25	1.1594	1.1569	1.1536	1.1503	1.1469	1.1438	1.1406	1.1332	1.1260	1.1185	1.1027	1.0857
26	1.1663	1.1638	1.1603	1.1569	1.1534	1.1502	1.1469	1.1394	1.1320	1.1244	1.1083	1.0910
27	1.1733	1.1707	1.1670	1.1635	1.1600	1.1566	1.1533	1.1456	1.1381	1.1303	1.1139	1.0963
28	1.1803	1.1777	1.1738	1.1702	1.1666	1.1631	1.1597	1.1519	1.1442	1.1362	1.1195	1.1016
29	1.1874	1.1847	1.1807	1.1770	1.1733	1.1697	1.1662	1.1582	1.1503	1.1422	1.1251	1.1069
30	1.1945	1.1917	1.1876	1.1838	1.1800	1.1763	1.1727	1.1645	1.1564	1.1482	1.1307	1.1122
31	1.2016	1.1988	1.1945	1.1906	1.1867	1.1829	1.1792	1.1708	1.1625	1.1542	1.1363	1.1175
32	1.2088	1.2059	1.2014	1.1974	1.1934	1.1896	1.1857	1.1772	1.1687	1.1602	1.1419	1.1228
33	1.2160	1.2131	1.2084	1.2043	1.2002	1.1963	1.1922	1.1836	1.1749	1.1662	1.1476	1.1281
34	1.2233	1.2203	1.2155	1.2113	1.2071	1.2030	1.1988	1.1901	1.1812	1.1723	1.1533	1.1335
35	1.2306	1.2275	1.2227	1.2183	1.2140	1.2098	1.2055	1.1966	1.1876	1.1784	1.1591	1.1390
36	1.2375	1.2344	1.2294	1.2249	1.2205	1.2163	1.2119	1.2028	1.1936	1.1842	1.1645	1.1440
37	1.2444	1.2412	1.2361	1.2315	1.2270	1.2227	1.2182	1.2089	1.1995	1.1899	1.1699	1.1490
38	1.2513	1.2479	1.2428	1.2381	1.2335	1.2291	1.2245	1.2150	1.2054	1.1956	1.1752	1.1540
39	1.2581	1.2546	1.2494	1.2446	1.2399	1.2354	1.2308	1.2210	1.2112	1.2013	1.1805	1.1589
40	1.2649	1.2613	1.2560	1.2511	1.2463	1.2417	1.2370	1.2270	1.2170	1.2069	1.1858	1.1638
41	1.2717	1.2680	1.2626	1.2576	1.2527	1.2480	1.2432	1.2330	1.2229	1.2126	1.1911	1.1687
42	1.2786	1.2747	1.2692	1.2641	1.2591	1.2543	1.2494	1.2390	1.2287	1.2182	1.1963	1.1735
43	1.2854	1.2814	1.2758	1.2706	1.2655	1.2606	1.2556	1.2450	1.2345	1.2238	1.2015	1.1783
44	1.2922	1.2880	1.2824	1.2771	1.2719	1.2669	1.2618	1.2510	1.2403	1.2294	1.2067	1.1831
45	1.2990	1.2947	1.2890	1.2836	1.2783	1.2732	1.2680	1.2570	1.2461	1.2350	1.2119	1.1879
46	1.3058	1.3014	1.2955	1.2901	1.2847	1.2795	1.2742	1.2630	1.2519	1.2406	1.2171	1.1927
47	1.3126	1.3080	1.3021	1.2966	1.2911	1.2858	1.2804	1.2690	1.2577	1.2462	1.2223	1.1976
48	1.3194	1.3147	1.3087	1.3031	1.2975	1.2921	1.2867	1.2750	1.2635	1.2518	1.2275	1.2024
49	1.3263	1.3214	1.3153	1.3096	1.3040	1.2984	1.2929	1.2811	1.2693	1.2575	1.2328	1.2073
50	1.3327	1.3277	1.3215	1.3157	1.3100	1.3043	1.2987	1.2867	1.2748	1.2628	1.2377	1.2118
51	1.3391	1.3339	1.3277	1.3218	1.3160	1.3102	1.3045	1.2923	1.2802	1.2680	1.2425	1.2163
52	1.3454	1.3401	1.3338	1.3278	1.3219	1.3160	1.3102	1.2978	1.2856	1.2731	1.2473	1.2208
53	1.3517	1.3462	1.3399	1.3338	1.3278	1.3218	1.3159	1.3033	1.2909	1.2782	1.2521	1.2252
54	1.3579	1.3523	1.3459	1.3397	1.3336	1.3275	1.3215	1.3087	1.2961	1.2833	1.2568	1.2296
55	1.3640	1.3583	1.3518	1.3455	1.3393	1.3331	1.3270	1.3141	1.3013	1.2883	1.2615	1.2339
56	1.3700	1.3642	1.3576	1.3512	1.3449	1.3386	1.3324	1.3194	1.3064	1.2932	1.2661	1.2382
57	1.3759	1.3700	1.3634	1.3569	1.3505	1.3441	1.3377	1.3246	1.3114	1.2981	1.2706	1.2424
58	1.3818	1.3757	1.3691	1.3625	1.3560	1.3495	1.3430	1.3298	1.3164	1.3029	1.2751	1.2466
59	1.3875	1.3813	1.3747	1.3680	1.3614	1.3548	1.3482	1.3348	1.3213	1.3077	1.2796	1.2507
60	1.3931	1.3868	1.3801	1.3734	1.3667	1.3600	1.3533	1.3398	1.3261	1.3124	1.2839	1.2547
61	1.3986	1.3922	1.3855	1.3787	1.3719	1.3651	1.3583	1.3447	1.3308	1.3169	1.2881	1.2587
62	1.4039	1.3975	1.3907	1.3838	1.3769	1.3700	1.3632	1.3494	1.3354	1.3213	1.2922	1.2625
63	1.4091	1.4027	1.3958	1.3888	1.3818	1.3748	1.3679	1.3540	1.3398	1.3255	1.2962	1.2661
64		1.4078	1.4007	1.3936	1.3866	1.3795	1.3725					

%	0°C	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	40°C	50°C	60°C	80°C	100°C
65		1.4128	1.4055	1.3984	1.3913	1.3841	1.3770					
66		1.4177	1.4103	1.4031	1.3959	1.3887	1.3814					
67		1.4224	1.4150	1.4077	1.4004	1.3932	1.3857					
68		1.4271	1.4196	1.4122	1.4048	1.3976	1.3900					
69		1.4317	1.4241	1.4165	1.4091	1.4019	1.3942					
70		1.4362	1.4285	1.4210	1.4134	1.4061	1.3983					
71		1.4406	1.4328	1.4252	1.4176	1.4102	1.4023					
72		1.4449	1.4371	1.4294	1.4218	1.4142	1.4063					
73		1.4491	1.4413	1.4335	1.4258	1.4182	1.4103					
74		1.4532	1.4454	1.4376	1.4298	1.4221	1.4142					
75		1.4573	1.4494	1.4415	1.4337	1.4259	1.4180					
76		1.4613	1.4533	1.4454	1.4375	1.4296	1.4217					
77		1.4652	1.4572	1.4492	1.4413	1.4333	1.4253					
78		1.4690	1.4610	1.4529	1.4450	1.4369	1.4288					
79		1.4727	1.4647	1.4565	1.4485	1.4404	1.4323					
80		1.4764	1.4683	1.4601	1.4521	1.4439	1.4357					
81		1.4800	1.4718	1.4636	1.4555	1.4473	1.4391					
82		1.4835	1.4753	1.4670	1.4589	1.4507	1.4424					
83		1.4869	1.4787	1.4704	1.4622	1.4540	1.4456					
84		1.4903	1.4820	1.4737	1.4655	1.4572	1.4487					
85		1.4936	1.4852	1.4769	1.4686	1.4603	1.4518					
86		1.4968	1.4883	1.4799	1.4716	1.4633	1.4548					
87		1.4999	1.4913	1.4829	1.4745	1.4662	1.4577					
88		1.5029	1.4942	1.4858	1.4773	1.4690	1.4605					
89		1.5058	1.4970	1.4885	1.4800	1.4716	1.4631					
90		1.5085	1.4997	1.4911	1.4826	1.4741	1.4656					
91		1.5111	1.5023	1.4936	1.4850	1.4766	1.4681					
92		1.5136	1.5048	1.4960	1.4873	1.4789	1.4704					
93		1.5156	1.5068	1.4979	1.4892	1.4807	1.4722					
94		1.5177	1.5088	1.4999	1.4912	1.4826	1.4741					
95		1.5198	1.5109	1.5019	1.4932	1.4846	1.4761					
96		1.5220	1.5130	1.5040	1.4952	1.4867	1.4781					
97		1.5244	1.5152	1.5062	1.4974	1.4889	1.4802					
98		1.5278	1.5187	1.5096	1.5008	1.4922	1.4835					
99		1.5327	1.5235	1.5144	1.5056	1.4969	1.4881					
100		1.5402	1.5310	1.5217	1.5129	1.5040	1.4952					

Tabla 13.1.4. Densidad del ácido nítrico

- Viscosidad:

Para calcular viscosidades de líquidos se ha recurrido a la siguiente correlación:

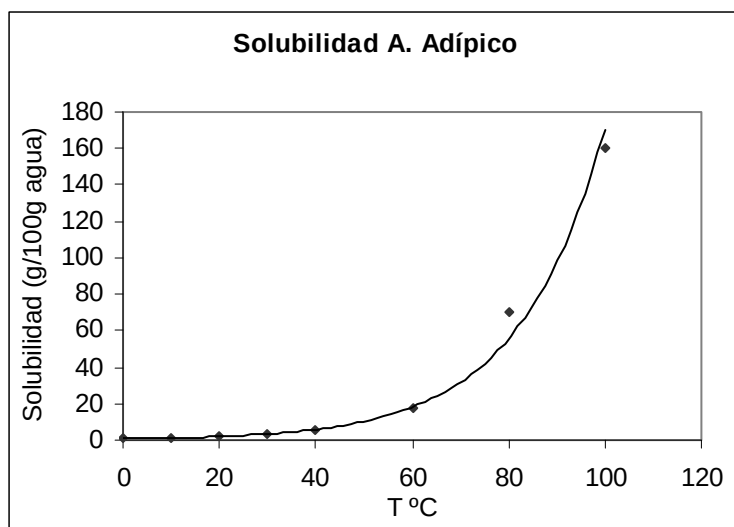
$$\log_{10} = VISA \left[\frac{1}{T} - \frac{1}{VISB} \right]$$

	VISA	VISB
H2O	658,25	283,16
A. Adípico	489,95	264,22
A. Glutárico	463,31	248,72
A. Succínico	502,33	286,04

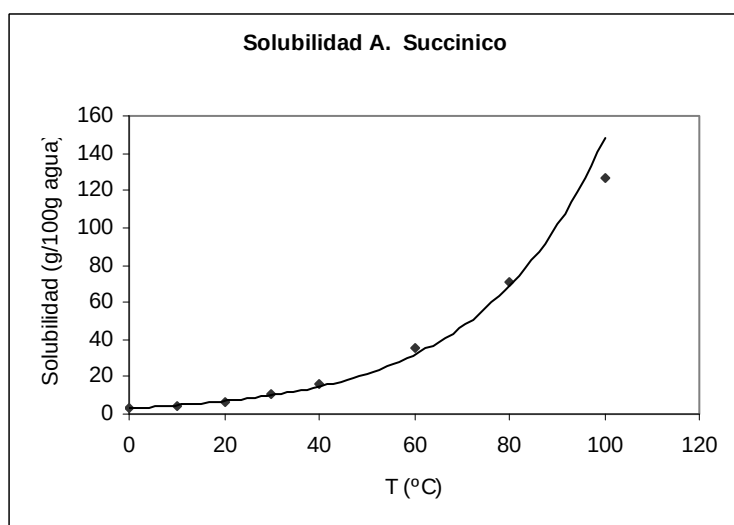
Para el ácido nítrico se ha supuesto igual viscosidad que el agua, y para el ciclohexanol se ha extraído de un ábaco valores a distintas temperaturas obteniendo una ecuación:

$$\mu_{\text{ciclohexanol}} = (-0,0021 \times T^3 + 0,23 \times T^2 - 11,563 \times T + 234,8) / 100$$

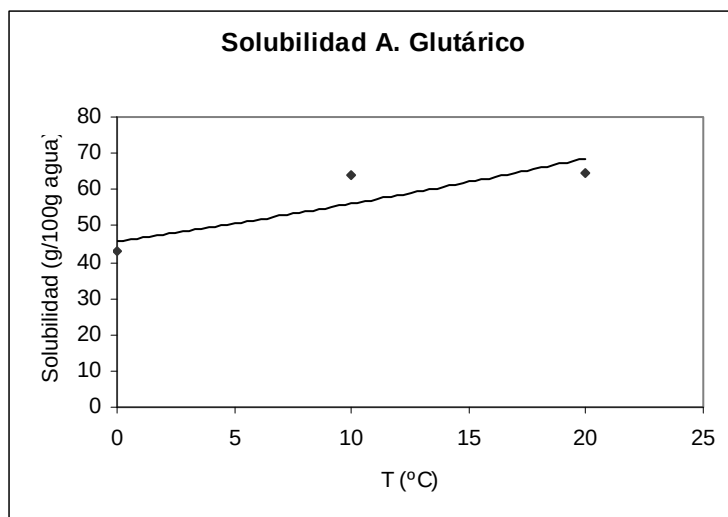
- Solubilidades:



Ecuación de la curva → $Solubilidad\ AA = 0,6291 \times \exp(0,056 \cdot T)$



Ecuación de la curva → $Solubilidad\ AS = 3,1548 \times \exp(0,0385 \cdot T)$



Ecuación de la curva $\rightarrow$ Solubilidad AG = $45,809 \times \exp(0,0203 \cdot T)$

- Calores específicos:

Coeficientes				
	CA	CB	CC	CD
CicloH	-55,534	7,21E-01	-4,08E-04	8,24E-08
H2O	32,243	1,92E-03	1,06E-05	3,60E-09
AC SUC		1,57E+01	4,69E-02	-3,14E-04
CO2	19,795	7,34E-02	-5,60E-05	1,72E-08
N2	31,15	-1,36E-02	2,68E-05	-1,17E-08
N2O	21,621	7,28E-02	-5,78E-05	1,83E-08
NO	29,345	-9,38E-04	9,75E-06	-4,19E-09
NO2	24,233	4,84E-02	-2,08E-05	2,93E-10
O2	28,106	-3,68E-06	1,75E-05	1,07E-08

Estos coeficientes son para cálculo de calores específicos de gases y corresponden a la correlación:

$$C_p = CA + CB \times T + CC \times T^2 + CD \times T^3$$

Calores específicos para líquidos:

Compuesto	T (°C)	Cp	
A. Glutárico	20	0,299	(cal/g °C)
A. Succinico	0-160	$0,248 + 0,00153T$	(cal/g °C)
A. Adipico:			
vapor	300	1,68	kJ/kg K
liquido	200	2,253 - 2,719	kJ/kg K
sólido		1,59	kJ/kg K

Tabla 13.2.1 Coeficientes totales típicos de transmisión de calor

Intercambiadores tubulares		
Fluido caliente	Fluido frío	$U : (W.m^2, ^\circ C)$
<i>Intercambiadores de calor</i>		
Agua	Agua	800 – 1500
Solventes orgánicos	Solventes orgánicos	100 – 300
Aceites ligeros	Aceites ligeros	100 – 400
Aceites pesados	Aceites pesados	50 – 300
Gases	Gases	10 – 50
<i>Enfriadores</i>		
Solventes orgánicos	Agua	250 – 750
Aceites ligeros	Agua	350 – 900
Aceites pesados	Agua	60 – 300
Gases	Agua	20 – 300
Solventes orgánicos	Salmuera	150 – 300
Agua	Salmuera	600 – 1200
Gases	Salmuera	15 – 250
<i>Calentadores</i>		
Vapor	Agua	1500 – 4000
Vapor	Solventes orgánicos	500 – 1000
Vapor	Aceites ligeros	300 – 900
Vapor	Aceites pesados	60 – 450
Vapor	Gases	30 – 300
Dowtherm	Aceites pesados	50 – 300
Dowtherm	Gases	20 – 200
Gases de combustión	Vapor	30 – 100
Caldero	Vapores de hidrocarburos	30 – 100
<i>Condensadores</i>		
Vapores acuosos	Agua	100 – 1500
Vapores orgánicos	Agua	700 – 100
Orgánicos (con no condens.)	Agua	500 – 700
Condensación al vacío	Agua	200 – 500
<i>Vaporizadores</i>		
Vapor	Soluciones acuosas	100 – 1500
Vapor	Orgánicos ligeros	900 – 1200
Vapor	Orgánicos pesados	600 – 900
<i>Enfriadores de aire</i>		
Agua		300 – 450
Orgánicos ligeros		300 – 700
Orgánicos pesados		50 – 150
Gases, 5 – 10 bar		50 – 100
Gases, 10 – 30 bar		100 – 300
Hidrocarburos condensando		300 – 600
<i>Enfriadores sumergidos</i>		
Espirales		Tanques
<i>Circulación natural</i>		
Vapor	Soluciones acuosas diluidas	500 – 1000
Vapor	Aceites ligeros	200 – 300
Vapor	Aceites pesados	70 – 150
Soluciones acuosas	Agua	200 – 500
Aceites ligeros	Agua	100 – 150
<i>Con agitación</i>		
Vapor	Soluciones acuosas diluidas	800 – 1500
Vapor	Aceites ligeros	300 – 500
Vapor	Aceites pesados	200 – 400
Soluciones acuosas	Agua	400 – 700
Aceites ligeros	Agua	200 – 300
<i>Tanques enchaquetados</i>		
Chaqueta		Tanque
Vapor	Soluciones acuosas diluidas	500 – 700
Vapor	Orgánicos ligeros	250 – 500
Agua	Soluciones acuosas diluidas	200 – 500
Agua	Orgánicos ligeros	200 – 300

Tabla 13.2.2 Dimensiones estándar para tubos de acero

Diámetro Exterior (mm)	Espesor (mm)				
	1,2	1,6	2,0	-	-
16 ($\frac{5}{8}$ ")	1,2	1,6	2,0	-	-
20 ($\frac{3}{4}$ ")	-	1,6	2,0	2,6	-
25 (1")	-	1,6	2,0	2,6	3,2
30 ($1\frac{1}{4}$ ")	-	16	2,0	2,6	3,2
38 ($1\frac{1}{2}$ ")	-	-	2,0	2,6	3,2
50 (2")	-	-	2,0	2,6	3,2

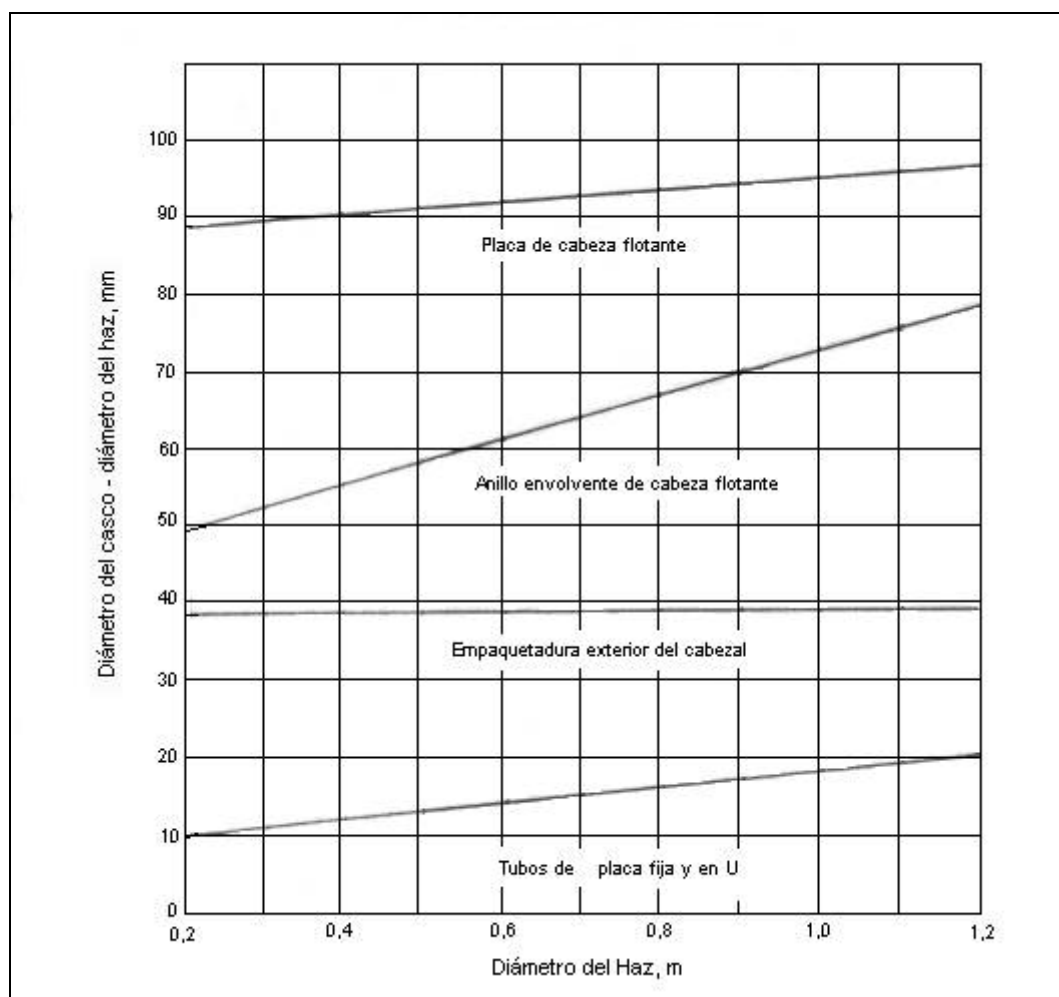


Figura 13.2.1 Espaciado entre carcasa – haz de tubos

Tabla 13.2.3 Constantes K y n para pitch triangular

Pasos por tubo	Pitch triangular pitch = 1,25 Do				
	1	2	4	6	8
K_1	0.319	0.249	0.175	0.0743	0.0365
n_1	2.142	2.207	2.285	2.499	2.674

Tabla 13.2.4 Resistencias a la incrustación, valores típicos

Fluido	Resistencia, $r = (W/m^2 \cdot ^\circ C)^{-1}$	
	$v > 1,2 \text{ m/s}$	$v < 1,2 \text{ m/s}$
Agua de río	0,00008	---- 0,00033
Agua de mar	0,00033	---- 0,00100
Agua de enfriamiento (torres)	0,00020	---- 0,00033
Agua potable (blanda)	0,0002	---- 0,00033
Agua potable (dura)	0,0005	---- 0,00100
Condensado	0,0002	--- 0, 00067
Vapor (libre de aceite)	0,0001	---- 0,00025
Vapor (con trazas de aceite)	0,0002	---- 0,00050
Salmuera	0,0002	---- 0,00033
Aire y gases industriales	0,00067	---- 0,00020
Gases de chimenea	0,0002	---- 0,00050
Vapores orgánicos	0,00020	
Líquidos orgánicos	0,00020	
Hidrocarburos ligeros	0,00020	
Hidrocarburos pesados	0,00050	
Orgánicos en ebullición	0,00040	
Orgánicos condensando	0,00020	
Fluidos de transferencia de calor	0,00020	
Soluciones acuosas de sales	0,00020	— 0,00033

Tabla 13.2.5 Conductividad de metales

Metal	Temperatura ($^\circ C$)	K_w (W/m $^\circ C$)
Aluminio	0	202
	100	206
Bronce (70 Cu, 30 Zn)	0	97
	100	104
	400	116
Cobre	0	388
	100	378
Níquel	0	62
	121	59
Cobre – Níquel (10 % Ni)	0 – 100	45
Monel	0 – 100	30
Acero inoxidable (18/8)	0 – 100	16
Acero	0	45
	100	45
	600	36
Titanio	0 – 100	16

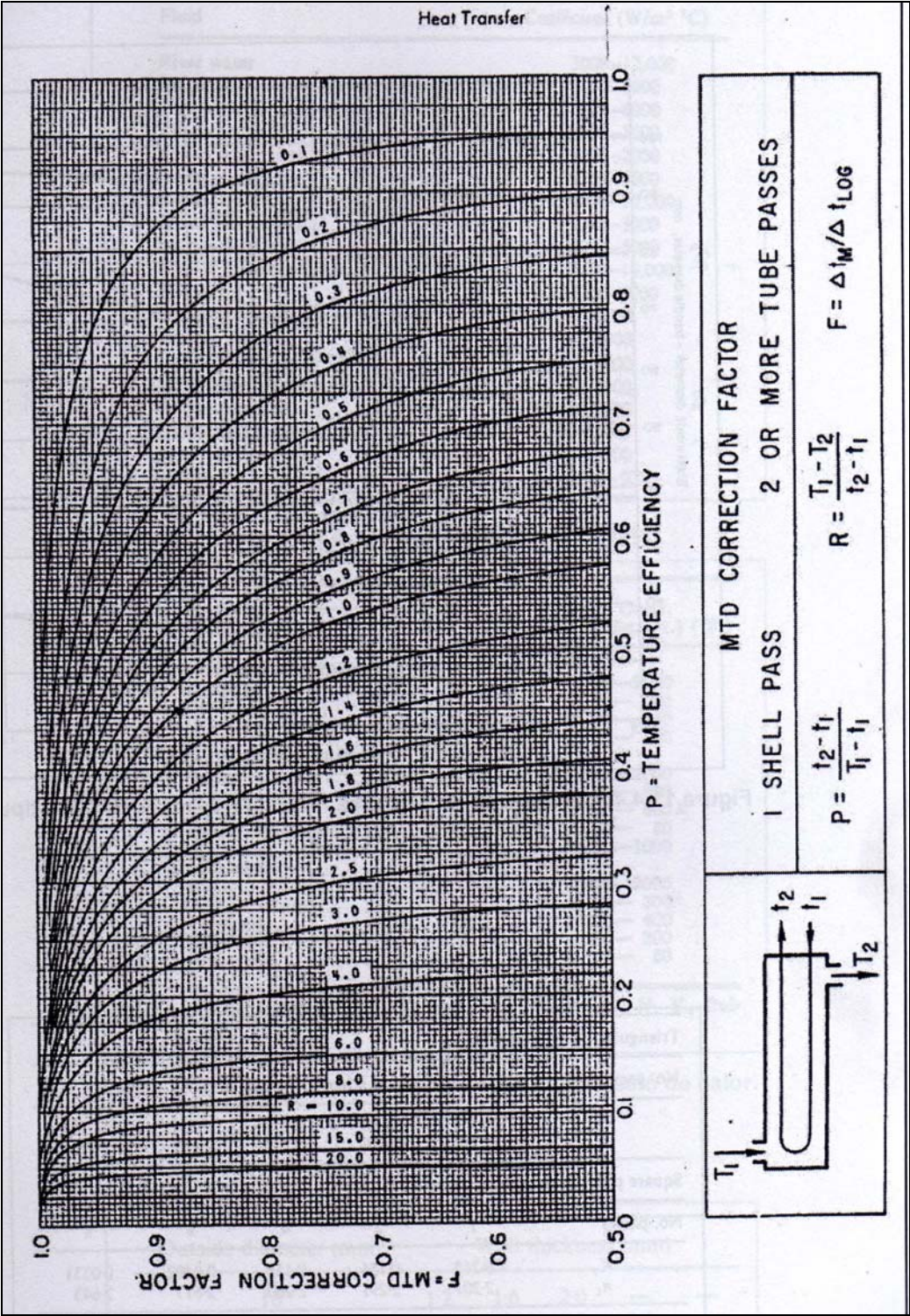


Figura 13.2.2 Determinación del factor de corrección de la DTML: 1 paso por carcasa y 2 pasos por tubos

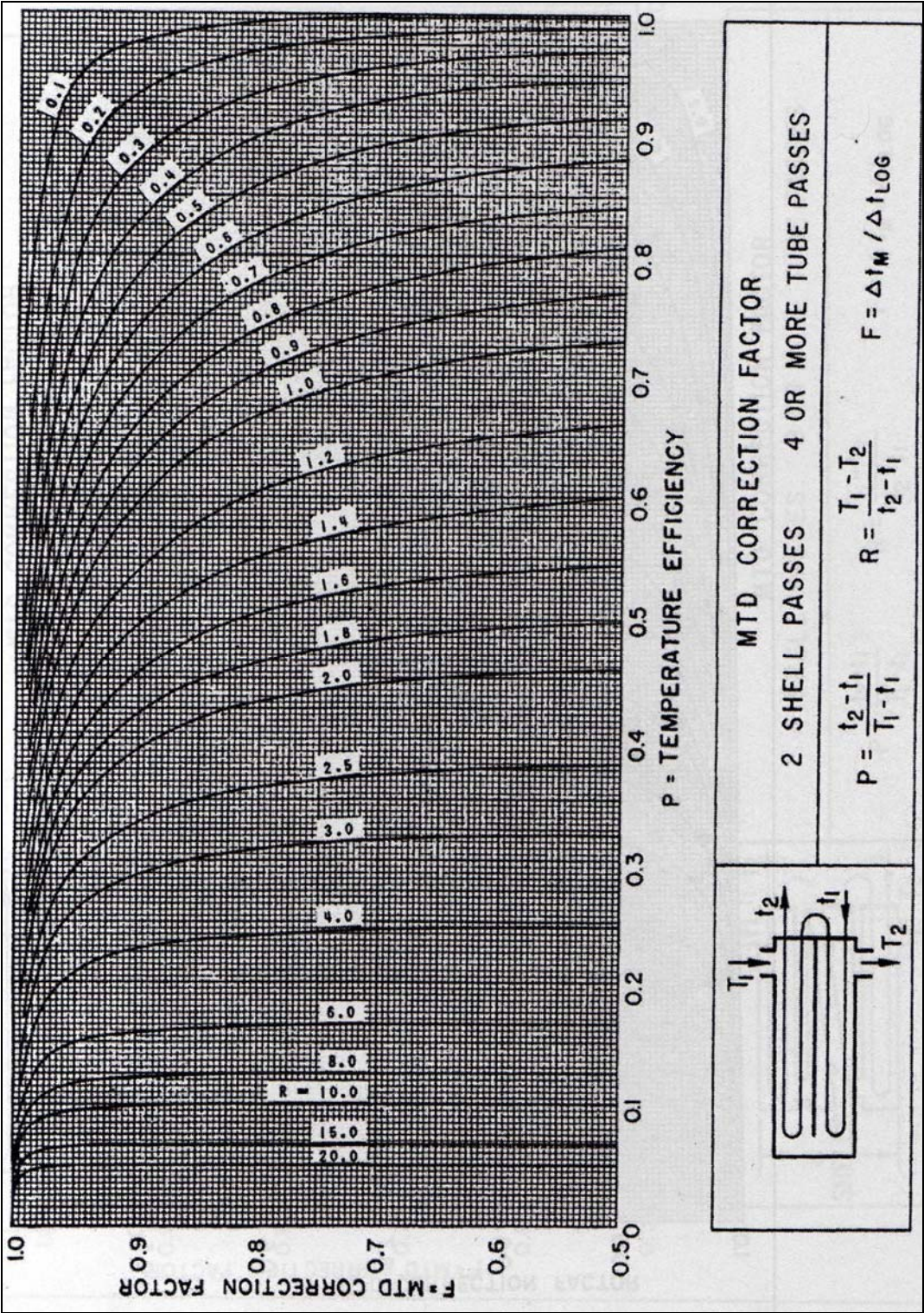


Figura 13.2.3 Determinación del factor de corrección de la DTML: 2 pasos por carcasa y 4 pasos por tubos

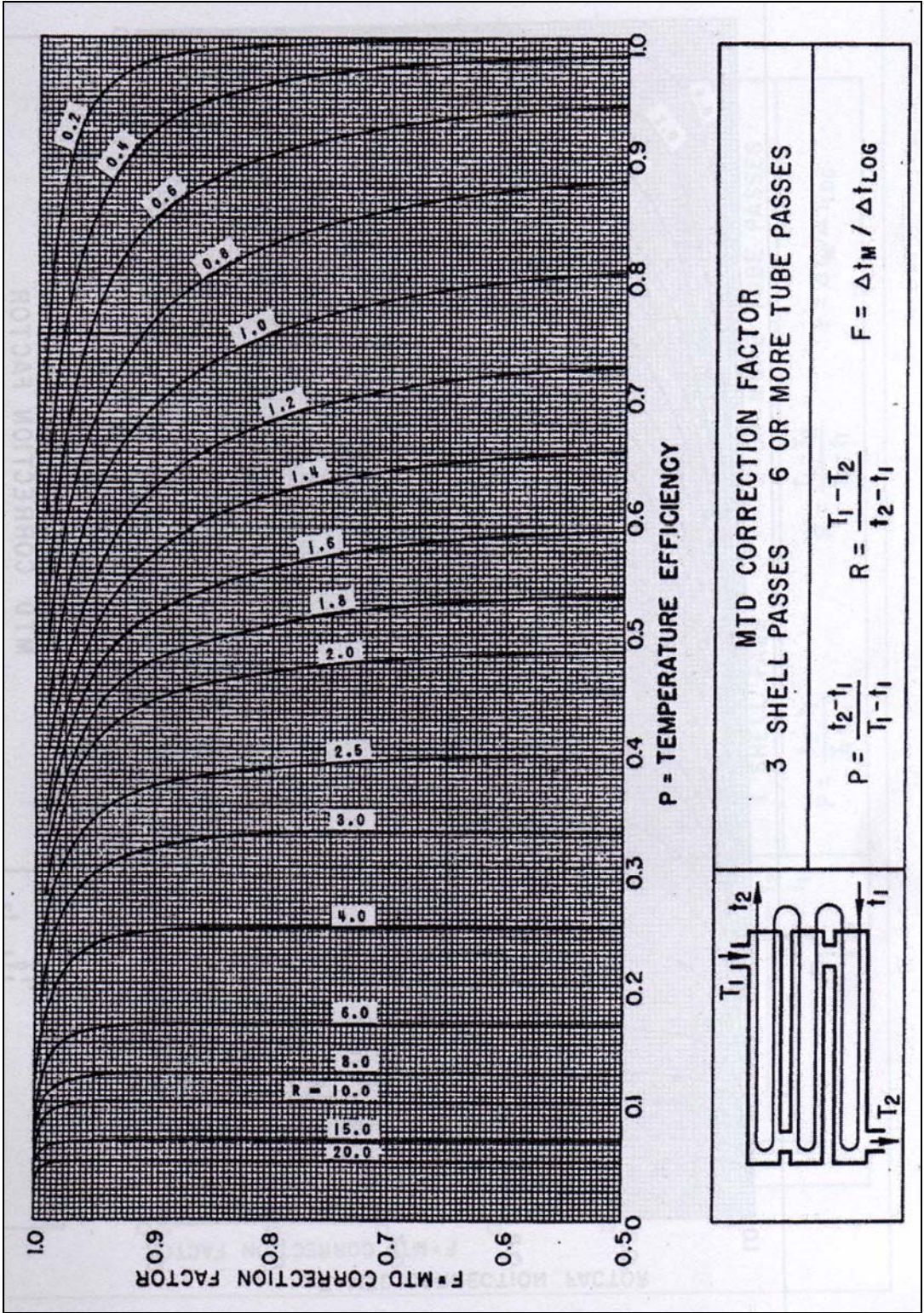


Figura 13.2.4 Determinación del factor de corrección de la DTML: 3 pasos por carcasa y 6 pasos por tubos

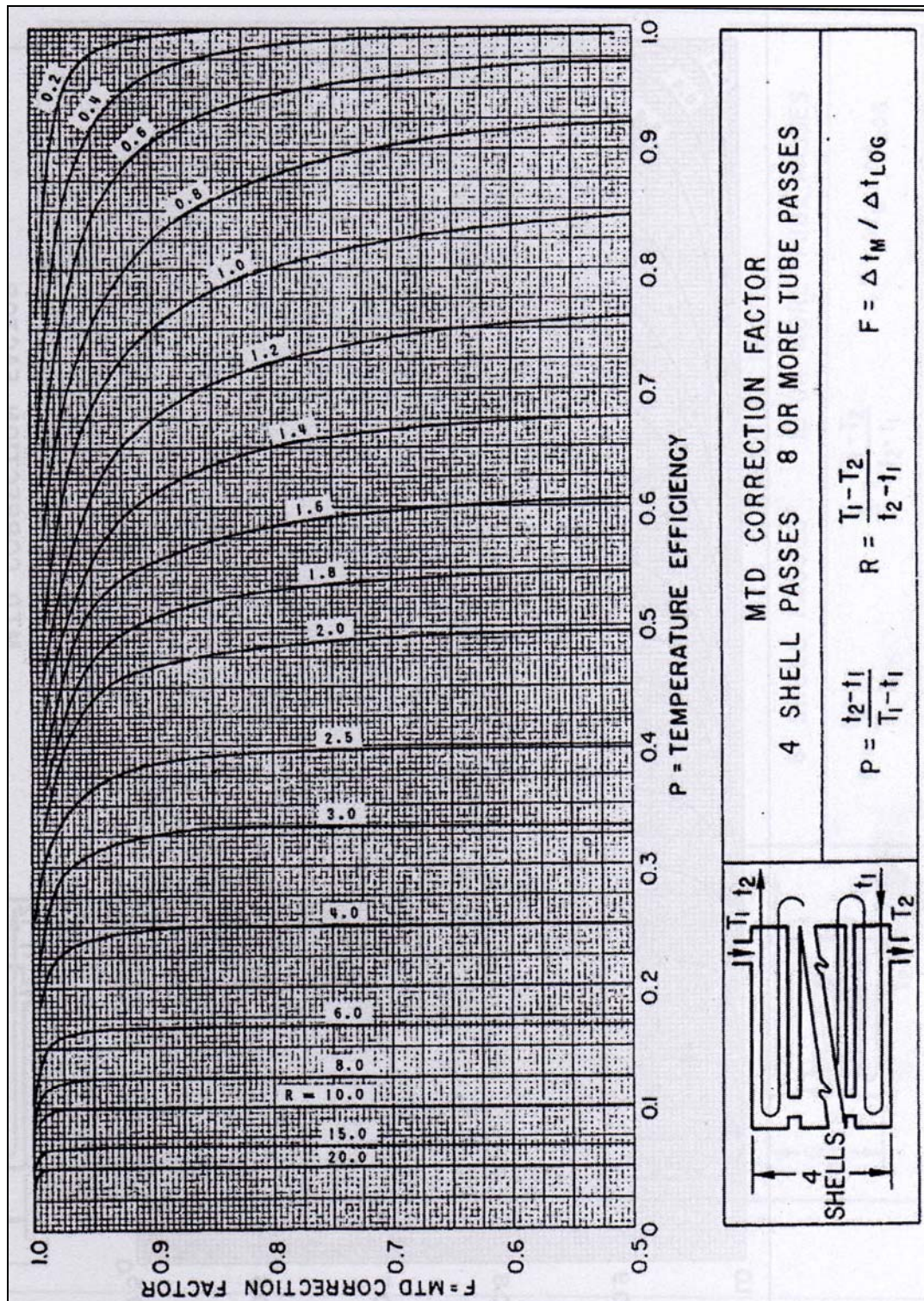


Figura 13.2.5 Determinación del factor de corrección de la DTML: 4 pasos por carcasa y 8 pasos por tubos

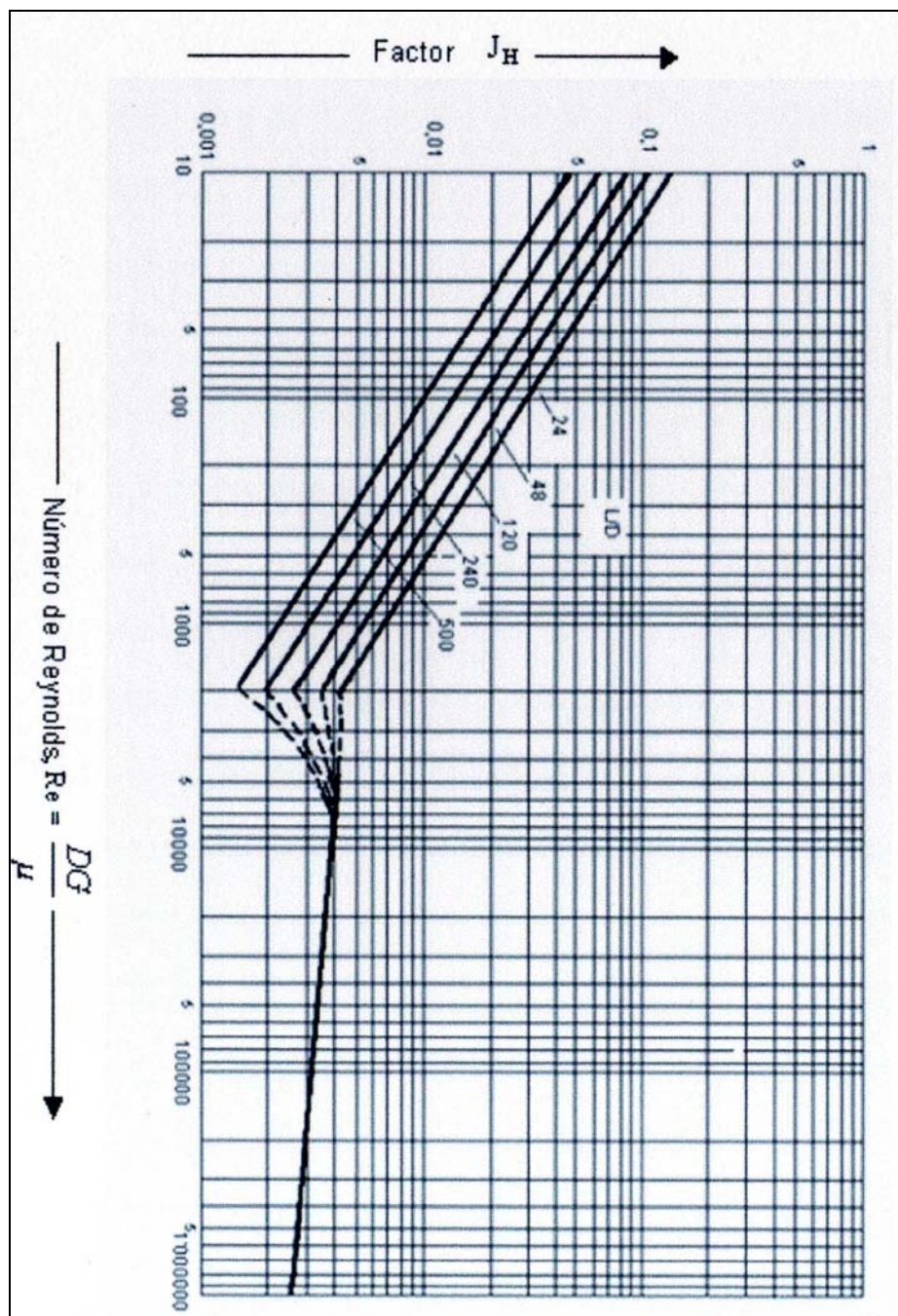


Figura 13.2.6 Factor j_h para el cálculo del coeficiente individual de convección por tubos

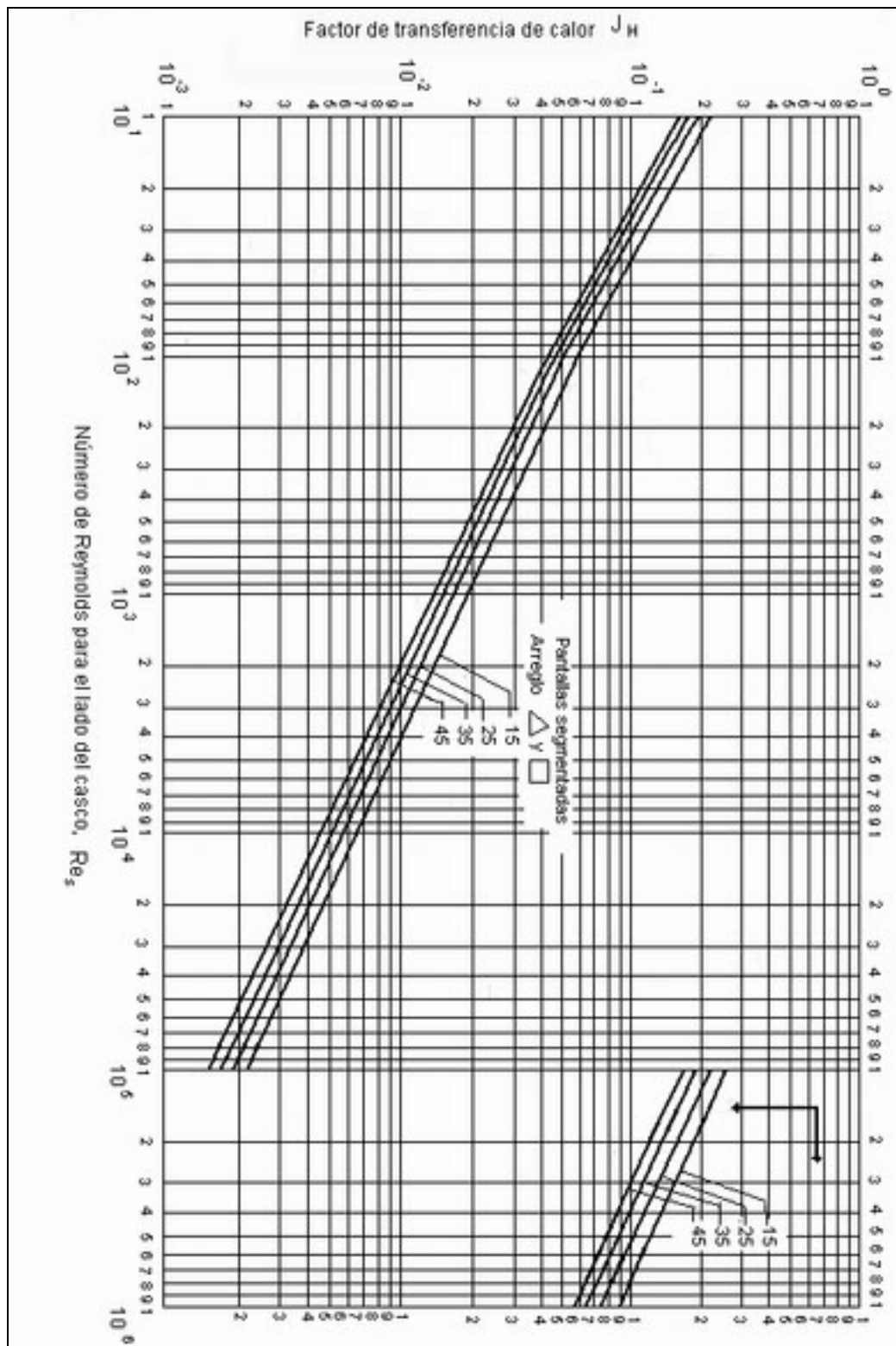


Figura 13.2.7 Factor j_h para el calculo del coeficiente individual de convección por carcasa

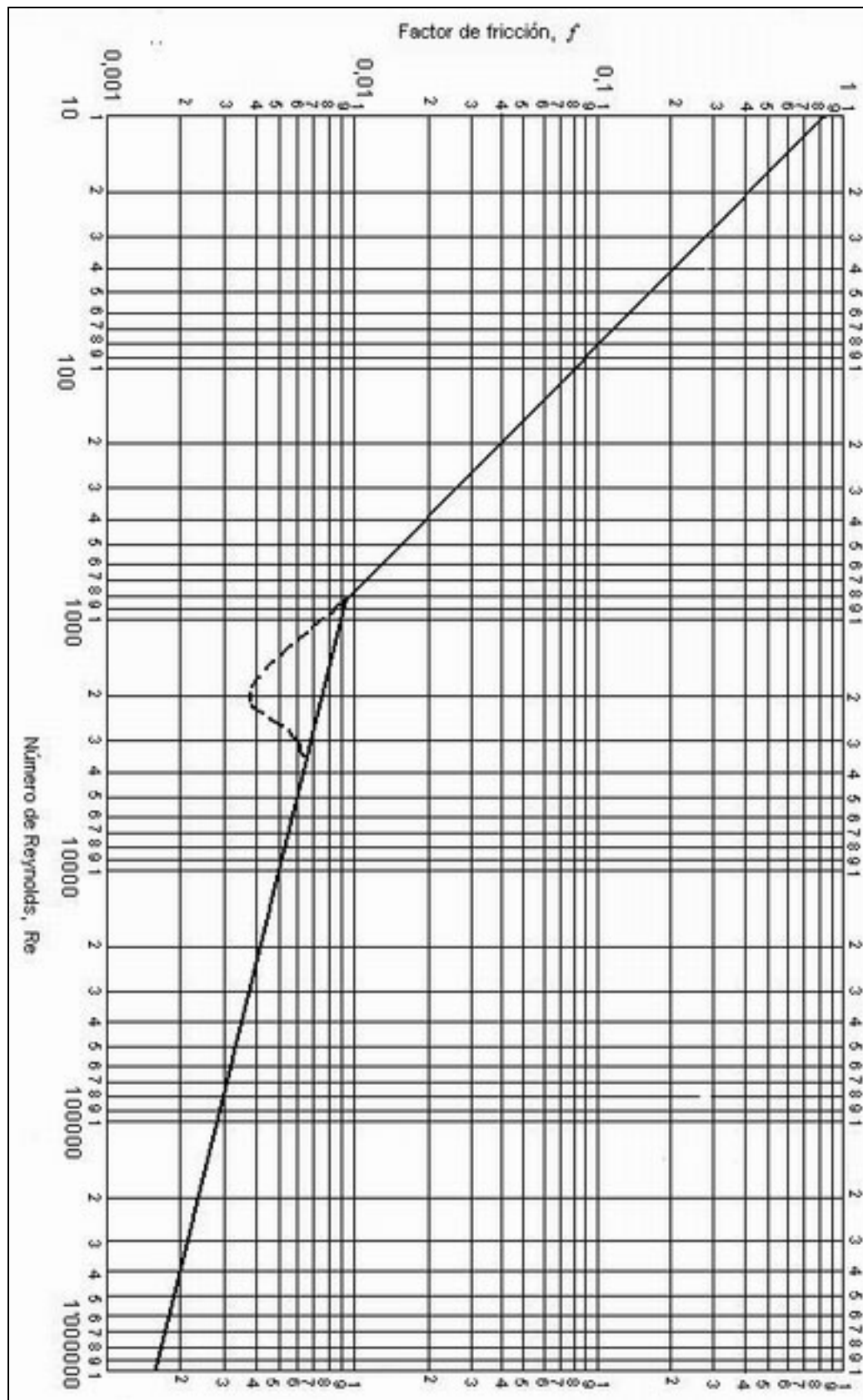


Figura 13.2.8 Factor f de fricción para el cálculo de la pérdida de presión para tubos

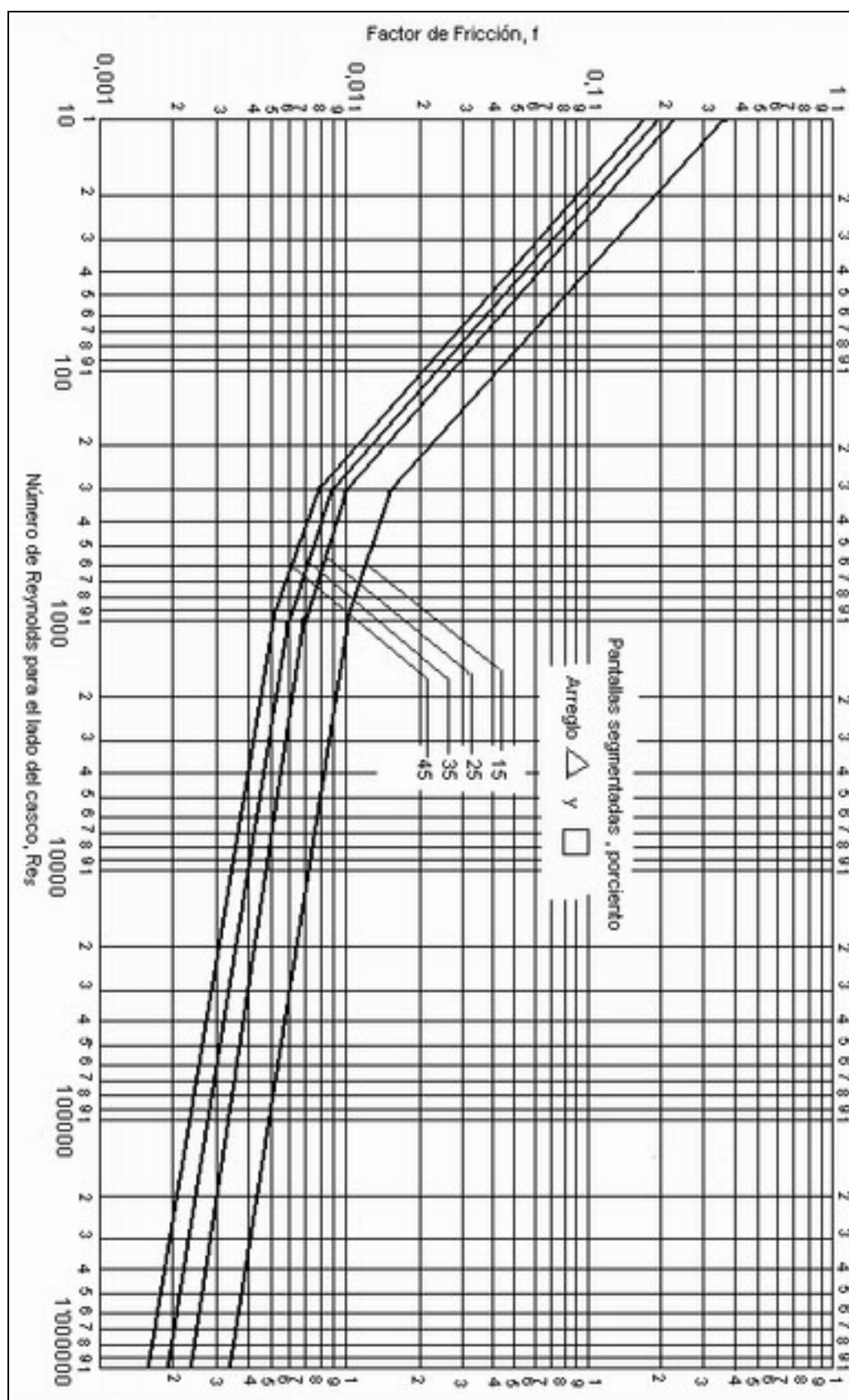


Figura 13.2.9 Factor f_f de fricción para el calculo de la pérdida de presión para carcasa

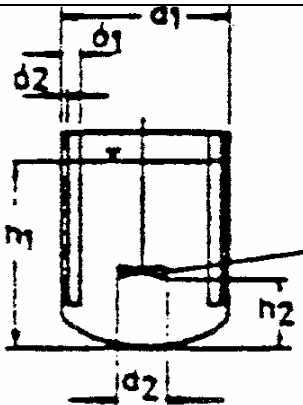
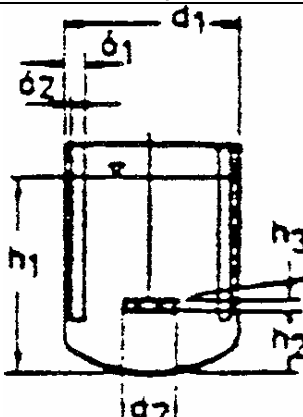
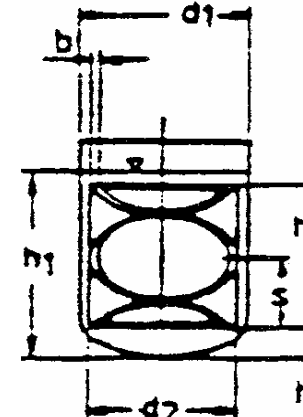
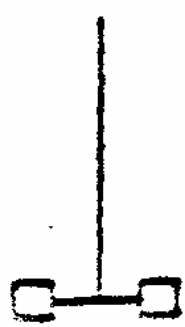
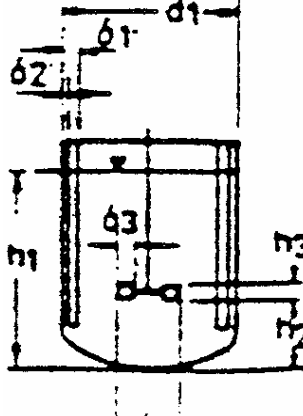
Agitador de hélice		 $ \begin{aligned} h_1 / d_1 &= 1.0 \\ d_2 / d_1 &= 0.33 \\ h_2 / d_1 &= 0.33 \\ \alpha &= 25^\circ \\ \delta_1 / d_1 &= 0.1 \\ \delta_2 / d_1 &= 0.02 \end{aligned} $
Agitador con palas planas inclinadas		 $ \begin{aligned} h_1 / d_1 &= 1.0 \\ d_2 / d_1 &= 0.337 \\ h_2 / d_1 &= 0.17 \div 0.34 \\ h_3 / d_2 &= 0.177 \\ \alpha &= 45^\circ \\ 6 \text{ Blätter} \\ \delta_1 / d_1 &= 0.1 \\ \delta_2 / d_1 &= 0.02 \end{aligned} $
Agitador helicoidal		 $ \begin{aligned} h_1 / d_1 &= 1.0 \\ d_2 / d_1 &= 0.98 \\ b / d_2 &= 0.1 \\ h_3 / d_2 &= 1.0 \\ s / d_2 &= 0.5 \\ h_2 / d_1 &= 0.01 \end{aligned} $
Agitador de palas planas		 $ \begin{aligned} h_1 / d_1 &= 1.0 \\ d_2 / d_1 &= 0.33 \\ h_2 / d_1 &= 0.33 \\ h_3 / d_2 &= 0.2 \\ \delta_3 / d_2 &= 0.25 \\ \delta_1 / d_1 &= 0.1 \\ \delta_2 / d_1 &= 0.02 \end{aligned} $

Figura 13.11.1

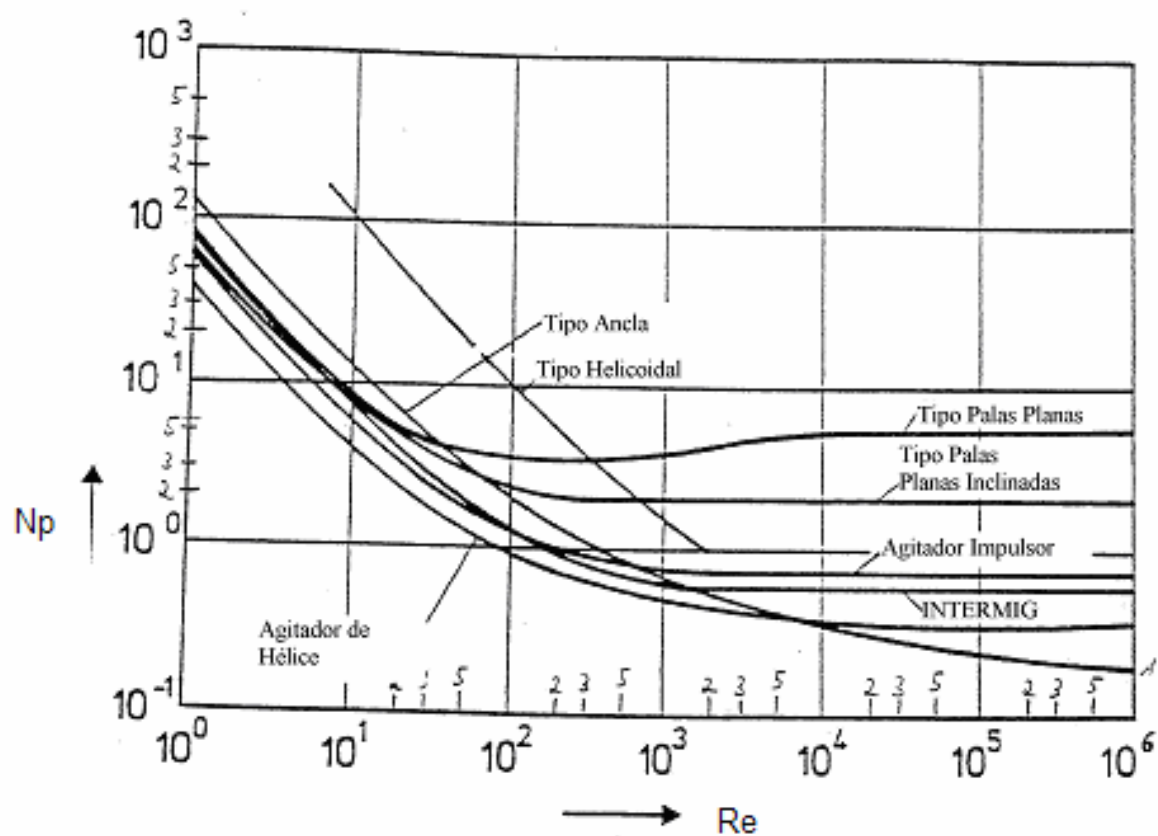


Figura 13.11.2

14.- Bibliografía

- Los libros y manuales consultados para el desarrollo del proyecto han sido:
- ANSI / ISA- 5.1 1984 (R1992), *Instrumentation Symbols and Identification*.
- Coulson, J.M., *Chemical Engineering*. Vol. 1; vol. 2; vol.6,. Ed. Pergamon. 1993
- Coulson, J.M.; Richardson, J.F. *Chemical Engineering*. 4ª ed. Oxford: Pergamon Press, 1990, 6 vols. ISBN 0-08-037956-7
- Froment, G.F., Bischoff, K.B. *Chemical Reactor Analysis and Design*, Wiley, 1990.
- Henley, E.J., Seader, J.D., *Operaciones de Separación por Etapas de Equilibrio en Ingeniería Química*. Reverté, Barcelona,1988.
- Hidalgo de Caviedes y Gómez, A.; Saldaña Albillos, M. *Técnicas de la representación y dibujo*. 4ª ed. UNED, 1991. ISBN 84-362-2334-9
- KERN, D.Q. *Procesos de transferencia de calor*. México: Cia. Editorial Continental, 1974. 980 p.
- King J. C., *Procesos de separación*; Ed. Reverté, 1980
- Kirk-Othmer *Encyclopedia of Chemical Technology* ,4th Edition.
- Lieberman, N., Lieberman, T. *A working guide to process equipment* Mc Graw Hill, 1997.
- Lieberman, N., *Process desing for reliable operations* Gulf Publishing Company, 1984
- Lieberman, N. *Troubleshooting process operations* PennWell books, 1991.
- Levenspiel, O., *Ingeniería de las Reacciones Químicas*, Reverté. 1974
- Ludwig, E. *Applied process desing for chemical and petrochemical plants* V1 Gulf

- Publishing Company, 1999.
- *Manual de instrumentación y control de Procesos*, Editorial Alción, 1998
 - *Masoneilan Control valve sizing handbook*. Dresser valve division.
 - McCabe, W.L.; Smith, J.C.; Harriot, P. *Operaciones básicas de Ingeniería Química*. Barcelona: Reverté, cop. 1978. ISBN 84-291-7360-9
 - Mollin, J. W. *Crystallization* Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004.
 - Perry R., Green D.W. *Chemical engineer's handbook* Ed. Mc Graw Hill, 1999.
 - *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 6th Edition, 2002 Electronic Release.
 - Walas, S.M., *Chemical Process Equipment- Selection and Design*, Ed Elsevier, 1990.
 - VIAN ORTUÑO, Angel. *El pronóstico económico en química industrial*. 4ª ed. Madrid: Eudema, 1991. 323 p. ISBN 84-7754-082-9
- Patentes consultadas:
 - www.google.es/patents?vid=USPAT5587511 : Process for obtaining Adipic Acid
 - www.google.es/patents?vid=USPAT5455375 : Process for preparing Adipic Acid.
 - www.google.es/patents?vid=USPAT3657334 : Process for producing Adipic Acid
 - www.google.es/patents?vid=USPAT4032569 : Process for converting cyclohexane to Adipic Acid.
 - www.google.es/patents?vid=USPAT6822117 : Method for making Adipic Acid.
 - www.google.es/patents?vid=USPAT6946572: Recycling process for the production of adipic acid and other aliphatic dibasic acids.

- www.google.es/patents?vid=USPAT4254283 : Process for preparing Adipic Acid with recovery glutaric and succinic acids.
- www.google.es/patents?vid=USPAT6946572 : Crystallization of Adipic acid from its solution in aqueous nitric acid.
- <http://patentados.com>
- Patente nº de publicación 2 254 536 “Proceso mejorado para la preparación de ácido adípico”. Inventores: Bruner, Harold Stanley, Lane, Samuel Livingston y Murphree, Bruce Edwin
- Patente nº de publicación 2 160 932 “ Fabricación de ácido adípico” . Inventores: Srinivas, Darbha, Chavan, Suhas Arunkumar y Ratnasamy, Paul.
 - Revistas consultadas a través de la web:
- *Chemical Engineering Science*, artículo: “Adipic acid formation by oxidation of cyclohexanol and cyclohexanone with nitric acid”
- *Chemosfere Global Chance Science*, artículo: “Abatement technologies for N2O emissions in the adipic acid industry”.
- *Elsevier Science Publishers B.V.* , artículo: “ Systhesis of Adipic Acid via nitric acid oxidation of cyclohexanol in a two step continuos process”
- *Elsevier Science Publishers B.V.* , artículo: “síntesis of adipic acid via the nitric acid oxidation of cyclohexanol in a two-step batch process”
- *Journal of Catalysis 212*, artículo “Oxidation of Cyclohexane, Cyclohexanone, and Cyclohexanol to Adipic Acid by a Non-HNO3 Route over Co/Mn Cluster Complexes”
 - Páginas web:
- www.isa.cie.uva.es
- www.iq.uva.es

- www.construnario.com
- www.indusagar.es
- www.amicabombas.es
- <http://pdf.directindustry.es>
- www.meteocat.com
- www.guiacampsa.es
- www.mtas.es
- <http://personales.ya.com/universal/TermoWeb/IngenieriaTermica/Teoria/index.html>
- <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones>
- <http://libros.redsauce.net/Termodinamica/PDFs/Capitulo4.pdf>
- www.fichasdeseguridad.com
- www.quiminet.com
- www.icl-perfproductslp.com
- www.ebara.es
- www.isover.net
- es.wikipedia.org
- www.flexicon.es
- www.iesgaherrera.com

- <http://nexant.ecnext.com>
- www.freepatentsonline.com
- www.epa.gov