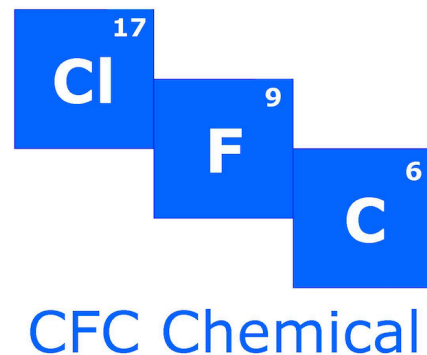


PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREÓN-13



PROYECTO FINAL DE GRADO ESCOLA D'ENGINYERIA, UAB

Blanca Camps Fadulla
André González Coindreau
Aziza el Haddouchi
Sergio Mendoza Wendorff
Borja Solís Duran
Tutor: Antoni Sánchez Ferrer

Junio 2015

APARTADO 1

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

ÍNDICE

1.1. DEFINICIÓN DEL PROYECTO	4
1.1.1. OBJECTIVOS	4
1.1.2. ALCANCE DEL PROYECTO	4
1.1.3. BASES DEL DISEÑO	4
1.1.4. ESPECIFICACIONES DE LA INSTALACIÓN.....	5
1.1.5. LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA	5
1.1.5.1. PARÁMETROS DE EDIFICACIÓN Y PLANO DE LA PARCELA...	5
1.1.5.2. EVALUACIÓN DE LAS COMUNICACIONES Y ACCESIBILIDAD DE LA PLANTA.....	7
1.1.5.3. CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO FÍSICO DE LA ZONA.....	9
1.1.5.3.1. CLIMATOLOGIA	9
1.1.5.3.2. GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y EDAFOLOGÍA	11
1.1.5.3.3. HIDROLOGÍA	15
1.1.5.3.4. SISMOLOGÍA.....	17
1.1.6. NOMENCLATURA DE LA MEMORIA.....	19
1.2. CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA.....	22
1.2.5. DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DE LA PLANTA	22
1.2.6. DISTRIBUCIÓN POR ÁREAS	22
1.2.7. PLANTILLA DE TRABAJADORES.....	28
1.2.8. PROGRAMACIÓN TEMPORAL Y MONTAJE DE LA PLANTA	31
1.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS REACTIVOS Y PRODUCTOS.....	35
1.3.5. REACTIVOS (I): CCl ₄	35
1.3.6. REACTIVOS (II): HF	36
1.3.7. SUBPRODUCTOS (I): CCl ₂ F ₂	37
1.3.8. SUBPRODUCTOS (II): CCl ₃ F	38
1.3.9. PRODUCTOS (I): CClF ₃	39

1.3.10.	PRODUCTOS(II): HCl	40
1.3.11.	CATALIZADOR (I): SbCl ₅	40
1.3.12.	CATALIZADOR (II): AlCl ₃	44
1.3.13.	SOPORTE CATALIZADOR (I): SiO ₂	46
1.4.	APLICACIONES DEL FREON-13	47
1.5.	RUTAS DE SÍNTESI DEL FREON-13.....	48
1.6.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN	50
1.7.	BALANCES DE MATERIA	55
1.8.	SERVICIOS DE PLANTA	66
1.8.5.	EQUIPOS DE TÉRMICOS.....	66
1.8.5.3.	TORRE DE REFRIGERACIÓN	74
1.8.5.4.	EQUIPOS CHILLER.....	78
1.8.5.5.	CALDERA.....	80
1.8.6.	NITROGENO DE INERTIZACIÓN	89
1.8.7.	AIRE COMPRIMIDO	89
1.8.8.	DESCALCIFICADOR	92
1.8.9.	ELECTRICIDAD	92
1.8.9.3.	TRANSFORMADOR ELÉCTRICO.....	92
1.8.9.4.	GRUPO ELECTRÓGENO	95
1.8.10.	PESAJE	97
1.8.11.	CONSUMOS.....	98
1.8.11.3.	GAS NATURAL.....	98
1.8.11.4.	ENERGÍA ELÉCTRICA	98
1.8.11.5.	AGUA DE RED	98
1.8.11.6.	NITRÓGENO.....	98

1.1. DEFINICIÓN DEL PROYECTO

1.1.1. OBJETIVOS

El objetivo de este proyecto es el diseño de una planta química que produce 10.000 toneladas al año de FREON-13 a partir de CCl_4 y HF.

Se presenta un estudio de viabilidad de la construcción y operación de la planta siempre bajo el cumplimiento de la normativa y legislación vigente.

1.1.2. ALCANCE DEL PROYECTO

En la realización del proyecto se incluirán los siguientes aspectos:

- Diseño y especificación de los equipos de proceso.
- Diseño y especificación de las unidades de control del proceso.
- Diseño y especificación del sistema de seguridad e higiene de la planta.
- Estudio de la puesta en marcha, parada y operación de la planta.
- Estudio medioambiental y diseño de procesos de tratamiento de residuos.
- Cumplimiento de las normativas y disposiciones legales vigentes.
- Análisis económico del proyecto.

1.1.3. BASES DEL DISEÑO

El proyecto que se detalla a continuación contempla las siguientes áreas:

- Unidades de proceso y reacción para la producción y purificación del FREON-13.
- Unidades de almacenamiento de materias primas y estación de carga y descarga.
- Almacenamiento del producto acabado.
- Áreas de servicios.
- Oficinas, laboratorios y vestuarios.
- Áreas auxiliares: aparcamientos, control de accesos, contra incendios, depuración de aguas y gases.

1.1.4. ESPECIFICACIONES DE LA INSTALACIÓN

- Capacidad: 10.000 Tm/año de FREON-13.
- Funcionamiento: 300 días/año de producción.
- Presentación: Líquido en depósitos de almacenamiento.

1.1.5. LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

El proyecto se realiza en una parcela de 70.095 m² sobre un terreno situado en el Polígono Industrial Gasos Nobles del municipio de Sabadell. Esta situación permitirá compartir una serie de servicios con otras plantas situadas en el polígono y, a la vez, estar cerca de posibles compradores del producto acabado. Por otro lado, existen ventajas a nivel social y de permisos, ya que la planta no producirá un impacto ambiental, ni paisajístico destacable.

El municipio de Sabadell es una localidad de 37,8 km² localizada en la comarca del Vallés Occidental, provincia de Barcelona, en Catalunya, al noreste de la península Ibérica (Figura 1.1). Se sitúa a unos 20 km al noroeste de la ciudad de Barcelona.

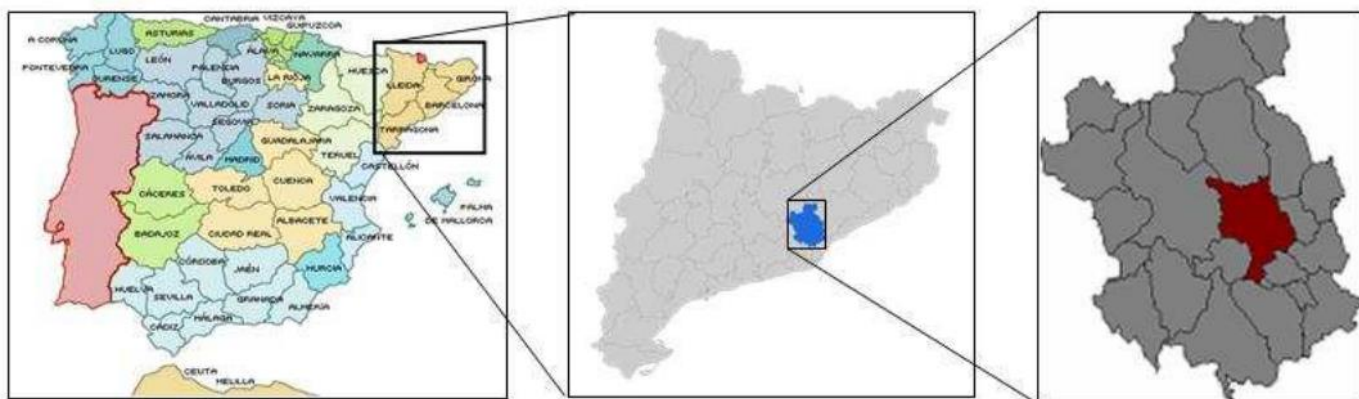


Figura 1.1. Localización geográfica del municipio de Sabadell dentro de la península Ibérica

1.1.5.1. PARÁMETROS DE EDIFICACIÓN Y PLANO DE LA PARCELA

Una vez emplazada la planta química, se tienen que tener en cuenta los parámetros de edificabilidad, a fin de cumplir con la normativa urbanística del polígono

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

industrial, teniendo en cuenta los retranqueos a viales y vecinos, altura de los edificios, ocupación de la parcela y la edificabilidad.

Los parámetros de edificación que contempla el polígono Gasos Nobles se muestran en la tabla 1.1.

Tabla 1.1. Especificaciones de la parcela de la planta

Edificabilidad	1,5 m ² techo/m ² suelo
Ocupación máxima de parcela	75%
Ocupación mínima de parcela	20% de la superficie de ocupación máxima
Retranqueos	5 m a viales y vecinos
Altura máxima	16 m y 3 plantas, excepto en producción justificando la necesidad por el proceso 4m y 1 planta
Altura mínima	4 m y 1 planta
Aparcamientos	1plaza/150 m ² construidos
Distancia entre edificios	1/3 del edificio más alto con un mínimo de 5 m

A continuación (Figura 1.2) se muestra el plano de la parcela donde queda emplazada la planta de producción de Freon-13:

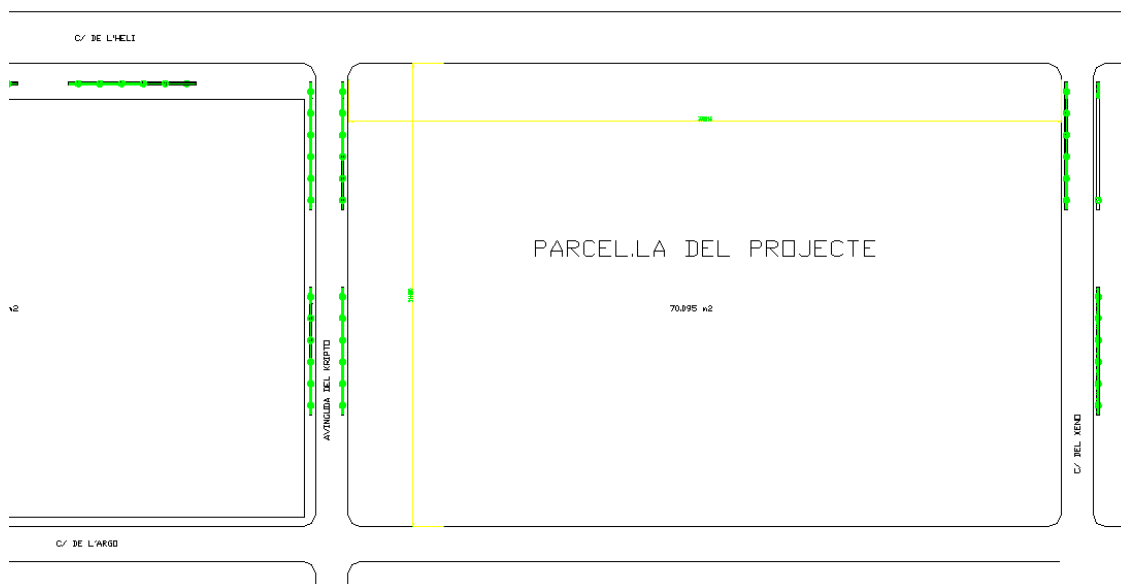


Figura 1.2. Plano de la parcela en el polígono Gasos Nobles

1.1.5.2. EVALUACIÓN DE LAS COMUNICACIONES Y ACCESIBILIDAD DE LA PLANTA

La comunicación y la accesibilidad de la planta son de vital importancia para la llegada de las materias primas necesarias, así como para la salida del producto acabado. Es por eso, que es un punto clave en el momento de decidir su emplazamiento.

Con relación al transporte de mercancías relacionado con las actividades industriales y logísticas, éste está actualmente basado casi exclusivamente en el transporte por carretera, con un papel del ferrocarril, aéreo y marítimo meramente testimonial o complementario. A continuación se desglosan con más detalle:

- Comunicación viaria:

Como se ha mencionado, la comunicación terrestre requiere especial atención ya que será la que se usará en mayor medida. Existe una extensa red de carreteras, autovías y autopistas como se observa en la Figura 1.3:



Figura 1. 3. Red viaria de carreteras que pasan por Sabadell

Destacan la autopista AP-7 que atraviesa el Vallés conectando con Tarragona y el sur de la Península Ibérica, la autovía A-2 que comunica Barcelona, Lleida, Zaragoza, Gerona y Francia, la carretera nacional N-150, y carreteras autonómicas como la C-58, C-16, C-33, C-1413a, C-1415a y la C-155.

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

- Comunicación ferroviaria:

Una red de comunicaciones es mediante la compañía Renfe con líneas de corto y medio alcance. En Barcelona existen líneas de corto, medio y largo alcance, así como el AVE. Estas comunican con Madrid, el sur de España y hasta el norte de Catalunya y Francia. El corredor mediterráneo avanza paralelo a la costa mediterránea y consiste en un eje de mercancías que permite el tráfico masivo de éstas. Este corredor (Figura 1.4) es una gran infraestructura (3500 km de longitud) que permite un impulso económico y una facilidad de movimientos necesaria para cualquier negocio como el que se propone en el presente proyecto.



Figura 1. 4. Corredor ferroviario del mediterráneo

También se dispone de las infraestructuras de los ferrocarriles de la Generalitat de Catalunya (FGC), que enlazan Barcelona con otras provincias de Catalunya.

- Comunicación marítima:

Se puede considerar la disponibilidad del puerto de Barcelona que se encuentra a unos 20 km de Sabadell. Este facilita el enlace de Barcelona con el sur de Francia, otros puertos de la península y el resto del mundo. Se cree una vía útil de comunicación. Así también, a 100 km se encuentra el puerto de Tarragona, uno de

los puertos marítimos más importantes de la costa mediterránea. Gran parte de la actividad de este puerto está relacionada con el transporte industrial o de mercancías.

- Comunicación aérea:

Sabadell dispone de un aeropuerto donde, básicamente operan avionetas, pero también se usa para el tráfico de diversas mercancías. Así mismo, también podemos considerar el aeropuerto internacional de Barcelona, situado en el municipio del Prat de Llobregat, a 40 km de Sabadell. Este es uno de los aeropuertos más importantes de España. Tal proximidad supone una gran ventaja para la planta, ya que permite una rápida y fácil movilidad de personas, maquinaria y productos. Las vías de transporte para llegar al aeropuerto desde Sabadell son por carretera o tren.

1.1.5.3. CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO FÍSICO DE LA ZONA

1.1.5.3.1. CLIMATOLOGIA

El clima de Sabadell es mediterráneo litoral con temperaturas suaves. El invierno está condicionado por la proximidad de las sierras pre litorales, su condición de valle y la disposición del relieve: al ser un llano rodeado de montañas favorece la inversión térmica. La comarca presenta unas precipitaciones anuales con destacadas variaciones de un año a otro y está afectada por las rigurosas sequías veraniegas propias de la zona mediterránea. Sin lugar a dudas, el otoño es la época en la que más llueve.

En la tabla 1.2 se muestran los datos climatológicos más notables de la ciudad, que corresponden al observatorio del parque agrario de Sabadell.

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

Tabla 1. 2. Características climatológicas del municipio de Sabadell

Altitud (m)	258
Temperatura media anual (°C)	14,4
Temperatura media de máximas (°C)	20,6
Temperatura media de mínimas (°C)	8,8
Temperatura máxima absoluta (°C)	34,7
Temperatura mínima absoluta (°C)	-3,2
Humedad relativa (%)	72
Precipitación total anual (mm)	563,7
Velocidad media anual del viento (km/h)	7,56
Dirección dominante del viento	Oeste
Irradiación solar global (MJ/m²)	12,9

A continuación se muestra la figura 1.5 donde podemos ver las precipitaciones y la temperatura mensual media de los últimos años en la ciudad de Sabadell.

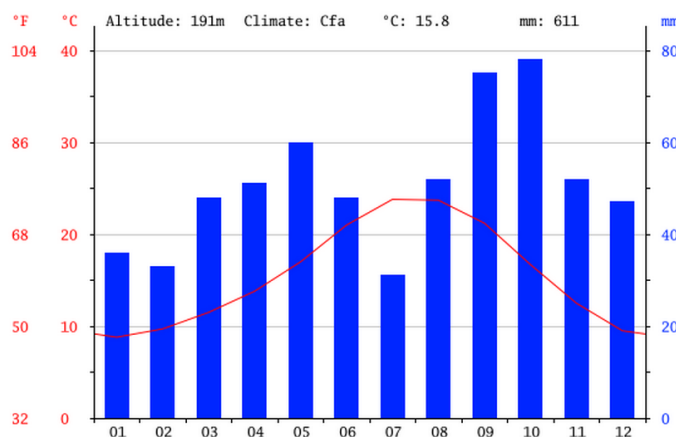


Figura 1.5. Pluviometría del municipio de Sabadell

La figura 1.6 que sigue, muestra la temperatura mensual máxima, mínima y media de los últimos años en la ciudad de Sabadell.

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

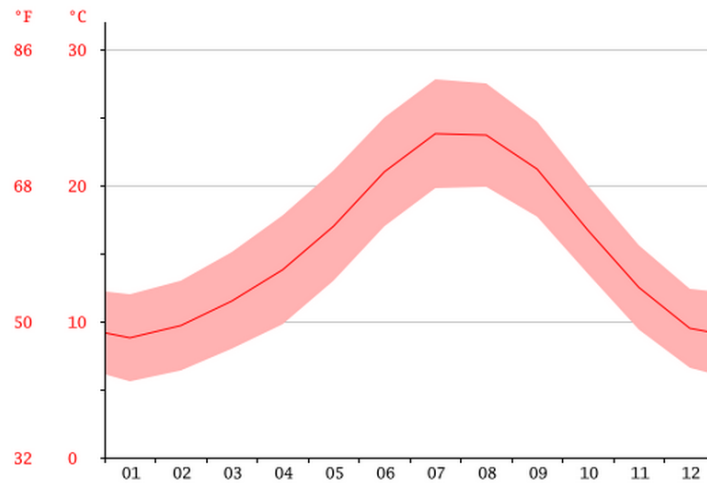


Figura 1. 6. Termometría del municipio de Sabadell

Des del punto de vista industrial, esta información nos orienta sobre las posibles inclemencias ambientales que podemos sufrir a lo largo del año y, por tanto, se tendrán en cuenta a la hora de diseñar equipos y accesorios, sobre todo aquellos que permanezcan a la intemperie.

1.1.5.3.2. GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y EDAFOLOGÍA

Es imposible comprender la evolución de la vida en nuestro planeta sin comprender los procesos geológicos que han tenido lugar en él y como estos han condicionado su desarrollo. Del mismo modo, desde que el hombre apareció en nuestro planeta, su evolución y sus actividades han estado siempre condicionadas por la geología que le rodea. Es por ese motivo que el conocimiento de la geología que rodea el lugar en donde se desea desarrollar una actividad humana concreta es tan importante. A continuación se describe, de manera general, la geología que rodea el emplazamiento de la planta.

- Geología y geomorfología:

Desde el punto de vista geológico y geomorfológico, la ciudad de Sabadell se sitúa en medio de la depresión del Vallés-Penedés. Esta depresión constituye el fondo de una fosa tectónica delimitada al sureste por la Sierra Litoral y al noroeste por la Sierra Pre-Litoral, en donde el límite entre la depresión y las sierras, viene marcado en ambos lados por fallas normales. Su expresión geomorfológica genera un relieve de “horst” y “grabben” (el semigrabben del Vallés-Penedés) delimitado por numerosas fallas normales y en donde las zonas deprimidas, como es el caso de la ciudad de Sabadell, han sido rellenadas básicamente por materiales aluviales de edad miocena, procedentes de la erosión de los relieves circundantes y también, en última instancia, por materiales aluviales y fluviales cuaternarios. En la figura 1.7 se muestra un modelo de elevación digital del terreno del Institut Geològic i Cartogràfic de Catalunya en donde se puede apreciar la orografía de la zona.

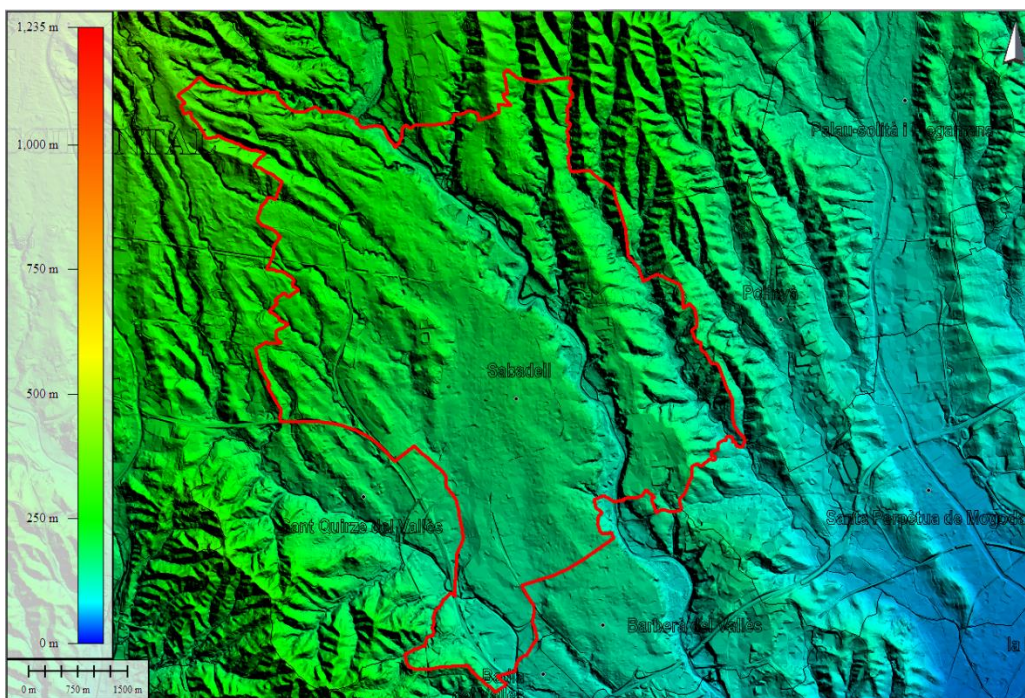


Figura 1.7. Modelo de elevación digital de la orografía de Sabadell

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

En la figura 1.8 (mapa geológico 1:50000 de la zona realizado por Institut Geològic i Cartogràfic de Catalunya) se puede observar con detalle los materiales que constituyen la ciudad de Sabadell. La mayor parte del territorio de la ciudad está situado sobre materiales cuaternarios, con una potencia de unos 30 m, constituidos por gravas de cementación variable, con una matriz arenosa en la base y limos rojizos en el techo, los cuales, corresponden a antiguas terrazas fluviales pliocenas del río Ripoll. En la parte este, estos materiales son substituidos por terrazas fluviales más modernas, también del río Ripoll. Por el contrario, hacia la parte norte y el oeste, los materiales fluviales son sustituidos por gravas, con una matriz limosa o arenosa, cementación variable y de 20 a 30 m de potencia. Estos materiales se depositan sobre conglomerados, areniscas y lutitas, correspondientes a antiguos abanicos aluviales de edad Miocena, que afloran entre los materiales cuaternarios.

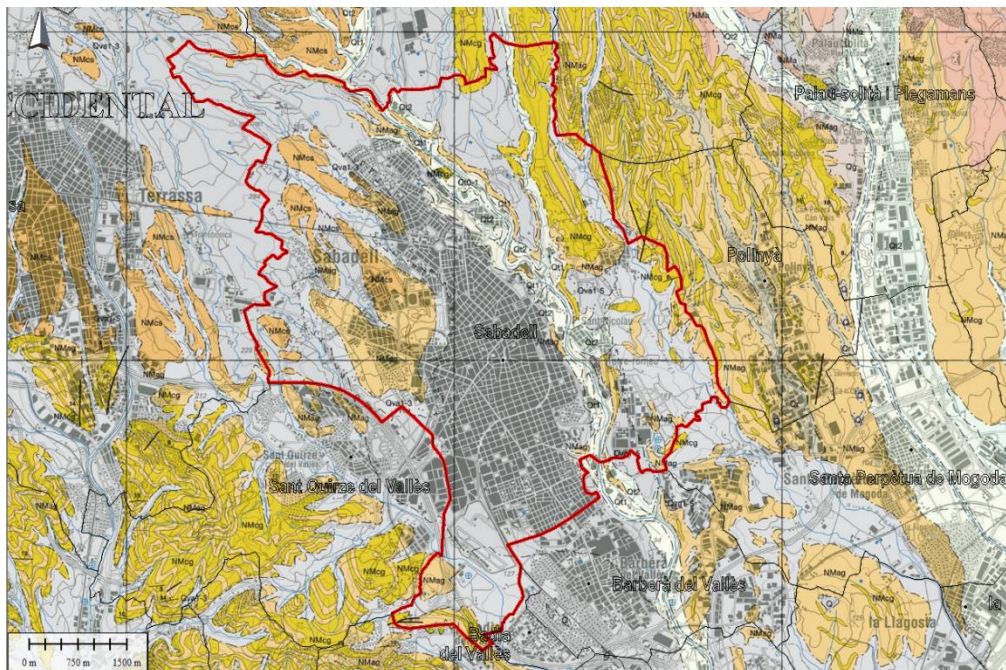


Figura 1. 8. Mapa geológico de Sabadell

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

- Edafología:

En la figura 1.9 se puede apreciar que el suelo del municipio de Sabadell es un cambisól. Éste está constituido por tierras pardas originadas sobre roca ácida, por lo que el perfil del suelo presenta características de ligeramente ácido. Su posición fisiográfica les ha impedido en la mayoría de los casos evolucionar. Concretamente se trata del tipo cambisól cálcico, el cual se caracteriza por tener una capa mayor de 15 cm de espesor, enriquecida de carbonatos secundarios, en una proporción mayor de 15 %, al menos en los 125 cm superficiales.

Respecto a la fase edáfica, se trata de una fase física superficial, que señala la presencia de fragmentos de roca y materiales cementados, que impiden o limitan el uso agrícola del suelo y el empleo de maquinaria agrícola entre otros aspectos. Concretamente está constituida por una fase gravosa, la cual presenta gravas menores a 7.5 cm de diámetro en la superficie del terreno o dentro de los 30 cm de profundidad.

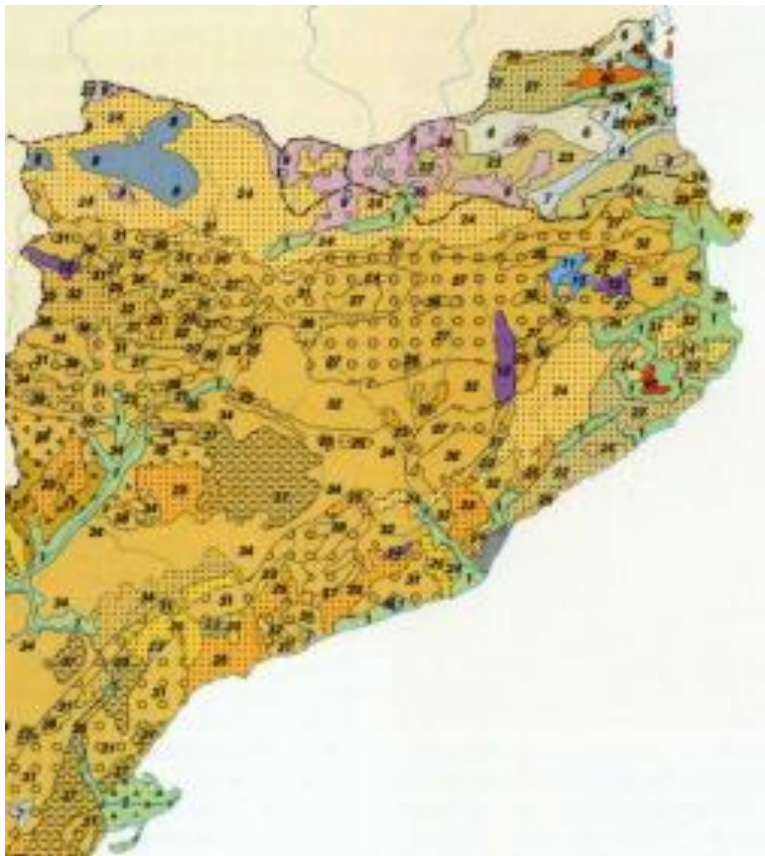


Figura 1. 9. Mapa de suelos de Cataluña

UNITATS EDAFIQUES	SOLS ASSOCIATS	UNITATS EDAFIQUES	SOLS ASSOCIATS
14 Xa-4c	vertisols glicics	FLUVISOLS	
15 Xa-3a	regisols càlids	Ja: EUTRICKS	
Xy: GLÉIQUES	lúvols càlido-crítics	1 Ja-3a	gleivols
16 Xy-4b	vertisols càlids	Jag: GLÉIQU-EUTRICKS	
17 Xy-3bc	regisols càlids	2 Jag-Ta a	vertisols càlids
	vertisols glicics		gleivols càlids o
	vertisols glicics		gleivols molt freds
CAMBISOLS		Ja: CALCÀRICS	
18 Ba-EUTRICKS		3 Ja-Ta a	vertisols glics càlids
19 Ba-3a	cambisols càlids	Ja: DISTRICKS	
20 Ba-Ta tel	vertisols, lúvols	4 Ja-Ta a	vertisols glics càlids
Ba: DISTRICKS			
21 Ba-Ta tel	vertisols càlids	REGISOLS	
22 Ba-Ta tel	vertisols càlids	Re: DISTRICKS	
23 Ba-3a	vertisols càlids	5 Re-4c	vertisols càlids
Ba: HEMICS			
24 Ba-Ta tel	vertisols càlids	LITOSOLS	
Bg: GLÉIQUES		6 Lit-EUTRICKS	vertisols càlids
25 Bg-3a	vertisols càlids	7 Lit-3a	vertisols càlids
Ba: CALCÀRICS		8 Lit-3a	vertisols càlids
26 Ba-3a	vertisols càlids	9 Lit-3a	vertisols càlids
27 Ba-3a	vertisols càlids	10 Lit-3a	vertisols càlids
28 Ba-4c	vertisols càlids	11 Lit-3a	vertisols càlids
29 Ba-4c	vertisols càlids	12 Lit-3a	vertisols càlids
30 Ba-4c	vertisols càlids	13 Lit-3a	vertisols càlids
31 Ba-3a	vertisols càlids	14 Lit-3a	vertisols càlids
32 Ba-3a	vertisols càlids	15 Lit-3a	vertisols càlids
33 Ba-3a	vertisols càlids	16 Lit-3a	vertisols càlids
34 Ba-4b	regisols càlids	17 Lit-3a	vertisols càlids
35 Ba-3a	regisols càlids	18 Lit-3a	vertisols càlids
36 Ba-3a	regisols càlids	19 Lit-3a	vertisols càlids
37 Ba-3a	regisols càlids	20 Lit-3a	vertisols càlids
38 Ba-3a	regisols càlids	21 Lit-3a	vertisols càlids
39 Ba-3a	regisols càlids	22 Lit-3a	vertisols càlids
40 Ba-3a	regisols càlids	23 Lit-3a	vertisols càlids
41 Ba-3a	regisols càlids	24 Lit-3a	vertisols càlids
42 Ba-3a	regisols càlids	25 Lit-3a	vertisols càlids
43 Ba-3a	regisols càlids	26 Lit-3a	vertisols càlids
44 Ba-3a	regisols càlids	27 Lit-3a	vertisols càlids
45 Ba-3a	regisols càlids	28 Lit-3a	vertisols càlids
46 Ba-3a	regisols càlids	29 Lit-3a	vertisols càlids
47 Ba-3a	regisols càlids	30 Lit-3a	vertisols càlids
48 Ba-3a	regisols càlids	31 Lit-3a	vertisols càlids
49 Ba-3a	regisols càlids	32 Lit-3a	vertisols càlids
50 Ba-3a	regisols càlids	33 Lit-3a	vertisols càlids
51 Ba-3a	regisols càlids	34 Lit-3a	vertisols càlids
52 Ba-3a	regisols càlids	35 Lit-3a	vertisols càlids
53 Ba-3a	regisols càlids	36 Lit-3a	vertisols càlids
54 Ba-3a	regisols càlids	37 Lit-3a	vertisols càlids
55 Ba-3a	regisols càlids	38 Lit-3a	vertisols càlids
56 Ba-3a	regisols càlids	39 Lit-3a	vertisols càlids
57 Ba-3a	regisols càlids	40 Lit-3a	vertisols càlids
58 Ba-3a	regisols càlids	41 Lit-3a	vertisols càlids
59 Ba-3a	regisols càlids	42 Lit-3a	vertisols càlids
60 Ba-3a	regisols càlids	43 Lit-3a	vertisols càlids
61 Ba-3a	regisols càlids	44 Lit-3a	vertisols càlids
62 Ba-3a	regisols càlids	45 Lit-3a	vertisols càlids
63 Ba-3a	regisols càlids	46 Lit-3a	vertisols càlids
64 Ba-3a	regisols càlids	47 Lit-3a	vertisols càlids
65 Ba-3a	regisols càlids	48 Lit-3a	vertisols càlids
66 Ba-3a	regisols càlids	49 Lit-3a	vertisols càlids
67 Ba-3a	regisols càlids	50 Lit-3a	vertisols càlids
68 Ba-3a	regisols càlids	51 Lit-3a	vertisols càlids
69 Ba-3a	regisols càlids	52 Lit-3a	vertisols càlids
70 Ba-3a	regisols càlids	53 Lit-3a	vertisols càlids
71 Ba-3a	regisols càlids	54 Lit-3a	vertisols càlids
72 Ba-3a	regisols càlids	55 Lit-3a	vertisols càlids
73 Ba-3a	regisols càlids	56 Lit-3a	vertisols càlids
74 Ba-3a	regisols càlids	57 Lit-3a	vertisols càlids
75 Ba-3a	regisols càlids	58 Lit-3a	vertisols càlids
76 Ba-3a	regisols càlids	59 Lit-3a	vertisols càlids
77 Ba-3a	regisols càlids	60 Lit-3a	vertisols càlids
78 Ba-3a	regisols càlids	61 Lit-3a	vertisols càlids
79 Ba-3a	regisols càlids	62 Lit-3a	vertisols càlids
80 Ba-3a	regisols càlids	63 Lit-3a	vertisols càlids
81 Ba-3a	regisols càlids	64 Lit-3a	vertisols càlids
82 Ba-3a	regisols càlids	65 Lit-3a	vertisols càlids
83 Ba-3a	regisols càlids	66 Lit-3a	vertisols càlids
84 Ba-3a	regisols càlids	67 Lit-3a	vertisols càlids
85 Ba-3a	regisols càlids	68 Lit-3a	vertisols càlids
86 Ba-3a	regisols càlids	69 Lit-3a	vertisols càlids
87 Ba-3a	regisols càlids	70 Lit-3a	vertisols càlids
88 Ba-3a	regisols càlids	71 Lit-3a	vertisols càlids
89 Ba-3a	regisols càlids	72 Lit-3a	vertisols càlids
90 Ba-3a	regisols càlids	73 Lit-3a	vertisols càlids
91 Ba-3a	regisols càlids	74 Lit-3a	vertisols càlids
92 Ba-3a	regisols càlids	75 Lit-3a	vertisols càlids
93 Ba-3a	regisols càlids	76 Lit-3a	vertisols càlids
94 Ba-3a	regisols càlids	77 Lit-3a	vertisols càlids
95 Ba-3a	regisols càlids	78 Lit-3a	vertisols càlids
96 Ba-3a	regisols càlids	79 Lit-3a	vertisols càlids
97 Ba-3a	regisols càlids	80 Lit-3a	vertisols càlids
98 Ba-3a	regisols càlids	81 Lit-3a	vertisols càlids
99 Ba-3a	regisols càlids	82 Lit-3a	vertisols càlids
100 Ba-3a	regisols càlids	83 Lit-3a	vertisols càlids
101 Ba-3a	regisols càlids	84 Lit-3a	vertisols càlids
102 Ba-3a	regisols càlids	85 Lit-3a	vertisols càlids
103 Ba-3a	regisols càlids	86 Lit-3a	vertisols càlids
104 Ba-3a	regisols càlids	87 Lit-3a	vertisols càlids
105 Ba-3a	regisols càlids	88 Lit-3a	vertisols càlids
106 Ba-3a	regisols càlids	89 Lit-3a	vertisols càlids
107 Ba-3a	regisols càlids	90 Lit-3a	vertisols càlids
108 Ba-3a	regisols càlids	91 Lit-3a	vertisols càlids
109 Ba-3a	regisols càlids	92 Lit-3a	vertisols càlids
110 Ba-3a	regisols càlids	93 Lit-3a	vertisols càlids
111 Ba-3a	regisols càlids	94 Lit-3a	vertisols càlids
112 Ba-3a	regisols càlids	95 Lit-3a	vertisols càlids
113 Ba-3a	regisols càlids	96 Lit-3a	vertisols càlids
114 Ba-3a	regisols càlids	97 Lit-3a	vertisols càlids
115 Ba-3a	regisols càlids	98 Lit-3a	vertisols càlids
116 Ba-3a	regisols càlids	99 Lit-3a	vertisols càlids
117 Ba-3a	regisols càlids	100 Lit-3a	vertisols càlids
118 Ba-3a	regisols càlids	101 Lit-3a	vertisols càlids
119 Ba-3a	regisols càlids	102 Lit-3a	vertisols càlids
120 Ba-3a	regisols càlids	103 Lit-3a	vertisols càlids
121 Ba-3a	regisols càlids	104 Lit-3a	vertisols càlids
122 Ba-3a	regisols càlids	105 Lit-3a	vertisols càlids
123 Ba-3a	regisols càlids	106 Lit-3a	vertisols càlids
124 Ba-3a	regisols càlids	107 Lit-3a	vertisols càlids
125 Ba-3a	regisols càlids	108 Lit-3a	vertisols càlids
126 Ba-3a	regisols càlids	109 Lit-3a	vertisols càlids
127 Ba-3a	regisols càlids	110 Lit-3a	vertisols càlids
128 Ba-3a	regisols càlids	111 Lit-3a	vertisols càlids
129 Ba-3a	regisols càlids	112 Lit-3a	vertisols càlids
130 Ba-3a	regisols càlids	113 Lit-3a	vertisols càlids
131 Ba-3a	regisols càlids	114 Lit-3a	vertisols càlids
132 Ba-3a	regisols càlids	115 Lit-3a	vertisols càlids
133 Ba-3a	regisols càlids	116 Lit-3a	vertisols càlids
134 Ba-3a	regisols càlids	117 Lit-3a	vertisols càlids
135 Ba-3a	regisols càlids	118 Lit-3a	vertisols càlids
136 Ba-3a	regisols càlids	119 Lit-3a	vertisols càlids
137 Ba-3a	regisols càlids	120 Lit-3a	vertisols càlids
138 Ba-3a	regisols càlids	121 Lit-3a	vertisols càlids
139 Ba-3a	regisols càlids	122 Lit-3a	vertisols càlids
140 Ba-3a	regisols càlids	123 Lit-3a	vertisols càlids
141 Ba-3a	regisols càlids	124 Lit-3a	vertisols càlids
142 Ba-3a	regisols càlids	125 Lit-3a	vertisols càlids
143 Ba-3a	regisols càlids	126 Lit-3a	vertisols càlids
144 Ba-3a	regisols càlids	127 Lit-3a	vertisols càlids
145 Ba-3a	regisols càlids	128 Lit-3a	vertisols càlids
146 Ba-3a	regisols càlids	129 Lit-3a	vertisols càlids
147 Ba-3a	regisols càlids	130 Lit-3a	vertisols càlids
148 Ba-3a	regisols càlids	131 Lit-3a	vertisols càlids
149 Ba-3a	regisols càlids	132 Lit-3a	vertisols càlids
150 Ba-3a	regisols càlids	133 Lit-3a	vertisols càlids
151 Ba-3a	regisols càlids	134 Lit-3a	vertisols càlids
152 Ba-3a	regisols càlids	135 Lit-3a	vertisols càlids
153 Ba-3a	regisols càlids	136 Lit-3a	vertisols càlids
154 Ba-3a	regisols càlids	137 Lit-3a	vertisols càlids
155 Ba-3a	regisols càlids	138 Lit-3a	vertisols càlids
156 Ba-3a	regisols càlids	139 Lit-3a	vertisols càlids
157 Ba-3a	regisols càlids	140 Lit-3a	vertisols càlids
158 Ba-3a	regisols càlids	141 Lit-3a	vertisols càlids
159 Ba-3a	regisols càlids	142 Lit-3a	vertisols càlids
160 Ba-3a	regisols càlids	143 Lit-3a	vertisols càlids
161 Ba-3a	regisols càlids	144 Lit-3a	vertisols càlids
162 Ba-3a	regisols càlids	145 Lit-3a	vertisols càlids
163 Ba-3a	regisols càlids	146 Lit-3a	vertisols càlids
164 Ba-3a	regisols càlids	147 Lit-3a	vertisols càlids
165 Ba-3a	regisols càlids	148 Lit-3a	vertisols càlids
166 Ba-3a	regisols càlids	149 Lit-3a	vertisols càlids
167 Ba-3a	regisols càlids	150 Lit-3a	vertisols càlids
168 Ba-3a	regisols càlids	151 Lit-3a	vertisols càlids
169 Ba-3a	regisols càlids	152 Lit-3a	vertisols càlids
170 Ba-3a	regisols càlids	153 Lit-3a	vertisols càlids
171 Ba-3a	regisols càlids	154 Lit-3a	vertisols càlids
172 Ba-3a	regisols càlids	155 Lit-3a	vertisols càlids
173 Ba-3a	regisols càlids	156 Lit-3a	vertisols càlids
174 Ba-3a	regisols càlids	157 Lit-3a	vertisols càlids
175 Ba-3a	regisols càlids	158 Lit-3a	vertisols càlids
176 Ba-3a	regisols càlids	159 Lit-3a	vertisols càlids
177 Ba-3a	regisols càlids	160 Lit-3a	vertisols càlids
178 Ba-3a	regisols càlids	161 Lit-3a	vertisols càlids
179 Ba-3a	regisols càlids	162 Lit-3a	vertisols càlids
180 Ba-3a	regisols càlids	163 Lit-3a	vertisols càlids
181 Ba-3a	regisols càlids	164 Lit-3a	vertisols càlids
182 Ba-3a	regisols càlids	165 Lit-3a	vertisols càlids
183 Ba-3a	regisols càlids	166 Lit-3a	vertisols càlids
184 Ba-3a	regisols càlids	167 Lit-3a	vertisols càlids
185 Ba-3a	regisols càlids	168 Lit-3a	vertisols càlids
186 Ba-3a	regisols càlids	169 Lit-3a	vertisols càlids
187 Ba-3a	regisols càlids	170 Lit-3a	vertisols càlids
188 Ba-3a	regisols càlids	171 Lit-3a	vertisols càlids
189 Ba-3a	regisols càlids	172 Lit-3a	vertisols càlids
190 Ba-3a	regisols càlids	173 Lit-3a	vertisols càlids
191 Ba-3a	regisols càlids	174 Lit-3a	vertisols càlids
192 Ba-3a	regisols càlids	175 Lit-3a	vertisols càlids
193 Ba-3a	regisols càlids	176 Lit-3a	vertisols càlids
194 Ba-3a	regisols càlids	177 Lit-3a	vertisols càlids
195 Ba-3a	regisols càlids	178 Lit-3a	vertisols càlids
196 Ba-3a	regisols càlids	179 Lit-3a	vertisols càlids
197 Ba-3a	regisols càlids	180 Lit-3a	vertisols càlids
198 Ba-3a	regisols càlids	181 Lit-3a	vertisols càlids
199 Ba-3a	regisols càlids	182 Lit-3a	vertisols càlids
200 Ba-3a	regisols càlids	183 Lit-3a	vertisols càlids
201 Ba-3a	regisols càlids	184 Lit-3a	vertisols càlids
202 Ba-3a	regisols càlids	185 Lit-3a	vertisols càlids
203 Ba-3a	regisols càlids	186 Lit-3a	vertisols càlids
204 Ba-3a	regisols càlids	187 Lit-3a	vertisols càlids
205 Ba-3a	regisols càlids	188 Lit-3a	vertisols càlids
206 Ba-3a	regisols càlids	189 Lit-3a	vertisols càlids
207 Ba-3a	regisols càlids	190 Lit-3a	vertisols càlids
208 Ba-3a	regisols càlids	191 Lit-3a	vertisols càlids
209 Ba-3a	regisols càlids	192 Lit-3a	vertisols càlids
210 Ba-3a	regisols càlids	193 Lit-3a	vertisols càlids
211 Ba-3a	regisols càlids	194 Lit-3a	vertisols càlids
212 Ba-3a	regisols càlids	195 Lit-3a	vertisols càlids
213 Ba-3a	regisols càlids	196 Lit-3a	vertisols càlids
214 Ba-3a	regisols càlids	197 Lit-3a	vertisols càlids
215 Ba-3a	regisols càlids	198 Lit-3a	vertisols càlids
216 Ba-3a	regisols càlids	199 Lit-3a	vertisols càlids
217			

1.1.5.3.3. *HIDROLOGÍA*

Para analizar la hidrología del municipio de Sabadell, se diferenciará entre aguas subterráneas y aguas superficiales.

- Hidrología superficial:

Son cuatro las cuencas que cruzan de Norte a Sud el municipio de Sabadell. El río Ripoll, a lo largo de 7 km, el río Tort, el torrente de Canyameres que cambia su nombre al de riera Seca y los torrentes de la Betzuca y de la Grípià, que su unión recibe el nombre de río Sec. Los ríos han estado aprovechados durante siglos para la agricultura y posteriormente para la industria.

Fuera de éstas, encontramos también torrentes que se encargan de su drenaje. Torrente de Vallcorba, torrente de Can Vinyals, torrente de Can Font, torrente de Gotelles, torrente de Mornau, torrente de can Bages, torrente de Colobrers o de la Tosca, torrente de la Riereta y torrente de can Llobateres.

Los parámetros de hidrología superficial más significativos son:

- Caudal mensual medio máximo: 87270m³/día (gener 1979)
- Caudal mensual medio mínimo: 2250 m³/día (agost 1978)
- Caudal anual medio a la década: 36350 m³/día
- Caudal anual medio máximo: 50760 m³/día (1982)
- Caudal anual medio mínimo: 18600 m³/día (1978)
- Escorrentía superficial: 0.42 m³/s 13.24 hm³/cm

- Hidrología subterránea:

La Riereta pasa buena parte de Sabadell soterrada, dónde se le junta el torrente de Can Feu. Otro torrente importante del Ripoll es sin duda el torrente de Ribatallada, no por el caudal de agua que pueda aportar al Ripoll, sino por la abundancia de agua subterránea que tiene. Durante muchos años la sociedad de Propietarios de la Mina d'Aigües de Sabadell, tenía una de sus principales captaciones, con las que subministraba agua a la ciudad. Todavía se puede contemplar el muro de contención del que fue un antiguo embalse del año 1895. También se observan los

Otro aspecto muy importante a tener en cuenta, a la hora de analizar las aguas del municipio de Sabadell, es la dureza de éstas. Como se observa en la figura 1.11, se trata de aguas extremadamente duras. Así, al necesitar en el proceso de producción del refrigerante R13 agua de red, habrá que tener en cuenta algún tipo de equipo de descalcificación.

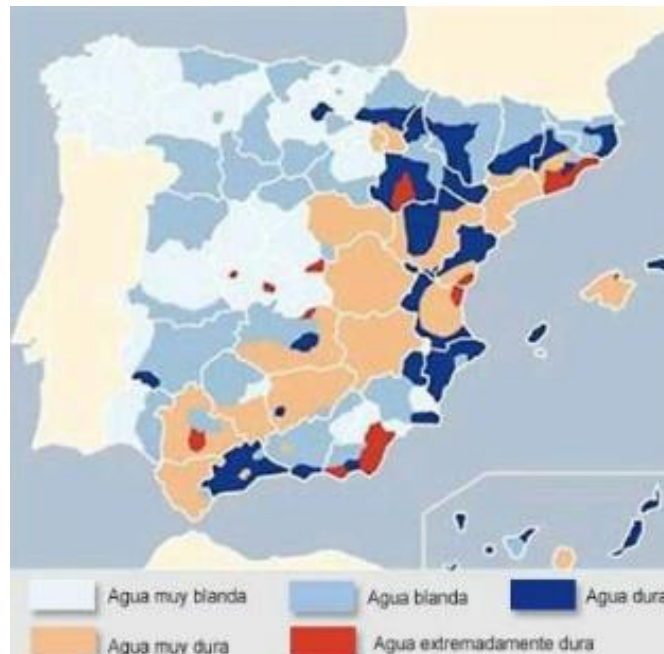


Figura 1.11. Mapa de la dureza del agua (cal) en España

1.1.5.3.4. SISMOLOGÍA

La ocurrencia de grandes terremotos en zonas densamente pobladas o de gran desarrollo industrial produce catastróficas consecuencias. El conocimiento de la sismicidad de un país, o de una región tectónica, y las leyes que rigen su comportamiento, es primordial para llevar a cabo los estudios que determinan la capacidad de los futuros terremotos de producir daños. Esa potencialidad de daño, denominada peligrosidad sísmica, debe ser estudiada y analizada de forma que las edificaciones y obras de ingeniería susceptibles de sufrir pérdidas puedan ser diseñadas y controladas y disminuir así el riesgo a los límites que sean asumibles socialmente.

Los mapas de peligrosidad realizados por el IGN se utilizan en la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo Sísmico a la hora de definir las áreas de aplicación de dicha directriz. Por otro lado, dentro de las competencias del Instituto Geográfico Nacional se encuentra la coordinación de la normativa sismo resistente (NCSE-02) por lo que sus mapas de peligrosidad establecen las

zonas y los niveles de aceleración sísmica que hay que considerar al realizar una nueva construcción en territorio español.

A los efectos de esta Norma, de acuerdo con el uso a que se destinan, con los daños que puede ocasionar su destrucción e independientemente del tipo de obra de que se trate, las construcciones se clasifican en:

- De importancia moderada: Aquellas con probabilidad despreciable de que su destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario, o producir daños económicos significativos a terceros.
- De importancia normal: Aquellas cuya destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad, o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos.
- De importancia especial: Aquellas cuya destrucción por el terremoto, pueda interrumpir un servicio imprescindible o dar lugar a efectos catastróficos. En este grupo se incluyen las construcciones que así se consideren en el planteamiento urbanístico y documentos públicos análogos, así como en reglamentaciones más específicas y, los edificios e instalaciones industriales incluidos en el ámbito de aplicación del Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.

A continuación se muestra el mapa de peligrosidad sísmica de la península Ibérica:

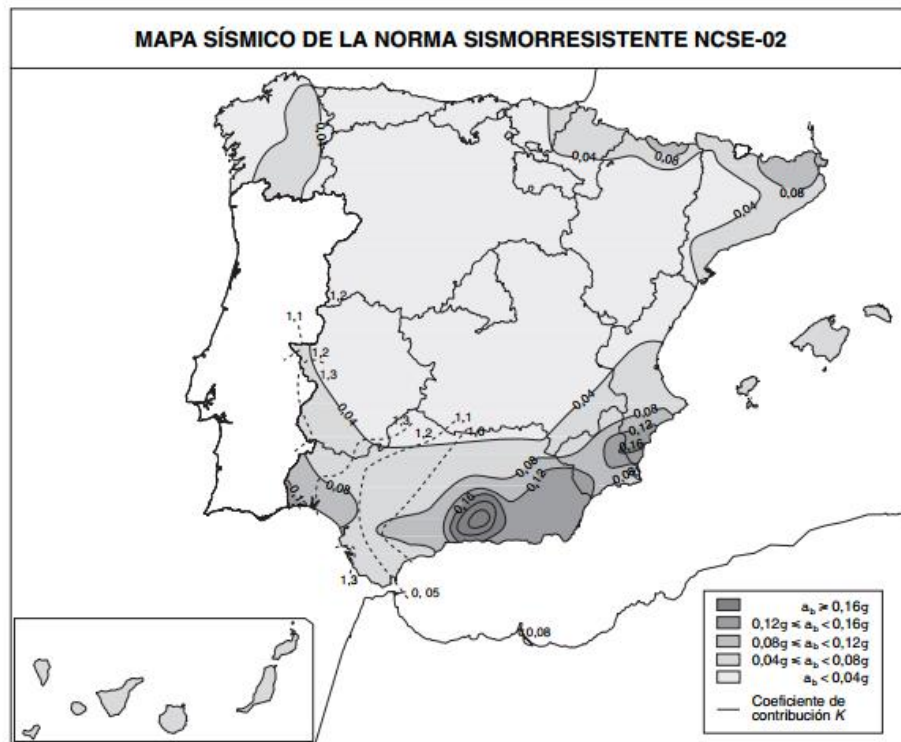


Figura 1.12. Mapa de peligrosidad sísmica

La aceleración sísmica del polígono Gasos nobles, ubicado en el municipio de Sabadell, es de $0.04 \cdot g$. y, además, se trata de una construcción de importancia especial, es decir, un terreno potencialmente inestable.

Nos encontramos en un caso de aplicación de la norma, por lo que se deberán tener en cuenta los posibles efectos del seísmo.

1.1.6. NOMENCLATURA DE LA MEMORIA

Se distinguirán en cuatro tablas la relación de abreviaciones usada a lo largo de la memoria. En la tabla 1.3 las abreviaciones referentes a los equipos y elementos, en la tabla 1.4 las abreviaciones referentes a los compuestos, en la tabla 1.5 las abreviaciones referentes a los fluidos de servicios y en la tabla 1.6 las abreviaciones referentes a los materiales. En los apartados 3 y 4 de la memoria se distinguirán las abreviaciones más específicas, utilizadas para definir las tuberías, válvulas, control e instrumentación.

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

Tabla 1.3. Abreviaciones de los equipos y elementos del proceso

Abreviación	Equipo
TK	Tanque de almacenaje
MIX	Mezclador
CD	Columna de rectificación
CA	Columna de absorción
R	Reactor
IC	Intercambiador de calor
P	Bomba
CH	Chiller
TR	Torre de refrigeración
C	Caldera
AC	Sistema de aire comprimido
TE	Transformador eléctrico
G	Generador electrógeno
W	Báscula
TC	Tanque de condensados
CO	Compresor
K	Kettle reboiler
DSC	Descalcificadora
D	Decantador
SC	Scrubber
VE	Válvula de emergencia (Venteo)
COLECTOR	Colector de gases
ICN	Incinerador

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

Tabla 1.4. Abreviaciones de los compuestos del proceso

Abreviación	Compuesto
R11	Triclorofluorometano
R12	Diclorodifluorometano
R13	Clorotrifluorometano
HCl	Ácido clorhídrico
HF	Ácido fluorhídrico
TCC	Tetracloruro de carbono
PCA	Pentacloruro de antimonio
TCA	Cloruro de aluminio

Tabla 1.5. Abreviaciones de los fluidos de proceso

Abreviación	Fluido de proceso
DA	Aceite térmico Dowtherm A
DJ	Aceite térmico Dowtherm J
NH	Amoníaco
H2OP	Agua
N	Nitrogeno
A	Aire
GN	Gas Natural
NAOH	Hidróxido de sodio

Tabla 1.6. Abreviaciones de los materiales del proceso

Abreviación	Material
AISI	Acero inoxidable AISI 304
PTFE	Teflón
AISIPTFE	Acero inoxidable AISI 304 con recubrimiento de teflón
LMR	Lana mineral de roca

1.2. CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA

A la hora de dimensionar, distribuir y organizar la planta se han seguido las normativas de seguridad e higiene, teniendo presente las regulaciones medioambientales. Las normativas consultadas se recogen y describen en los capítulos 5 y 6. Dentro de estas normativas y regulaciones se especifican las distancias mínimas aplicables tanto en operación como en almacenamiento de materias primas y productos. Por tanto, hay que tener en cuenta los compuestos manipulados y los riesgos asociados, para poder determinar las mayores incompatibilidades en el momento de delimitar las diferentes zonas de la planta, así como de los productos manipulados dentro de cada una de ellas.

1.2.5. DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DE LA PLANTA

La planta de producción de Freon-13 se encuentra dividida en áreas en función de la actividad que se desarrolle en la misma. Está constituida de 16 áreas, de las cuales 4 constituyen el proceso de producción, 2 áreas de almacenamiento de reactivos y producto acabado, 1 áreas de tratamientos de emisiones al medio ambiente y, 1 área de oficinas, laboratorios, servicios, parking, zona social y mantenimiento.

1.2.6. DISTRIBUCIÓN POR ÁREAS

En este apartado se detallan, especifican y describen las áreas que constituyen la planta. En la tabla 1.7 se especifican cada una de estas áreas:

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

Tabla 1.7. Descripción de las áreas de la planta

Zona	Descripción
A-100	Almacenamiento de materias primas
A-200	Reacción 1
A-300	Separación y absorción
A-400	Reacción 2
A-500	Separación y purificación
A-600	Almacenamiento de productos finales
A-700	Tratamiento de residuos
A-800	Carga y descarga
A-900	Oficinas
A-1000	Laboratorios
A-1100	Zona Social
A-1200	Sala de control
A-1300	Servicios de mantenimiento
A-1400	Parking
A-1500	Servicios
A-1600	Ampliaciones

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13 ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

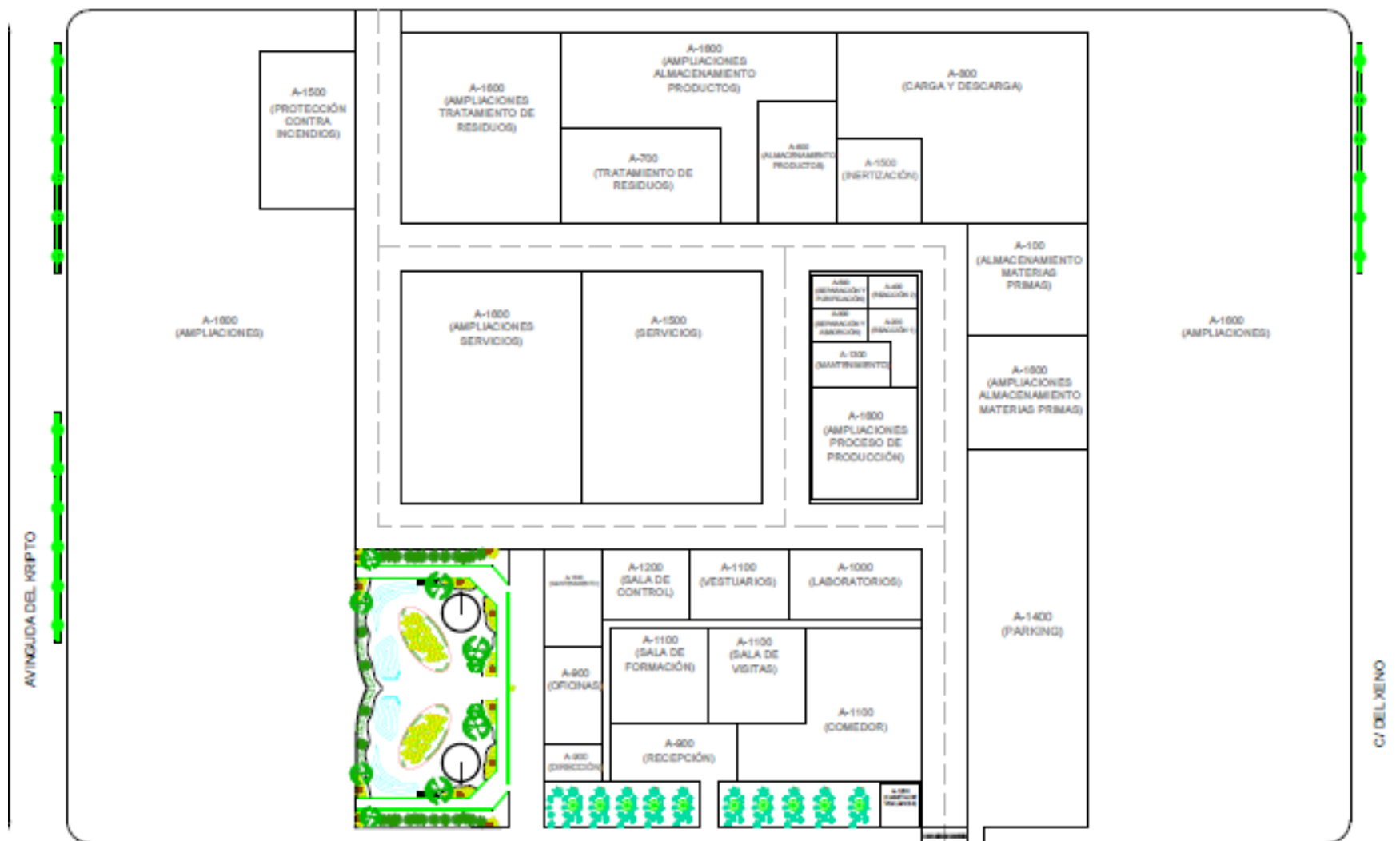


Figura 1.13. Plano con las áreas

- Área 100: Almacenamiento de materias primas.

Las materias primas se almacenan en ésta área en tanques de almacenamiento, en estado líquido y a presión, excepto el CCl_4 , que se almacena a presión atmosférica.

- Área 200: Reacción 1

En esta zona tiene lugar la primera y la segunda reacción. La primera consiste en transformar nuestros reactivos en R-11 principalmente. La segunda consiste en transformar el subproducto R-11 formado, en R-12, necesario para la posterior obtención de nuestro producto. Las dos reacciones tienen lugar en un RCTA.

- Área 300: Separación y absorción

Aquí se desempeña la labor de separar el ácido clorhídrico del R-12, para su posterior absorción. Entre otros equipos, está constituida por una columna de rectificación y una columna de absorción.

- Área 400: Reacción 2

Ésta zona es clave en nuestra planta, pues en ella se encuentra el segundo reactor que transforma el subproducto R-12 en nuestro producto final.

- Área 500: Separación y purificación

Mediante dos columnas de rectificación, entre otros equipos, se consigue separar y purificar el producto resultante del reactor. El objetivo es mejorar la pureza del R-13.

- Área 600: Almacenamiento de productos finales

Comprende la zona donde se almacenan los productos finales obtenidos en la planta, tal y como se presentan para su venta. Éstos son el R-13, que se almacena en estado líquido y a presión, y el ácido clorhídrico, también en estado líquido y a presión atmosférica.

- Área 700: Tratamiento de residuos

Aquí se tratan los residuos generados en la planta, tanto sólidos, como líquidos, como gaseosos.

- Área 800: Carga y descarga

Las materias primas necesarias para llevar a cabo este proceso, llegarán a ésta zona mediante camiones cisterna de 30 m³ de capacidad. También es el mismo emplazamiento donde se vendrán a recoger los productos. En el suelo se dispondrá de dos balanzas, para controlar en todo momento el volumen de transporte. Aquí también se colocan las bocas de carga y descarga de los tanques de almacenaje.

- Llegada de materias primas:

Para el tetracloruro de carbono se requerirán 3 camiones al día, tres días a la semana (lunes, miércoles y viernes). Para el ácido fluorhídrico van a ser necesarios también 3 camiones al día, dos días a la semana (martes y jueves).

- Salida de productos:

Para el ácido clorhídrico se requerirán 3 camiones al día, 7 días a la semana. Para el producto estrella de la planta, el Freon-13, van a ser necesarios 3 camiones al día, 2 días a la semana (lunes y viernes).

- Área 900: Oficinas

En ella se trabaja con las tareas administrativas, burocráticas y de gestión que requiere la empresa.

- Área 1000: Laboratorios

Aquí se desempeñan dos funciones; la primera es la toma de muestras de diferentes puntos del proceso para realizar un control de calidad y asegurar que el proceso se realiza dentro de los parámetros establecidos. La segunda función es la de investigación y desarrollo (I+D), donde la empresa intenta evolucionar científico-técnicamente para ser una empresa puntera y de vanguardia en su campo de producción.

- Área 1100: Zona social

Es la zona destinada al descanso y comida, en el tiempo reglamentario de la jornada laboral de los trabajadores.

- Área 1200: Sala de control

Es la sala donde se observan de forma monitorizada los diferentes parámetros de toda la planta, y donde se pueden manipular las variables controladas del proceso. Es un punto clave para el correcto funcionamiento de la planta y el control de cualquier incidencia que pueda acontecer en un momento determinado.

- Área 1300: Servicios de mantenimiento

Zona con los utensilios y personal necesarios para el mantenimiento de la planta.

- Área 1400: Parking

Plazas de aparcamiento dentro del recinto, para los diferentes empleados de la planta, así como comerciales. Se contemplan plazas para motocicletas, automóviles, bicicletas y para personas con movilidad reducida.

- Área 1500: Servicios

En el área de servicios se encuentran la caldera de vapor, la descalcificadora de agua, la torre de refrigeración, el chiller, el compresor, el transformador eléctrico que abastece toda la planta, cinco generadores eléctricos para abastecer la demanda de la planta ante posibles paros en el suministro de la red, los tanques de los aceites térmicos y la protección contra incendios, con todo lo necesario para actuar de forma rápida y eficaz en el caso de que se produjera un incendio en la planta.

- Área 1600: Ampliaciones

Zona libre, disponible, para futuras ampliaciones de la planta.

1.2.7. PLANTILLA DE TRABAJADORES

En este apartado se mostraran el número de trabajadores de la planta, así como el horario de trabajo, la organización temporal de los diferentes turnos y los turnos de vacaciones.

La planta de producción de Freon-13 trabaja en continuo durante las 24 horas del día, 300 días al año, que equivalen a 7200 horas. Según recoge el BOE-A-2013-3750, el número máximo de horas anuales para un trabajador en la industria química son 1752. El número de turnos requeridos es de 4.1, es decir, que con un mínimo de 4 turnos, en las áreas donde se trabaje 24 horas al día, es posible cubrir los requerimientos. Tanto los operarios, como el personal de seguridad, trabajaran 40 horas a la semana, pudiendo realizar, los operarios, un horario de mañana (de 6:00 a 14:00), un horario de tarde (de 14:00 a 22:00) o un horario de noche (22:00 a 6:00), y el personal de seguridad un horario de mañana (7:00 a 19:00) o de noche (19:00 a 7:00); mientras que los otros cargos de la empresa tendrán un horario específico.

A continuación se describen los profesionales y número de ellos, que desempeñan las tareas en cada sector de trabajo:

- Directivos y técnicos: Son los responsables de la gestión y dirección de la empresa y los que se encargan del correcto funcionamiento de la planta con la ayuda de los jefes de cada sección. Su horario será de 8:00 a 15:00 horas, teniendo en cuenta que este puede variar debido a necesidades específicas de la empresa (relaciones internacionales, reuniones, etc.). Serán necesarias 2 personas para constituir el equipo directivo y 4 para el técnico.
- Jefes de sección / especialistas: Estos estarán divididos en diversos grupos según su área de trabajo, como por ejemplo, ingenieros de mantenimiento, encargados de la seguridad e higiene, jefes de producción, etc. Estos especialistas se distribuirán de tal manera que siempre haya dos especialistas a la planta durante el día. Serán necesarias 6 personas para constituir el equipo de especialistas.
- Operarios: Son los encargados de estar en la planta para realizar cualquier modificación o movimiento de los equipos. Su objetivo es realizar las tareas

de operación y mantenimiento de los equipos de planta. Su actividad debe estar supervisada siempre por el jefe de planta. Siempre habrá un mínimo de cinco personas a cada sección de producción y purificación durante el día. Serán necesarias 30 personas para constituir el equipo de obreros.

- Administración y márquetin: Son los encargados de la administración y márquetin de la planta, además de realizar las tareas relacionadas con todas aquellas actividades que no forman parte de la producción de la planta ni de la gestión de esta (como por ejemplo, se encargan de la contabilidad de la empresa, publicidad y recursos humanos). Su horario será de 7:00 a 15:00. Serán necesarias 8 personas para constituir este equipo.
- Técnicos de laboratorio: Son los encargados de llevar a cabo las tareas de control de calidad de los productos. Además de los técnicos de laboratorio se pueden encontrar equipos de investigación (I+D), para encontrar métodos de producción menos costosos. Su horario será de 8:00 a 14:00 (turno de mañana) o de 14:00 a 22:00 (turno de noche). Habrá 5 técnicos y 2 personas en el equipo de investigación.
- Subcontratas: Entre ellos podemos encontrar el personal de seguridad que son los encargados de vigilar la entrada de la planta y el personal de limpieza que son los encargados de la limpieza e higiene de la planta. Serán necesarias 2 personas para constituir el equipo de seguridad y 4 para el de limpieza.

En la tabla 1.8 se muestra la organización temporal de los diferentes turnos. Como ya se ha comentado anteriormente, el personal de producción trabajará en 4 turnos. A su vez, el día se partirá en tres turnos diferentes de ocho horas cada uno. La rotación de los turnos se realizará de la siguiente manera, cogiendo como ejemplo para la explicación el grupo 1:

- El turno 1 trabajará en el turno de noche toda la primera semana (siete días) de 22:00 a 06:00 horas.
- La siguiente semana descansará el lunes, y empezará el martes con el turno de tarde durante siete días seguidos.

- La tercera semana descansará el martes y, el miércoles empezará de turno de mañana durante siete días seguidos.
- Al acabar el turno de mañana, descansará cinco días seguidos.

Todos los demás grupos realizarán este mismo esquema en cuanto a horarios de trabajo y descanso.

Tabla 1.8. Horario de trabajo. Producción

Semana 1							
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Mañana	Turno 4	Turno 4	Turno 3	Turno 3	Turno 3	Turno 3	Turno 3
Tarde	Turno 3	Turno 2	Turno 2	Turno 2	Turno 2	Turno 2	Turno 2
Noche	Turno 1	Turno 1	Turno 1	Turno 1	Turno 1	Turno 1	Turno 1
Descanso	Turno 2	Turno 3	Turno 4	Turno 4	Turno 4	Turno 4	Turno 4
Semana 2							
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Mañana	Turno 3	Turno 3	Turno 2	Turno 2	Turno 2	Turno 2	Turno 2
Tarde	Turno 2	Turno 1	Turno 1	Turno 1	Turno 1	Turno 1	Turno 1
Noche	Turno 4	Turno 4	Turno 4	Turno 4	Turno 4	Turno 4	Turno 4
Descanso	Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 3	Turno 3	Turno 3	Turno 3
Semana 3							
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Mañana	Turno 2	Turno 2	Turno 1	Turno 1	Turno 1	Turno 1	Turno 1
Tarde	Turno 2	Turno 4	Turno 4	Turno 4	Turno 4	Turno 4	Turno 4
Noche	Turno 3	Turno 3	Turno 3	Turno 3	Turno 3	Turno 3	Turno 3
Descanso	Turno 4	Turno 1	Turno 2	Turno 2	Turno 2	Turno 2	Turno 2
Semana 4							
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Mañana	Turno 1	Turno 1	Turno 4	Turno 4	Turno 4	Turno 4	Turno 4
Tarde	Turno 4	Turno 3	Turno 3	Turno 3	Turno 3	Turno 3	Turno 3
Noche	Turno 2	Turno 2	Turno 2	Turno 2	Turno 2	Turno 2	Turno 2
Descanso	Turno 3	Turno 4	Turno 1	Turno 1	Turno 1	Turno 1	Turno 1

Se harán solo dos paradas largas a lo largo del año para realizar tareas de mantenimiento y limpieza, y vacaciones. El hecho de parar y arrancar los equipos más de dos veces al año, implicaría un exceso en los costes de puesta en marcha de todos los equipos. Las fechas de parada de planta son, por vacaciones del 1 al 31 del mes de agosto, así también del 19 de diciembre al 6 de enero por mantenimiento. Se tendrán en cuenta también paradas cada 20 días (15 días al año) debido al cambio del catalizador del segundo reactor.

1.2.8. PROGRAMACIÓN TEMPORAL Y MONTAJE DE LA PLANTA

Una vez aceptado el proyecto de viabilidad, se muestra la planificación temporal de tareas para la construcción de la planta de producción de Freon-13.

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

Tabla 1.9. Planificación temporal de tareas para la construcción de la planta de producción de Freon-13

Nombre	Duración	Inicio
Gestiones administrativas	104 días	01/09/2015
Ingeniería del detalle	60 días	01/09/2015
Evaluación impacto ambiental	15 días	01/09/2015
Licencia de obras	90 días	21/09/2015
Licencia de actividades	70 días	28/09/2015
Urbanización	100 días	04/01/2016
Limpieza de terrenos	15 días	04/01/2016
Excavaciones	40 días	25/01/2016
Cimentación	20 días	08/02/2016
Instalación suministros	30 días	07/03/2016
Terraplenado	10 días	18/04/2016
Viales y aceras	10 días	02/05/2016
Instalación de soportes, escaleras, plataformas y barandillas	5 días	16/05/2016
Obra civil	80 días	16/05/2016
Construcción plantas de producción	80 días	16/05/2016
Oficinas, laboratorios y vestuarios	12 días	16/05/2016
Aparcamiento	5 días	16/05/2016
Equipos	80 días	19/09/2016
Instalación equipos	70 días	19/09/2016
Calibración equipos	10 días	26/12/2016
Tuberías	65 días	09/01/2017
Instalación tuberías proceso	50 días	09/01/2017
Conexión tuberías-equipos	15 días	20/03/2017
Instalación tuberías de servicio	30 días	09/01/2017
Conexión tuberías de servicio-equipos	10 días	20/02/2017
Instrumentación	30 días	19/09/2016
Instalación de instrumentación	20 días	19/09/2016
Conexión instrumentación-equipos	10 días	17/10/2016
Sistema eléctrico	100 días	19/09/2016
Instalación sistema eléctrico	80 días	19/09/2016
Conexión eléctrica a equipos	20 días	09/01/2017
Conexión eléctrica a instrumentación	9 días	09/01/2017
Aislamiento	28 días	10/04/2017
Aislamiento equipos	14 días	10/04/2017
Aislamiento tuberías	28 días	10/04/2017
Acabados	21 días	18/05/2017
Limpieza	14 días	18/05/2017
Pintura	21 días	18/05/2017
Puesta en marcha	96 días	16/06/2017
Puesta en marcha	96 días	16/06/2017
Seguridad y salud	704 días	01/09/2015
Seguridad y salud	704 días	01/09/2015
Calidad y medioambiente	704 días	01/09/2015
Calidad y medioambiente	704 días	01/09/2015
Inicio producción	60 días	30/10/2017

Dicha programación de tareas se detalla en el siguiente diagrama de Gantt, que tiene como objetivo posicionar cada tarea a lo largo de una línea temporal, de manera que se puedan identificar las relaciones y dependencias que existen entre tareas:

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

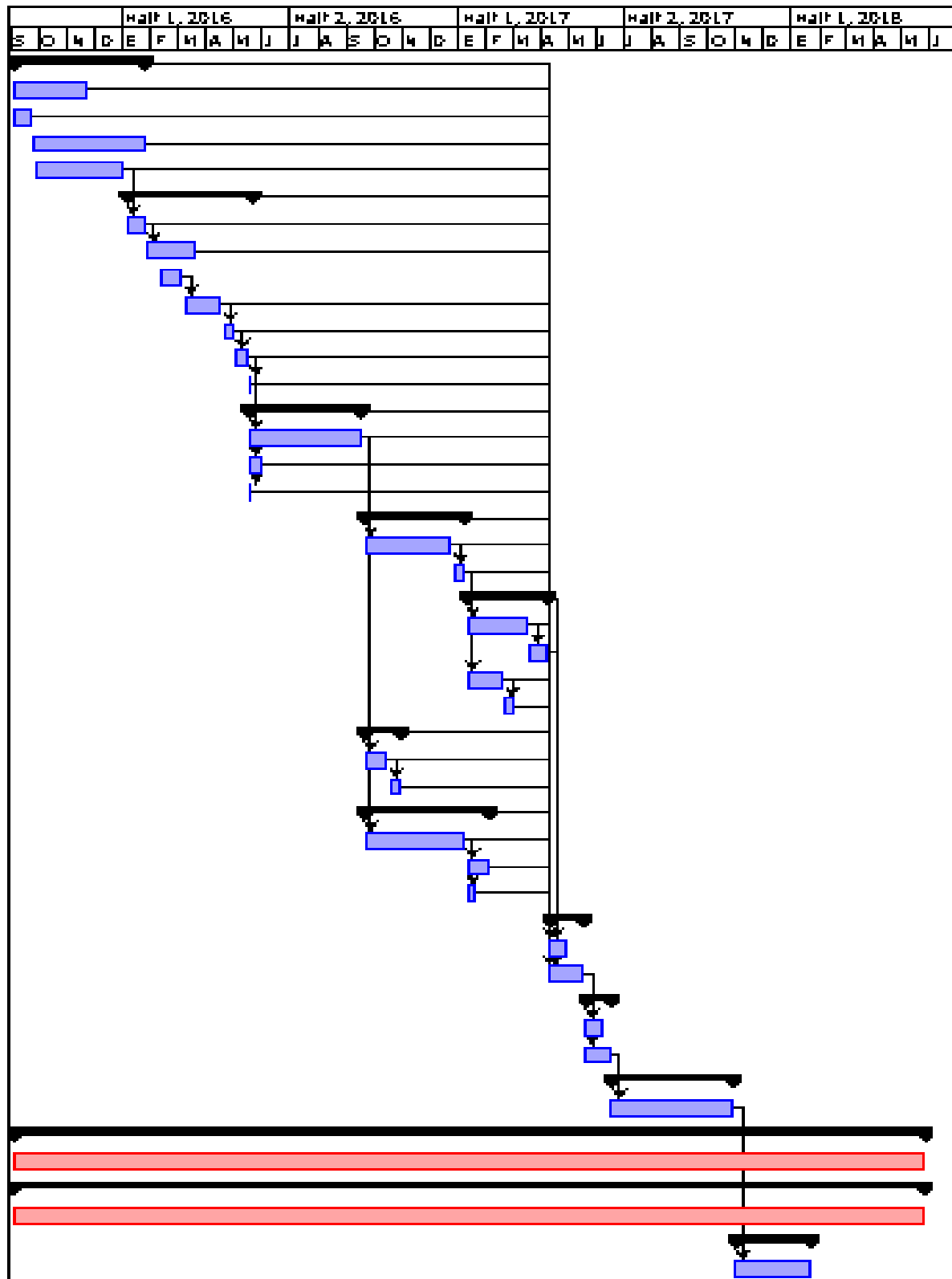


Figura 1.14. Diagrama de Gantt

Tal y como se observa, empezando a construir la planta el 1 de septiembre del año 2015, se ha escogido un periodo razonable de todos aquellos permisos y tareas necesarias para la apertura de la fábrica de tal forma que ésta esté operativa el 30 de Octubre del año 2017; es decir, la construcción de la planta durará 26 meses (2 años y 2 meses).

1.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS REACTIVOS Y PRODUCTOS

A continuación se muestran las tablas de las propiedades físicas y termodinámicas de los diferentes reactivos y productos que intervienen en el proceso.

1.3.5. REACTIVOS (I): CCl₄

Tabla 1.10. Propiedades físicas y termodinámicas del CCl₄

Peso molecular (g/mol)	153,82	
Aspecto	Forma: líquido	
Olor	Dulce	
Punto de fusión a P_{atm} (°C)	-23	
Punto de ebullición a P_{atm} (°C)	77	
Punto de inflamación	No se inflama	
Presión de vapor (hPa)	0,3 °C	45
	19,8 °C	120
	24°C	14,549
Densidad relativa (g/cm³)	25°C	1,594
Densidad vapor (aire=1)	5,32	
Solubilidad en agua (g/l)	20°C	0,8461
Tensión superficial (mN/m)	20°C	26,7
	80°C	19,5
Viscosidad (Pa·s)	-23°C	2,03·10 ⁻³
Temperatura crítica (°C)	283,4	
Presión crítica (bar)	44,93	
Factor acéntrico	0,1926	
Densidad crítica (mol/l)	3,625	
Volumen crítico (cm³/mol)	276	
Calor de formación (kcal/mol)	-22,940	
Calor de fusión	-24°C	2,69
Calor de vaporización (kJ/mol)	32 ± 2	
Estabilidad	Generalmente inerte	
Conductividad térmica (W/m·K)	0,1	

1.3.6. REACTIVOS (II): HF

Tabla 1.11. Propiedades físicas y termodinámicas del HF

Peso molecular (g/mol)	20.006
Aspecto	Incoloro
Olor	acre
Punto de fusión a P_{atm} (°C)	-83,37
Punto de ebullición a P_{atm} (°C)	19,51
Presión de vapor a 25°C (bar)	1,23
Densidad relativa (g/cm³)	1
Densidad vapor (aire=1)	0,7
Índice de refractividad, n_D, a 25°C	2,13
Viscosidad de líquido a 0°C(cP)	0,26
Temperatura crítica (°C)	188
Presión crítica (bar)	64
Factor acéntrico	0,3720
Densidad crítica (kg/m³)	290
Volumen crítico (cm³/mol)	69
Calor de formación (kcal/mol)	-64,8
Calor de combustión (kJ/mol)	49,04
Calor de fusión(kJ/mol)	196,96
Calor de vaporización (kJ/mol)	374,5
Temperatura de auto ignición(°C)	>320
Conductividad térmica a 0°C (mW/m·K)	23,53

1.3.7. SUBPRODUCTOS (I): CCl₂F₂

Tabla 1.12. Propiedades físicas y termodinámicas del CCl₂F₂

Peso molecular (g/mol)	120,91
Aspecto	Incoloro
Olor	Etéreo
Punto de fusión a P_{atm} (°C)	-157,6
Punto de ebullición a P_{atm} (°C)	-29,6
Punto de inflamación	No combustible
Presión de vapor (kPa) a 20°C	568
Densidad relativa (g/cm³)	1,49
Densidad vapor (aire=1)	3,61
Solubilidad en agua (g/l) a 20°C	0,286
Índice de refractividad, n_D, a 25°C	
Viscosidad (cP)	1,25E-2
Temperatura crítica (°C)	112
Presión crítica (atm)	40,70
Compresibilidad crítica	0.98
Factor acéntrico	0,1796
Densidad crítica (kg/m³)	565
Volumen crítico(c.c/mol)	217
Calor de formación a 0°C (Kcal/mol)	-115
Calor de combustión	
Calor de fusión (kJ/kg)	34,239
Calor de vaporización (cal/mol)	4772
Temperatura de auto ignición	
Estabilidad	
Conductividad térmica (W/m·K)	9,63E-3

1.3.8. SUBPRODUCTOS (II): CCl₃F

Tabla 1.13. Propiedades físicas y termodinámicas del CCl₃F

Peso molecular (g/mol)	104,47
Aspecto	incoloro
Punto de fusión a P_{atm} (°C)	-155
Punto de ebullición a P_{atm} (°C)	-82
Punto de inflamación	No combustible
Presión de vapor (bar)	1.0605
Densidad relativa (kg/m³)	1.49
Densidad vapor (aire=1)	4.7
Solubilidad en agua (g/l)	0.1
Índice de refractividad, nD, a 20°C	1,3821
Viscosidad (cP)	1,5e-2
Temperatura crítica (°C)	198
Presión crítica (bar)	44,1
Compresibilidad crítica	0.96415
Factor acéntrico	0,18875
Densidad crítica (mol/l)	4,151
Volumen crítico(c.c/mol)	247
Calor de combustión	No combustible
Calor de fusión(kj/kg)	50208
Calor de vaporización (kJ/kmol)	15376
Conductividad térmica (W/m·K)	1,23E-2

1.3.9. PRODUCTOS (I): CCIF₃

Tabla 1.14. Propiedades físicas y termodinámicas del CCIF₃

Peso molecular (g/mol)	104,5
Aspecto	incoloro
Punto de fusión a P_{atm} (°C)	-181
Punto de ebullición a P_{atm} (°C)	-81,5
Punto de inflamación(°C)	11
Presión de vapor (mPa) 20°C	3,186
Densidad relativa (kg/m³)	4.32
Densidad vapor (aire=1) (lb/ft³)	0,4332
Solubilidad en agua (g/l)	Totalmente miscible
Viscosidad a 25°C (mPa·s)	14,1
Temperatura crítica (°C)	28,8
Presión crítica (bar)	38,6
Compresibilidad crítica	0,9896
Factor acéntrico	0,17166
Densidad crítica (mol/l)	5,5
Calor de formación (kcal/mol)	-166
Calor de fusión (kJ/kg)	30,347
Calor de vaporización (kJ/mol)	15,43
Temperatura de auto ignición (°C)	750
Conductividad térmica (W/m·K)	1,23E-2

1.3.10. PRODUCTOS(II): HCl

Tabla 1.15. Propiedades físicas y termodinámicas del HCl

Peso molecular (g/mol)	36,46
Aspecto	Incoloro
Olor	Irritante
Punto de fusión a P_{atm} (°C)	-114
Punto de ebullición a P_{atm} (°C)	-85
Punto de inflamación	No aplicable
Presión de vapor (atm) a 17,8°C	4
Densidad relativa (g/cm³)	0,118
Densidad vapor (aire=1)	1,27
Solubilidad en agua (g/l)	soluble
Índice de refractividad, n_D, a 18°C	1,34168
Viscosidad (cP)	1,36E-2
Temperatura crítica (°C)	51,65
Presión crítica (atm)	82
Compresibilidad crítica	0,25
Factor acéntrico	0,1322
Densidad crítica (kg/m³)	450,136
Calor de formación (kcal/mol)	-22,06
Calor de fusión (kJ/kg)	54,853
Calor de vaporización (kJ/kmol)	16089
Conductividad térmica (W/m·K)	1,69E-2

1.3.11. CATALIZADOR (I): SbCl₅

El pentacloruro de antimonio o cloruro antimónico es un compuesto químico con la fórmula SbCl₅. Se trata de un aceite incoloro, pero las muestras típicas son de color amarillento debido a las impurezas. Debido a su tendencia a hidrolizar a ácido clorhídrico, SbCl₅ es una sustancia altamente corrosiva. En contacto con el aire libera gran cantidad de humos, se descompone en cloro y cloruro antimonioso por destilación a la presión ordinaria. Se solidifica a 6°C convirtiéndose en una masa cristalina.

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

- Propiedades:

A continuación se muestran las propiedades del pentacloruro de antimonio:

Tabla 1.16. Propiedades termodinámicas del pentacloruro de antimonio

Masa molar (g/mol)	299,02
Densidad a 25° (g/cm ³)	2,36
Punto de fusión (°C)	2,8
Punto de ebullición (°C)	140
Solubilidad en agua	reacciona
Solubilidad	HCl, alcohol, CCl ₄
Presión de vapor a 25° (kPa)	0,16
Viscosidad a 29,4° (cP)	2,034
Capacidad calorífica gas (J/mol·K)	120,9

- Reacciones:

El pentacloruro puede reaccionar fácilmente con el agua, y con el aire humedo. Así mismo puede reaccionar con muchos más componentes que no se trataran en este apartado, porque no son de interés para el proceso que se lleva a cabo en planta.

Por exposición al aire húmedo, o mediante la adición de cierta cantidad de agua, se obtiene un monohidrato cristalino, $SbCl_5 \cdot H_2O$. Este hidrato se puede purificar por recristalización a partir de cloroformo, su punto de fusión se encuentra entre 87 ° y 92 ° C. El hidrato se descompone por el agua y por una solución de carbonato de sodio. Cuando se calienta con cloroformo o tetracloruro de carbono, se forma fosgeno.

En contacto con aire absorbe la humedad, convirtiéndose en una masa blanca, susceptible de cristalizar, dando el compuesto $SbCl_5 + 4H_2O$; un exceso de agua lo descompone en ácido antimónico y ácido clorhídrico, pero la presencia de ácido tártrico impide la precipitación del ácido antimónico por formarse iones complejos a semejanza del tricloruro.

El tetrahidrato, $\text{SbCl}_5 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, se puede obtener ya sea por evaporación de una solución acuosa saturada de la pentacloruro sobre ácido sulfúrico concentrado, o por precipitación a partir de una solución en cloroformo.

Pentacloruro de antimonio se disocia en el calentamiento, formando el tricloruro y el cloro, la disociación es lenta a 120°C , pero completa justo por encima de 300°C . Entre 120° y 260°C .

- Método de obtención:

Se obtiene dirigiendo una corriente de cloro en exceso sobre tricloruro de antimonio fundido, en caliente primero y a la temperatura ordinaria después, hasta que se ha absorbido la cantidad de cloro correspondiente:

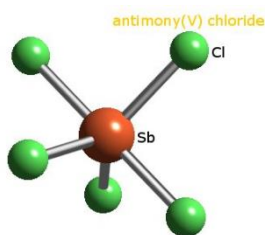
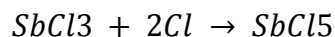
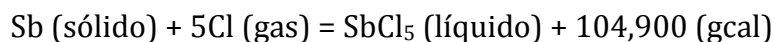


Figura 1.15. Molécula tridimensional del pentacloruro de antimonio

El comportamiento de pentacloruro de antimonio como un disolvente ha sido investigado. Se disuelve fácilmente en cloro, bromo, cloruro estánnico, cloruro de cromilo y ácido; tricloruro de yodo y tricloruro de oro se someten a la disociación, y yodo, bromuro estánnico y yoduro de estánnicos reaccionan con el disolvente.

El calor de formación del pentacloruro de antimonio es el siguiente:



El porcentaje de cada elemento que forma el pentacloruro de antimonio se presenta a continuación:

Element	%
Cl	59.28
Sb	40.72

Figura 1.16. Porcentaje de cada elemento que constituye el pentacloruro de carbono

- Aplicaciones:

Pentacloruro de antimonio se utiliza como catalizador de polimerización y para la cloración de compuestos orgánicos.

En este caso se utiliza para la cloración de compuestos orgánicos en nuestro proceso, se utiliza el pentacloruro de carbono como catalizador para las dos reacción que se llevan a cabo en el primer reactor del proceso, pasando los reactivos, HF y CCl₄, a productor intermedios como el freón 11 y freón 12, para obtener el freón 13, que es el producto principal del proceso.

- Precauciones:

Hace falta mirar detenidamente la ficha de seguridad del pentacloruro de antimonio para conocer los peligros de este.

El pentacloruro de carbón se considera altamente corrosivo, que debería de estar almacenada lejos del calor. Es un agente clorificante, en presencia de moisture, libera cloruro de hidrogeno en gas. Puede afectar incluso a materiales de acero inoxidable si se maneja en un ambiente húmedo. No se debe manejar con materiales plásticos no fluorados ya que se pueden derretir y carbonizar.

1.3.12. CATALIZADOR (II): AlCl_3

El cloruro de aluminio (AlCl_3) es una sal binaria formada por un átomo de aluminio y tres átomos de cloro. Es un sólido de color blanco o amarillo pálido puro que cuando se sublima en calentar y, en presencia de humedad, se descompone con la evolución de cloruro de hidrógeno.

- Propiedades:

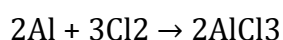
A continuación se muestran las propiedades del cloruro de aluminio:

Tabla 1.17. Propiedades termodinámicas del cloruro de aluminio

Masa molar (g/mol)	133,34
Densidad a 25° (kg/m ³)	2,48
Punto de fusión (°C)	192,4
Punto de ebullición (°C)	120
Solubilidad en agua	Reacciona violentamente
Solubilidad	Benceno, CCl_4 , cloroformo
Capacidad calorífica gas (J/mol·K)	91,84
Calor de formación (kJ/mol)	-704,20

- Método de obtención:

El cloruro de aluminio anhidro se fabrica principalmente por la reacción de vapor de cloro en el aluminio fundido.



En el proceso, el cloro se alimenta por debajo de la superficie del aluminio, y los productos se subliman y se recogen por condensación. Estos condensadores enfriados por aire son, cilindros verticales de acero de pared delgada con fondo cónico.

Los cristales de cloruro de aluminio se forman en las paredes del condensador y son periódicamente eliminados, aplastados, se examinarán y envasaran en recipientes de acero.

- Aplicaciones:

El cloruro de aluminio se utiliza en las industrias del petróleo y en varios aspectos de la tecnología de la química orgánica. Por ejemplo, cloruro de aluminio es un catalizador en reacciones orgánicas, en la alquilación de parafinas e hidrocarburos aromáticos para olefinas y también en la formación del complejo cetonas, aldehídos, y derivados del ácido carboxílico.

- Precauciones:

El AlCl_3 puede causar una explosión en caso de contacto con una base o agua. Este es un reactivo para ser utilizado con cuidado, utilizando guantes y gafas de seguridad. Cuando se trata con aire húmedo, el cloruro de aluminio absorbe humedad rápidamente y se convierte en altamente ácido, atacando rápidamente en un gran número de materiales, incluyendo acero inoxidable y caucho.

No es combustible, pero puede reaccionar lentamente en un incendio.

No es explosivo, pero la reacción violenta será resultado de las corrientes de contacto con el agua en grandes cantidades.

Condiciones a evitar: humedad y luz solar.

1.3.13. SOPORTE CATALIZADOR (I): SiO_2

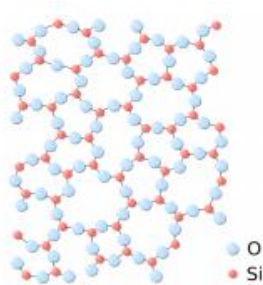


Figura 1.17. Estructura del óxido de silicio amorfo (Smith et al., 2008)

Los geles de sílice son óxidos de silicio amorfos y muy porosos (figura X y X), que poseen una gran área superficial (Saénz et al., 2007). Debido a su porosidad y área superficial, se pueden utilizar para la separación y adsorción de moléculas, aditivos de pinturas, tecnología de membranas e ingeniería molecular, soporte de catalizadores para formar catalizadores heterogéneos, etc. (Peña et al., 2008). El tamaño de poro suele rondar entre los 5\AA y los 300\AA , dependiendo del proceso de síntesis utilizado.

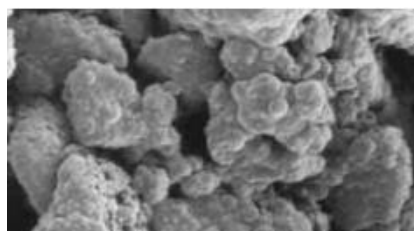


Figura 1.18. Imagen de una gel de sílice a través de un microscopio electrónico (Grace Davison, 2010)

- Propiedades:

A continuación se muestran las propiedades del óxido de silicio:

Tabla 1.18. Propiedades termodinámicas del óxido de silicio

Masa molar (g/mol)	60,1
Densidad a 25° (kg/cm ³)	2,21
Punto de fusión (°C)	1713
Punto de ebullición (°C)	2230
Solubilidad	0.012g en 100g agua

1.4. APLICACIONES DEL FREON-13

- Su principal aplicación es su uso como refrigerante. Los refrigerantes son los fluidos vitales en cualquier sistema de refrigeración mecánica. Cualquier sustancia que cambie de líquido a vapor y viceversa, puede funcionar como refrigerante, y dependiendo del rango de presiones y temperaturas a que haga estos cambios, va a tener una aplicación útil comercialmente. El freon-13 es de gran utilidad, ya que es un refrigerante de baja temperatura de congelación, es decir, es un agente de enfriamiento para obtención de temperaturas de menos 70°C a menos 100°C. Así, los campos en los que podemos encontrar este refrigerante son:
 - Frigoríficos, congeladores y acondicionamiento de aire.
 - Procesamiento farmacéutico.
 - Procesos criogénicos donde se requiera tejido humano para congelar rápidamente para análisis y examen.
 - Endurecimiento de metales.
- En menores cantidades se utilizaba como propulsor de aerosoles. Su estabilidad, no inflamabilidad, baja toxicidad y carencia de olor, son características que lo hacen ideal para ser usado como propelente. Lo podemos encontrar en los inhaladores para medicamentos utilizados en el tratamiento del asma, antisudorales, lacas, desodorantes, lociones para el cabello, lociones para broncear la piel, insecticidas, repelentes de insectos, bálsamos para quemaduras, agentes anti-polilla, cremas de belleza, pinturas, cremas de afeitar, nieve artificial decorativa, etc.
- Disolvente, diluyente, agente limpiador y desengrasante en la industria.
- Agente expulsor para espumas extintoras de incendios. A altas temperaturas se descompone liberando átomos de halógeno que se combinan eficazmente con radicales libres que se generan durante la combustión, desactivando la reacción de propagación de la llama incluso quedando el combustible adecuado, oxígeno y calor. Mediante éste envenenamiento del fuego, se requieren menores concentraciones que en el caso de métodos más tradicionales de enfriamiento, sofocación o dilución del combustible. Su uso actual está limitado a aplicaciones críticas como

centrales nucleares, aviación y militares, debido a ser perjudiciales para la capa de ozono.

- Producto químico intermedio de polímeros.
- Fluido dieléctrico, en la manufactura de aparatos eléctricos de alto voltaje.

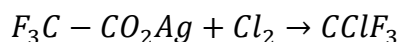
1.5. RUTAS DE SÍNTESIS DEL FREON-13

El clorotrifluorometano puede ser sintetizado de numerosas maneras como son:

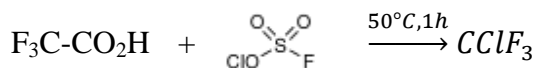
- A partir de tetracloruro de carbono y el complejo di-cloro-trifloro-antimonio (V)-ácido di fluorhídrico, con un rendimiento del 95%, a 160°C y 70 atm.



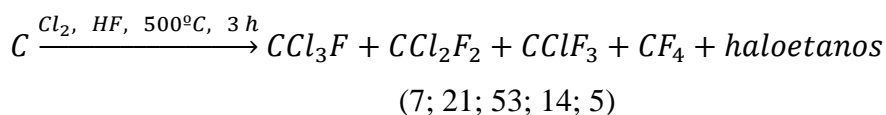
- Desde trifluoroacetato de plata y cloro, con un rendimiento del 90%.



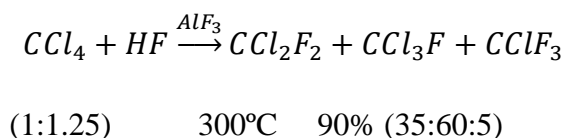
- Mediante ácido trifluoroacetico y clorofluorosulfato, con un rendimiento del 90%.



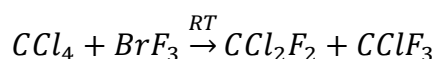
- También constituye el producto mayoritario en la cloración de grafito en presencia de HF, con un rendimiento de 89%. Esta reacción está siendo optimizada y se prevé más eficiente si se realiza a 500°C. Los efectos de diferentes catalizadores se están investigando.



- A partir de tetracloruro de carbono y ácido fluorhídrico, en presencia de I₂ o CoF₃ o óxidos de metales o metales de ácido fluorhídrico como catalizador.



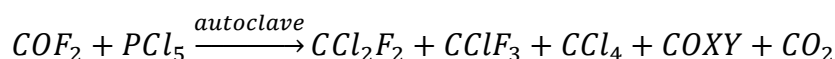
- Cuando el CCl_2F_2 entra en contacto con F_2 en presencia de Hg a 340-370°C.
- Se puede preparar en el laboratorio mediante el uso de BrF_3 o IF_5 como agente en la fluoración. Banks et al. encontró que la lenta adición del agente fluoronado, la disminución de la relación de CCl_4 con BrF_3 o IF_5 , así como una baja temperatura y un sistema de condensación eficiente (con el fin de mantener los intermedios más volátiles en contacto con el BrF_3) favorece la formación de $CClF_3$. El BrF_3 reacciona sin problemas pero vigorosamente con el CCl_4 i CBr_4 (rendimiento del 70%), mientras que la reacción es violenta en el caso del Cl_4 . Estas reacciones se pueden realizar a 0°C. Por otro lado, el IF_5 es menos reactivo y las reacciones se realizan a 90-100°C.



(1:0.84)

(57-85)

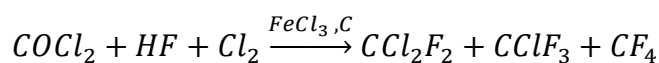
- Otras posibilidades incluyen la fluoración del $CHCl_3$, con el versátil agente fluoronador CF_3OF , que produce una mezcla de CCl_2F_2 (6%), $CClF_3$ (83%) y CF_4 (11%).
- A partir del tratamiento a 265-350°C de COF_2 con PCL_5 .



(1:1.25) 265°C, 16 h

15% (67; 33; 0; -; -)

- A partir de $COCl_2$ con $HF/Cl_2/FeCl_3$ a 425°C durante 17 h.



(6:6:1)

72% (19:75:6)

1.6. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

A continuación se realizará la descripción de proceso productivo del freón 13. Éste se realizara según las áreas del proceso.

ÁREA 100: Almacenaje de materias primeras

Ésta área es en la cual se almacenan los reactivos (ácido fluorhídrico y tetracloruro de carbono), y el catalizador (pentacloruro de antimonio). Para comenzar el proceso, en la puesta en marcha, se cargará el reactor con el catalizador mediante una bomba que provocará un aumento de presión al catalizador para que este llegue al reactor a 7 atm, en donde, mediante la mediacaña, se eleva la temperatura del catalizador hasta 95°C.

Asimismo, los reactivos salen de sus respectivos tanques de almacenaje mediante su bomba, la cual tiene la función de aumentar la presión y llevar cada reactivo al primer mezclador del área 100.

ÁREA 200: Reacción y Recuperación de Reactivos

Una vez los reactivos se encuentran en el MIX-201, donde se homogeniza la mezcla mediante un agitador, estos se dirigen hacia el reactor, previo a esto pasan por el IC-205, donde se calientan a la temperatura necesaria para realizar la reacción. El fluido encargado de realizar el aumento de esta temperatura es la salida gaseosa de productos del mismo reactor.

Una vez calientes los reactivos entran al reactor mediante una bomba que impulsa el fluido para soportar las pérdidas de carga del IC-205 y el MIX-201.

Además de la alimentación de reactivos fresco, se incorpora la recirculación del catalizador más reactivo recuperado a lo largo del proceso. Una vez incorporado todos los reactivos y el catalizador, comienza la reacción en el interior de reactor, la cual ocurre a 170°C y 7 atm.

Esta reacción ocurre en fase líquida, y es del tipo endotérmico, por lo cual hay que incorporarle calor, el cual se ingresa mediante el uso de una media caña que posee el reactor, además para mantener la mezcla homogénea, el reactor posee un agitador.

Como ya fue mencionado, la reacción ocurre en estado líquido, pero debido a los productos formados a las condiciones de operación, se encuentran en fase gaseosa. Es por esto que la mayor parte de los productos salen en esta fase, pero además hay producto en la fase líquida.

Ahora para una óptima separación de los productos y los reactivos obtenidos en el R-201, es necesario llevarlos a una torre de destilación, pero para esto hay que bajar la temperatura de las salidas del reactor.

La primera de estas es la fase líquida, la cual se refrigera en el IC-203, mediante el uso del aceite térmico Dowtherm J a -50°C , para que llegue a 18°C . En seguida, la fase gaseosa, como ya fue mencionado, se dirige al IC-205, y se pre-enfría, pero solo hasta 92°C , por lo cual se tiene que llevar al IC-202/6, en donde continua el descenso de su temperatura hasta $-3,5^{\circ}\text{C}$ mediante el uso del aceite térmico Dowtherm J a -50°C .

Una vez obtenida ambas corrientes en estado líquido, se introducen a un mezclador, el cual consta de un agitador, para obtener una mezcla homogénea a la entrada de la columna de absorción. Ésta mezcla se lleva mediante una bomba a la columna para soportar la caída de presión entre el mezclador y la columna.

Esta columna cumple la función de separar los reactivos (ácido fluorhídrico, tetracloruro de carbono, pentacloruro de antimonio) y productos intermedios (freón 11), de los productos de la reacción (freón 12 y ácido clorhídrico). Los reactivos, obtenidos por la parte baja de la columna, se recirculan al R-201, mediante el uso de una bomba, para soportar la caída de presión del intercambiador de calor que lo enfriara hasta la temperatura de operación del reactor. Mientras que el destilado, subproductos intermedios, se dirigirán a la siguiente columna ubicada en el área 300 mediante una bomba.

ÁREA 300: Purificación y Absorción

Del destilado obtenido en la CD-201 se separará el ácido del R-12, para lo cual se incorpora a la CD-301, en la cuales se obtiene como destilado ácido clorhídrico, mientras que por la parte baja de la columna se obtiene el freón 12, el cual se dirige al mezclador del área 400 mediante una bomba.

El destilado, para poder venderlo como subproducto del proceso, se realizara una absorción con agua, pero para esto el ácido hay que bajarle la presión mediante una válvula y luego mezclarlo con aire comprimido. Esta mezcla se incorpora a la torre de absorción, en donde entra por el fondo de esta, mientras que por la parte superior entra agua descalcificada impulsada por una bomba.

Ahora por la parte superior de la torre de absorción se obtiene aire húmedo, el cual se hace pasar por el IC-301 para recuperar el agua que se lleva el aire. Y por la parte baja de la columna se obtiene ácido clorhídrico al 35%, el cual, mediante el uso de una bomba, se lleva al área de almacenamiento de producto.

ÁREA 400: Reacción

En esta área se produce la reacción en la cual se obtiene nuestro producto, el freón13, para esto se junta los reactivos provenientes de la CD-301 y -502 en el MIX-401, el cual consta con un agitador para obtener una mezcla homogénea. Ahora esta reacción ocurre a presión atmosférica y 130°C, esto se logra haciendo pasar la mezcla por el IC-402, donde se calienta con el gas obtenido como producto del mismo reactor, y se le baja la presión mediante el uso de la válvula, ya que la reacción es en estado gaseoso.

Ahora el reactivo, el freón 12, entra al R-401, el cual es un reactor multitubular, en donde el catalizador, tricloruro de Aluminio, se encuentra en un lecho empacado al interior de los tubos formado por sílica gel. El gas de freón 12 pasa a través de este lecho, donde reacciona con el catalizador formando tetracloruro de carbono y nuestro producto, freo 13. Esta reacción es de tipo exotérmica, por lo cual es necesario enfriarla mediante el uso del aceite térmico Dowtherm A a 50°C que pasa por la coraza del R-401.

Ya que la conversión no es del 100%, se hace necesaria la recuperación del freón 12, como asimismo, la purificación del producto, y la separación del tetracloruro de carbono, ya que es un reactivo de la primera reacción el cual se puede reutilizar disminuyendo costos. Para esto se hace pasar la mezcla gaseosa por dos columnas de destilación en el área 500, pero previo a esto, se le vuelve a entregar presión al gas mediante un compresor, para que las columnas operen a 7 atm. Además, este

gas se pre-enfría en el IC-402, calentando la entrada al R-401, del cual sale a 43°C y debe seguir enfriando en el área 500

ÁREA 500: Purificación y recuperación

En esta área es donde se purifica el producto y se recuperan reactivos para ambos reactores. Para comenzar, la salida gaseosa del reactor, el cual se pre-enfría en el IC-402, se termina de enfriar y condensar en el IC-501/3, del cual sale en estado líquido y -16°C, para ingresarlo a la CD-501, en donde, por la parte inferior sale una mezcla de reactivos, R-12 y tetracloruro de carbono, mientras que es el destilado corresponde a nuestro producto, el cual sale con una pureza de 99,99%, y se dirige al área de almacenaje de productos mediante el uso de una bomba.

El producto que se obtienen por la parte inferior de la CD-501, ingresa a la CD-502, en la cual se separa. Por la parte inferior se obtiene mayoritariamente tetracloruro de carbono, el cual se recircula al R-201 mediante una bomba, previamente se enfría en el IC-502, para que entre a la temperatura de operación de este último.

Ahora el destilado, que contiene en mayor proporción R-12, y en menor R-13 y tetracloruro de carbono, se recirculan hacia el MIX-401.

ÁREA 600: Almacenaje de Productos y Subproductos.

En esta área se almacena el ácido clorhídrico proveniente de la columna de absorción del área 300, como también se almacena nuestro producto principal, el freón 13, el cual se almacena en un tanque a alta presión (7 atm) y baja temperatura (-35°C). Para mantener las condiciones de este debe estar aislado y debe constar con un sistema de recuperación mediante compresión y condensación del producto que se evapora en el interior de los tanques de almacenamiento.

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

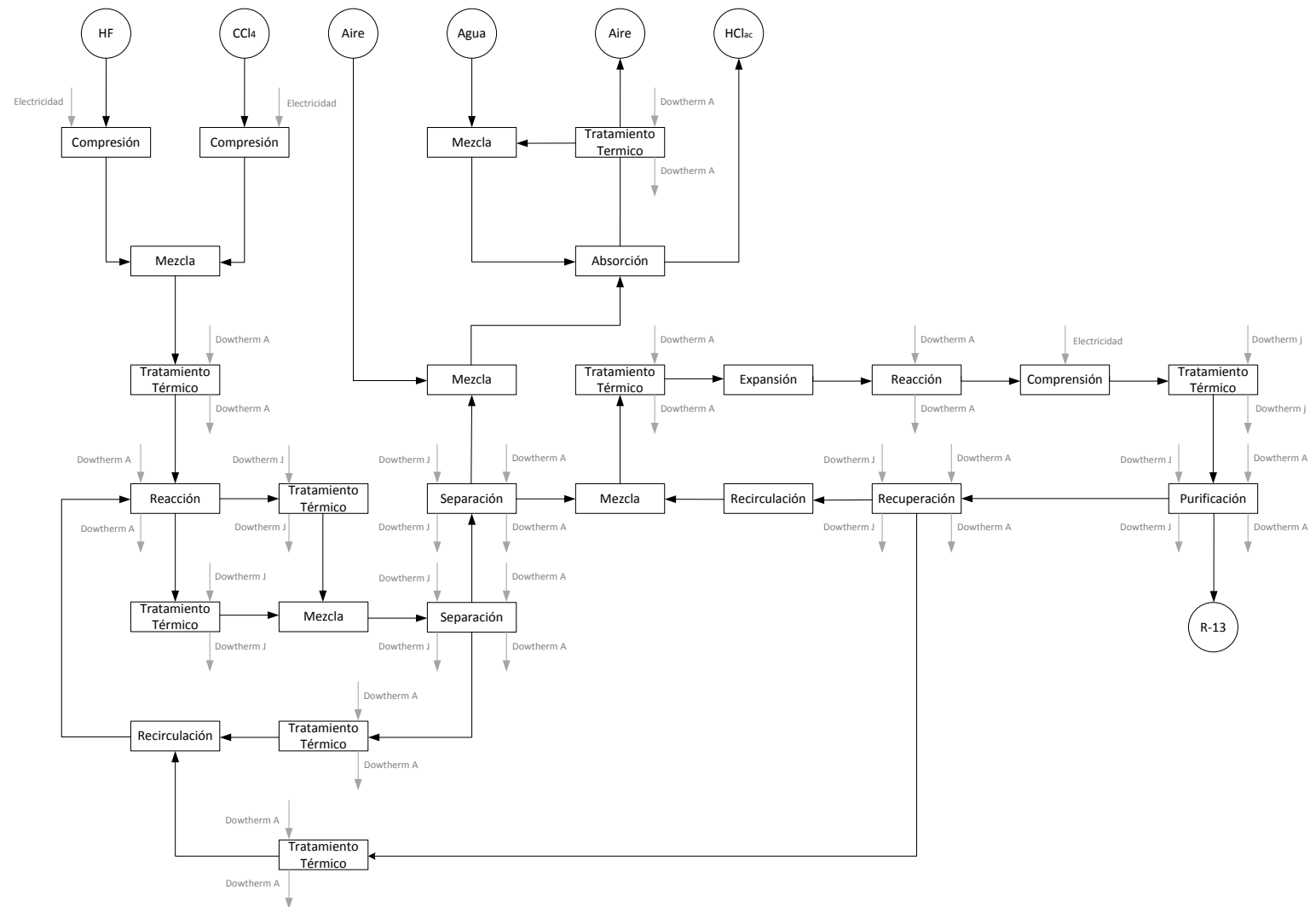


Figura 1.19. Diagrama de bloques del proceso de fabricación

1.7. BALANCES DE MATERIA

Como su nombre indica, en esta apartado se muestran los balances de materia que se producen durante el proceso de fabricación del Freon-13. Primero se muestra el diagrama de proceso realizado con el programa Microsoft Word y posteriormente se muestran las tablas de los balances.

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

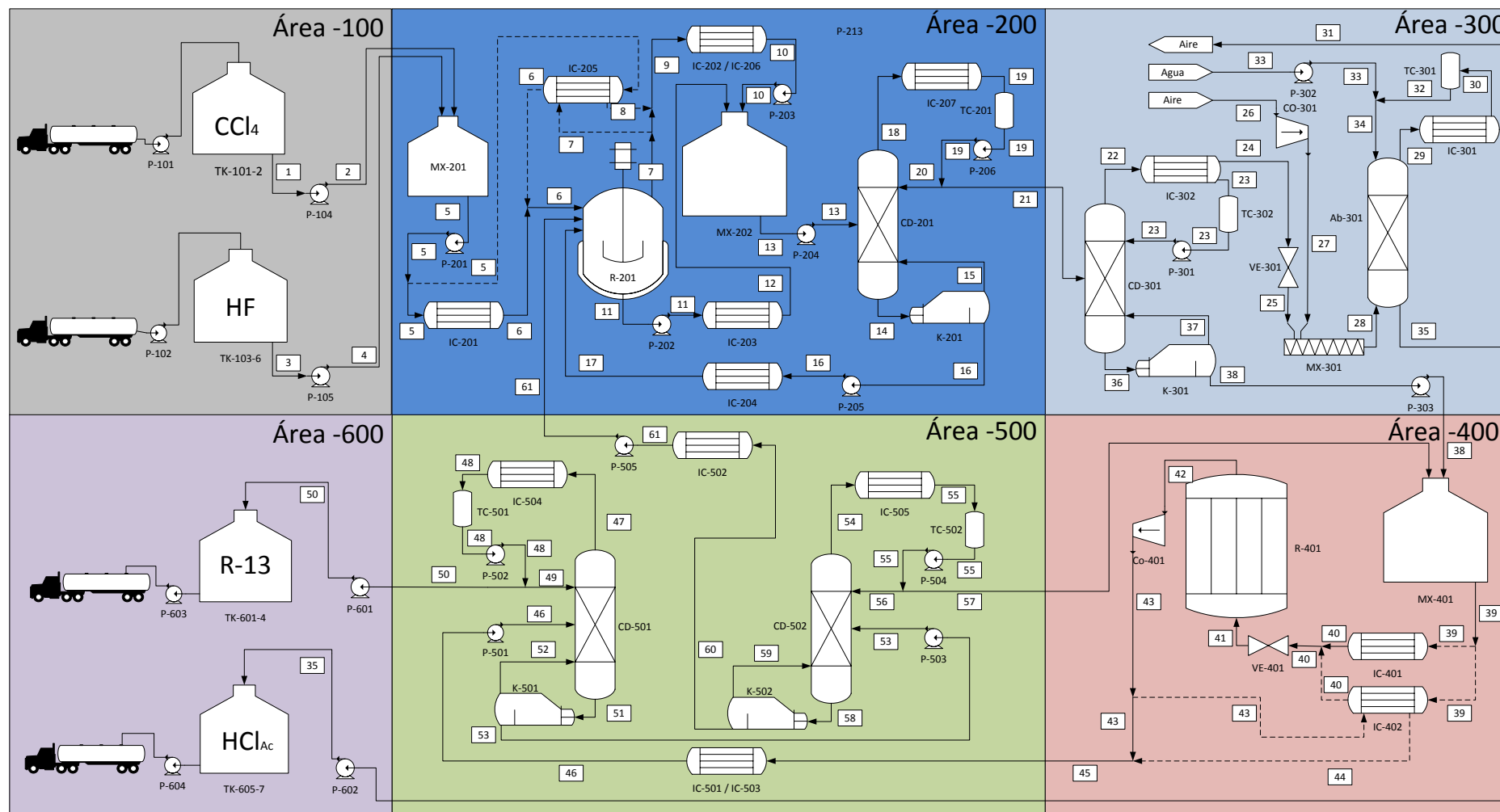


Figura 1.20. Diagrama de proceso hecho con Microsoft Word

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

Tabla 1.19. Balances de materia

			1	2	3	4	5	6	7
Condiciones	Fracción de vapor	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
	Temperatura	°C	25,00	25,62	25,00	25,29	25,44	95,00	94,95
	Presión	atm	1,00	7,00	2,00	7,00	7,00	7,00	7,00
	Flujo molar	kmol/h	13,57	13,57	40,74	40,74	54,31	54,31	119,34
	Flujo másico	kg/h	2088,00	2088,00	815,00	815,00	2903,00	2903,00	9100,94
	Flujo Volumétrico	m³/h	1,32	1,32	0,84	0,84	2,00	2,29	478,71
Composición	SbCl₅	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,29%
	R-11	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	21,98%
	CCl₄	%	100,00%	100,00%	0,00%	0,00%	24,99%	24,99%	0,78%
	HF	%	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%	75,01%	75,01%	23,61%
	HCl	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	34,09%
	R-12	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	17,24%
	R-13	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Aire	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	H₂O	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Propiedades	Peso molecular	kg/kmol	153,82	153,82	20,01	20,01	53,45	53,45	76,26
	Densidad molar	kmol/m³	10,27	10,27	48,41	48,39	27,12	23,75	0,25
	Densidad	kg/m³	1579,25	1579,18	968,45	968,16	1449,32	1269,41	19,01
	Entalpía molar	kJ/kmol	-132714,13	-132635,18	-288912,94	-288898,98	-249844,10	-245024,16	-152834,78
	Entropía molar	kJ/kmol °C	291,70	279,11	82,88	73,54	129,11	155,92	-36753,93
	Entalpía Másica	kJ/kg	-862,78	-862,26	-14441,31	-14440,62	-4674,31	-4584,13	-2004,11
	Entropía másica	kJ/kg °C	1,90	1,81	4,14	3,68	2,42	2,92	-481,95
	Calor Específico Molar	kJ/kmol °C	126,84	126,89	48,82	48,81	68,32	71,49	2684,51
	Calor Específico	kJ/kg °C	0,82	0,82	2,44	2,44	1,28	1,34	35,20
	Viscosidad	cP	0,84	0,83	0,24	0,24	0,48	0,25	0,01

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

Tabla 1.17. Continuación balances de materia

			8	9	10	11	12	13	14
Condiciones	Fracción de vapor	%	72,85%	72,85%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Temperatura	°C	92,00	92,00	-2,32	94,95	18,61	-1,51	99,02
	Presión	atm	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
	Flujo molar	kmol/h	119,34	119,34	119,34	3,45	3,45	122,79	1254,95
	Flujo másico	kg/h	9100,94	9100,94	9100,94	616,18	616,18	9717,12	95857,83
	Flujo Volumétrico	m³/h	6,20	6,20	6,20	0,27	0,25	6,44	75,29
Composición	SbCl₅	%	2,29%	2,29%	2,29%	45,58%	45,58%	3,51%	0,92%
	R-11	%	21,98%	21,98%	21,98%	20,73%	20,73%	21,95%	45,02%
	CCl₄	%	0,78%	0,78%	0,78%	2,86%	2,86%	0,84%	0,65%
	HF	%	23,61%	23,61%	23,61%	24,72%	24,72%	23,64%	53,31%
	HCl	%	34,09%	34,09%	34,09%	3,16%	3,16%	33,22%	0,00%
	R-12	%	17,24%	17,24%	17,24%	2,95%	2,95%	16,84%	0,10%
	R-13	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Aire	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	H₂O	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Propiedades	Peso molecular	kg/kmol	76,26	76,26	76,26	178,82	178,82	79,14	76,38
	Densidad molar	kmol/m³	19,25	19,25	19,25	12,61	13,90	19,07	16,67
	Densidad	kg/m³	1468,26	1468,26	1468,23	2254,86	2485,21	1509,50	1273,14
	Entalpía molar	kJ/kmol	-285954,15	-285954,15	-285956,57	1725857,04	-480634,18	-291420,03	-260098,40
	Entropía molar	kJ/kmol °C	-37161,08	-37161,08	-37161,09	-734910,18	-741438,54	-56925,67	-14668,94
	Entalpía Másica	kJ/kg	-3749,69	-3749,69	-3749,73	9651,52	-2687,85	-3682,39	-3405,14
	Entropía másica	kJ/kg °C	-487,29	-487,29	-487,29	-4109,84	-4146,35	-719,31	-192,04
	Calor Específico Molar	kJ/kmol °C	81,64	81,64	---	52386,39	5681,10	---	1197,46
	Calor Específico	kJ/kg °C	1,07	1,07	---	292,96	31,77	---	15,68
	Viscosidad	cP	0,34	0,34	0,34	0,55	0,79	0,34	0,22

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

Tabla 1.19. Continuación balances de materia

			15	16	17	18	19	20	21
Condiciones	Fracción de vapor	%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Temperatura	°C	102,42	102,42	95,00	-0,74	-27,99	-27,99	-27,99
	Presión	atm	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
	Flujo molar	kmol/h	1193,61	61,34	61,34	79,27	79,27	17,82	61,45
	Flujo másico	kg/h	90126,03	5731,81	5731,84	5141,06	5141,06	1155,74	3985,32
	Flujo Volumétrico	m ³ /h	4700,02	3,96	3,89	230,19	3,96	0,89	3,07
Composición	SbCl₅	%	0,61%	7,02%	7,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	R-11	%	45,07%	43,94%	43,94%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	CCl₄	%	0,60%	1,69%	1,69%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	HF	%	53,62%	47,32%	47,32%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	HCl	%	0,00%	0,00%	0,00%	66,38%	66,38%	66,38%	66,38%
	R-12	%	0,11%	0,03%	0,03%	33,62%	33,62%	33,62%	33,62%
	R-13	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Aire	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	H₂O	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Propiedades	Peso molecular	kg/kmol	75,51	93,45	93,45	64,85	64,85	64,85	64,85
	Densidad molar	kmol/m ³	0,25	15,50	15,78	0,34	20,02	20,02	20,02
	Densidad	kg/m ³	19,18	1448,37	1474,66	22,33	1298,62	1298,62	1298,62
	Entalpía molar	kJ/kmol	-255052,31	70933,82	7809,06	-229887,96	-246777,16	-246777,16	-246777,16
	Entropía molar	kJ/kmol °C	-9562,75	-112884,86	-113055,17	182,86	113,91	113,91	113,91
	Entalpía Másica	kJ/kg	-3377,86	759,06	83,56	-3544,68	-3805,10	-3805,10	-3805,10
	Entropía másica	kJ/kg °C	-126,65	-1207,97	-1209,79	2,82	1,76	1,76	1,76
	Calor Específico Molar	kJ/kmol °C	819,17	8864,64	8151,26	46,42	80,89	80,89	80,89
	Calor Específico	kJ/kg °C	10,85	94,86	87,23	0,72	1,25	1,25	1,25
	Viscosidad	cP	0,01	0,25	0,26	0,01	0,26	0,26	0,26

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

Tabla 1.19. Continuación balances de materia

			22	23	24	25	26	27	28
Condiciones	Fracción de vapor	%	100,00%	0,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
	Temperatura	°C	-41,96	-41,96	-41,96	-54,80	-248,15	-248,15	-291,97
	Presión	atm	7,00	7,00	7,00	1,00	101,33	101,33	101,33
	Flujo molar	kmol/h	53,85	13,06	40,79	40,79	34,24	34,24	75,03
	Flujo másico	kg/h	1963,33	476,09	1487,24	1487,24	991,30	991,30	2478,53
	Flujo Volumétrico	m³/h	133,09	0,44	100,81	720,76	837,30	837,30	1559,06
Composición	SbCl₅	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	R-11	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	CCl₄	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	HF	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	HCl	%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	0,00%	0,00%	54,36%
	R-12	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	R-13	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Aire	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%	45,64%
Propiedades	H₂O	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Peso molecular	kg/kmol	36,46	36,46	36,46	36,46	28,95	28,95	33,03
	Densidad molar	kmol/m³	0,40	29,55	0,40	0,06	0,04	0,04	0,05
	Densidad	kg/m³	14,75	1077,48	14,75	2,06	1,18	1,18	1,59
	Entalpía molar	kJ/kmol	-94785,30	-109029,66	-94785,01	-94785,01	-6,79	-6,79	-51484,48
	Entropía molar	kJ/kmol °C	146,33	84,72	146,33	161,85	-0,02	-0,02	6,49
	Entalpía Másica	kJ/kg	-2599,64	-2990,30	-2599,64	-2599,64	-0,23	-0,23	-1558,55
	Entropía másica	kJ/kg °C	4,01	2,32	4,01	4,44	0,00	0,00	0,20
	Calor Específico Molar	kJ/kmol °C	32,77	65,24	32,77	30,07	29,04	29,04	29,24
	Calor Específico	kJ/kg °C	0,90	1,79	0,90	0,82	1,00	1,00	0,89
	Viscosidad	cP	0,01	0,20	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

Tabla 1.19. Continuación balances de materia

			29	30	31	32	33	34	35
Condiciones	Fracción de vapor	%	100,00%	44,54%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Temperatura	°C	-187,91	-238,15	-238,15	-238,15	-248,15	-245,91	-221,42
	Presión	atm	101,33	101,33	101,33	101,33	101,33	101,33	101,33
	Flujo molar	kmol/h	81,33	81,33	36,23	45,11	155,15	200,16	193,86
	Flujo másico	kg/h	1840,86	1840,86	1026,66	814,20	2795,00	3607,54	4245,21
	Flujo Volumétrico	m³/h	2383,10	916,20	915,38	0,83	2,80	3,63	3,66
Composición	SbCl₅	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	R-11	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	CCl₄	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	HF	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	21,05%
	HCl	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	R-12	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	R-13	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Aire	%	42,23%	42,23%	94,40%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	H₂O	%	57,77%	57,77%	5,60%	100,00%	100,00%	100,00%	78,95%
Propiedades	Peso molecular	kg/kmol	22,63	22,63	28,34	18,02	18,02	18,02	21,90
	Densidad molar	kmol/m³	0,03	0,09	0,04	54,52	55,35	55,17	52,93
	Densidad	kg/m³	0,77	2,01	1,12	984,21	997,17	994,30	1159,15
	Entalpía molar	kJ/kmol	-137818,30	-163484,72	-13247,47	-284150,26	-285826,74	-285449,72	-256835,16
	Entropía molar	kJ/kmol °C	-14,22	-88,74	0,25	-160,21	-163,22	-162,52	-151,61
	Entalpía Másica	kJ/kg	-6089,18	-7223,19	-467,46	-15741,77	-15865,80	-15837,86	-11728,35
	Entropía másica	kJ/kg °C	-0,63	-3,92	0,01	-8,88	-9,06	-9,02	-6,92
	Calor Específico Molar	kJ/kmol °C	32,02	54,66	29,32	75,01	75,20	75,15	53,46
	Calor Específico	kJ/kg °C	1,41	2,41	1,03	4,16	4,17	4,17	2,44
	Viscosidad	cP	0,02	<empty>	0,02	0,72	0,91	0,86	1,27

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

Tabla 1.19. Continuación balances de materia

			36	37	38	39	40	41	42
Condiciones	Fracción de vapor	%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	100,00%	100,00%
	Temperatura	°C	28,19	28,19	28,19	27,65	136,04	130,00	129,95
	Presión	atm	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	1,00	1,00
	Flujo molar	kmol/h	71,54	50,88	20,66	23,18	23,18	23,18	23,18
	Flujo másico	kg/h	8649,48	6151,40	2498,08	2802,82	2802,82	2802,82	2803,07
	Flujo Volumétrico	m³/h	6,66	153,42	1,92	2,15	105,00	760,45	760,29
Composición	SbCl₅	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	R-11	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	CCl₄	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,41%	0,41%	0,41%	29,76%
	HF	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	HCl	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	R-12	%	100,00%	100,00%	100,00%	98,91%	98,91%	98,91%	10,88%
	R-13	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,68%	0,68%	0,68%	59,36%
	Aire	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	H2O	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Propiedades	Peso molecular	kg/kmol	120,91	120,91	120,91	120,93	120,93	120,93	120,94
	Densidad molar	kmol/m³	10,74	0,33	10,74	10,76	0,22	0,03	0,03
	Densidad	kg/m³	1298,95	40,09	1298,95	1301,65	26,69	3,69	3,69
	Entalpía molar	kJ/kmol	-514138,88	-497196,29	-514143,44	-513946,60	-488026,87	-488026,87	-488221,30
	Entropía molar	kJ/kmol °C	179,90	236,12	179,90	180,69	262,47	278,25	323,47
	Entalpía Másica	kJ/kg	-4252,19	-4112,08	-4252,20	-4249,81	-4035,48	-4035,48	-4036,77
	Entropía másica	kJ/kg °C	1,49	1,95	1,49	1,49	2,17	2,30	2,67
	Calor Específico Molar	kJ/kmol °C	122,00	79,55	122,00	124,08	86,24	83,58	86,10
	Calor Específico	kJ/kg °C	1,01	0,66	1,01	1,03	0,71	0,69	0,71
	Viscosidad	cP	0,20	0,01	0,20	0,21	0,02	0,02	0,02

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

Tabla 1.19. Continuación balances de materia

			43	44	45	46	47	48	49
Condiciones	Fracción de vapor	%	100,00%	41,11%	41,11%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%
	Temperatura	°C	235,85	44,00	44,00	-15,13	-34,95	-34,95	-34,95
	Presión	atm	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
	Flujo molar	kmol/h	23,18	23,18	23,18	23,18	21,35	21,35	7,75
	Flujo másico	kg/h	2803,07	2803,07	2803,07	2803,07	2230,78	2230,78	809,90
	Flujo Volumétrico	m³/h	134,57	29,55	29,55	1,90	50,46	1,68	0,61
Composición	SbCl₅	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	R-11	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	CCl₄	%	29,76%	29,76%	29,76%	29,76%	0,00%	0,00%	0,00%
	HF	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	HCl	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	R-12	%	10,88%	10,88%	10,88%	10,88%	0,00%	0,00%	0,00%
	R-13	%	59,36%	59,36%	59,36%	59,36%	100,00%	100,00%	100,00%
	Aire	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	H₂O	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Propiedades	Peso molecular	kg/kmol	120,94	120,94	120,94	120,94	104,47	104,47	104,47
	Densidad molar	kmol/m³	0,17	0,78	0,78	12,19	0,42	12,68	12,68
	Densidad	kg/m³	20,83	94,86	94,86	1473,89	44,21	1324,30	1324,30
	Entalpía molar	kJ/kmol	-478832,82	-511587,52	-511587,52	-519054,72	-699608,52	-712345,87	-712345,87
	Entropía molar	kJ/kmol °C	328,19	229,10	229,10	197,81	212,75	159,27	159,27
	Entalpía Másica	kJ/kg	-3959,15	-4230,06	-4230,06	-4291,72	-6696,78	-6818,70	-6818,70
	Entropía másica	kJ/kg °C	2,71	1,89	1,89	1,64	2,04	1,52	1,52
	Calor Específico Molar	kJ/kmol °C	98,80	107,01	107,01	118,24	65,83	104,86	104,86
	Calor Específico	kJ/kg °C	0,82	0,88	0,88	0,98	0,63	1,00	1,00
	Viscosidad	cP	0,02	0,26	0,26	0,36	0,01	0,18	0,18

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

Tabla 1.19. Continuación balances de materia

			50	51	52	53	54	55	56
Condiciones	Fracción de vapor	%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%
	Temperatura	°C	-34,95	47,37	97,11	97,11	55,89	23,56	23,56
	Presión	atm	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
	Flujo molar	kmol/h	13,60	23,65	14,07	9,58	4,07	4,07	1,56
	Flujo másico	kg/h	1420,88	3158,91	1776,79	1382,12	493,24	493,24	188,40
	Flujo Volumétrico	m³/h	1,07	2,26	55,38	1,01	13,96	0,37	0,14
Composición	SbCl₅	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	R-11	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	CCl₄	%	0,00%	41,52%	20,78%	72,01%	3,75%	3,75%	3,75%
	HF	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	HCl	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	R-12	%	0,00%	52,36%	70,06%	26,33%	89,93%	89,93%	89,93%
	R-13	%	100,00%	6,12%	9,16%	1,66%	6,32%	6,32%	6,32%
	Aire	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	H₂O	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Propiedades	Peso molecular	kg/kmol	104,47	133,57	126,25	144,34	121,11	121,11	121,11
	Densidad molar	kmol/m³	12,68	10,47	0,25	9,47	0,29	10,92	10,92
	Densidad	kg/m³	1324,30	1398,04	32,08	1367,45	35,34	1321,99	1321,99
	Entalpía molar	kJ/kmol	-712345,87	-364945,42	-427489,51	-233166,41	-492670,45	-512355,38	-512355,38
	Entropía molar	kJ/kmol °C	159,27	241,06	289,16	300,25	251,38	185,34	185,34
	Entalpía Másica	kJ/kg	-6818,70	-2732,22	-3386,14	-1615,44	-4067,98	-4230,52	-4230,52
	Entropía másica	kJ/kg °C	1,52	1,80	2,29	2,08	2,08	1,53	1,53
	Calor Específico Molar	kJ/kmol °C	104,86	126,90	86,17	151,66	81,14	128,78	128,78
	Calor Específico	kJ/kg °C	1,00	0,95	0,68	1,05	0,67	1,06	1,06
	Viscosidad	cP	0,18	0,31	0,02	0,31	0,01	0,22	0,22

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

Tabla 1.19. Continuación balances de materia

			57	58	59	60	61
Condiciones	Fracción de vapor	%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%
	Temperatura	°C	23,56	147,19	152,44	152,44	94,95
	Presión	atm	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
	Flujo molar	kmol/h	2,52	11,23	4,17	7,06	7,06
	Flujo másico	kg/h	304,85	1702,20	624,93	1077,27	1077,34
	Flujo Volumétrico	m ³ /h	0,23	1,30	18,17	0,83	0,75
Composición	SbCl₅	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	R-11	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	CCl₄	%	3,75%	93,21%	87,91%	96,34%	96,35%
	HF	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	HCl	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	R-12	%	89,93%	6,79%	12,09%	3,65%	3,64%
	R-13	%	6,32%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%
	Aire	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	H₂O	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Propiedades	Peso molecular	kg/kmol	121,11	151,59	149,84	152,62	152,62
	Densidad molar	kmol/m ³	10,92	8,63	0,23	8,54	9,42
	Densidad	kg/m ³	1321,99	1307,52	34,39	1303,99	1437,02
	Entalpía molar	kJ/kmol	-512355,38	-142539,84	-138427,66	-129771,22	-137513,93
	Entropía molar	kJ/kmol °C	185,34	344,84	397,94	350,31	321,02
	Entalpía Másica	kJ/kg	-4230,52	-940,32	-923,83	-850,30	-901,01
	Entropía másica	kJ/kg °C	1,53	2,27	2,66	2,30	2,10
	Calor Específico Molar	kJ/kmol °C	128,78	138,11	98,15	140,40	135,64
	Calor Específico	kJ/kg °C	1,06	0,91	0,66	0,92	0,89
	Viscosidad	cP	0,22	0,28	0,01	0,28	0,42

1.8. SERVICIOS DE PLANTA

En esta sección se detallan las distintas necesidades y servicios que requiere la actividad industrial:

- Energía Eléctrica: Conexión des de la línea de 20 kV a pie de parcela. Se ha previsto también una estación transformadora.
- Gas natural: Conexión a pie de parcela a media presión (1.5 kg/cm^2).
- Alcantarillado: Red unitaria al centro de la calle a una profundidad de 3.5 m (diámetro del colector de 800 mm).
- Agua de incendios: La máxima presión es de 4 kg/cm^2 . Se ha diseñado una estación de bombeo i reserva de agua.
- Agua de red: Acometida a pie de parcela a 4 kg/cm^2 , con un diámetro de 200 mm.
- Terreno: Resistencia del terreno de 2 kg/cm^2 a 1.5 m de profundidad sobre gravas.

1.8.5. EQUIPOS DE TÉRMICOS

Para la realización óptima del proceso, es necesario, a lo largo de este suministrar y retirar energía en distintos niveles. Para lo cual es necesario el diseño de los equipos suministradores o generadores de esta energía, los cuales serán una caldera (nivel alto), una torre de agua (nivel medio) y un enfriador o Chiller (nivel bajo).

Ahora en la planta esta energía se entregará o retirará mediante un fluido secundario, el cual será el aceite térmico “Dowtherm A” para el caso de los dos niveles más altos y el “Dowtherm J” para el de menor nivel de energía. Estos fluidos recibirán o se le extraerá la energía, según sea necesario, en los distintos equipos ya mencionados, a excepción del de mayor nivel de energía, el cual se incorporará en un intercambiador y se le entregará la energía de la caldera mediante el vapor producido por esta última.

Antes de entregarle la energía a estos aceites térmicos se hace necesario el uso de tanque colectores para estos, ya que no todo el aceite térmico de un determinado nivel vendrá a la misma temperatura de toda la planta. Estos tanques ya diseñados y sus características, se encuentran en la siguiente tabla. Además para la puesta en marcha estos tanques se utilizaran como almacenadores de los respectivos aceites.

Tabla 1.20. Datos de tanques colectores de aceite térmico

Aceite térmico	Tanque	V _{tot} (m ³)	D (m)	h (m)
"Dowtherm A" 170°C	TK-1501	35,5	3,1	4,7
"Dowtherm A" 50°C	TK-1502	9,7	2,0	3,0
"Dowtherm J" -50°C	TK-1503	71,4	3,9	5,9

A continuación se muestran las hojas de especificaciones para los 3 tanques mencionados:

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

<div><div><div>17</div><div>Cl</div></div><div><div>9</div><div>F</div></div><div><div>6</div><div>C</div></div></div> <div>CFC Chemical</div>	HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE TANQUE		Área 1500	
	Ítem TK-1501		Fecha:	15/05/2015
	Planta de producción de Freon-13		Revisado:	26/05/2015
	Localidad: Sabadell, Polígono Gasos Nobles		Hoja 1 de 2	
DATOS GENERALES				
DENOMINACIÓN	Tanque colector de Dowther A TK-1501			
ACCESORIOS	-			
FINALIDAD	Acumular aceite térmico Dowther A proveniente de toda la planta.			
FLUIDO		Dowtherm A		
PRESIÓN DE TRABAJO (atm)		1		
TEMPERATURA DE TRABAJO (°C)		150		
DENSIDAD (kg/m³)		943,3		
ORIENTACIÓN		Vertical		
CAPACIDAD (m³)		35,5		
OCUPACIÓN (%)		50%		
DIÁMETRO (m)		3,1		
ALTURA (m)		4,7		
DATOS DE DISEÑO				
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN		AISI 304 L		
PRESIÓN DE DISEÑO (atm)		1,1		
TEMPERATURA DE DISEÑO (°C)		170		
NORMA DE DISEÑO		ASME		
FACTOR DE ESTRÉS S (atm)		18800		
FACTOR DE SOLDADURA E		0,85		
GEOMETRIA CUERPO		Cilíndrico		
GEOMETRIA CABEZAL		Torisférico		
GEOMETRIA FONDO		Torisférico		
ALTURA CUERPO (m)		3,853		
ALTURA CABEZAL (m)		0,621		
ALTURA FONDO (m)		0,625		
VOLUMEN CUERPO (m³)		29,3		
VOLUMEN CABEZAL (m³)		3,1		
VOLUMEN FONDO (m³)		3,1		
ESPESOR CUERPO (mm)		4		
ESPESOR CABEZAL (mm)		5		
ESPESOR FONDO (mm)		6		
SOBREESPESOR DE CORROSIÓN (mm)		2		
PESO TANQUE VACÍO (kg)		1544		
PESO LÍQUIDO (kg)		16736,6		
PESO TANQUE EN OPERACIÓN (kg)		18280,6		
AISLANTE				
AISLANTE				
GROSOR (mm)				
VENTEO				
NORMAL (m³/h)		-		
EMERGENCIA (m³/h)		-		
OBSERVACIONES				

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

<div><div><div>17</div><div>Cl</div></div><div><div>9</div><div>F</div></div><div><div>6</div><div>C</div></div></div> <div>CFC Chemical</div>	HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE TANQUE		Área 1500
	Ítem TK-1501		Fecha: 15/05/2015
	Planta de producción de Freon-13		Revisado: 26/05/2015
	Localidad: Sabadell, Polígono Gasos Nobles		Hoja 2 de 2


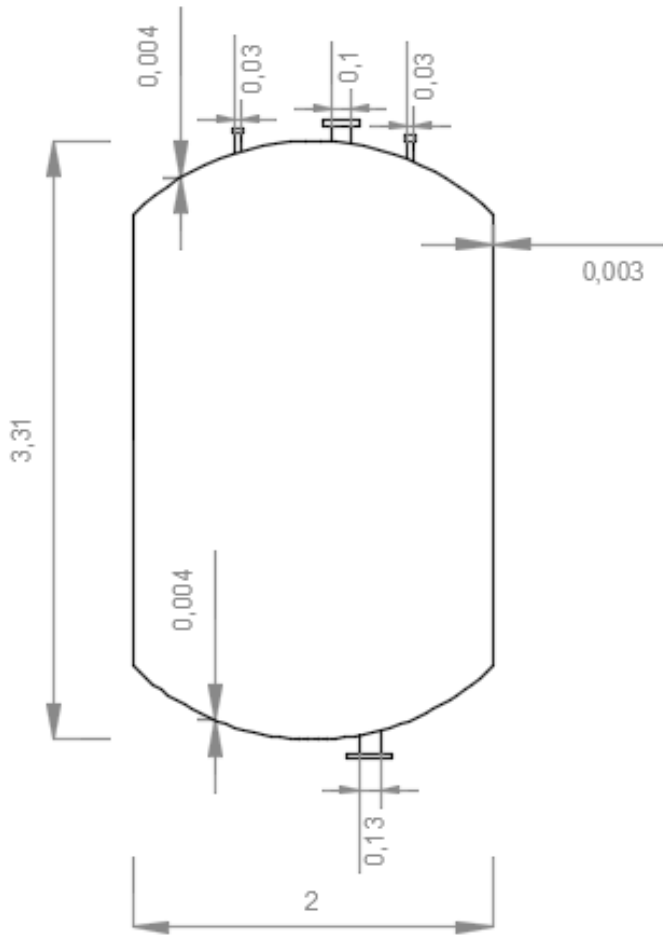
Technical drawing of a cylindrical tank with a hemispherical head and a conical bottom. The drawing includes the following dimensions:

- Overall height: 5,1
- Overall diameter: 3,1
- Head height: 0,005
- Head thickness: 0,003
- Head-to-shell transition radius: 0,004
- Shell thickness: 0,006
- Bottom thickness: 0,25
- Other dimensions for fittings and transitions: 0,003, 0,08, 0,15, 0,1, 0,08, 0,06, 0,03, 0,005, 0,006, 0,25.

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

<div><div><div>17</div><div>Cl</div></div><div><div>9</div><div>F</div></div><div><div>6</div><div>C</div></div></div> <div>CFC Chemical</div>	HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE TANQUE		Área 1500
	Ítem TK-1502		Fecha: 15/05/2015
	Planta de producción de Freon-13		Revisado: 26/05/2015
	Localidad: Sabadell, Polígono Gasos Nobles		Hoja 1 de 2
DATOS GENERALES			
DENOMINACIÓN	Tanque colector de Dowther A TK-1502		
ACCESORIOS	-		
FINALIDAD	Acumular aceite térmico Dowther A proveniente de toda la planta.		
FLUIDO		Dowtherm A	
PRESIÓN DE TRABAJO (atm)		1	
TEMPERATURA DE TRABAJO (°C)		60	
DENSIDAD (kg/m³)		1027.8	
ORIENTACIÓN		Vertical	
CAPACIDAD (m³)		9,7	
OCUPACIÓN (%)		50%	
DIÁMETRO (m)		2	
ALTURA (m)		3	
DATOS DE DISEÑO			
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN		AISI 304 L	
PRESIÓN DE DISEÑO (atm)		1,1	
TEMPERATURA DE DISEÑO (°C)		80	
NORMA DE DISEÑO		ASME	
FACTOR DE ESTRÉS S (atm)		18800	
FACTOR DE SOLDADURA E		0,85	
GEOMETRIA CUERPO		Cilíndrico	
GEOMETRIA CABEZAL		Torisférico	
GEOMETRIA FONDO		Torisférico	
ALTURA CUERPO (m)		2,5	
ALTURA CABEZAL (m)		0,407	
ALTURA FONDO (m)		0,407	
VOLUMEN CUERPO (m³)		8	
VOLUMEN CABEZAL (m³)		0,85	
VOLUMEN FONDO (m³)		0,85	
ESPESOR CUERPO (mm)		3	
ESPESOR CABEZAL (mm)		4	
ESPESOR FONDO (mm)		4	
SOBREESPESOR DE CORROSIÓN (mm)		2	
PESO TANQUE VACÍO (kg)		485,6	
PESO LÍQUIDO (kg)		5000	
PESO TANQUE EN OPERACIÓN (kg)		5485,6	
AISLANTE			
AISLANTE			
GROSOR (mm)			
VENTEO			
NORMAL (m³/h)		-	
EMERGENCIA (m³/h)		-	
OBSERVACIONES			

 CFC Chemical	HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE TANQUE	Área 1500
	Ítem TK-1502	Fecha: 15/05/2015
	Planta de producción de Freon-13	Revisado: 26/05/2015
	Localidad: Sabadell, Polígono Gasos Nobles	Hoja 2 de 2
		

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

<div><div><div>17</div><div>Cl</div></div><div><div>9</div><div>F</div></div><div><div>6</div><div>C</div></div></div> <div>CFC Chemical</div>	HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE TANQUE		Área 1500
	Ítem TK-1503		Fecha: 15/05/2015
	Planta de producción de Freon-13		Revisado: 26/05/2015
	Localidad: Sabadell, Polígono Gasos Nobles		Hoja 1 de 2
DATOS GENERALES			
DENOMINACIÓN	Tanque colector de Dowther J TK-1503		
ACCESORIOS	-		
FINALIDAD	Acumular aceite térmico Dowther J proveniente de toda la planta.		
FLUIDO		Dowtherm J	
PRESIÓN DE TRABAJO (atm)		1	
TEMPERATURA DE TRABAJO (°C)		-35	
DENSIDAD (kg/m³)		903,5	
ORIENTACIÓN		Vertical	
CAPACIDAD (m³)		71,4	
OCUPACIÓN (%)		50	
DIÁMETRO (m)		3,9	
ALTURA (m)		5,9	
DATOS DE DISEÑO			
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN		AISI 304 L	
PRESIÓN DE DISEÑO (atm)		1,1	
TEMPERATURA DE DISEÑO (°C)		-15	
NORMA DE DISEÑO		ASME	
FACTOR DE ESTRÉS S (atm)		18800	
FACTOR DE SOLDADURA E		0,85	
GEOMETRIA CUERPO		Cilíndrico	
GEOMETRIA CABEZAL		Torisférico	
GEOMETRIA FONDO		Torisférico	
ALTURA CUERPO (m)		4,866	
ALTURA CABEZAL (m)		0,783	
ALTURA FONDO (m)		0,787	
VOLUMEN CUERPO (m³)		59	
VOLUMEN CABEZAL (m³)		6,2	
VOLUMEN FONDO (m³)		6,23	
ESPESOR CUERPO (mm)		4	
ESPESOR CABEZAL (mm)		6	
ESPESOR FONDO (mm)		7	
SOBREESPESOR DE CORROSIÓN (mm)		2	
PESO TANQUE VACÍO (kg)		2560,7	
PESO LÍQUIDO (kg)		32259,3	
PESO TANQUE EN OPERACIÓN (kg)		34819,9	
AISLANTE			
AISLANTE		-	
GROSOR (mm)		-	
VENTEO			
NORMAL (m³/h)		-	
EMERGENCIA (m³/h)		-	
OBSERVACIONES			

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

<div><div><div>17</div><div>Cl</div></div><div><div>9</div><div>F</div></div><div><div>6</div><div>C</div></div></div> <div>CFC Chemical</div>	HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE TANQUE		Área 1500
	Ítem TK-1503		Fecha: 15/05/2015
	Planta de producción de Freon-13		Revisado: 26/05/2015
	Localidad: Sabadell, Polígono Gasos Nobles		Hoja 2 de 2

Technical drawing of a tank with dimensions: height 8,44, width 3,9, and various small dimensions for the top and bottom flanges.

1.8.5.3. TORRE DE REFRIGERACIÓN

Equipos de baja complejidad, bajo consumo energético, simple mantención y control operativo. Su desventaja es que su operación está controlada por la temperatura de bulbo húmedo que hay en el exterior y su bajo salto térmico (máximo 10°C).

Estos equipos, dada su naturaleza y el uso del agua como elemento de refrigeración, tienen asociados riesgos químicos e higiénicos o sanitarios.

- Sanitarios por su capacidad potencial de proliferación y dispersión de cepas de *Legionella pneumophila*. Estos riesgos deben minimizarse mediante un mantenimiento de la calidad del agua de refrigeración.
- Químicos por la variación de la composición de la matriz del agua pudiéndola hacer agresiva o incrustante afectando a los equipos y a su duración.

Su operación es mediante dos equipos electrónicos, el primero es un ventilador que se encuentra en la parte superior de la torre el cual hace circular el viento desde la parte media baja de la torre hasta la parte superior, por el interior de esta, y así este viento enfría el agua que cae en forma de ducha.

Esta agua, que se enfría con el viento, cae en la parte baja de la torre donde se acumula y se calienta producto de un serpentín que se encuentra sumergido en esta, y es donde se le extrae el calor a un fluido secundario, esta agua vuelve a circular retornando a la parte superior de la torre mediante el uso de una bomba. Es necesario mencionar que producto del enfriamiento del agua mediante el uso de aire, este último se lleva una pequeña porción de agua, la cual hay que ir reponiendo.

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

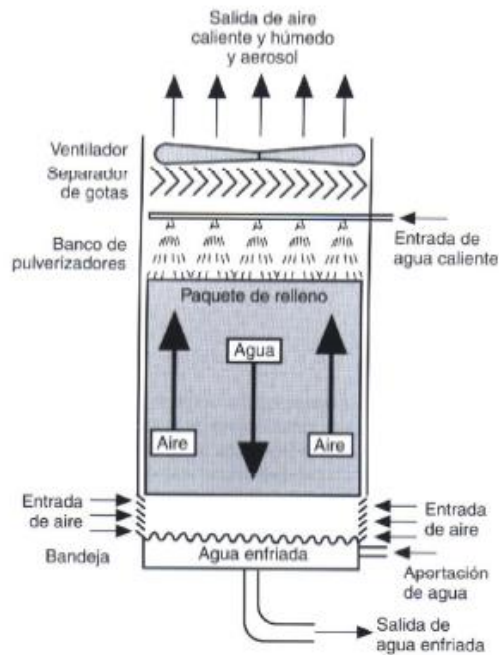


Figura 1.21. Esquema de funcionamiento de una torre de refrigeración

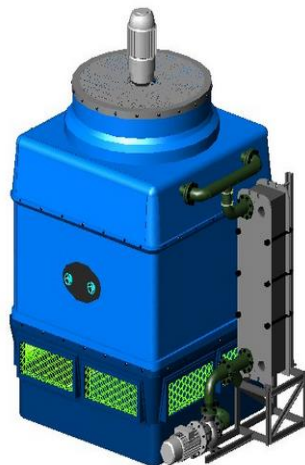
Para el caso de nuestra planta, el fluido secundario corresponde a aceite térmico Dowtherm A, el cual se encuentra a 60°C y hay que disminuir su temperatura hasta 50°C, mediante el paso de este por el serpentín que se encuentra sumergido en el agua de la parte baja de la torre.

Mediante un balance de energía, se determinó que la cantidad de energía que debe retirar la torre debe ser 350 kw, operando la torre a un 80%. El proveedor EWK entrega catalogo el cual ofrece una diversa variedad de torres, y se escogió el modelo “EWK-I”, y las especificaciones son las siguientes:


Tabla 1.21. Características de la torre de refrigeración

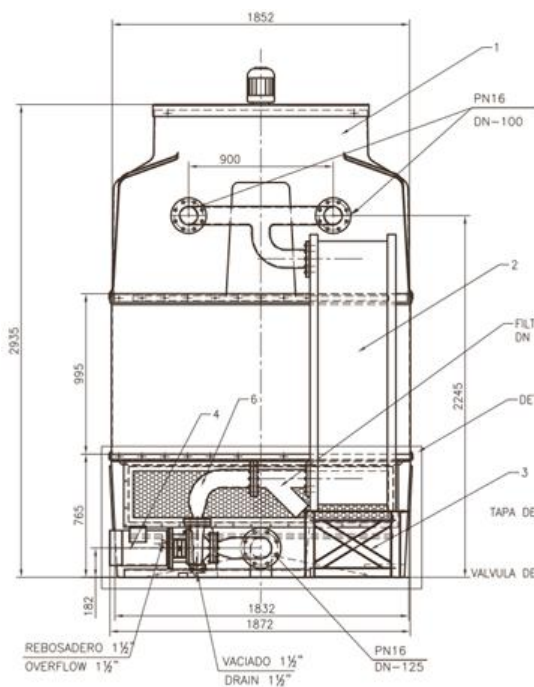
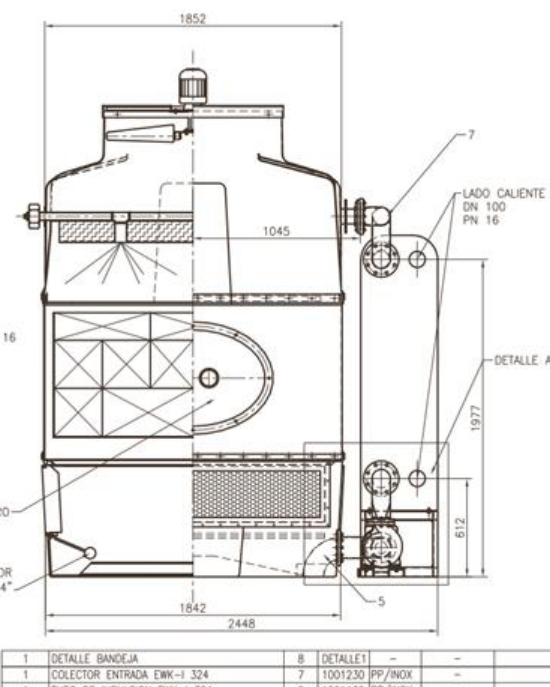
Marca	EWK
Modelo	EWK-I 324
Disipación (kw)	347
Potencia Bomba (kw)	5,5
Potencia Ventilador (kw)	4,0

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

<div><div><div>17</div><div>Cl</div></div><div><div>9</div><div>F</div></div><div><div>6</div><div>C</div></div></div> <div>CFC Chemical</div>	HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE TORRE		Área 1500
	Ítem TR-1501		Fecha: 11/05/2015
	Planta de producción de Freon-13		Revisado: 26/05/2015
	Localidad: Sabadell, Polígono Gasos nobles		Hoja 1 de 2
DATOS GENERALES			
DENOMINACIÓN		TORRE DE FRÍO	
FINALIDAD		ENFRIAR ACEITE TÉRMICO DOWTHERM A HASTA 50°C	
PRODUCTO MANIPULADO		AGUA-AIRE	
DATOS DE OPERACIÓN			
PROVEEDOR		EWK	
EMPRESA		EWK	
MODELO		EWK-I	
NÚMERO DE MODELO		324	
DISIPACIÓN (KW)		347	
CANTIDAD		1	
POTENCIA BOMBA (kW)		5,5	
POTENCIA VENTILADOR (kW)		5,0	
DATOS DE CONSTRUCCIÓN			
LARGO (mm)		2450	
ANCHO (mm)		1855	
ALTO (mm)		2890	
PESO VACÍO (kg)		1350	
PESO SERVICIO (kg)		2800	

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

 <p>CFC Chemical</p>	HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE TORRE	Área 1500
	Ítem TR-1501	Fecha: 10/05/2015
	Planta de producción de Freon-13	Revisado: 26/05/2015
	Localidad: Sabadell, Polígono Gasos nobles	Hoja 2 de 2

1 DETALLE BANDEJA	8 DETALLE1
1 COLECTOR ENTRADA EWK-I 324	7 1001230 PP/INOX

1.8.5.4. EQUIPOS CHILLER

Este es un sistema más complejo que el anterior, y al igual que la caldera es un ciclo cerrado, pero al igual que la torre de frío, la energía que se entrega es mediante equipos eléctricos, específicamente un compresor.

Para comenzar se comprime el gas, aumentando su presión, luego este se hace pasar por un condensador, en el cual entrega energía y el fluido se condensa. Luego mediante el uso de una válvula de expansión se vuelve la presión de fluido en estado líquido, el cual entra a un evaporador y es donde ocurre el intercambio de calor con un fluido secundario, en donde entrega calor latente evaporados, y enfriando el fluido secundario.



Para el caso del proceso, el fluido que circulará por el ciclo de compresión será amoníaco a -60°C , mientras que el fluido secundario a enfriar será el aceite térmico Dowtherm J desde -35 a -50°C .

Según el balance de energía el calor a retirar por el ciclo de compresión es de 3300 kW, operando este último a un 80% de su capacidad. El proveedor GEA Grasso chillers, ofrece catálogos en los cuales se escoge el siguiente equipo de frío:

Tabla 1.22. Características del equipo de frío o Chiller

Marca	GEA
Modelo	GEA Grasso FX P
Disipación (kw)	3260
Modelo Compresor	GEA Grasso LT-XA
Potencia Compresor (kw)	3300

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

<div><div><div>17</div><div>Cl</div></div><div><div>9</div><div>F</div></div><div><div>6</div><div>C</div></div></div> <div>CFC Chemical</div>	HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE CHILLER		Área 1500
	Ítem CH-1501		Fecha: 10/05/2015
	Planta de producción de Freon-13		Revisado: 26/05/2015
	Localidad: Sabadell, Polígono Gasos nobles		Hoja 1 de 1
DATOS GENERALES			
DENOMINACIÓN	Ciclo de frío por compresión de amoniaco		
FINALIDAD	Enfriar aceite térmico Dowtherm J hasta -50°C		
PRODUCTO MANIPULADO	Amoníaco		
DATOS DE OPERACIÓN			
PROVEEDOR	GEA		
EMPRESA	GEA		
MODELO	GEA Grasso FX P		
NÚMERO DE MODELO	3300		
CAPACIDAD (kW)	3260		
CANTIDAD	1		
COMPRESOR			
MARCA	GEA		
MODELO	GEA Grasso LT-XA		
POTENCIA (kW)	3300		
DATOS DE CONSTRUCCIÓN			
LARGO (mm)	6700		
ANCHO (mm)	3000		
ALTO (mm)	3650		

1.8.5.5. CALDERA

Las calderas de vapor son equipos de ciclo cerrado, en la cual, mediante el uso de algún combustible, gas natural en nuestro caso, se proporciona energía a agua que se encuentra en estado líquida y alta temperatura (sobre 80°C), esta agua se evapora y adquiere una gran cantidad de energía por unidad de masa debido a su alto calor latente, la cual se suministrara en nuestra planta mediante el uso de un fluido secundario.

La caldera se utilizara específicamente para elevar la temperatura del aceite térmico Dowtherm A desde 150 hasta 170°C, mediante la producción de vapor a 10 bar el cual tiene una temperatura de 180°C. Este intercambio de calor se realizará en un intercambiador de calor diseñado específicamente para estas dos corrientes.

Según el balance de energía necesario para la producción de calor de la caldera, y que esta opere a un 80% de su capacidad, esta debe producir 4,8 toneladas de vapor por hora. El proveedor Babcock-Wanson ofrece, mediante el uso de catálogos, una caldera que produce 5 ton/h, la cual es del tipo serpentín modelo BWD, sus características se encuentran a continuación:

Tabla 1.23. Características del equipo de calor o caldera

Marca	Babcock-Wanson
Modelo	BWD 50
Volumen agua (m ³)	9,55
Peso en carga (kg)	14500

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

<div><div><div>17</div><div>Cl</div></div><div><div>9</div><div>F</div></div><div><div>6</div><div>C</div></div></div> <div>CFC Chemical</div>	HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE CALDERA		Área 1500
	Ítem C-1501		Fecha: 10/05/2015
	Planta de producción de Freon-13		Revisado: 26/05/2015
	Localidad: Sabadell, Polígono Gasos nobles		Hoja 1 de 2
DATOS GENERALES			
DENOMINACIÓN	CALDERA DE VAPOR DE AGUA		
FINALIDAD	Calefaccionar aceite térmico Dowtherm A hasta 170°C		
PRODUCTO MANIPULADO	Vapor de Agua		
DATOS DE OPERACIÓN			
PROVEEDOR	Grupe CNEM		
EMPRESA	Babcock Wanson International		
MODELO	BWD		
NÚMERO DE MODELO	50		
CAPACIDAD (Tn/h)	5		
POTENCIA NETA (kW)	3418		
CANTIDAD	1		
DATOS DE CONSTRUCCIÓN			
LARGO (mm)	6700		
ANCHO (mm)	3000		
ALTO (mm)	3650		
PESO (kg)	24750		

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

<div><div><div>17</div><div>Cl</div></div><div><div>9</div><div>F</div></div><div><div>6</div><div>C</div></div></div> <div>CFC Chemical</div>	HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE CALDERA		Área 1500
	Ítem C-1501		Fecha: 10/05/2015
	Planta de producción de Freon-13		Revisado: 26/05/2015
	Localidad: Sabadell, Polígono Gasos nobles		Hoja 2 de 2

A (mm)	7700	H (mm)	1850
B (mm)	2660	I (mm)	2360
C (mm)	2580	J (mm)	ϕ 450
D (mm)	400	L (mm)	4750
E (mm)	6200	M (mm)	4250
F (mm)	595	N (mm)	800
G (mm)	3950		

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13


ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

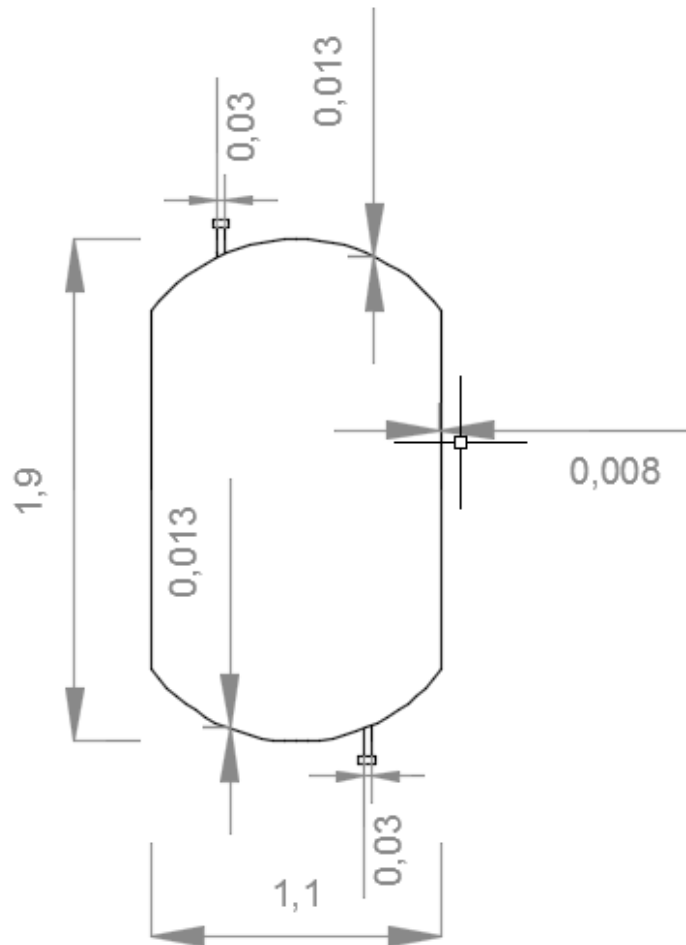
A demás se debe contar con un intercambiador de calor y dos tanques, uno horizontal colector de vapor, y otro vertical colector del condensado ya utilizado.

<div><div><div>17</div><div>Cl</div></div><div><div>9</div><div>F</div></div><div><div>6</div><div>C</div></div></div> <div>CFC Chemical</div>	HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE TANQUE		Área 1500
	Ítem TK-1504		Fecha: 11/05/2015
	Planta de producción de Freon-13		Revisado: 26/05/2015
	Localidad: Sabadell, Polígono Gasos Nobles		Hoja 1 de 2
DATOS GENERALES			
DENOMINACIÓN	Tanque colector de condensado de vapor TK-1504		
ACCESORIOS	-		
FINALIDAD	Acumular condensado proveniente del IC-1501.		
FLUIDO		Condensado de Vapor de Agua	
PRESIÓN DE TRABAJO (atm)		9,87	
TEMPERATURA DE TRABAJO (°C)		180	
DENSIDAD (kg/m³)		886,6	
ORIENTACIÓN		Vertical	
CAPACIDAD (m³)		1,8	
OCUPACIÓN (%)		80	
DIÁMETRO (m)		1,1	
ALTURA (m)		1,7	
DATOS DE DISEÑO			
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN		AISI 304 L	
PRESIÓN DE DISEÑO (atm)		10,85	
TEMPERATURA DE DISEÑO (°C)		200	
NORMA DE DISEÑO		ASME	
FACTOR DE ESTRÉS S (atm)		18800	
FACTOR DE SOLDADURA E		0,85	
GEOMETRIA CUERPO		Cilíndrico	
GEOMETRIA CABEZAL		Torisférico	
GEOMETRIA FONDO		Torisférico	
ALTURA CUERPO (m)		1,36	
ALTURA CABEZAL (m)		0,272	
ALTURA FONDO (m)		0,272	
VOLUMEN CUERPO (m³)		1,4	
VOLUMEN CABEZAL (m³)		0,18	
VOLUMEN FONDO (m³)		0,18	
ESPESOR CUERPO (mm)		8	
ESPESOR CABEZAL (mm)		13	
ESPESOR FONDO (mm)		13	
SOBREESPESOR DE CORROSIÓN (mm)		2	
PESO TANQUE VACÍO (kg)		445,3	
PESO LÍQUIDO (kg)		781,3	
PESO TANQUE EN OPERACIÓN (kg)		1226,5	
AISLANTE			
AISLANTE			
GROSOR (mm)			
VENTEO			
NORMAL (m³/h)		-	
EMERGENCIA (m³/h)		-	
OBSERVACIONES			

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

 <p>CFC Chemical</p>	HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE TANQUE	ÁREA 1500
	Ítem TK-1504	Fecha: 11/05/2015
	Planta de producción de Freon-13	Revisado: 26/05/2015
	Localidad: Sabadell, Polígono Gasos Nobles	Hoja 2 de 2



PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

<div><div><div>17</div><div>CI</div></div><div><div>9</div><div>F</div></div><div><div>6</div><div>C</div></div></div> <div>CFC Chemical</div>	HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE TANQUE		ÁREA 1500
	Ítem TK-1505		Fecha: 12/05/2015
	Planta de producción de Freon-13		Revisado: 26/05/2015
	Localidad: Sabadell, Polígono Gasos Nobles		Hoja 1 de 2
DATOS GENERALES			
DENOMINACIÓN	Tanque colector de Vapor TK-1505		
ACCESORIOS	-		
FINALIDAD	Acumular Vapor proveniente de la caldera.		
FLUIDO		Vapor de agua	
PRESIÓN DE TRABAJO (atm)		9,87	
TEMPERATURA DE TRABAJO (°C)		180	
DENSIDAD (kg/m³)		5,15	
ORIENTACIÓN		Horizontal	
CAPACIDAD (m³)		8,1	
OCUPACIÓN (%)		100	
DIÁMETRO (m)		1,3	
ALTURA (m)		6,4	
DATOS DE DISEÑO			
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN		AISI 304 L	
PRESIÓN DE DISEÑO (atm)		10,85	
TEMPERATURA DE DISEÑO (°C)		200	
NORMA DE DISEÑO		ASME	
FACTOR DE ESTRÉS S (atm)		18800	
FACTOR DE SOLDADURA E		0,85	
GEOMETRIA CUERPO		Cilíndrico	
GEOMETRIA CABEZAL		Torisférico	
GEOMETRIA FONDO		Torisférico	
ALTURA CUERPO (m)		5,969	
ALTURA CABEZAL (m)		0,301	
ALTURA FONDO (m)		0,301	
VOLUMEN CUERPO (m³)		7,6	
VOLUMEN CABEZAL (m³)		0,25	
VOLUMEN FONDO (m³)		0,25	
ESPESOR CUERPO (mm)		9	
ESPESOR CABEZAL (mm)		14	
ESPESOR FONDO (mm)		14	
SOBREESPESOR DE CORROSIÓN (mm)		2	
PESO TANQUE VACÍO (kg)		1890,9	
PESO LÍQUIDO (kg)		20,8	
PESO TANQUE EN OPERACIÓN (kg)		1911,7	
AISLANTE			
AISLANTE			
GROSOR (mm)			
VENTEO			
NORMAL (m³/h)		-	
EMERGENCIA (m³/h)		-	
OBSERVACIONES			

<div><div><div>17</div><div>Cl</div></div><div><div>9</div><div>F</div></div><div><div>6</div><div>C</div></div></div> <div>CFC Chemical</div>	HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE TANQUE		Área 1500
	Ítem TK-1505		Fecha: 12/05/2015
	Planta de producción de Freon-13		Revisado: 26/05/2015
	Localidad: Sabadell, Polígono Gasos Nobles		Hoja 2 de 2

Technical drawing of a horizontal cylindrical tank. The drawing shows a side view with the following dimensions:

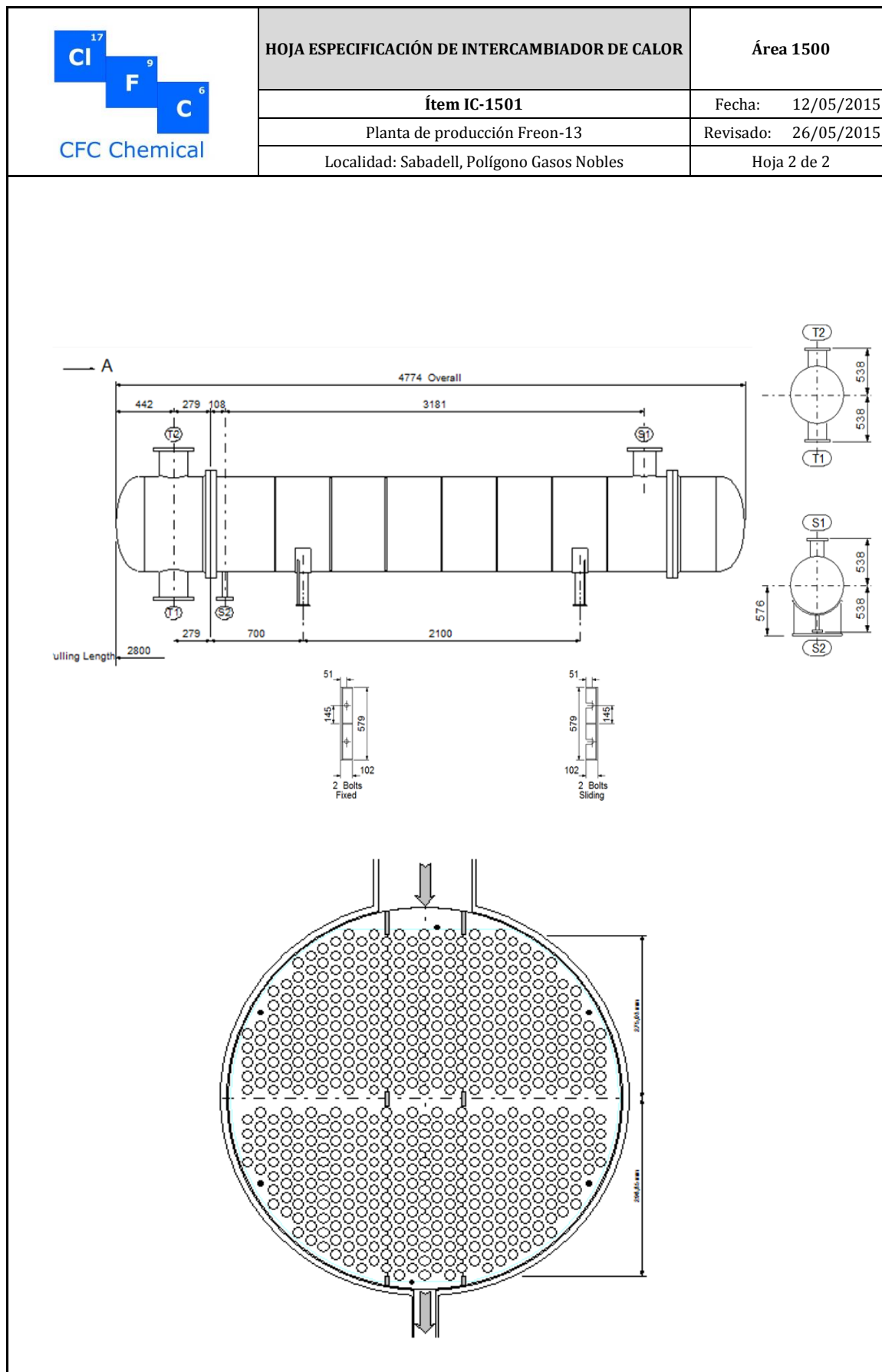
- Length: 6,57
- Diameter: 1,3
- Wall thickness: 0,009
- Flange thickness (left): 0,15
- Flange thickness (right): 0,15
- Flange width (left): 0,014
- Flange width (right): 0,014

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

<div><div><div>17</div><div>Cl</div></div><div><div>9</div><div>F</div></div><div><div>6</div><div>C</div></div></div> <div>CFC Chemical</div>	HOJA ESPECIFICACIÓN DE INTERCAMBIADOR DE CALOR										Área 1500			
	Ítem IC-1501										Fecha: 12/05/2015			
	Planta de producción Freon-13										Revisado: 26/05/2015			
	Localidad: Sabadell, Polígono Gasos Nobles										Hoja 1 de 2			
TAMAÑO / 635 3500 mm				TIPO BEM		Hor		CONECTADO EN 1		Paralelo 1		series		
ÁREA/UNIDAD(ef.) 115,5 m²				CORAZAS/UNIT 1		ÁREA/CORAZA(ef.)		115,5		m²				
RENDIMIENTO DE LA UNIDAD														
LOCALIZACIÓN FLUIDO				Coraza					Tubos					
NOMBRE FLUIDO				Vapor de Caldera					Dowtherm A					
CAUDAL FLUIDO, TOTAL kg/h				3703					200840					
VAPOR (IN/OUT) kg/h				3703		0		0		0				
LÍQUIDO kg/h				0		3703		200840		200840				
TEMPERATURA (IN/OUT) °C				180		180		150		170				
DENSIDAD (VAP / LIQ) kg/m³				4,87 / -		- / 837,7		- / 952,69		- / 935,36				
VISCOSIDAD mPa·s				0,016 / -		- / 0,149		- / 0,5719		- / 0,4826				
PESO MOLECULAR				18,02		18,02		166		166				
CALOR ESPECÍFICO kJ/(kg·K)				1,929 / -		- / 5,597		- / 1,831		- / 1,894				
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA W/(m·K)				0,032 / -		- / 0,677		- / 0,1179		- / 0,4826				
CALOR LATENTE kJ/kg				2015,4		2015,6		-		-				
PRESIÓN (abs) atm				10,076		10,062		1,184		1,069				
VELOCIDAD m/s				3,21				1,22						
CAÍDA PRESIÓN PERM/CALC. atm				0,255		0,015		0,238		0,115				
RESISTENCIA ENSUCIAMIENTO (min) m²·K/W				0,001				0,001		Ao based				
CALOR INTERCAMBIADO 2077,9 kW				DTML CORREGIDA 19,07 C										
COEFICIENTE GLOBAL INTERCAMBIO, SERV. 943,1				Sucio		1025,7 Limpio		1158,1		W/(m²·K)				
CONSTRUCCIÓN DE UNA CORAZA										Esbozo				
		Coraza				Tubos								
PRESIÓN DE DISEÑO atm		11,568				3,402								
TEMPERATURA DE DISEÑO C		215,56				210								
NUMERO PASOS POR CORAZA		1				2								
TOLERANCIA DE CORROSIÓN mm		3,18				3,18								
CONEXIONES		1 152,4 / -				1 203,2 / -								
TAMAÑO/RATING NOMINAL		1 31,75 / -				1 203,2 / -								
		/ -				/ -								
NUM. TUBOS 566		OD 19,05		Tks- Avg 2,11		mm		Long. 3500 mm		PITCH 23,81 mm				
TIPO TUBO PLAIN		MATERIAL				SS 304				MODELO DE TUBO 30				
CORAZA SS 304		ID 651		OD 669,92		mm		CUBIERTA CORAZA -						
CANAL O CAPÓ		SS 304						CUBIERTA CANAL -						
HAZ DE TUBOS ESTACIONARIO		SS 304						HAZ DE TUBOS FLOTANTE -						
CUBIERTA CABEZA FLOTANTE -								PROTECCIÓN DE PINZAMIENTO Ninguna						
BAFFLE-CRUZ SS 304		Tipo		Segmento único		Corte(%d) 40		V		Espacio: c/c 419,1 mm				
BAFFLE-LONG -				Tipo junta						Inlet 448,25 mm				
SOPORTE TUBOS				U-bend				Type						
SELLO BYPASS				Junta tubos-placa tubular				Exp.						
JUNTA DE DILATACIÓN -				Tipo										
RHOV2-BOQUILLA ENTRADA 625		Entrada haz		112				Salida haz 1		kg/(m·s²)				
JUNTAS - CORAZA -				Tubos				Cabeza metálica plana Fibe						
CABEZA FLOTANTE -														
CÓDIGO REQUERIMIENTOS		ASME Code Sec VIII Div 1				TEMA class				R - refinery service				
PESO/CORAZA 2999,8		Lleno de agua		4193,2				Haz tubos 1997,3		kg				

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO



1.8.6. NITROGENO DE INERTIZACIÓN

La principal función del nitrógeno de blanketting o inertización es mantener la presión en los tanques de almacenamiento de los reactivos, del sub-producto, ácido clorhídrico, además de los mezcladores del proceso, la función de este es, al momento de sacar un determinado volumen de los distintos tanques, en el interior de estos se produce vacío, para que esto no afecte los tanque se incorpora el nitrógeno es estado gaseoso.

Se escoge este gas, ya que es un gas inerte con los distintos tipos de compuestos que existen en la planta, además de que es uno de los más económico, después de aire, el cual no se puede utilizar debido la presencia de oxígeno y humedad en este.

El suministro de este se realizara mediante un camión cisterna por la empresa “CARBUROS METÁLICOS Grup Air Products”, en estado líquido, a un tanque que nos proveerá, el suministrador de este producto. El caudal promedio necesario para nuestra planta es de $15 \text{ m}^3/\text{h}$, lo cual requiere un depósito de $5,7 \text{ m}^3$, para una autonomía de 10 días.

1.8.7. AIRE COMPRIMIDO

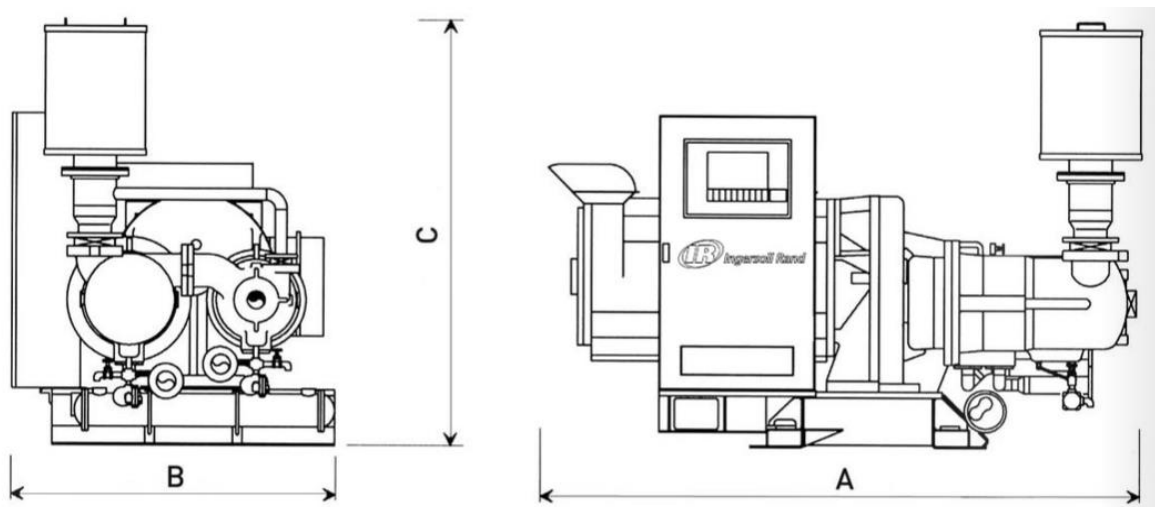
El uso de este aire, es únicamente para el óptimo funcionamiento de las válvulas automáticas que posee el proceso. A lo largo de este se cuenta con alrededor de 100 válvulas de este tipo, las que cada una en promedio requiere un caudal de $1,7 \text{ m}^3/\text{h}$ en caso de su uso, con lo cual el compresor debe suministrar un caudal de $170 \text{ m}^3/\text{h}$, si es que se llegan a utilizar todas estas al mismo tiempo.

Con estas características el compresor debe poseer una potencia real de aproximadamente 40 (kw). La hoja de especificación se encuentra a continuación.

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

<div><div><div>17</div><div>Cl</div></div><div><div>9</div><div>F</div></div><div><div>6</div><div>C</div></div></div> <div>CFC Chemical</div>	HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO		Área 1500
	Ítem AC-1501		Fecha: 13/05/2015
	Planta de producción de Freon-13		Revisado: 26/05/2015
	Localidad: Sabadell, Polígono Gasos nobles		Hoja 1 de 2
DATOS GENERALES			
DENOMINACIÓN	COMPRESOR CENTRÍFUGO		
FINALIDAD	Comprimir aire para las válvulas automáticas		
PRODUCTO MANIPULADO	Aire		
DATOS DE OPERACIÓN			
FLUIDO	Aire		
CAUDAL VOLUMÉTRICO (m3/h)	170		
CAUDAL MÁSIKO (Kg/h)	200,6		
TEMPERATURA DE TRABAJO (K)	298		
PRESIÓN ASPIRACIÓN (bar)	1,01		
PRESIÓN IMPULSIÓN (bar)	5		
DENSIDAD (Kg/m3)	1,18		
VISCOSIDAD (Cp)	0,02		
DATOS DE CONSTRUCCIÓN			
TIPO	Centrífugo		
FABRICANTE	SAUER COMPRESSORS		
MODELO	Mistral Series (WP-45L)		
PESO (Kg)	320		
ETAPAS	1		
POTENCIA (Kw)	38,76		
RENDIMIENTO (%)	70		

<div><div><div>17</div><div>Cl</div></div><div><div>9</div><div>F</div></div><div><div>6</div><div>C</div></div></div> <div>CFC Chemical</div>	HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO		Área 1500
	Ítem AC-1501		Fecha: 12/05/2015
	Planta de producción de Freon-13		Revisado: 26/05/2015
	Localidad: Sabadell, Polígono Gasos nobles		Hoja 2 de 2
<div><div></div></div>			
A (mm)		1220	
B (mm)		737	
C (mm)		813	

1.8.8. DESCALCIFICADOR

Este es accesorio es una especie de tubería, la cual cumple la función, como su nombre lo dice, de descalcificar el agua utilizada en el tratamiento. El objetivo de realizar este tratamiento al agua, es debido a que el agua de sabadell es demasiado dura, y se debe “ablandar” un poco, ya que daña los equipos de acero, y además mejora la solubilidad de esta con el ácido clorhídrico.

1.8.9. ELECTRICIDAD

1.8.9.3. TRANSFORMADOR ELÉCTRICO

Debido a que todos los equipos utilizados en la planta utilizan alto voltaje, 400 V, y el suministro eléctrico es tan solo de 230 V, es necesaria la instalación de un transformador eléctrico para el correcto uso de los equipos en las instalaciones.

Una vez realizados el cálculo de la potencia total necesitada en planta, la cual es de alrededor de 755 kW, considerando un sobredimensionamiento de un 25%, se escoge el transformador más adecuado, el cual es de 800 kW. La hoja de especificación se presenta a continuación:

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

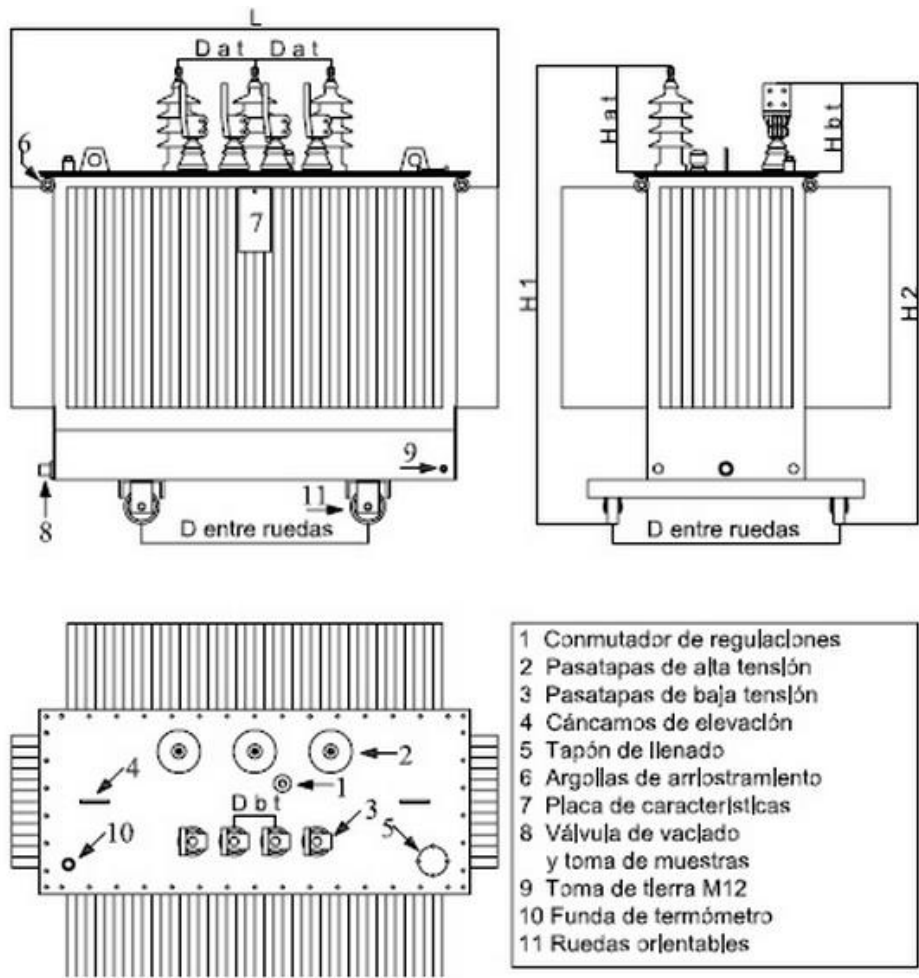
<div><div><div>17</div><div>Cl</div></div><div><div>9</div><div>F</div></div><div><div>6</div><div>C</div></div></div> <div>CFC Chemical</div>	HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE TRANSFORMADOR ELÉCTRICO		Área 1500
	Ítem TE-1501		Fecha: 12/05/2015
	Planta de producción de Freon-13		Revisado: 26/05/2015
	Localidad: Sabadell, Polígono Gasos nobles		Hoja 1 de 2
DATOS GENERALES			
DENOMINACIÓN		TRANSFORMADOR ELÉCTRICO	
FINALIDAD		Cambiar la intensidad de corriente proporcionada por la empresa	
DATOS DE OPERACIÓN			
PROVEEDOR		Jara Transformadores	
EMPRESA		Jara Transformadores	
MODELO		Jara-800 serie 36	
SERIE (KV)		36	
POTENCIA (KW)		800	
PERDIDAS NOMINALES (w)	En Vacío	1500	
	Debidas a la carga (75°C)	8400	
PÉRDIDAS MÁXIMAS PARA EL CÁLCULO DE LA SUPERFICIE DE VENTILACIÓN (w)		11825	
RENDIMIENTO	Cos φ=1	A plena carga	98,78
		A media carga	99,11
	Cos φ=1	A plena carga	98,48
		A media carga	98,89
CAÍDA DE TENSIÓN A PLENA CARGA	Cosφ=1	1,22	
	Cosφ=0,8	4,47	
POTENCIA ACÚSTICA MÁX DB (A)		68	
GRUPO DE CONEXIONES		Dyn11	
Tensión de corto circuito (%)		6	
DATOS DE CONSTRUCCIÓN			
LARGO (mm)		1380	
ANCHO (mm)		920	
ALTO (mm)		1380	
PESO A DES ENCUBAR (kg)		1300	
PESO TOTAL (kg)		2100	
VOLUMEN DE ACEITE (L)		400	





PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

<div><div><div>17</div><div>Cl</div></div><div><div>9</div><div>F</div></div><div><div>6</div><div>C</div></div></div> <div>CFC Chemical</div>	HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE TRANSFORMADOR ELÉCTRICO		Área 1500
	Ítem TE-1501		Fecha: 12/05/2015
	Planta de producción de Freon-13		Revisado: 26/12/2015
	Localidad: Sabadell, Polígono Gasos nobles		Hoja 2 de 2



1 Conmutador de regulaciones

2 Pasatapas de alta tensión

3 Pasatapas de baja tensión

4 Cáncamos de elevación

5 Tapón de llenado

6 Argollas de arlostramiento

7 Placa de característkas

8 Válvula de vaciado y toma de muestras

9 Toma de tierra M12

10 Funda de termómetro

11 Ruedas orientables

H bt (mm)	150	A (mm)	920
H2 (mm)	1225	D at (mm)	375
H at (mm)	440	D bt (mm)	150
H1 (mm)	1565	D entre ruedas (mm)	670
L (mm)	1380		

1.8.9.4. GRUPO ELECTRÓGENO

Esta es una medida de seguridad, la cual consiste en generar energía eléctrica mediante el uso de combustible, el cual será gas natural. Esta energía eléctrica se suministrara al proceso, sala de control, implante de seguridad y oficinas y se suministrara cuando la empresa encargada del suministro realice cortes de este, ya sean planificados o repentinos.

El dimensionamiento de este se realizara mediante el consumo de potencia d los equipos de planta, con un sobredimensionamiento de un 100%, lo cual da un consumo de 1250 kW de potencia.

Según lo equipos que se ofrecen en el mercado, el de mayor potencia es de 250 kW, por lo cual se hace necesaria la instalación de cinco de estos equipos, a continuación se encuentra la ficha de especificaciones técnicas de estos.

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FREON-13

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

<div><div><div>17</div><div>Cl</div></div><div><div>9</div><div>F</div></div><div><div>6</div><div>C</div></div></div> <div>CFC Chemical</div>	HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE GRUPO ELECTRÓGENO		Área 1500
	Ítem G-1501		Fecha: 12/05/2015
	Planta de producción de Freon-13		Revisado: 26/05/2015
	Localidad: Sabadell, Polígono Gasos nobles		Hoja 1 de 2
DATOS GENERALES			
DENOMINACIÓN		GENERADOR ELÉCTRICO DE EMERGENCIA	
FINALIDAD		Suministrar energía eléctrica en caso de que el servicio sea cortado	
DATOS DE OPERACIÓN			
PROVEEDOR		TG GENERAC	
EMPRESA		Todo generadores	
MODELO		SG 250	
CANTIDAD		5	
RESERVA (kw)		250	
CONSUMO COMBUSTIBLE (m³/h)	25%	31	
	50%	46,5	
	75%	65	
	100 %	79,8	
DATOS DE CONSTRUCCIÓN			
LARGO (mm)		3920	
ANCHO (mm)		1370	
ALTO (mm)		2370	
PESO (kg)		3282	

1.8.10. PESAJE

La báscula de pesaje se utilizará para poder determinar las entradas y salidas de material mediante camiones.

Los requisitos de la misma son bastante simples, un margen de peso óptimo entre el peso habitual de un camión y el MMA (masa máxima autorizada) de los mismos.

Para poder satisfacer la necesidad de pesaje, se determina un equipo de una marca reconocida, POWERCELL MTX de METTLER-TOLEDO.

	HOJA DE ESPECIFICACIÓN DE BÁSCULA DE CAMIONES		ÁREA 1500
	Ítem W-1505		Fecha: 12/05/2015
	Planta de producción de Freon-13		Revisado: 26/05/2015
	Localidad: Sabadell, Polígono Gasos Nobles		Hoja 1 de 1
DATOS GENERALES			
DENOMINACIÓN	Báscula		
PRODUCTOS MANIPULADOS	varios		
FINALIDAD	Pesaje de camiones		
DATOS DE OPERACIÓN			
PROVEEDOR	METTLER-TOLEDO S.A.E		
EMPRESA	METTLER TOLEDO		
SERIE	7563		
CÉLULAS DE CARGA	Powercell MTX		
ALCANCE NOMINAL	25 Y 45		
DISEÑO	Compresión columna basculante		
MATERIAL	Acero inoxidable AISI 304 y 17-4 PH		
PROTECCIÓN MEDIAMBIENTAL	IP68/IP69K		
PROTECCIÓN CONTRA RAYOS	IEEE 4-1978		
APROVACIÓN ATEX	KEMA 03ATEX1166, KEMA 03ATEX1250		
DATOS DE CONSTRUCCIÓN			
LONGITUD (mm)	19480		
ANCHO (mm)	3440		

1.8.11. CONSUMOS

A continuación se recogen los principales consumos de servicios públicos de suministro de los principales procesos. Para ello se han tenido en cuenta los principales consumidores de estos servicios.

1.8.11.3. GAS NATURAL

El gas natural se utilizará solo para el uso de la caldera y de los generadores eléctrico de emergencia, suponiendo que el generador operara una vez cada 30 días durante 24 horas cada vez, si la planta opera solo 300 días al año, lo que da un total de 240 horas operando. Además se considera el uso de la caldera durante las 24 horas, y los 300 días de operación de la planta. El consumo anual aproximadamente 27500 Mw.

1.8.11.4. ENERGÍA ELÉCTRICA

El consumo de energía eléctrica está considerada en las instalaciones de la planta o proceso productivo, sala de control, servicios, laboratorio, oficinas, y toda la luminaria que necesitan las distintas áreas, el consumo anual es de 10800 MWh.

1.8.11.5. AGUA DE RED

Este servicio está considerado dentro del proceso productivo, ya sea dentro de la torre de absorción como la incorporación de agua fresca en la torre y en el uso del área de tratamiento para disolver la sosa, el consumo anual será aproximadamente de. Además, se considera el consumo de agua que realiza el personal en el uso de las instalaciones sanitarias. Esto, aproximadamente de un consumo anual es de 150000 m³.

1.8.11.6. NITRÓGENO

Este, como ya fue mencionado se utiliza principalmente en los tanque de almacenamiento y mezcladores. El consumo anual es de aproximadamente 52000 m³.

