

PLANTA PARA LA FABRICACIÓN DE ÁCIDO OXÁLICO DIHIDRATO A PARTIR DE ETILENGLICOL

TRABAJO DE FIN DE GRADO 2021
GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA



OxATECH

MARTA BRAVO CAMACHO
VICTOR DIEGUEZ SANTIN
ADRIÀ FOLCH VERNET
MARCELO HOCES ALCÁNTARA
MIREIA RIERA SERDÀ
ANDREA VALENCIA CADENA

TUTOR: RAFAEL BOSCH

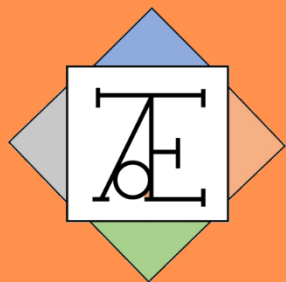
UAB
Universitat Autònoma
de Barcelona

e escola
d'enginyeria



CAPÍTULO 4: TUBERÍAS, VÁLVULAS, BOMBAS Y OTROS

TRABAJO DE FIN DE GRADO 2021
GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA



OxATECH

UAB
Universitat Autònoma
de Barcelona

e escola
d'enginyeria



Índice

4.	Tuberías, válvulas, bombas y otros	3
4.1.	Tuberías	3
4.1.1.	Nomenclatura de tuberías	3
4.1.2.	Elección del material de las tuberías	4
4.1.3.	Presión de trabajo y de diseño.	5
4.1.4.	Temperatura de trabajo y de diseño	6
4.1.5.	Velocidades de los fluidos	7
4.1.6.	Schedule de las tuberías	7
4.1.7.	Aislamiento de las tuberías	8
4.1.8.	Limpieza de tuberías	9
4.1.9.	Dilatación de las tuberías	10
4.1.10.	Listado de tuberías	10
4.2.	Transporte de sólidos	24
4.2.1.	Tornillos sin fin	24
4.2.2.	Nomenclatura de los tornillos sin fin	25
4.2.3.	Listado de tornillos sin fin	26
4.2.4.	Cintas transportadoras	28
4.2.5.	Nomenclatura de las cintas transportadoras	29
4.2.6.	Listado de las cintas transportadoras	29
4.2.7.	Elevador de cangilones	31
4.3.	Válvulas	35
4.3.1.	Válvulas todo-nada	35
4.3.2.	Válvulas de regulación	36
4.3.3.	Válvulas antirretorno	36
4.3.4.	Válvulas de tres vías	37
3.2.5.	Válvulas de alivio	37
3.2.6.	Válvulas en Y	38

3.2.7.	Uniones entre válvulas y tuberías	38
3.2.8.	Nomenclatura de válvulas y bridas	38
3.2.9.	Listado de válvulas	39
4.4.	Accesorios	50
4.4.1.	Codos y T's	50
4.4.2.	Discos de ruptura	51
4.5.	Bombas	51
4.5.1.	Nomenclatura de las bombas	51
4.5.2.	NPSH de las bombas	52
4.5.3.	Listado de las bombas	52
4.6.	Compresores	69
4.6.1.	Nomenclatura de los compresores	69
4.6.2.	Listado de los compresores	69
4.7.	Bibliografía y webgrafía	76

4. Tuberías, válvulas, bombas y otros

4.1. TUBERÍAS

En este capítulo del proyecto se diseñan las tuberías que constituyen la línea de proceso principal, la cual empieza en los tanques de almacenamiento de los reactivos, y acaba en la descarga del producto en los silos. Para su correcto diseño, se han tenido en cuenta varios parámetros:

- Caudal de operación.
- Velocidad del fluido.
- Material de construcción.
- Aislamiento térmico.
- Composición del fluido.
- Schedule.
- Presión de operación.

Todos estos parámetros han sido estudiados exhaustivamente, y son explicados en los posteriores apartados.

4.1.1. Nomenclatura de tuberías

La correcta identificación de las tuberías mediante un código estandarizado es esencial en momentos de mantenimiento, de rotura de alguna de las tuberías, o para saber las características más importantes de estas. Por ello, en la planta Oxatech se ha establecido una nomenclatura de tuberías, la cual sigue la siguiente estructura:

A-B-C-D-E

A: es el identificador del diámetro nominal (DN) de la tubería en cuestión, el cual es expresado en milímetros.

B: se refiere al material utilizado para su construcción. En la planta Oxatech hay dos materiales de tubería distintos, los cuales son AISI 316L ^[1] y Hastelloy C22 ^[2].

C: se refiere a los fluidos que circulan por la tubería, los cuales son clasificados en la **Tabla 4.1:**

Tabla 4.1: Nomenclatura de los compuestos en Oxatech.

Sustancia	Nomenclatura	Mezcla	Nomenclatura
Etilenglicol	A	D,E	MA
O ₂	B	A,D,E	MB
Ácido oxálico	C	A,C,D,E	MC
Agua	D	A,B,C,D,E	MD
Ácido nítrico	E	A,C,D (gas)	ME
Monóxido de carbono	F	D,I	MF
Monóxido de nitrógeno	G	B,D,F,H	MG
Dióxido de nitrógeno	H		
Nitrato de potasio	I		
Potasa cáustica	J		
Aire	K		

D: se refiere a un número de identificación único para cada tubería. Este número tiene tres dígitos: el primero determina la zona en la que se encuentra, y los dos siguientes determinan el número de tubería en dicha zona.

E: se refiere al aislamiento de la tubería. En la planta Oxatech, solo se utiliza como aislante térmico la lana de roca ^[3]. Por lo tanto, si la tubería se encuentra aislada térmicamente, se especifica con una “R” al final de la nomenclatura; en caso contrario, esta parte de la nomenclatura se omite.

Así, por ejemplo, la primera tubería del proceso, la cual es una tubería hecha de AISI 316L, sin aislamiento térmico, con un diámetro nominal de 450 mm, que se encuentra en la zona 100 y por la que circula etilenglicol, su código de identificación es 450-AISI 316L-A-100.

4.1.2. Elección del material de las tuberías

La elección del material correcto para cada tubería es esencial para que no surjan problemas durante la producción. Una mala selección del material puede conllevar a graves corrosiones, roturas de tuberías y otro tipo de accidentes indeseados. Para saber qué material es el idóneo, se deben conocer los fluidos que se encuentran dentro de las tuberías.

En la planta Oxatech, los fluidos utilizados son etilenglicol, ácido nítrico, agua, oxígeno, ácido oxálico y nitrato de potasio. La mayoría de fluidos pueden actuar como agentes oxidantes,

oxidando así las tuberías. Según la ITC-MIE-APQ-6 ^[4], para la elección del material de las tuberías, se debe tener en cuenta una vida útil razonable, para la renovación y/o sustitución de estas. Por ello, el material elegido es el AISI 316L ^[1], ya que es un material que ofrece una buena resistencia a la corrosión, además de resistir altas temperaturas y tener una alta resistencia mecánica. En la **Tabla 4.2**, se especifica la composición de esta aleación:

Tabla 4.2: Composición másica porcentual del AISI 316L.

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	N	Ni
<0,03	<0,75	<2	<0,045	<0,015	16,50-18,00	2-2,5	<0,10	10,8-13,00

En algunos puntos del proceso, los fluidos que contienen las tuberías tienen un alto contenido de ácido nítrico, a temperaturas mayores de 50°C. A estas temperaturas, el poder de corrosión del ácido nítrico es mucho mayor, y el material AISI 316L no es capaz de aguantar la corrosión durante un periodo de vida útil razonable. Por ello, en esos tramos específicos, se utiliza el material Hastelloy C22 ^[2]. En la **Tabla 4.3**, se detalla su composición:

Tabla 4.3: Composición másica porcentual del Hastelloy C22.

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	W	Ni	Fe	V
<0,015	<0,08	<0,5	<0,02	<0,02	20,00-22,50	12,50-14,50	2,50-3,50	50,00-59,00	2,00-6,00	<0,35

Esta aleación ofrece una resistencia a la corrosión más poderosa que el AISI 316L, tanto a bajas como altas temperaturas, debido a su alto contenido en Molibdeno y la presencia de Tungsteno.

Con los materiales elegidos, se puede asegurar una larga vida útil de las tuberías de la planta Oxatech, para realizar el mantenimiento en cada parada de producción.

4.1.3. Presión de trabajo y de diseño.

La mayoría de las tuberías de la planta Oxatech trabajan a una presión por encima de la atmosférica. Debido a esto, y según la ITC-MIE-APQ-6 ^[4], aquellas tuberías donde se pueda confinar líquido y este vaporice, es necesario instalar válvulas de venteo, a fin de evitar una sobrepresión en dichas tuberías. Además, se deben instalar válvulas de purga en todas las tuberías que lo necesiten, con el fin de evitar una retención de líquidos a la hora de hacer el mantenimiento.

La presión de trabajo viene definida por la presión que ofrecen las bombas instaladas a los fluidos, mientras que la presión de diseño es la presión que sufren las tuberías en la condición más severa que pueda ocurrir. Según el código ASME-B31-3 ^[5], si las tuberías están dotadas

de elementos de alivio de presión, es recomendable que la presión de diseño de dichas tuberías sea de un 20% superior a la presión de trabajo.

4.1.4. Temperatura de trabajo y de diseño

En la planta Oxatech, el rango de temperaturas de trabajo de las tuberías se encuentra entre 25 y 85°C. La temperatura de diseño es la temperatura que se encuentran las tuberías en la condición más desfavorable, para una presión coincidente. Según el código ASME-B31-3 ^[5], la elección de la temperatura de diseño debe tener en cuenta, como mínimo, la temperatura del fluido, la temperatura ambiente y la posible radiación solar. Además, esta temperatura de diseño también debe tener en cuenta el aislamiento térmico que tenga.

Para las tuberías que no posean aislante térmico y temperaturas inferiores a 65°C, la temperatura del fluido debe ser la temperatura de diseño, siempre y cuando la radiación solar u otros efectos externos den como resultado una temperatura mayor. A temperaturas mayores a 65°C, la temperatura de diseño no debe ser menor al 95% de la temperatura del fluido.

Para las tuberías con aislamiento térmico exterior, la temperatura de diseño del componente debe ser la temperatura del fluido, a menos que los cálculos, las pruebas o la experiencia de servicio basado en mediciones justifique el uso a otra temperatura.

Siguiendo el código ASME-B31-3 ^[5], se decide que, para las tuberías con una temperatura de trabajo menor a 65°C, la temperatura de diseño es la del fluido; para las tuberías con una temperatura mayor a 65°C, la temperatura de diseño es un 20% mayor a la del fluido; y para las tuberías aisladas externamente, la temperatura de diseño es también la del fluido.

4.1.5. Velocidades de los fluidos

Para un correcto funcionamiento de las tuberías del proceso, se deben tener en cuenta las velocidades que poseen los fluidos a través de las mismas. Se debe contemplar el estado físico del fluido (ya sea gaseoso o líquido), y si la tubería en cuestión se encuentra en la zona de aspiración (antes de la bomba) o impulsión (después de la bomba).

En la **Tabla 4.4**, se muestran las velocidades típicas de los fluidos, en función de los conceptos anteriormente mencionados:

Tabla 4. 4: Velocidades típicas de fluidos.

Tipo de fluido	Tipo de flujo	Velocidad [m/s]
No viscoso	Entrada a bomba	0,6-0,9
	Salida de bomba	1,5-2,5
Viscoso	Entrada a bomba	0,06-0,25
	Salida de bomba	0,15-0,6
Gas	-	9-36
Vapor	-	9-23

Para obtener unas velocidades dentro de los rangos típicos en las tuberías, se deben definir primero los diámetros de estas, teniendo en cuenta el caudal que circula por ellas. Para ello, se han ido probando diferentes diámetros nominales, hasta obtener las velocidades típicas para cada fluido.

En el **Capítulo 11: Manual de cálculos**, se expone un ejemplo de diseño de una de las tuberías de la planta Oxatech.

4.1.6. Schedule de las tuberías

El Schedule se representa con un número; y es el que define el grosor de las tuberías, su diámetro interno y la tolerancia. Cuanto más grande sea el Schedule, mayor será el grosor de la tubería, y por lo tanto disminuirá el diámetro interno. En la planta Oxatech, debido a que la mayoría de las tuberías trabajan a una presión mayor a la atmosférica, se ha decidido utilizar el Schedule 40, indicado para tuberías que trabajen a una presión media.

4.1.7. Aislamiento de las tuberías

Según la guía de buenas prácticas en el aislamiento industrial^[6], el diseño de una adecuada solución de aislamiento es esencial para poder garantizar el funcionamiento eficaz, la seguridad, la durabilidad y el menor impacto medioambiental de la instalación industrial. Los criterios a seguir en la selección del material aislante son:

- Exigencias funcionales, tales como pérdidas de calor o temperatura de trabajo.
- Seguridad, tanto del personal como de los equipos; optimización de costes.
- Protección contra el medio ambiente.
- protección frente a la corrosión.

En la planta Oxatech, solo es necesario el aislamiento térmico para la conservación de calor y para la protección de personal en algunas de las tuberías. A continuación, se muestra la **Tabla 4.5**, en la que se define el grosor y el tipo de aislamiento, según la acción requerida y la temperatura de trabajo.

Tabla 4.5: Espesores de aislamiento en función del DN y temperatura.

TABLA PARA LA DETERMINACIÓN DE ESPESORES DE AISLAMIENTO						
DN	ESPESORES AISLAMIENTO (mm)					
	CONSERVACIÓN CALOR			CONSERVACIÓN FRÍO		
	0-100°C	100-200°C	200-300°C	0-10°C	-10 / -15°C	-15 / -20°C
15	30	30	40	20,0	25,0	32,0
20	30	30	40	21,0	25,0	33,5
25	30	40	50	21,5	27,0	35,0
32	30	40	50	22,0	27,0	36,5
40	30	40	50	22,5	27,5	37,5
50	30	50	60	23,5	29,0	39,0
65	30	50	60	24,0	30,0	40,5
80	30	50	60	24,5	30,5	41,5
100	40	60	80	25,5	31,5	43,0

TABLA PARA LA DETERMINACIÓN DE ESPESORES DE AISLAMIENTO						
DN	ESPESORES AISLAMIENTO (mm)					
	CONSERVACIÓN CALOR			CONSERVACIÓN FRÍO		
	0-100°C	100-200°C	200-300°C	0-10°C	-10 / -15°C	-15 / -20°C
125	40	60	80	26,0	32,0	44,5
150	40	60	100	32,0	32,5	45,0
200	50	80	100	32,0	50,0	50,0
250	50	80	100	32,0	50,0	50,0
300	50	80	100	32,0	50,0	50,0
350	50	80	100	32,0	50,0	50,0
400	50	80	100	32,0	50,0	50,0
450	60	80	100	32,0	50,0	50,0
500	60	100	120	32,0	50,0	50,0

	LANA DE ROCA
	COQUILLA ARMAFLEX
	PLANCHA ARMAFLEX

Como se observa, el material utilizado para la conservación de calor es lana de roca. Esta lana de roca es provista por la empresa ISOVER ^[3], y se utiliza el modelo TECH Pipe section MT 4.1.

4.1.8. Limpieza de tuberías

Según la ITC-MIE-APQ-6 ^[4], la revisión y limpieza de las tuberías se debe hacer, como mínimo, una vez al año. La revisión anual consiste en comprobar el estado de las paredes interiores, la medición de los espesores y verificar el estado de los venteos. Además, según el código ASME-B31-3 ^[5], las tuberías por las que circulan agentes oxidantes fuertes, deben recibir una revisión y limpieza especial.

Por ello, en la planta Oxatech se hace una revisión y limpieza de las tuberías en cada puesta en marcha y en cada parada de la planta, se revisa de manera exhaustiva el estado de las tuberías y se procede al cambio de éstas en caso de estar deterioradas.

4.1.9. Dilatación de las tuberías

Varias tuberías del proceso de producción se encuentran a temperaturas más elevadas que la temperatura ambiente. Debido a esta diferencia de temperaturas, cuando el fluido se encuentre en la tubería, esta va a dilatar, y cuando se hagan paradas de producción, se volverá a contraer. Es muy importante tener en cuenta esta dilatación y contracción cíclica, ya que, en caso contrario, la fuerza generada por la dilatación puede provocar roturas severas en las tuberías. Según la *European Sealing Association* ^[7], es recomendable instalar compensadores de dilatación en aquellos tramos de tuberías que sean rectos, y por los que fluya un fluido con una temperatura sustancialmente elevada, comparada con la ambiental. Por ello, en la planta Oxatech se instalan compensadores de dilatación en todas las tuberías de servicio de vapor, así como en las tuberías de la línea de producción principal que tengan una temperatura de trabajo mayor a 60°C, y son suministrados por la firma Coraci SA^[8].




Figura 4.1: Dilatador de tubería. Sacome.


<https://www.sacome.com/compensadores-dilatacion-juntas-expansion/>


4.1.10. Listado de tuberías


En este apartado, se expone el listado de todas las tuberías, **Tabla 4.6**, de la línea de producción principal, que empieza en el llenado de los reactores de reactivos, y acaba en el depósito del ácido oxálico en los silos.

Tabla 4.6: Listado de tuberías de las áreas A-100, A-200, A-300 y A-600.


				Listado de tuberías					Planta de producción de Ácido oxálico					
				Hoja 1 de 13					Fecha: 29/06			Localidad: Tàrrega		
N°	Nomenclatura	DN	Fluido	Caudal [m³/h]	Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Grosor [mm]	Sch	Presión [kPa]		Temperatura [°C]		Aislamiento	
									P de trabajo	P de diseño	T de trabajo	T de diseño	Tipo	Grosor [mm]
1	450-AISI 316L-A-100	450	A	480,00	0,86	10	10,47	40s	101	122	25	25	-	-
2	450-AISI 316L-MA-101	450	MA	450,00	0,80	10	10,47	40s	101	122	25	25	-	-
3	450-AISI 316L-MA-102	450	MA	450,00	0,80	10	10,47	40s	101	122	25	25	-	-
4	250-AISI 316L-A-103	250	A	480,00	1,78	40	9,27	40s	130	155	25	25	-	-
5	250-AISI 316L-A-104	250	A	480,00	1,78	40	9,27	40s	130	155	25	25	-	-
6	250-AISI 316L-A-105	250	A	480,00	1,78	40	9,27	40s	130	155	25	25	-	-
7	250-AISI 316L-A-106	250	A	480,00	1,78	40	9,27	40s	130	155	25	25	-	-


				Listado de tuberías					Planta de producción de Ácido oxálico					
				Hoja 2 de 13					Fecha: 29/06			Localidad: Tàrrega		
N°	Nomenclatura	DN	Fluido	Caudal [m³/h]	Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Grosor [mm]	Sch	Presión [kPa]		Temperatura [°C]		Aislamiento	
									P de trabajo	P de diseño	T de trabajo	T de diseño	Tipo	Grosor [mm]
8	250-AISI 316L-MA-107	250	MA	450,00	1,67	40	9,27	40s	134	161	25	25	-	-
9	250-AISI 316L-MA-108	250	MA	450,00	1,67	40	9,27	40s	134	161	25	25	-	-
10	250-AISI 316L-MA-109	250	MA	450,00	1,67	40	9,27	40s	134	161	25	25	-	-
11	32-AISI 316L-A-110	32	A	2,25	0,65	8	3,38	40s	101	122	25	25	-	-
12	32-AISI 316L-A-111	32	A	2,25	0,65	8	3,38	40s	101	122	25	25	-	-
13	32-AISI 316L-A-112	32	A	2,25	0,65	8	3,38	40s	101	122	25	25	-	-
14	32-AISI 316L-A-113	32	A	2,25	0,65	8	3,38	40s	101	122	25	25	-	-
15	20-AISI 316L-MA-116	20	MA	0,99	0,79	18	2,87	40s	101	122	25	25	-	-
16	20-AISI 316L-MA-117	20	MA	0,99	0,79	18	2,87	40s	101	122	25	25	-	-


 OXATECH				Listado de tuberías					Planta de producción de Ácido oxálico					
				Hoja 3 de 13					Fecha: 29/06			Localidad: Tàrrega		
N°	Nomenclatura	DN	Fluido	Caudal [m³/h]	Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Grosor [mm]	Sch	Presión [kPa]		Temperatura [°C]		Aislamiento	
									P de trabajo	P de diseño	T de trabajo	T de diseño	Tipo	Grosor [mm]
17	20-AISI 316L-MA-118	20	MA	0,99	0,79	18	2,87	40s	101	122	25	25	-	-
18	350-AISI 316L-B-119	350	B	8000,00	29,10	10	9,53	40s	505	606	25	25	-	-
19	350-AISI 316L-B-120	350	B	8000,00	29,10	12	9,53	40s	505	606	25	25	-	-
20	350-AISI 316L-B-121	350	B	8000,00	29,10	23	9,53	40s	505	606	25	25	-	-
21	350-AISI 316L-B-122	350	B	8000,00	29,10	7	9,53	40s	505	606	25	25	-	-
22	350-AISI 316L-B-123	350	B	8000,00	29,10	8	9,53	40s	505	606	25	25	-	-
23	350-AISI 316L-B-124	350	B	8000,00	29,10	8	9,53	40s	1717	2060	25	25	-	-
24	350-AISI 316L-B-125	350	B	8000,00	29,10	8	9,53	40s	1717	2060	25	25	-	-
25	350-AISI 316L-B-126	350	B	8000,00	29,10	5	9,53	40s	1717	2060	25	25	-	-
26	350-AISI 316L-B-127	350	B	8000,00	29,10	5	9,53	40s	505	606	25	25	-	-

				Listado de tuberías					Planta de producción de Ácido oxálico					
				Hoja 4 de 13					Fecha: 29/06			Localidad: Tàrrega		
N°	Nomenclatura	DN	Fluido	Caudal [m³/h]	Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Grosor [mm]	Sch	Presión [kPa]		Temperatura [°C]		Aislamiento	
									P de trabajo	P de diseño	T de trabajo	T de diseño	Tipo	Grosor [mm]
27	40-AISI 316L-MB-128	40	MB	3,24	0,68	2	3,68	40s	101	122	25	25	-	-
28	25-AISI 316L-MB-129	25	MB	3,24	1,61	34	3,68	40s	303	364	25	25	-	-
29	90-AISI 316L-B-130	90	B	317	18,47	30	5,49	40s	505	606	25	25	-	-
30	25-AISI 316L-MB-200-R	25	MB	3,24	1,61	6	3,68	40s	303	364	60	60	Lana de roca	30
31	25-Hastelloy C22-MB-201-R	25	MB	3,24	1,61	3	3,68	40s	303	364	80	80	Lana de roca	30
32	50-Hastelloy C22-MC-202-R	50	MC	13,39	1,72	2	3,91	40s	303	364	80	80	Lana de roca	30
33	50-Hastelloy C22-MC-203-R	50	MC	16,63	2,14	0,5	3,91	40s	303	364	80	80	Lana de roca	31


				Listado de tuberías					Planta de producción de Ácido oxálico					
				Hoja 5 de 13					Fecha: 29/06		Localidad: Tàrrega			
N°	Nomenclatura	DN	Fluido	Caudal [m³/h]	Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Grosor [mm]	Sch	Presión [kPa]		Temperatura [°C]		Aislamiento	
									P de trabajo	P de diseño	T de trabajo	T de diseño	Tipo	Grosor [mm]
34	40-Hastelloy C22-MC-204-R	40	MC	8,32	1,76	4,5	3,68	40s	303	364	80	80	Lana de roca	30
35	40-Hastelloy C22-MC-205-R	40	MC	8,32	1,76	4,5	3,68	40s	303	364	80	80	Lana de roca	30
36	90-Hastelloy C22-MD-206-R	90	MD	13,97	0,61	10	5,74	40s	303	364	80	80	Lana de roca	30
37	90-Hastelloy C22-MD-207-R	90	MD	13,97	0,61	10	5,74	40s	303	364	80	80	Lana de roca	30
38	80-Hastelloy C22-MD-208-R	80	MD	12,55	0,75	5	5,49	40s	303	364	80	80	Lana de roca	30
39	80-Hastelloy C22-MD-209-R	80	MD	12,55	0,75	5	5,49	40s	303	364	80	80	Lana de roca	30


		Listado de tuberías							Planta de producción de Ácido oxálico					
		Hoja 6 de 13							Fecha: 29/06		Localidad: Tàrrega			
N°	Nomenclatura	DN	Fluido	Caudal [m³/h]	Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Grosor [mm]	Sch	Presión [kPa]		Temperatura [°C]		Aislamiento	
									P de trabajo	P de diseño	T de trabajo	T de diseño	Tipo	Grosor [mm]
40	125-Hastelloy C22-MD-210-R	125	MD	27,94	0,60	1	6,55	40s	303	364	80	80	Lana de roca	40
41	80-Hastelloy C22-MD-211-R	80	MD	27,94	1,63	26	5,49	40s	317	380	80	80	Lana de roca	30
42	80-AISI 316L-MD-212	80	MD	27,94	1,63	23	5,49	40s	317	380	55	55	-	-
43	200-AISI 316L-MG-213-R	200	MG	3201,00	17,47	9	9,27	40s	505	606	80	80	Lana de roca	50
44	150-AISI 316L-MG-214-R	150	MG	1680,50	25,04	4	7,11	40s	505	606	80	80	Lana de roca	40
45	150-AISI 316L-MG-215-R	150	MG	1680,50	25,04	4	7,11	40s	505	606	80	80	Lana de roca	40
46	150-AISI 316L-MG-216-R	150	MG	1520,50	22,65	4	7,11	40s	505	606	80	80	Lana de roca	40


				Listado de tuberías					Planta de producción de Ácido oxálico					
				Hoja 7 de 13					Fecha: 29/06			Localidad: Tàrrega		
N°	Nomenclatura	DN	Fluido	Caudal [m³/h]	Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Grosor [mm]	Sch	Presión [kPa]		Temperatura [°C]		Aislamiento	
									P de trabajo	P de diseño	T de trabajo	T de diseño	Tipo	Grosor [mm]
47	150-AISI 316L-MG-217-R	150	MG	1520,50	22,65	4	7,11	40s	505	606	80	80	Lana de roca	40
48	90-AISI 316L-MG-218-R	90	MG	317,34	13,83	40	5,74	40s	303	364	80	80	Lana de roca	30
49	40-AISI 316L-MG-219-R	40	MG	79,34	16,74	5	3,68	40s	303	364	80	80	Lana de roca	30
50	40-AISI 316L-MG-220-R	40	MG	79,34	16,74	5	3,68	40s	303	364	80	80	Lana de roca	30
51	40-AISI 316L-MG-221-R	40	MG	79,34	16,74	5	3,68	40s	303	364	80	80	Lana de roca	30
52	40-AISI 316L-MG-222-R	40	MG	79,34	16,74	5	3,68	40s	303	364	80	80	Lana de roca	30


				Listado de tuberías					Planta de producción de Ácido oxálico					
				Hoja 8 de 13					Fecha: 29/06			Localidad: Tàrrega		
N°	Nomenclatura	DN	Fluido	Caudal [m³/h]	Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Grosor [mm]	Sch	Presión [kPa]		Temperatura [°C]		Aislamiento	
									P de trabajo	P de diseño	T de trabajo	T de diseño	Tipo	Grosor [mm]
53	250-AISI 316L-MG-223-R	250	MG	3173,00	17,32	2	9,27	40s	303	364	80	80	Lana de roca	50
54	200-AISI 316L-MG-224-R	200	MG	2856,00	24,57	3	8,18	40s	303	364	80	80	Lana de roca	50
55	200-AISI 316L-MG-225-R	200	MG	2673,00	14,59	4	9,27	40s	354	424	80	80	Lana de roca	50
56	125-AISI 316L-MD-300	125	MD	30,28	0,65	2	6,55	40s	101	121	25	25	-	-
57	80-AISI 316L-MD-301	80	MD	30,28	1,76	40	5,49	40s	360	432	25	25	-	-
58	80-AISI 316L-MD-302	80	MC	8,60	0,77	1,5	5,16	40s	101	121	25	25	-	-
59	40-AISI 316L-MD-303	40	MC	8,60	1,81	5	3,68	40s	120	1	25	25	-	-
60	50-AISI 316L-MC-304	50	MC	4,21	0,59	1	3,91	40s	101	121	25	25	-	-

				Listado de tuberías					Planta de producción de Ácido oxálico					
				Hoja 9 de 13					Fecha: 29/06			Localidad: Tàrrega		
N°	Nomenclatura	DN	Fluido	Caudal [m³/h]	Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Grosor [mm]	Sch	Presión [kPa]		Temperatura [°C]		Aislamiento	
									P de trabajo	P de diseño	T de trabajo	T de diseño	Tipo	Grosor [mm]
61	25-AISI 316L-MC-305	25	MC	4,21	2,10	7	3,38	40s	159	191	25	25	-	-
62	100-AISI 316L-MD-306	100	MD	11,94	0,99	2	6,02	40s	101	121	25	25	-	-
63	100-Hastelloy C22-MC-307	100	MC	44,39	1,50	3	6,02	40s	317	380	55	55	-	-
64	65-Hastelloy C22-MC-308-R	65	MC	14,00	1,26	8,5	5,16	40s	101	121	75	75	Lana de roca	30
65	20-Hastelloy C22-MC-309-R	20	MC	0,94	0,76	1	2,87	40s	51	61	75	75	Lana de roca	30
66	10-Hastelloy C22-MC-310-R	10	MC	0,94	2,07	58	2,31	40s	156	188	75	75	Lana de roca	30
67	80-AISI 316L-MC-311	80	MC	7,63	0,44	1,5	5,74	40s	101	121	25	25	-	-

		Listado de tuberías							Planta de producción de Ácido oxálico					
		Hoja 10 de 13							Fecha: 29/06		Localidad: Tàrrega			
N°	Nomenclatura	DN	Fluido	Caudal [m³/h]	Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Grosor [mm]	Sch	Presión [kPa]		Temperatura [°C]		Aislamiento	
									P de trabajo	P de diseño	T de trabajo	T de diseño	Tipo	Grosor [mm]
68	40-AISI 316L-MC-312	40	MC	7,63	1,61	5	3,91	40s	122	146	25	25	-	-
69	50-AISI 316L-MC-313	50	MC	5,47	0,70	1	3,91	40s	101	121	25	25	-	-
70	32-AISI 316L-MC-314	32	MC	5,47	1,57	4	3,56	40s	139	167	25	25	-	-
71	40-AISI 316L-MC-315	40	MC	3,10	0,65	1	3,68	40s	101	121	25	25	-	-
72	25-AISI 316L-MC-316	25	MC	3,10	1,54	5	3,38	40s	137	164	25	25	-	-
73	40-AISI 316L-MC-317	40	MC	8,76	1,81	15,5	3,68	40s	137	164	25	25	-	-
74	40-AISI 316L-MC-318	40	MC	8,75	1,79	15,5	3,68	40s	137	164	25	25	-	-
75	400-AISI 316L-K-400	400	K	11008,00	25,21	5	9,68	40s	101	121	25	25	-	-
76	250-AISI 316L-K-401	250	K	3769,00	20,59	15	9,27	40s	303	364	25	25	-	-

				Listado de tuberías					Planta de producción de Ácido oxálico					
				Hoja 11 de 13					Fecha: 29/06			Localidad: Tàrrega		
N°	Nomenclatura	DN	Fluido	Caudal [m³/h]	Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Grosor [mm]	Sch	Presión [kPa]		Temperatura [°C]		Aislamiento	
									P de trabajo	P de diseño	T de trabajo	T de diseño	Tipo	Grosor [mm]
77	250-AISI 316L-K-401-R	250	K	3769,00	20,59	15	9,27	40s	303	364	80	80	Lana de roca	50
78	125-Hastelloy C22-MC-700-R	125	MC	30,97	0,65	1	6,55	40s	101	121	85	85	Lana de roca	30
79	90-Hastelloy C22-MC-701-R	90	MC	30,97	1,80	30	3,68	40s	303	364	85	85	Lana de roca	30
80	20-Hastelloy C22-MC-702-R	20	MC	2,08	1,67	8	2,87	40s	101	121	85	85	Lana de roca	30
81	25-Hastelloy C22-MC-703-R	25	MC	1,44	0,73	1	3,38	40s	101	121	100	100	Lana de roca	30
82	15-Hastelloy C22-MC-704-R	15	MC	1,44	2,11	9	2,77	40s	303	364	100	100	Lana de roca	30

				Listado de tuberías					Planta de producción de Ácido oxálico					
				Hoja 12 de 13					Fecha: 29/06			Localidad: Tàrrega		
N°	Nomenclatura	DN	Fluido	Caudal [m³/h]	Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Grosor [mm]	Sch	Presión [kPa]		Temperatura [°C]		Aislamiento	
									P de trabajo	P de diseño	T de trabajo	T de diseño	Tipo	Grosor [mm]
83	15-Hastelloy C22-MC-705-R	15	MC	0,64	0,91	1	2,77	40s	101	121	70	70	Lana de roca	30
84	10-Hastelloy C22-MC-706-R	10	MC	0,64	1,42	15	2,31	40s	149	179	70	70	Lana de roca	30
85	10-Hastelloy C22-MF-707	10	MF	0,77	1,71	5	2,31	40s	101	121	70	70	Lana de roca	30
86	150-AISI 316L-K-708	150	K	682,31	10,16	5	7,11	40s	101	121	25	25	-	-
87	150-AISI 316L-K-709-R	90	K	268,05	24,13	7	5,16	40s	404	485	100	100	Lana de roca	40
88	80-Hastelloy C22-MC-710-R	80	MC	9,97	0,58	10	5,49	40s	51	61	85	85	Lana de roca	30
89	40-Hastelloy C22-MC-711-R	40	MC	9,97	2,10	20	3,68	40s	303	364	85	85	Lana de roca	30

				Listado de tuberías					Planta de producción de Ácido oxálico					
				Hoja 13 de 13					Fecha: 29/06			Localidad: Tàrrega		
N°	Nomenclatura	DN	Fluido	Caudal [m³/h]	Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Grosor [mm]	Sch	Presión [kPa]		Temperatura [°C]		Aislamiento	
									P de trabajo	P de diseño	T de trabajo	T de diseño	Tipo	Grosor [mm]
90	150-AISI 316L-K-712	150	K	268,05	24,13	5	7,11	40s	404	485	25	25	-	-
91	25-AISI 316L-MF-713	25	MF	0,51	0,31	1	3,38	40s	101	122	75	75	Lana de roca	30

4.2. TRANSPORTE DE SÓLIDOS

En la planta Oxatech se llevan a cabo dos procesos de cristalización, de los cuales se obtiene un sólido, el cual es el ácido oxálico. Este sólido, a la salida de los cristalizadores, se obtiene como una pasta líquida, mientras que, a la salida de las centrífugas, ya es un sólido con más forma, y a partir del secador de ácido oxálico, es ya un sólido completamente deshidratado. De forma similar ocurre en la zona de tratamiento de líquidos, donde se obtiene un subproducto, el nitrato de potasio: a la salida del evaporador al vacío, se obtiene un sólido con un 50% de humedad, mientras que, a la salida del secador, es ya un sólido prácticamente deshidratado.

Por ello, son necesarias las técnicas de transporte de sólidos en este proyecto.

4.2.1. Tornillos sin fin

Los tornillos sin fin^[9] son un tipo de transporte de sólidos, los cuales están constituidos por una hélice que se encuentra suspendida sobre un eje, en forma de U. Poseen un motor-reductor que hace girar la hélice, de tal manera que mueve el sólido arrastrándolo. Es un sistema muy versátil, económico y fácil de utilizar, y puede ser empleado tanto en líquidos pastosos como en sólidos secos. Las ventajas que ofrece este sistema son:

- Sencillez de diseño y fabricación.
- Es un sistema de bajo costo.
- Es posible hacerlo hermético.
- Es capaz de dosificar el sólido transportado.

Aun así, también presenta una serie de inconvenientes, los cuales son:

- Presenta cierta dificultad en cuanto a elevar el sólido transportado, ya que estos tienen un grado máximo de inclinación.
- No es recomendable usar tornillos sin fin en tramos más largos de 50 metros.
- Es un sistema limitado al transporte de sólidos no abrasivos, debido al desgaste que se podría generar en los componentes.
- No permiten un cambio de dirección a convenir.

Existen una gran variedad de tornillos sin fin, y se diferencian según la forma de la hélice. Esta hélice puede adoptar varias formas, según la acción de interés.

En la planta Oxatech, se utilizan distintos tornillos sin fin:

- Para la salida de los cristalizadores, interesa utilizar un tornillo sin fin con un paso de hélice grande, de aproximadamente 2 veces el diámetro del tornillo, ya que se transporta un sólido pastoso, el cual es capaz de fluir.

- Para la salida de las centrífugas y del evaporador del subproducto, debido a que se obtiene un sólido húmedo, interesa utilizar un tornillo sin fin con un paso de hélice neutral, de longitud igual al diámetro.
- Para la salida del secador, interesa utilizar un paso de hélice pequeño, de aproximadamente la mitad del diámetro, ya que el sólido a transportar está prácticamente seco. Además, un paso de hélice corto permite el enfriamiento del sólido, ya que sale caliente del secador.

Para asegurar un correcto funcionamiento y una vida útil larga, se decide utilizar como material de construcción de los tornillos sin fin el AISI-316^[1]. En la **Figura 4.2** se muestra un ejemplo de tornillos sin fin.



Figura 4.2: Tornillo sin fin. Grupocomes

<http://grupocomes.com/transportador-helicoidal/>

En el **Capítulo 11: Manual de cálculos**, se expone un ejemplo de diseño de uno de los tornillos sin fin de la planta Oxatech.

4.2.2. Nomenclatura de los tornillos sin fin

De forma similar a las tuberías, los tornillos sin fin también deben ser estandarizados con un código único, el cual permita la fácil identificación del tornillo en sí. Para ello se ha utilizado la siguiente estructura:

A-B-C-D-E

A: corresponde al diámetro del tornillo sin fin, expresado en milímetros.

B: identifica el paso por hélice, el cual es la distancia entre dos hélices, expresado en milímetros.

C: hace referencia al grado de inclinación del tornillo sin fin, expresado en grados [°].

D: corresponde al sólido transportado. En la planta Oxatech, hay tres tipos de sólidos que son transportados con tornillos sin fin: ácido oxálico humidificado con agua, ácido nítrico y

etilenglicol, otro sólido humidificado que corresponde a agua y nitrato de potasio y ácido oxálico seco.


E: es un número de tres cifras. La primera cifra corresponde al área en la que se encuentra, mientras que las dos siguientes corresponden al número de tornillo sin fin.

Así, por ejemplo, el 150-150-0-MC-300 es el tornillo sin fin número 00, de la zona 300, y tiene 150 mm de diámetro, un paso de hélice de 150 mm, es totalmente horizontal y transporta ácido oxálico húmedo, con agua, ácido nítrico y etilenglicol.

4.2.3. Listado de tornillos sin fin

En este apartado, se expone el listado de todos los tornillos sin fin necesarios en la línea de producción principal y en la obtención del subproducto, **Tabla 4.7**.

Tabla 4.7: Listado de tornillos sin fin en la planta Oxatech.

		Listado de tornillos sin fin			Hoja 1 de 1				Planta de producción de Ácido oxálico				
					Polígono industrial de los Gases Nobles				Fecha: 29/06			Localidad: Tàrrega	
N°	Nomenclatura	Tramo		Diámetro [mm]	Sólido	Caudal [m³/h]	Velocidad [m/s]	Paso de hélice [mm]	Inclinación [°]	Longitud [m]	RPM	T [°C]	P [kW]
Desde	Hasta												
1	150-150-0-MC-300	CT-300	EC-300	150	MC	4,60	0,20	150	0	4	80	25	0,12
2	150-150-0-MC-301	EC-300	RD-300	150	MC	4,60	0,20	150	0	3	80	25	0,12
3	150-130-0-MC-302	CT-301	D-400	150	MC	4,40	0,17	130	0	42	80	25	1,2
4	160-130-20-C-303	D-300	M-300	160	C	3,00	0,17	130	20	8	80	70	0,19
5	40-70-0-I-700	TK-700	N-700	40	I	0,34	0,11	70	0	5	90	25	0,02
6	60-60-0-MF-701	EV-700	D-700	60	MF	0,43	0,09	60	0	5	90	70	0,03
7	40-100-0-I-702	D-700	EC-700	40	I	0,66	0,13	100	0	6	80	70	0,03
8	60-100-20-I-703	TK-702	B-700	60	I	0,66	0,13	100	20	10	80	25	0,06

4.2.4. Cintas transportadoras

Las cintas transportadoras^[10], análogamente a los tornillos sin fin, son otro sistema de transporte de sólidos. En este caso, constan de una banda continua, de forma cóncava, la cual está sujeta a una estructura. Esta banda continua es arrastrada por un tambor motriz, y este tambor motriz es accionado por un motor eléctrico. En el otro extremo de la banda se encuentra otro tambor que gira libremente, y tiene la función de servir de retorno a la banda. Esta banda suele estar sujeta por una serie de rodillos cilíndricos, los cuales giran conjuntamente con el movimiento de la banda. Las ventajas que ofrece este sistema son:

- Gran capacidad de transporte de sólido.
- Fácil adaptación al terreno; es capaz de lidiar con cambios de altura o de dirección.
- Consumo bajo de energía eléctrica.
- Mínima degradación del material transportado.
- Realización de tareas de mantenimiento sencillas.

Aun así, presenta una serie de desventajas:

- Dificultad de transporte de líquidos pastosos.
- Dificultad de elevar el sólido, ya que tienen un grado máximo de inclinación.

Existen muchas configuraciones de cintas transportadoras, variando el material de la cinta, la anchura, la inclinación respecto al terreno y respecto a la propia cinta, espesor de la cinta, entre otros parámetros. Para hacer una correcta selección de la cinta transportadora adecuada, es imprescindible conocer las propiedades del producto a transportar, y de las necesidades de la planta.

En la planta Oxatech, este sistema se utiliza a la salida del molino, debido a que el ácido oxálico obtenido ya posee el tamaño requerido, y se debe reducir la probabilidad de degradación del material transportado. También se encuentra una cinta transportadora a la salida del secador del subproducto, que lo envía directamente a los silos.

Ya que no hay ninguna condición extrema que obligue a utilizar algún material en particular, se escoge como material de cinta el algodón, uno de los materiales más utilizados. Además, el algodón es recubierto de PVC, para proteger el tejido interior del estrés mecánico que ejercen los tambores de los extremos. En la **Figura 4.3**, se muestra un ejemplo de una cinta transportadora.



Figura 4.3: Cinta transportadora. Catunic.

<https://www.catunic.com/blog/cinta-transportadora/>

En el **Capítulo 11: Manual de cálculos**, se expone un ejemplo de diseño de una de las cintas transportadoras de la planta Oxatech.

4.2.5. Nomenclatura de las cintas transportadoras

La nomenclatura de las cintas transportadoras sigue la siguiente estructura:

A-B-C-D

A: representa el ancho de banda que posee la cinta en cuestión, expresado en milímetros.

B: identifica el tipo de sólido que está transportando. En la planta Oxatech, se transporta por cinta transportadora ácido oxálico (C) y nitrato de potasio (I).

C: se refiere a la inclinación que tiene la cinta transportadora, expresada en grados (°).


D: es el número de identificación, el cual posee tres dígitos: el primero representa el área en la que se encuentra la cinta, y los dos últimos son el número de cinta transportadora.

Así, por ejemplo, la primera cinta transportadora es la 180-C-10-400, la cual tiene un ancho de banda de 180 mm, transporta ácido oxálico, tiene una inclinación de 10°, pertenece al área 400 y es la número 00.

4.2.6. Listado de las cintas transportadoras

A continuación, se expone el listado de las cintas transportadoras necesarias en la línea de producción principal, y en la obtención del subproducto, **Tabla 4.8**.

Tabla 4.8: Listado de cintas transportadoras en la planta Oxatech.

		Listado de cintas transportadoras			Hoja 1 de 1				Planta de producción de Ácido oxálico			
					Polígono industrial de los Gases Nobles				Fecha: 29/06		Localidad: Tàrrega	
N°	Nomenclatura	Tramo		Ancho de banda [mm]	Sólido	Caudal [Tn/h]	Velocidad [m/s]	Ángulo de reposo [°]	Inclinación [°]	Longitud [m]	Sección [cm2]	P [kW]
Desde	Hasta											
1	180-C-10-400A/B	M-400	TM-400A/B	180	C	5,10	0,34	30	10	20	22	1,54
2	200-C-5-401	TM-400A/B	TK-400A/B	200	C	5,10	0,25	30	5	30	22,50	1,09
3	100-C-8-402A/B	TM-400A/B	M-400	100	C	0,26	0,27	30	8	20	3,10	1,16
4	100-C-8-403A/B	TK-400A/B	B-400	100	C	0,26	0,27	30	3	20	3,10	1,16

4.2.7. Elevador de cangilones

En la industria, usualmente se construyen varias plantas a diferentes alturas, de tal manera que los fluidos, por efecto de la gravedad, fluyan de manera descendente a través de las tuberías, sin la necesidad de utilizar una bomba. De esta manera, el ahorro tanto en el gasto de bombas como en su propio consumo se ve notablemente reducido. Aun así, surge un problema cuando se desea elevar un fluido, ya que la altura a la que es capaz una bomba de elevar un fluido está limitada, y el coste de operación aumenta considerablemente. Por ello, en la planta Oxatech, se ha decidido utilizar los elevadores de cangilones en el proceso de producción de ácido oxálico.

Un elevador de cangilones es un equipo que permite elevar verticalmente y de manera continua un sólido. Está compuesto por varios elementos esenciales, como los propios cangilones, que son los encargados de recoger y transportar el sólido; una cadena transportadora, que es la responsable mover verticalmente los cangilones; y el motor-reductor, que es el que da la energía para el movimiento de la cadena.


En el **Capítulo 11: Manual de cálculos**, se expone un ejemplo de diseño de uno de los elevadores de cangilones de la planta Oxatech.

En la planta Oxatech hay 4 elevadores de cangilones: uno entre la CT-300, que se encuentra en la planta 0, y el RD-300, que se sitúa en la planta 1, dos en los silos de ácido oxálico, que reciben el sólido de las cintas, y lo elevan hasta la entrada de estos silos, y el último se encuentra en el silo de nitrato de potasio. En la **Tabla 4.9**, que recogen los elevadores de cangilones utilizados, así como su modelo^[11], y posteriormente se muestran las fichas técnicas:

Tabla 4.9: Modelos de elevadores de cangilones.

Elevador de cangilones	Modelo
EC-300	JET 10-090
EC-400A/B	JET 10-090
EC-700	JET 08-080

Tabla 4.10: Hoja de especificaciones del elevador de cangilones EC-300.

	Hoja de especificaciones del elevador de cangilones	Planta de producción de ácido oxálico	Área: 300
			Ítem: EC-300
			Fecha: 29/06
			Revisado por: Dpto. Calidad
	Hoja 1 de 1		Ubicación: Tàrrega
Datos generales			
Finalidad		Elevar el ácido oxálico desde el CT-300 hasta el RD-300	
Marca		Stiff	
Modelo		JET 10-090	
Datos de operación			
Sólido		MC	
Nº Cangilones		56	
Volumen/cangilón [L]		0,76	
Caudal [Tn/h]		6,83	
Velocidad ascensional [m/s]		0,50	
Altura [m]		8	
Potencia [kW]		4	
Material de la estructura		Aluminio	
Material del cangilón		HDPE	


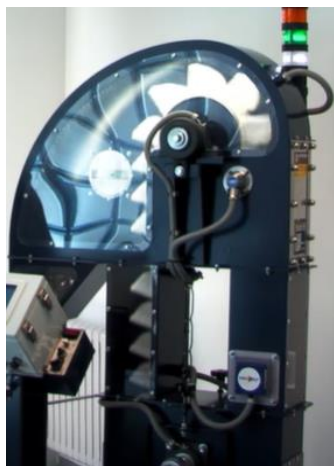


Tabla 4.11: Hoja de especificaciones del elevador de cangilones EC-400A/B.



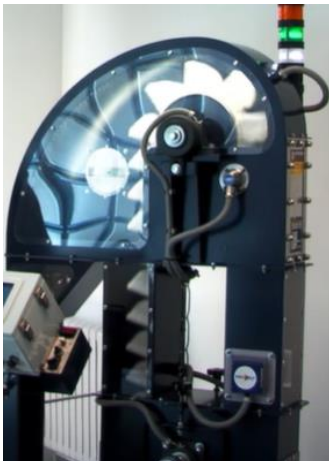
	Hoja de especificaciones del elevador de cangilones	Planta de producción de ácido oxálico	Área: 400
			Ítem: EC-400A/B
			Fecha: 29/06
			Revisado por: Dpto. Calidad
	Hoja 1 de 1		Ubicación: Tàrrega
Datos generales			
Finalidad		Elevar el ácido oxálico desde los TM-400A/B hasta los TK-400A/B	
Marca		Stiff	
Modelo		JET 10-090	
Datos de operación			
Sólido		MC	
Nº Cangilones		50	
Volumen/cangilón [L]		0,76	
Caudal [Tn/h]		4,69	
Velocidad ascensional [m/s]		0,40	
Altura [m]		8	
Potencia [kW]		3,50	
Material de la estructura		Aluminio	
Material del cangilón		HDPE	
<div></div>			

Tabla 4.12: Hoja de especificaciones del elevador de cangilones EC-700.

	Hoja de especificaciones del elevador de cangilones	Planta de producción de ácido oxálico	Área: 700
			Ítem: EC-700
			Fecha: 29/06
			Revisado por: Dpto. Calidad
	Hoja 1 de 1		Ubicación: Tàrrega
Datos generales			
Finalidad		Elevador el nitrato de potasio desde el D-700 hacia el TK-702	
Marca		Stiff	
Modelo		JET 08-080	
Datos de operación			
Sólido		I	
Nº Cangilones		20	
Volumen/cangilón [L]		0,45	
Caudal [Tn/h]		0,66	
Velocidad ascensional [m/s]		0,20	
Altura [m]		8	
Potencia [kW]		2	
Material de la estructura		Aluminio	
Material del cangilón		Acero	



4.3. VÁLVULAS

El uso de válvulas en la planta Oxatech es indispensable para el correcto funcionamiento del proceso. Las válvulas que se encuentran en la planta ofrecen tanto un sistema de regulación automático y manual como un sistema de seguridad, también automático y manual, en caso de fallo de algún equipo.

4.3.1. Válvulas todo-nada

Uno de los tipos de válvulas más utilizadas en la planta Oxatech son las válvulas todo-nada. Estas sencillas válvulas tienen dos posiciones: abierto completamente o cerrado completamente. Su funcionalidad permite instalar este tipo de válvulas entre los equipos y las bombas o de las válvulas de regulación automáticas, de tal manera que, si sucede algún accidente, se desee realizar tareas de mantenimiento o surge alguna obstrucción en las tuberías principales, estas válvulas permiten paliar el problema. En la planta Oxatech se utilizan las válvulas de compuerta, y como se acaba de mencionar, se encuentran en la entrada y en la salida de los equipos y bombas, y se encuentran normalmente abiertas, siendo utilizadas sólo en caso de mal funcionamiento del sistema de control automático. En la **Figura 4.4** se muestra una válvula de compuerta.



Figura 4.4: Válvula de compuerta. Induvalma.

<https://www.induvalma.es/valvulas-de-compuerta.html>

4.3.2. Válvulas de regulación

Las válvulas de regulación también cobran una gran importancia en la planta Oxatech. Estas válvulas permiten regular de forma analógica uno o varios parámetros, es decir, no tienen dos posiciones como las válvulas todo-nada, sino que tienen diferentes grados de apertura. En el proceso de obtención de ácido oxálico de la planta Oxatech, se utilizan las válvulas de globo para el control automático de caudales de la línea principal, de refrigeración y de vapor, ya que este tipo de válvulas de regulación permite una mejor regulación en los rangos $\frac{1}{2}$ abierto y abierto totalmente. En la **Figura 4.5**, se muestra un ejemplo de una válvula de globo.



Figura 4.5: Válvula de globo. Directindustry.

<https://www.directindustry.es/prod/samson/product-11609-661027.html>

4.3.3. Válvulas antirretorno

Las válvulas antirretorno son un tipo de válvulas de seguridad para los equipos, bombas y tuberías, ya que solo permite el flujo del fluido en un sentido. En la planta Oxatech, se utilizan las válvulas antirretorno de columpio, ya que son las que ofrecen menos pérdidas de carga, y se encuentran a la salida de cada bomba instalada, así como a la salida de los tanques de reactivos, reactores y los demás equipos de la línea de producción. En la **Figura 4.6**, se expone una válvula de antirretorno, de tipo columpio.



Figura 4.6: Válvula de columpio. Yhjyl.

<http://www.yhjyl3.com/check-valve/http-www-yhjyl-com-check-valve-swing-che77.html>

4.3.4. Válvulas de tres vías

Las válvulas de tres vías consisten en una combinación de una válvula de dos vías normalmente cerrada y otra válvula de dos vías normalmente abierta. Este tipo de válvula es capaz de conducir dos corrientes con un origen distinto hacia el mismo destino, o bifurcar un corriente con un mismo origen. Se utilizan cuando el flujo puede venir desde dos puntos diferentes, siendo uno de ellos el flujo habitual. En la **Figura 4.7**, se muestra una válvula de tres vías.



Figura 4.7: Válvula de tres vías. Mtspain.

<https://www.mtspain.net/products/industrial/valvulas-acero-inoxidable/3-vias/0918-valvula-esfera-tres-vias-pletina-iso>

3.2.5. Válvulas de alivio

Las válvulas de alivio también son un tipo de válvulas de seguridad, las cuales están destinadas a abrirse cuando detectan un aumento de la presión indeseada. Según la ITC-MIE-APQ-001^[12] y la guía de buenas prácticas NTP 342^[13], la válvula debe permitir la salida de los gases cuando la presión dentro de recipientes sea mayor al 10% de la presión de trabajo. Por ello, y para garantizar la seguridad del personal, se instalan válvulas de alivio en todos los equipos de la línea de proceso principal que trabajen a una presión mayor a la atmosférica, así como en la caldera y en las tuberías. En la **Figura 4.8**, se muestra una válvula de alivio.



Figura 4.8: Válvula de alivio. Genebre.

<http://www.genebre.es/valvula-de-alivio-de-presion-con-escape-conducido>

3.2.6. Válvulas en Y

Este tipo de válvulas se utilizan específicamente para drenar los posibles sólidos que puede arrastrar un fluido por la tubería. En la planta Oxatech, se instalan estas válvulas a la salida de los tanques de reactivos, de tal manera que se eliminan los posibles sólidos que puedan aparecer, protegiendo los equipos posteriores. En la **Figura 4.9**, se muestra una imagen de una válvula el Y.



Figura 4.9: Válvula en Y. Randex.

<https://www.randex.es/>

3.2.7. Uniones entre válvulas y tuberías

El tipo de bridas es un factor de importancia a la hora de asegurar el correcto funcionamiento del proceso de producción, ya que un aumento repentino de la presión o una dilatación exagerada de la tubería puede romper las tuberías por la parte de las bridas, ya que suele ser el punto de menos resistencia en los tramos.

En la planta Oxatech, todas las tuberías trabajan a una presión mayor a la atmosférica, y varias de ellas tienen una temperatura de trabajo superior a 60°C. Por ello, en las tuberías con temperatura menor a 60°C y DN menores a 50, se utilizan bridas de asiento^[14], y para las tuberías con una temperatura de trabajo y/o DN mayor, se utilizan las bridas de cuello^[14], ya que son capaces de adaptarse a las posibles dilataciones.

3.2.8. Nomenclatura de válvulas y bridas

Todas las válvulas utilizadas en la planta Oxatech cuentan con una nomenclatura propia para su rápida identificación. Se utiliza la siguiente estructura:

A-B-C

A: es el tipo de válvula, que puede ser de todo-nada (manual de compuerta), de regulación (automática tipo globo), antirretorno (de columpio) y de seguridad (alivio y/o válvulas en y).

B: es el tipo de brida utilizado para unir las válvulas y tuberías.

C: es un número de identificación de 3 cifras: La primera se refiere al área en la que se encuentra la válvula, y las dos últimas cifras se refieren al número de la válvula.

Así, por ejemplo, la primera válvula del proceso es la VA-100A, la cual es una válvula antirretorno, con brida de cuello, que se encuentra en el área 100 y es la número 00.

3.2.9. Listado de válvulas

A continuación, se muestran los listados de válvulas, divididos por área, desde la **Tabla 4.13** hasta la **Tabla 4.18**.

Tabla 4.13: Listado de válvulas del área 100.

<div></div>		Listado de válvulas			A-100			Planta de producción de Ácido oxálico			
								Fecha: 29/06		Localidad: Tàrrega	
		Hoja 1 de 2			Polígono industrial de los Gases Nobles						
Nomenclatura	DN	Tipo de válvula	Área	Brida	Material	Nomenclatura	DN	Tipo de válvula	Área	Brida	Material
VA-100A/B	250	Antirretorno	100	Cuello	AISI 316L	VC-112A/B/C	20	Manual	100	Asiento	AISI 316L
VA-101	32	Antirretorno	100	Asiento	AISI 316L	VC-113A/B/C/D	350	Manual	100	Cuello	AISI 316L
VA-102A/B	40	Antirretorno	100	Asiento	AISI 316L	VC-114A/B/C/D	350	Manual	100	Cuello	AISI 316L
VA-103A/B	250	Antirretorno	100	Cuello	AISI 316L	VC-114E/F	350	Manual	100	Cuello	AISI 316L
VA-104A/B	250	Antirretorno	100	Cuello	AISI 316L	VC-115A/B/C/D	350	Manual	100	Cuello	AISI 316L
VA-105A/B	20	Antirretorno	100	Asiento	AISI 316L	VC-115E/F/G/H	350	Manual	100	Cuello	AISI 316L
VA-106A/B	350	Antirretorno	100	Cuello	AISI 316L	VC-116A/B/C/D	350	Manual	100	Cuello	AISI 316L
VA-107	350	Antirretorno	100	Cuello	AISI 316L	VG-100A/B/C/D	250	Automática	100	Cuello	AISI 316L
VA-108A/B	350	Antirretorno	100	Cuello	AISI 316L	VG-101A/B/C	250	Automática	100	Cuello	AISI 316L
VC-100A/B	450	Manual	100	Cuello	AISI 316L	VG-102A/B	350	Automática	100	Cuello	AISI 316L
VC-101A/B	250	Manual	100	Cuello	AISI 316L	VG-103A/B	350	Automática	100	Cuello	AISI 316L
VC-111A/B/C	250	Manual	100	Cuello	AISI 316L	VG-104A/B	250	Automática	100	Cuello	AISI 316L
VC-102A/B/C/D	250	Manual	100	Cuello	AISI 316L	VT-100A/B	350	División/Unión	100	Cuello	AISI 316L
VC-102E/F/G/H	250	Manual	100	Cuello	AISI 316L	VV-100A/B/C/D	-	Seguridad	100	-	AISI 316L
VC-102I/J/K/L	250	Manual	100	Cuello	AISI 316L	VV-101A/B/C	-	Seguridad	100	-	AISI 316L
VC-103A/B/C/D	32	Manual	100	Asiento	AISI 316L	VV-102A/B	-	Seguridad	100	-	AISI 316L
VC-104A/B	40	Manual	100	Asiento	AISI 316L	VY-100A/B	450	Seguridad	100	Cuello	AISI 316L
VC-105A/B	25	Manual	100	Asiento	AISI 316L	VY-101A/B	450	Seguridad	100	Cuello	AISI 316L


		Listado de válvulas			A-100			Planta de producción de Ácido oxálico			
								Fecha: 29/06		Localidad: Tàrrega	
		Hoja 2 de 2			Polígono industrial de los Gases Nobles						
Nomenclatura	DN	Tipo de válvula	Área	Brida	Material	Nomenclatura	DN	Tipo de válvula	Área	Brida	Material
VC-106A/B	450	Manual	100	Cuello	AISI 316L	VY-102A/B	450	Seguridad	100	Cuello	AISI 316L
VC-107A/B	250	Manual	100	Cuello	AISI 316L	VY-103A/B	350	Seguridad	100	Cuello	AISI 316L
VC-108A/B	450	Manual	100	Cuello	AISI 316L	VY-104A/B	350	Seguridad	100	Cuello	AISI 316L
VC-109A/B	250	Manual	100	Cuello	AISI 316L						
VC-110A/B/C/D	250	Manual	100	Cuello	AISI 316L						

Tabla 4.14: Listado de válvulas del área 200.

		Listado de válvulas			A-200			Planta de producción de Ácido oxálico			
								Fecha: 29/06		Localidad: Tàrrega	
Nomenclatura	DN	Tipo de válvula	Área	Brida	Material	Nomenclatura	DN	Tipo de válvula	Área	Brida	Material
VA-200A/B	125	Antirretorno	200	Cuello	Hastelloy C22	VC-208I/J/K/L	150	Manual	200	Cuello	AISI 316L
VA-201A/B	250	Antirretorno	200	Cuello	AISI 316L	VC-209A/B/C/D	40	Manual	200	Cuello	Hastelloy C22
VC-200A/B/C	150	Manual	200	Cuello	Hastelloy C22	VC-210E/F/G/H	40	Manual	200	Cuello	Hastelloy C22
VC-201A/B	125	Manual	200	Cuello	Hastelloy C22	VC-210I/J/K/L	40	Manual	200	Cuello	Hastelloy C22
VC-202A/B	80	Manual	200	Cuello	Hastelloy C22	VC-211A/B/C/D	250	Manual	200	Cuello	AISI 316L
VC-203A/B/C/D	40	Manual	200	Cuello	Hastelloy C22	VG-200	150	Automática	200	Cuello	Hastelloy C22
VC-203E/F	40	Manual	200	Cuello	Hastelloy C22	VG-201A/B	80	Automática	200	Cuello	Hastelloy C22
VC-204A/B/C/D	200	Manual	200	Cuello	AISI 316L	VG-202A/B	200	Automática	200	Cuello	AISI 316L
VC-204E/F	200	Manual	200	Cuello	AISI 316L	VG-203A/B/C/D	80	Automática	200	Cuello	Hastelloy C22
VC-205A/B/C/D	150	Manual	200	Cuello	AISI 316L	VG-204A/B/C/D	90	Automática	200	Cuello	Hastelloy C22
VC-205E/F/G/H	150	Manual	200	Cuello	AISI 316L	VG-205A/B	200	Automática	200	Cuello	AISI 316L
VC-205I/J/K/L	150	Manual	200	Cuello	AISI 316L	VC-208E/F/G/H	80	Manual	200	Cuello	Hastelloy C22
VC-206A/B/C/D	90	Manual	200	Cuello	Hastelloy C22	VC-208I/J/K/L	80	Manual	200	Cuello	Hastelloy C22
VC-206E/F/G/H	90	Manual	200	Cuello	Hastelloy C22	VC-209A/B/C/D	80	Manual	200	Cuello	Hastelloy C22
VC-206I/J/K/L	90	Manual	200	Cuello	Hastelloy C22	VG-206A/B/C/D	80	Automática	200	Cuello	Hastelloy C22
VC-207A/B/C/D	200	Manual	200	Cuello	AISI 316L	VG-207A/B	80	Automática	200	Cuello	Hastelloy C22



		Listado de válvulas			A-200			Planta de producción de Ácido oxálico			
		Hoja 2 de 2			Polígono industrial de los Gases Nobles			Fecha: 29/06		Localidad: Tàrrega	
Nomenclatura	DN	Tipo de válvula	Área	Brida	Material	Nomenclatura	DN	Tipo de válvula	Área	Brida	Material
VC-207E/F	200	Manual	200	Cuello	AISI 316L	VG-208A/B/C/D	20	Automática	200	Cuello	Hastelloy C22
VC-208A/B/C/D	150	Manual	200	Cuello	AISI 316L	VV-200A/B/C/D	20	Seguridad	200	-	Hastelloy C22
VC-208E/FG/H	150	Manual	200	Cuello	AISI 316L						

Tabla 4.15: Listado de válvulas del área 300.

		Listado de válvulas			A-300			Planta de producción de Ácido oxálico			
								Fecha: 29/06		Localidad: Tàrrega	
		Hoja 1 de 2			Polígono industrial de los Gases Nobles						
Nomenclatura	DN	Tipo de válvula	Área	Brida	Material	Nomenclatura	DN	Tipo de válvula	Área	Brida	Material
VA-300A/B	40	Antirretorno	300	Asiento	AISI 316L	VC-308A/B/C	150	Manual	300	Cuello	AISI 316L
VA-301A/B	25	Antirretorno	300	Asiento	AISI 316L	VC-309A/B/C	50	Manual	300	Asiento	AISI 316L
VA-302A/B	80	Antirretorno	300	Cuello	AISI 316L	VC-310A/B/C	65	Manual	300	Cuello	AISI 316L
VA-303A/B	10	Antirretorno	300	Asiento	AISI 316L	VC-311A/B/C	20	Manual	300	Asiento	AISI 316L
VA-304A/B	40	Antirretorno	300	Asiento	AISI 316L	VC-312A/B/C	10	Manual	300	Asiento	AISI 316L
VA-305A/B	32	Antirretorno	300	Asiento	AISI 316L	VC-313A/B/C	200	Manual	300	Cuello	AISI 316L
VA-306A/B	25	Antirretorno	300	Asiento	AISI 316L	VC-314A/B	20	Manual	300	Asiento	AISI 316L
VC-300A/B/C	200	Manual	300	Cuello	AISI 316L	VC-315A/B	10	Manual	300	Asiento	AISI 316L
VC-301A/B/C	100	Manual	300	Cuello	AISI 316L	VC-316A/B/C	200	Manual	300	Cuello	AISI 316L
VC-302A/B	50	Manual	300	Asiento	AISI 316L	VC-317A/B/C	50	Manual	300	Asiento	AISI 316L
VC-303A/B	25	Manual	300	Asiento	AISI 316L	VG-300	200	Automática	300	Cuello	AISI 316L
VC-304A/B	100	Manual	300	Cuello	AISI 316L	VG-301	100	Automática	300	Cuello	AISI 316L
VC-305A/B	80	Manual	300	Cuello	AISI 316L	VG-302	150	Automática	300	Cuello	AISI 316L
VC-306A/B	80	Manual	300	Cuello	AISI 316L	VG-303	50	Automática	300	Asiento	AISI 316L
VC-307A/B	40	Manual	300	Asiento	AISI 316L	VG-304	65	Automática	300	Cuello	AISI 316L
VC-318A/B	80	Manual	300	Cuello	AISI 316L	VG-305	20	Automática	300	Asiento	AISI 316L


		Listado de válvulas				A-300		Planta de producción de Ácido oxálico			
		Hoja 2 de 2				Polígono industrial de los Gases Nobles		Fecha: 29/06		Localidad: Tàrrega	
Nomenclatura	DN	Tipo de válvula	Área	Brida	Material	Nomenclatura	DN	Tipo de válvula	Área	Brida	Material
VC-319A/B	40	Manual	300	Asiento	AISI 316L	VG-306	10	Automática	300	Asiento	AISI 316L
VC-320A/B	50	Manual	300	Asiento	AISI 316L	VG-307	200	Automática	300	Cuello	AISI 316L
VC-321A/B	32	Manual	300	Asiento	AISI 316L	VG-308	200	Automática	300	Cuello	AISI 316L
VC-322A/B	40	Manual	300	Asiento	AISI 316L	VG-309	50	Automática	300	Asiento	AISI 316L
VC-323A/B	25	Manual	300	Asiento	AISI 316L	VV-300	-	Seguridad	300	-	AISI 316L

Tabla 4.16: Listado de válvulas del área 400.


<div></div>		Listado de válvulas			A-400			Planta de producción de Ácido oxálico			
								Fecha: 29/06		Localidad: Tàrrega	
		Hoja 1 de 1			Polígono industrial de los Gases Nobles						
Nomenclatura	DN	Tipo de válvula	Área	Brida	Material	Nomenclatura	DN	Tipo de válvula	Área	Brida	Material
VA-400A/B	250	Antirretorno	400	Cuello	Hastelloy C22	VC-403A/B/C	250	Automática	400	Cuello	Hastelloy C22
VC-400A/B	450	Manual	400	Cuello	Hastelloy C22	VG-400	150	Automática	400	Cuello	Hastelloy C22
VC-401A/B	250	Manual	400	Cuello	Hastelloy C22	VG-401	250	Automática	400	Cuello	Hastelloy C22
VC-402A/B/C	150	Automática	400	Cuello	Hastelloy C22	VV-400	-	Seguridad	400	-	Hastelloy C22

Tabla 4.17: Listado de válvulas del área 600.




		Listado de válvulas			A-600			Planta de producción de Ácido oxálico			
								Fecha: 29/06		Localidad: Tàrrega	
		Hoja 1 de 1			Polígono industrial de los Gases Nobles						
Nomenclatura	DN	Tipo de válvula	Área	Brida	Material	Nomenclatura	DN	Tipo de válvula	Área	Brida	Material
VC-600A/B/C	-	Manual	600	Cuello	AISI 316L	VG-600	-	Automática	600	Cuello	AISI 316L
VC-601	-	Manual	600	Cuello	AISI 316L	VV-600	-	Seguridad	600	-	AISI 316L

Tabla 4.18: Listado de válvulas del área 700.

		Listado de válvulas			A-700			Planta de producción de Ácido oxálico			
								Fecha: 29/06		Localidad: Tàrrega	
		Hoja 1 de 2			Polígono industrial de los Gases Nobles						
Nomenclatura	DN	Tipo de válvula	Área	Brida	Material	Nomenclatura	DN	Tipo de válvula	Área	Brida	Material
VA-700A/B	15	Antirretorno	700	Cuello	Hastelloy C22	VC-719A/B/C	150	Manual	700	Cuello	AISI 316L
VA-701A/B	40	Antirretorno	700	Asiento	AISI 316L	VC-720A/B/C/D	150	Manual	700	Cuello	AISI 316L
VA-702A/B	10	Antirretorno	700	Cuello	Hastelloy C22	VC-721A/B/C	150	Manual	700	Cuello	AISI 316L
VA-703A/B	150	Antirretorno	700	Cuello	Hastelloy C22	VC-722A/B/C	25	Manual	700	Cuello	AISI 316L
VC-700A/B/C	150	Manual	700	Cuello	Hastelloy C22	VG-700	150	Automática	700	Cuello	AISI 316L
VC-701A/B/C	150	Manual	700	Cuello	AISI 316L	VG-701	150	Automática	700	Cuello	AISI 316L
VC-702A/B/C	20	Manual	700	Asiento	AISI 316L	VG-702	20	Automática	700	Asiento	AISI 316L
VC-703A/B/C	40	Manual	700	Asiento	AISI 316L	VG-703	40	Automática	700	Asiento	AISI 316L
VC-704A/B/C	25	Manual	700	Asiento	AISI 316L	VG-704	25	Automática	700	Asiento	AISI 316L
VC-705A/B	25	Manual	700	Asiento	AISI 316L	VG-705	15	Automática	700	Asiento	AISI 316L
VC-706A/B	15	Manual	700	Asiento	AISI 316L	VG-706	200	Automática	700	Cuello	AISI 316L
VC-707A/B/C	15	Manual	700	Asiento	AISI 316L	VG-707	80	Automática	700	Cuello	AISI 316L
VC-708A/B/C	200	Manual	700	Cuello	Hastelloy C22	VG-708	200	Automática	700	Cuello	AISI 316L
VC-709A/B/C	80	Manual	700	Cuello	Hastelloy C22	VG-709	200	Automática	700	Cuello	AISI 316L
VC-710A/B	80	Manual	700	Cuello	Hastelloy C22	VG-710	10	Automática	700	Asiento	AISI 316L
VC-711A/B	40	Manual	700	Asiento	AISI 316L	VG-711	10	Automática	700	Asiento	AISI 316L
VC-712A/B/C	200	Manual	700	Cuello	AISI 316L	VG-712	150	Automática	700	Cuello	AISI 316L

		Listado de válvulas			A-700			Planta de producción de Ácido oxálico			
		Hoja 2 de 2			Polígono industrial de los Gases Nobles			Fecha: 29/06		Localidad: Tàrrega	
Nomenclatura	DN	Tipo de válvula	Área	Brida	Material	Nomenclatura	DN	Tipo de válvula	Área	Brida	Material
VC-713A/B	15	Manual	700	Asiento	AISI 316L	VG-714	150	Automática	700	Cuello	AISI 316L
VC-714A/B	10	Manual	700	Asiento	AISI 316L	VG-715	25	Automática	700	Cuello	AISI 316L
VC-715A/B/C	10	Manual	700	Asiento	AISI 316L	VV-700	-	Seguridad	700	-	AISI 316L
VC-716A/B/C	200	Manual	700	Cuello	AISI 316L	VV-701	-	Seguridad	700	-	AISI 316L
VC-717A/B/C	10	Manual	700	Asiento	Hastelloy C22	VV-702	-	Seguridad	700	-	AISI 316L
VC-718A/B/C	150	Manual	700	Cuello	AISI 316L						

4.4. ACCESORIOS

Los accesorios de las tuberías son elementos muy útiles a la hora de manipular la dirección del fluido, su velocidad, para unir o dividir tuberías, etc. En la planta Oxatech, se usan codos, T's, discos de ruptura y juntas de expansión.

4.4.1. Codos y T's

Los codos utilizados en la planta Oxatech son de 90°, y son utilizados para hacer el tramo de las tuberías lo más óptimo posible, teniendo en cuenta otros factores como las pérdidas de carga que generan, la seguridad de la planta y el fácil acceso a todos los tramos del proceso. Además, también se utilizan varias T's, tanto para unir dos tuberías, como en el caso de la unión de reactivos, como para dividir en dos caudales iguales, como en el caso de las dos líneas de reactores en el A-200.



Figura 4.10: Codo de 90° y unión T. Bauhaus.

<https://www.bauhaus.es/accesorios-para-roscar/codo-h-h/p/25889071>

4.4.2. Discos de ruptura

Es un accesorio de seguridad, que se instala en recipientes a presión, los cuales actúan por diferencia de presión, produciendo una apertura permanente. Según la guía de buenas prácticas NTP-456 ^[15], es recomendable el uso de este accesorio en recipientes que puedan sufrir un repentino aumento de presión, en presencia de fluidos corrosivos que puedan dañar las válvulas de seguridad o en presencia de fluidos tóxicos que no estén permitidos emitir por las válvulas de seguridad.

Por lo tanto, en la planta Oxatech se instalan discos de ruptura en cada uno de los reactores, ya que estos trabajan a 3 bar y contienen ácido nítrico, el cual puede dañar las válvulas de alivio. También se instalan discos de ruptura en aquellas tuberías en las que circula ácido nítrico, siguiendo el mismo razonamiento.



Figura 4.11: Disco de ruptura. Donadonsdd

<https://www.donadonsdd.com/es/productos/discos-de-ruptura>

4.5. BOMBAS

En la planta Oxatech, para impulsar los fluidos por las tuberías, se utilizan bombas centrífugas, ya que, por su principio de funcionamiento, son las más aptas para el proceso.

En el **Capítulo 11: Manual de cálculos**, se expone un ejemplo de diseño de una de las bombas de la planta Oxatech.

4.5.1. Nomenclatura de las bombas

Para identificar las bombas centrífugas de la línea de proceso principal, se ha desarrollado una nomenclatura similar a los equipos. Así, por ejemplo, la primera bomba del proceso es la P-100, que está destinada a la impulsión de etilenglicol desde el camión cisterna hasta el TK-100A.

4.5.2. NPSH de las bombas

Un factor muy importante a tener en cuenta es la cavitación que se puede producir justo antes de la bomba, debido a la disminución de la presión en el tramo de aspiración. La producción de cavitación se traduce en un mal funcionamiento del proceso, ya que la bomba no funciona correctamente en esas condiciones, pudiendo incluso llegar a estropearse. Por ello, se procede a calcular el NPSH disponible en cada bomba utilizada, y compararlo con el NPSH requerido, que es el que ofrece el proveedor. Para evitar la cavitación, el NPSH disponible debe ser mayor al NPSH requerido. La **Tabla 4.19** muestra los resultados obtenidos.


Tabla 4.19: NPSH de las bombas utilizadas en la planta Oxatech

Bomba	ha [m]	NPSHdisp	NPSHreq
P-100A/B	7,5	7,5	6,9
P-101A/B	9,4	9,4	3,9
P-102A/B	9,4	9,4	3,9
P-103A/B	8,6	8,6	2,5
P-200A/B	8,1	8,1	2
P-300A/B	8,9	8,5	3,8
P-301A/B	9,3	8,9	1,2
P-302A/B	8,7	8,7	2
P-303A/B	9,3	9,2	2,2
P-304A/B	8,9	8,9	0,8
P-305A/B	9,1	9,0	1,8
P-306A/B	9,2	8,9	1,9
P-700A/B	9,4	9,1	3,4
P701A/B	9,3	9,0	2
P-702A/B	9,2	6,0	2,2

4.5.3. Listado de las bombas

En este apartado, se expone la lista de bombas utilizadas en la planta Oxatech **Tabla 4.20**, y posteriormente la hoja de especificaciones de cada una de ellas, desde la **Tabla 4.21** hasta la **Tabla 4.34**.

Tabla 4.20: Listado de bombas de la planta Oxatech.

 OXATECH				Listado de bombas		Hoja 1 de 2				Planta de producción de Ácido oxálico				
						Polígono industrial de los Gases Nobles				Fecha: 29/06		Localidad: Tàrrega		
Bomba	Área	Tramo		deltaP [kPa]	z [m]	L [m]		Velocidad [m/s]		Caudal [m³/h]	Ev [J/Kg]		h [m]	P [kW]
		Inicio	Fin			Aspiración	Impulsión	Aspiración	Impulsión		Aspiración	Impulsión		
P-100A/B	100	Camión	TK-100A/B/C/D	28	7,00	10,00	40,00	0,86	1,78	480,00	0,66	67,61	26,00	36,38
P-101A/B	100	Camión	TK-101A/B	33	7,00	10,00	40,00	0,80	1,67	450,00	2,23	44,72	12,20	21,83
P-102A/B	100	Camión	TK-102	33	7,00	10,00	40,00	0,80	1,67	450,00	2,23	44,72	12,20	21,83
P-103A/B	100	TK's	A-200	202	10,00	35,00	107,00	0,79	1,61	3,24	10,60	280,58	70,90	0,72
P-200A/B	200	R-201A/B	CR-300	14	-3,00	32,00	22,30	0,60	1,63	27,94	15,56	60,9	6,60	0,53
P-300A/B	300	CR-300	F-500	259	3,00	2,00	168,00	0,65	1,76	30,28	6,90	213,26	78,80	6,05
P-301A/B	300	CT-300	CR-300	58	8,00	1,00	8,00	0,59	2,10	4,21	3,17	56,66	24,00	0,33
P-302A/B	300	CR-300	CT-300	19	-0,50	1,50	5,00	0,77	1,81	8,60	9,48	53,98	8,50	0,24
P-303A/B	300	F-300	A-200	106	5,50	1,00	58,00	0,76	2,07	0,94	3,91	367,88	78,10	0,20
P-304A/B	300	CR-301	RD-300	38	4,00	1,0	28,5	0,70	1,57	5,47	7,57	113,81	28,8	0,43
P-305A/B	300	CR-301	CT-301	19	0,50	1,5	5,0	0,61	1,79	7,63	5,84	52,36	10,5	0,44
P-306A/B	300	CT-301	RD-300	36	7,00	1,0	11,5	0,65	1,54	3,10	4,68	44,54	22,5	0,19
P-700A/B	500	TK-700	A-200	202	0,50	1,0	30,0	0,64	2,33	11,04	2,32	186,23	48,7	1,73
P-701A/B	500	F-701	A-200	202	8,00	1,0	9,0	0,75	2,14	1,50	3,15	157,3	57,8	0,26


 OXATECH			Listado de bombas			Hoja 2 de 2				Planta de producción de Ácido oxálico				
										Fecha: 29/06		Localidad: Tàrrega		
Bomba	Área	Tramo		deltaP [kPa]	z [m]	L [m]		Velocidad [m/s]		Caudal [m³/h]	Ev [J/Kg]		h [m]	P [kW]
P-702A/B	500	CD-701	N-700	48	7,00	1,00	15,00	0,90	1,42	0,63	4,83	43,51	21,80	0,04

Tabla 4.21 Hoja de especificaciones de la bomba P-100A/B.

	Hoja de especificaciones de bomba	Planta de producción de ácido oxálico	Bomba: P-100A/B
			Área: A-100
			Fecha: 29/06
			Revisado por: Dpto. Calidad
		Hoja 1 de 1	
Datos generales de la bomba			
Finalidad		Llenar los TK-100A/B/C/D	
Tipo de bomba		Centrífuga horizontal	
Marca		KSB	
Modelo		MegaCPK Inducer 150-125-200 ^[16]	
Datos de operación			
Fluido		A	
Presión máxima [bar]		25	
Temperatura máxima [°C]		400	
Potencia máxima [kW]		82	
Caudal [m³/h]		120-580	
Carga [m]		35-60	
Material de construcción		AISI 316L	
Unión		Brida de cuello	
Normativas		ISO 2858, ISO 5199, ISO 9906, ATEX	
			

Tabla 4.22: Hoja de especificaciones de la bomba P-101A/B.

	Hoja de especificaciones de bomba	Planta de producción de ácido oxálico	Bomba: P-101A/B
			Área: A-100
			Fecha: 29/06
			Revisado por: Dpto. Calidad
		Hoja 1 de 1	
Datos generales de la bomba			
Finalidad		Llenar los TK-101A/B	
Tipo de bomba		Centrífuga horizontal	
Marca		KSB	
Modelo		MegaCPK Inducer 200-150-200 ^[16]	
Datos de operación			
Fluido		MA	
Presión máxima [bar]		25	
Temperatura máxima [°C]		400	
Potencia máxima [kW]		24	
Caudal [m³/h]		110-530	
Carga [m]		14-21	
Material de construcción		AISI 316L	
Unión		Brida de cuello	
Normativas		ISO 2858, ISO 5199, ISO 9906, ATEX	
			

Tabla 4.23: Hoja de especificaciones de la bomba P-102A/B.



	Hoja de especificaciones de bomba	Planta de producción de ácido oxálico	Bomba: P-102A/B
			Área: A-100
			Fecha: 29/06
			Revisado por: Dpto. Calidad
		Hoja 1 de 1	
Datos generales de la bomba			
Finalidad		Impulsar los reactivos a los R-200A/B	
Tipo de bomba		Centrífuga horizontal	
Marca		Calpeda	
Modelo		NMD 25/190A-60/B ^[17]	
Datos de operación			
Fluido		MB	
Presión máxima [bar]		16	
Temperatura máxima [°C]		90	
Potencia máxima [kW]		4	
Caudal [m³/h]		2,4-9,6	
Carga [m]		63-98	
Material de construcción		AISI 316L	
Unión		Brida de cuello	
Normativas		ISO 2858, ISO 5199, ISO 9906, ATEX	
			

Tabla 4.24: Hoja de especificaciones de la bomba P-200A/B.


	Hoja de especificaciones de bomba	Planta de producción de ácido oxálico	Bomba: P-200A/B
			Área: A-200
			Fecha: 29/06
			Revisado por: Dpto. Calidad
		Hoja 1 de 1	
Datos generales de la bomba			
Finalidad		Impulsar el producto de los R-201A/B hacia el CR-300	
Tipo de bomba		Centrífuga horizontal	
Marca		Calpeda	
Modelo		NM 17/H-60/A ^[17]	
Datos de operación			
Fluido		MD	
Presión máxima [bar]		10	
Temperatura máxima [°C]		90	
Potencia máxima [kW]		1,1	
Caudal [m³/h]		21-54	
Carga [m]		3,5-9,2	
Material de construcción		Hastelloy C22	
Unión		Brida de cuello	
Normativas		ISO 2858, ISO 5199, ISO 9906, ATEX	
			

Tabla 4.25: Hoja de especificaciones de la bomba P-300A/B.


	Hoja de especificaciones de bomba	Planta de producción de ácido oxálico	Bomba: P-300A/B
			Área: A-300
			Fecha: 29/06
			Revisado por: Dpto. Calidad
		Hoja 1 de 1	
Datos generales de la bomba			
Finalidad		Impulsar el líquido del CR-300 al F-500, para su tratamiento	
Tipo de bomba		Centrífuga horizontal	
Marca		Calpeda	
Modelo		NM 40/25A-60/C ^[17]	
Datos de operación			
Fluido		MD	
Presión máxima [bar]		10	
Temperatura máxima [°C]		90	
Potencia máxima [kW]		15	
Caudal [m³/h]		15-39	
Carga [m]		76-90,4	
Material de construcción		AISI 316L	
Unión		Brida de cuello	
Normativas		ISO 2858, ISO 5199, ISO 9906, ATEX	
			

Tabla 4.26: Hoja de especificaciones de la bomba P-301A/B.

	Hoja de especificaciones de bomba	Planta de producción de ácido oxálico	Bomba: P-301A/B
			Área: A-300
			Fecha: 29/06
			Revisado por: Dpto. Calidad
		Hoja 1 de 1	
Datos generales de la bomba			
Finalidad		Recircular el líquido del CT-300 al CR-300	
Tipo de bomba		Centrífuga horizontal	
Marca		Calpeda	
Modelo		NM 6/A-60 ^[17]	
Datos de operación			
Fluido		MD	
Presión máxima [bar]		10	
Temperatura máxima [°C]		90	
Potencia máxima [kW]		1,1	
Caudal [m³/h]		1-8,4	
Carga [m]		17,2-36,6	
Material de construcción		AISI 316L	
Unión		Brida de cuello	
Normativas		ISO 2858, ISO 5199, ISO 9906, ATEX	
			

Tabla 4.27: Hoja de especificaciones de la bomba P-302A/B.



	Hoja de especificaciones de bomba	Planta de producción de ácido oxálico	Bomba: P-302A/B
			Área: A-300
			Fecha: 29/06
			Revisado por: Dpto. Calidad
		Hoja 1 de 1	
Datos generales de la bomba			
Finalidad		Impulsar el slurry del CR-300 AL CT-300	
Tipo de bomba		Centrífuga horizontal de rodete abierto	
Marca		Calpeda	
Modelo		A 40-110B-60/A ^[18]	
Datos de operación			
Fluido		MD	
Presión máxima [bar]		6	
Temperatura máxima [°C]		90	
Potencia máxima [kW]		0,55	
Caudal [m³/h]		3,6-15	
Carga [m]		5,4-12,5	
Material de construcción		AISI 316L	
Unión		Brida de cuello	
Normativas		ISO 2858, ISO 5199, ISO 9906, ATEX	
			

Tabla 4.28: Hoja de especificaciones de la bomba P-303A/B.



	Hoja de especificaciones de bomba	Planta de producción de ácido oxálico	Bomba: P-303A/B
			Área: A-300
			Fecha: 29/06
			Revisado por: Dpto. Calidad
		Hoja 1 de 1	Ubicación: Tàrrega
Datos generales de la bomba			
Finalidad		Recircular el líquido del F-300 al área 200	
Tipo de bomba		Centrífuga horizontal	
Marca		Calpeda	
Modelo		NMD 20/140A-60/A ^[17]	
Datos de operación			
Fluido		MB	
Presión máxima [bar]		10	
Temperatura máxima [°C]		90	
Potencia máxima [kW]		1,5	
Caudal [m³/h]		1-6,1	
Carga [m]		54-77	
Material de construcción		Hastelloy C22	
Unión		Brida de cuello	
Normativas		ISO 2858, ISO 5199, ISO 9906, ATEX	
			

Tabla 4.29: Hoja de especificaciones de la bomba P-304A/B.



	Hoja de especificaciones de bomba	Planta de producción de ácido oxálico	Bomba: P-304A/B
			Área: A-300
			Fecha: 29/06
			Revisado por: Dpto. Calidad
		Hoja 1 de 1	Ubicación: Tàrrega
Datos generales de la bomba			
Finalidad		Recircular el líquido del CR-301 al RD-300	
Tipo de bomba		Centrífuga horizontal	
Marca		Calpeda	
Modelo		NMD 20/140A-60/A ^[17]	
Datos de operación			
Fluido		MB	
Presión máxima [bar]		10	
Temperatura máxima [°C]		90	
Potencia máxima [kW]		0,75	
Caudal [m³/h]		2,4-13,2	
Carga [m]		14,5-24,5	
Material de construcción		AISI 316L	
Unión		Brida de cuello	
Normativas		ISO 2858, ISO 5199, ISO 9906, ATEX	
			

Tabla 4.30: Hoja de especificaciones de la bomba P-305A/B.



	Hoja de especificaciones de bomba	Planta de producción de ácido oxálico	Bomba: P-305A/B
			Área: A-300
			Fecha: 29/06
			Revisado por: Dpto. Calidad
		Hoja 1 de 1	
Datos generales de la bomba			
Finalidad		Impulsar el slurry del CR-301 AL CT-301	
Tipo de bomba		Centrífuga horizontal de rodete abierto	
Marca		Calpeda	
Modelo		A 50-125CE-60 ^[18]	
Datos de operación			
Fluido		MD	
Presión máxima [bar]		6	
Temperatura máxima [°C]		90	
Potencia máxima [kW]		0,75	
Caudal [m³/h]		6,1-27	
Carga [m]		4-13,5	
Material de construcción		AISI 316L	
Unión		Brida de cuello	
Normativas		ISO 2858, ISO 5199, ISO 9906, ATEX	
			

Tabla 4.31: Hoja de especificaciones de la bomba P-306A/B.



	Hoja de especificaciones de bomba	Planta de producción de ácido oxálico	Bomba: P-306A/B
			Área: A-300
			Fecha: 29/06
			Revisado por: Dpto. Calidad
	Hoja 1 de 1		Ubicación: Tàrrega
Datos generales de la bomba			
Finalidad		Recircular el líquido del CT-301 al RD-300	
Tipo de bomba		Centrífuga horizontal	
Marca		Calpeda	
Modelo		NMD 20/140A-60/A ^[19]	
Datos de operación			
Fluido		MB	
Presión máxima [bar]		10	
Temperatura máxima [°C]		90	
Potencia máxima [kW]		0,45	
Caudal [m³/h]		1-3,6	
Carga [m]		19-36,5	
Material de construcción		AISI 316L	
Unión		Brida de cuello	
Normativas		ISO 2858, ISO 5199, ISO 9906, ATEX	
			



Tabla 4.32: Hoja de especificaciones de la bomba P-500A/B.

	Hoja de especificaciones de bomba	Planta de producción de ácido oxálico	Bomba: P-700A/B
			Área: A-500
			Fecha: 29/06
			Revisado por: Dpto. Calidad
		Hoja 1 de 1	
Datos generales de la bomba			
Finalidad		Recircular la salida de cabezas del F-500 al A-200	
Tipo de bomba		Centrífuga horizontal	
Marca		Calpeda	
Modelo		NM 32/16A-60/B ^[19]	
Datos de operación			
Fluido		MA	
Presión máxima [bar]		10	
Temperatura máxima [°C]		90	
Potencia máxima [kW]		2,2	
Caudal [m³/h]		6,6-16,8	
Carga [m]		29-36,5	
Material de construcción		Hastelloy C22	
Unión		Brida de cuello	
Normativas		ISO 2858, ISO 5199, ISO 9906, ATEX	
			

Tabla 4.33: Hoja de especificaciones de la bomba P-501A/B.

	Hoja de especificaciones de bomba	Planta de producción de ácido oxálico	Bomba: P-701A/B
			Área: A-500
			Fecha: 29/06
			Revisado por: Dpto. Calidad
		Hoja 1 de 1	
Datos generales de la bomba			
Finalidad		Recircular la salida de colas del F-501 al A-200	
Tipo de bomba		Centrífuga horizontal	
Marca		Calpeda	
Modelo		NM 3/C-60/A ^[19]	
Datos de operación			
Fluido		MD	
Presión máxima [bar]		10	
Temperatura máxima [°C]		90	
Potencia máxima [kW]		1,1	
Caudal [m³/h]		1,2-6	
Carga [m]		29-40	
Material de construcción		Hastelloy C22	
Unión		Brida de cuello	
Normativas		ISO 2858, ISO 5199, ISO 9906, ATEX	
			

Tabla 4.34: Hoja de especificaciones de la bomba P-502A/B.

	Hoja de especificaciones de bomba	Planta de producción de ácido oxálico	Bomba: P-702A/B
			Área: A-500
			Fecha: 29/06
			Revisado por: Dpto. Calidad
		Hoja 1 de 1	
Datos generales de la bomba			
Finalidad		Impulsar la salida de cabezas del F-502 al N-600	
Tipo de bomba		Centrífuga horizontal	
Marca		Calpeda	
Modelo		NM 1/AE-60 ^[19]	
Datos de operación			
Fluido		MD	
Presión máxima [bar]		10	
Temperatura máxima [°C]		90	
Potencia máxima [kW]		0,37	
Caudal [m³/h]		1-4,8	
Carga [m]		14,2-22	
Material de construcción		Hastelloy C22	
Unión		Brida de cuello	
Normativas		ISO 2858, ISO 5199, ISO 9906, ATEX	
			

4.6. COMPRESORES

Los compresores de la planta Oxatech son compresores centrífugos, y son utilizados principalmente para llenar las esferas de oxígeno, para suministrar aire a presión a los generadores de oxígeno, para recircular los gases de los reactores y para suministrar aire a los secadores del área 400 y 700.

En el **Capítulo 11: Manual de cálculos**, se expone un ejemplo de diseño de uno compresores de la planta Oxatech.

4.6.1. Nomenclatura de los compresores

Los compresores de la planta Oxatech siguen una nomenclatura similar a las bombas. Así, por ejemplo, el primer compresor es el K-100A, que es el compresor número 00 del área 100, y alimenta a los TK-103A/B/C/D.

4.6.2. Listado de los compresores

A continuación, se muestra el listado de los compresores utilizados, **Tabla 4.35**, y posteriormente la hoja de especificaciones de cada una de ellas, desde la **Tabla 4.36** hasta la **Tabla 4.40**.

Tabla 4.35: Listado de compresores de la planta Oxatech.


		Listado de compresores		Hoja 1 de 1		Planta de producción de Ácido oxálico			
						Fecha: 29/06		Localidad: Tàrrega	
Nomenclatura	Área	Tramo		Presión [Bar]		Temperatura [°C]		Caudal [m³/h]	Potencia [kW]
		Desde	Hasta	P de aspiración	P de impulsión	T de aspiración	T de impulsión		
K-100A/B	100	Exterior	GO-100	1	7	25	25	4660,00	315
K-101A/B	100	GO-100	TK-103A/B/C/D	5	17	25	25	9320,00	1548
K-200A/B	200	R-200A/B y R-201A/B	R-200A/B y R-201A/B	3	3,5	80	80	2856,00	46
K-400A/B	400	Exterior	D-400	1	3	80	80	11008,00	426
K-700A/B	700	Exterior	D-700	1	4	100	100	682,31	33

Tabla 4.36: Hoja de especificaciones del compresor K-100A/B.



	Hoja de especificaciones de compresor	Planta de producción de ácido oxálico	Compresor: K-100A/B
			Área: A-100
			Fecha: 29/06
			Revisado por: Dpto. Calidad
	Hoja 1 de 1		Ubicación: Tàrrega
Datos generales de la bomba			
Finalidad		Comprimir aire hacia el GO-100	
Tipo de compresor		Tornillo rotativo	
Marca		Atlas copco	
Modelo		GA 37 VSD+ ^[20]	
Datos de operación			
Fluido		K	
Presión máxima [bar]		12,50	
Potencia máxima [kW]		260	
Caudal [m³/h]		55,1-311,8 (a la presión de operación)	
Material de construcción		AISI 316L	
			

Tabla 4.37: Hoja de especificaciones del compresor K-101A/B.



	Hoja de especificaciones de compresor	Planta de producción de ácido oxálico	Compresor: K-101A/B
			Área: A-100
			Fecha: 29/06
			Revisado por: Dpto. Calidad
	Hoja 1 de 1		Ubicación: Tàrrega
Datos generales de la bomba			
Finalidad		Impulsar el O2 producido a los TK-100A/B/C/D	
Tipo de compresor		Centrífugo	
Marca		Ingersoll rand	
Modelo		3C ^[21]	
Datos de operación			
Fluido		B	
Presión máxima [bar]		24	
Potencia máxima [kW]		2000	
Caudal [m³/h]		5400-8400 (a la presión de operación)	
Material de construcción		AISI 316L	
			

Tabla 4.38: Hoja de especificaciones del compresor K-200A/B.



	Hoja de especificaciones de compresor	Planta de producción de ácido oxálico	Compresor: K-200A/B
			Área: A-200
			Fecha: 29/06
			Revisado por: Dpto. Calidad
	Hoja 1 de 1		Ubicación: Tàrrega
Datos generales de la bomba			
Finalidad		Recircular los gases de los reactores	
Tipo de compresor		Centrífugo	
Marca		Ingersoll rand	
Modelo		5CII ^[21]	
Datos de operación			
Fluido		MG	
Presión máxima [bar]		10,50	
Potencia máxima [kW]		4500	
Caudal [m³/h]		350-800 (a la presión de operación)	
Material de construcción		AISI 316L	
			

Tabla 4.39: Hoja de especificaciones del compresor K-400A/B.





	Hoja de especificaciones de compresor	Planta de producción de ácido oxálico	Compresor: K-400A/B
			Área: A-400
			Fecha: 29/06
			Revisado por: Dpto. Calidad
		Hoja 1 de 1	Ubicación: Tàrrega
Datos generales de la bomba			
Finalidad		Impulsar aire hacia el secador D-400	
Tipo de compresor		Centrífugo	
Marca		Ingersoll rand	
Modelo		MSG TA-NX 8000 ^[21]	
Datos de operación			
Fluido		K	
Presión máxima [bar]		14,50	
Potencia máxima [kW]		1700	
Caudal [m³/h]		8100-18000 (a la presión de operación)	
Material de construcción		AISI 316L	
			

Tabla 4.40: Hoja de especificaciones del compresor K-700A/B.

	Hoja de especificaciones de compresor	Planta de producción de ácido oxálico	Compresor: K-700A/B
			Área: A-700
			Fecha: 29/06
			Revisado por: Dpto. Calidad
	Hoja 1 de 1		Ubicación: Tàrrega
Datos generales de la bomba			
Finalidad		Impulsar aire hacia el secador D-700	
Tipo de compresor		Centrífugo	
Marca		Atlas copco	
Modelo		GA 75 VSD+ ^[20]	
Datos de operación			
Fluido		K	
Presión máxima [bar]		12,50	
Potencia máxima [kW]		75	
Caudal [m³/h]		94-814 (a la presión de operación)	
Material de construcción		AISI 316L	
			

4.7. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

[1] Catalogo No. ACX 240, Acero inoxidable austenítico, Acerinox, Madrid. Disponible:

<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut102/AISI316L.pdf>

[2] Catalogo No. Aceros y equipos, Aleaciones austeníticas, Acequisa, Castilla y leon (Burgos). Disponible:

<http://acequisa.com/spanish/niquel/alloy-c22.html>

[3] Catalogo No. TECH, Aislamiento de tuberías, Isover, Madrid (Alcalá de Henares). Disponible:

<https://www.isover.es/productos-isover/productos-industria/tuberias>

[4] Comisión Europea. (1017, Junio, 23). ITC MIE-APQ-6: «Almacenamiento de líquidos corrosivos». [Online]. Disponible:

<https://www.apici.es/wp-download/legislacion/ITCMIEAPQ6.pdf>

[5] The America Society of Mechanical Engineers. (2008). Código ASME para tuberías a presión, B31. [Online]. Disponible:

https://www.academia.edu/26793732/ASME_B31_3_EN_ESPA%C3%91OL_TUBER%C3%8DAS_DE_PROCESO

[6] Asociación de Fabricantes Españoles de Lanás Minerales Aislantes. (2017). Guía de buenas prácticas en el aislamiento industrial. [Online]. Disponible:

https://diof0bc2097ng.cloudfront.net/sites/www.voltimum.es/files/pdflibrary/guia_de_buenas_practicas_en_el_aislamiento_industrial_fenercom_2017.pdf

[7] European Sealing Association. (2004, Febrero). Compensadores de Dilatación, Guía Técnica [Online]. Disponible:

https://www.europeansealing.com/wp-content/uploads/2018/05/ESA_Expansion_Joints_-_Engineering_Guide_-_Espanol2009.pdf

[8] Catalogo No. Coraci, Compensadores de dilatación, CoraciSA, Barcelona, (Cornellà del Llobregat). Disponible:

https://www.coraci.es/pdf/Catalogo_CORACI.pdf

[9] H. Rodríguez. (2021, Marzo). Cálculo de transportadores de tornillos sin fin. [Online]. Disponible:

<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html>

[10] H. Rodríguez. (2021, Marzo). Cálculo y diseño de cintas transportadoras. [Online]. Disponible:

<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn84.html>

[11] Catalogo No. JET, Elevador de cangilones, Stiff, Francia (Saint Georges sur Loire). Disponible:

<https://www.stifnet.com/es/descargas/catalogues-produits/godets-deleveurs-jet/>

[12] Comisión Europea. (1017, Junio, 23). ITC MIE-APQ 1: «Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles». [Online]. Disponible:

<https://www.apici.es/wp-download/legislacion/ITCMIEAPQ1.pdf>

[13] Instituto nacional de Seguridad e higiene en el Trabajo. (1999). NTP 342: Válvulas de seguridad (I): características técnicas. [Online]. Disponible:

https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_342.pdf/30201ad7-fba7-4bbd-b979-15e1ed147417?version=1.0&t=1614698484802

[14] Catalogo No. B16.5, Uniones y bridas, Gestión de compras, Albacete. Disponible:

<https://www.gestiondecompras.com/files/products/forging/bridas.pdf>

[15] Instituto nacional de Seguridad e higiene en el Trabajo. (1999). NTP 456: Discos de ruptura (I): características. [Online]. Disponible:

https://www.insst.es/documents/94886/326962/ntp_456.pdf/05f82d46-df39-4b36-ab78-944901b9c3c4

[16] Catalogo No. MegaCPK, Bombas centrífugas, KSB, Barcelona (Cornellà del Llobregat). Disponible:

<https://www.ksb.com/es-es/lc/productos/bomba/bomba-instalada-en-seco/megacpk/M48A>

[17] Catalogo No. NM, NMD, Bombas centrífugas, Calpeda, Barcelona (Cerdanyola del Vallès). Disponible:

https://es.calpeda.com/system/products/catalogue_60hzs/52/es/NM_NMD_60HZ_2019.pdf?1602686508

[18] Catalogo No. A, Bombas centrífugas, Calpeda, Barcelona (Cerdanyola del Vallès).
Disponible:

https://es.calpeda.com/system/products/catalogue_60hzs/242/es/A_60HZ_2019.pdf?1602686368

[19] Catalogo No. NM, NMS, Bombas centrífugas, Calpeda, Barcelona (Cerdanyola del Vallès).
Disponible:

https://es.calpeda.com/system/products/catalogue_60hzs/53/es/NM_NMS_60HZ_2019.pdf?1602686515

[20] Catalogo No. GA 5-11, Compresores centrífugos, Atlas copco, Suecia. Disponible:

https://www.atlascopco.com/content/dam/atlas-copco/compressor-technique/industrial-air/documents/leaflets/compressors/ga5-11/GA5-11_antwerp_leaflet_ES_2935487546.pdf

[21] Catalogo No. MSG Centac, Compresores centrífugos, Ingersoll rand, Estados Unidos.
Disponible:

<https://www.ingersollrand.com/es-es/air-compressor/centrifugal-air-compressors/msg-centac-c700-variable-speed>

