

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Titulo: Diseño de una instalación para la  
recuperación de gases de antorcha

Autor: Ángel BELIZÓN VARGAS

Fecha: Junio 2011





## 1. INTRODUCCIÓN

El sistema de antorcha se entiende como el sistema de seguridad que debe existir en una refinería, cuya finalidad es la de aliviar la presión de un equipo cuando por causas de una emergencia se alcanza o sobrepasa ligeramente la presión de diseño. Se entiende como emergencia a la interrupción del proceso normal con posible peligro para las personas. Esos hidrocarburos que causan la sobrepresión son dirigidos al sistema de antorcha donde son quemados antes de ser emitidos a la atmósfera con el objeto de hacerlos inocuos. La refinería Cepsa tiene cuatro antorchas agrupadas en dos grupos (sin contar las correspondientes a Lubrisur, Guadarranque y Petroquímica).

La cantidad de energía perdida de este modo es considerable, por lo que las antorchas se convierten en un foco de emisión de pérdidas de gas y en una perturbación en el medio ambiente.

Por otra parte, las plantas petroquímicas siempre intentan tener el mínimo número de emisiones, ya que las emisiones suelen ser equivalentes a pérdidas de energía en el proceso. Por esta razón se empezó a estudiar la forma en la que se podrían recuperar estos gases.

La política medioambiental de CEPSA pretende conseguir una reducción sistemática del nivel de emisiones de CO<sub>2</sub>, para de esta forma adelantarse a los tratados internacionales que intentan frenar las emisiones de gases que produzcan el llamado “efecto invernadero”. Cada año CEPSA establece como objetivo una determinada reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> a alcanzar entre todas sus refinerías.

Los gases a recuperar proceden de las diferentes unidades de la Refinería y, por lo tanto, son unos gases de composición muy variable, destacando principalmente, la presencia de hidrocarburos y de compuestos tóxicos y contaminantes.

Así que el presente proyecto se basa en recuperar parcialmente los hidrocarburos gaseosos que se envían al Sistema de Antorchas de Refinería CEPSA Gibraltar. De forma que presenta un doble incentivo:

- **Económico:** permite recuperar los hidrocarburos contenidos en el gas de antorcha, minimizando así las pérdidas de elaboración. El gas de antorcha se recuperará

como fuel gas, que en la actualidad es utilizado en consumos internos de la planta (calderas, hornos y turbinas).

El fuel gas, en la Refinería, se utiliza en consumos internos como son las turbinas de gas de cogeneración, los hornos y las calderas. En la actualidad, la Refinería es deficitaria en fuel gas, por lo que para poder abastecer estos consumos, se ha de completar el aporte de fuel gas con otros combustibles, como por ejemplo fuel oil y principalmente GLP. De este modo, con el presente proyecto, aumenta la producción de Fuel Gas, por lo que disminuirá el consumo interno de GLP y, por lo tanto, se podrá vender este GLP. Esta es la razón del ahorro energético que produce la recuperación del gas de antorcha.

Otro ahorro adicional se producirá al disminuir el vapor de agua, ya que el vapor de media presión es utilizado en las antorchas para reducir la formación de humos. Esto es debido a que el vapor de agua reduce la concentración de partículas de carbono que son las que forman humo. El vapor de agua reacciona con las partículas de carbono formando H<sub>2</sub>, CO y CO<sub>2</sub>, eliminando el carbono antes de que pueda formar humo.

También hay que tener en cuenta el gran ahorro económico que se produce al disminuir las emisiones CO<sub>2</sub>, ya que en la actualidad, la valoración económica de las mismas es muy importante.

A continuación mostramos las pérdidas en Refinería, en el que se muestra las pérdidas debido a quemar los gases que se destinan a las antorchas:

Tabla I . Descomposición de pérdidas (Toneladas por año) 2008

<b>I</b>	<b>PÉRDIDAS IDENTIFICADAS</b>	
	<b>PÉRDIDAS POR LA ANTORCHA</b>	
	Gases quemados	10.898
	Gas piloto	14
	Purgas de Fuel Gas	10
	<b>Total</b>	<b>10.922</b>
	<b>VENTEOS A LA ATMÓSFERA 18</b>	
	<b>FUGITIVAS EN ÁREAS DE PROCESO Y OFFSITES 607</b>	
	<b>EVAPORACIONES EN TANQUES 424</b>	
	<b>EVAPORACIONES EN PROCESOS 1.343</b>	
	<b>TRATAMIENTO BIOLÓGICO 169</b>	
	<b>GLP VENDEADO EN LA DESCONEXIÓN 127</b>	

PÉRDIDAS CONTROLABLES EN LOS PROCESOS	972
PÉRDIDAS INCONTROLABLES EN LOS PROCESOS	10.805
<b>TOTAL DE PÉRDIDAS IDENTIFICADAS</b>	<b>25.387</b>
<b>PÉRDIDAS NO IDENTIFICADAS =</b>	<b>200</b>

Como se muestra en la tabla anterior un gran porcentaje de las pérdidas identificadas corresponde a las pérdidas por la antorcha.

- **Medioambiental:** permite minimizar las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. El CO<sub>2</sub> constituye el 99% de las emisiones a la atmósfera producidas por Refinería CEPSA Gibraltar, siendo éste además un contaminante de especial interés en los objetivos medioambientales no sólo de la Refinería sino también del grupo CEPSA como consecuencia de su participación en el efecto invernadero.

Por esta razón, una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> mejorará la imagen institucional de la compañía respecto al cuidado con el Medio Ambiente, estando de este modo en consonancia con el Protocolo de Kyoto.

Debido a que gracias a este proyecto, se dejan de quemar gases que posteriormente se emiten a la atmósfera, se produce una importante reducción de emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. A partir del año 2001 con la entrada en vigor del Protocolo de Kyoto en los países firmantes, esta reducción de CO<sub>2</sub> tiene un valor económico debido a que cada empresa tiene un cupo máximo de emisiones de CO<sub>2</sub> y estos cupos son comerciales es decir, una empresa que no emita todo la cantidad de CO<sub>2</sub> que su cupo le permita, puede vender el ratio de CO<sub>2</sub> restante hasta completar el cupo a otra empresa que emita por encima de lo que su cupo le permita.

Por lo tanto, la tonelada de CO<sub>2</sub> tiene un valor de mercado. A nivel interno del grupo CEPSA, se ha estado efectuando estimaciones del valor económico de la tonelada de CO<sub>2</sub>. Así, durante el año 2008 el precio de la tonelada de CO<sub>2</sub> varió mucho, desde los 7 \$/Tm de CO<sub>2</sub> hasta los 110 \$/Tm de CO<sub>2</sub>. La media anual estuvo en torno a los 21\$/Tm de CO<sub>2</sub>, que ha sido el valor actual cogido para hacer el presente estudio.

## **2. OBJETIVO DEL PROYECTO**

El presente proyecto tiene por objeto el diseño de un sistema para lograr la recuperación de los componentes contenidos en los gases que son destinados al sistema de antorcha.

Según condiciones de diseño del proyecto, se pretende tratar aproximadamente un caudal de alimentación de 1500 m<sup>3</sup>/h de gas de antorcha.

Dichos objetivos se muestran en la hoja de propuestas de Proyecto Fin de Carrera aprobada por la Comisión de Proyectos de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Cadiz.

## **3. ALCANCE DEL PROYECTO**

Este proyecto incluye el diseño del sistema para lograr la recuperación de los componentes contenidos en dichos gases, que tiene como principales unidades un compresor, (ya que los gases tienen una presión muy baja para ser tratados), y un separador líquido/líquido/vapor ( que separa por un lado el fuel gas que se envía a amina para “limpiar” el gas, el hidrocarburo líquido que se envía a la unidad de slops y el agua ácida que se envía a la unidad de SWS, sistema de aguas ácidas); además de componentes auxiliares como controladores, tuberías, intercambiadores de calor, etc.

A continuación se muestra un sistema simplificado del principio de funcionamiento del Sistema de recuperación de gases de antorcha.

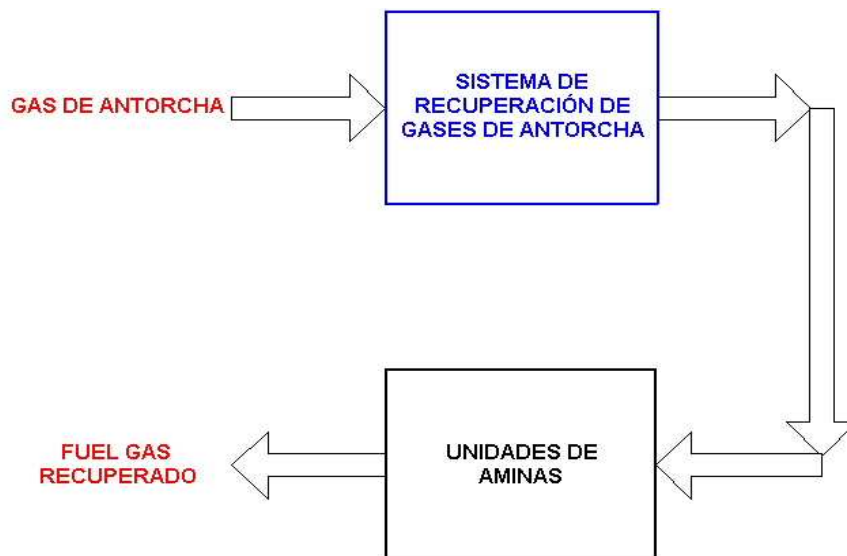


Figura 1. Esquema del principio de funcionamiento del Sistema de recuperación de gases

Tal y como se muestra en la figura anterior, el principio fundamental del Sistema de recuperación de gases de antorcha consiste en un sistema capaz de llevar el gas de antorcha a las Unidades de Aminas, donde será limpiado de contaminantes ácidos y recuperado como fuel gas.

El gas de antorcha procede del Sistema de Seguridad de la Refinería, donde la escasa presión existente (8-14 mbar) hace que sea imposible enviarlo directamente hacia las Unidades de Aminas. Por esta razón, es necesario dotar al gas de una presión adecuada para poder recuperarlo.

El presente Proyecto va a incidir principalmente en el Sistema de Seguridad actual de Refinería CEPSA Gibraltar, razón por la cual se describirá más detalladamente dicho sistema. Las otras Unidades afectadas son Aminas I y II, Slops y SWS.

Cabe destacar que el sistema de Slops, no es una Unidad propiamente dicha, sino que es un sistema de recogida de hidrocarburos procesados que, debido a diferentes causas del proceso de refino, se han quedado fuera de especificación. Sin embargo, para no malgastar materia, estos hidrocarburos se recogen, almacenan y reenvían como materia prima de la planta mezclándolos con crudo virgen.

#### **4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE SEGURIDAD EXISTENTE ACTUALMENTE EN LA REFINERÍA.**

Conocer el Sistema de Seguridad de la Refinería actual es muy importante para entender algunas de las características fundamentales del presente *Proyecto de una instalación para la recuperación de gases de antorcha*, así que lo describiremos.

El sistema actual está formado por las instalaciones de los colectores de descarga de válvulas de seguridad, los depósitos de expansión y decantación, los sellos de las antorchas y las antorchas de la Refinería de CEPSA Gibraltar.

Se procede a describir los componentes que forman el Sistema de Seguridad de la Refinería Cepsa:

##### **-Las válvulas de seguridad.**

Las válvulas de seguridad son las encargadas de aliviar la presión de un equipo cuando por causa de una emergencia se alcanza o se sobrepasa ligeramente la presión de

diseño. Se entiende como emergencia a la interrupción del proceso normal con posible peligro para las personas y/o instalaciones.

Las contingencias que pueden causar las emergencias son:

- **Fuego:** se contempla la evaporación generada por el calor transferido al equipo por la exposición a un fuego exterior. En algunos casos, se diseñan los equipos ignífugados para paliar esta contingencia.
- **Fallo de operación:** no se contempla como fallo de operación el error humano, por lo que no se considera como fallo de operación el no quitar discos ciegos, el vacío que se puede producir durante la vaporización del equipo, el bloquear válvulas de seguridad, etc.
- **Fallo de energías:** son fallos de energías, los fallos de energía eléctrica, agua de refrigeración, aire de instrumentos y vapor, los cuales deben considerarse individualmente y sumarse para valorar el total de la emergencia.

Estas contingencias suponen aumentos de temperatura y presión sobre las condiciones de diseño, por lo que los equipos son protegidos con válvulas de seguridad que abren para expulsar del equipo el exceso de materia que produce el aumento de presión.

Las válvulas de seguridad pueden descargar fluidos en estado gaseoso, líquido o bifásico a la atmósfera o a sistemas cerrados.

Sin embargo, la mayoría de las válvulas de seguridad presentes en la Refinería descargan hidrocarburos inflamables, tanto licuados como gases más pesados que el aire, condensables y tóxicos, de ahí que descarguen a dos sistemas cerrados independientes.

- Colector de descargas de válvulas de seguridad.

La Refinería dispone de cuatro colectores de descarga de válvulas de seguridad que son:

- El que recorre las unidades de Combustible.
- El de las unidades de Aromáticos,
- El de la Unidad de Alquilación. (Alquilación, FCC, Crudo III)
- El de la Unidad de Energía.

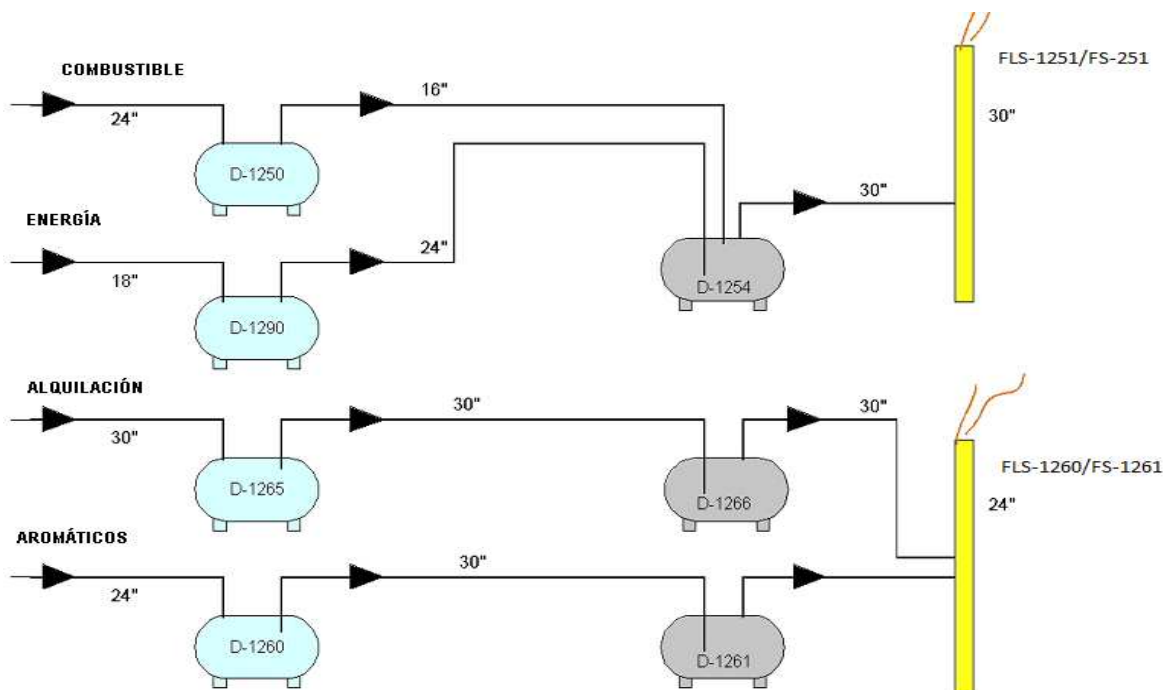


Cabe destacar que debido a las bajas temperatura que pueden tener las descargas en la Unidad de Alquilación, el colector de Alquilación es de acero al carbono calmado, material que puede soportar temperaturas muy bajas.

Estos colectores son independientes y cada uno comunica con una antorcha a través de su respectivo depósito de expansión:

- D-1250 para Combustible
- D-1260 para Aromáticos
- D-1265 para Alquilación
- D-1290 para Energía

El D-1250 y el D-1290 están unidos a las antorchas FLS-1250 y FS-251 a través del depósito de sello D-1254, y el D-1260 y el D-1265 están unidos a las antorchas FLS-1260 y FS-1261 a través de los depósitos de sello D-1261 y D-1266 respectivamente.



- Figura 2. Esquema de las instalaciones de antorchas existentes

### Depósitos de expansión y decantación.

Las válvulas de seguridad que descargan líquidos inflamables y tóxicos deben descargar a un sistema cerrado que, a su vez, descarga en un depósito separador de gases y líquido.

Las condiciones de diseño habituales en estos depósitos son presión de 3,5 bar y un gradiente de temperatura comprendido entre -45 °C y 315 °C.

Debido a las bajas temperaturas que pueden alcanzar estos depósitos a causa de la expansión de líquidos muy ligeros como el propano, los depósitos constan de serpentines de calefacción calentados por vapor de agua que deben estar siempre abiertos para evitar que se forme hielo en caso de que hubiera agua atrapada.

Tabla II. Depósitos de expansión

<b>Identificación</b>	<b>D-1250</b>	<b>D-1290</b>	<b>D-1260</b>	<b>D-1265</b>
<b>Diámetro (m)</b>	3,2	4,6	3,5	4,73
<b>Longitud (m)</b>	11,6	10,4	10,5	9,75
<b>P diseño (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	3,5/0,35	3,5/0,35	3,5/0,35	3,5/0,35
<b>T<sup>a</sup> diseño (°C)</b>	315/-45	315/-45	315/-45	371/-45

- Colectores cerrados de drenajes.

Su función es recibir el drenado de los productos imbombeables de los fondos de las torres y depósitos de Unidades.

Todas las conexiones a los colectores cerrados tienen una válvula de bloqueo como mínimo, además de la válvula de retención correspondiente en el límite de batería.

De todas formas, la operación de drenado de torres y depósitos no es habitual cuando las unidades están en servicio normal, de hecho, sólo en algunas alteraciones en el proceso y en las paradas programadas se drenan los equipos cuando los fondos son imbombeables. Para ello, los equipos deben tener suficiente presión, ya que, esta operación se efectúa por diferencia de presión entre el equipo a drenar y el depósito de expansión y decantación correspondiente.

- Los sellos de las antorchas.

El sello de las antorchas sirve para evitar el retroceso de llama o evitar la entrada de aire hacia las unidades y que podrían producir explosiones y/o incendios cuando la antorcha está apagada y sin presión.

Los sellos de las antorchas son depósitos horizontales que mantienen un nivel de agua constante por medio de un rebosadero interior. La tubería de entrada de gases se introduce entre 4 “ y 6” dentro del agua terminando la misma en forma de dientes de sierra, o distribuidor perforado para evitar problemas de pulsación.

El agua del sello se va saturando de gases disueltos, especialmente sulfhídrico, por lo cual no se puede drenar al sistema de aguas sucias que van a la balsa API. El agua de los sellos es recirculada por medio de bombas a las torres desgasificadoras.

El agua de los sellos procede del SWS y, como reserva, los sellos pueden recibir agua de la red contra incendios.

Punto clave de estos sellos es que no suba el nivel por encima del rebosadero interior para que no impida el borboteo de los posibles gases que vayan a quemar a la antorcha. Para ello, existe un sifón exterior con un venteo, que descarga a una arqueta. Esto es lo que asegura el nivel constante. Como reserva del aporte de aguas ácidas, existe el agua de la red contra incendios, que entra al sello por la propia presión de la red y que rebosaría por el sifón anteriormente mencionado. Además, el agua del sello puede calentarse con vapor si la temperatura ambiente es muy fría para evitar su congelación.

Cuando el agua rebose a la arqueta, hay que extremar las precauciones, pues pueden desprender  $\text{SH}_2$ . En estos casos se sustituirá el agua ácida por el agua dulce de la red contra incendios.

Los depósitos están revestidos de cemento interiormente, disponiendo de drenajes y bocas de registro para su vaciado y limpieza en paradas programadas.

La presión y temperatura de diseño de los depósitos de sello es de 10 bar a 40°C ó 3,5 bar a 315 °C.

Tabla III. Depósitos de sello

<b>Identificación</b>	<b>D-254</b>	<b>D-1254</b>	<b>D-1266</b>	<b>D-1261</b>	<b>D-1262</b>
<b>Diámetro (m)</b>	1,2	4,1	3,66	2,75	1,7

<b>Longitud (m)</b>	1,7	7,5	6,6	8,23	5,2
<b>P diseño (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	3,5/10,5	3,5/10,5	3,5/10,5	3,5/10,5	3,5/10,5
<b>T<sup>a</sup> diseño (°C)</b>	296/46	315/38	371/38	315/28	193/38

-Las antorchas

Dos son los objetivos a cumplir por las antorchas, evitar la polución y evitar las concentraciones de gases inflamables o explosivos.

La Refinería, en función de criterios de anti-polución, luminosidad, seguridad y economía implantó las antorchas del tipo chimenea elevada y soportada por cables. Estas antorchas han sido diseñadas para quemar sin humos.

La Refinería tiene cuatro antorchas agrupadas en dos grupos (sin contar las correspondientes a Lubrisur, Guadarranque y Petroquímica). Un grupo lo forman la FLS-1251 de 30” de diámetro y 76 m de altura y la FS-251 de 26” de diámetro y de la misma altura. En estas antorchas se queman los gases procedentes de las Unidades de Combustible y Energía, y el gas sulfhídrico procedente de la Planta de Aminas I .El otro grupo está formado por la FLS-1260 de 24” de diámetro y 76 m de altura y la FS-1261 de 20” de diámetro y de la misma altura. En estas antorchas se queman los gases procedentes de las Unidades de Aromáticos y Alquilación y el gas sulfhídrico procedente de Aminas II respectivamente.



Figura 3. Vista de las antorchas.

La razón de la agrupación y el distanciamiento físico entre ellos es debido a que se puedan efectuar trabajos de mantenimiento en un grupo de antorchas estando el otro grupo en servicio y quemando a la máxima capacidad de diseño.

Por su parte, las antorchas están subdivididas en dos partes que son chimenea y cabezal:

- **Chimeneas:** Las dimensiones de las chimeneas de las antorchas dependen de la contrapresión deseable cuando se produce la máxima descarga tomada como base de diseño, la cual no debe sobrepasar la velocidad de 160 pies por segundo para evitar problemas de sonorización, pero en pequeños periodos de tiempo, la velocidad límite puede ser el 120 % de la velocidad sónica.

La altura de la chimenea depende a su vez de la densidad de calor a nivel del suelo cuando se produce la máxima descarga. Según la legislación española, esta densidad de calor no debe sobrepasar los 4.000 kcal/hr/m. Las chimeneas están construidas de acero al carbono.

- **Cabezal:** En los cabezales de las antorchas es donde se efectúa la combustión de los gases emitidos. Por tal motivo, están construidos con aceros aleados con cromo y níquel para soportar las altas temperaturas.

Los cabezales se denominan FLT-1251, FLT-250, FLT-1260, FLT-1261 y FLDS-1260 que se refiere al sello seco de la FLS-1261 y que va unido al cabezal de la misma antorcha. El cabezal lleva incorporado los tres pilotos de 1" y tres tuberías de ignición, de los mismos diámetros.

Tabla IV. Cabezales ó quemadores

<b>Identificación</b>	<b>FLT-1251</b>	<b>FLT-251</b>	<b>FLT-1260</b>	<b>FLT-1261</b>
<b>Servicio</b>	HC. Comb.	Aminas I	HC. Arom.	Aminas II
<b>Diámetro</b>	30"	8"	24"	12"
<b>Caudal kg/hr</b>	169.329	63.501	104.326	5.806
<b>Calor emitido kcal/hr</b>	1766,4 x 76	6350	1058,4 x 76	22,43 x 76
<b>Peso molecular</b>	69,3	25	47	22
<b>Temperatura del gas °C</b>	159	296	80	125
<b>AP permisible (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	0,11	0,07	0,11	0,07
<b>Caudal de vapor kg/hr.</b>	11.748	1.600	6.350	-

Para que la combustión se produzca sin humos, se inyecta vapor por medio de toberas dirigidas hacia la llama. El colector del vapor se dimensiona para velocidades inferiores a 200 pies/s. Sin embargo, el caudal mínimo de vapor recomendado por el fabricante para asegurar una combustión sin humos, varía en función de la densidad del producto y de la composición del mismo entre 1 Tm/h de vapor para 2.8 Tm. de fuel gas y de 1 Tm de vapor por cada 2 Tm de GLP olefínico. Sin embargo, para evitar condensaciones y retener el sistema caliente es necesario como mínimo mantener un caudal de 170 Kg./h.

Una vez explicado los equipos que componen el sistema de Seguridad de la Refinería podemos pasar a explicar más detalladamente el sistema de recuperación de gases de antorcha, es decir el proyecto en cuestión.

## **5. SITUACIÓN DE LA INSTALACIÓN**

La instalación del sistema de recuperación de gases de antorcha se ubica en la zona de antorchas de la Refinería Gibraltar del grupo CEPSA en el término municipal de San Roque de la provincia de Cádiz.

## **6. DATOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO DE LA UNIDAD**

Para el diseño del sistema de recuperación de gases de antorcha es necesario conocer una serie de datos que servirán de partida para el diseño de los distintos equipos que conforman el presente Proyecto Fin de Carrera. Estos datos de partida son la “base del diseño”.

### **Corriente de alimentación**

La corriente de alimentación está compuesta por los gases de antorcha con una composición muy variable, que más adelante mostraremos de manera más específica, y con un caudal de 1500 m<sup>3</sup>/h.

Se ha diseñado la instalación para un factor de servicio del 0,7. En este factor de servicio depende exclusivamente de las horas de funcionamiento reales de la instalación. Así que se tienen en cuenta las paradas obligatorias de la instalación, debidas tanto a mantenimiento de la misma como a posibles emergencias en la Refinería. Por lo tanto, el número de horas anuales en funcionamiento de la instalación son 6132 horas.

El factor de servicio es equivalente a recuperar el 70% del gas de antorcha entrante suponiendo que la instalación estuviera siempre en funcionamiento (que nunca es así). Por esta razón, se va a suponer que se recupera el 70% del gas de antorcha entrante.

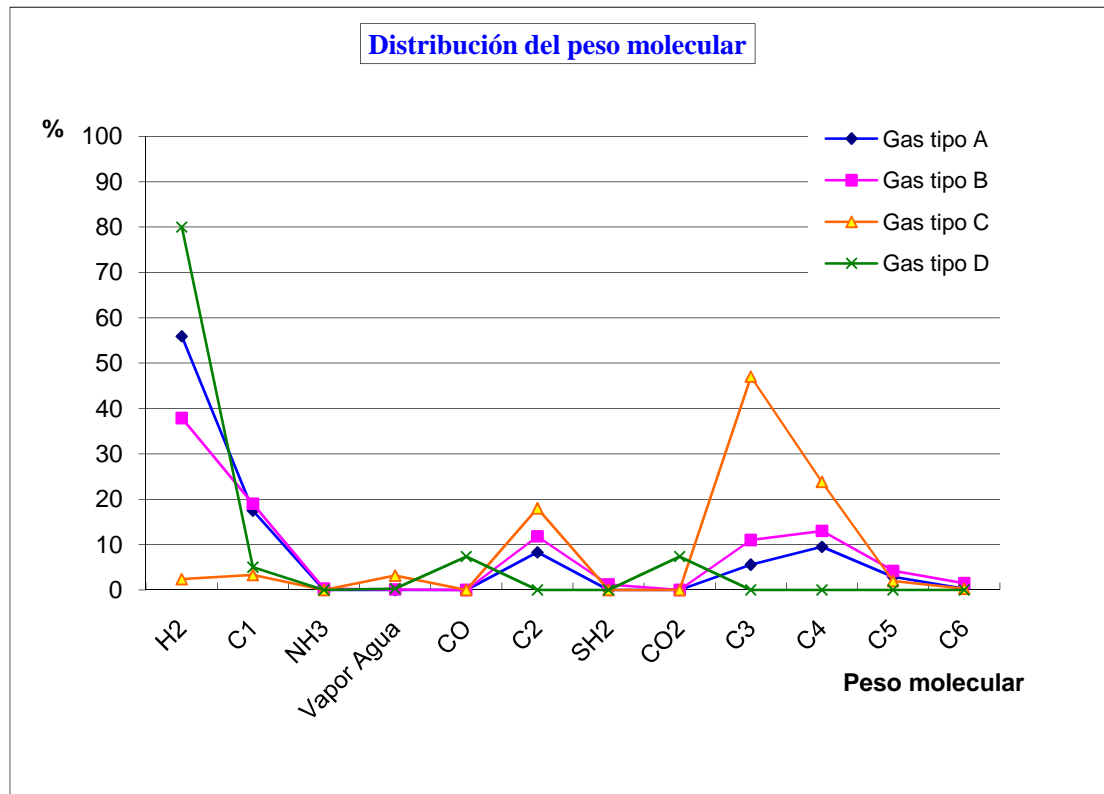
Los gases de antorcha tienen una presión de 1 bar y una temperatura de 30°C.

En esta tabla se muestran los porcentajes de los diferentes componentes de los que pueden estar formados los gases de antorcha.

Tabla V. Composiciones de diferentes tipos de gases de antorcha

		<b><i>DIFERENTES TIPOS DE GASES</i></b>			
		<b>A. PWF</b>	<b>B. Típico antorcha</b>	<b>C. GLP</b>	<b>D. H<sub>2</sub></b>
<b><i>Componente</i></b>	<b><i>Peso molec.</i></b>	(%)	(%)	(%)	(%)
<b>SH<sub>2</sub></b>	34,076	-	1,2	-	-
<b>H<sub>2</sub></b>	2,016	55,9	37,9	2,4	80
<b>C<sub>1</sub></b>	16,042	17,5	19	3,3	5
<b>C<sub>2</sub></b>	30,068	8,3	11,8	18	-
<b>C<sub>3</sub></b>	44,094	5,6	11	47	-
<b>C<sub>4</sub></b>	58,12	9,5	13	23,8	-
<b>C<sub>5</sub></b>	72,146	2,9	4,2	2	-
<b>C<sub>6</sub></b>	84,156	0,3	1,5	0,3	-
<b>NH<sub>3</sub></b>	17,032	-	0,3	0	-
<b>Vapor Agua</b>	18,016	-	0,1	3,2	0,3
<b>CO</b>	28,01	-	-	-	7,35
<b>CO<sub>2</sub></b>	44,01	-	-	-	7,35
<b><i>Peso molecular medio (g/mol)</i></b>		<b>16,77</b>	<b>24,54</b>	<b>42,82</b>	<b>7,76</b>

A continuación se muestra una gráfica con los diferentes tipos de gases que pueden entrar en el sistema de recuperación de gas de antorcha:



Gráfica 1. Distribución del peso molecular del gas

### Corriente de agua de renovación que va al compresor

El agua de renovación del compresor de anillo líquido tiene las siguientes condiciones:

Presión = 5,5 bar

Temperatura = 30°C

Caudal = 0,8 m<sup>3</sup>/h

### Corriente de salida del compresor.

Las condiciones de presión y temperatura de salida que debe cumplir el compresor son las condiciones más restrictivas de las unidades donde se produce las descargas de masa son:

- La presión mínima de descarga debe ser la de Slops (7 bar).
- La temperatura máxima debe ser la que admite las plantas de Aminas (50°C).



## 7. POSIBILIDADES DE INTEGRACIÓN DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE GASES DE ANTORCHA

El lugar más adecuado de conexión del Sistema de recuperación de gases de antorcha al Sistema de Seguridad de la Refinería es aguas abajo de los depósitos de expansión-decantación.

Si se pretendiera conectar el sistema aguas arriba de dichos depósitos se introduciría gases y líquidos en el Sistema de recuperación procedentes de las válvulas de seguridad, con lo que el sistema de compresión necesario sería más caro (mayor potencia requerida al tener que trasegar líquido) a no ser que se dispusiera de un depósito separador a la entrada del sistema de recuperación. Por otro lado, como las descargas de las válvulas de seguridad son intermitentes, el sistema de compresión debería ser robusto ante unas corrientes de entrada pulsantes.

Esta doble problemática queda resuelta con una conexión aguas abajo de los depósitos de expansión, puesto que separan y drenan los líquidos y además actúan como pulmón para proporcionar una corriente de gases continua a la salida de los mismos.

### - Conexión en paralelo Vs. Conexión en serie

Tal y como se muestra en el esquema, existen dos opciones en el modo de conexión al Sistema de Seguridad, en serie o en paralelo.

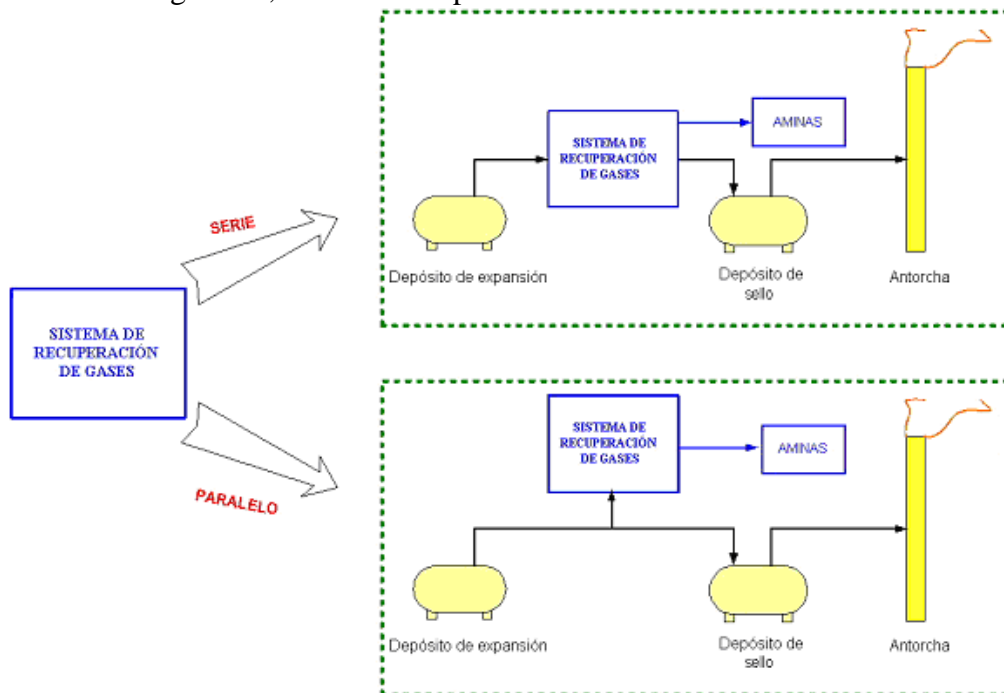


Figura 4. Esquema de las alternativas de conexión serie-paralelo

En principio, parece que las dos opciones son válidas técnicamente, sin embargo, la conexión en paralelo presenta las siguientes ventajas sobre la conexión en serie:

- La principal ventaja es que una parada, ya sea por mantenimiento o por emergencia, del Sistema de recuperación de gases de antorcha, al estar conectado en paralelo, no afectará al Sistema de Seguridad actualmente existente, ya que es posible aislarlo cerrando las válvulas del límite de batería con lo que el Sistema de Seguridad pasaría a operar tal y como lo hace en la actualidad. Sin embargo, si la conexión fuera en serie, una parada en el Sistema de recuperación de gases de antorcha conllevaría dejar fuera de servicio el actual Sistema de Seguridad de la Refinería, y esto es muy peligroso para la planta, y por lo tanto, inaceptable.
- Una conexión en serie supondría mayor tiempo de instalación del Sistema de recuperación de gases de antorcha, y teniendo en cuenta que la conexión con el Sistema de Seguridad existente debe hacerse durante una Parada General de Refinería, y que los costes económicos de dicha Parada son directamente proporcionales a la duración de la Parada, es obvio que una conexión en paralelo es más adecuada.

## **8. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

El proceso de recuperación es muy simple: el gas entra en el sistema de recuperación donde es comprimido por un compresor. Una vez comprimido, el gas se envía a un depósito separador líquido/líquido/vapor. En este depósito se separarán las tres fases con las que cuenta el gas impulsado en el compresor:

1. Gas ácido: este gas se recupera como fuel gas. Para ello hay que lavarlo previamente de  $\text{SH}_2$ , por lo que se envía a las unidades de Aminas I y II.
2. Hidrocarburo condensado: es una parte de la fase líquida. Este hidrocarburo se recuperará enviándolo a Slops.
3. Agua ácida: es la otra fase líquida existente en el depósito.

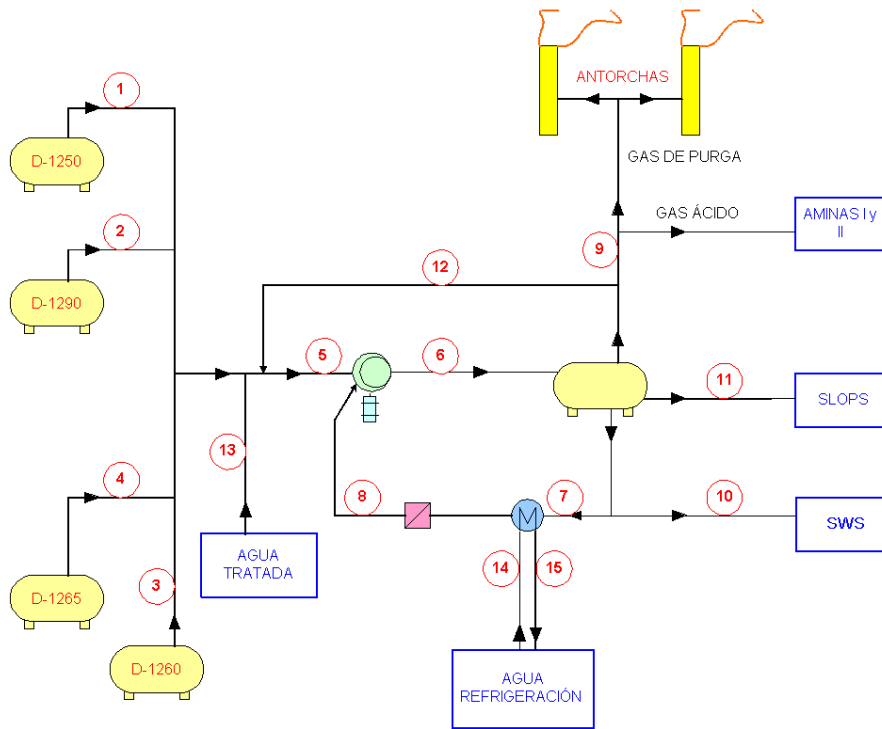


Figura 5. Esquema de la instalación.

## 9. DESCRIPCIÓN DEL GAS DE ANTORCHA QUE TRATAMOS EN EL SISTEMA DE RECUPERACIÓN

El gas de entrada al compresor es de composición muy variable ( en el apartado 5. *Datos necesarios para el diseño de la unidad* se encuentra la tabla donde aparece la composición de los diferentes tipos de gas de antorcha que vamos a tratar) . En condiciones normales, puede haber dos alimentaciones de diferentes pesos moleculares. La primera, caso A, considera que el aporte a la antorcha es principalmente gas de tratamiento generado en el Powerformer (PWF), mientras que la segunda aportación, caso B, es el gas típico que se envía a la antorcha, de un peso molecular mayor, ya que incrementa el porcentaje de GLP (Gas Licuado del Petróleo) frente a hidrógeno y metano.

Además hay dos casos extremos, muy poco frecuentes, que son los correspondientes a una alimentación prácticamente de GLP, caso C, y otra muy rica en hidrógeno, y por tanto, de un peso molecular muy bajo, situación que se produciría en la Planta de Hidrógeno cuando la unidad PSA se para. A esta última composición de gas se le ha denominado caso D.

La alimentación de gas de antorcha muy rica en hidrógeno, caso D, no se ha considerado como típica, ya que el envío de una corriente con una pureza en hidrógeno superior al 80% no es una condición normal ni deseable en la Refinería CEPSA Gibraltar.

De forma que el sistema de recuperación ha sido diseñado para comprimir gas procedente de sistemas independientes:

- D-1250 para Combustible
- D-1260 para Aromáticos
- D-1265 para Alquilación
- D-1290 para Energía

En cada uno de los colectores de gas hacia el sistema de recuperación de gases, hay instaladas unas válvulas de control de presión que regulan el caudal de entrada. Si debido a cualquier incidencia en la planta, un colector tiene una presión muy baja, esta válvula de control cerrará, venteando dicho colector a la atmósfera a través de la antorcha a la que esté alineado. Sin embargo, en este caso, la instalación recuperadora de gas de antorcha continuará funcionando con el gas procedente de los otros colectores. Por lo tanto, es un sistema de control independiente para cada uno de los tres ramales.

## **10. DESCRIPCIÓN DEL COMPRESOR PARA AUMENTAR LA PRESION DEL GAS DE ANTORCHA**

La principal característica de la instalación recuperadora de gases de antorcha es que debido a que los gases de entrada están a muy poca presión, entre 8 y 14 mbar por encima de la atmosférica, es necesario aumentarles la presión para que puedan ser enviados a las diferentes unidades de la planta, ya que las corrientes de entrada en dichas unidades deben tener una determinada presión mínima.

Por esta razón, el sistema de compresión de los gases es el equipo más importante de la instalación, eso sin tener en cuenta el coste económico del mismo, lo que también contribuiría a destacar la importancia de dicho sistema.

Por otro lado, aunque muchas refinerías se están preocupando por la recuperación de los gases, sólo algunas de ellas han sido capaces de recuperar el gas de antorcha para luego aprovecharlo, debido a problemas como erosión, corrosión, trazas de sólidos y

líquidos en el gas, lo cual conlleva unos altos costes del ciclo de vida y frecuentes paradas de emergencia en los *sistemas de compresión* convencionales.

Vamos a elegir un **compresor de tipo anillo líquido**, debido a las características que posee y que nos proporcionan en el sistema. Y que a continuación pasaremos a describir:

### ***Corrosión***

El gas procedente de los depósitos de expansión-decantación tiene un importante contenido de SH<sub>2</sub> húmedo, el cual es uno de los ácidos más agresivos existentes en la industria petroquímica.

La acción de este componente tanto en bombas como en compresores se ha demostrado que es mucho más agresiva cuando se combina con la energía producida al trabajar a altas velocidades.

Éste problema se evita en parte con el uso de determinados compresores de anillo líquido, capaces de desarrollar velocidades máximas por debajo de los 30-35 m/s.

Además, estos tipos de compresores han sido ensayados y han demostrado ser compatibles para un gas de antorcha con hasta el 90% en masa de SH<sub>2</sub>.

### ***Erosión***

Los gases usualmente arrastran sólidos que pueden causar serios problemas de erosión y, con ello, altos costes en mantenimiento y en piezas de recambio para el compresor.

A diferencia de otro tipo de compresores, en los sistemas de compresión de anillo líquido, las partículas sólidas son recogidas inmediatamente por el líquido en servicio y, por lo tanto, proporcionando al sistema de un filtro adecuado para limpiar el líquido, la única preocupación será evitar la entrada de partículas mayores que la distancia entre el rodete y el distribuidor del gas. Por esta razón, el compresor de anillo líquido, además de comprimir el gas también lo limpia de partículas sólidas que pueda transportar.

### ***Seguridad***

La toxicidad del ácido sulfhídrico (SH<sub>2</sub>) es muy alta. Por ejemplo, en 1950, la antorcha de la Refinería de Poza Rica (Méjico) sufrió una parada de emergencia y dejó de quemar el gas. Como consecuencia de ello, 22 personas murieron debido al SH<sub>2</sub> a pesar de los 30 metros de altura que tenía dicha antorcha.

Por lo tanto, para evitar fugas de SH<sub>2</sub>, el sello del compresor, que trasiega este gas, debe estar diseñado de modo que en caso de una rotura del sello, se evite cualquier tipo de fuga incontrolada del gas. Una forma de evitar esta fuga es provocar un escape del líquido cuando se rompa el sello, con lo cual el compresor se drena estorbando la operación normal del mismo. Así se consigue que la presión en la impulsión del compresor disminuya bruscamente, reduciendo las emisiones azarosas de gas.

Además hay que mencionar que a pesar que el gas saturado de agua es potencialmente explosivo, el sistema de compresión de anillo líquido es intrínsecamente seguro.

### ***Transporte de líquido***

La presencia de líquido o vapores condensables no afectan al rendimiento de los compresores de anillo líquido como lo hace en los otros tipos de compresores, donde, al comprimir un gas con condensables, éstos se pueden convertir en líquido, cosa que dañaría seriamente al compresor.

En los compresores de anillo líquido, estos tipos de líquidos o condensables se incorporan al agua del anillo líquido, por lo que proporcionando al depósito separador de un sistema de control de nivel, éstos pueden ser drenados fuera del bucle cerrado del compresor sin ninguna perturbación en el rendimiento del compresor.

Aún más, si el depósito separador está provisto de las pertinentes barreras internas, se puede conseguir una separación de aceite y agua también.

Por el contrario, con compresores de tornillos y compresores alternativos, la única forma de conseguir una vida razonable de servicio y tiempo de corte, es evitar la presencia de condensables, lo que significa en incrementar los costes de los sistemas de compresión, ya que se debería instalar unos sistemas de precondensación muy caros.

De hecho, los condensables resultantes tienen un efecto de ensuciamiento en los aceites de lubricación que se utilizan en los compresores convencionales, ya que neutralizan sus características lubricadoras.

### ***Composición del gas***

Los compresores de anillo líquido son de desplazamiento positivo, siendo conseguida la compresión por un “pistón líquido”.

A pesar de ello, el rendimiento del compresor no se ve afectado por los cambios en la composición del gas, ya que los compresores de anillo líquido son capaces de mantener la presión de salida y la capacidad volumétrica constante.

Esta curva constante característica de estos compresores es muy importante, ya que hay que tener en cuenta que los gases, al proceder de las diferentes Unidades de la Refinería, originan una corriente de gas muy variable (debido principalmente a la variación del contenido de hidrógeno) con un peso molecular medio fluctuante de 8-45 g./mol.

Sin embargo, si se usa compresores centrífugos, cuando se reduce el peso molecular, disminuye la presión proporcionada y en algunos casos, el punto de oleaje de la máquina puede ser alcanzado.

### ***Sistema de lubricación con aceite***

Los compresores de anillo líquido no necesitan sistemas de lubricación con aceite, por lo que los costes de mantenimiento y problemas característicos de estos sistemas de lubricación desaparecen.

Sin embargo, está comprobado que los compresores de pistones en este tipo de servicio requieren unas cuatro paradas anuales para cambiar las válvulas, ya que éstas se atascan gradualmente por culpa de las sustancias creadas en el contacto de sólidos con  $\text{SH}_2$  y aceite de lubricación.

### ***Potencia requerida***

Los compresores de anillo líquido absorben mayor potencia que los otros tipos de compresores simplemente por el hecho de que deben desplazar el anillo líquido. Ésta es la

única desventaja existente en el uso de éste tipo de máquina respecto a otro tipo de compresor.

Por ejemplo, los compresores de tornillo parecen ser más convenientes debido a un consumo menor de potencia, sin embargo, se puede observar que muchas refinerías están cambiando éste tipo de compresores por máquinas de anillo líquido debido a que sufren unos altos costes de mantenimiento y unas pérdidas económicas cuando se producen paradas en algunas Unidades, al no ser capaces de recuperar el gas.

**Como vemos el compresor de tipo anillo líquido nos da una solución a todos estos inconvenientes.**

## **11. FUNCIONAMIENTO DEL COMPRESOR DE TIPO ANILLO LÍQUIDO**

El gas entra en el sistema donde se mezcla con un pequeño caudal de agua tratada (agua de renovación del anillo líquido) y con el gas de recirculación antes de la entrada en el compresor.

El agua de renovación es utilizada para disminuir la concentración de componentes corrosivos en el anillo líquido.

El gas de recirculación, se utiliza como sistema de control del compresor. El sistema de control del compresor persigue mantener una presión constante en la aspiración del compresor. De este modo, si la presión desciende, el sistema abrirá la válvula dejando pasar más caudal de gas comprimido que compense esta pérdida de presión inicial.

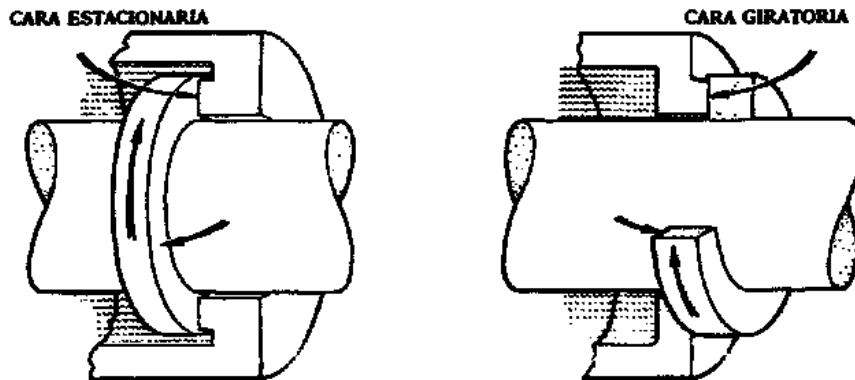
Una vez en el compresor, el aporte de agua de recirculación (que será comentada posteriormente) junto con la mezcla de gas y agua conformará el llamado “anillo líquido”. El compresor es de dos etapas, está accionado por un motor eléctrico de 6000 V y dispone de un sistema de sello doble con un depósito para mantener el sello. El compresor es refrigerado por el anillo líquido, por lo que no necesita de un sistema de lubricación de aceite que aumentaría enormemente los costes de mantenimiento de la instalación.



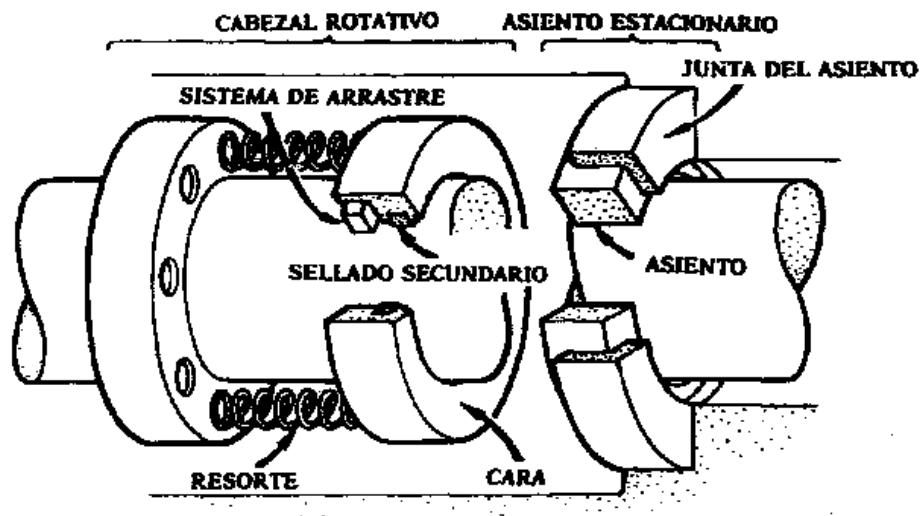
Además, el compresor dispone de unos drenajes y un venteo para vaciar el anillo líquido en caso que sea necesario. Los drenajes son enviados al sistema de aguas ácidas (SWS).

El sistema de sellado del compresor es de cierre mecánico doble. Un cierre mecánico consiste esencialmente en dos superficies planas radiales: una montada sobre el eje giratorio y otra estacionaria, de forma que el sellado se produce mediante el contacto entre ambas con una cierta presión.. Una de ellas tiene una posición fija, mientras que la otra está dotada de una cierta flexibilidad radial y axial, a fin de compensar los movimientos del eje.

En la siguiente figura se muestra como las dos superficies radiales retienen el líquido.



Los seis elementos principales de un cierre mecánico son: resorte, sistema de arrastre de la cara, elemento secundario de sellado, cara giratoria, asiento y junta de asiento.



Cabe destacar que existe un aporte directo de agua tratada mediante una línea con orificio de restricción al sello del compresor.

Por otra parte, el depósito de sello al poder contener gases tóxicos e inflamables, no puede ventear a la atmósfera por lo que existe una línea por su parte superior que le une al sistema de emergencia. Aún así, para operaciones de puesta en marcha y mantenimiento, el depósito dispone de un sistema de drenaje y venteo auxiliar.

En la puesta en marcha del sistema, el depósito debe tener agua de sello, por lo que se le ha habilitado un cono a modo de embudo para poder introducir agua en él.

Para el funcionamiento de dicho compresor necesitamos un motor eléctrico que nos suministre la potencia necesaria y para que el motor eléctrico transmita el par al compresor es necesario la presencia de algún tipo de elemento mecánico, este elemento es el acoplamiento. No obstante aquí mostramos algunas características.

**Motor eléctrico:**

Potencia nominal	280 kW
Tensión nominal	6300 V
Frecuencia	50 Hz
Intensidad nominal	33 A
Velocidad nominal	987 rpm
Par nominal	2709 Nm
Factor de potencia	$\cos\phi=0,82$
Clase de par	KL
Tipo de conexión	Y
Temperatura del refrigerante	40°C
Clase aislamiento (diseño operación)	F / B
Rendimiento nominal	$\eta=94,8$
Par a rotor bloqueado	1,25 $M_n$
Intensidad a rotor bloqueado	5,5 $I_n$
Diámetro del eje en el acoplamiento	90 mm
Peso total	2200 Kg

**Acoplamiento:**

- Marca y modelo: Bibby Turboflex. Laminar 163 del tipo D
- Velocidad máxima permitida:  $n=7500$  rpm
- Diámetro máximo de los ejes: 105 mm
- Par nominal máximo:  $M=4,4$  kNm

**11.1.CARACTERÍSTICAS DEL COMPRESOR PARA AUMENTAR LA PRESION DEL GAS DE ANTORCHA**

**Compresor:**

GENERAL	
Tipo	Compresor de anillo líquido
Modelo	AB 1500
Flujo volumétrico	1500 m <sup>3</sup> /h
Número de etapas	2
Sistema de anillo líquido	Recirculación Total Continua
Clasificación de área eléctrica	Clase 1. Grupo IIB T3. División 2
Altitud	Nivel del mar
Temperatura ambiente	-1 / 37 °C
Normativa aplicable	API 681 Liquid Ring Compressor
Fabricante	GARO
ANILLO LÍQUIDO	
Tipo de líquido	Agua tratada
Temperatura de suministro del agua	Normal: ambiente / Máxima: 60°C
Presión de suministro del agua	460 (kPa g)
Caudal de circulación de anillo líquido	28-30 m <sup>3</sup> /h
Caudal de renovación de agua	0,4-0,8 m <sup>3</sup> /h
Volumen del sistema	6 m <sup>3</sup>
Presión de diseño del sistema	900 kPa g
RUIDO	
Especificación de ruido aplicable	ISO 2204
Nivel máximo de ruido	85 dB (A) a 1 metro
Caseta de insonorización	No

VELOCIDAD	
Velocidad nominal	980 rpm
Velocidad máxima continua	1200 rpm
Velocidad de bloqueo	1300 rpm
Velocidad mínima estable	900 rpm

## **12. DÉPOSITO SEPARADOR LÍQUIDO/LÍQUIDO/VAPOR**

Una vez que el gas junto al anillo líquido ha sido comprimido por el compresor, se envía al depósito separador. En este depósito se consigue separar las tres fases:

- Agua
- Hidrocarburo líquido
- Gas

El depósito separador es de tipo horizontal. Posee una entrada por la parte superior en el extremo opuesto de las salidas, situada a la mínima distancia de la línea de tangencia.

El sistema de descarga es distribuidor perforado y además dispone de una chapa de impacto/refuerzo y de un baffle antioleaje perpendicular al eje longitudinal del depósito. De este modo, se evita el oleaje en el depósito, cosa que dificultaría enormemente la operación de la instalación.

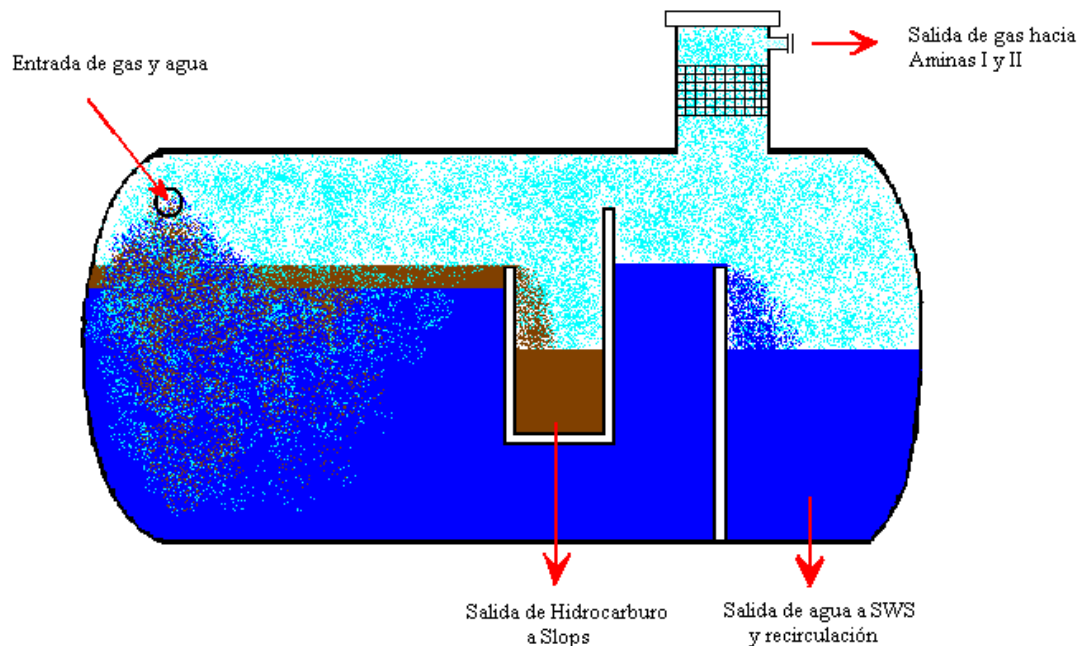


Figura 6. Depósito de separación hidrocarburo/agua/gas

El depósito dispone de un cajetín de extracción de la fase aceitosa con una placa antivórtex a la salida y nivel visible local. Por otro lado, el depósito tiene un rebose de agua, la cual sale del depósito por su parte inferior y mediante una placa antivórtex del mismo modo que la fase aceitosa. La extracción tanto del agua como del aceite está regulada por dos sistemas independientes de control.

Como todo depósito sometido a presión, el depósito separador lleva como medida de seguridad contra sobrepresión una válvula de seguridad (12PRV101). La descarga de esta válvula se realiza en la línea de entrada de gas de antorcha de los depósitos D-1250 y D-1290. Cabe destacar que el venteo del depósito de sello del compresor se conecta a esta misma línea.

El depósito también posee de un sistema de drenado y de venteo necesario para las operaciones de puesta en marcha, llenado y vaciado del equipo. Todos los venteos y drenajes disponen de válvula de bloqueo. Además, para poder realizar los trabajos de inspección y mantenimientos necesarios, el depósito dispone de una boca de hombre.

Por otra parte, para evitar que el vapor arrastre gotas de líquido se ha diseñado previo a la salida gaseosa un sistema de retención de gotas (Demister). El gas, como es lógico, sale por la parte superior del depósito y antes de ser enviado a Aminas I y II, es medido con un caudalímetro másico tipo Coriolis. Es importante señalar la presencia de un analizador de oxígeno en esta línea de salida de gas. Esto se debe a que es una situación peligrosa la presencia de oxígeno en la instalación y por lo tanto, como medida de seguridad, si hay una concentración excesiva de oxígeno se pondrá la instalación en situación segura, parando el motor y cerrando las válvulas.

Hay que señalar que como los quemadores de las antorchas necesitan un mínimo caudal de gas de purga para que no coquicen, se ha diseñado dos líneas de 1" para llevar gas de antorcha desde la salida del depósito separador hasta cada una de las antorchas. De este modo se asegura el flujo mínimo de gas en las antorchas, ya que esto es muy importante para la seguridad de toda la Refinería.

## **12.1.CARACTERÍSTICAS DEPÓSITO SEPARADOR LÍQUIDO/LÍQUIDO/VAPOR**

### **Depósito separador:**

GENERAL	
Servicio	Separador líquido / líquido / gas
Presión de diseño	9 bar g
Presión de operación	6 bar g
Temperatura de diseño	80 °C
Temperatura de operación	48 °C
Temperatura mín. de diseño del metal	-1 °C
Volumen	12,9 m <sup>3</sup>
Fase gaseosa	Gas de antorcha
Fase líquida 1	Hidrocarburo saturado
Fase líquida 2	Agua
Código de cálculo	ASME VIII Div. 1
Diámetro interno	1650 mm
Longitud	5500 mm
Velocidad del viento	145 km/h
SOLDADURAS	
Procedimiento de soldadura	IP 5-1-1, IP 5-3-1, IP 3-16-1, IP 18-7-1
Calificación del soldador	IP 5-1-1, IP 5-3-1, IP 3-16-1, IP 18-7-1
Examen radiográfico	IP 5-1-1, IP 5-3-1, IP 3-16-1, IP 18-7-1
Examen de líquidos penetrantes	IP 5-1-1, IP 5-3-1, IP 3-16-1, IP 18-7-1
Examen de partículas magnéticas	IP 5-1-1, IP 5-3-1, IP 3-16-1, IP 18-7-1
Examen de ultrasonidos	IP 5-1-1, IP 5-3-1, IP 3-16-1, IP 18-7-1
MATERIALES	
Carcasa	ASTM A 516 Gr. 60
Fondo	ASTM A 516 Gr. 60
Soportes	ASTM A 516 Gr. 60
Nudos	ASTM A 106 Gr. B
Interno	ASTM A 516 Gr. 60
Pernos	ASTM A 193 Gr. B7 galvanizado
Juntas	espiral enrollada según ASME B16.20
Chapa de marcado	acero inoxidable de 3 mm de espesor

### **13. INTERCAMBIADOR DE CALOR PARA ENFRIAR EL AGUA QUE SE RECIRCULA AL COMPRESOR**

Para disminuir el consumo de agua en el compresor, se ha diseñado un sistema de recirculación del agua del depósito separador hacia el compresor. Sin embargo, el agua del anillo líquido, durante la compresión del gas, aumenta su temperatura, por lo que no refrigeraría el compresor suficientemente si no se enfría. Por lo tanto, para extraer calor del sistema, se hace pasar el agua de recirculación por un intercambiador de carcasa tubos.

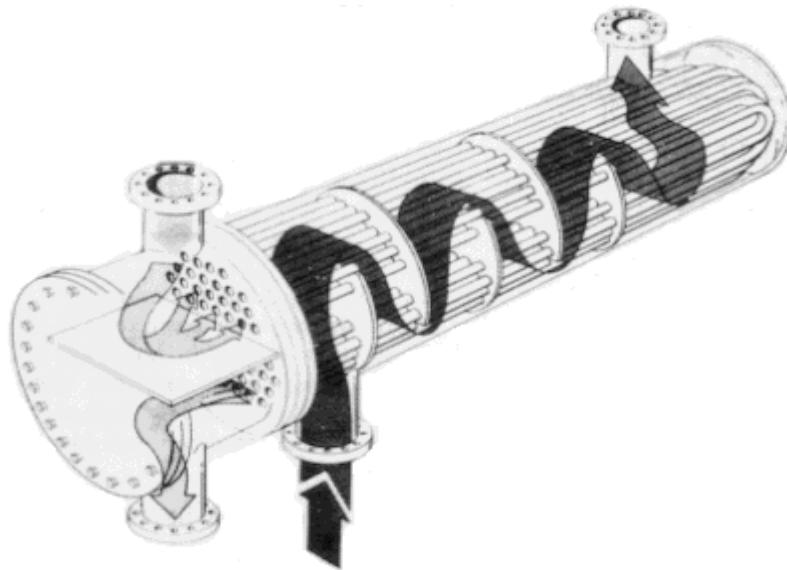


Figura 7. Esquema de un intercambiador de calor de 2 pasos por tubos

En el intercambiador, el agua de recirculación pasará por el lado de la carcasa, mientras que por el lado de los tubos pasará agua de refrigeración procedente de la torre de refrigeración de la Unidad de Alquilación. Esto se debe a que el agua de refrigeración no arrastra partículas que puedan obturar los tubos, cosa que sí que ocurre con el agua del anillo líquido.

Según la experiencia de otras instalaciones similares, no se prevé que exista ensuciamiento en el intercambiador, por lo que no es necesario la disposición de válvulas de bloqueo para aislar el equipo. Sin embargo, para sacar el equipo de servicio sí que hay dispuesto un drenaje hacia SWS y un venteo hacia la aspiración del compresor .

En la entrada de agua de refrigeración se ha instalado una válvula de seguridad para impedir que una excesiva presión del agua de refrigeración dañe al intercambiador.

Para observar el funcionamiento del intercambiador existen cuatro indicadores de temperatura en las entradas y salidas tanto del agua de recirculación como en el lado del agua de refrigeración. Además, a la salida de agua de recirculación hay un termopar con indicación en DCS y alarma de alta temperatura.

Una vez el agua de recirculación ha sido enfriada en el intercambiador de calor, se le hace pasar por un sistema de filtrado para evitar la acumulación de partículas en el compresor. El sistema de filtrado consta de dos filtros en paralelo, aunque en condiciones normales sólo estará uno de ellos operativo, estando el otro en reserva.

Para controlar la colmatación, que define la sustitución/limpieza del filtro, se mide la diferencia de presión a la entrada y salida del sistema de filtrado. Si la medida es mayor de 1 bar, saltará la alarma y se procederá al cambio de filtro operativo y a la limpieza del filtro colmatado. Esta medida de diferencia de presión y su alarma de alta asociada estarán indicadas en DCS.

La limpieza de los filtros se hace con agua tratada, y el rechazo es enviado al sistema de aguas ácidas (SWS).

Al ser el sistema de filtrado un equipo crítico para el funcionamiento del compresor, no se dispone de by-pass en dicho sistema.

Finalmente, el agua de recirculación, después de ser filtrada y antes de ser enviada al compresor, pasa por un caudalímetro que es el que controla el caudal de agua enviado al compresor. Este caudalímetro tiene indicación tanto local como en DCS, y además tiene asociada una alarma de muy bajo caudal que pararía el compresor y cerraría las válvulas en caso de que saltase. La regulación del caudal no es automática, si no que hay instalada una válvula de globo aguas abajo del caudalímetro desde la cual se puede leer la medida del mismo y de este modo abrir o cerrar la válvula hasta el valor deseado.

Además de un envío directo de agua de recirculación al compresor, también existe una línea con orificio de restricción para enviar agua de recirculación a la aspiración del compresor.



**13.1. CARACTERÍSTICAS DEL INTERCAMBIADOR PARA ENFRIAR EL AGUA QUE SE RECIRCULA AL COMPRESOR**

GENERAL		
Servicio	Refrigerador del agua del anillo líquido	
Número de carcasas	1	
Superficie efectiva	38,1 m <sup>2</sup>	
Calor intercambiado	235,2 W	
MTD corregida	11,4 °C	
Coef. de transferencia global	550 W/m <sup>2</sup> °C	
Normativa requerida	TEMA Clase C - ASME VIII Div1 - PED 97/23/CE	
LADO DE TUBOS	ENTRADA	SALIDA
Fluido	Agua de refrigeración	
Caudal total	30000 Kg/h	
Densidad	996 Kg/m <sup>3</sup>	993 Kg/m <sup>3</sup>
Capacidad calorífica	4,177 KJ/Kg°C	4,175 KJ/Kg°C
Viscosidad líquido	0,797 cP	0,769 cP
Temperatura de operación	29 °C	35,8 °C
Presión de operación	5,5 bar a	5 bar a
Factor de ensuciamiento	0,0003 m <sup>2</sup> °C/W	
Temperatura de diseño	80 °C	
Presión de diseño	8 bar a	
Número de pasos	6	
Corrosión permitida	0 mm	
Número de tubos	191	
Dimensiones	D ext: 19,05 mm	Espesor: 1,65 mm
LADO DE LA CARCASA	ENTRADA	SALIDA
Fluido	Agua procesada + Hidrocarburo	
Caudal total	29000 Kg/h	
Densidad	989 Kg/m <sup>3</sup>	992 Kg/m <sup>3</sup>
Capacidad calorífica	4,175 KJ/Kg°C	4,175 KJ/Kg°C
Viscosidad líquido	0,556 cP	0,663 cP
Temperatura de operación	47,9 °C	41 °C
Presión de operación	7 bar a	6 bar a
Factor de ensuciamiento	0,00034 m <sup>2</sup> °C/W	
Temperatura de diseño	80 °C	

Presión de diseño	10 bar a
Número de pasos	1
Corrosión permitida	3,0 mm
Número de carcasa	1
Dimensiones	475 mm
<b>MATERIALES</b>	
Carcasa	A 106 Gr. B
Cabeza estática	A 106 Gr. B
Tubos	A 249 TP 316 L
Nudos de la carcasa	A 106 Gr. B
Lámina de tubos	A 266 Gr. 2
Baffles	A 516 Gr. 60

#### 14. INTERCONEXIONES

Las interconexiones del sistema de recuperación de gases con el resto de la planta son las que se muestran en el siguiente esquema:

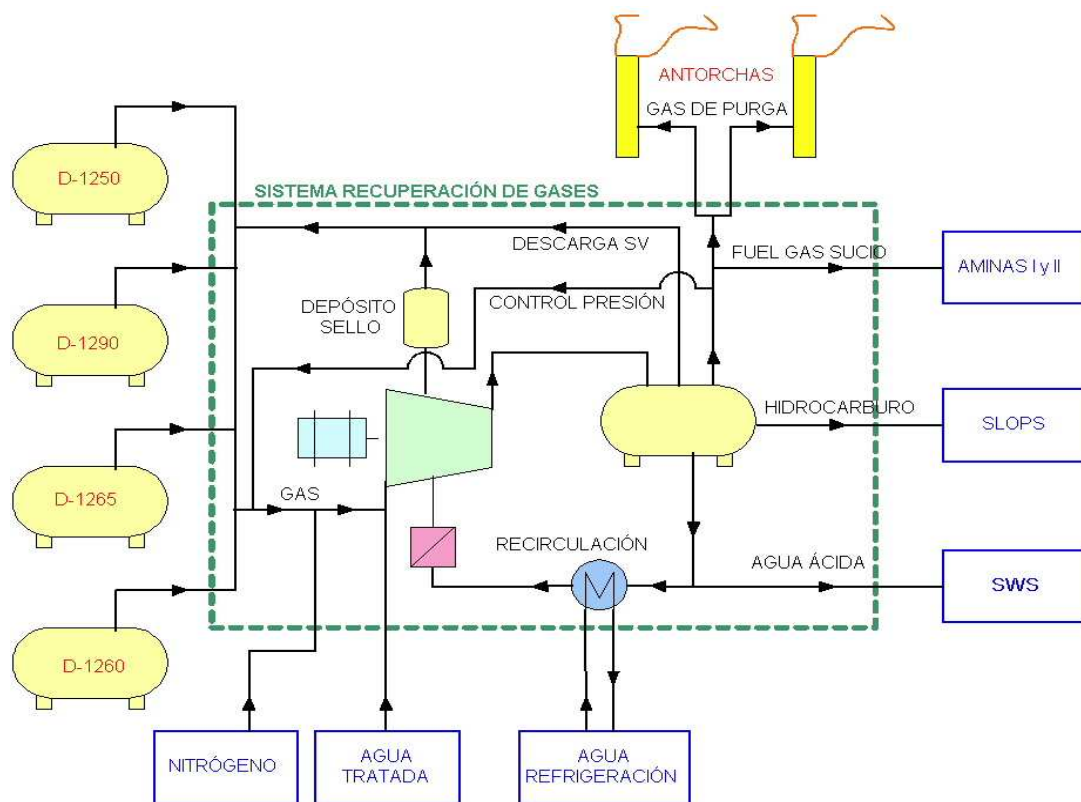


Figura 8. Esquema de interconexiones del sistema de recuperación de gas de antorcha

Las condiciones de presión y temperatura de las interconexiones vienen definidas en los cálculos. A continuación se detallan las anteriores interconexiones:

- **Gas de entrada:** El gas de antorcha procede de las líneas que unen los depósitos de expansión-decantación del sistema de antorchas, depósitos D-1250 y D-1290, D-1265 y D-1260 , con los depósitos de sello de las antorchas, depósitos D-1254, D-1261 y D-1266. Para evitar la presencia de condensados en el gas, las tuberías de conexión saldrán por la parte superior de los colectores y tendrán pendiente ascendente hacia la Unidad de recuperación.
- **Nitrógeno:** el nitrógeno se utiliza sólo en las operaciones de limpieza y puesta en marcha del sistema de recuperación de gases.
- **Agua tratada:** el agua tratada se utiliza para hacer el anillo líquido.

El agua que entra en la planta es tratada para reducir el contenido de sales disueltas, las cuales representan un serio problema de operación en las diferentes unidades de la Refinería. De este modo, el agua recibe un tratamiento de en la Unidad de Tratamiento de Agua.

Como la producción de agua tratada es excedentaria, y además la cantidad de agua que necesita la Unidad de recuperación de gas de antorcha es muy pequeña, no es necesario ampliar la producción de agua tratada para abastecer a la Unidad del presente Proyecto.

- **Agua de refrigeración:** el agua de refrigeración se utiliza como fluido frío en el intercambiador de calor del sistema.
- **Aire comprimido:** el aire comprimido es utilizado por la instrumentación y por el motor eléctrico. El motor necesita aire comprimido para evacuar posibles gases inflamables o explosivos durante su puesta en marcha, debido a la posibilidad de que se generen chispas que pudieran producir explosiones en presencia de dichos gases.
- **Energía eléctrica:** la energía eléctrica es utilizada por la instrumentación y por el motor eléctrico.

- **SWS:** al sistema de aguas ácidas de la planta se envía el agua del depósito separador que no es recirculada al compresor, así como todos los drenajes de los equipos.
- **Slops:** el hidrocarburo líquido presente en el depósito separador es enviado al sistema de Slops de la planta.
- **Aminas I y II:** el gas del depósito separador es enviado a las unidades de lavado de gases (Aminas I y II).
- **Gas de purga:** el gas de purga es enviado directamente a las antorchas para asegurar el caudal mínimo de gas que evita la coquización de los quemadores de las mismas. El valor de este caudal es de 70 Nm<sup>3</sup>/h (35 Nm<sup>3</sup>/h en cada antorcha).

## **15. INSTRUMENTACIÓN Y VÁLVULAS**

La instrumentación elegida es aquella de uso habitual en la Refinería, y por lo tanto, cumple con los estándares exigidos por la misma, normativa IP y API.

En este apartado simplemente se va a mostrar figuras de la instrumentación y válvulas elegidas.

### **15.1 Válvulas de seguridad**

Para el diseño de las válvulas de seguridad se ha seguido la siguiente normativa:

- API RP-521 Guide for Pressure Relief and Depressuring Systems
- Report No. EE 72E.93, “Overpressure Protection Guidelines for Vessels Exposed to Fire”

En el presente Proyecto está previsto instalar dos válvulas de seguridad, que son:

- 12PSV101: válvula de seguridad del depósito separador.
- 12PSV102: válvula de seguridad en la línea de entrada de agua de refrigeración al intercambiador, como protección de los tubos del intercambiador.

La función de las válvulas es la de aliviar sobrepresiones en equipos o tuberías. Sin embargo, estas altas presiones pueden deberse a muy diferentes causas y dependiendo de

---

las mismas, se utilizará unos criterios de diseño u otros. En este Proyecto, los criterios de diseño son:

### **15.1.1 12PSV101**

El criterio de diseño de la válvula de seguridad es el de sobrepresión debido a fuego externo. Este criterio de diseño es el habitual para válvulas instaladas en depósitos y tanques (tanto cilíndricos como esferas). El aumento de la temperatura que produciría un fuego en el exterior del depósito, produciría un aumento de la presión del mismo, que si no se alivia mediante la válvula de seguridad, produciría la ruptura o explosión del depósito.

El criterio de diseño para este tipo de contingencia establece que la presión de set de la válvula (presión a la cual la válvula abre aliviando la presión) debe ser 1,33 veces la presión normal de trabajo.

En nuestro caso, como la presión de trabajo es de 7 bar, la presión de set será de 9,34 bares, que para facilitar el trabajo de tarado de la válvula se redondea a 9,5 bar.

El rating de la válvula, al ser un depósito relativamente pequeño, se utiliza el mínimo que recomienda la normativa:

- 1,5" para la tubería de entrada
- 2" para la tubería de salida

Cabe comentar aquí que esta válvula no puede descargar a la atmósfera porque está descargando vapores tóxicos e inflamables, por lo que debe descargar a un sistema cerrado, en este caso se ha escogido el propio sistema de antorchas.

### **15.1.2 12PSV102**

Para esta válvula, al estar instalada en una tubería, el criterio de diseño es el de sobrepresión debida a la expansión térmica del líquido que trasiega. Este criterio de diseño es el habitual para las válvulas instaladas sobre tuberías, debido al peligro de ruptura de tubería por cambios de temperatura en el fluido que trasiega. Además dicha válvula, como ya se ha comentado, protegerá al intercambiador de calor, más concretamente al lado de los tubos, por donde pasa el agua de refrigeración.

Para este tipo de servicios, la normativa recomienda el uso de válvulas pequeñas, con  $\frac{3}{4}$ " y 1" de diámetro de las tuberías de entrada y salida respectivamente. La descarga sí que puede en este caso hacerse al sistema de drenaje de aguas porque el agua de refrigeración no presenta ningún peligro, ni para las personas ni de contaminación al descargarlo a dicho sistema, ya que en este sistema el agua es tratada previamente a ser vertida al exterior.

La presión de tarado de la válvula se recomienda que sea la presión de diseño de la tubería.

A continuación se presenta una figura el tipo de válvula de seguridad elegido.



Figura 9. Válvula de seguridad Fisher Y695A

## 15.2 Válvulas de control neumáticas

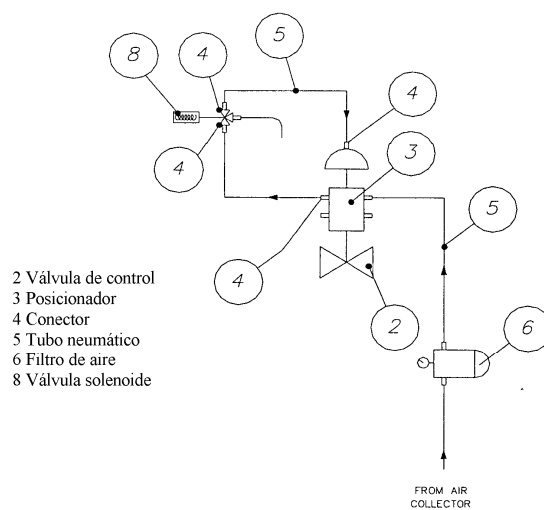


Figura 10. Esquema de una válvula de control neumática

Las válvulas de control están comandadas por una señal neumática de 3 a 15 psig que llega al actuador de la válvula. El aire, previamente a llegar a la válvula es filtrado para evitar la llegada de partículas sólidas o líquidas que pudieran dañar a la misma. La electroválvula impide el envío de señal neumática a la válvula de control cuando se desee que la válvula esté cerrada.

Las válvulas de control elegidas son las Masoneilan CAMFLEX II.



Figura 11. Válvula de control neumática Camflex II.

### 15.3 Válvulas on-off

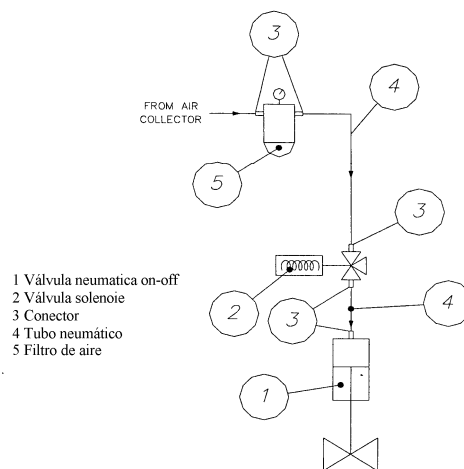


Figura 12. Esquema de válvula on-off

Las válvulas on-off sólo disponen de dos posiciones, o abiertas o cerradas. Del mismo modo que en la válvula de control, están comandadas por una señal neumática de 3 a 15 psig e utilizan una electroválvula que cuando actúa, impide que la señal neumática llegue a la válvula on-off para cerrar.

La válvula on-off utilizada es del fabricante Fisher



Figura 13. Válvula on-off neumática (shut off)

Cabe destacar aquí que el término shut-off se utiliza en para designar unas válvulas on-off de mayor calidad, ya que el cierre es hermético evitando cualquier paso de fluido cuando la válvula está cerrada.

#### **15.4 Transmisores**

Los transmisores, que están montados en el elemento del cual se quiere realizar medida, son los encargados de llevar la señal medida en la instalación al sistema de control, convirtiendo la señal medida en una señal eléctrica de 4 a 20 mA de intensidad. En este proyecto existen transmisores de diferentes tipos:

- Presión
- Temperatura
- Nivel
- Caudal
- Analizador de oxígeno
- Transmisor de vibraciones

Todos los transmisores de presión, caudal, nivel y temperatura se van a elegir de la marca Rosemount, modelo 3051, pero teniendo en cuenta el servicio su configuración es diferente:

- Transmisor de presión



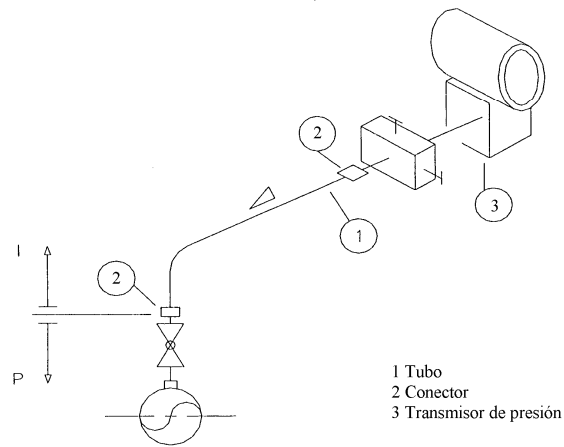


Figura 14. Esquema de los transmisores de presión del gas de antorcha entrante

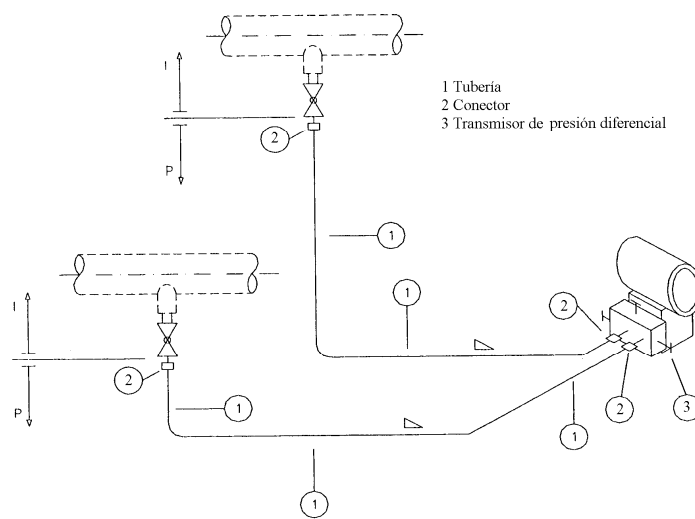


Figura 15. Esquema del transmisor de presión diferencial en los filtros



Figura 16. Transmisor de presión Rosemount modelo 3051

- Transmisores de nivel

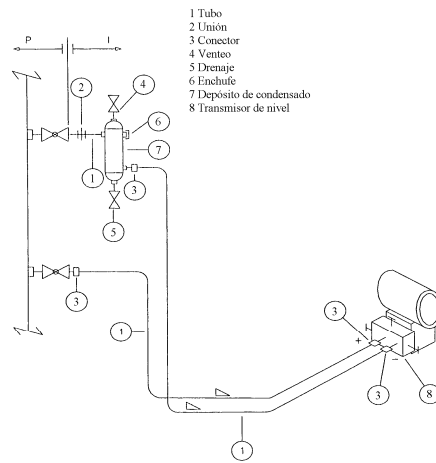


Figura 17. Esquema de los transmisores de nivel del depósito separador

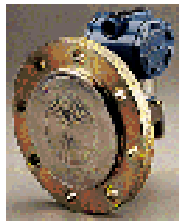


Figura 18. Transmisor de nivel Rosemount modelo 3051

- Transmisor de temperatura



Figura 19. Transmisor de temperatura Rosemount modelo 3051

- Transmisor de caudal

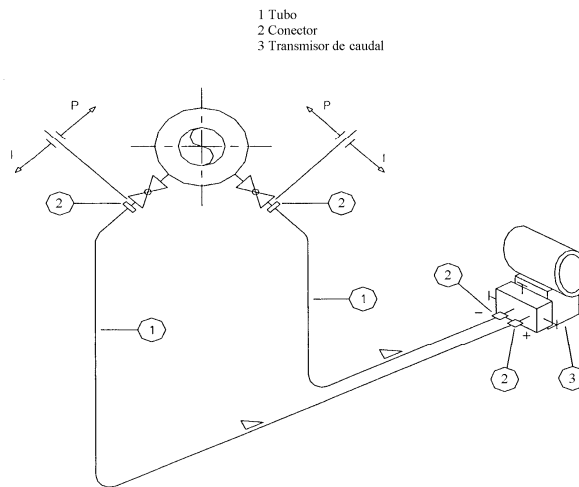


Figura 20. Esquema de los transmisores de caudal



Figura 21. Transmisor de caudal Rosemount modelo 3051

### 15.5 Indicadores

Los indicadores son elementos de medida que permiten visualizar la lectura de la variable medida. Veamos a continuación algunos ejemplos de los indicadores utilizados en el presente Proyecto.

- Indicadores de presión marca WIKA



Figura 22. Indicador de presión WIKA

---

- Indicadores de nivel marca Klinger modelo R100

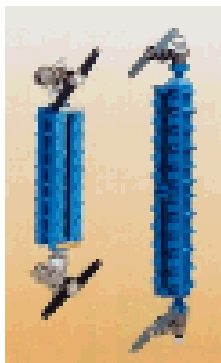


Figura 23. Indicador de nivel Klinger

- Indicadores de presión marca WIKA



Figura 24. Indicador de temperatura WIKA

- Medidores de caudal marca Rosemount modelo 1195



Figura 25. Indicador de caudal Rosemount modelo 1195

## 15.6 Otros

- Filtros en Y de la marca Fisher



Figura 26. Filtro en Y Fisher

- Analizador de oxígeno modelo TMO2 de Panametrics:



Figura 27. Transmisor de oxígeno Panametrics

El transmisor deberá ir acompañado por un display (TMO2D) para obtener una lectura en campo. Como rango de este transmisor se va a elegir uno de 0 a 2% de O<sub>2</sub>. Cuando la concentración de oxígeno es del 3% se está en una atmósfera explosiva, por lo que se va a situar el set de corte muy bajo, al 0,5% de O<sub>2</sub> en el fuel gas sucio enviado a Aminas.

## **16. INSTALACIÓN ELÉCTRICA**

La instalación eléctrica del presente Proyecto puede dividirse en dos partes según la tensión de alimentación:

- La alimentación en media tensión (6,3 kV) al motor eléctrico
- La alimentación en baja tensión (220 V) al Panel de Control Local.

Como la potencia eléctrica requerida por la instrumentación es despreciable frente a la del motor, la potencia eléctrica a suministrar en el Proyecto son 280 kW, que es la que necesita el motor de media tensión.

Dicho motor eléctrico, como ya ha sido comentado en la presente *Memoria*, es el que acciona al compresor.

El motor eléctrico se va a instalar en un terreno de la Zona de Antorchas, que presenta las siguientes características a tener en cuenta desde un punto de vista eléctrico:

- No se prevé que existan atmósferas explosivas en condiciones normales de operación o que si se presentan lo hacen infrecuentemente y durante cortos períodos de tiempo.
- Los posibles agentes explosivos son gases (hidrógeno, propano y etileno principalmente)
- Temperatura máxima admisible en la superficie: 200°C

Según la clasificación CENELEC, la Zona de Antorchas es una zona “Clase 1 Zona 2 Grupo IIB EEx T3”. Por lo tanto, todo el equipo eléctrico del presente Proyecto instalado en esta zona cumplirá con la normativa vigente para este tipo de clasificación eléctrica.

## **ANEXOS**

## **ANEXO I**



## **1. BALANCE DE MASA DE LA INSTALACIÓN**

Según condiciones de diseño del Proyecto, se pretende recuperar aproximadamente 1500 m<sup>3</sup>/h actuales de gas de antorcha. El valor de dicho caudal está sobredimensionado ligeramente debido a:

- Que no existe medida exacta del gas quemado, sino que se extrae del cierre de balance de materia en toda la planta y dicho reparto de pérdidas globales de refinería es un poco impreciso.
- La posibilidad de tener una corriente muy pura en hidrógeno (caso D)
- Consideración de futuras ampliaciones de la Refinería.

Una vez hecha la suposición anterior, ya es posible calcular el caudal másico (kg/h) de gas de antorcha entrante para cada tipo de gas, que unidos a los 0,8 m<sup>3</sup>/h de agua de renovación, nos darán los 1500 m<sup>3</sup>/h en la entrada del compresor.

Se va a calcular a continuación el caudal másico de entrada dependiendo del tipo de gas de antorcha de entrada. Debido a la dificultad del cálculo por la composición de los gases, y por la termodinámica de la mezcla del gas con el agua de renovación, se ha utilizado la aplicación informática “*HISYS TECH*”. para el cálculo del caudal másico. A continuación se desarrolla el método seguido con el caso de gas A y se darán los resultados para los 4 casos diferentes, en donde no fue necesario más que cambiar la corriente de gas de entrada.

Para hallar el caudal másico de gas entrante, hay que tener en cuenta que la corriente que entra en el compresor ( corriente 3) está formada por una mezcla del gas de entrada (corriente 1) y un pequeño aporte de agua de renovación (corriente 2). Por lo tanto, los datos de partida son:

- $P_1 = 1,021 \text{ bar a}$
- $T_1 = 30^\circ\text{C}$
- Composición del gas A
- $P_2 = 5,5 \text{ bar a}$
- $T_2 = 30^\circ\text{C}$
- $Q_2 = 0,8 \text{ m}^3/\text{h}$
- $Q_3 = 1.500 \text{ m}^3/\text{h}$

El dato que se pretende obtener es  $Q_1$  en kg/h.

---

El caudal actual de la corriente de salida es conocida porque es el flujo volumétrico que es capaz de trasegar el compresor. Con estos datos, el programa ya es capaz de calcular el flujo másico de gas tratado.

Todos los datos anteriores se introducen en el programa. A continuación se presenta una figura extraída de la aplicación informática con el resultado encontrado para el caso del gas A (está destacado en blanco el dato buscado):

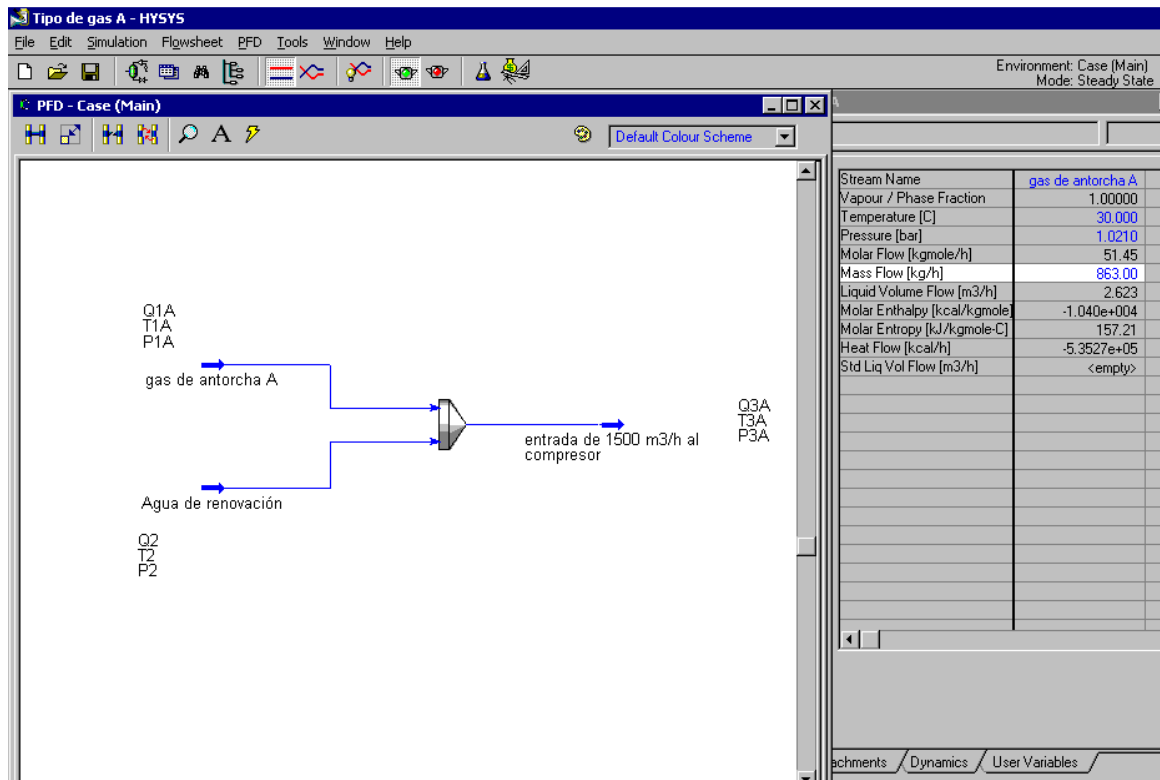


Figura 1. Resultados del cálculo del flujo másico

Del mismo modo se han extraído los valores de caudal másico para los otros casos. Estos resultado para los 4 casos son:

- $Q_{1A} = 863 \text{ kg/h}$
- $Q_{1B} = 1.306 \text{ kg/h}$
- $Q_{1C} = 2.311 \text{ kg/h}$
- $Q_{1D} = 400 \text{ kg/h}$

De este modo se ha obtenido el siguiente balance de masa de la instalación para cada uno de los 4 casos A, B, C y D. A continuación se muestra un esquema de la

instalación con las diferentes corrientes numeradas y unas tablas con el balance de masas anteriormente mencionado.

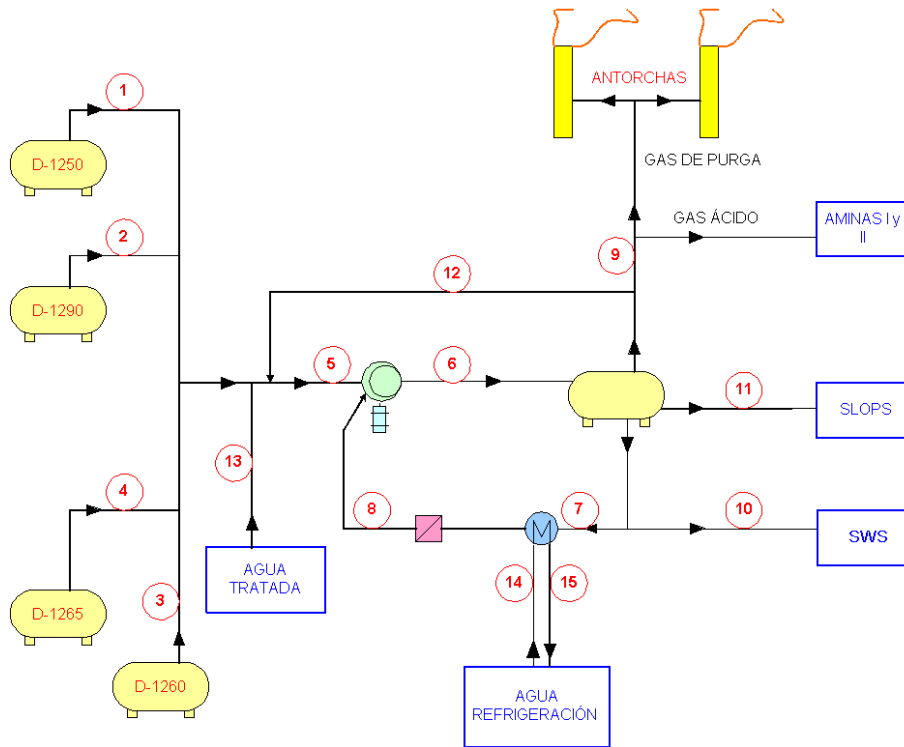


Figura 2 Esquema de la instalación

Tabla VI Balance de masas de las corrientes 1, 2, 3, 4 y 5

Número de corriente		1	2	3	4	5			
Caso		A	B	C	D	A	B	C	D
Fase	L/M/V	V				M			
Fluido		Gas antorcha				Gas+agua			
Temperatura	°C	30				28,8	28,6	28	28,8
Presión	Bar a	1,021	1,021	1,027	1,023	0,9	0,9	0,98	0,9
Compresibilidad		0,998	0,996	0,986	1				
Capacidad calorífica	kJ/Kg-°C	2,654	2,15	1,754	3,834				
Flujo másico total	Kg/h	863	1306	2311	400	1663	2106	3111	1200
Flujo másico líquido	Kg/h	-				757	797	797	760
Flujo másico gas	Kg/h	863	1306	2311	400	906	1309	2314	440
Caudal actual	m <sup>3</sup> /h	1269	1323	1313	1271	1500			
Vapor de agua		-	4,18	4,15	0,3	46,32	47,5	47,28	46,43
Monóxido de carbono	CO	-			7,35				3,95
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	-			7,35				3,95
Ácido sulfhídrico	H <sub>2</sub> S	-	1,15				0,63		
Hidrógeno	H <sub>2</sub>	55,9	36,35	2,38	80	30	19,92	1,31	42,98
Metano	C1	17,5	18,22	3,27	5	9,39	9,99	1,8	2,69
Etano	C2	8,3	11,32	17,82		4,46	6,2	9,8	
Propano	C3	5,6	10,55	46,54		3,01	5,78	25,6	
I-Butano	I-C4	9,5	12,47	23,57		5,1	6,83	12,96	
I-Pentano	I-C5	2,9	4,03	1,98		1,56	2,21	1,09	
Hexano plus	C6+	0,3	1,44	0,29		0,16	0,78	0,16	
Amoníaco	NH <sub>3</sub>	-	0,29				0,16		
Peso molecular		16,77	24,27	42,58	7,76	17,34	21,44	31,52	12,51
Viscosidad	cP	0,02	0,02	0,02	0,02				

Tabla VII. Balance de masas de las corrientes 6, 7, 8, 9 y 12

Número de corriente		6				7	8	9, 12			
Caso		A	B	C	D	A,B,C,D		A	B	C	D
Fase	L/M/V	M				L		V			
Fluido		Gas+agua				Agua		Fuel gas			
Temperatura	°C	47,9				47,9	41	47,9			
Presión	Bar a	7				7	6,5	6,95			
Compresibilidad				0,969				0,992	0,978	0,913	1
Capacidad calorífica	kJ/Kg-°C					4,175		2,739	2,264	1,905	3,81
Flujo másico total	Kg/h	30663	31106	32111	30200	29000		878	1281	2286	413
Flujo másico líquido	Kg/h	29785	29825	29826	29788	29000					
Flujo másico gas	Kg/h	878	1281	2285	413			878	1281	2286	413
Caudal actual	m <sup>3</sup> /h					29,3	29,1	198	195,4	184	199,8
Vapor de agua		96,97	96,98	96,95	96,99			1,6	1,59	1,59	1,6
Monóxido de carbono	CO				0,22						7,25
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>				0,22						7,25
Ácido sulfhídrico	H <sub>2</sub> S		0,04						1,18		
Hidrógeno	H <sub>2</sub>	1,69	1,15	0,08	2,42			55,01	37,33	2,44	78,95
Metano	C1	0,53	0,57	0,1	0,15			17,22	18,72	3,36	4,95
Etano	C2	0,25	0,36	0,57				8,17	11,62	18,3	
Propano	C3	0,17	0,33	1,48				5,51	10,84	47,78	
I-Butano	I-C4	0,29	0,39	0,75				9,35	12,81	24,2	
I-Pentano	I-C5	0,09	0,13	0,06				2,84	4,14	2,03	
Hexano plus	C6+	0,01	0,04	0,01				0,3	1,48	0,3	
Amoniaco	NH <sub>3</sub>		0,01						0,29		
Peso molecular		17,98	18,21	18,8	17,71			16,79	24,44	43,23	7,9
Viscosidad	cP					0,556	0,663	0,02			

Tabla VIII. Balance de masas de las corrientes 10, 11, 13, 14 y 15

Número de corriente		10				11	13	14	15
Caso		A	B	C	D	A,B,C,D	A,B,C,D		
Fase	L/M/V	L				L	L		
Fluido		Agua				HC	Agua	CWS	CWR
Temperatura	°C	47,9					30	29	36,4
Presión	Bar a	7					5,5	5,5	4,7
Compresibilidad									
Capacidad calorífica	kJ/Kg-°C	4,175					4,177	4,177	4,175
Flujo másico total	Kg/h	785	825	825	787		800	30000	
Flujo másico líquido	Kg/h	785	825	825	787	SF	800	30000	
Flujo másico gas	Kg/h								
Caudal actual	m <sup>3</sup> /h	0,8	0,83	0,83	0,8		0,8	30,1	
Vapor de agua									
Monóxido de carbono	CO								
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>								
Ácido sulfhídrico	H <sub>2</sub> S								
Hidrógeno	H <sub>2</sub>								
Metano	C1								
Etano	C2								
Propano	C3								
I-Butano	I-C4								
I-Pentano	I-C5								
Hexano plus	C6+								
Amoníaco	NH <sub>3</sub>								
Peso molecular									
Viscosidad	cP	0,556					0,796	0,797	0,69

## **ANEXO II**

### **2. COMPRESOR**

---

## **2.1 Procedimiento seguido para la selección del compresor**

En primer lugar, con ayuda del balance de masa del apartado anterior, se va a calcular la potencia requerida por el compresor.

Con la potencia del compresor conocida, junto con las condiciones de presión y temperatura de descarga que también son conocidas, se podrá seleccionar el compresor adecuado para la instalación.

Por último, este tipo de compresores, como cualquier compresor rotativo, posee una válvula de seguridad en la descarga. Ésta válvula, evidentemente, está tarada a una presión superior que la presión de descarga en operación normal. Sin embargo, es necesario que el motor eléctrico sea capaz de suministrar la potencia para las condiciones de tarado de ésta válvula de seguridad. Por esta razón, una vez elegido el compresor, y sabiendo el set de la válvula de seguridad que posee, podremos calcular la potencia del motor eléctrico requerido.

A continuación se procede al cálculo.

## **2.2 Cálculo de la potencia del compresor**

Para hacer este cálculo, debido a ser un compresor de características muy particulares (compresor de anillo líquido), ha sido necesario recurrir a literatura tanto para el método de cálculo, como para estimar los rendimientos volumétricos y las pérdidas en el eje y en la transmisión. Las referencias consultadas son:

- Basic Practices de Exxon
- Gibbs, C.W., “Compressed Air and Gas”
- “Engineering handbook” Sterling SIHI

Cabe destacar que el hecho de que sea un compresor de anillo líquido, se tiene en cuenta en el cálculo en el valor de la eficiencia politrópica, donde se recomendaba un valor del 40% para el caso de este tipo de compresores.

Por otra parte, las condiciones de presión y temperatura de entrada vienen dadas por el gas de antorcha de entrada, para lo cual hay que tener en cuenta el tipo de gas de

---



antorcha que estamos tratando. Todos los gases tienen aproximadamente unas condiciones de:

- $P_1 = 1$  bar a
- $T_1 = 30^\circ\text{C}$

Las condiciones de presión y temperatura de salida que debe cumplir el compresor son las condiciones más restrictivas de las unidades donde se producen las descarga de masa, que en este Proyecto son:

- La presión mínima de descarga debe ser la de Slops (7 bar a).
- La temperatura máxima debe ser la que admite las plantas de Aminas ( $50^\circ\text{C}$ ).

De este modo:

- $P_2 = 7$  bar a
- $T_2 = 50^\circ\text{C}$

Los restantes datos de partida utilizados son:

- Eficiencia politrópica = 40%. Esta eficiencia es tan baja debido a que el compresor tiene que arrastrar junto con el gas el anillo líquido.
- Pérdidas en el eje = 85%
- Pérdidas en la transmisión = 90 %
- $R = 1545 \frac{\text{psi} \cdot \text{ft}^3}{\text{Kmol} \cdot ^\circ\text{R}}$
- $Z \approx 1$

La potencia requerida por el compresor (Brake HP) se calcula del siguiente modo:

$$T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^m \quad (^\circ\text{R}) \Rightarrow m = \ln\left(\frac{T_2 \cdot P_1}{T_1 \cdot P_2}\right)$$

$$\text{Polymetric Head} = H_p = \frac{z \cdot R \cdot T_1}{\text{Molecular Weight}} \cdot \frac{1}{m} \cdot \left( \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^m - 1 \right) \quad (\text{ft})$$

$$\text{GasHP} = \frac{\text{Lb}/\text{min}}{33000} \cdot \left( \frac{H_p}{\text{Polytropic Efficiency}} \right) \quad (\text{HP})$$

$$\text{BrakeHP} = \frac{\text{GasHP}}{\text{Mechanical Losses}} = \frac{\text{GasHP}}{\text{Shaft Losses} \cdot \text{Gearbox Losses}} \quad (\text{HP})$$

Sustituyendo en las ecuaciones anteriores los diferentes tipos de gases se obtienen los resultados mostrados en la siguiente tabla:

Tabla IX. Resultados del cálculo de potencia requerida por el compresor para una presión de descarga de 7 bar

	<b>Caso A</b>	<b>Caso B</b>	<b>Caso C</b>	<b>Caso D</b>
<b>P<sub>1</sub> (bar)</b>	1,021	1,021	1,027	1,023
<b>T<sub>1</sub> (°R)</b>	545,670	545,670	545,670	545,670
<b>Molec. Weight</b>	16,770	24,270	42,580	7,760
<b>Q<sub>m</sub> (Kg/h)</b>	863,000	1.306,000	1.754,000	400,000
<b>Q<sub>m</sub> (ft/min)</b>	31,710	47,987	64,448	14,697
<b>H<sub>p</sub> (ft)</b>	99.938,350	69.055,053	39.240,608	215.755,472
<b>GasHP (HP)</b>	240,078	248,781	191,591	240,232
<b>BrakeHP (HP)</b>	313,827	325,204	250,445	314,029
<b>Potencia requerida (kW)</b>	234,021	<b>242,602</b>	186,757	234,171

Tal y como se observa en la tabla anterior, la mayor potencia la da para el tipo de gas de antorcha B, y por lo tanto el valor de **243 kW** es el que se tiene que tomar en la selección del compresor

### 2.3 Selección del compresor

Una vez conocidas la potencia del compresor, el caudal actual de entrada y las condiciones de descarga (presión y temperatura), se está en condiciones de seleccionar el compresor adecuado.

Teniendo en cuenta estas condiciones, se ha buscado en el mercado compresores de anillo líquido que sean capaces de satisfacer estos requisitos mirando las curvas caudal-ratio de presión. En el *Anexo de tablas y gráficas* se muestran unas curvas de unos compresores de anillo líquido del fabricante GARO. En la gráfica 1 de dicho Anexo se observa que para las condiciones de incremento de presión deseadas ( $\Delta P = 6$  bar) es necesario un compresor AB de dos etapas. Además puede verse que existe algún compresor capaz de suministrar el caudal de 1500 m<sup>3</sup>/h. En la gráfica 2 del *Anexo de tablas*

y gráficas se muestra la curva del compresor AB1500, que es el compresor de dos etapas con caudal volumétrico  $1500 \text{ m}^3/\text{h}$ :

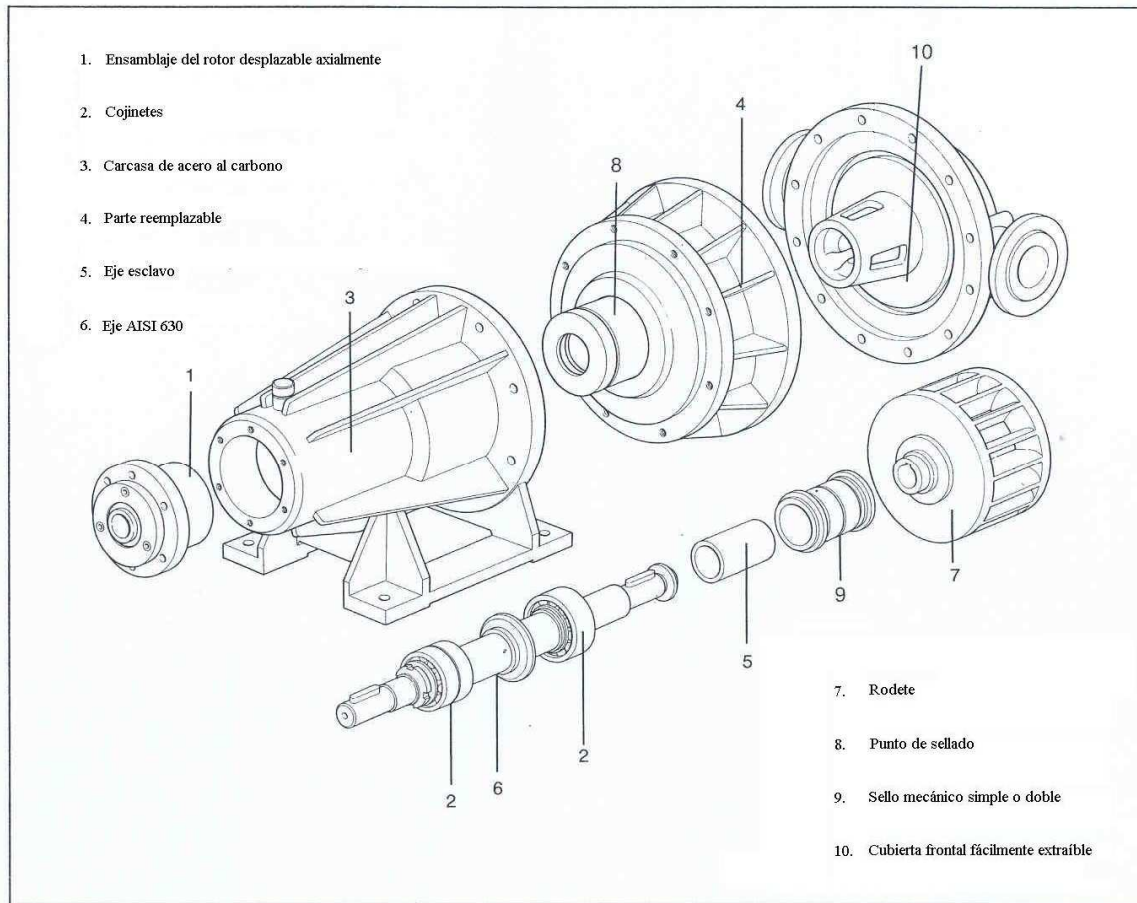


Figura 3. Esquema del despiece del compresor de anillo líquido

Tal y como se ve en las figuras anteriormente mencionadas, el compresor **AB1500** de la marca **GARO** cumple con las condiciones de presión, caudal y potencia requeridas. Por esta razón, este es el compresor seleccionado en el presente Proyecto.

El compresor seleccionado, tiene la válvula de seguridad interna de descarga tarada a 9,4 bar, y por lo tanto será necesario que el motor sea capaz de suministrar la potencia a dicha presión porque si no es así, se podrían producir daños en los dos equipos, motor y compresor, al ser mayor el par resistente al par motor. Por lo tanto, repitiendo los cálculos del apartado 2.2 *Cálculo de la potencia del compresor* para una  $P_2 = 9,4 \text{ bar}$ , obtenemos los siguientes resultados:

Tabla X. Resultados del cálculo de potencia requerida por el compresor para una presión de descarga de 9,4 bar

	Caso A	Caso B	Caso C	Caso D
$P_1$ (bar)	1,021	1,021	1,027	1,023
$T_1$ (°R)	545,670	30,000	545,670	545,670
Molec. Weight	16,770	24,270	42,580	7,760
$Q_m$ (Kg/h)	863,000	1.306,000	1.754,000	400,000
$Q_m$ (ft/min)	31,710	47,987	64,448	14,697
$H_p$ (ft)	115.242,156	79.629,623	45.267,964	248.828,259
GasHP (HP)	276,842	286,878	221,019	277,057
BrakeHP (HP)	361,884	375,003	288,914	362,166
Potencia requerida (kW)	269,857	<b>279,753</b>	215,443	270,067

En estas condiciones la potencia requerida es de **280 kW**. Por lo tanto, se tendrá que seleccionar un motor eléctrico capaz de suministrar dicha potencia.

### **3. MOTOR ELÉCTRICO**

Una vez calculada la potencia requerida por el compresor, 280 kW, se va a proceder a la selección del motor eléctrico adecuado que suministre dicha potencia.

En primer lugar, según criterios utilizados en la Refinería, en los motores eléctricos de más de 250 HP se utiliza una tensión de alimentación de 6,3 kV. En nuestro caso el motor es de 375 HP (280 kW), y por lo tanto, se utilizará media tensión de alimentación, tal y como se ha comentado.

El motor se va a instalar en un terreno de la Zona de Antorchas, que presenta las siguientes características:

- No se prevé que existan atmósferas explosivas en condiciones normales de operación o que si se presentan lo hacen infrecuentemente y durante cortos períodos de tiempo.
- Los posibles agentes explosivos son gases (hidrógeno, propano y etileno principalmente)
- Temperatura máxima admisible en la superficie: 200°C

Con estas condiciones, se ha de buscar un motor adecuado para “Clase 1 Zona 2 Grupo IIB EEx T3” según la clasificación CENELEC. La normativa de protección

aplicable a los motores que estén instalados en este tipo de áreas es la EN 60 034-1 ó la IEC 34-1.

El aislamiento del motor deberá ser Clase F para utilización como Clase B.

El motor deberá cumplir la normativa IP 16-9-2 “A-C Motors: Médium Voltaje and Low Voltaje Over 200 HP (150 kW)”.

Una vez ya definidas las características requeridas al motor, se ha buscado en el mercado algunos motores de 6,3 kV, 280 kW y 1000 rpm, que sean válidos para la zona donde va a ser instalado, como anteriormente se ha comentado. El resultado de esta búsqueda es el siguiente:

Tabla XI. Diferentes motores para la selección

Marca	Siemens	Alconza	Flender
Peso total (Kg)	2150	2650	2300
P (kW)	280	280	280
Tensión nominal (kV)	6,3	6,3	6,3
Velocidad nom (rpm)	987	992	992
Número de polos	6	6	6
Frecuencia (Hz)	50	50	50
Par nominal (Nm)	2709	-	2692
Intensidad nominal (A)	33	32,3	32
Rendimiento nominal	94,9	94,6	95,5
cosφ	0,82	0,84	0,83
Precio total (euros)	36493,6	36671,4	47042,6

Los tres motores son aceptables técnicamente, por lo que nos vamos a basar en un criterio económico para su elección. Por esta razón, el motor seleccionado es el motor de la marca **Siemens** modelo AG 1MS4 316-6AN90-Z, donde Z indica el grado de protección IP55. Todas las características del motor son mostradas en *la Memoria*.



Figura 4. Motor eléctrico de media tensión de Siemens

Este motor ofrece la posibilidad de inyectar aire comprimido en la brida de unión de la caja de terminales. El objeto de esta utilidad es el de limpiar interiormente el motor de gases potencialmente explosivos que se hayan podido acumular en las partes internas del motor, normalmente entre el estator y el rotor, y que en el arranque del mismo, ante la posibilidad de que salte una chispa, puedan producir una explosión, con los graves riesgos que ello conllevaría en la seguridad de la instalación. De este modo, antes de encender el motor, se le someterá a un barrido de limpieza mediante aire comprimido.

## **4. ACOPLAMIENTO**

### **4.1 Cálculo del acoplamiento**

Para que el motor eléctrico transmita el par al compresor es necesario la presencia de algún tipo de elemento mecánico, este elemento es el acoplamiento.

Del cálculo y selección del motor eléctrico y del compresor se han obtenido los siguientes resultados necesarios para el cálculo del acoplamiento:

- Potencia a manejar (P): 280 kW
- Velocidad normal de funcionamiento (n): 980 rpm
- Diámetro de la máquina conductora (motor): 90 mm
- Diámetro de la máquina conducida: (compresor): 70 mm

Con estos datos vamos a calcular la razón R:

$$R = \frac{P}{n} \cdot FS$$

donde FS es el factor de servicio. Para nuestro caso, donde las fluctuaciones de par deben ser pequeñas ó moderadas el FS es de 1,5. Por lo tanto:

$$R = \frac{P}{n} \cdot FS = \frac{280}{980} \cdot 1,5 = 0,429$$

## 4.2 Selección del acoplamiento

El acoplamiento a seleccionar debe ser capaz de transmitir elevadas potencias entre los ejes en rotación absorbiendo ligeros desalineamientos, debido a que la alineación inicial de los equipos durante el montaje nunca es perfecta, y las tensiones en los elementos, el uso y los efectos térmicos pueden producir desplazamientos adicionales de la maquinaria.

Por esta razón, se ha escogido un acoplamiento de láminas de la marca Bibby Turboflex. De entre las diferentes gamas que ofrece este fabricante, se ha escogido los acoplamientos tipo D, es decir, con espaciador. Dicho acoplamiento cumple con las especificaciones de la normativa API 681



Figura 5. Acoplamiento seleccionado

El espaciador es una pieza tubular que separa los extremos de los dos ejes en rotación. Esta pieza puede ser desmontada fácilmente, ya que está fijada con unas bridas atornilladas. Al ser desmontada, deja un espacio suficiente entre los ejes acoplados de

---

forma que permite extraer la carcasa frontal del motor o la del compresor, sin tener que mover los equipos. De esta forma se simplifican enormemente algunos procesos de mantenimiento, evitando tener que desplazar los equipos de la bancada, lo que supondría un problema a la hora de volver a montarlos, ya que sería muy fácil que se introdujeran nuevos desalineamientos entre los ejes.

Una vez decidido el tipo de acoplamiento a seleccionar, consultando el catálogo del fabricante (tabla 1 del anexo de tablas y gráficas) se observa que el **acoplamiento laminar 163 del tipo D** cumple con el requisito del ratio R calculado en el apartado anterior. Veamos las características técnicas de este acoplamiento:

- Ratio máximo:  $R=0,460$
- Velocidad máxima permitida:  $n=7500$  rpm
- Diámetro máximo de los ejes: 105 mm
- Par nominal máximo:  $M=4,4$  kNm
- Tamaño mínimo del espaciador: DBSE: 113 mm
- Peso:  $m=36,5$  kg

Como se observa de los datos anteriores, los ejes encajan perfectamente y la velocidad máxima permitida es mucho mayor que la velocidad nominal de operación (980 rpm). La DBSE (distancia entre extremos de ejes) se corresponde con el espaciador más pequeño que se suministra con este modelo, suficiente para cumplir las especificaciones

La capacidad máxima de desalineación que permite este acoplamiento es de:

- Desalineación angular máxima por elemento: 0,75 grados
- Deformación axial máxima: 5,1 mm

Sin embargo, el fabricante recomienda que durante la instalación la desalineación angular/radial sea como mucho el 20% de la máxima permitida, mientras que para la desalineación axial sea del 10% de la máxima permitida.

Otra característica muy importante del acoplamiento seleccionado es la ausencia de chispas al sustituir las arandelas de sobrecarga de acero estándar por Monel que no produce chispas. La ausencia de chispas en la transmisión es crítica debido al peligro de encontrar una atmósfera explosiva en el lugar donde va a ser instalada la bancada con el motor y compresor.



Debido a que el acoplamiento Bibby Turboflex absorbe las desalineaciones por deformación elástica de los paquetes de membranas metálicas, no necesita lubricación y no dispone de elementos en movimiento. Por tanto, no es necesario un mantenimiento continuo del acoplamiento.

## ANEXO III

## **5. DEPÓSITO SEPARADOR**

### **5.1 Descripción del método de cálculo**

Para el diseño del depósito se ha seguido la siguiente referencia:

- Peruyero, J.M.A, “Performance of horizontal liquid/gas separator drums”

Como muchas de las fórmulas mostradas en estas referencias son empíricas, y como dichas referencias son americanas, por lo que el sistema métrico utilizado es el inglés, el presente cálculo se va a realizar alternando los dos tipos de sistemas métricos (inglés e internacional), facilitando los resultados finales en el sistema internacional.

El método de diseño de depósitos en la industria petroquímica consiste en suponer unas dimensiones del depósito y comprobar si el depósito supuesto cumple con unos requisitos de diseño determinados. Si el depósito no cumple con los requisitos, se cambiará las dimensiones del depósito sucesivamente hasta que las cumpla con la función objetivo de minimizar el volumen del depósito.

Estos requisitos de diseño son, para este caso particular:

- Tiempo mínimo de vaciado del depósito desde el nivel de emergencia de líquido ó nivel de cambio de fase líquido-vapor ( $h_1$ ) hasta el nivel alto de líquido ( $h_2$ ) de 3 minutos.
- Tiempo mínimo de vaciado del depósito desde el nivel alto de líquido ( $h_2$ ) hasta el nivel bajo de líquido ( $h_3$ ) de 5 minutos.
- El gas tiene un espacio mínimo para circular.
- Debe transcurrir en el depósito un tiempo suficiente para la separación del líquido y el gas.
- El depósito debe tener un compartimiento para extraer hidrocarburo líquido (también puede haber agua presente en este compartimiento).
- El depósito debe tener un sistema retenedor de gotas en la salida gaseosa.
- Las salidas líquidas deben estar provistas de algún sistema antivórtex.
- El depósito debe estar estructuralmente protegido por los daños que pueda producir la mezcla gas y agua entrante a gran velocidad.
- La altura de la fase de hidrocarburo en el compartimiento de residencia debe ser como mínimo de 9” (225 mm).

- La distancia entre la fase acuosa y el CWMS debe ser como mínimo de 12" (300 mm) para evitar excesivas salpicaduras en el retenedor de gotas.

## **5.2 Desarrollo del cálculo**

A continuación se va a proceder a calcular el depósito separador.

### **5.2.1 Dimensiones del depósito supuesto y datos de partida.**

En primer lugar, hay que decidir qué tipo de depósito se va a utilizar, vertical u horizontal. Los depósitos verticales requieren menor espacio en planta, pero los horizontales son usualmente más pequeños en volumen para los servicios donde haya una gran cantidad de líquido, como es este caso. Además, el montaje de un depósito horizontal es mucho más sencillo que uno vertical. Por otro lado, cuando se requiere una separación entre dos fases líquidas (aceite y agua en este caso), los depósitos horizontales son más efectivos para separar la interfase. Por estas razones, se ha escogido para el presente Proyecto un depósito horizontal.

Las dimensiones del depósito inicialmente supuesto son:

- Diámetro (D) = 1650 mm (5 ft 6") →  $A_T = 2,138 \text{ m}^2$
- Longitud (L) = 5550 mm (18 ft 6")
- Longitud compartimiento de agua ( $L_L$ ) = 2300 mm (5 ft)
- Altura del compartimiento de agua = 950 mm (38")

Los datos de partida utilizado en los cálculos son:

- Densidad agua ( $\rho_L$ )  $\mu\sigma$ : 62,4 lb/ft<sup>3</sup> (1000 kg/m<sup>3</sup>)
- Densidad aceite ( $\rho_{HC}$ ): 56,16 lb/ft<sup>3</sup> (900 kg/m<sup>3</sup>)
- Densidad gas ( $\rho_G$ ): 0,0624 lb/ft<sup>3</sup> (1 kg/m<sup>3</sup>)
- Caudal de gas ( $Q_G$ ): 14,71 ft<sup>3</sup>/s (1500 m<sup>3</sup>/h)
- Caudal de agua ( $Q_L$ ): 0,294 ft<sup>3</sup>/s (30 m<sup>3</sup>/h, 8,33 dm<sup>3</sup>/s ó 132,09 gpm)
- Viscosidad del gas ( $\mu_G$ ): 0,02 cP
- Tensión superficial líquido ( $\sigma_L$ ): 22 dynas/cm

## 5.2.2 Características generales del depósito

### 5.2.2.1 Altura de los compartimentos de hidrocarburo y de agua.

Las alturas de los compartimentos de aceite y agua están ajustadas para que la altura de la fase aceitosa en el compartimiento de residencia sea de al menos 9" (225 mm). La expresión utilizada es,

$$h_{\text{comp aceite}} - h_{\text{comp agua}} = h_{\text{fase aceite}} \cdot \left( \frac{\rho_L - \rho_{\text{HC}}}{\rho_L} \right) + 0,09 \cdot \left( \frac{Q_L}{L_c} \right)^{0,67}$$

donde  $L_C$  es la longitud horizontal de la parte superior del compartimiento de agua y se calcula con la ayuda de tablas trigonométricas, obteniéndose un valor de  $L_C = 65,2''$ . Sustituyendo los valores en la ecuación anterior,

$$h_{\text{comp aceite}} - 38'' = 9'' \cdot \left( \frac{62,4 - 56,16}{62,4} \right) + 0,09 \cdot \left( \frac{132,09 \text{ gpm}}{65,2''} \right)^{0,67}$$

luego  $h_{\text{comp aceite}} = 39''$  (975 mm)

### 5.2.2.2 Altura vertical requerida por el caudal de gas (D-h<sub>1</sub>)

La altura vertical requerida por el caudal de gas (D-h<sub>1</sub>) debe satisfacer los dos siguientes criterios:

- a) La velocidad normal del gas en el espacio gaseoso del depósito debe ser inferior o igual a la velocidad crítica del gas.
- b) La altura mínima de gas debe ser la mayor de:
  - a. 20 % el diámetro del depósito (330 mm)
  - b. 300 mm.

La velocidad crítica del gas vale:

$$V_C = 0,048 \left( \frac{\rho_L - \rho_G}{\rho_G} \right)^{0,5} = 0,048 \left( \frac{1000 - 1}{1} \right)^{0,5} = 1,517 \text{ m/s}$$

Por lo tanto el área vertical requerida por la fase gaseosa es:

$$A_G = \frac{Q_G}{V_C} = \frac{1500/3600}{1,517} = 0,275 \text{ m}^2$$

Ayudándose de tablas trigonométricas, el área anterior equivale a una altura de gas de:

$$D-h_1 = 228,3 \text{ mm}$$

Como éste valor es inferior que el 20 % del diámetro (330 mm), tomamos:

$$D-h_1 = 330 \text{ mm} \rightarrow h_1 = 1320 \text{ mm}$$

Con este valor, la velocidad real en el depósito es de:

$$V_{\text{REAL}} = \frac{Q_G}{A_{D-h_1}} = \frac{1500/3600}{0,1424 \cdot A_T} = \frac{1500/3600}{0,1424 \cdot 2,138} = 1,369 \text{ m/s}$$

Este valor es coherente puesto que es menor que la velocidad crítica anteriormente calculada.

### 5.2.2.3 Nudo de conexión de entrada y deflector de protección del depósito

Por las características del servicio, el nudo de conexión de entrada de la corriente en el depósito podría ser un distribuidor perforado o un codo a 90°. Se va a utilizar un codo a 90° por razones económicas.

El codo estará instalado en un extremo del depósito, orientado hacia la pared de dicho extremo y separado del mismo una distancia tal que le permita descargar sin provocar daños al depósito. La velocidad máxima de descarga viene definida por:

$$V_{\text{máx descarga}} = \frac{5,3 \times 10^{-4} \sigma_L}{f \cdot \mu_G \left( \frac{\rho_G}{\rho_L} \right)^{0,5}}$$

Donde f es un factor de velocidad de disipación que depende que depende del diámetro de entrada y de la distancia desde la conexión hasta la pared del depósito. Tomamos un factor medio  $f = 0,8$ . Con estos datos,

Diámetro de la conexión	6"	8"
Velocidad máxima descarga (ft/s)	46,558	46,558
Velocidad real descarga (ft/s)	74,940	<b>42,154</b>

Por lo tanto, el diámetro del codo debe ser **D<sub>codo</sub> = 8" (200 mm)**. Como el deflector de protección de la pared del depósito debe ser 1,5 veces el diámetro del codo, el **deflector de protección será circular y de diámetro 12"**.

#### 5.2.2.4 CWMS (retenedor de gotas)

El área del CWMS está basada en la velocidad crítica del gas calculada anteriormente.

$$A_{CWMS} = \frac{Q_G}{V_c} = 2,96 \text{ ft}^2$$

Por lo que se va a utilizar un CWMS rectangular de 6" (150 mm) de espesor, con unas dimensiones de 21 x 21" (525 x 525 mm).

La distancia mínima permisible entre la parte superior del CWMS y la salida de gas es:

$$h_{\text{salida gas-CWMS}} = \frac{D_{CWMS} - D_{\text{salida de gas}}}{2} = \frac{21 - 4}{2} = 9" \Rightarrow 225\text{mm}$$

La altura vertical disponible entre la parte inferior del CWMS y la fase acuosa debe ser mayor de 12" (300mm). Respetando todas las condiciones anteriores, el retenedor está colocado según la figura siguiente:

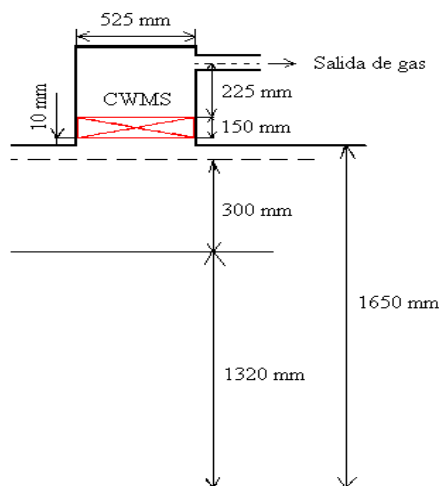


Figura 6. Esquema del depósito

---





$$A_{h_3} = 0,0371 \cdot A_T = 0,079 \text{ m}^2$$

### 5.2.3.2 Área vertical requerida entre el nivel bajo de líquido y el nivel de emergencia de líquido ( $h_1-h_3$ )

El tiempo de vaciado del depósito requerido entre estos dos niveles es de:

$$T = 3 + 5 \text{ minutos} = 8 \text{ minutos.}$$

Por lo tanto, el volumen entre los dos niveles es de:

$$V = Q_L \cdot T = 30 \frac{8}{60} = 4 \text{ m}^3$$

Y dividiendo por la longitud del compartimiento de agua del depósito, obtenemos el área vertical deseada:

$$A_{h_1-h_3} = \frac{V}{L_L} = \frac{4}{2,3} = 1,739 \text{ m}^2$$

### 5.2.3.3 Comprobación de áreas

$$A_T - A_{h_3} - A_{h_1-h_3} \geq A_G$$

$$2,138 \text{ m}^2 - 0,079 \text{ m}^2 - 1,739 \text{ m}^2 \geq 0,275 \text{ m}^2$$

$$0,319 \text{ m}^2 \geq 0,275 \text{ m}^2$$

Como se puede comprobar, el depósito, con las dimensiones propuestas, cumple con los requisitos de diseño establecidos. Tomando el área de gas la obtenida de la diferencia anterior, las alturas son:

- $h_1 = 1310 \text{ mm}$
- $h_3 = 131 \text{ mm}$

## **5.2.4 Compartimiento de hidrocarburo**

### 5.2.4.1 Altura del compartimiento

Ya sabemos que la altura respecto al fondo del depósito del compartimiento es de 975 mm. Ahora vamos a calcular la altura de la parte inferior del compartimiento. Por la parte inferior de este compartimiento pasa el agua hacia el compartimiento de agua. Según criterios de diseño, la velocidad del agua en este punto debe ser inferior a 0,5 ft/s. Esto se cumple si el área vertical es mayor de 0,588 ft<sup>2</sup>. Usando unas tablas trigonométricas obtenemos que la distancia desde el fondo del depósito hasta la base del compartimiento debe ser mayor de 102 mm. Tomando 210 mm, obtenemos una altura del compartimiento de:

$$H_{\text{compar}} = 975 - 210 = 765 \text{ mm.}$$

Del mismo modo tomaremos como separación de los compartimientos de agua y de aceite los 210 mm obtenidos anteriormente.

## **5.2.5 Comprobación dimensional del depósito**

Requisitos que se deben cumplir para concluir que el depósito está bien dimensionado según las referencias consultadas:

1. La longitud del depósito debe estar entre 3 y 4 veces el diámetro del depósito.
2. La longitud del compartimiento de aceite debe estar entre 0,5 y 0,33 veces el diámetro del depósito.
3. La altura entre el compartimiento de aceite y el fondo del depósito debe ser mayor de D/8.
4. La separación entre los compartimientos debe ser como mínimo de D/12.
5. La longitud del compartimiento de residencia debe estar comprendida entre 1,5 y 2,5 veces el diámetro del depósito.

A continuación vamos a comprobar cada uno de los puntos anteriores.

1.  $L = 5550 \text{ mm} \rightarrow L = 3,36D$
2. Tomamos  $L_{\text{comp aceite}} = 0,33 D = 545 \text{ mm}$
3.  $D/8 = 206,25 \text{ mm}$ . Luego como es 210 cumple.

4. Como se ha tomado el mismo valor que en el punto anterior, evidentemente también lo cumple.
5. Según las dimensiones tomadas hasta el momento, el compartimiento de residencia es de:

$$L_{\text{comp residencia}} = L_{\text{Total}} - L_{\text{comp agua}} - L_{\text{comp aceite}} - L_{\text{separación compartimientos}}$$

$$L_{\text{comp residencia}} = 5550 - 2300 - 545 - 210 = 2495 \text{ mm}$$

Como  $1,5D = 2475 \text{ mm}$ , la longitud del compartimiento de residencia es mayor que la mínima permitida.

A la vista de estas comprobaciones podemos concluir que el depósito además de cumplir con los parámetros de diseño de operación, cumple con los parámetros dimensionales de diseño, por lo que el depósito calculado es adecuado para el servicio de separación líquido/líquido/vapor.

## **ANEXO IV**

## **6. INTERCAMBIADOR DE CALOR**

Para el cálculo del intercambiador de calor se va a seguir el estándar recomendado por el TEMA (Tubular Exchanger Manufacturing Association). Al ser éste un estándar americano y contener numerosas fórmulas empíricas en unidades métricas inglesas que no pueden ser convertidas fácilmente al sistema métrico internacional, se va a utilizar unidades inglesas en los cálculos, mostrándose los resultados más importantes en ambos sistemas métricos.

El método de cálculo aconsejado en dicho estándar es el siguiente:

### **6.1 Método de cálculo**

El método de cálculo consiste de un modo resumido en suponer un coeficiente global de transmisión  $U_o$ .

$$U_o = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_{ie} + R_e + r_{ie} + r_e + r_{conductiva}}$$

donde

$$r_{ie} = \frac{1}{h_{ie}}$$

$$r_e = \frac{1}{h_e}$$

$R_{ie}$ : factor de ensuciamiento interno de los tubos referido al diámetro exterior

$R_e$ : factor de ensuciamiento externo de los tubos

$r_{conductiva}$ : resistencia debida a la transmisión conductiva en el tubo

Con el  $U_o$  supuesto, se calcula las dimensiones del intercambiador que cumpla con ciertos criterios de diseño. Para el intercambiador obtenido, se calcula los coeficientes de película exterior e interior a los tubos del intercambiador. Una vez obtenidos estos coeficientes de película estamos en condiciones de evaluar si el  $U_o$  supuesto en un principio es similar al obtenido en los cálculos. Para ello nos ayudaremos de la ecuación vista anteriormente. Cuando el error entre los dos coeficientes global de transmisión sea menor del 1%, se admitirá como buena la suposición y por lo tanto, el intercambiador ya habrá quedado definido.

Como se puede observar este método de diseño es iterativo. A continuación se muestra el método de diseño detalladamente.

---

**a) Datos de partida**

- $T_1$ : temperatura de entrada del fluido enfriado (agua de recirculación),  $T_1=118,4$  °F (48 °C). Definida por la temperatura de impulsión del compresor.
- $T_2$ : temperatura de salida del fluido enfriado (agua de refrigeración),  $T_2=105,8$  °F (41 °C). Definida por la temperatura necesaria del agua de anillo líquido del compresor.
- $t_1$ : temperatura de entrada del fluido calentado,  $t_1=84,2$  °F (29 °C). Definida por la temperatura de suministro del agua de refrigeración.
- $M$ : caudal másico del agua recirculada,  $M=63933,4$  lb/h (29000 kg/h)
- $m$ : caudal másico del agua de refrigeración,  $m=66138$  lb/h (30000 kg/h)
- $Z$ : viscosidad absoluta del agua de recirculación,  $Z=0,6$  cP
- $z$ : viscosidad absoluta del agua de refrigeración,  $Z=0,75$  cP
- $\rho$ : densidad del agua de refrigeración ó recirculación,  $\rho=62,4$  lb/ft<sup>3</sup> (1000 kg/m<sup>3</sup>)
- $C_p$ : calor específico del agua de recirculación,  $C_p=0,99$  Btu/lb·°F (4,175 KJ/kg °C)
- $c_p$ : calor específico del agua de refrigeración,  $c_p=0,99$  Btu/lb·°F (4,175 KJ/kg °C)
- $d_{\text{unión tubo}} = 6''$  (150 mm)
- $d_{\text{unión carcasa}} = 3''$  (75 mm)

**b) Calor intercambiado y temperatura de salida del agua de refrigeración**

El calor intercambiado es:

$$Q = M \cdot C_p \cdot (T_1 - T_2)$$

y como el calor cedido por el agua de recirculación es ganado por el agua de refrigeración

$$Q = M \cdot C_p \cdot (T_1 - T_2) = m \cdot c_p \cdot (t_2 - t_1) \Rightarrow t_2 = \frac{Q}{m \cdot c_p} + t_1$$

**c) Temperatura logarítmica media efectiva y temperaturas calóricas**

$$\text{Temperatura log. media} = \Delta t_{\text{lm}} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}}$$

- De la gráfica 3 anexa determinar el número mínimo de carcasas requerido para obtener un factor de corrección de la temperatura ( $F_n$ ) mayor de 0,8.

$$\text{Temperatura log. media efectiva} = \Delta t_e = F_n \cdot \Delta t_{\text{lm}}$$

---

- Para el agua de recirculación la temperatura calórica  $t_t = 0,4 \cdot (t_2 - t_1) + t_1$
- Para el agua de refrigeración la temperatura calórica  $t_s = 0,4 \cdot (T_1 - T_2) + T_2$

#### d) Iteración del lado del tubo

- Suponer un valor de  $U_o$
- Área de transmisión de calor

$$Q = A \cdot U_o \cdot \Delta t_e \Rightarrow A = \frac{Q}{U_o \cdot \Delta t_e}$$

- Escoger el tipo de tubos a utilizar de la gama de tubos comerciales: longitud, diámetro interior y exterior, material y coeficiente de conductividad térmica.
- Definir la disposición de los tubos.
- Determinar el número de tubos del modo siguiente:

$$N_T = \frac{3,82 \cdot A}{(L - 0,5) \cdot d_e}$$

- Estimar el número de pasos por tubo  $N_P$ , para que la velocidad en el interior de los tubos sea  $3 \div 20$  ft/s:

$$V = \frac{N_P \cdot m}{19,6 \cdot \rho \cdot N_T \cdot d_i^2}; \quad V_{\text{unión}} = \frac{m}{19,6 \cdot \rho \cdot d_{\text{unión}}^2}$$

- Pérdida de carga en los tubos:

$$\Delta P_t = 0,02 \cdot F_t \cdot N_P \cdot \left[ V^2 + 0,158 \cdot \frac{V^{1,73}}{d_i^{1,27}} \right] + 2 \cdot \left( \frac{\rho \cdot V_{\text{unión}}^2}{9270} \right)$$

siendo  $F_t$  el factor de corrección de pérdida de carga para los tubos,  $F_t = 1,5$  si los tubos son de acero.

- Coeficiente de película interior:

$$\frac{1}{r_{ie}} = h_{ie} = \frac{368}{d_e} \cdot (V \cdot d_i)^{0,7} \cdot \left( \frac{t_t}{100} \right)^{0,26}$$

- Resistencia conductiva

$$r_{\text{conductiva}} = \frac{e_t}{k_t}$$

siendo  $e_t$  y  $k_t$  el espesor del tubo y la conductividad térmica del tubo respectivamente.

**e) Iteración del lado de la carcasa**

- Estimar la temperatura media en el contorno del tubo:

$$t_f = \frac{t_s + t_t}{2} + \frac{U_o}{2} \cdot (R_{ie} + r_{ie} + r_{conductiva} + r_e) \cdot (T_s - t_t)$$

- Para la temperatura anteriormente calculada determinar las siguientes propiedades para el agua de recirculación: viscosidad, calor específico y conductividad térmica. Estas serán las constantes utilizadas a partir de este punto.
- Determinar el número de tubos  $N_{TC}$  en la sección transversal máxima de la carcasa a partir de la siguiente expresión:

$$N_{TC} = 1,19 \cdot \sqrt{N_T}$$

- Determinar el límite exterior de los tubos  $D_t$

$$D_t = (N_{TC} - 1) \cdot P_t + d_e$$

siendo  $P_t$  la distancia entre tubos.

- El diámetro de la carcasa será:

$$D = \frac{D_t}{0,9}$$

- Determinar el ancho libre de paso  $W$  del agua de recirculación alrededor de los tubos:

$$W = D - d_e \cdot N_{TC}$$

- Estimar la distancia entre deflectores  $P_b$  que posibilite una velocidad en el lado de la carcasa razonable (1÷15 ft/s)
- El número de deflectores  $N_d$  es de

$$N_d = \frac{10 \cdot L}{P_b}$$

- Determinar el área libre  $S$  entre cada par de deflectores.

$$S = W \cdot (P_b - e_d)$$

siendo  $e_d$  el espesor del deflector, aproximadamente 0,375 in.

- Calcular la velocidad másica,  $G$

$$G = \frac{M}{25 \cdot S}$$

- Calcular la velocidad lineal en la carcasa y en la unión

$$V = \frac{G}{\rho}; \quad V_{unión} = \frac{M}{19,6 \cdot \rho \cdot d_{unión}^2}$$



- Calcular el número de Reynolds en el lado de la carcasa:

$$N_{RE} = \frac{d_e \cdot G}{Z}$$

- Calcular la razón entre el diámetro del tubo y la distancia entre tubos:

$$\frac{d_e}{P_t - d_e}$$

y a partir de esta razón y la gráfica 4 del Anexo determinar  $Y_{SP}$

- Calcular la caída de presión en la carcasa debida a la fricción mediante la expresión

$$\Delta P_f = B_2 \cdot Y_{SP} \cdot N_{TC} \cdot N_d \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{9270}$$

Siendo  $B_2 = 0,3$  para una disposición de tubos cuadrangular.

- Calcular la caída de presión en la carcasa debida a los giros

$$\Delta P_g = (N_d + 1) \cdot \left( 3,5 - \frac{2 \cdot P_b}{D} \right) \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{9270}$$

- Calcular la caída de presión en la unión

$$\Delta P_{unión} = 2 \cdot \frac{\rho \cdot V_{unión}^2}{9270}$$

- La caída de presión total en la carcasa será de

$$\Delta P_t = F_s \cdot (\Delta P_g + \Delta P_f) + \Delta P_{unión}$$

siendo  $F_s$  el factor de corrección debido al ensuciamiento en la carcasa y de valor  $F_s=1,15$  para el caso de líquidos.

- De la gráfica 5 del anexo calcular el factor de correlación de transferencia de calor  $Y_{sh}$
- Calcular el coeficiente de película con la expresión

$$\frac{1}{r_e} = h_e = 0,5 \cdot \frac{Y_{sh}}{d_e} \cdot k \cdot \left( \frac{C_p \cdot Z}{k} \right)^{0,33} \cdot \left( \frac{4 \cdot P_d}{D} \right)^{0,1}$$

**f) Calcular el coeficiente global de transmisión de calor  $U_o$**

$$U_o = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_{ie} + R_e + r_{ie} + r_e + r_{conductiva}}$$

y aceptar los cálculos realizados cuando este coeficiente sea el supuesto inicialmente.

## 6.2 Desarrollo del cálculo

### b) Calor intercambiado y temperatura de salida del agua de refrigeración

- El calor intercambiado es  $Q = 803265 \text{ btu/h}$  ( $847525 \text{ kJ/h}$ )
- La temperatura de salida del agua de refrigeración:  $t_2 = 96,44 \text{ }^\circ\text{F}$  ( $35,8 \text{ }^\circ\text{C}$ )

### c) Temperatura logarítmica media efectiva y temperaturas calóricas

- $\Delta t_m = 21,5 \text{ }^\circ\text{F}$
- $F_n = 0,94$  para una carcasa
- $\Delta t_m = 20,2 \text{ }^\circ\text{F}$
- $t_t = 89,3 \text{ }^\circ\text{F}$  ( $31,8 \text{ }^\circ\text{C}$ )
- $t_s = 110,8 \text{ }^\circ\text{F}$  ( $43,8 \text{ }^\circ\text{C}$ )

### d) Iteraciones

Tabla XII. Iteración para el lado de tubos

	Parámetro	Unidades	1ª Iteración	2ª Iteración	3ª Iteración	4ª Iteración	5ª Iteración
	<i>Uo inicial</i>	<i>Btu/h-ft<sup>2</sup>-°F</i>	<i>200</i>	<i>98,82</i>	<i>93,89</i>	<i>96,62</i>	<i>96,79</i>
LADO DE LOS TUBOS	<b>A</b>	ft <sup>2</sup>	198,66	402,07	423,18	411,23	410,51
	<b>Material tubo</b>		314 SS	315 SS	316 SS	316 SS	316 SS
	<b>d<sub>i</sub></b>	in	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
	<b>d<sub>e</sub></b>	in	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
	<b>L</b>	ft	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50
	<b>k</b>	Btu/h-ft <sup>2</sup> -°F	9	9	9	9	9
	<b>P<sub>t</sub></b>	in	1	1	1	1	1
	<b>N<sub>T</sub></b>		92	187	196	191	191
	<b>N<sub>p</sub></b>		2	4	6	6	6
	<b>V</b>	ft/s	3,06	3,01	4,31	4,42	4,42
	<b>V<sub>unión</sub></b>	ft/s	1,502	1,502	1,502	1,502	1,502
	<b>ΔP<sub>t</sub></b>	psi	1,94	3,78	10,84	11,36	11,36
	<b>h<sub>ie</sub></b>	Btu/h-ft <sup>2</sup> -°F	745,66	737,26	947,54	964,83	964,83
	<b>r<sub>ie</sub></b>	h-ft <sup>2</sup> -°F/Btu	0,00134	0,00136	0,00106	0,00104	0,00104
<b>r<sub>conductiva</sub></b>	h-ft <sup>2</sup> -°F/Btu	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	

Tabla XIII. Iteración final

LADO DE LA CARCASA	$t_f$	°F	118,53	109,21	108,45	108,67	108,69
	$Z_f$	cP	0,56	0,69	0,7	0,69	0,69
	$C_f$	Btu/lb-°F	1	1	1	1	1
	$K_f$	Btu/h-ft <sup>2</sup> -°F	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
	$N_{RC}$		12	17	17	17	17
	$D_t$	in	11,75	16,75	16,75	16,75	16,75
	$D$	in	13,06	18,61	18,61	18,61	18,61
	$W$	in	4,06	5,86	5,86	5,86	5,86
	$P_b$	in	10,00	7,00	7,00	7,00	7,00
	$N_d$		12	17	17	17	17
	$S$	in <sup>2</sup>	39,03	38,83	38,83	38,83	38,83
	$G$	lb/s-ft <sup>2</sup>	65,51	65,86	65,86	65,86	65,86
	$V$	ft/s	1,05	1,06	1,06	1,06	1,06
	$V_{unión}$	ft/s	5,81	5,81	5,81	5,81	5,81
	$N_{Re}$		87,74	71,59	70,56	71,59	71,59
	$Y_{SP}$		0,6	0,65	0,65	0,65	0,65
	$\Delta P_f$	psi	0,0481	0,0746	0,0746	0,0746	0,0746
	$\Delta P_g$	psi	0,1898	0,3709	0,3709	0,3709	0,3709
	$\Delta P_{unión}$	psi	0,4545	0,4545	0,4545	0,4545	0,4545
	$\Delta P_t$	psi	0,7281	0,9667	0,9667	0,9667	0,9667
$Y_{sh}$		2000	1500	1500	1500	1500	
$h_c$	Btu/h-ft <sup>2</sup> -°F	645,74	484,305	484,305	484,305	484,305	
	$r_e$	h-ft <sup>2</sup> -°F/Btu	0,00155	0,00206	0,00206	0,00206	0,00206
	$R_e$	h-ft <sup>2</sup> -°F/Btu	0,0034	0,0034	0,0034	0,0034	0,0034
	$R_{ie}$	h-ft <sup>2</sup> -°F/Btu	0,00363	0,00363	0,00363	0,00363	0,00363
	$U_o \text{ final}$	Btu/h-ft <sup>2</sup> -°F	<b>98,82</b>	<b>93,89</b>	<b>96,62</b>	<b>96,79</b>	<b>96,79</b>
	%		<b>50,59</b>	<b>4,99</b>	<b>-2,90</b>	<b>-0,18</b>	<b>0,00</b>

### 6.3 Resumen de características del intercambiador diseñado

- Calor intercambiado:  $Q = 235,2 \text{ kW}$  (803265 btu/h)
- Temperatura de salida del agua de refrigeración:  $t_2 = 35,8 \text{ °C}$  (96,44 °F)
- Área efectiva de transferencia:  $38,1 \text{ m}^2$  (410,51 ft<sup>2</sup>)
- Coeficiente global de transmisión:  $U_o = 550 \text{ W/m}^2\text{-°C}$  (96,79 Btu/h-ft<sup>2</sup>-°F)
- Longitud de los tubos: 3500 mm (11,5 ft)

- Diámetro exterior de los tubos: 19,05 mm(0,75 in)
- Diámetro interior de los tubos: 17,4 mm(0,62 in)
- Número de tubos: 191
- Disposición de los tubos: cuadrangular de 25 mm (1 in) de separación
- Número de pasos por tubo: 6
- Número de carcasa: 1
- Diámetro de la carcasa: 475 mm (18,7 in)
- Número de deflectores: 17
- Distancia entre deflectores: 178 mm (7 in)
- Pérdida de carga en el lado de los tubos: 0,8 kg/cm<sup>2</sup> (11,36 psi)
- Pérdida de carga en el lado de la carcasa: 0,07 kg/cm<sup>2</sup> (0,97 psi)

## **ANEXO V**

## **7. TUBERÍAS**

En este apartado se van a dimensionar las líneas principales de la Unidad, así como las diferentes conexiones de la instalación con el resto de la planta.

Para el dimensionado de las tuberías se va a utilizar el software “TUBO”. Este programa informático nos permite calcular tanto para líquidos como para gases la pérdida de carga, el caudal o el diámetro de la conducción si es conocida cualquiera de las otras dos variables.

Como es una fase de diseño, en algunas ocasiones no es conocido exactamente ni el caudal ni la pérdida de carga deseada en la línea. En estas circunstancias en que los valores no pueden ser consultados en el apartado *1. Balance de masa de la instalación*, los valores anteriores se estimarán teniendo en cuenta el tipo de servicio de cada línea y las circunstancias más desfavorables de operación (llenado o vaciado de equipos, tipo de gas más desfavorable...). Además, es necesario proporcionar al programa propiedades del fluido trasegado. Estos valores van a ser igualmente estimados si no pueden obtenerse de dicho apartado. Las tuberías a dimensionar, siguiendo la numeración del P&ID (plano número 5), son:

Tabla XIV. Lista de tuberías a dimensionar

<b>Nº línea</b>	<b>Fluido</b>	<b>Servicio</b>	<b>L eq. aprox (m)</b>
1	Mixto	Entrada compresor	10
2	Mixto	Salida compresor	20
3-18	Gas	Salida de gas del depósito	10
4	Gas	Recirculación gas	10
5-6	HC	HC a Slops	100
7	Agua	Vaciado depósito	10
8-10	Agua	Recirculación agua	20
9	Agua	Agua a SWS	100
11	Agua	Intercambiador a aspiración compresor	20
12	Agua	Entrada de agua	300
15	Gas	Nitrógeno	300
19	Agua	Agua de refrigeración a intercambiador	300
20	Agua	Agua refig. desde intercambiador	300
25	Gas	Gas de entrada al sistema	40

26-27	Gas	Gas de entrada al sistema	150
28	Gas	Gas hacia aminas	700

Las restantes tuberías no han sido dimensionadas por alguna de las siguientes causas:

- Tratarse de drenajes o venteos: 21, 23
- Llevar incorporadas una válvula de seguridad: líneas 17, 22, por lo que sus dimensiones dependerán de las de las válvulas.

### **7.1 Criterios de dimensionado**

- Para los introducir los parámetros requeridos por el software se realizarán los pertinentes cálculos (caudales, densidades...) a partir de los datos mostrados en el apartado 1. *Balance de masa de la instalación*, y siempre tomando los más críticos de los cuatro casos existentes.
- La velocidad de los líquidos en los conductos será próxima a 1 m/s (criterio de velocidad). Se aceptarán los valores de 0,4 a 4 m/s
- La velocidad de los gases en los conductos deberá encontrarse entre los 2-20 m/s (criterio de velocidad).
- En las tuberías que conectan los diferentes equipos de la Unidad se pretenderá que la pérdida de carga sea nula ó despreciable.
- En las tuberías de interconexión de la Unidad con el límite de batería, se buscará que la pérdida de carga sea compatible de modo que la presión de descarga sea suficiente.
- Las pérdidas de carga que provocan las válvulas no son consideradas, ya que dichas pérdidas son mostradas en las hojas de datos de las mismas.
- Las pérdidas de carga en los nudos y codos son absorbidas por una sobreestimación de la longitud equivalente de las líneas.
- En las líneas de entrada de gas en el sistema se pretende que la pérdida de carga sea nula ya que es un factor crítico para no provocar el vacío en la instalación debido a la poca presión que llevan los gases.
- La línea 1 es considerada como flujo de gas para facilitar cálculos. En realidad es flujo es mixto (gas y líquido), pero como el porcentaje de líquido es menor que el de gas se puede hacer esta suposición.

- La línea 2 es considerada como flujo de líquido para facilitar cálculos. En realidad es flujo es mixto (gas y líquido), pero como el porcentaje de líquido es mucho mayor que el de gas se puede hacer esta suposición.

## **7.2 Resultados**



Línea número	1	2	3-18	4	5-6	7	8-10	9-13	11	12	16	19	20	25	26-27	28	aire
Tipo de fluido	gas*	líquido*	gas	gas	HC	agua	agua	agua	agua	agua	gas	agua	agua	gas	gas	gas	aire
Temperatura (°C)	30		47,9	47,9							30			30	30	47,9	30
Peso molecular	49,4		43,23	43,23							28,013			24,27	42,58	43,23	28,8
Z	0,996		0,913	0,913							0,998			0,996	0,986	0,913	1
Caudal vapor (kg/h)	2000	2285	2286	2286							50			1306	2311	2286	30
Caudal líquido (kg/h)		30000															
Caudal (m <sup>3</sup> /h)		30000			8 aprox	29	29	29 max	13	10		30	30				
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )					0,9	1	1	1	1	1		1	1				
Viscosidad (cps)	0,012	0,6	0,02	0,02	0,25	0,556	0,556	0,556	0,556	0,796	0,0186	0,797	0,69	0,02	0,02	0,02	0,02
Longitud aprox. (m)	5	10	5	5	50	5	10	50	10	150	150	150	150	20	75	350	150
Longitud eq. (m)	10	20	10	10	100	10	20	100	20	300	300	300	300	40	150	700	300
ΔP (kg/cm <sup>2</sup> )	0	0	0,03	0	0,19	0,04	0,07	2,67	0,4	1,06	0,1	0,04	0,04	0	0	0,23	0,31
ΔP (kg/cm <sup>2</sup> ) deseada	0	0	0,1	0	min	min	min	6 max	min	3 max	min	min	min	0	0	2 max	min
V (m/s)	17,67	0,45	6,22	2,74	1,02	1,69	1,69	3,72	2,75	1,28	9,37	0,45	0,45	10,98	10,9	2,74	13,31
Re	285622	114794	395322	262419	194019	236717	236717	351378	202238	84633	23251	86419	99821	111907	198022	262419	20218
factor de fricción	0,0165	0,01906	0,01756	0,01719	0,02055	0,01899	0,01899	0,0199	0,02146	0,02211	0,02741	0,0199	0,01946	0,01877	0,01726	0,01719	0,0293
Gasto (kg/s·m <sup>2</sup> )	16,61		77,32	34,07							10,58			10,84	19,19	34,07	15,41
Diámetro comercial	8"	6"	4"	6"	2"	3"	3"	3"	3"	2"	1 1/2"	6"	6"	8"	8"	6"	1"

Tabla 10. Dimensionado de las líneas

Todas las tuberías son de acero al carbono ANSI B36.10 (especificación A1A2), excepto:

- La línea 26 hasta la válvula de cierre será acero al carbono calmado debido a que las descargas procedentes de las Unidades de Alquilación e Hidrógeno pueden ser de muy bajas temperaturas (hasta  $-20^{\circ}\text{C}$ ). La especificación correspondiente es A2B4, es decir ASTM A333 Gr. 6 sin costura.
- La línea de aire de instrumentos de 1" será galvanizada para proteger contra corrosión.

### **7.3 Orificio de restricción**

El objetivo de los orificios de restricción es el de proporcionar la pérdida de carga necesaria para suministrar el caudal deseado. A continuación se va a calcular el orificio de restricción 12RO101, el cual debe garantizar un caudal de agua de renovación de 800 kg/h.

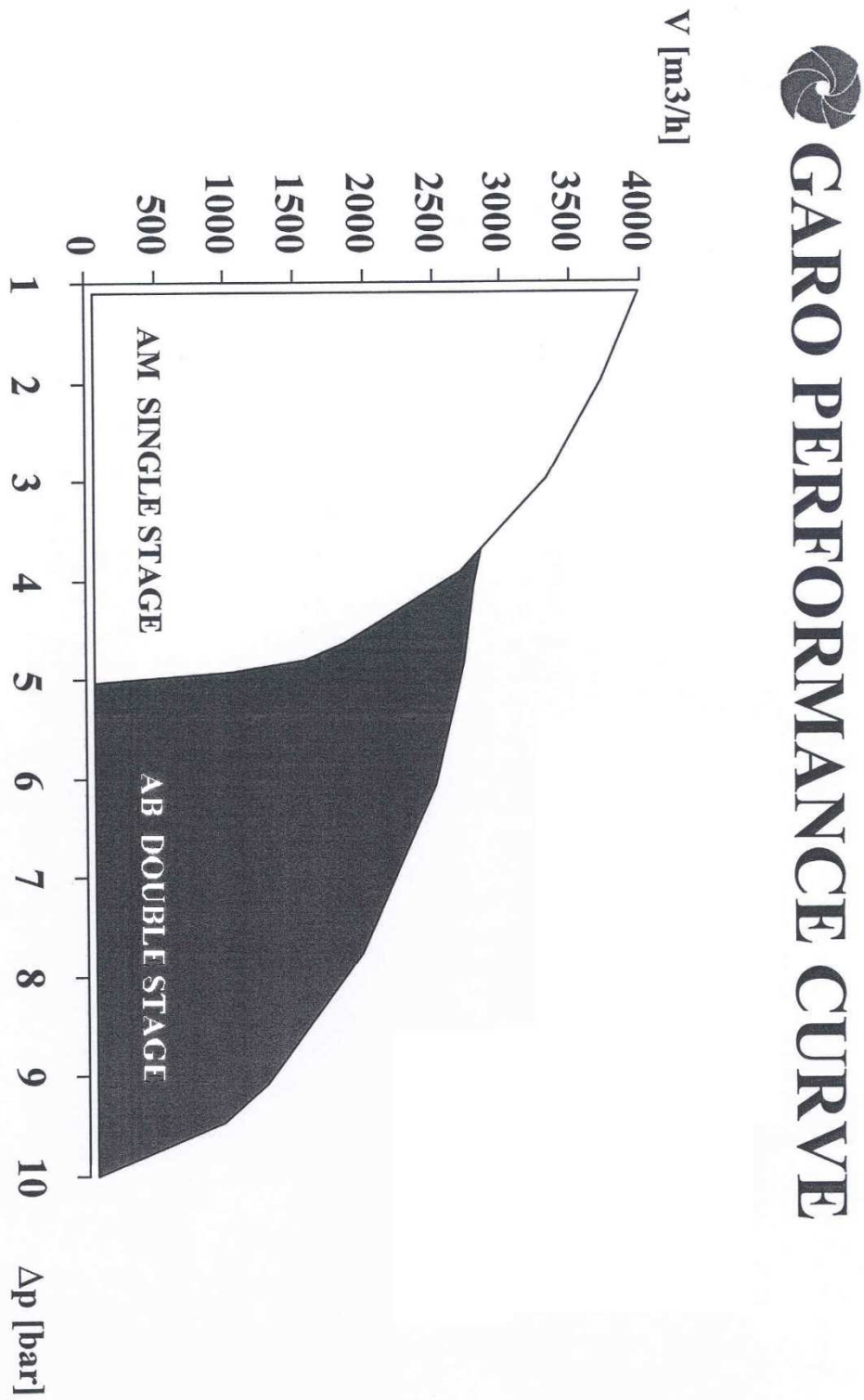
Siguiendo el criterio de velocidades establecido para los líquidos en el apartado anterior,  $v=1\text{m/s}$ , se obtiene el área necesaria:

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0,8 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{1 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 2,22 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \Rightarrow \phi = 16,8 \text{ mm (0,66")}$$

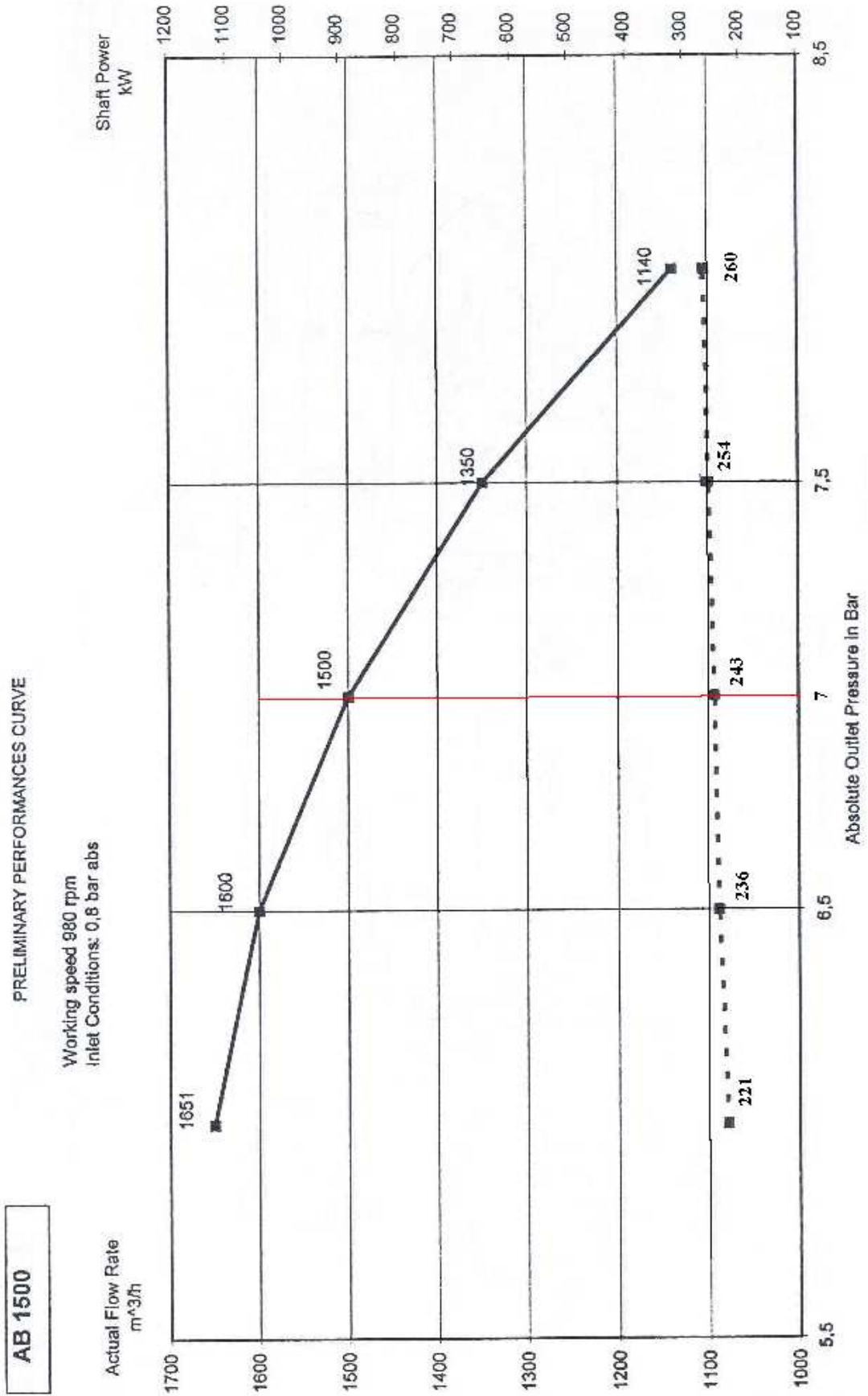
Por lo tanto, se deberá suministrar un orificio de restricción de 0,66" instalado sobre una tubería de 1 1/2".

## **ANEXO VI**

**ANEXO DE TABLAS Y GRÁFICAS**

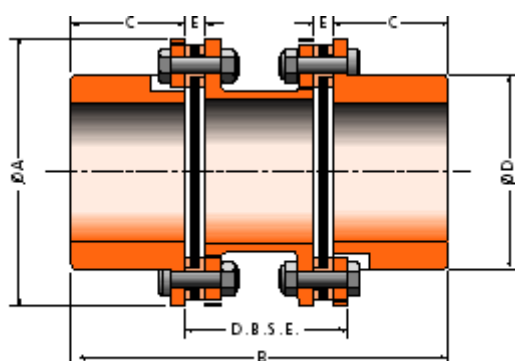


Gráfica 1. Curva de modelos de compresores de Garo



Gráfica 2. Compresor AB1500 de GARO S.P.A.



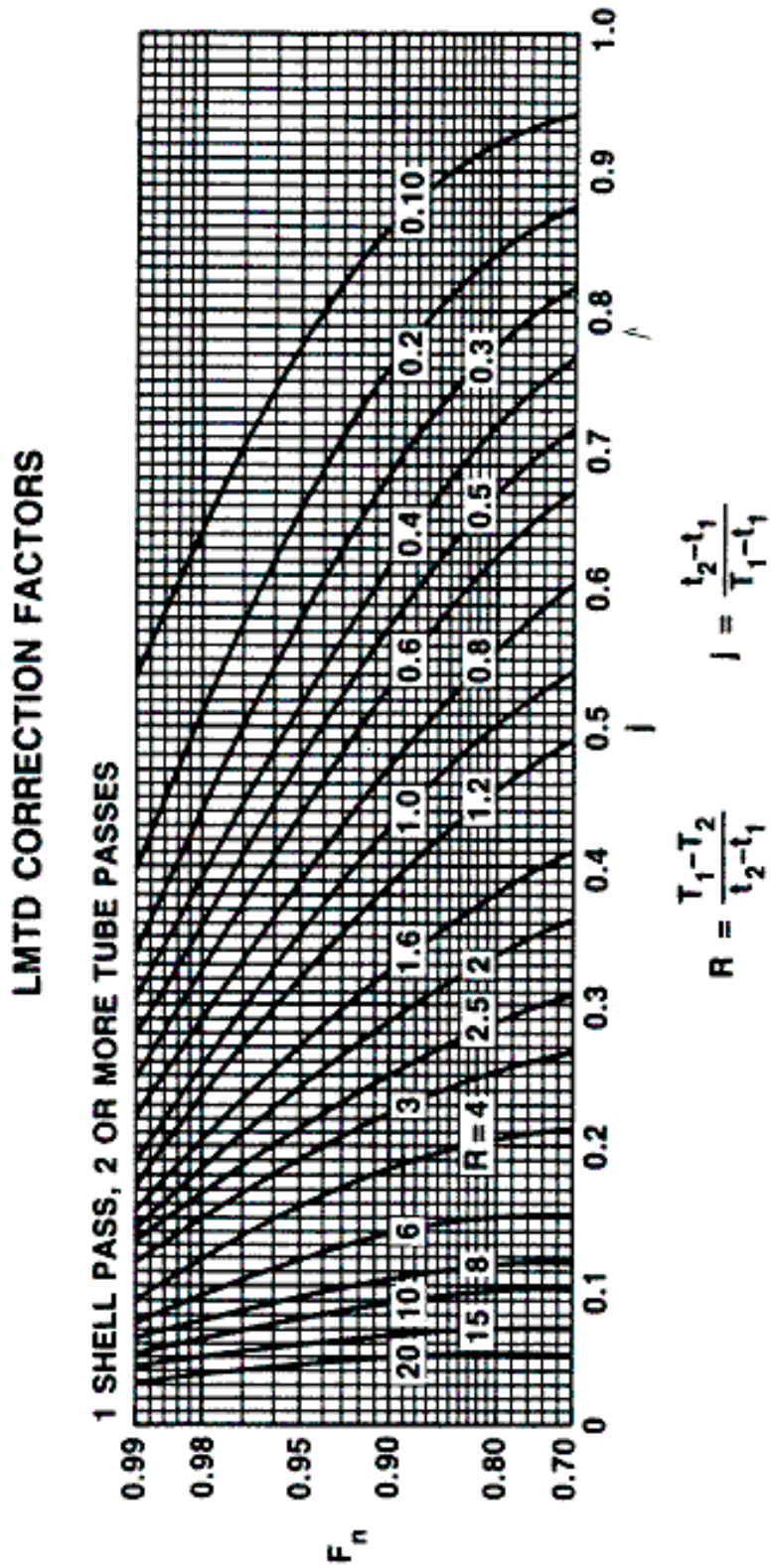


Type D

D Rating

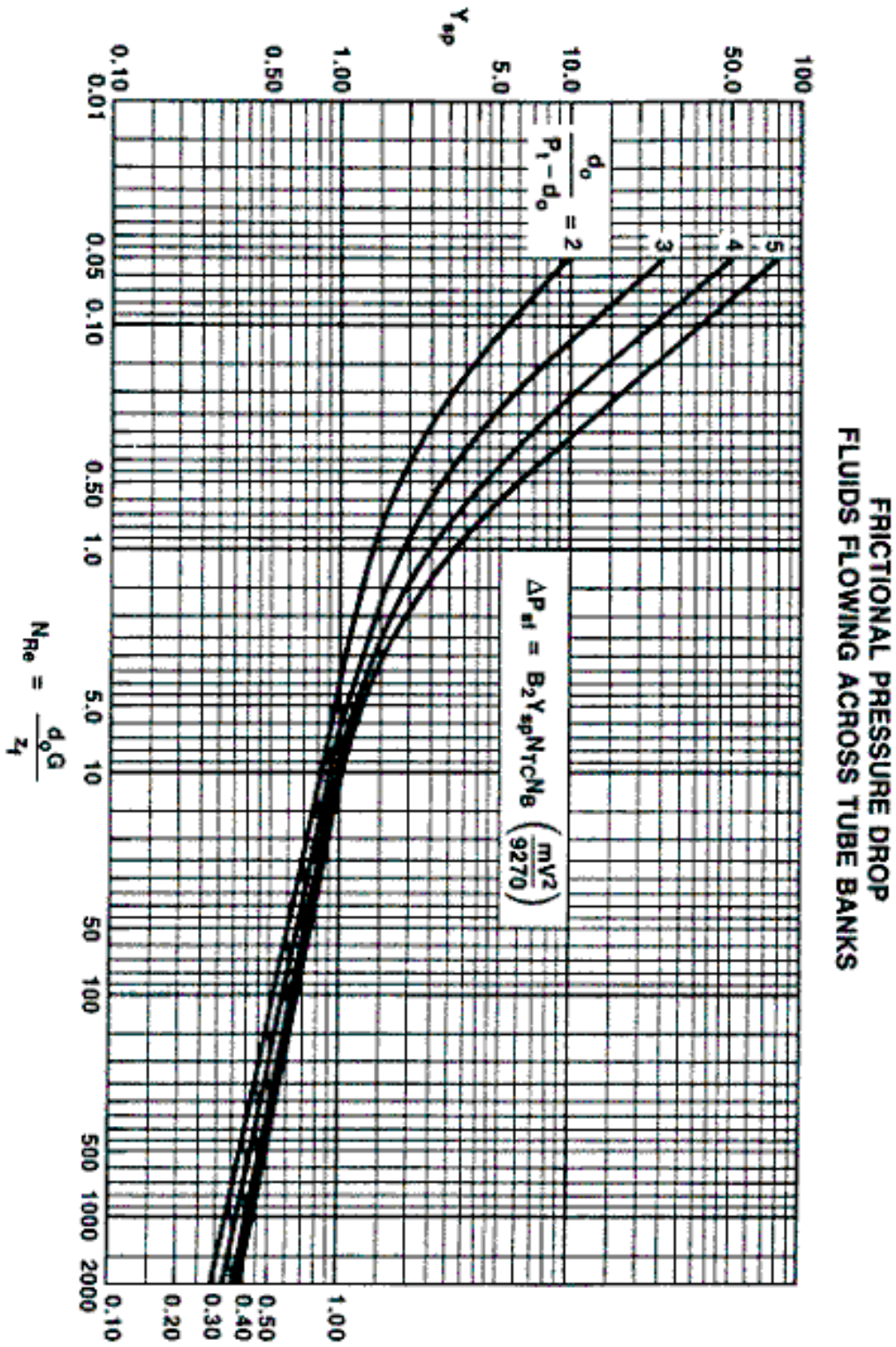
Size	Rating		Max rpm	Bore (mm)		Dimenstons						Mass (kg)	
	kW / rpm	kNm		Mtn.	Max.	A	B	C	D	E	Min. DBSE	Min Lg.	Extra 10mm
52	0.006	0.057	19000	-	26	60	80	25	37	5.0	30	0.8	0.030
62	0.020	0.19	14500	-	35	78	105	35	50	6.3	35	1.8	0.025
82	0.026	0.25	12000	-	45	95	125	45	65	6.3	35	3.2	0.035
102	0.065	0.62	12000	20	63.5	122	173	65	89	8.1	63	7.9	0.060
103	0.079	0.75	12000	20	63.5	122	175	65	89	8.8	65	8.0	0.060
122	0.126	1.20	10000	20	76.2	145	204	75	105	8.8	75	13.0	0.070
123	0.160	1.50	10000	20	76.2	145	207	75	105	10.0	79	13.2	0.070
142	0.220	2.10	8600	20	90	169	243	90	123	10.3	88	21.5	0.085
143	0.280	2.70	8600	20	90	169	246	90	123	11.9	93	22.0	0.085
162	0.350	3.30	7500	20	105	198	286	105	145	11.9	107	36.0	0.100
163	0.460	4.40	7500	20	105	198	290	105	145	13.8	113	36.5	0.100
192	0.710	6.80	6000	20	125	234	346	125	172	15.1	134	60.0	0.150
193	0.940	9.00	6000	20	125	234	352	125	172	17.8	142	61.0	0.150
232	1.290	12.30	5000	33	146	278	404	145	203	17.0	161	100	0.250
233	1.720	16.40	5000	33	146	278	411	145	203	20.5	171	102	0.250
272	1.760	16.80	4200	33	172	325	472	175	239	17.4	170	160	0.270
273	2.350	22.40	4200	33	172	325	479	175	239	20.9	180	162	0.270
312	3.720	35.50	3600	33	200	376	535	200	277	20.2	187	197	0.530
313	4.960	47.30	3600	33	200	376	543	200	277	24.0	200	200	0.530

Tabla 1. Tabla para la selección del acoplamiento

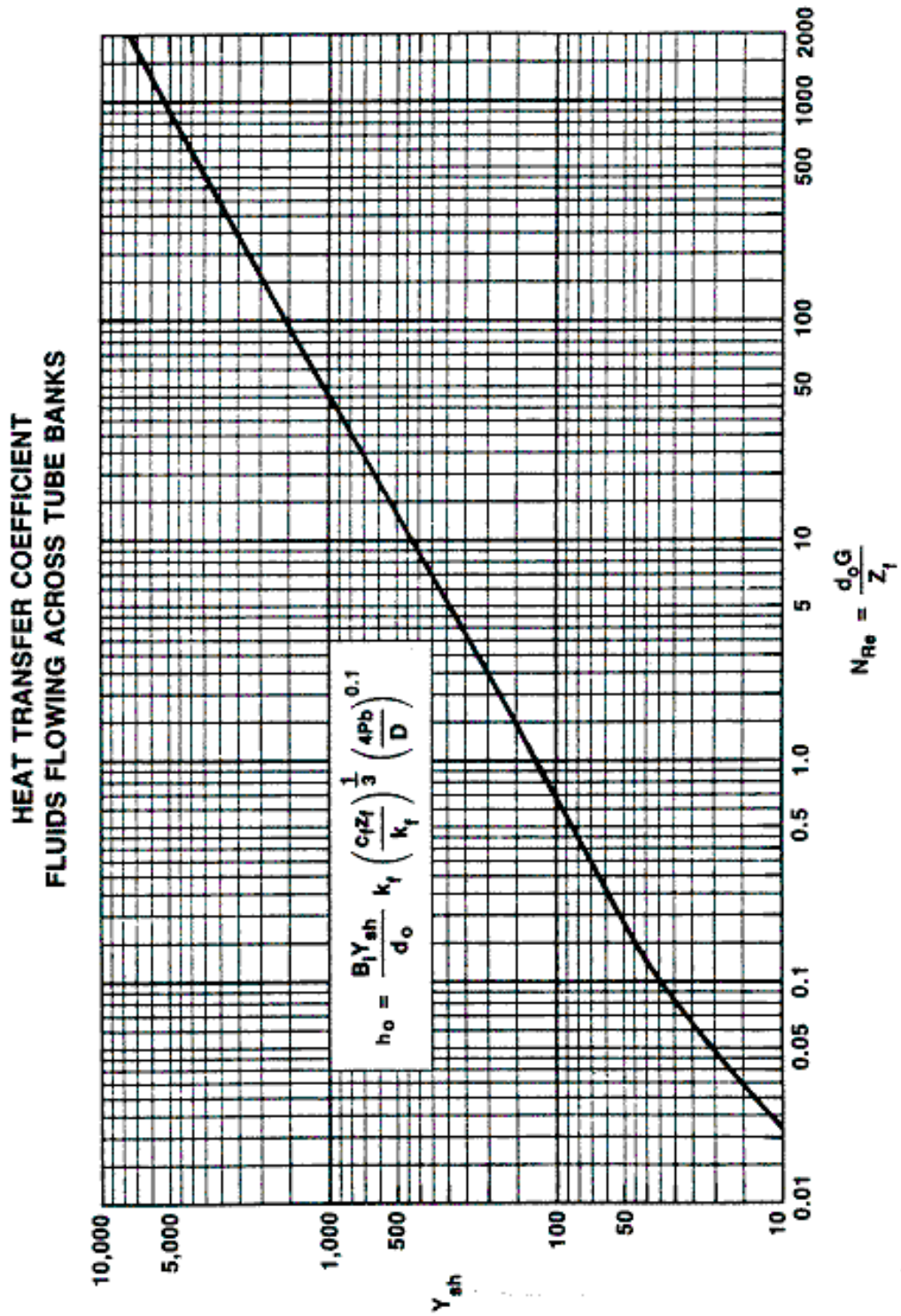


Gráfica 3. Determinación del número de carcasas





Gráfica 4. Determinación de  $Y_{SP}$



Gráfica 5. Determinación de  $Y_{sh}$

## BIBLIOGRAFÍA

PERRY, R.F Y GREEN, D.W.

*Manual del Ingeniero Químico. Tomo I y II.*

PERUYERO, J.M.A.

*Performance of horizontal liquid/gas separator drums*

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE (API)

CÓDIGO ASME

TEMA (Tubular Exchanger Manufacturing Association)

OCÓN GRACÍA, J. Y TOJO BARREIRO, G

*Operaciones básicas*

CRANE

*Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías*

J.M. COULSON Y J.F. RICHARSON

*Ingeniería Química. Operaciones básicas.*

P. WUITHIER

*Refino y tratamiento químico.*

COSTA NOVELLA

*Ingeniería Química*

[www.cepsa.com](http://www.cepsa.com)

[www.ingenieriaquimica.net](http://www.ingenieriaquimica.net)

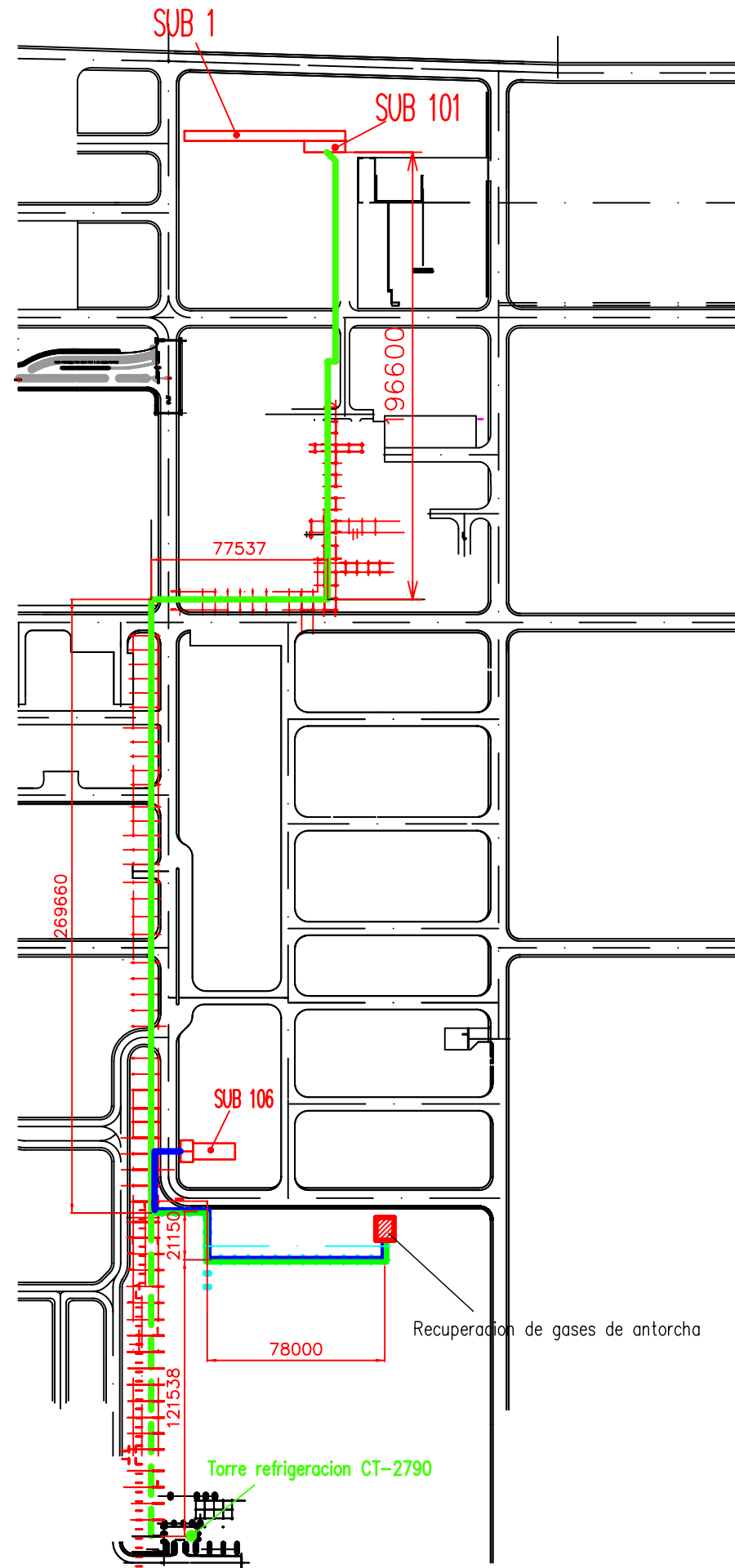
[www.ingenieriaquimica.org](http://www.ingenieriaquimica.org)




[www.ingquimica.com](http://www.ingquimica.com)

Software “TUBO”

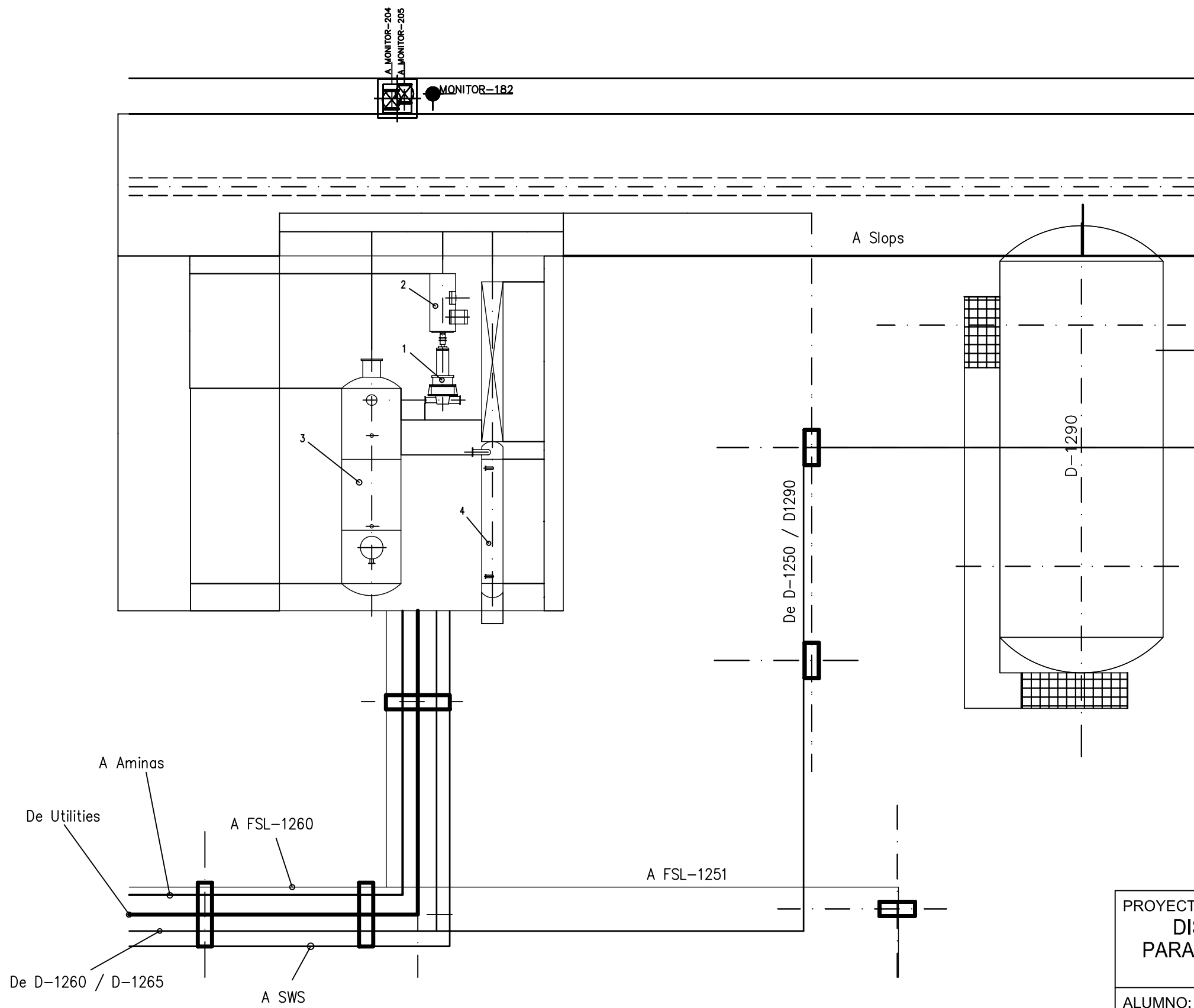
Software “*HISYS TECH*”





-  Linea de media tension
-  Linea de media tension existente
-  Linea de baja tension

<b>PROYECTO:</b> DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN PARA LA RECUPERACIÓN DE GASES DE ANTORCHA	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>	
<b>ALUMNO:</b> ÁNGEL BELIZÓN VARGAS	 <b>UCA</b> Universidad de Cádiz	
<b>TITULO:</b> <b>INTERCONEXIÓN          ELÉCTRICA</b>	SALIDA TRAZADOR <b>A3</b> ESCALA: <b>S/E</b>	<b>FECHA:</b> 11/05/2011 N° de PLANO <b>01</b>



LEYENDA

- 1 Compresor
- 2 Motor electrico
- 3 Deposito separador
- 4 Intercambiador de calor

PROYECTO:  
**DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN  
 PARA LA RECUPERACIÓN DE GASES  
 DE ANTORCHA**

ALUMNO:  
**ÁNGEL BELIZÓN VARGAS**

TITULO:  
**IMPLANTACIÓN**

FACULTAD DE CIENCIAS



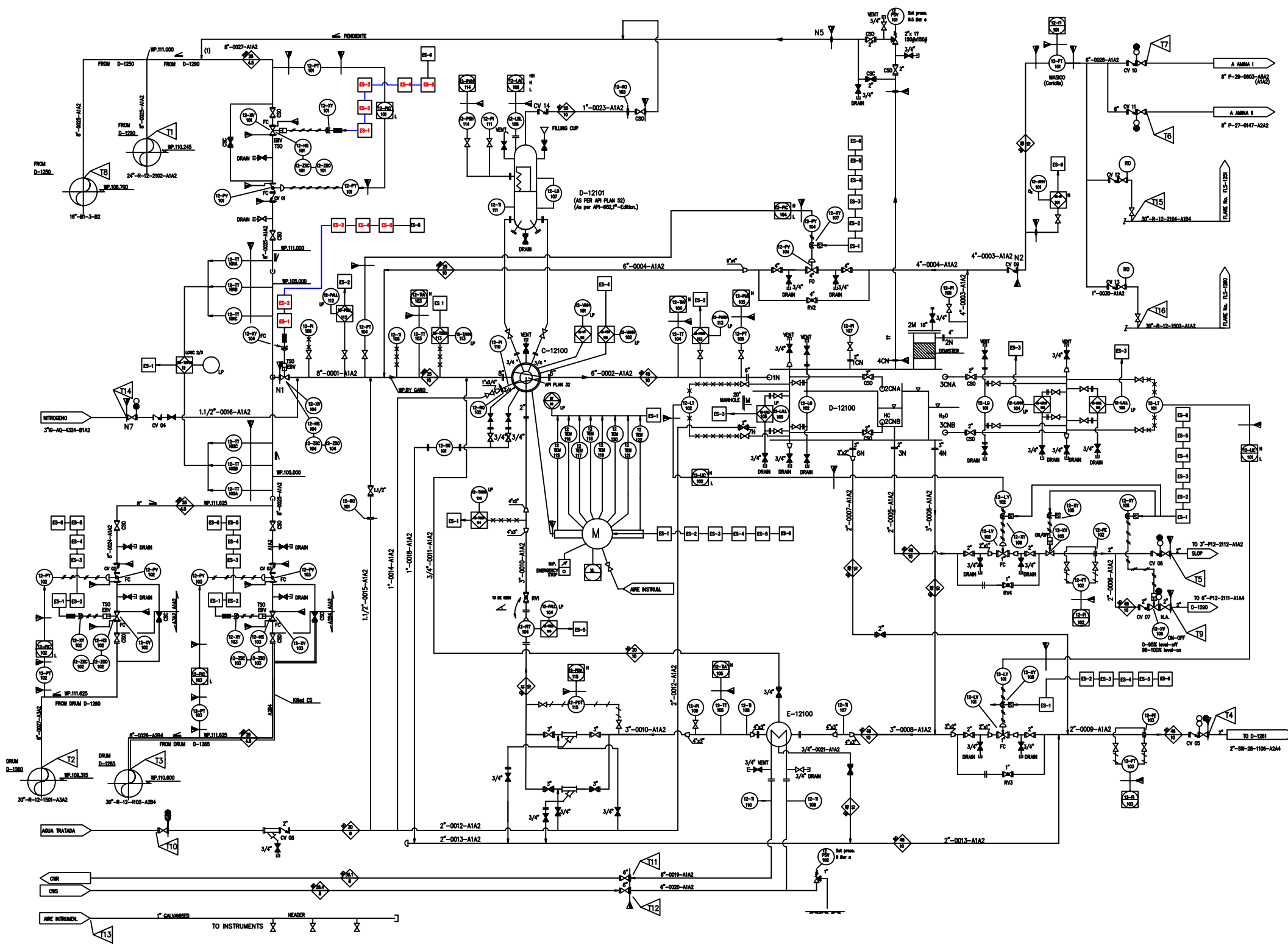
UCA  
 Universidad  
 de Cádiz

SALIDA  
 TRAZADOR  
**A3**

ESCALA:  
**1/75**

FECHA:  
**11/05/2011**

Nº de PLANO  
**02**



TIE-INS			
ITEM	DESCRIPCION	LINEA MATERIA	NUMERO LINEA
11	Colector antorcha D-1200	24"-R-12-2102-A1A2	6"-0025-A1A2
12	Colector antorcha D-1200	30"-R-12-1201-A3A2	6"-0027-A1A2
13	Colector antorcha D-1205	30"-R-12-4102-A2B4	6"-0028-A2B4
14	D-12100 a SRS	2"-SR-28-1108-A2A4	2"-0009-A1A2
15	D-12100 a Slope	3"-P-12-2112-A1A2	2"-0020-A1A2
16	D-12100 a Ambar 1	6"-P-27-0147-A2A2	6"-0026-A1A2
17	D-12100 a Ambar 1	6"-P-12-2111-A1A4	6"-0029-A1A2
18	Colector antorcha D-1200	16"-R-12-3-82	6"-0025-A1A2
19	D-12100 a Slope (D-1200)	6"-R-12-2104-A1A4	2"-0012-A1A2
20	Agua tratada a C-12100	4"-TR-AQ-4300-LC2	2"-0012-A1A2
21	CHR de E-12100	18"-CHR-AQ-4318-LC2	6"-0019-A1A2
22	CHR de E-12100	18"-CHR-AQ-4317-LC2	6"-0020-A1A2
23	Aire Instrumental	3"-AQ-4304-A1A2	1"-0031-Y1111
24	Nitrogeno a la Unidad	3"-AQ-4304-A1A2	1 1/2"-0018-A1A2
25	FLS-1201 (caudal mh.gas)	30"-R-12-2104-A1B4	1"-0029-A1A2
26	FLS-1200 (caudal mh.gas)	30"-R-12-1202-A1A2	1"-0030-A1A2

NOTAS  
 (1) DESDE LA PARTE SUPERIOR DE LA LINEA

IDENTIFICACION DE LINEA (EJEMPLO)

LEYENDA DE SIMBOLOS

SIMBOLOS DE INSTRUMENTACION	SIMBOLOS LINEA, VALVULA Y OTROS
	LINEA DE PROCESO PRINCIPAL
	LINEA DE PROCESO SECUNDARIA
	LINEA ELECTRICA
	VALVULA DE CORTE
ES-1	VALVULA DE REGULACION
ES-2	VALVULA DE RETENCION
ES-3	VALVULA DE CONTROL PNEUMATICA
ES-4	VALVULA CONTR. PNEUM. (MARRIPOSA)
ES-5	VALVULA SOLENOIDE
ES-6	DCS

SEPARADOR	D-12100	DEP. SELLO MECANICO	D-12101	VALVULA SEG.	12 PSV 101	COMPRESOR ANILLO LIQUIDO	C-12100	INTERCAMBIADOR DE CALOR	E-12100
Tamano	1850 x T.L. 5500 mm	Volumen	24 Lt	Tamano	(inlet 1")	Modelo	AB 1500 F	Area intercambio	38,1 m <sup>2</sup>
Presion diseno	10 Bar a	Presion diseno	10 Bar a	Presion de Set	9,5 Bar a	Caudal Volumetrico	1500 m <sup>3</sup> /h	Temp. Diseno	80/80 grad C
Presion Operacion	7 Bar a	Presion Operacion	Atm.			Aspiracion/Impulsion Pres. (operacion)	1-7 Bar a	Pres. Diseno	(Carcasa/Tubos)
Temp. Diseno	80 grad C.	Temp. Diseno	80 grad C	VALVULA SEG.	12 PSV 102	Aspiracion/Impulsion Temp. (operacion)	30-50 grad C		
Temp. Operacion	48 grad C.	Temp. Operacion	50 grad C	Tamano	(Inlet 3/4" - outlet 1")	Accionamiento	Motor Electrico		
				Presion de Set	8 Bar a	Potencia	280 kW, 6000V/3/50Hz		
						Polos Num	6 (980 rpm)		

PROYECTO:  
**DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN PARA LA RECUPERACIÓN DE GASES DE ANTORCHA**

FACULTAD DE CIENCIAS



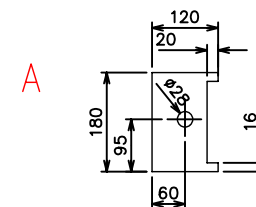
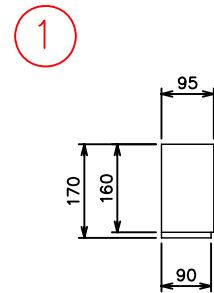
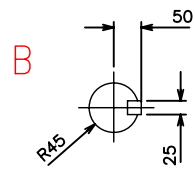
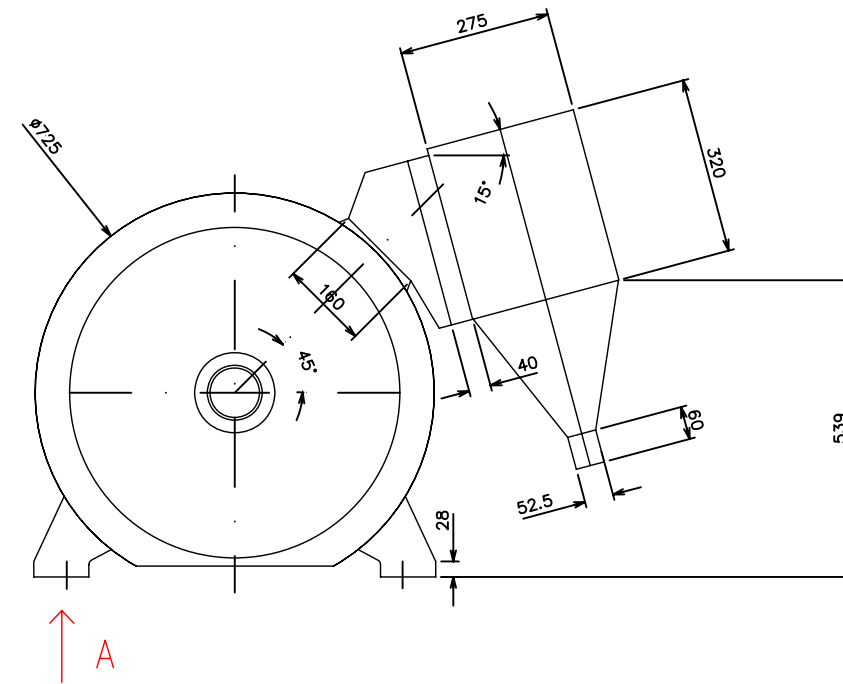
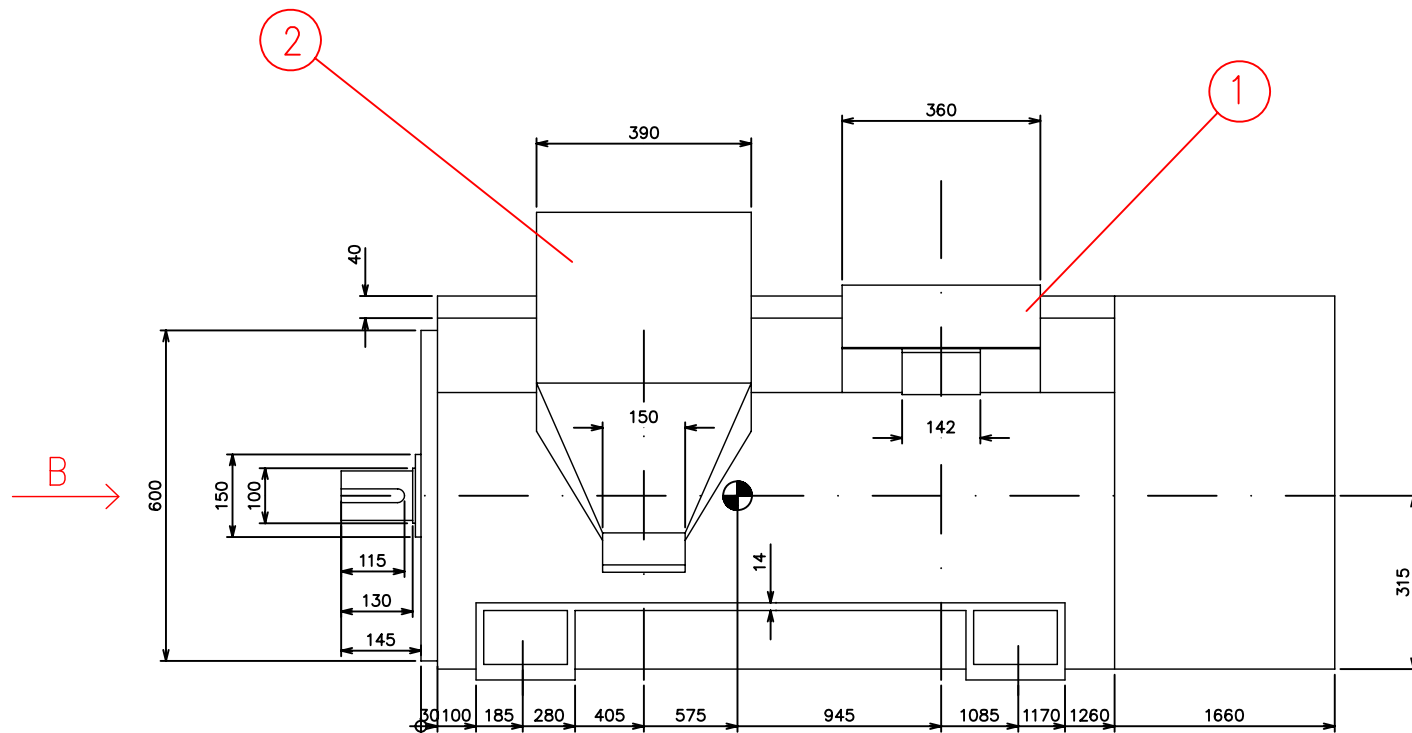
ALUMNO:  
**ÁNGEL BELIZÓN VARGAS**

TITULO:  
**DIAGRAMA TUBERÍAS**


SALIDA TRAZADOR  
**A2**  
 ESCALA:  
**S/E**

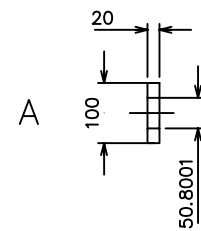
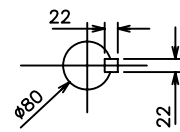
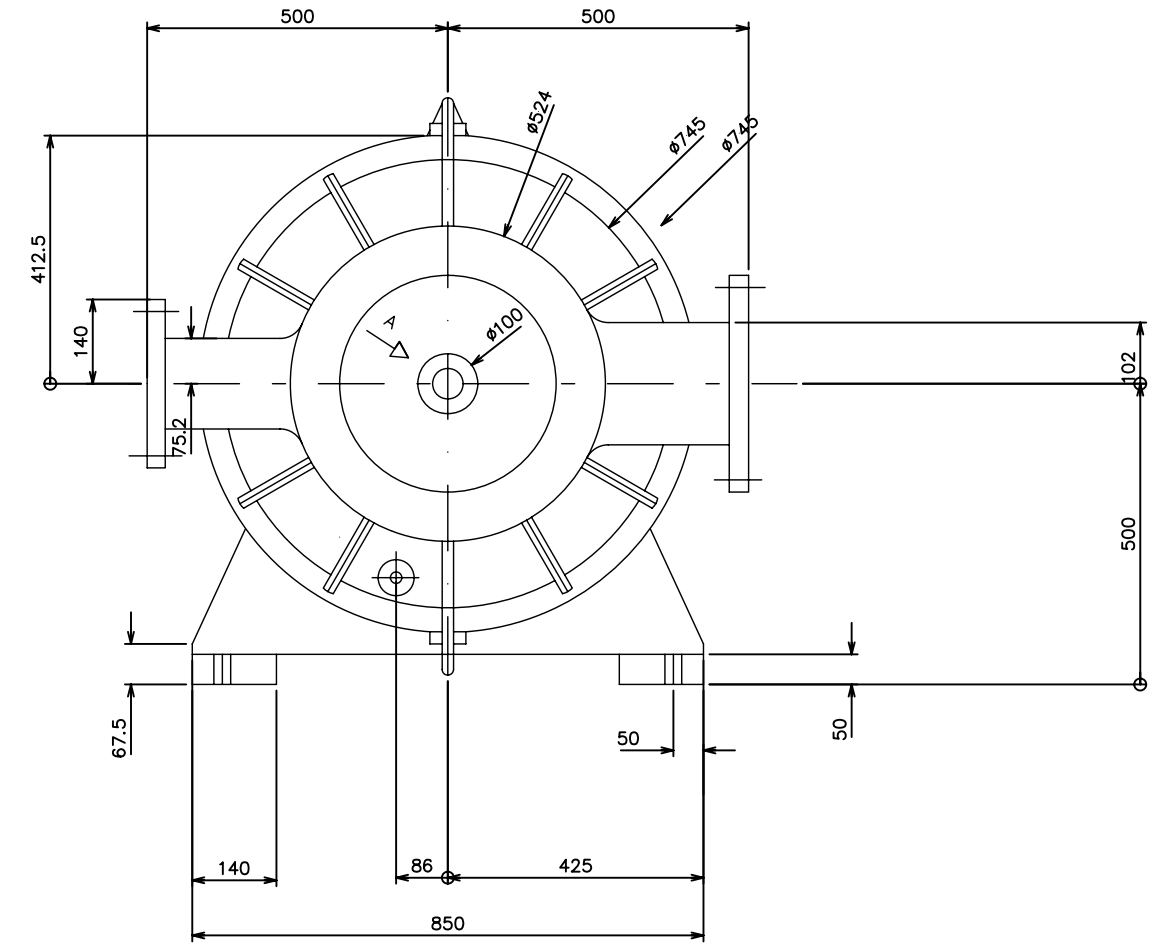
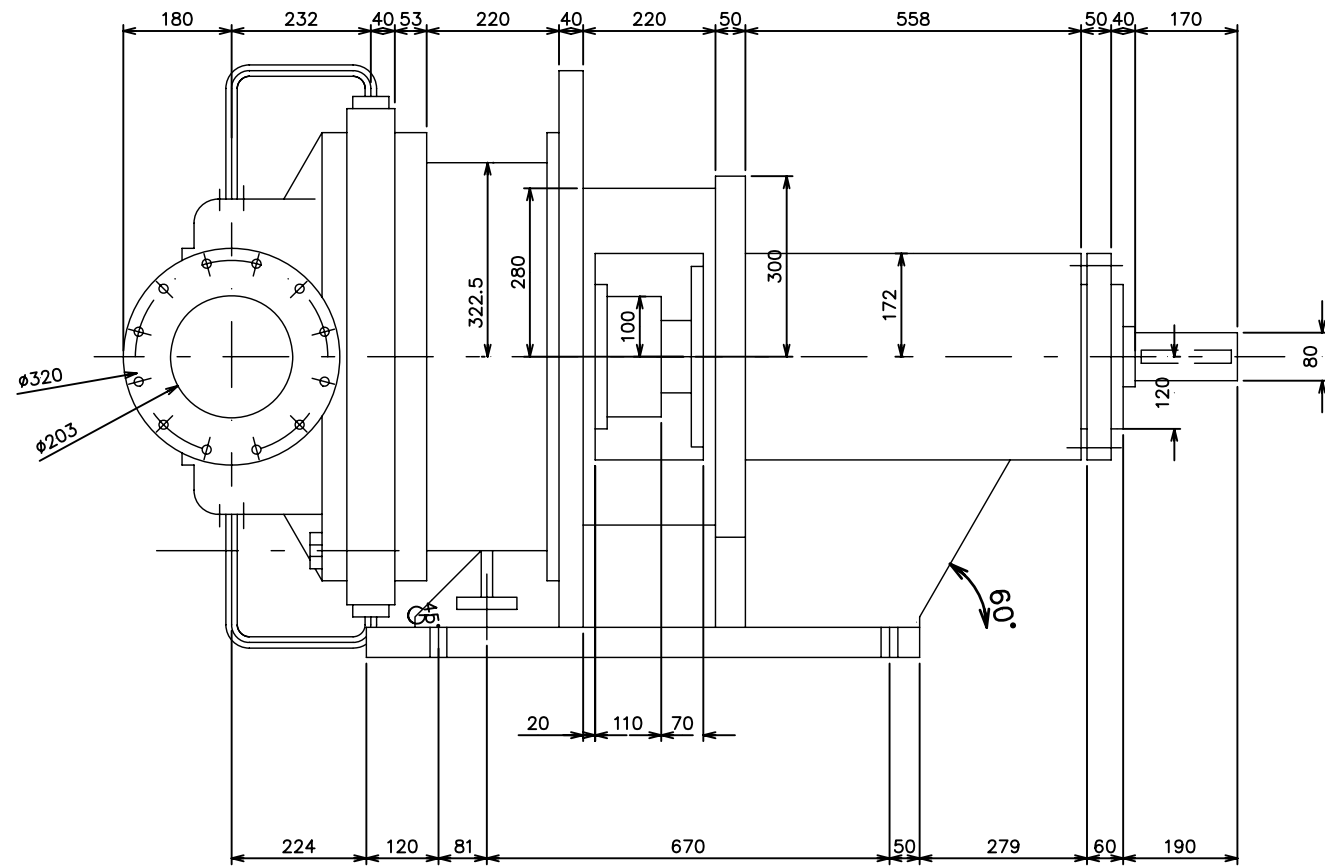
FECHA:  
**20/11/2009**  
 N° de PLANO  
**03**





LEYENDA	
1	Caja de terminales auxiliar
2	Caja de bornas del estator

<b>PROYECTO:</b> DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN PARA LA RECUPERACIÓN DE GASES DE ANTORCHA	FACULTAD DE CIENCIAS   <b>UCA</b> Universidad de Cádiz
<b>ALUMNO:</b> ÁNGEL BELIZÓN VARGAS	SALIDA TRAZADOR <b>A3</b> ESCALA: 1/10
<b>TITULO:</b> <b>MOTOR ELÉCTRICO          SIEMENS</b>	<b>FECHA:</b> 11/05/2011  N° de PLANO <b>04</b>



PROYECTO:  
DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN  
PARA LA RECUPERACIÓN DE GASES  
DE ANTORCHA

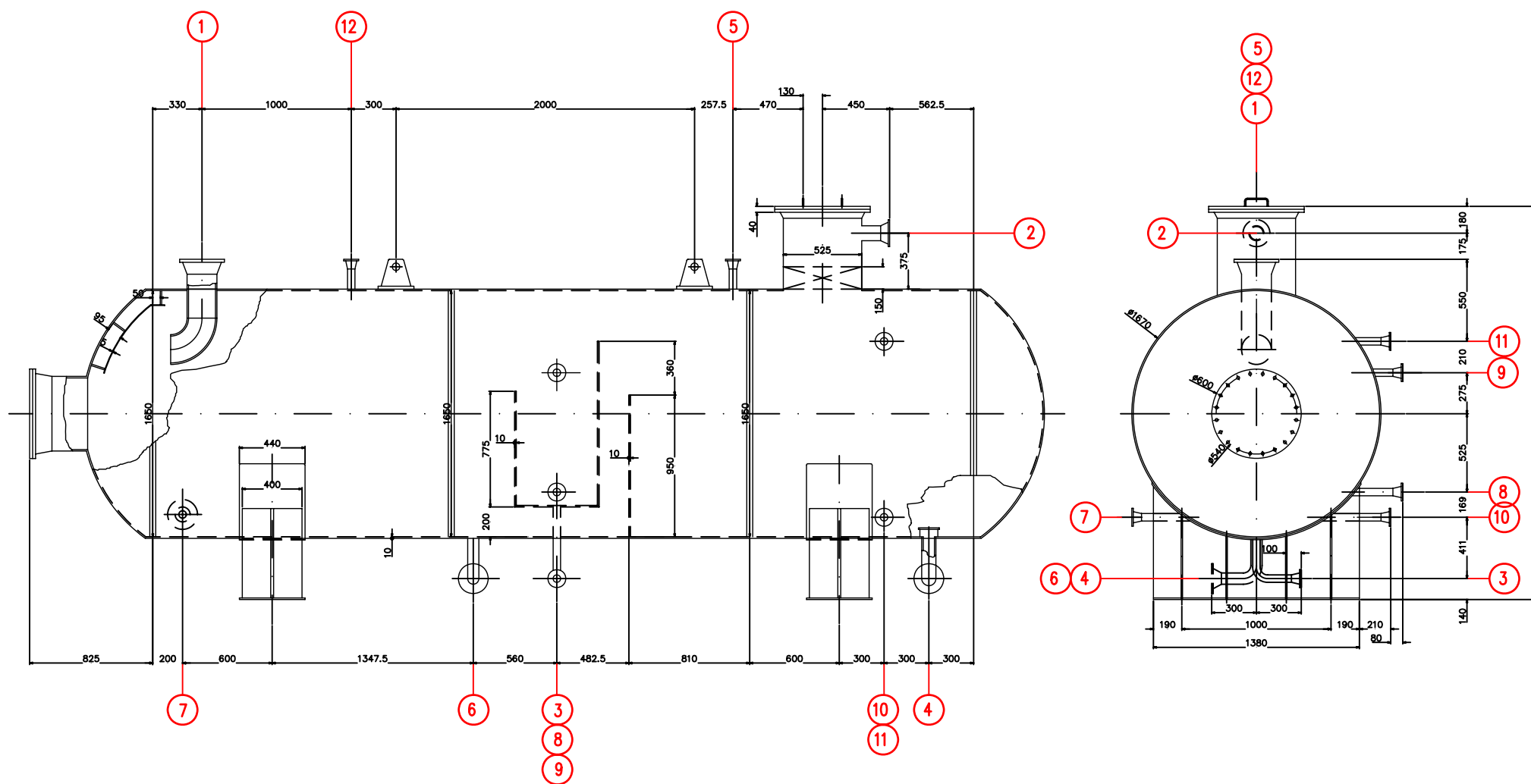
ALUMNO:  
ÁNGEL BELIZÓN VARGAS

TITULO:  
**COMPRESOR**

FACULTAD DE CIENCIAS



SALIDA TRAZADOR <b>A3</b> ESCALA: 1/10	FECHA: 11/05/2011 Nº de PLANO <b>05</b>
--	--



LEYENDA	Diametro	Diametro	
1 Entrada gas/liquido	200 mm	8 Nivel bajo instrum. HC	50 mm
2 Salida gas	50 mm	9 Nivel alto instrum. HC	50 mm
3 Salida HC	50 mm	10 Nivel bajo instrum. agua	50 mm
4 Salida liquido	75 mm	11 Nivel alto instrum. agua	50 mm
5 Venteo	50 mm	12 Valvula de seguridad 12PSV101	37,5 mm
6 Drenaje equipo	75 mm		
7 Entrada liq. puesta en marcha	50 mm		

**PROYECTO:**  
 DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN  
 PARA LA RECUPERACIÓN DE GASES  
 DE ANTORCHA

**ALUMNO:**  
 ÁNGEL BELIZÓN VARGAS

**TÍTULO:**  
 DEPÓSITO SEPARADOR  
 GAS - HC - AGUA

FACULTAD DE CIENCIAS



SALIDA TRAZADOR  
 A3  
 ESCALA:  
 1/10

FECHA:  
 11/05/2011

N° de PLANO  
 06

## **1. OBJETIVO**

El objetivo del presente *Pliego de Condiciones* es definir el conjunto de directrices, requisitos y normas aplicables al desarrollo de las obras del ***Proyecto de una instalación para la recuperación de gases de antorcha***. Contiene las condiciones técnicas normalizadas referentes a los materiales y equipos, el modo de ejecución, medición de las unidades de obra y, en general, cuantos aspectos han de regir en las obras comprendidas en el presente Proyecto. El *Pliego de Condiciones* constituye el documento más importante desde el punto de vista contractual.

El contratista está obligado a ejecutar el proyecto según se especifica en el *Pliego de Condiciones*.

Del mismo modo, la administración podrá conocer de forma detallada las diferentes tareas que se desarrollarán durante la ejecución del Proyecto.

## **2. DISPOSICIONES GENERALES**

Las nuevas instalaciones deberán cumplir al menos los siguientes requerimientos generales:

- El sistema debe localizarse en la zona de Antorchas.
- Debe diseñarse teniendo en cuenta su control desde la sala de control ya existente en la planta.
- Sólo se debe requerir personal para limpieza, puesta en marcha y asistencia para mantenimiento y emergencias.
- El único mantenimiento previsible será cada cuatro años aproximadamente, durante la parada general de la Refinería que se realiza periódicamente.
- Los repuestos que se necesiten en un año deben estar en un almacén de la Refinería.
- La instalación de los equipos y tuberías debe permitir fácil acceso y rápido mantenimiento, así como un elevado grado de seguridad y protección del personal encargado.o

### ***2.1 COMUNICACIÓN Y CORRESPONDENCIA CON LA EMPRESA CONTRATISTA***

Siempre que se pueda, las comunicaciones se realizarán de forma escrita, de manera que pueda guardarse constancia de su recepción y envío, ya sea vía postal, vía

---

mensajería, fax o e-mail. A tal efecto, se proporcionarán las direcciones y números de contacto adecuados.

Las comunicaciones, según su naturaleza, se remitirán a:

- Todas las relacionadas con asuntos técnicos, se dirigirán al responsable y supervisor del Proyecto en Refinería CEPSA Gibraltar
- Todas las relacionadas con asuntos de índole comercial, se dirigirán al Departamento de Compras de Refinería CEPSA Gibraltar

## **2.2. SISTEMA DE UNIDADES**

Todas las dimensiones y otras unidades de medida seguirán el Sistema Internacional (S.I.), excepto en los diámetros y presiones nominales de las tuberías, válvulas y bridas, donde se usarán unidades inglesas (pulgadas/libras). Por tanto, las unidades a utilizar serán:

Tabla I. Unidades de medida

<b>Magnitud</b>	<b>Unidades</b>
Tensión	V
Intensidad	A
Resistencia	$\Omega$
Potencia	W
Peso	Kg
Longitud	mm
Presión	bar o $\text{Kg}/\text{cm}^2$
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$

Excepcionalmente, las unidades de medida en otros sistemas de medida (no métricos) se aceptarán si vienen acompañadas por su equivalencia métrica entre paréntesis.

### **2.3 IDENTIFICACIÓN DE DOCUMENTOS**

Todos los planos de equipos, diagramas, listas de piezas, etc, incluyendo los generados por los suministradores de la empresa contratista, se identificarán con la siguiente información colocada en, o junto al cajetín de identificación:

- N° DE EQUIPO:
- SERVICIO:
- REQUISICIÓN:
- PEDIDO:
- CONTRATO:
- CLIENTE: Refinería CEPSA Gibraltar
- LOCALIDAD: San Roque ( Cádiz)
- PROYECTO: Proyecto de una instalación para la recuperación de gases de antorcha.

El vendedor puede obtener esa información de la requisición del equipo y de la orden de compra. No debe hacerse referencia a los números de revisión que se indican en las órdenes de compra, o en las requisiciones.

Adicionalmente se incorporará cualquier referencia requerida por Refinería CEPSA Gibraltar.

### **2.4 CONTRADICCIONES, ERRORES O CONFLICTOS ENTRE NORMATIVAS.**

En el caso de contradicción entre los planos y el pliego de prescripciones técnicas, prevalecerá lo indicado en este último. Lo mencionado en el pliego de prescripciones técnicas y omitido en los planos o viceversa, habrá de ser aceptado como si estuviese expuesto en ambos documentos, siempre que, a juicio del director de obras, quede suficientemente definida la unidad de obra correspondiente y esta tenga precio en el contrato.

De todas formas, cualquier conflicto entre normas, códigos y especificaciones comprendidas en la realización del proyecto, le será comunicado a Refinería CEPSA Gibraltar antes de continuar cualquier fase de diseño, fabricación, compra, etc.

## **2.5 GARANTÍAS**

Las garantías del fabricante o distribuidor sobre los materiales y equipos adquiridos se ajustarán a las indicaciones de las correspondientes órdenes de compra por parte de Refinería CEPSA Gibraltar.

El suministrador que no sea fabricante de los productos que vende deberá someter a la aprobación de Refinería CEPSA Gibraltar los fabricantes de los materiales objeto de la orden de compra. Refinería CEPSA Gibraltar rechazará aquellos materiales cuyo fabricante, a su juicio, no merezca su total confianza.

El contratista deberá mantener un control adecuado de los materiales utilizados y un archivo de los certificados de propiedades físicas y mecánicas. Estos certificados serán suministrados por el vendedor cuando se realice la inspección.

Una vez efectuada la instalación y su puesta en marcha, el contratista será responsable del correcto funcionamiento de los equipos durante el período de garantía, encargándose Refinería CEPSA Gibraltar de su operación y mantenimiento.

## **2.6 CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO E INSTALACIÓN**

Cada equipo dispondrá de su propio manual de instrucciones y mantenimiento, en el cual el fabricante recomienda las condiciones adicionales para su buen funcionamiento de uso, adecuado mantenimiento y seguridad.

Adicionalmente se incluirán procedimientos de puesta en marcha, de parada y de búsqueda de errores en la operación de los equipos.

Bajo condiciones normales de funcionamiento, la instalación deberá ser capaz de permanecer funcionando a pleno rendimiento en servicio continuo, las 24 horas del día.

## **2.7 ACEPTACIÓN DE OFERTAS**

El contratista certificará en su oferta el cumplimiento de todas las especificaciones aplicables incluyendo todas sus excepciones a las mismas en una sección única de la oferta, titulándola “Excepciones”.

Cualquier particular de la requisición o de las especificaciones que no se haya incluido en dicha sección se considerará como aceptado por el contratista a todos los efectos.

Refinería CEPSA Gibraltar se reserva el derecho de no aceptar, ni considerar, cualquier oferta que no este completamente de acuerdo con las requisiciones y especificaciones correspondientes, y/o no incluya toda la información que se pide en ellas y en este *Pliego de Condiciones*.

## **2.8 REPUESTOS**

Adjunto a la oferta de los equipos, y por separado, el vendedor enviará oferta de piezas de repuesto recomendadas para la puesta en marcha y el tiempo de operación que se especifique en la requisición de material, o documentos adjuntos. Esta oferta incluirá la lista de repuestos recomendados, incluyendo precios unitarios.

Una vez recibido el pedido, el vendedor suministrará la siguiente información sobre repuestos:

- Lista de repuestos actualizada, incluyendo precios unitarios.
- Lista de partes y planos seccionales que permitan identificar las diferentes piezas.

Cuando el vendedor suministre más de un equipo para el proyecto, deberá existir la máxima intercambiabilidad entre los componentes de estos equipos.

## **2.9 TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE EQUIPOS Y MATERIALES**

El contratista será el responsable del suministro, transporte, carga, descarga, almacenamiento, custodia, manipulación y conservación de todos los materiales o equipos que formen parte de su suministro, hasta su instalación y aceptación por parte de Refinería CEPSA Gibraltar.

Todos los equipos y materiales deberán transportarse y almacenarse debidamente protegidos contra daños mecánicos, agentes corrosivos, etc.



### **3. ESPECIFICACIONES DE PLANTA Y BASES DE DISEÑO**

#### ***3.1 CONDICIONES GENERALES DE LA PLANTA***

La planta quedará instalada en los terrenos de Refinería CEPSA Gibraltar. La ubicación definitiva de la misma se hallará en la zona de Antorchas de la Refinería.

El proceso de recuperación consta principalmente de la etapa de compresión, donde el gas es comprimido junto al agua del anillo líquido y de una etapa de separación, donde se separan las fases de agua, hidrocarburo líquido y gas.

La planta compartirá las instalaciones de los servicios auxiliares ya existentes dentro de la Refinería CEPSA Gibraltar, pues el sobredimensionamiento de estos lo permite.

La construcción de la planta en su totalidad se contratará con una sola ingeniería, la cual se hará responsable de la dirección y realización de la misma en el plazo concertado. Esta ingeniería puede subcontratar partes de la construcción. Además esta ingeniería deberá coordinarse con la ingeniería proveedora de los equipos.

Se considerará un factor de utilización de la planta de 356 días al año, equivalente a 8.760 horas por año.

La secuencia de ejecución del presente proyecto se realizará de acuerdo con el siguiente orden:

1. Trabajos topográficos.
2. Realización de los movimientos de tierra y explanaciones.
3. Obras de infraestructura y cimentaciones.
4. Estructuras.
5. Recepción de equipos y su correspondiente montaje.
6. Prueba de los equipos.
7. Puesta en marcha.
8. Entrega de la planta.

La instalación y montaje se ajustará a los planos y especificaciones señaladas en la presente documentación. La prueba de cada equipo será supervisada por personal de Refinería CEPSA Gibraltar para su visto bueno.

Independientemente de lo señalado en el punto anterior, la ingeniería contratada se hará responsable de que todo el proceso constructivo acate las reglamentaciones oficiales y normativa vigente del Gobierno Español, así como de cualquier otra autoridad autonómica o local que tenga jurisdicción sobre tales aspectos.

Los materiales y equipos serán inspeccionados por la firma contratada y por personal de Refinería CEPSA Gibraltar, de acuerdo con las especificaciones de este proyecto. Todo el material defectuoso deberá ser reemplazado.

Las correspondientes licencias, trámites administrativos y permisos oficiales inherentes a este proyecto, serán evacuados por el departamento jurídico de la firma contratada, si bien se hará notificación por escrito a Refinería CEPSA Gibraltar, reservándose ésta la facultad de intervenir en los mismos.

A efectos del presente proyecto, en cualquiera de las fases de su desarrollo, cuando hubiera discrepancia entre normas o especificaciones de prefijado cumplimiento, se aplicará siempre la de carácter más severo, a excepción de cuando esta aplicación pudiera dar lugar al incumplimiento de una normativa oficial.

### **3.1.1 Condiciones del emplazamiento**

El terreno donde está situada la Unidad es Clase I, Zona 2 según la clasificación CENELEC. El terreno se encuentra a nivel del mar.

El clima de la zona del Campo de Gibraltar se puede definir como templado, de transición entre el mediterráneo y el oceánico, caracterizado por unas condiciones de temperaturas suaves y regulares.

### **3.2 BASES DE DISEÑO. PRODUCCIONES Y RENDIMIENTOS**

La capacidad de diseño de la planta es de 1500 m<sup>3</sup>/h. Con esta capacidad de la Unidad, la masa de gas entrante anual en la planta, será:

Tabla II. Toneladas de gas anuales recuperadas para el 100% de recuperación

		<b>DIFERENTES TIPOS DE GASES</b>			
		<b>A. PWF</b>	<b>B. Típico antorcha</b>	<b>C. LPG</b>	<b>D. H<sub>2</sub></b>
<b>Peso recuperado (kg/h)</b>		<b>878</b>	<b>1281</b>	<b>2286</b>	<b>413</b>
<b>Componente</b>	<b>Peso molec.</b>	Tm	Tm	Tm	Tm
<b>SH<sub>2</sub></b>	34,076	0,0	134,7	0,0	0,0
<b>H<sub>2</sub></b>	2,016	4299,4	4253,0	480,6	2894,3
<b>C<sub>1</sub></b>	16,042	1346,0	2132,1	660,8	180,9
<b>C<sub>2</sub></b>	30,068	638,4	1324,1	3604,6	0,0
<b>C<sub>3</sub></b>	44,094	430,7	1234,4	9411,9	0,0
<b>C<sub>4</sub></b>	58,12	730,7	1458,8	4766,0	0,0
<b>C<sub>5</sub></b>	72,146	223,0	471,3	400,5	0,0
<b>C<sub>6</sub></b>	84,156	23,1	168,3	60,1	0,0
<b>NH<sub>3</sub></b>	17,032	0,0	33,7	0,0	0,0
<b>Vapor Agua</b>	18,016	0,0	11,2	640,8	10,9
<b>CO</b>	28,01	0,0	0,0	0,0	265,9
<b>CO<sub>2</sub></b>	44,01	0,0	0,0	0,0	265,9
<b>Gas anual recuperado (Tm)</b>		<b>7691,3</b>	<b>11221,6</b>	<b>20025,4</b>	<b>3617,9</b>

El rendimiento esperado de la Unidad, teniendo en cuenta las posibles paradas es alrededor del 70%. Por lo tanto, se recuperará según el tipo de gas:

Toneladas de gas anuales recuperadas para 70% de recuperación

		<b>DIFERENTES TIPOS DE GASES</b>			
		<b>A. PWF</b>	<b>B. Típico antorcha</b>	<b>C. LPG</b>	<b>D. H<sub>2</sub></b>
<b>Gas anual recuperado (Tm)</b>		<b>5383,9</b>	<b>7855,1</b>	<b>14017,8</b>	<b>2532,5</b>

### 3.3 NECESIDADES DE MANO DE OBRA

Debido a la automatización del proceso, no se considera necesario el aumento de mano de obra en las labores de operación de la instalación.

### **3.4 SERVICIOS GENERALES**

Se considera a los servicios ya existentes suficientemente capaces de llevar a cabo las nuevas tareas sin realizar ampliaciones en los mismos.

## **4. ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS Y MATERIALES**

### **4.1 ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS Y MATERIAL ELÉCTRICO**

#### **4.1.1 Motor**

El motor eléctrico será instalado en el área de Antorchas , zona 2 clase I según la clasificación CENELEC de áreas peligrosas. Por esta razón, constará de protección *Ex* e IP55, y el aislamiento deberá ser Clase F para utilización como Clase B. Independientemente del grado de protección según CENELEC aplicado a la carcasa, las cajas de bornas tendrán un grado de protección IP55.

La normativa de protección aplicable a los motores que estén instalados en este tipo de áreas es la EN 60 034-1 ó la IEC 34-1. Según esta normativa, motores deberán ser de clase industrial, para servicio pesado continuo, apropiados para su instalación en una planta petroquímica a nivel del mar.

Las características del motor son:

- Marca: Siemens
- Peso total: 2150 Kg
- P: 280 kW
- Tensión nominal: 6,3 kV
- Velocidad nominal: 987 rpm
- Número de polos: 6
- Frecuencia: 50 Hz
- Par nominal: 2709 Nm
- Intensidad nominal: 33 A
- Rendimiento nominal: 94,9%
- $\text{Cos}\phi$ : 0,82

La puesta a tierra se realizará mediante dos 2 bornes roscados M-10, fijos a la carcasa del motor situados en el exterior del motor.

---

La caja de bornas del estator permitirá secciones de cable de hasta 240 mm<sup>2</sup>, mientras que la caja de bornas de los circuitos auxiliares permitirá secciones de cable de hasta 4 mm<sup>2</sup>. En esta caja irán conectadas las sondas Pt100.

El motor estará refrigerado por aire, con la carcasa de protección del ventilador totalmente cerrada. Tanto la carcasa del motor como la caja de conexiones deberán ser de fundición de hierro o de acero inoxidable. Además, el motor dispondrá de una toma de aire comprimido para evacuar posibles gases combustibles antes del arranque.

El motor deberá disponer de amarres para su elevación durante el transporte y montaje, capaces de soportar el peso del motor.

La placa de características deberá ser de acero inoxidable, y deberá situarse en lugar bien visible y accesible para su consulta.

El nivel de ruido no podrá exceder en ningún momento los 85 dBA a una distancia de 1 metro de la superficie del motor, funcionando éste a tensión nominal.

#### **4.1.2 Cabina de 6.3 kV**

La cabina de M/T (6,3 kV) alimenta al motor del compresor, con una potencia de 280 KW. Esta cabina se montará ensamblada en el cuadro existente de 6,3 kV de fabricación MESA, que Refinería CEPESA Gibraltar tiene instalado en la Subestación-101. Más concretamente, la cabina se ensamblará al lado derecho de la cabina 7B correspondiente al motor MP-1005-B.

La cabina tiene siguientes condiciones de servicio:

- Tensión nominal: 7,2kV
- Intensidad nominal: 1250 A
- Intensidades de cortocircuito: Cresta: 75 kA  
Simétrica: 30 kA

La cabina tendrá un grado de protección mínimo de IP3X según CEI 298, será adecuada para uso general, auto-soportante, para montaje sobre el suelo, del tipo Metalclad y diseño normalizado, para acoplarla al cuadro de 6,3 kV existente. La cabina será de frente sin tensión, con interruptor automático extraíble.

La cabina será completamente montada en fábrica incluyendo montaje y cableado completos, de forma que en obra solamente sea necesario acoplarla mecánicamente al cuadro existente, para el conexionado de los embarrados de fuerza y auxiliares y realizar las conexiones de control.

La cabina dispondrá de las barreras de propagación de arcos, según se detallan en la IP 16-12-1, párrafo 6.3.

La cabina estará perfectamente compartimentada para proporcionar alojamientos metálicos cerrados, individuales para los interruptores automáticos, embarrados, transformadores de intensidad, transformadores de tensión, instrumentos y relés, conexionado de cables, etc. En el frente de la cabina se dispondrá una puerta metálica en la que se instalarán los relés, instrumentos y aparatos de medida y control.

Se instalará una resistencia de caldeo. El control de esta resistencia de caldeo se realizará según se indica en la Exxon International Practice IP 16-12-1, párrafo 9.1. a 9.3. La tensión de alimentación a esta resistencia será de 220 V monofásica.

El fondo de cabina estará cerrada, incluso en el compartimento de salida de cables con un chapa metálica de separación con la zanja. En la chapa se practicarán las aberturas para el paso de cable. Las puertas y aberturas tendrán juntas de neopreno. Las puertas deberán cerrarse fácilmente con seguridad sin que sea necesario el uso de herramientas especiales.

Todos los equipos de la cabina deberán ser accesibles para pruebas o mantenimiento, desde la parte anterior y/o posterior sin interferir con ningún otro equipo adyacente. Los interruptores automáticos deberán ser accesibles desde el frente de la cabina abriendo la puerta correspondiente. Todas las entradas de cables se harán por la parte inferior del cuadro.

Todos los equipos auxiliares se montarán de forma que resulten fácilmente accesibles. Se podrá efectuar el ajuste y mantenimiento de los relés sin que haya que desconectar el suministro a otros equipos, ni siquiera a los equipos protegidos por los relés que se estén revisando o ajustando.

Se podrá efectuar la conexión de cualquier cable a una celda sin necesidad de tomar ninguna precaución especial incluso estando las barras en tensión y habiendo otras unidades en servicio. El color de la pintura será igual a la de las cabinas existentes.

---

Todos los tornillos, pernos, tuercas y arandelas de acero estarán cadmiados, galvanizados o en todo caso tratados de manera que se les proteja contra la corrosión. Un tratamiento protector semejante se aplicará a todas las piezas de acero que no vayan pintadas, a menos que sean partes móviles en cuyo caso deberán ir engrasadas de forma conveniente.

El fabricante de las cabinas suministrará la botella de terminales para cable de M/T 3 x 70 mm<sup>2</sup>. Una de las botellas será para el cable de acometida a la cabina. El cable será del tipo PPJMV.

En cualquier caso se deberán suministrar, con las cabinas, los terminales para los conductores de 70 mm<sup>2</sup> del cable 3 x 70 6/10 kV.

#### **4.1.3 Interruptor Automático**

Las características del interruptor automático son:

- Interruptor tripolar SF6 tipo LF2.
- Fabricante: M. GERIN
- Tensión nominal: 12 kV
- Intensidad nominal: 1250 A

Tendrá como mínimo 4 contactos auxiliares N.A. y 4 N.C. o más si son necesarios. Todos los contactos auxiliares se cablearán a bornas exteriores.

El interruptor tendrá que ser intercambiable con los existentes en las cabinas de las Subestación-101.

La intensidad admisible del interruptor será como mínimo la suficiente para permitir el paso durante un segundo de la intensidad de cortocircuito, sin que se produzca en ningún caso daño en el interruptor o en su equipo auxiliar.

El accionamiento del interruptor tendrá almacenamiento de energía, por resortes que se cargarán automáticamente con un motor eléctrico, con posibilidad de cargarlos manualmente. La tensión será de 125V.

El interruptor podrá efectuar como mínimo tres ciclos completos por hora espaciados no más de quince minutos entre sí. La tensión auxiliar de control será 125V tanto para el cierre como para la apertura.

El interruptor será del tipo completamente desenchufable con una posición intermedia en la cual sólo estarán conectados los circuitos de control. Además, se dispondrán obturadores que impidan los contactos accidentales con partes en tensión cuando el interruptor esté completamente extraído.

Se dispondrán los enclavamientos mecánicos indicados en el párrafo 7.15. de la Exxon International Practice IP 16-12-1. Se suministrará contador de maniobras.

El interruptor tendrá señalización mecánica con la indicación “Abierto-Cerrado” y luminosa por medio de pilotos. Las lámparas tendrán protección individual por fusibles. Las lámparas de señalización serán como sigue:

- Roja: Indica que el interruptor está cerrado.
- Verde: Indica que el interruptor está abierto.
- Amarilla: Preparado

El interruptor deberá llevar una pinza de puesta a tierra de manera que el bastidor del interruptor se ponga a tierra antes de que las pinzas de fuerza entren en contacto con las barras.

#### **4.1.4 Embarrados**

##### *Barras Principales*

Las barras principales serán de cobre electrolítico de alta conductividad estirado en frío y serán adecuadas para el servicio continuo y de cortocircuito indicado en el apartado *4.1.1 General*.

Las uniones de las barras principales se harán por medio de tornillos de acero de alta resistencia con tuercas, arandelas y demás dispositivos que impidan el aflojamiento de la misma. Todos estos elementos deberán estar galvanizados o cadmiados.



El compartimento de las barras principales deberá ser completamente independiente de construcción robusta.

Los soportes de las barras y los separadores de las mismas se harán con un material aislante no higroscópico de alta calidad. Después de ser tratadas, las barras se identificarán ya sea por pintura o manguito de PVC, usando el mismo código de colores que los existentes.

La secuencia de las fases en las barras serán R.S.T. con la fase S en el medio, y la fase R en las siguientes posiciones mirando el cuadro de frente:

- 1) Arriba para disposición en línea vertical.
- 2) Delante para disposición en línea horizontal.
- 3) A la izquierda para las barras verticales.

En el compartimento de las barras principales no se podrá instalar ningún otro tipo de cableado auxiliar.

#### Barra de tierra

Se instalará una barra de tierra horizontal, montada en la parte inferior a lo largo del cuadro, para realizar la puesta a tierra de todas las partes sin tensión de los equipos y las armaduras de los cables.

La sección mínima para la barra de tierra será de 300 mm<sup>2</sup>. En cada extremo de la barra de tierra se dispondrá un terminal adecuado para conexión de cable de cobre de 70 mm<sup>2</sup> de sección.

#### Embarrados Auxiliares

Además de los anteriores, se dispondrán los siguientes embarrados auxiliares.

- Trifásico 380/220 V y 50 c/s para resistencias de calefacción del cuadro, del motor y del contador horario.
- 125 V en corriente continua para control y señalización.

#### **4.1.5 Transformadores para Medida y Protección**

Los transformadores de intensidad serán del tipo seco, encapsulados en resina epoxy o similar. Los terminales primarios y secundarios irán marcados de forma indeleble.

Los transformadores de intensidad no estarán montados en los interruptores automáticos, sino en la parte fija de la celda. El primario de los transformadores de intensidad se conectará en el lado de la carga del interruptor para que queden desenergizados cuando el interruptor esté abierto o desenchufado.

Deberán ser capaces de soportar los efectos térmicos, producidos por el paso de la corriente de cortocircuito durante un segundo y los esfuerzos dinámicos correspondientes a su valor de pico. Los valores mínimos aceptables para la intensidad térmica y dinámica será  $300 I_n$  y  $500 I_n$  respectivamente.

La intensidad secundaria será:

- 5 Amperios para medida y protección del M-12100.
- 1 Amperio para medida remota.

Los transformadores de intensidad deberán tener suficiente precisión para, en caso de sobrecarga y/o cortocircuito, garantizar la operación correcta de los relés y la selectividad del sistema de protecciones.

Se instalarán los siguientes transformadores de intensidad para medida y protecciones:

- Tres T.I. 30/5-5A, 15VA, Cl. 0.5, 5P10, tipo ACH-36 de ARTECHE.
- Para llevar la señal de intensidad al amperímetro local, se dispondrá de un T.I. 5/1A, 10 VA, Cl. 0.5, tipo IFP-0 de ARTECHE.

#### **4.1.6 Control y Protecciones**

Los aparatos de control se montarán en la puerta superior del frente del cuadro. El relé se instalará en la parte superior de las celdas en una puerta independiente de la del interruptor. Además todos los aparatos de control deberán llevar dispositivos de seguridad para evitar disparos accidentales.

El control se realizará según se indica en la Exxon International Practice IP 16-12-1, párrafos 6.22 a 6.25. siendo la tensión de control de 125 V en corriente continua.

El control de los interruptores se realizará según la Exxon International Practice IP 16-12-1, párrafos 8.1. a 8.3. y IP 16-12-2.

Se instalarán los siguientes relés de Protección y Auxiliares:

- Un relé de protección a motor, tipo 269 Plus, montaje extraíble de GE Multilin (funciones 46, 49, 50, 51N, 51R, 37 y 66)
- Un relé auxiliar de rearme, tipo HAS WB, de GE Multilin (función 86)

#### **4.1.7 Aparatos de Medida**

Los amperímetros serán del tipo empotrado, preferentemente de forma cuadrada 90 x 90 mm., longitud de escala de al menos 125 mm., escala 0 - 30 A a 90° y Cl. 1.5, tipo EC3V, de SACI. Los amperímetros serán de escala 0 - 30 A, comprimida al final hasta 6 veces en la intensidad nominal del motor. Tendrán una marca roja en el valor de la intensidad nominal.

Se instalarán los siguientes aparatos de medida en la puerta superior del frente de la cabina:

- Tres amperímetros para señalar la intensidad del motor.
- Se instalará un contador de tiempo de funcionamiento.
- Un contador de energía activa, simple tarifa, con emisor de impulsos, trifásico, de 3 hilos, montaje empotrado.

#### **4.1.8 Alarmas**

En la cabina se cableará a bornas:

- Una alarma por disparo de protecciones.
- Una alarma por falta de tensión.
- Dos alarmas por interruptor enchufado y cerrado.
- Una alarma anomalía.
- Una alarma preparado para arrancar.

#### **4.1.9 Cableado, Terminales y Accesorios**

El cableado deberá realizarse hasta las regletas terminales y conectores. Las regletas terminales, conectores y los extremos de cables deberán estar debidamente identificadas de acuerdo con los diagramas de cableado y estarán dimensionadas de forma adecuada.

Las regletas terminales estarán situadas de forma accesible y con suficiente espacio para facilitar su inspección y mantenimiento. Se dispondrán todos los contactos auxiliares, terminales y cualquier otro tipo de accesorios para completar todos los requisitos indicados en esta especificación.

La sección mínima para los cables secundarios de los transformadores de intensidad será  $4 \text{ mm}^2$ . La puesta a tierra del neutro será independiente hasta la barra de tierra para cada sistema trifásico de transformadores de intensidad.

#### **4.1.10 Bandejas y telex-rail.**

Se utilizarán bandejas para soportar el tendido de los cables de fuerza y mando por el nuevo pipe-rack que va a ser instalado. En el trayecto desde la Subestación-101 hasta el comienzo del nuevo pipe-rack ya existen bandejas con espacio suficiente para ser utilizadas.

Las bandejas serán de acero galvanizado, igual que los accesorios como codos, tes, cambios de plano, etc.. A falta de éstos, para evitar retrasos, se podrán utilizar accesorios hechos a partir de tramos rectos de bandejas.

La distancia entre los soportes de las bandejas no será mayor de 750 mm y se fabricarán de forma que permitan un acceso razonable por la parte posterior para poder introducir las manos y fijar las bandejas.

Las uniones entre tramos deberán asegurarse convenientemente con los accesorios adecuados y con tornillos y tuercas galvanizadas.

Se utilizará telex-rail en general para los recorridos de cables individuales entre bandejas y elementos de mando y control de motores.

Las uniones de telex-rail se realizarán con piezas fabricadas por el contratista. Las curvas y cambio de plano se fabricarán en obra o a partir de tramos rectos. Las demás características que deberá cumplir el telex-rail serán como las descritas para bandejas.

## **4.2 ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS Y MATERIAL MECÁNICO**

### **4.2.1 Compresor C-12100**

#### Datos generales del compresor

- Modelo: AB1500
- Fabricante: GARO
- Número de etapas: 2
- Caudal nominal: 1500 m<sup>3</sup>/h
- Normativa aplicable: API 681, Liquid Ring Vacuum Pump and Compressor Systems for Refinery Service.

#### Sistema de anillo líquido

- Sistema de recirculación total
- Servicio: continuo
- Tipo de líquido: agua tratada
- Temperatura de suministro:
  - Normal: ambiente
  - Máxima: 65 °C
- Caudal nominal de recirculación: 28-30 m<sup>3</sup>/h
- Caudal de renovación de agua: 0,4-0,8 m<sup>3</sup>/h
- Volumen del sistema: 6 m<sup>3</sup>
- Presión de diseño: 900 kPa.g

#### Ruido

- Normativa aplicable: ISO2204
- Nivel máx.: 85 dB(A) a 1 metro.
- Caseta de insonorización: No

#### Velocidad

- Máxima continua: 1200 rpm

- Velocidad de bloqueo: 1300 rpm
- Mínima estable: 900 rpm

Otros

- Cojinetes: acero
- Material del revestimiento: 316 L. Acero inoxidable
- Presión máxima diseño del revestimiento: 1260 kPa.g
- Material del rotor: 316 L. Acero inoxidable
- Material del sello (según clasificación API): 682 CARTRIDGE
- Tipo de sello: sello doble presurizado
- Fluido del sello: agua
- Tuberías del sello: acero inoxidable, roscadas

**4.2.2 Depósito separador D-12100**

- Servicio: separador gas / líquido / líquido
  - Presión de diseño: 9 barg
  - Presión de operación: 6 barg
  - Temperatura de diseño: 80 °C
  - Temperatura de operación: 48 °C
  - Temperatura mínima de diseño: -1 °C
  - Espesor de corrosión permitido: 3 mm
  - Volumen: 12,9 m<sup>3</sup>
  - Diámetro interior: 1650 mm
  - Longitud: 5500 mm
  - Velocidad del viento: 145 km/h
  - Número de baffles antivórtex: 2
  - Material carcasa: ASTM A 516 Gr. 60
  - Material del fondo: ASTM A 516 Gr. 60
  - Material de los soportes: ASTM A 516 Gr. 60
  - Material de los nudos (bocas): ASTM A 106 Gr. B
  - Material bridas: ASTM A 105
  - Material interior: ASTM A 516 Gr. 60
  - Material de los pernos: ASTM A 193 Gr. B7 / A 194 Gr. 2H galvanizado
  - Material de las juntas: espiral enrollada según ASME B16.20
  - Material de la chapa de marcado: acero inoxidable de 3 mm de espesor
  - Normativa aplicable: ASME VIII Div 1, IP 5-1-1, IP 5-3-1, IP 3-16-1, IP 18-7-1, PED 97/23/EC.
-

- Test: GARO ITP 01523 REV. 1

#### **4.2.3 Intercambiador de calor E-12100**

- Tipo: Carcasa-tubos. Tipo TEMA BET
- Servicio: enfriador del anillo líquido mediante agua
- Superficie efectiva: 38,1 m<sup>2</sup>
- Calor intercambiado: 0,235 MW
- Sobredimensionado en operación normal: 10%
- M.T.D corregida: 11,4 °C
- Coeficiente de transferencia global\_ 550 W/m<sup>2</sup> °C
- Número de tubos: 191
- Diámetro exterior: 19,05 mm
- Espesor: 1,65 mm
- Longitud: 3500 mm
- Material de los tubos: A 249 TP 316 L
- Material de la carcasa: A 106 Gr. B
- Normativa aplicable: TEMA Clase C - ASME VIII Div 1 L Edition - PED 97/23/CE

#### Lado de los tubos

- Agua entrante: 30000 kg/h
- Agua saliente: 30000 kg/h
- Densidad líquido entrante: 996 kg/m<sup>3</sup>
- Densidad líquido saliente: 993 kg/m<sup>3</sup>
- Capacidad calorífica líquido entrante: 4,177 KJ/Kg°C
- Capacidad calorífica líquido saliente: 4,175 KJ/Kg°C
- Viscosidad líquido entrante: 0,797 cP
- Viscosidad líquido saliente: 0,69 cP
- Temperatura de operación de la entrada: 29 °C
- Temperatura de operación de la salida: 35,8 °C
- Presión de operación de la entrada: 5.5 bar a
- Presión de operación de la salida: 5 bar a
- Caída de presión: 0,5 bar a
- Factor de ensuciamiento F: 0,0003 m<sup>2</sup>C/W
- Temperatura de diseño: 80 °C
- Presión de diseño: 8 bar a

- Número de pasos: 6
- Tamaño nudo de entrada: 3”
- Tamaño nudo de salida: 3”
- Espesor de corrosión permitido: 0 mm

#### Lado de la carcasa

- Agua entrante: 29000 kg/h
- Agua saliente: 29000 kg/h
- Densidad líquido entrante: 989 kg/m<sup>3</sup>
- Densidad líquido saliente: 992 kg/m<sup>3</sup>
- Capacidad calorífica líquido entrante: 4,175 KJ/Kg°C
- Capacidad calorífica líquido saliente: 4,175 KJ/Kg°C
- Viscosidad líquido entrante: 0,556 cP
- Viscosidad líquido saliente: 0,663 cP
- Temperatura de operación de la entrada: 48 °C
- Temperatura de operación de la salida: 41 °C
- Presión de operación de la entrada: 7 bar a
- Presión de operación de la salida: 6 bar a
- Caída de presión: 1 bar a
- Factor de ensuciamiento F: 0,00034 m<sup>2</sup>°C/W
- Temperatura de diseño: 80 °C
- Presión de diseño: 10 bar a
- Número de pasos: 1
- Tamaño nudo de entrada: 6”
- Tamaño nudo de salida: 6”
- Espesor de corrosión permitido: 3 mm

#### **4.2.4 Filtros**

##### Filtros de agua de recirculación

- Número de filtros: 2
  - Fluido: agua
  - Capacidad normal: 29,1 m<sup>3</sup>/h
  - Presión normal: 6 bar a
  - Presión de diseño: 10 bar a
  - Temperatura operación: 41°C
-



- Temperatura de diseño: 80°C
- Peso molecular: 18 g/mol
- Componentes corrosivos: H<sub>2</sub>S (pH=4)
- Grado de filtración: 150 micras
- Eficiencia: 99%
- Caída de presión normal: 0,1 bar
- Caída de presión máxima permitida: 0,7 bar
- Material del cuerpo: acero al carbono
- Material de la cubierta: acero al carbono
- Material de los nudos: acero al carbono
- Material de los elementos filtrantes: AISI 304 ó 316
- Material de las partes internas: AISI 304 ó 316
- Juntas: libre de asbesto (amianto)
- Diámetro de la entrada: 3"
- Diámetro de la salida: 3"
- Diámetro del drenaje: 1"

*Filtro del agua tratada*

- Número de filtros: 1
- Fluido: agua
- Capacidad normal: 0,8 m<sup>3</sup>/h
- Presión normal: 5,5 bar a
- Presión de diseño: 10 bar a
- Temperatura operación: 30°C
- Temperatura de diseño: 80°C
- Peso molecular: 18 g/mol
- Grado de filtración: 150 micras
- Eficiencia: 99%
- Caída de presión normal: 0,1 bar
- Caída de presión máxima permitida: 0,5 bar
- Material del cuerpo: acero al carbono
- Material de la cubierta: acero al carbono
- Material de los nudos: acero al carbono
- Material de los elementos filtrantes: AISI 304 ó 316
- Material de las partes internas: AISI 304 ó 316
- Juntas: libre de asbesto (amianto)
- Diámetro de la entrada: 2"

- Diámetro de la salida: 2”
- Diámetro del drenaje: 1”

#### **4.2.5 Acoplamiento**

- Material del eje: ASTM 630
- Diámetro del eje: 70 mm
- Tipo de acoplamiento: Flexible seco
- Modelo de acoplamiento: METASTREAM-MSHH-04500-0088-1700
- Diámetro del acoplamiento: 80 mm
- Longitud de espaciado: 170 mm
- Rating (kW / 1000 rpm): 450

#### **4.2.6 Tuberías**

Todas las tuberías son de acero al carbono ANSI B36.10 (especificación A1A2), excepto:

- La línea 26 hasta la válvula de cierre será acero al carbono calmado, especificación A2B4, es decir, ASTM A333 Gr. 6 sin costura.
- La línea de aire de instrumentos de 1” será galvanizada para proteger contra corrosión.

#### **4.2.7 Válvulas**

##### Válvulas de control de presión

- Número de válvulas: 4
  - Fluido: gas
  - Tipo de cuerpo: mariposa de 2 vías o de globo.
  - Material del cuerpo: acero al carbono
  - Rating: #150
  - Actuador: neumático
  - Señal de comando: 3-15 psi
  - Posicionador: electroneumático
  - Señal de entrada : 4-20 mA
  - Tipo de acción: acción directa
  - Accesorios: filtro de aire
  - Normativa aplicable: ANSI
-

Válvulas de control de nivel

- Número de válvulas: 2
- Fluido: líquido
- Material del cuerpo: acero al carbono
- Tipo de cuerpo: válvula de globo
- Rating: #150
- Actuador: neumático
- Señal de comando: 3-15 psi
- Actuador a fallo cierra
- Posicionador: electroneumático
- Señal de entrada : 4-20 mA
- Tipo de acción: acción directa
- Accesorios: filtro de aire
- Normativa aplicable: ANSI

Válvulas ON-OFF

- Fluido: gas
- Material del cuerpo: acero al carbono
- Tipo de cuerpo: esfera
- Actuador: neumático
- Señal de comando: 6.4 bar a
- Actuador a fallo cierra
- Accesorios: 3 vías con interruptor, y volante manual
- Normativa aplicable: ANSI

Válvulas ON-OFF solenoide

- Fluido: gas ó líquido
- Material del cuerpo: acero al carbono
- Tipo de cuerpo: esfera
- Actuador: neumático
- Señal de comando: 6.4 bar a
- Actuador a fallo cierra
- Accesorios: 3 vías con interruptor, y volante manual
- Normativa aplicable: ANSI

Válvulas de seguridad

- Fluido de descarga: agua
- Rating de entrada: ANSI 150
- Rating de salida: ANSI 600
- Tipo de cuerpo: angular
- Material del cuerpo: AISI 316
- Material de la conexión: AISI 316
- Material del muelle: tungsteno
- Hipótesis de cálculo: fuego ó expansión térmica
- Código de diseño: CE y normativa española

**4.2.8 Instrumentación**

Indicadores de presión

- Especificación: IP 15-2-1
- Revestimiento: DN 100
- Material del revestimiento: acero inoxidable 316
- Elemento de medida: Tipo C – Bourdon
- Material de conexión e interno: acero inoxidable 316
- Precisión: Grado 2A (0,5%)
- Llenado con glicerina

Transmisores de presión

- Especificación: IP 15-2-1
- Fluido: gas de antorcha
- Función: alarma
- Sensor: diafragma
- Material del cuerpo: aluminio pintado exteriormente
- Material de las partes mojadas: acero inoxidable 316
- Montaje: sobre tubería
- Energía suministrada: 24 VDC
- Protección: IP 65
- Salida: 4-20 mA
- Precisión:  $\pm 0,075\%$

*Interruptores de presión*

- Especificación: IP 15-3-1
- Fluido: gas de antorcha
- Tipo: Bourdon
- Función: corte
- Material: acero inoxidable 316
- Tipo de interruptor: SPDT sellado herméticamente
- Protección: IP 65
- Rating: 115V-2ª

*Transmisores de presión diferencial*

- Especificación: IP 15-2-1
- Fluido: agua
- Función: alarma
- Material del termopar: acero inoxidable 316
- Tipo de termopar: RTD Pt100. 3 cables
- Aislamiento: IEC 751
- Material de la sonda: acero inoxidable 316
- Protección IP 65
- Material de la cabeza: aluminio
- Precisión:  $\pm 1\%$  fondo de escala
- Energía suministrada: 24 VDC
- Salida: 4-20 mA

*Indicadores de nivel*

- Especificación: IP 15-2-1
- Tipo: reflexión
- Función: indicación
- Material del cuerpo: ASTM A105
- Material de las partes mojadas: acero inoxidable 316
- Construcción: IP 65
- Accesorios: venteo y drenaje

*Transmisores de nivel diferencial*

- Especificación: IP 15-2-1
- Función: alarma / control
- Sensor: Célula de presión diferencial / diafragma
- Material del cuerpo: aluminio pintado exteriormente
- Material de las partes mojadas: acero inoxidable 316
- Montaje: sobre la tubería
- Protección IP 65
- Precisión:  $\pm 0,5\%$
- Energía suministrada: 24 VDC
- Salida: 4-20 mA

*Interruptores de nivel*

- Especificación: IP 15-2-1
- Función: corte
- Tipo: desplazamiento
- Uso: nivel
- Material del cuerpo: acero al carbono
- Material del elemento flotante: acero inoxidable 316
- Material de las partes mojadas: acero inoxidable 316
- Construcción: IP 65
- Cámara flotante: accesible
- Tipo de interruptor: SPDT sellado herméticamente
- Rating: 115V-2A

*Transmisores de caudal*

- Especificación: IP 15-4-1
  - Función: indicación / corte
  - Tipo: Célula de presión diferencial / diafragma
  - Material del cuerpo: acero inoxidable 316
  - Material de las partes mojadas: acero inoxidable 316
  - Montaje: horizontal
  - Protección IP 65
  - Precisión:  $\pm 0,1\%$
  - Energía suministrada: 24 VDC
-

- Salida: 4-20 mA

#### Placas de orificio

- Especificación: IP 15-4-1
- Función: medida
- Tipo: placas de orificio
- Estándar de construcción: ANSI B16.36
- Rating: ANSI 150
- Material de la placa: acero inoxidable 316
- Dirección del flujo: horizontal

#### Indicadores de temperatura

- Especificación: IP 15-2-1
- Función: indicación
- Material del termopar: acero inoxidable 316
- Revestimiento: DN 100
- Tipo: bimetálico, cualquier ángulo
- Tipo de termopar: RTD Pt100
- Material de la sonda: acero inoxidable 316
- Protección IP 56
- Montaje: sobre la tubería
- Posición: cualquier ángulo
- Precisión:  $\pm 1\%$

#### Transmisores de temperatura

- Especificación: IP 15-2-1
- Función: alarma / corte
- Material del termopar: acero inoxidable 316
- Tipo de termopar: RTD Pt100. 3 cables
- Aislamiento: IEC 751
- Material de la sonda: acero inoxidable 316
- Protección IP 65
- Material de la cabeza: aluminio
- Precisión:  $\pm 1\%$  fondo de escala

- Energía suministrada: 24 VDC
- Salida: 4-20 mA

#### Interruptores de temperatura

- Especificación: IP 15-2-1
- Material del termopar: acero inoxidable 316
- Tipo de interruptor: SPDT sellado herméticamente
- Función: corte
- Protección: IP 65
- Rating: 115V-2A

### **4.3 ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS Y MATERIALES PARA OBRA CIVIL**

#### **4.3.1 Cemento y hormigón**

El cemento utilizado será del tipo CEM I.

El hormigón de limpieza será HM-15 con máxima relación agua/cemento de 0,50 y mínimo contenido de cemento de 150 kg/m<sup>3</sup>.

El hormigón estructural será HA-30 / P / 20 / IIIa, con máxima relación agua/cemento de 0,50 y mínimo contenido de cemento de 300 kg/m<sup>3</sup>, tal y como establece la EHE.

#### **4.3.2 Armaduras y pernos de anclaje**

Las armaduras utilizadas estarán formadas por barras corrugadas B 500 S y las mallas electrosoldadas B 500 T.

El acero de los pernos de anclaje será A42b con las siguientes características:

- Resistencia a la tracción  $\geq 420$  MPa.
- Límite elástico  $\geq 240$  Mpa.

#### **4.3.3 Perfiles y chapa**



Todos los perfiles y chapa utilizados en la construcción de las bancadas serán de acero laminado A42b.

Todos los elementos metálicos deberán protegerse de los agentes externos con un tratamiento superficial de pintura consistente en una capa de imprimación de epoxi de 60 micras y 2 capas de 50 micras de epoxi.

## **5. NOTAS GENERALES PARA EQUIPOS MECÁNICOS**

### ***5.1 APARATOS A PRESIÓN***

Dado que las líneas y todos los equipos contemplados en el presente proyecto trabajan a presión superior a la atmosférica, se fijan las condiciones generales de fabricación, prueba, instalación, operación y funcionamiento de los mismos.

#### **5.1.1 Referencias y normativas**

Se tendrán como referencia y de obligado cumplimiento las siguientes disposiciones y normas:

- Reglamento de Aparatos a Presión del Ministerio de Industria y Energía (R/D 1244/1976 del 4 de abril, B.O.E. n° 128 del 29 de mayo) para todos los aparatos a presión en el ámbito de refinerías de petróleo y plantas petroquímicas.
- Instrucción Técnica Complementaria (ITC MIE AP6) sobre refinerías de petróleo y plantas petroquímicas (O. 30-8-1982, B.O.E. del 10 de septiembre de 1982), (O. 11-7-1983, B.O.E. del 22 del julio de 1983). Los aparatos incluidos en el campo de aplicación de esta ITC, instalados en refinerías de petróleo cumplirán, además, las especificaciones que se indican en el Real Decreto 3143/1975 del 31 de octubre, referentes al Reglamento de Seguridad de refinerías de petróleo y parques de almacenamiento de productos petrolíferos.

#### **5.1.2 Definiciones generales y técnicas**

Con el fin de que la interpretación del presente Pliego de Condiciones sea clara e inequívoca, se proporcionan, de acuerdo con el Reglamento de Aparatos a Presión del Ministerio de Industria y Energía, las siguientes definiciones:

### **Aparato sometido a presión**

Aparato cuya presión máxima de servicio es superior a la atmosférica. Por lo que se refiere al presente proyecto esta definición se aplica a:

- Compresor
- Depósito de sello del compresor
- Depósito separador líquido/líquido/vapor
- Intercambiador de calor
- Filtros

### ***Tuberías***

Líneas de conducción de fluidos a presión o a vacío, no sometidas a fuego directo. Por lo que se refiere al presente proyecto esta definición afecta a:

- Líneas de gas de antorcha de entrada a la *Unidad de recuperación de gas de antorcha*.
- Línea de entrada de gas al compresor
- Línea de entrada de gas y agua al depósito separador.
- Línea de gas hacia Aminas I y II.
- Línea de gas hacia los quemadores de las antorchas.
- Línea de hidrocarburo líquido hacia Slops.
- Línea de recirculación de agua hacia el compresor.
- Línea de envío de agua a SWS.
- Línea de recirculación de gas al compresor.
- Líneas desde el compresor al depósito de sello.
- Línea de la válvula de seguridad del depósito separador hasta la línea de entrada de gas a la Unidad.

### ***Diseño mecánico***

Consiste en la definición completa e inequívoca de un aparato a presión en función de los datos básicos de proceso, código de diseño, características de los materiales utilizados, proceso de fabricación y control de calidad.

***Presión de diseño (Pd)***

Se entiende como el valor de la presión que se toma para el cálculo del espesor del aparato, a la temperatura de diseño. La presión de diseño no podrá ser menor que la presión máxima de servicio.

***Presión máxima de servicio (Pms)***

Se entiende como la presión más alta que se puede dar en el aparato o sistema, en condiciones extremas de funcionamiento del proceso.

***Presión de precinto (Pt)***

Se entiende como la presión a la que están tarados los elementos de seguridad que protegen al aparato o al sistema.

***Presión de servicio (Ps)***

Se entiende como la presión normal de trabajo del aparato o sistema a la temperatura de servicio.

***Presión de prueba (Pp)***

Se entiende como aquella presión a la que se somete el aparato o sistema para comprobar su resistencia en las condiciones estáticas para las que fue diseñado. Corresponde a la mayor presión efectiva que se ejerce en el punto más alto del aparato o sistema durante la prueba de presión.

***Temperatura de diseño (Td)***

Es el valor de la temperatura que se toma para el cálculo del espesor del aparato.

***Temperatura máxima de servicio (Tms)***

Es el máximo valor de la temperatura que se estima puede producirse en el interior del aparato o sistema, en condiciones extremas de funcionamiento.

### ***Temperatura de servicio (Ts)***

Es el valor de la temperatura alcanzada en el interior del aparato o sistema en condiciones normales de funcionamiento a la presión de servicio.

### **5.1.3 Condiciones generales para todos los aparatos**

Todas las prescripciones expresadas a continuación se aplicarán a los aparato sometido a presión del presente apartado del pliego de condiciones.

#### 5.1.3.1 Manual de diseño

De acuerdo con lo estipulado en el Reglamento de Aparatos a Presión del Ministerio de Industria y Energía, se entregará una copia al usuario del manual de diseño del aparato considerado, que comprenderá:

- Identificación de la Ingeniería.
- Datos básicos de proceso necesarios para el diseño.
- Código de diseño o sistema de cálculo, ambos de reconocida solvencia técnica, y normas de construcción elegidas, cálculos justificativos, vida mínima estimada del equipo y demás especificaciones técnicas complementarias no contempladas por el código elegido y que la buena práctica requiera.
- Planos básicos normalizados según UNE, con indicación de los materiales a emplear y de los elementos que, por formar parte integrante del equipo a presión, puedan afectar a la seguridad del mismo.
- Especificación de prueba de presión.

La Ingeniería que elabore el manual de diseño certificará que dicho manual cumple con el código de diseño elegido y que el aparato que se fabrique de acuerdo con él será adecuado para el fin al que se destina.

#### 5.1.3.2 Certificados

Los materiales utilizados en la construcción de los elementos resistentes de los aparatos a presión deberán poseer los certificados de calidad correspondientes. Los materiales de aportación que se utilicen en las soldaduras de los componentes de los aparatos a presión estarán clasificados bajo norma de reconocida solvencia técnica.

#### 5.1.3.3 Proceso de fabricación

Para el proceso de fabricación deberán utilizarse unas normas de construcción, control y pruebas acordes con el código de diseño.

#### 5.1.3.4 Legalización de aparatos a presión

Para cada aparato a presión construido, con excepción de las tuberías, el fabricante deberá elaborar un manual de construcción acorde al manual de diseño, del cual entregará copia al usuario, que comprenderá:

- Número de inscripción en el Libro de Registro de Fabricantes de la respectiva Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía de la provincia donde se fabrique el aparato.
- Nombre, razón social y domicilio de la ingeniería.
- Planos constructivos complementarios de los básicos que figuren en manual de diseño, comprobados por la ingeniería si fuese requerido contractualmente para ello por el fabricante o el usuario.
- Certificados de calidad de los materiales de base y materiales de aportación y de los componentes del aparato empleado en su construcción, aprobados por el control de calidad del fabricante, que puede ser propio o contratado a una ingeniería o entidad colaboradora.
- Procedimientos de conformado, soldadura, tratamientos térmicos y controles, calificación de procedimientos de soldaduras y soldadores, todo ello aprobado por el control de calidad del fabricante, que puede ser propio o contratado a una ingeniería o entidad colaboradora.
- Plano de situación de las zonas sometidas a control por ensayos no destructivos, ensayos requeridos, extensión de los mismos y resultados. Las placas radiográficas serán conservadas adecuadamente por el fabricante durante cinco años como mínimo, a partir de la fecha de fabricación del aparato.
- Certificado de ensayos y pruebas realizados durante la construcción, aprobados por el control de calidad del fabricante o una entidad colaboradora, indistintamente, y comprobados por la ingeniería si fuera requerida contractualmente para ello por el usuario.
- Acta de la prueba a presión realizada por el fabricante y aprobada por el control de calidad del fabricante.

- Certificado del fabricante del aparato, en el que se hará constar que éste ha sido construido de acuerdo con el manual de diseño, el código y normas utilizadas en su fabricación.

El fabricante, al solicitar de la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía la placa de diseño, con su número de registro, presentará los documentos comprendidos en los últimos tres puntos anteriores.

El fabricante de un aparato a presión es responsable de que dicho aparato ofrezca las garantías debidas para el fin a que se destina.

#### 5.1.3.5 Instalación

Por cada instalación el instalador deberá elaborar un expediente de instalación acorde con los manuales de diseño y construcción, del cuál entregará copia al usuario. Este expediente comprenderá:

- Número de inscripción en el Libro de Registro de Instaladores de la respectiva Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía de la provincia donde se encuentre su domicilio social.
- Nombre, razón social y domicilio tanto del fabricante como del instalador.
- Relación de aparatos a instalar.
- Procedimientos de soldadura y calificación de la mano de obra, aprobados por el control de calidad del instalador.

El instalador de todo sistema a presión es responsable de cualquier deficiencia que pudiera observarse o derivarse de las operaciones de instalación.

#### 5.1.3.6 Inspecciones y pruebas

##### *Inspecciones y pruebas oficiales*

Todos los aparatos a presión especificados deberán ser sometidos a las inspecciones y pruebas previas a la puesta en servicio ya citadas.

##### *Inspecciones y pruebas en el taller del fabricante*

Se comprobará por el control de calidad del fabricante que cada equipo ha sido construido de acuerdo con los manuales de diseño y construcción, y quedará constancia de

---

que se han cumplido cada uno de los requisitos previstos en los citados manuales, en cuyo caso se someterán a las siguientes inspecciones y pruebas:

- Examen visual y control dimensional del aparato. Al objeto de poder examinar debidamente el aparato, la placa se hallará desprovista de pintura o de cualquier recubrimiento que pueda disimular los posibles defectos.
- Prueba de presión con el aparato completamente lleno de fluido de prueba. Si existiesen razones por las que dicha prueba no sea factible de realizar en el taller del fabricante, se realizará en el lugar de emplazamiento.

#### *Inspecciones y pruebas en el lugar de emplazamiento del equipo*

Cada equipo se someterá a las siguientes inspecciones y pruebas en el lugar de emplazamiento:

- Examen visual y control dimensional del aparato, si no se ha realizado anteriormente en el taller del fabricante.
- Prueba de presión de valor igual a la primera en el caso de que evidentemente el aparato haya sufrido alguna anomalía durante el transporte o la manipulación, que la inspección detecte algún fallo real o aparente que así lo aconseje, que el ingeniero director tenga dudas sobre la capacidad de un equipo para resistir las condiciones de servicio previstas, que confluyan circunstancias inesperadas que las hagan recomendables, o siempre que la prueba no se haya efectuado en el taller del fabricante.

En caso de tener que realizarse la prueba de presión en el lugar de emplazamiento, se seguirán las siguientes condiciones:

- Observación del procedimiento de prueba descrito por el fabricante en el manual de construcción. Este deberá ser lo suficientemente detallado, incluyendo las condiciones de prueba, los equipos necesarios para su ejecución, los aparatos de medidas de control (debidamente contrastados y con la sensibilidad adecuada, procurándose que la lectura se sitúe en el tercio central de la escala del aparato), sistema de llenado y vaciado y tiempo de mantenimiento de la presión de prueba, que en ningún caso será inferior a 30 minutos.
- Observación de las condiciones de seguridad durante las pruebas de presión, comprobándose que el equipo para pruebas es correcto y que las conexiones son las

adecuadas a las presiones máximas que se van a alcanzar, así como la disposición de las medidas de seguridad suficientes para evitar no sobrepasar la presión de prueba, ni en ningún momento estar por debajo de la temperatura señalada en el manual diseño, ni dañar los elementos internos del aparato.

Se comprobará antes de la prueba que las estructuras y fundaciones que sustenten el aparato o sistema a probar estén en condiciones de resistir la carga a que van a ser sometidas.

Se cuidará que el personal se mantenga alejado durante el desarrollo de las pruebas de los fondos, tapas y piezas roscadas, y se evitará la presencia de personas ajenas a la prueba.

Los manómetros se instalarán fuera de la proyección vertical y se preferirá situarlos lateralmente o en posición superior.

Durante el llenado con fluido de prueba se cuidará de ventear bien el circuito para evitar que queden cámaras de aire o vapor.

En el lugar de emplazamiento se realizará, antes de cualquier otra operación, una inspección visual tanto interior como exterior del aparato.

#### **5.1.4 Placas**

Todos los aparatos a presión comprendidos en el presente Proyecto, con excepción de las tuberías, deberán ir provistos de placas de diseño e identificación, conforme a lo estipulado en el artículo 19 del Reglamento de Aparatos a Presión del Ministerio de Industria y Energía. En dichas placas se grabará:

- Placa de diseño: presión de diseño, y en su caso, la presión máxima de servicio, número de registro del aparato y fecha de la primera prueba y sucesivas.
- Placa de identificación: nombre o razón social del fabricante, contraseña y fecha de registro del tipo, número de fabricación y características principales.

Las placas de diseño e identificación se fijarán mediante remaches, soldadura o cualquier otro medio que asegure su inamovilidad, en un sitio visible del aparato, y en ningún caso podrán retirarse del mismo.



### **5.1.5 Válvulas de seguridad**

Todos los aparatos y sistemas comprendidos en el presente proyecto deben ir provistos de los elementos de seguridad que prescriban los códigos de diseño empleados y los adicionales especificados en el manual de diseño.

Todas las válvulas de seguridad deben ser de apertura total y sistema de resorte, debiéndose cumplir la condición de que la apertura total de la válvula deberá ser ayudada por la presión del fluido evacuado, de tal manera que la apertura asegure una sección de paso a través de la válvula igual al 80 % de la sección neta de paso en el asiento después de la deducción de la sección transversal de los obstáculos en el orificio, debido a las guías y a la forma del cuerpo de la válvula en la posición de apertura máxima. No se permitirá el uso de válvulas de seguridad de peso ni de palanca de contrapeso.

La descarga de las válvulas de seguridad deberá realizarse de tal forma que impida eficazmente que el fluido evacuado pueda producir daños a personas o cosas.

Durante las inspecciones interiores periódicas de los aparatos o sistemas a presión la válvula o válvulas de seguridad que protejan dichos aparatos o sistemas se desmontarán y ajustarán para, a continuación, probarlas y precintarlas.

### **5.1.6 Prueba de los sistemas antes de la puesta en marcha**

#### ***5.1.6.1 Prueba hidrostática***

Se deberá comprobar hidrostáticamente todas las líneas y equipos después de terminar la construcción del circuito, con los equipos interconectados entre sí (comprobación del sistema). El sistema se llenará con agua y se comprobará al menos a 1,25 veces la presión de diseño.

Las válvulas de control y placas de orificio deberán quitarse de servicio, así como los instrumentos. Las válvulas de seguridad estarán aisladas. Las secciones cuyas presiones de prueba sean diferentes serán separadas mediante juntas ciegas temporales.

Durante la prueba, se comprobará que no existen fugas, especialmente por las bridas atornilladas y por los asientos de las válvulas.

#### ***5.1.6.2 Lavado del equipo***

Esta operación tiene por objeto eliminar cuerpos extraños que, durante el montaje, hayan podido quedar en las líneas o en los equipos, tales como virutas de metal o de madera. Estos restos pueden provocar durante la operación atascos en las líneas, bloqueos en válvulas. El lavado se llevará a cabo mediante circulación de nitrógeno.

El compresor habrá sido alineado, comprobado y rodado de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Mientras dure el rodaje de la máquina se vigilarán estrechamente todos los aspectos relacionados con sobrecalentamientos, vibraciones, posibles fugas y consumo eléctrico del motor.

Durante el lavado en los puntos bajos, líneas desconectadas, etc., se debe purgar para eliminar materiales sólidos. El cambiador de calor será incluido en el circuito al final de la operación, así como las conexiones a los instrumentos, teniendo sus purgas abiertas.

Por último, se instalarán las válvulas automáticas y las placas de orificio, verificándose su posición.

#### ***5.1.6.3 Equipo eléctrico***

Se comprobará la tensión de los equipos. Los motores eléctricos deberán ser rodados de acuerdo con las instrucciones del fabricante, desconectados del equipo impulsor.

#### ***5.1.6.4 Agua de refrigeración***

El sistema debe de ser comprobado antes de la puesta en marcha, atendiendo a la disponibilidad, presión y libre circulación.

#### ***5.1.6.5 Aire de instrumentos***

Los colectores deben de ser soplados para la eliminación de la posible suciedad. Toda red debe de ser comprobada bajo presión.

#### **5.1.6.6 Sistema de drenaje**

Se comprobará que todos los drenajes y arquetas desalojan adecuadamente.

#### **5.1.6.7 Seguridad**

Se comprobará que todas las válvulas de seguridad estén instaladas sin discos ciegos ni cerrojos.

### **5.2 FABRICACIÓN O MODIFICACIÓN DE PIEZAS Y EQUIPOS**

Siempre que se suministren materiales y equipos complementarios, no especificados de una forma concreta, deberán ser elementos estándar, de fácil disponibilidad en el mercado. En caso de que fuera necesaria la fabricación o modificación de piezas o equipos, ésta debe comenzar inmediatamente después de recibir la orden de compra.

El vendedor no detendrá la fabricación, en espera de la recepción de la aprobación final de Refinería CEPESA Gibraltar, salvo indicación en contra de la especificación, requisición o pedido correspondiente.

### **5.3 CAMBIOS DE DISEÑO**

Los materiales para construcción especificados en la requisición de compra de los equipos no serán sustituidos sin previa autorización escrita del cliente. En cualquier caso, tal aprobación no eximirá al vendedor de la responsabilidad de que todos los materiales suministrados por él sean los adecuados.

### **5.4 DOCUMENTACIÓN Y PLANOS**

Todos los planos, ya sean preliminares o finales, serán certificados e identificados individualmente por el vendedor, mostrando todas las dimensiones que pueda precisar Refinería CEPESA Gibraltar para su instalación.

Asimismo, todos los datos de la documentación técnica y los planos enviados con la oferta serán adecuados para los equipos en particular, no admitiéndose documentación genérica estándar.

Siempre que sea necesario se indicarán los espacios libres requeridos para el montaje y/o desmontaje de partes o equipos auxiliares, indicando claramente todas las conexiones, soportes, diagramas de cableado, etc.

## **5.5 CATÁLOGO MECÁNICO**

Junto a la documentación necesaria para la realización y aprobación del proyecto por las autoridades competentes, una vez finalizado éste, deberá proporcionarse un completo Catálogo Mecánico de la instalación.

En este Catálogo Mecánico se incluirá toda la información descriptiva que suministre el vendedor, convenientemente clasificada e identificada, de acuerdo a estas notas generales. Deberá incluirse toda la documentación concerniente a todos los equipos suministrados, incluyendo el que se obtenga de terceros. Los contenidos mínimos del Catálogo Mecánico son:

- Índice completo en cada uno de los tomos de toda la información incluida en el Catálogo.
- Instrucciones completas para la instalación, operación y mantenimiento del equipo principal y de todos sus auxiliares
- Características técnicas y de funcionamiento de todos los equipos instalados, incluyendo los datos posibles de intercambiabilidad de piezas entre los equipos.
- Planos de sección con vistas completas de piezas, que incluyan denominación, marca y tipo de material de cada pieza, incluyendo todos los equipos accesorios, como acoplamiento, cierres mecánicos, empaquetadoras, cambiadores de calor, etc.
- Certificados de prueba y funcionamiento garantizados según las especificaciones, incluyendo hojas de datos de ensayos, curvas de funcionamiento, etc.

Las instrucciones de mantenimiento incluirán información sobre las tolerancias de ajuste de los elementos principales de la máquina, así como un cuadro completo de las causas y remedios de las posibles anomalías que pudieran presentarse durante el funcionamiento del equipo.

El contratista deberá enviar dentro de los diez días siguientes a la aprobación final de los planos y finalización de las pruebas de los equipos, los juegos completos de los Catálogos Mecánicos requeridos, para ser insertados en los libros de registro ISO A4 de Refinería CEPSA Gibraltar.

## **6. NOTAS GENERALES PARA LAS TUBERÍAS Y SOPORTES DE TUBERÍAS**

### ***6.1 NOTAS GENERALES PARA LAS TUBERÍAS***

Estas notas generales comprenden los requerimientos para las tuberías y accesorios, ampliando los de las requisiciones de material futuras que se realicen, y especificando los códigos y normas aplicables.

Cualquier conflicto entre normas, códigos y especificaciones comprendidas en estas notas generales, le será comunicado a las empresas cliente / contratada, antes de continuar cualquier fase de fabricación, acopios, etc.

#### **6.1.1 Normativa de diseño**

Todas las tuberías, accesorios y bridas cumplirán con los requerimientos de las correspondientes especificaciones, códigos y normas, así como las Basic Practices de Exxon que se indican a continuación:

- ANSI B31.3.- Chemical plant and petroleum refiner and piping.
- ANSI B16.5.- Steel pipe flanges and flanged fittings.
- ANSI B16.9.- Wrought steel buttwelding fitting.
- ANSI B2.1.- Pipe threads (except dryseal)
- ANSI B16.21.- Non metallic gaskets for pipe flanges.
- ANSI B16.25.- Butt welding ends.
- API 5L.- Specification for piping.
- ASTM A53.- Spec. For welded and seamless steel pipe.
- ASTM A105.- Spec. for forgings carbon steel, for piping components.
- ASTM A106.- Spec. For seamless carbon steel pipe for high temperature service.
- ASTM A234.- Spec. For piping fittings wrought carbon steel and alloy-steel for moderate and elevated temperatures.
- ASTM A4312.- Spec. For seamless and welded austenitic stainless steel pipe.
- ASTM A335.- Spec. For seamless ferritic alloy-steel pipe for high-temp. service.
- ASTM A403.- Spec. For wrought austenitic stainless steel stripping ratings.

- ASTM A155.- Spec. For electric fusion welded steel pipe for high-press service.
- ASTM A182.- Spec. For forged rolled alloy-steel pipe flanges, forged fittings and valves and parts for high-temperature service.
- ASTM A217.- Spec. For martensitic stainless steel and alloy-steel casting for pressure containing parts suitable for high temperature.
- ASTM A358. Spec. For electric fusion-welded austenitic chromium nickel alloy steel pipe for high temperature service.

### **6.1.2 Condiciones generales del suministro**

El suministrador que no sea fabricante de los productos que vende deberá someter a la aprobación del cliente, el o los fabricantes de los materiales objeto de la orden de compra. El cliente rechazará aquellos materiales cuyo fabricante, a su juicio, no merezca su total confianza.

Los tubos de tamaño 2'' y menores se suministrarán con extremos planos, y los de 3'' y mayores se suministrarán biselados. Los tubos de suministrarán de preferencia en largos dobles. Se aceptan en largos sencillos para completar la cantidad comprada.

La identificación de los tubos se hará de acuerdo con el código de colores para materiales de tubería que se incluye en estas notas generales.

### **6.1.3 Requerimientos particulares**

Los certificados de materiales cumplirán con lo especificado en la norma e incluirán el tratamiento térmico recibido por los tubos.

Cuando se especifiquen accesorios forjados no podrán substituirse por accesorios mecanizados a partir de barra o troncho.

Cuando se especifiquen reductores en tamaños de 3'' y mayores, serán sin costura. Cuando se especifiquen tapas, éstas serán forjadas por estampación para 3'' y mayores. Todas las roscas serán NPT según ANSI B2.1.

Las bridas para tamaños de hasta 24'' serán según ANSI B16.5. Igualmente, el acabado de las caras de las bridas será según ANSI B16.5. Además, las bridas y los accesorios serán diseñados según las especificaciones de CEPSA.

Las juntas estarán de acuerdo con las normas especificadas por CEPSA. Los pernos serán roscados en toda su longitud con rosca continua.

La longitud especificada para los espárragos con cabeza será la longitud de rosca necesaria, no incluyéndose los sobrantes en la medida. El acabado de las caras para los discos ciegos y figuras en ocho será según ANSI B16.5. Los anillos de drenaje serán los estándar de la empresa contratada.

Los accesorios, tubería y bridas para soldar a tope tendrán los extremos preparados según se especifica en ANSI B16.25.

#### **6.1.4 Inspección y pruebas**

La inspección se realizará de acuerdo con CEPSA y las notas generales sobre inspección de equipos y materiales.

Cuando, de acuerdo con CEPSA y para CET de 32°F se requieran ensayos de resiliencia, éstos serán presenciados por el inspector de la empresa promotora. Igualmente, cuando se requiera prueba de dureza, ésta será presenciada por el inspector de la empresa promotora.

En el momento de la inspección todos los materiales deberán estar acompañados de los correspondientes certificados de calidad, sin cuyo requisito previo, el cliente no realizará la recepción.

#### **6.1.5 Fabricación**

Cuando se necesiten elementos que requieran una fabricación en taller, ésta se hará de acuerdo con lo especificado por CEPSA.

#### **6.1.6 Marcado de tuberías**

Los requerimientos de marcado serán según MSS-SP25. Los elementos que deban ser marcados serán los especificados en la correspondiente norma ASTM.

Cuando el tamaño del accesorio sea pequeño, el marcado consistirá en: tamaño, grado y espesor o rating de presión.

### **6.1.7 Preparación para el transporte**

Todos los elementos serán empaquetados y protegidos adecuadamente durante el transporte. De este modo:

- La superficie de la cara de la brida será protegida, enteramente, con protectores metálicos, o de cartón duro, o madera firmemente dispuestos.
- Los ítems con extremos para soldar biselados serán protegidos adecuadamente.
- Los extremos roscados o para soldar a solape se protegerán con tapones de metal, madera o plástico.
- Las superficies externas mecanizadas o roscadas se protegerán de la corrosión durante el transporte y subsiguiente almacenaje con un recubrimiento de RUST BAN o equivalente, que sea fácilmente quitable con un disolvente como VARSOL o similar.

### **6.1.8 Certificados y garantías**

El vendedor deberá mantener un control adecuado de los materiales utilizados y un archivo de los certificados de propiedades físicas y mecánicas. Estos certificados serán suministrados por el vendedor cuando se realice la inspección.

Es responsabilidad del fabricante el asegurarse de que todos los materiales utilizados en la fabricación de las válvulas cumplen con los requisitos de las normas aplicables.

### **6.1.9 Códigos de colores para materiales de tuberías**

Todas las tuberías sin costura llevarán pintada una banda circunferencial de color naranja de 95 mm de anchura a intervalos de 1.5 m.

Todas las tuberías soldadas llevarán pintadas dos bandas circunferenciales de color naranja de 25 mm de anchura y separadas 25 mm una de la otra a intervalos de 1.5 m. Bandas de colores de 13 mm de anchura se pintarán a lo largo de la tubería de acuerdo con lo siguiente:



- Acero al carbono A53 o API 5L (sin bandas)
- Acero al carbono A106 (roja)
- Acero ½ Molibdeno (verde)
- Acero 1 ¼ CR- ½ Mo (roja y amarilla)
- Acero 2 ¼ CR- 1 Mo (roja y verde)
- Acero 4 + 7 CR- ½ Mo (roja y azul)
- Acero 9CR – 1Mo (Roja y blanca)
- Acero inoxidable tipos 304L y 316L (Amarilla)
- Acero inoxidable tipo 304 (amarilla y azul)
- Acero inoxidable tipo 316 (Amarilla y verde)
- Acero inoxidable tipo 304 H y 316 H (amarilla y rosa)
- Acero inoxidable tipo 321 y 347 (Amarilla y blanca)
- Monel (Azul y blanca)

## **6.2 NOTAS GENERALES PARA LOS SOPORTES DE TUBERÍAS**

La presente especificación tiene por objeto dar las normas generales a seguir en la fabricación y montaje de los soportes de tuberías.

Esta especificación junto con los estándares de soportes y los planos de soportes especiales incluye la información precisa para el suministro, servicios necesarios, fabricación y montaje de todos los soportes de tuberías, no eximiendo al contratista de soportes de los trabajos complementarios que pudiesen ser necesarios para su correcta ejecución.

En caso de discrepancia entre esta especificación y los estándar o planos de soportes especiales, deberá prevalecer el criterio más exigente.

### **6.2.1 Códigos y normas aplicables**

Las normas y códigos aplicables para el soporte de tuberías son:

- ANSI/ASME B31.1.- Power piping.
- ANSI/ASME B31.3.- Chemical plant and petroleum refinery piping.
- ANSI/ASME B31.4.- Liquid petroleum transportation piping system.

- MSS-SP-58.- Pipe hangers and supports. Material and design.
- MSS-SP-69.- Pipe hangers and supports. Selection and application.
- EJMA.- Expansion joint manufacturers association.

### **6.2.2 Criterios de localización de los soportes de tuberías**

La localización de los distintos elementos empleados para el soporte de una tubería se establecerá en base a los siguientes criterios:

- Proximidad de estructura existente sobre o desde la cual se puede montar el dispositivo soporte.
- De requerirse estructura propia, ésta será lo más reducida posible.
- Se procurará diseñar un soporte común para varias tuberías.
- El dispositivo soporte no ocupará espacios libres requeridos para el mantenimiento u operación de válvulas, equipos, motores, etc.
- La distancia respecto a otros soportes contiguos de la misma tubería no causará en ésta valores de tensión superiores a los admisibles por el código que las contempla.
- Estará lo más próximo posible a puntos donde exista una concentración de cargas. Así como a puntos donde se produzca un cambio considerable de dirección en la tubería.
- Las influencias debidas a la dilatación o contracción de la tubería serán las menores posibles.
- La acción de la tubería sobre las toberas de los equipos a los que conecte, estará dentro de los valores permitidos por el fabricante.
- Se procurará descartar la utilización de soportes temporales en los casos de desconexión de tuberías por motivos de mantenimiento.

### **6.2.3 Tipo de soporte**

La naturaleza y tipo de soporte depende básicamente de:

- Su localización.
- Su función.

Dependiendo de su forma de actuación, estos elementos se pueden clasificar en:

- De peso.
  - De guía.
  - De anclaje direccional.
-

El objetivo de estos elementos es controlar la dirección y el sentido del movimiento originado en la tubería como consecuencia de la dilatación térmica.

En general, a la hora de seleccionar el tipo de soporte requerido para una tubería, se tendrá en cuenta no sólo el peso a soportar y las condiciones térmicas de la tubería, sino también cualquier otro fenómeno que lo pueda condicionar (asentamiento de equipos, vibraciones, golpes de ariete).

Teniendo en cuenta que tanto la naturaleza como el estado de la tubería a soportar, afecta tanto a su localización como al diseño mismo del propio soporte, han de tenerse en cuenta los siguientes factores:

- Efecto de la temperatura de la tubería sobre el elemento de transición y estructura soporte.
- Tipo de material del elemento de transición para evitar corrosiones locales por disimilitud con el material base de la tubería.
- Tratamientos térmicos de la tubería a soportar con el fin de evitar elementos de transición soldados. En el caso de ser imprescindible su uso, éstos se marcarán en las isométricas para tenerlos en cuenta en la prefabricación de la misma.
- Naturaleza del posible revestimiento interior, para tener en cuenta su fragilidad en cuanto a flechas máximas admisibles entre soportes y su comportamiento frente a soldaduras locales, para acoplar elementos de transición entre soportes.
- Tamaño de la tubería a fin de disponer de un elemento de transición tal que evite esfuerzos puntuales perjudiciales sobre la misma, como consecuencia de su propio peso y acciones que por esfuerzos térmicos, o de otra naturaleza, tengan lugar.

Las tuberías con aislamiento de acero al carbono comprendidas entre 8'' y 10'', ambas inclusive, se reforzarán con una cuna cuando el espesor nominal sea menor o igual a 6.35 mm y el margen de corrosión mayor o igual de 3.2 mm.

#### **6.2.4 Elemento de transición**

Es aquel dispositivo intermedio entre la tubería a soportar y el propio soporte. Este dispositivo no existe cuando la resistencia mecánica de la tubería en el punto de soporte, su temperatura o naturaleza así lo permitan. En general, los elementos de transición más comúnmente empleados son:

- **Zapatas:** Para líneas calientes aisladas apoyadas, cuando la pérdida de calor debe ser evitada.
- **Cunas:** Para líneas directamente apoyadas. Con una doble misión: evitar la fricción directa de la tubería o aislamiento sobre el soporte, eliminando así el desgaste o la corrosión puntual en la zona de contacto y producir una mejor distribución en la carga, en el punto de soporte sobre la pared de la tubería o aislamiento.
- **Orejetas:** Para colgar, piezas confeccionadas de chapa y taladradas, que son soldadas directamente a la tubería. Pueden ser de un sustituto de las abrazaderas en diámetros menores a 10'', pero su uso se ve generalmente restringido por el incremento de esfuerzos locales que producen sobre la pared de la tubería, salvo que se coloquen con chapa de refuerzo.
- **Abrazaderas:** empleadas generalmente para colgar tuberías, pueden ser de dos, tres o cuatro tornillos, según su uso específico. También se emplean como componente en zapatas que no puedan o no interese soldar directamente a tubería. La unión por parejas de las medias abrazaderas, se hará mediante tornillos de cabeza hexagonal roscados en toda su longitud y tuerca. Cuando sobre tuberías de acero inoxidable, se dispongan abrazaderas de acero al carbono, éstas llevarán en su parte interior (zona de contacto) una lámina fina de acero inoxidable de 2 mm de espesor.

### **6.2.5 Elemento soportante**

Soporte es aquel elemento capaz de admitir las cargas que la tubería le permita. Tal transmisión puede ser directa o a través de los adecuados elementos de transición.

El soporte será confeccionado generalmente de acero (chapas, perfiles, tirantes, etc.). Su punto de apoyo suele ser el suelo, plataformas o estructuras metálicas existentes, estructuras de hormigón existentes, los propios recipientes (mediante clips previamente soldados a los mismos), etc.

Los soportes a suelo se harán preferentemente desmontables, por lo que la unión a sus puntos de apoyo serán generalmente por medio de tornillos, siendo estos de expansión cuando se instalen sobre estructura de hormigón ya existente.

Los distintos componentes de un soporte, que no estén unidos mediante tornillo, lo estarán por medio de cordón de soldadura, con garganta 0,7 veces el espesor de la chapa más delgada a unir, no permitiéndose el uso de remaches u otros dispositivos.

Siempre que se utilicen tirantes (confeccionados de varilla) para colgar tuberías, se dispondrán de forma que su longitud pueda ser ajustada in situ. De no ser ello posible, tal efecto se logrará por medio de tensores intercalados en los mismos. Todas las uniones atornilladas se fijarán mediante tuerca y contratuerca. Los soportes se diseñarán de forma que permita el desmontaje de la tubería que soportan.

Las varillas empleadas en colgantes tendrán las siguientes dimensiones mínimas:

- M-10 para tuberías de 2" de diámetro nominal y menores.
- M-12 para tuberías de 2 ½" y mayores.

Todos los soportes deberán llevar una marca que los identifique. La empresa contratada diseñará los soportes y consecuentemente, se producirán los planos específicos de los mismos.

## **7. NOTAS GENERALES PARA LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS**

### ***7.1. CONDICIONES DE SERVICIO***

Los equipos y materiales eléctricos serán adecuados para funcionar en las condiciones ambientales del lugar de la instalación, que a continuación se relacionan:

- Elevación: nivel del mar
- Temperatura ambiente máxima: 40°C
- Atmósfera salina, corrosiva, polvorienta y muy húmeda.

Esta especificación se aplicará a los equipos con potencias nominales de 280 Kw, siendo la tensión de servicio de 6300 V a 50 Hz.

Las variaciones normales previstas para las condiciones de servicio son las siguientes:

- Variaciones de Tensión:  $\pm 7\%$
- Variaciones de frecuencia:  $\pm 5\%$
- Variaciones combinadas de tensión y frecuencia:  $\pm 10\%$

## **7.2. IDENTIFICACIÓN DE CONDUCTORES**

Todos los conductores de la instalación deberán ser fácilmente identificables, especialmente los de fuerza y protección. Esta identificación se realizará atendiendo al color del aislamiento de los mismos, siendo el criterio adoptado el siguiente:

- Negro, marrón y gris para los conductores de fase.
- Azul claro para el conductor neutro (si es necesario).
- Amarillo-verde para el conductor de protección.

Todos los conductores deberán cumplir todo lo establecido en la IP 15-12-1 y la IP 16-3-1.

## **7.3. PRUEBAS REGLAMENTARIAS**

La inspección y ensayos se realizarán de acuerdo con lo indicado en la Exxon International Practice IP 16-12-1, párrafos 11.1. y 11.3.

Se realizará la calibración y comprobación operacional de todos los equipos eléctricos y sus conexiones, dentro del alcance de su suministro. Asimismo, se comprobará que han sido correctamente instalados y cableados a fin de que se cumplan las características de funcionamiento definidas por el fabricante.

El motor eléctrico será sometido en fábrica a las pruebas que proceda según el tipo de motor que sea y las características que deba poseer.

Las pruebas de cables se realizarán inmediatamente después de que éstos sean tendidos y antes de efectuar la conexión al motor o equipo. El cableado será comprobado en cuanto a la correcta identificación, continuidad y resistencia de aislamiento entre fase-fase y entre fase-tierra. Estas pruebas se efectuarán antes de las pruebas funcionales.

Las pruebas de continuidad y resistencia de aislamiento se realizarán utilizando el equipo adecuado para cumplir con los reglamentos aplicables.

## **7.4. NORMATIVA APLICABLE**

A menos que se especifique lo contrario, los equipos y materiales estarán de acuerdo con los siguientes Códigos y Normas:

---

- Reglamento Electrotécnico Español de Alta Tensión.
- Reglamento Electrotécnico Español de Baja Tensión.
- Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) Publicación 298.
- Exxon Basic Aplicables
- Normas UNE, BS, VDE, UTE, etc. para materiales de origen europeo.
- Normas ANSI, ASA, NEMA y Código NEC para materiales de origen americano.
- Reglamentación vigente de Seguridad e Higiene en el trabajo.

Todo el equipo cumplirá con las exigencias más rigurosas de cualquiera de estas normas. En caso de discrepancia tendrán prioridad los Reglamentos Españoles de Alta y Baja Tensión, las normas UNE.

## **8. NOTAS GENERALES PARA LA INSTRUMENTACIÓN**

### ***8.1 FUNCIONES***

El sistema de control de la planta y su correspondiente instrumentación tendrán las siguientes funciones:

- Regular las variables importantes del proceso en todas las condiciones de funcionamiento (arranque de la planta, funcionamiento normal y parada) permitiendo el control manual y el automático.
- Centralizar en el panel de control todas las medidas y/o registros de las variables que el operador necesita para cumplir su cometido.
- Totalizar las cantidades de producto recuperado (gas a Aminas, hidrocarburo a Slops y agua a SWS) para poder estudiar el rendimiento de la instalación.
- Avisar mediante alarmas ópticas y acústicas de cualquier condición anormal que presente el proceso; estas condiciones serán identificadas por el sistema.
- Prever las acciones preventivas y correctoras de los posibles fallos y condiciones anormales mediante el adecuado sistema de bloqueo y protección.

### ***8.2 TIPO DE INSTRUMENTACIÓN***

El sistema de control se basará en instrumentos neumáticos (transmisores, controladores, válvulas de control) con señales de 0,2 a 1,0 kg/cm<sup>2</sup> (3-15 psig). También existen señales intrínsecamente eléctricas como, por ejemplo, las provenientes de termopares. Las señales eléctricas de la instrumentación son de 4-20 mA.

### **8.3 SISTEMA DE MEDIDAS**

Todas las medidas se harán en las unidades técnicamente adecuadas del sistema métrico decimal.

### **8.4 INSTRUMENTOS**

#### **8.4.1 Instrumentos de campo**

Todos los instrumentos que se instalen fuera del cuarto de control serán diseñados para condiciones de intemperie, por lo que salvo peligro de daño mecánico no será realizada la protección por cajas. En general, este tipo de instrumentos tendrá las siguientes características:

- Todos los transmisores neumáticos irán provistos de manómetro de salida con graduación lineal, excepto en los transmisores de caudal por presión diferencial en que la graduación será cuadrática.
- Las válvulas de control serán generalmente de actuador neumático, tipo muelle y diagrama.
- Las válvulas de seguridad serán dimensionadas de acuerdo con el código que rija para el equipo o tubería sobre el cual sean montadas. Normalmente se seleccionarán válvulas de tipo boquilla y disco. Cuando la contrapresión sea superior al 10% de la presión de ajuste la válvula será de diseño equilibrado.

#### **8.4.2 Instrumentos de panel**

Los instrumentos receptores del panel serán de tipo miniatura excepto para registradores e indicadores múltiples de temperatura. Todos los controladores llevarán indicador de señal de salida y del punto de consigna, así como conmutador automático manual. Las escalas (tanto indicadores como de controladores) serán rectas y de lectura directa para todos los casos excepto para instrumentos de nivel (escala 0 – 100% x factor de corrección). Los gráficos serán siempre de banda.

El anunciador de alarmas se dividirá en varios módulos siendo los puntos de alarma traslúcidos e iluminados por detrás; la indicación de alarma se hará mediante luz intermitente y bocina de potencia sonora apropiada para interiores. Se dispondrá de botones de “enterado” y prueba. La fuente de tensión estabilizada, cartas, bocina, etc. se instalarán dentro del panel y en su parte exterior.

---



### **8.4.3 Cuarto y panel de control**

El control de la Unidad se realizará desde la Casa de Control existente en Refinería. Dentro del cuarto de control no existirán tuberías ni depósitos que tengan contacto con fluidos de proceso; sólo existirán líneas eléctricas de baja tensión (menos de 220 V). Tampoco existirán motores eléctricos, ni ningún equipo de proceso, así como máquinas ruidosas, peligrosas o simplemente molestas.

Existirá una distancia prudencial entre la Casa de Control y cualquier equipo ruidoso, de gran campo magnético o que produzca vibraciones perturbadoras. El panel será de tipo armario, construido totalmente en chapa de acero y se soportará sin ninguna estructura auxiliar debiendo presentar un zócalo al suelo.

El panel de control no llevará iluminación incorporada, pero sí un gráfico en la parte superior que muestre esquemáticamente el proceso de la planta, con denominación de los principales equipos de proceso.

Los instrumentos se dispondrán con amplitud y, excepto luces de señalización, llaves de mando, etc., no deberán ocupar más de tres filas en vertical. Los bloques de alarma se dispondrán en la parte superior del panel.

Todos los instrumentos serán claramente designados por etiquetas, lo mismo que las lecturas de las alarmas y los equipos representados en el gráfico. Cualquier rótulo, medida, etc., deberá poder ser leído sin dificultad desde una distancia de un metro del panel.

Frente al panel de control existirá una mesa o consola para el operador, desde la cual se abarcará perfectamente todo el panel y en la que se dispondrán los medios de comunicación necesarios (teléfonos, micrófonos, botón de alarma general, etc.).

Deberá estar al alcance del operador los diagramas de proceso, manual de operación de la Unidad, instrucciones de seguridad y emergencia, etc.

#### **8.4.4 Alimentación a instrumentos**

##### ***8.4.4.1 Alimentación neumática***

Se utilizará aire a una presión de 7 Kg/cm<sup>2</sup>. El aire estará limpio de polvo y aceite y seco. Deberá tener un punto de vacío, en condiciones normales, inferior a la mínima temperatura registrada en el lugar en los últimos treinta años.

Cada instrumento con alimentación neumática situado en campo, dispondrá de un filtro-reductor para aire.

Las conexiones entre cajas de derivación y los instrumentos se harán por medio de tubos de cobre recubiertos de PVC.

La distribución de aire de alimentación en campo se hará por medio de colectores y subcolectores seccionables de acero cincado y racores roscados de diámetros comprendidos entre 1 1/2" y 1/4". En cada punto de consumo se preverá un grupo filtro-reductor y válvula de corte de acero inoxidable.

En general, se evitará la presencia de cobre o sus aleaciones a menos que no sean parte internas de instrumentos neumáticos presurizados (pérdida continua de los relés piloto).

##### ***8.4.4.2 Alimentación eléctrica***

La alimentación eléctrica a los instrumentos se hará a baja tensión (220 V ó 125 V, 50 Hz). La tensión de alimentación al sistema de bloqueo y a las alarmas se hará a 24 V.C.C. mediante fuente de tensión estabilizada. La salida de los circuitos de alarma y bloqueo será de tipo intrínsecamente seguro (alta impedancia).

Las conexiones eléctricas entre la sala de control y campo, termopares incluidos, se realizarán por medio de multicables armados y recubiertos de PVC (tensión de aislamiento 1500 V), en recorridos enterrados en lecho de arena. La mínima sección de los conductores será de 1,5 mm<sup>2</sup>.

Cada multicable terminará en una caja de derivación presurizada, situada en lugar accesible.

Las conexiones entre cajas de derivación y los instrumentos electrónicos y/o termopares se harán por medio de cables armados y recubierto de PVC, tendidos en bandejas galvanizadas.

Las cajas contenedoras de los instrumentos en campo serán según normas API-CENELEC, de acuerdo con la clasificación de áreas de peligro.

#### **8.4.5 Alarmas**

Las alarmas se centralizarán en un panel que irá montado en el de control. El panel de alarma será del tipo de ventana luminosa en la que se para el servicio.

Los contactores de alarma, sean de temperatura, presión, nivel, caudal, fallo eléctrico, etc. pueden ser independientes o estar instalados en transmisores o instrumentos centralizados.

Los paneles de alarma tendrán dos botones, uno para conocimiento y otro para prueba. Salvo indicación en contrario la secuencia será la siguiente:

Tabla III. Secuencia de las señales de alarma

<b>Condiciones</b>	<b>Contacto de Alarma</b>	<b>Señal luminosa</b>	<b>Señal Acústica</b>
Normal	Cerrado	Apagada	Sin Actuar
Alarma	Abierto	Intermitente	Actuada
Conocimiento	Abierto	Fija	Sin Actuar
Retorno a normalidad	Cerrado	Apagada	Sin Actuar
Prueba	Cerrado	Fija	Sin Actuar

Los circuitos se diseñarán en condiciones normales para estar bajo tensión, es decir, el contacto de alarma cerrado, por motivo de seguridad.

Se preverán espacios libres en el panel de alarmas para futuras adiciones. Los contactores de alarma no deben formar parte del sistema de seguridad. Se prefiere independizar los sistemas de alarma y seguridad, empleando contactos independientes del mismo contactor para cada uno.

#### **8.4.6 Protección de instrumentos**

Los instrumentos y las tuberías desde las conexiones al proceso hasta los instrumentos estarán protegidos contra los efectos de la temperatura, de la corrosión atmosférica y de todo fluido de proceso que penetrando en un instrumento o en su tubería de conexión pueda afectar desfavorablemente la precisión del mismo o de su respuesta.

El montaje de purgas, separadores, depósitos de líquido tampón, calefacción y aislamiento, se hará a la norma API RP 550.

Los métodos de protección se basan en la aplicación de las diferentes protecciones para cada zona tal como se indica en las páginas siguientes.

#### **8.5 ACCESIBILIDAD**

Las conexiones de los instrumentos estarán situadas de manera que permitan el correcto funcionamiento de los instrumentos y faciliten su mantenimiento.

Las conexiones deben estar orientadas de manera que no obstruyan pasos ni plataformas. Todos los instrumentos que exijan un ajuste y un mantenimiento deben ser accesibles desde el suelo, plataformas o pasarelas. A partir del suelo o plataforma los instrumentos serán accesibles con la ayuda de una escalera portátil. Los transmisores pueden ser sólo accesibles desde una plataforma portátil.

Las conexiones para manómetros, termómetros y vainas termométricas de prueba, deben estar situadas de manera que puedan leer los instrumentos indicadores de la temperatura de un hombre y que las conexiones para prueba sean suficientemente accesibles.

Se preverá espacio libre suficiente para el desmontaje de los medidores de caudal montados sobre las tuberías así como para válvulas de bloqueo.

Las conexiones sobre los recipientes para los manómetros y los niveles de vidrio, deben estar orientados de manera que eliminen perturbaciones debidas a la entrada y salida del líquido en los mismos.

Los instrumentos de nivel estarán montados al lado de los niveles de. El nivel de vidrio será visible desde toda la válvula que regule el nivel en el recipiente.

Las válvulas de control serán accesibles, desde el suelo, plataformas o escaleras fijas. Una distancia mínima de 300 mm. será prevista entre la cabeza de la válvula y el primer obstáculo para el desmontaje del diafragma. Un mínimo de 150 mm. se preverá entre el punto bajo de la válvula y el primer obstáculo. Debe ser previsible el acceso al volante así como el sitio necesario para el posicionador.

Los instrumentos operando conjuntamente con válvulas de control se emplazarán de manera que permitan mostrar el instrumento al lado de la válvula sin tener una longitud excesiva de tubería. Los indicadores locales concernientes a la misma cadena de regulación de una válvula de control, deben ser visibles si es posible desde el emplazamiento de la válvula. Si esta solución no es realizable un receptor indicador se instalará al lado de la válvula.

## **9. NOTAS GENERALES PARA INSPECCIÓN**

### ***9.1 ALCANCE DE LA INSPECCIÓN***

Este documento cubre los procedimientos administrativos en relación con la inspección por parte de Refinería CEPSA Gibraltar, para aquellos materiales y pedidos en cuyos pedidos se indique: “*A ser inspeccionado por promotora en origen siguiendo los procedimientos indicados en las notas específicas para inspección de equipos y materiales.*”

Además de las inspecciones que debe realizar el departamento de control de calidad del fabricante, los equipos y materiales considerados como sujetos a inspección por la IP-20-1-1 serán inspeccionados por Refinería CEPSA Gibraltar.

Esta inspección y/o los ensayos a realizar se llevarán a cabo en los talleres del suministrador y/o en los de sus proveedores.

La inspección por parte de Refinería CEPSA Gibraltar no releva al suministrador de su obligación de proveer adecuado control de calidad e inspección de los materiales y equipos para asegurarse por sí mismo que éstos cumplen con todos los requisitos establecidos en la orden de compra.

En ningún caso la inspección por parte de Refinería CEPSA Gibraltar, relevará al suministrador de las garantías en cuanto a materiales, aparatos, calidad de trabajo, resultados, etc.

## **9.2 AVISO DE INSPECCIÓN**

El contratista o suministrador notificará al Departamento de Inspección de Refinería CEPSA Gibraltar, con copias al residente de la empresa contratada y al coordinador de compras de la empresa contratada, con antelación mínima de cinco días laborables, las fechas y equipos o materiales preparados para inspección (o pruebas hidrostáticas, de funcionamiento, etc.). En todos los casos el aviso se cursará antes de la pintura o de la preparación para el envío.

El suministrador o contratista deberá notificar a Refinería CEPSA Gibraltar específicamente cuando se hayan requerido pruebas presenciadas, tales como prueba hidráulica, de funcionamiento, de resiliencia, etc.

Para materiales a granel, tales como tubos, forjas, fundiciones, accesorios, etc. para los que se ha especificado inspección final, el aviso de inspección se transmitirá cuando el total del pedido esté preparado o cuando haya suficiente cantidad de material a inspeccionar y se justifique una visita de inspección para hacer envíos parciales.

El aviso de inspección se cursará preferentemente por fax o correo electrónico. También es aceptable el aviso telefónico siempre que sea confirmado a continuación por uno de los medios anteriores.

Dicho aviso de inspección comprenderá la siguiente información:

- designación del proyecto
- número de pedido de la empresa contratada
- número de pedido o referencia del suministrador
- materiales o equipos de inspección
- lugar y fecha en los cuales estará preparado para inspección el material o equipo partes o elementos del pedido preparados para inspección
- cualquier información adicional que se estime conveniente

### **9.3 DISPENSAS DE INSPECCIÓN**

Refinería CEPSA Gibraltar puede declinar la inspección. Cuando esta dispensa tenga lugar, se emitirá un documento en el que se reflejará lo anterior, remitiéndose una copia del mismo al contratista o suministrador pertinente.

### **9.4 CERTIFICADOS DE MATERIALES**

Cuando se trate de materiales cuya inspección no se requiere por la IP-20-1-1 o cuando se haya declinado dicha inspección, el suministrador o contratista deberá proveer certificados de materiales o resultados de los ensayos para incluirlos en los archivos de la empresa promotora.

Todo el material que no esté perfectamente identificado y amparado por certificados de materiales adecuados será automáticamente rechazado.

Por otra parte, el suministrador o contratista presentará al inspector de Refinería CEPSA Gibraltar todos los certificados, gráficos, resultados de ensayos, etc. en el momento de la inspección. El inspector no aceptará ningún material hasta que haya recibido, revisado y aceptado estos documentos.

Normalmente el inspector aceptará certificados fiables, preferentemente refrentados por una agencia de inspección independiente de materiales y ensayos sin necesidad de presenciarlos.

## **10. NORMAS GENERALES DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES**

El contratista tiene obligación de ejecutar esmeradamente las obras, cumplir estrictamente todas las condiciones estipuladas y cuantas ordenes le sean dadas por el director de obra, entendiéndose que deben entregarse completamente terminadas cuantas obras afecten a este compromiso.

Si a juicio del citado director, hubiese alguna parte de la obra mal ejecutada, tendrá el contratista obligación de volverla a ejecutar cuantas veces sean necesarias, hasta quedar a satisfacción de aquel, no siendo motivos estos aumentos de trabajo para pedir indemnización alguna.

Las precauciones bajo el punto de vista de seguridad de personal y planta deben ser extremas, ya que el trabajo del contratista se desarrolla en unas instalaciones que pueden estar en funcionamiento o en parada, y que deben ser objeto de coordinación con el departamento de operaciones de Refinería CEPSA Gibraltar.

El contratista en todo momento debe seguir las normas de seguridad establecidas por Refinería CEPSA Gibraltar, siendo responsabilidad del subcontratista todos los daños, tanto personales como materiales, propios o a terceros, que se puedan derivar del incumplimiento de las mismas.

Los trabajos deben ejecutarse conforme a programas de construcción detallados y coordinados con el departamento de operaciones de Refinería CEPSA Gibraltar asumiendo las normas de seguridad establecidas y procedimientos de permisos de trabajo, que no deben suponer ningún coste extraordinario.

## ***10.1 INSTALACIÓN ELÉCTRICA***

### **10.1.1 Cableado**

Las longitudes de cables que se deben indicar en las listas son únicamente aproximadas, y en consecuencia, el contratista de electricidad debe determinar en obra dichas longitudes con mayor precisión, antes de proceder a cortar los cables teniendo en cuenta que el desperdicio máximo que se permite es un 3%.

Los caminos principales de cables, estarán indicados en los planos aprobados, donde además se indicará el agrupamiento de cables.

Los caminos de los cables que no se indiquen en los planos, serán elegidos por el contratista de electricidad de acuerdo con la dirección de construcción. Cuando se establezcan dichos caminos, se tomarán todo tipo de precauciones para evitar interferencias con todos los elementos de la planta.

En general se elegirá el camino más corto, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los cables estarán separados de tuberías y equipos. Habrá una distancia mínima de 500 mm entre cualquier cable y una superficie caliente.



- Se evitarán recorridos paralelos entre cables de instrumentación y cables de fuerza o alumbrado. Se deberán mantener separaciones entre grupos de cables que se especifiquen en la documentación o se indiquen por la dirección de construcción.
- Se dispondrán los cables eléctricos de forma que los cruces se reduzcan al mínimo. Cuando se crucen a poca distancia diferentes recorridos de cables, el cruce deberá hacerse en ángulo recto.
- Cuando los cables pasen de un nivel a otro, el recorrido será vertical y no inclinado, a no ser que se indique lo contrario.
- Los recorridos de los cables se situarán alejados de lugares con riesgo potencial de incendio o donde estén sujetos a riesgos mecánicos o expuestos a contacto con líquidos o escapes de gases o vapores.
- Los cables se situarán, dentro de lo posible, en grupos que sean compatibles y no de forma independiente.
- Los cables no obstruirán el libre paso dentro de la planta, ni interferirán con la accesibilidad o el montaje de los equipos de proceso.

Cuando los cables pasen verticalmente a lo largo de los pisos, pasillos, plataformas, etc. se instalará una protección mecánica hasta una altura mínima de 250 mm del piso. Esta protección mecánica incluirá un espacio razonable para la instalación de cables adicionales. Cuando el paso sea a través de un piso hermético, este agujero de paso deberá sellarse.

Los cables se instalarán en zanjas o adecuadamente soportados de forma continua sobre bandejas.

La entrada de cables aéreos en los edificios se hará con una inclinación hacia arriba de unos 20° con objeto de evitar la entrada de agua de lluvia, y el agujero de entrada deberá sellarse.

El radio de curvatura de cualquier cable no será menor que el valor mínimo especificado por el fabricante.

Los cables se instalarán en un solo tramo, de punta a punta, sin ningún empalme. Además, cuando se extiendan por el suelo antes de situarlos en su posición definitiva, se protegerán contra daños producidos por el tráfico o por otras causas.

Todos los cables se introducirán en los equipos, motores, cajas, etc. por medio de prensaestopas adecuadas y se soportarán de forma que no se transmitan esfuerzos a dichas

prensaestopas o al equipo. Los puestos de mando, motores y cajas se suministrarán normalmente con entradas roscadas.

Esas entradas en los motores y en las cajas de conexiones se realizarán por la parte inferior, con el objeto de evitar la entrada de agua y otros líquidos en las mismas. También se podrán utilizar los laterales, dándoles a los cables una ligera inclinación hacia abajo.

Los cables con múltiples conductores terminarán, en la planta, en cajas de unión provistas de terminales, donde se efectuará la transición a los cables individuales hasta los instrumentos. Las cajas de unión deberán estar lo más próximas posible a los instrumentos, procurando que los recorridos individuales sean lo más cortos posibles.

### **10.1.2. Soportes para el cableado**

El contratista de electricidad fabricará todo tipo de herrajes y soportes que se requieran para efectuar la fijación de los componentes y elementos de la instalación eléctrica. Deberá suministrar todos los materiales que se necesiten para la fabricación de dichos herrajes y soportes, y después de su prefabricación deberá limpiarlos e imprimirlos.

Cuando los soportes se deban fijar por medio de hormigón o mortero, el contratista de obra civil realizará dicha fijación, y el contratista de electricidad suministrará dichos soportes, dando al contratista de obra civil los detalles suficientes para su correcta situación.

En los casos que la fijación de los soportes sea por medio de soldaduras, grapas o pernos de expansión, la instalación la efectuará el propio contratista de electricidad.

La soldadura de soportes y tuberías, recipientes o equipos está totalmente prohibida, habida cuenta de la posibilidad de que se requiera tratamiento térmico.

Las estructuras metálicas no podrán ser taladradas sin autorización escrita de la dirección de construcción.

Los soportes se dimensionan de forma que exista una distancia suficiente (150 mm mínimo) entre el extremo soportado y la superficie de apoyo, al objeto de permitir trabajos posteriores de pintura, protección contra incendios, calorifugados, etc.

Las barandillas o pasamanos no se pueden usar para sujetar ningún tipo de soporte. Se procura evitar la fijación de soportes, y por consiguiente, bandejas, tubos, etc. a lugares

---

donde por excesiva vibración o fenómenos de dilatación se pueden dañar las canalizaciones de electricidad. Igualmente se evita la sujeción a equipos cuyo mantenimiento implique frecuentes desmontajes.

### **10.1.3 Situación de los puestos de mando locales y parada de emergencia**

Estos elementos se situarán generalmente de acuerdo con los planos de implantación aprobados, teniendo en cuenta que las posiciones mostradas son solamente aproximadas y que la posición final será determinada por el contratista de electricidad, teniendo en cuenta que satisfagan como mínimo los siguientes requisitos:

- Buena accesibilidad.
- Visibilidad del motor o equipo al que está asociado.
- No interrumpir el acceso a la manipulación de otros elementos de la instalación.

El contratista de electricidad debe ser responsable de asegurar que ningún aparato obstruya un pasillo, el acceso a una válvula manual o a cualquier otro elemento que requiera mantenimiento y operación.

Los puestos de mando local marcha-parada irán colocados a pie de motor. La entrada de los cables a éstos se hará a través de prensaestopas.

Los pulsadores de parada de emergencia (tipo seta), se colocan un poco más alejadas del motor (de 8 a 15 m). La entrada de cables a éstos se realiza del mismo modo que a los puestos de mando.

### **10.1.4 Montaje de las protecciones en la cabina**

Las entradas de cables de los equipos a sus correspondientes cubículos se harán por la parte inferior de la cabina. Los conductos de barras entrarán por la parte superior.

Las uniones de las barras principales se harán por medio de tornillos de acero galvanizado o cadmiados de alta resistencia, con tuercas, arandelas y demás dispositivos que impidan el aflojamiento de los mismos.

El paso de los cables a través de la chapa del fondo del cuadro se sellará con una capa de mortero de yeso una vez que se hayan instalado los cables.

### **10.1.5 Puesta a tierra de motores y accesorios**

La puesta a tierra del motor se realiza mediante dos bornes roscados M6, fijos a la carcasa del motor; uno situado en el interior de la caja de bornas y el otro situado en el exterior del motor.

Se conectará el conductor de tierra del motor con el mallado de tierra existente en la zona de Antorchas, para una correcta protección del equipo.

Siempre que el cable de tierra emerja del terreno, debe ir protegido con un conducto de tubo de acero galvanizado de diámetro adecuado y sellado con compound. Este manguito debe ir 150 mm enterrado por debajo del pavimento, protegido con un dado de hormigón.

Todas las partes metálicas no conductoras de electricidad paneles, cajas, etc. que puedan ser energizadas accidentalmente deben ser conectadas de forma segura al sistema de puesta a tierra.

La puesta a tierra de recipientes, estructuras y tuberías se debe hacer con cable de cobre desnudo de 35 mm<sup>2</sup> de sección.

## **10.2 OBRA CIVIL**

### **10.2.1 Objeto**

El trabajo comprendido en esta especificación, consiste en el suministro de instalaciones, materiales, mano de obra, maquinaria y equipo y en la ejecución de todas las operaciones y trabajos necesarios para la construcción y pruebas de la Preparación del Terreno.

### **10.2.2 Limpieza y desbroce**

Esta sección incluye la excavación de todas las raíces y hierbas presentes en el área del jardín existente hasta penetrar 5 cm. en terreno natural sano.

### **10.2.3 Demoliciones**

No se prevé la ejecución de demoliciones.

---

#### **10.2.4 Marcas y mojones**

Se incluyen todas las marcas y mojones que sean necesarios para la correcta ejecución de los trabajos. Una vez acabados los trabajos, se retirarán todos los mojones, estacas y señales empleados para la construcción.

#### **10.2.5 Excavación**

Se realizarán todas las excavaciones para cimientos, instalaciones de tuberías subterráneas, drenajes, cunetas, etc., hasta una distancia de los costeros y fondos de excavación que permita la colocación y extracción de encofrados, tuberías, etc., y su inspección.

Se harán previsiones en la nivelación alrededor de las excavaciones de manera que la superficie del suelo esté convenientemente preparada para evitar que corra agua dentro de las excavaciones ejecutadas. Cualquier cantidad de agua acumulada en las excavaciones deberá ser extraída rápidamente.

Se preverán y suministrarán todos los apeos, encofrados, drenaje, bombeo de agua, etc. que sean necesarios para una ejecución segura de las excavaciones.

El fondo de excavación de zanjas y cunetas, ha de ser sano y resistente. Si dicho fondo fuera de naturaleza blanda o de materiales no apropiados, el Constructor lo reemplazará, nivelará y compactará en la misma forma que se indica en el apartado siguiente de relleno.

Las zanjas para tuberías que estén situadas sobre rocas, se excavarán 15 cm bajo el nivel inferior de la tubería.

#### **10.2.6 Relleno**

No se comenzará ninguna clase de relleno hasta que las obras y trabajos realizados en las excavaciones, hayan sido inspeccionados por el Ingeniero Director y retirados todos los encofrados, apeos, desechos, escombros, etc.

Como material de relleno se utilizará el obtenido de la misma excavación, que es parte de los trabajos a realizar.

En la capa superior de explanación se prevé la aportación de materiales de otras procedencias.

El relleno se realizará hasta las cotas, rasantes, etc., necesarias para obtener una nivelación adecuada. Los suelos con una densidad seca menor a 1.500 kg/m<sup>3</sup> serán desechados o mezclados con suelos más pesados para obtener una densidad apropiada. Se prevé la ejecución de una capa de 35 cm de espesor en la superficie de la parcela.

Las diferentes capas, se extenderán de forma que se obtenga una mezcla homogénea compacta, evitando acumulaciones locales de arcilla o bolos, igualmente se mantendrá sensiblemente constante la proporción de material arcilloso.

No se colocarán capas de relleno cuando la temperatura atmosférica sea inferior a 2°C. cuando la temperatura descienda de este valor, se protegerán las capas anteriormente acabadas contra el riesgo de heladas.

### **10.2.7 Hormigonado**

#### ***10.2.7.1 Vertido del hormigón***

El hormigón se colocará de forma adecuada para evitar su segregación y siempre se verterá desde alturas inferiores a un metro, procurando eliminar un excesivo rebote del material, o su proyección directa contra las armaduras y pernos de anclaje.

#### ***10.2.7.2 Puesta en Obra y Compactación del Hormigón***

Antes de proceder a hormigonar cualquier elemento, se verificará que están colocadas todas las piezas embebidas en el hormigón, armaduras, pernos de anclaje, etc., así como las instalaciones subterráneas que existan.

Se utilizará hormigón uniforme de la misma calidad para todas las unidades de obra similares y no se emplearán hormigones fabricados con cemento de distintas procedencias en una misma estructura o elemento resistente.

Todo el hormigón se vibrará de forma adecuada hasta que cese la disminución de volumen y refluya la pasta a la superficie. El espesor e las masas que hayan de ser compactadas, será el necesario para conseguir que la compactación se extienda, sin disgregación de la mezcla, a todo el interior de la misma.

---

Se suspenderá el hormigonado cuando se prevea que en las próximas 24 horas puedan alcanzarse temperaturas inferiores a 0°C, o cuando la temperatura ambiental baje de 4°C, o sea superior a 45°C. Asimismo, suspenderá el hormigonado durante períodos de lluvias si no se protege adecuadamente.

Queda prohibido poner en contacto masas frescas de hormigón elaborado con distintos tipos de cemento.

### ***10.2.7.3 Juntas***

Las juntas de construcción creadas por las interrupciones del hormigonado, se dispondrán lo más normalmente posible a la dirección de las tensiones de compresión, alejándolas de las zonas en que la armadura esté sometida a fuertes tracciones.

Se dispondrán juntas de dilatación alrededor de las cimentaciones de equipo. Las juntas impermeables se realizarán embebiendo una cinta de PVC de anchura suficiente.

Las juntas se limpiarán de toda suciedad, lechada o árido que haya quedado suelto mediante chorro de agua o cepillo de alambre según que el hormigón se encuentre más o menos endurecido y se humedecerá la superficie evitando que se acumule agua antes de verter el nuevo hormigón.

### ***10.2.7.4 Protección y curado***

Se curará el hormigón una vez endurecido, manteniendo húmedas todas las superficies, durante un período mínimo de siete días.

Se protegerán durante la ejecución de las obras todas las superficies hormigonadas contra variaciones de temperatura, lluvias, corrientes, aguas, heladas, desperfectos, sobrecargas que puedan causar daños en elementos ya hormigonados, etc.

### ***10.2.7.5 Preparación y colocación de armaduras***

Las armaduras se cortarán y doblarán en frío.

Las armaduras estarán exentas de escamas, grasa, arcilla, óxidos u otras materias que perjudiquen su adherencia. Se fijarán entre sí y a los encontrados mediante sujeciones

que mantengan la distancia al encofrado, de modo que quede impedido todo movimiento de aquellas durante el vertido y compactación del hormigón.

#### ***10.2.7.6 Piezas embebidas y pernos de anclaje***

Todos los pernos de anclaje se situarán con plantilla y se cuidará especialmente mantener su exacta posición, verticalidad, proyección y fijación durante la fase de hormigonado.

#### ***10.2.7.7 Encofrados***

Los encofrados de madera se humedecerán y se limpiarán cuidadosamente, antes de verter el hormigón y podrán pintarse con un aceite o material adecuado y aprobado para facilitar el desencofrado.

Se mantendrán los apeos, fondos o cimbras el plazo necesario para soportar los esfuerzos que aparecen al desencofrar la pieza. Los encofrados colocados vertical u horizontalmente, se mantendrán durante un período mínimo de 4 a 8 días respectivamente.

#### **10.2.8 Cunetas y zanjas**

Se incluye la excavación y relleno que sea necesario realizar para la instalación de tuberías subterráneas, drenajes, cunetas, alcantarillas y sus estructuras de hormigón o ladrillo.

El fondo de la excavación de zanjas y cunetas, será sano y resistente, si dicho fondo fuera de naturaleza blanda o de materiales no apropiados se reemplazará, nivelará y compactará en la misma forma especificada para el relleno.

#### **10.2.9 Equipos**

Se incluye toda la instalación, equipo herramientas y máquinas necesarias en la ejecución del trabajo y se mantendrán en satisfactorias condiciones de trabajo en todo momento.



### **10.2.10 Red de accesos**

Se prevén los accesos necesarios a la instalación. Interiormente, en la Refinería, se dispone de una red de calles.

Se dispone asimismo un cerramiento de toda la zona a base de una cadena metálica, que informa del peligro de sulfhídrico en la zona y prohíbe la entrada no autorizada en la instalación.

Las estructuras metálicas se considerarán empotradas en las cimentaciones, y el arranque de los pilares estará a 200 mm por encima del nivel del suelo.

Excepto donde se indique otra cosa, los pisos de las plataformas, pasarelas y peldaños de escaleras estarán formados por rejilla galvanizada de 30 x 30 x 30 x 3 mm. Para facilitar la construcción de zanjas para cables y tuberías enterradas, la superficie superior de las cimentaciones y vigas de arriostramiento de las mismas, estará a 900 mm de profundidad respecto al nivel del terreno o punto alto del pavimento excepto donde se indique otra cosa. Donde se prevean interferencias entre zanjas y cimentaciones, se aumentará dicha profundidad lo mínimo necesario para evitarlas.

En la superficie superior de los pedestales y bancadas sobre las que se apoyan estructuras y/o equipos se dispondrá una capa de mortero para nivelación de 25 mm de espesor.

En general, todas las cimentaciones apoyarán sobre una capa de hormigón de limpieza de 50 mm de espesor.

### **10.3 INSTALACIÓN MECÁNICA**

Todos los elementos serán empaquetados y protegidos adecuadamente durante el transporte hasta el lugar de instalación. Asimismo, aquellos que deban ser objeto de marcado según ASTM, vendrán correctamente identificados según MSS-SP25. En el caso de que el tamaño del accesorio sea pequeño, el marcado consistirá en el tamaño, grado y espesor o rating de presión.

Las notas generales referentes al marcado de las tuberías ya han sido recogidas en el apartado 6. *Notas generales de tuberías y soportes de tuberías* del presente *Pliego de condiciones*.

#### **10.4 PINTURA**

Todas las superficies exteriores de equipos y tuberías recibirán, antes del pintado, el tratamiento de preparación siguiente:

1. Limpieza con disolventes de las zonas excesivamente cargadas de grasa o aceites, o que durante el proceso de instalación y manipulación hayan quedado impregnadas de estas sustancias o similares.
2. Eliminación de depósitos de óxidos muy voluminosos mediante limpieza manual o mecánica. Esto puede hacerse mediante lijado o cepillado en dos direcciones.
3. Redondeado de aristas vivas y alisado mediante lijado de cordones y salpicaduras de soldadura.
4. Protección de zonas y anexos que no vayan a ser recubiertos.
5. Chorreado con abrasivo (granalla o arena silíceo).
6. Limpieza con aspirador o aire a presión de residuos abrasivos, polvo, y demás partículas extrañas y contaminantes.

Posteriormente, las superficies recibirán cuatro manos de pintura anticorrosión (pasivamente aniónica), como minio de plomo o cromato de zinc de aceite. Se controlará que, tras la capa definitiva, el espesor de la capa protectora de pintura sea de 150 micras como mínimo.

Las superficies que deban aplicarse imprimación inorgánica se limpiarán por chorreado, eliminándose posteriormente el polvo por cepillado.

La temperatura de las superficies que se van a pintar debe estar entre 10-38 °C y la temperatura ambiente, como mínimo superior a 3 °C a la punta de rocío.

Las superficies se imprimarán de acuerdo con la especificación SSPC de 38 a 63 micras de espesor de películas, una vez realizada ésta se someterá a la superficie a una capa de acabado.

El Contratista presentará a Refinería CEPESA Gibraltar para su aprobación sus procedimientos de limpieza y pintura, así como los tipos de imprimación y pintura que van a ser utilizados (a poder ser epoxídica).

Las pinturas defectuosas, serán restauradas a cuenta del Contratista.

### **10.5 AISLAMIENTO**

El aislamiento térmico se instalará en los componentes de sistemas que se hayan diseñado para una temperatura superior a 60 °C.

El aislamiento será de tipo compuesto formado por moldes o coquillas de silicato cálcico con un mínimo de 5% en peso de inhibidor de corrosión.

Tanto el aislamiento de fibra de asbestos con silicato sódico, como la lana mineral o lana de roca son también aceptables.

Todo material aislante debe ser capaz de resistir hasta 200 °C.

La gama de aplicación de los materiales utilizados en el aislamiento son los siguientes:

Tabla IV. Materiales de aislamiento

Silicato cálcico	63 a 649 °C
Fibra mineral	63 a 402 °C
Fibra de vidrio	63 a 180 °C
Fibra de vidrio (anti-hielo)	1,1 a 15,6 °C

El coeficiente de conductividad estará comprendido entre 0,045 y 0,059 Kcal/mh.

La densidad del aislamiento será de 100 kg/m<sup>3</sup>.

A menos que se diga lo contrario todo el aislamiento convencional irá recubierto con láminas metálicas. Preferiblemente, la chapa será de aluminio de 0,7 mm de espesor para diámetros de 2 ½" a 4" y de 0,5 mm para diámetros de 2" y menores.

### **10.6 CORROSIÓN**

Dada la proximidad al mar y el ambiente generado por las propias instalaciones, todos los equipos susceptibles de sufrir algún tipo de corrosión deben protegerse mediante un tratamiento superficial de pintura, tal y como establece la IP 19-1-1.

Esta necesidad de protección afecta al depósito separador, al depósito de sello, al compresor, al intercambiador, al motor, a las tuberías y a las válvulas del Proyecto.

Los depósitos y las tuberías deberán tener un tratamiento previo de preparación para pintura consistente en un chorreado abrasivo de arena (Sand Blasting) de grado SA 2.5 conforme a la norma ISO 8501-1.

El tratamiento de pintura de los depósitos deberá ser:

- Una capa de epoxi de Zn de espesor de 60 micras.
- Dos capas de epoxi de espesor total de 140micras.
- Una capa final de aislamiento acryl-uretano 50 micras de color RAL 9010.
- El espesor total será de 250 micras.

El tratamiento de pintura de las tuberías deberá consistir como mínimo de 3 capas:

- Una primera de imprimación de silicato de zinc base disolvente con un espesor de película seca de 75 – 100 micras.
- Una segunda capa intermedia de epoxi poliamida con un espesor de película seca de 60 – 80 micras.
- Una tercera capa de acabado de poliuretano alifático con un espesor de película seca de 35 – 45 micras.

Los equipos de materiales no ferríticos, los de acero inoxidable y las estructuras de hormigón, quedan excluidos de la necesidad de protección.

### **10.7 SOLDADURAS**

Los procedimientos de soldadura serán sometidos a la aprobación de Refinería CEPSA Gibraltar, antes de su realización.

En las partes de la instalación en que deban llevarse a cabo procesos de soldadura a tope, se instalarán durante el proceso de soldado anillos de protección, y se evitará en todo momento que penetren en el interior de las partes a soldar cascarillas y salpicaduras de soldadura.

La soldadura se hará mediante cordones finos, limpiando e inspeccionado después de cada cordón, evitando así que los defectos de un cordón puedan ser enmascarados por el siguiente.

Los procedimientos de soldadura, los soldadores u operadores que intervengan en la fabricación de los accesorios deberán ser homologados según ASME Sección IX.

Los accesorios soldados por soldadores u operadores no homologados serán objeto de rechazo.

En el caso que se haga una reparación por soldadura de algún accesorio, el procedimiento a utilizar deberá ser previamente aprobado por Refinería CEPSA Gibraltar.

La preparación de extremos para soldar se realizará por medios mecánicos. Las superficies cortadas con soplete se esmerilarán para dejar el metal exento de escoria.

Los materiales o aditamentos soldados a los componentes sometidos a presión, estarán de acuerdo con ANSI B 31.3. Se usarán piezas de transición en los casos en que, al soldar válvulas u otro accesorio a tubería, haya que hacer uniones soldadas entre acero ferrítico y austenítico. La longitud mínima de la pieza de transición será 7". El material de la pieza de transición habrá de ser igual que el cuerpo de la válvula. No se permiten soldaduras circunferenciales en una zona de curvatura de una tubería.

El espesor mínimo de pared para conjuntos formados por soldadura será por lo menos el 87.5% del espesor nominal de pared.

La inspección de la soldadura de tuberías estará de acuerdo con ASA B 31.3 y con lo siguiente:

- Radiografía aleatoria para todas las tuberías de acero al carbono, y de aleación carbono-molibdeno 1/2 % a una presión mayor de 10 atm. Y de 1 ¼ % Cr – 1/2% Mo y para todas las líneas de proceso que contengan material con un punto de evaporación de 44°C o menor, operando sobre 66°C y 7.5 atm.
- Radiografía del 100% en todas las soldaduras en materiales de 5% Cr – 1/2% Mo y aleaciones mayores y con todos aquellos casos en los que el espesor de la pared excede de 22.2 mm.

Los distintos componentes de un soporte para tuberías, que no estén unidos mediante tornillo, lo estarán por medio de cordón de soldadura, con garganta 0.7 veces el espesor de la chapa más delgada a unir, no permitiéndose el uso de remaches u otros dispositivos.

Toda soldadura será defectuosa y habrá de repararse, si no cumple la norma de aceptación de cada examen no destructivo aplicable. Las reparaciones habrán de hacerse de acuerdo con el código ANSI B 31.3 y se realizará a expensas del vendedor.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El Presupuesto se divide en partidas, agrupadas por equipos y líneas de proceso, cuya suma da lugar al coste total de la instalación.

Las partidas en las que se divide los costes son:

- Materiales:
  - Material mecánico
  - Material de instrumentación
  - Material eléctrico
  - Material para obra civil
  - Vales de almacén y repuestos
  
- Contratos:
  - Montaje mecánico
  - Montaje de instrumentación
  - Montaje eléctrico
  - Obra civil
  - Estudio básico seguridad y salud
  
- Gastos indirectos:
  - Ingeniería
  - Gastos de propietario

## **2. MATERIALES**

### **2.1 Material mecánico**

Los precios unitarios del siguiente material han sido proporcionados por diferentes empresas que son proveedores del montaje industrial, algunas pertenecientes al campo de Gibraltar. Las empresas son:

CUÑADO, S.A. lo que se refiere tuberías y accesorios ( codos, bridas y filto )

FELGUERA lo que se refiere al depósito separador y el Intercambiador de Calor

**Tabla I. Presupuesto del material mecánico** (todos los precios tienen incluido un I.V.A. del 16%)

	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Precio total</i>
<b>Compresor AB1500 Garo</b>	1	220.000,00 €	<b>220.000,00 €</b>
<b>Acoplamiento Bibby Turboflex</b>	1	1.520,00 €	<b>1.520,00 €</b>
<b>Depósito separador Garo</b>	1	35.000,00 €	<b>35.000,00 €</b>
<b>Filtro en Y Fisher</b>	3	3.100,00 €	<b>9.300,00 €</b>
<b>Intercambiador de calor Garo</b>	1	32.000,00 €	<b>32.000,00 €</b>
<b>Tuberías y codos</b>			<b>68.662,80 €</b>
Tubería 3/4" A1A2	9 m	7,20 €	64,80 €
Tubería 1" A1A2	10 m	8,12 €	81,20 €
Tubería 1 1/2" A1A2	165 m	9,65 €	1.592,25 €
Tubería 2" A1A2	285 m	12,02 €	3.425,70 €
Tubería 3" A1A2	15 m	21,04 €	315,60 €
Tubería 4" A1A2	5 m	32,21 €	161,05 €
Tubería 6" A1A2	665 m	49,28 €	32.771,20 €
Tubería 8" A1A2	100 m	71,20 €	7.120,00 €
Tubería 8" A2B4	25 m	85,24 €	2.131,00 €
Aislamiento tuberías			21.000,00 €
<b>Bridas</b>			<b>4.993,00 €</b>
Brida 3/4" A1A2	6	20,00 €	120,00 €
Brida 1" A1A2	14	21,00 €	294,00 €
Brida 1 1/2" A1A2	10	25,00 €	250,00 €
Brida 2" A1A2	26	28,00 €	728,00 €
Brida 3" A1A2	15	33,00 €	495,00 €
Brida 4" A1A2	9	42,00 €	378,00 €
Brida 6" A1A2	10	52,00 €	520,00 €
Brida 8" A1A2	30	64,00 €	1.920,00 €
Brida 8" A2B4	4	72,00 €	288,00 €
<b>Total material mecánico</b>			<b>371.475,80 €</b>

## 2.2 Material de instrumentación

Los precios unitarios del siguiente material han sido proporcionados por diferentes empresas que son proveedores del montaje industrial, algunas pertenecientes al campo de Gibraltar. Las empresas son:

CUÑADO, S.A. lo que se refiere a las válvulas y reducciones

HONEYWELL lo que se refiere a los indicadores y transmisores



**Tabla IIa. Presupuesto de material de instrumentación** (todos los precios tienen incluido un I.V.A. del 16%)

	<i>Cantidad</i>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio total</b>
<b>Válvulas</b>			<b>83.754,00 €</b>
Válvula de control de nivel	2	6.000,00 €	12.000,00 €
Válvula de control de presión	4	8.000,00 €	32.000,00 €
Válvula de seguridad de 3/4"	1	1.440,00 €	1.440,00 €
Válvula de seguridad de 2"	1	1.800,00 €	1.800,00 €
Válvula on-off	6	1.200,00 €	7.200,00 €
Reducción 3x2 "	1	18,00 €	18,00 €
Reducción 4x6 "	2	20,00 €	40,00 €
Válvula de cierre 3/4 "	17	48,00 €	816,00 €
Válvula de cierre 1"	5	60,00 €	300,00 €
Válvula de cierre 1 1/2 "	4	90,00 €	360,00 €
Válvula de cierre 2"	13	120,00 €	1.560,00 €
Válvula de cierre 3"	6	360,00 €	2.160,00 €
Válvula de cierre 4"	2	480,00 €	960,00 €
Válvula de cierre 6"	3	720,00 €	2.160,00 €
Válvula de cierre 8"	11	960,00 €	10.560,00 €
Disco ciego 1 1/2"	1	90,00 €	90,00 €
Disco ciego 2"	4	100,00 €	400,00 €
Disco ciego 6"	2	120,00 €	240,00 €
Válvula de globo 2"	2	100,00 €	200,00 €
Válvula de globo 3"	1	300,00 €	300,00 €
Válvula de retención 1"	2	60,00 €	120,00 €
Válvula de retención 1 1/2"	1	90,00 €	90,00 €
Válvula de retención 2"	4	120,00 €	480,00 €
Válvula de retención 6"	3	720,00 €	2.160,00 €
Válvula de retención 8"	3	2.100,00 €	6.300,00 €
<b>Indicadores</b>			<b>24.360,00 €</b>
Analizador de oxígeno	1	18.000,00 €	18.000,00 €
Caudal	1	5.400,00 €	5.400,00 €
Presión	4	120,00 €	480,00 €
Temperatura	4	120,00 €	480,00 €

**Tabla IIb. Presupuesto de material de instrumentación** (todos los precios tienen incluido un I.V.A. del 16%)

	<i>Cantidad</i>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio total</b>
<b>Transmisores</b>			<b>22.685,60 €</b>
Vibraciones	1	1.800,00 €	1.800,00 €
Caudal	2	1.200,00 €	2.400,00 €
Presión	4	700,00 €	2.800,00 €
Temperatura	9	1.400,00 €	12.600,00 €
Nivel	2	1.250,00 €	2.500,00 €
ZSC	2	146,40 €	292,80 €
ZSO	2	146,40 €	292,80 €
<b>Orificios de restricción</b>			<b>408,00 €</b>
RO 1"	3	96,00 €	288,00 €
RO 1 1/2"	1	120,00 €	120,00 €
<b>TOTAL MATERIAL INSTRUMENTACIÓN</b>			<b>131.207,60 €</b>

### 2.3 Material eléctrico

Los precios unitarios del siguiente material han sido proporcionados por diferentes empresas que son proveedores del montaje industrial, algunas pertenecientes al campo de Gibraltar. Las empresas son:

Bentley-Nevada lo que se refiere a la monitorización del compresor.

Siemens al motor.

Mesa a la celda.

Merlin Gerin lo que se refiere al Interruptor automático

Multilín lo que se refiere al Relé.

Arteche lo que se refiere al transformador de intensidad.

Cablesca a lo que se refiere al cableado.

**Tabla III. Presupuesto de material eléctrico** (todos los precios tienen incluido un I.V.A. del 16%)

	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio total</b>
<b>Monitorización compresor</b>	1	6.850,00 €	<b>6.850,00 €</b>
<b>Motor AG</b>	1	36.493,60 €	<b>36.493,60 €</b>
<b>Celda 6,3 kV</b>	1	28.910,00 €	<b>28.910,00 €</b>
<b>Interruptor automático</b>			
<b>Relé</b>			
<b>3 Transformadores intensidad</b>			
<b>PLC</b>	1	32.000,00 €	<b>20.400,00 €</b>
<b>Cableado</b>			<b>3.000,00 €</b>
<b>TOTAL MATERIAL ELÉCTRICO</b>			<b>95.653,60 €</b>

## 2.4 Material para obra civil

Los precios de la obra civil son proporcionados por la empresa HERCU, que además está homologada para trabajar en Refinería y lo que se refiere a la pintura por la empresa PIGASA.

**Tabla IV. Presupuesto de material para obra civil** (todos los precios tienen incluido un I.V.A. del 16%)

	<b>Precio total</b>
<b>Estructura metálica y hormigonado</b>	<b>19.500,00 €</b>
<b>Soportes</b>	<b>30.500,00 €</b>
<b>Plataformas</b>	<b>10.000,00 €</b>
<b>Pintura</b>	<b>10.020,00 €</b>
<b>TOTAL MATERIAL OBRA CIVIL</b>	<b>70.020,00 €</b>

## 2.5 Vales de almacén y repuestos

Esta partida incluye la compra de repuestos de los accesorios y consumibles para la realización de la obra ( electrodos, tracteles, radiales, discos de radiales, pinzas, etc).

**VALES DE ALMACÉN Y REPUESTOS                      13.200,00 €**

### **3. CONTRATOS**

Los precios del montaje mecánico, instrumental y eléctrico son proporcionados por la empresa IMTECH, especializada en el montaje industrial en el interior de la Refinería.

#### **3.1 Montaje mecánico**

**MONTAJE MECÁNICO** **118.000,00 €**

#### **3.2 Montaje instrumentos**

**MONTAJE INSTRUMENTOS** **30.500,00 €**

#### **3.3 Eléctrico**

**MONTAJE ELÉCTRICO** **51.000,00 €**

#### **3.4 Obra civil**

La obra civil la realizará la empresa HERCU.

Los andamios son proporcionados por la empresa REMSA.

El alquiler de caseta por parte de RESA.

**Tabla V. Presupuesto del contrato de la obra civil** (todos los precios tienen incluido un I.V.A. del 16%)

	<b>Precio</b>
<b>Obra civil</b>	<b>105.180,00 €</b>
<b>Zanjas</b>	
<b>Drenajes</b>	
<b>Accesos</b>	
<b>Andamios</b>	<b>18.030,00 €</b>
<b>Contratos de servicios (Alquiler de casetas)</b>	<b>3.000,00 €</b>
<b>Contratación de Seguridad</b>	<b>12.020,00 €</b>
<b>TOTAL CONTRATO DE OBRA CIVIL</b>	<b>138.230,00 €</b>

#### **4. GASTOS INDIRECTOS**

##### **4.1 Ingeniería**

Este importe incluye la realización del proyecto y su planificación.

**GASTOS DE INGENIERÍA** **10.800,00 €**

##### **4.2 Gastos del propietario**

**Tabla VI. Presupuesto de los gastos del propietario**

	<b>Precio</b>
<b>Dirección del proyecto</b>	<b>6.010,12 €</b>
<b>Inspección propia</b>	<b>3.606,07 €</b>
<b>Puesta en marcha (Materiales, personal...)</b>	<b>9.015,18 €</b>
<b>Permisos Oficiales y tasas</b>	<b>6.010,12 €</b>
<b>TOTAL GASTOS DEL PROPIETARIO</b>	<b>24.641,50 €</b>

## **5. RESUMEN DEL PRESUPUESTO**

**Tabla VII. Resumen del Presupuesto del Proyecto de una instalación para la recuperación de gases de antorcha**

<b>MATERIALES</b>	<b>681.557,00 €</b>
Mecánico	371.475,80 €
Instrumentos	131.207,60 €
Eléctrico	95.653,60 €
Obra civil	70.020,00 €
Vales de almacén y repuestos	13.200,00 €
<b>CONTRATOS</b>	<b>354.455,50 €</b>
Montaje mecánico	118.000,00 €
Montaje instrumentos	30.500,00 €
Eléctrico	51.000,00 €
Obra civil	138.230,00 €
Estudio básico seguridad y salud	16.725,50 €
<b>GASTOS INDIRECTOS</b>	<b>35.441,50 €</b>
Ingeniería	10.800,00 €
Gastos de propietario	24.641,50 €
<b>Subtotal</b>	<b>1.071.454,00 €</b>
<b>Contingencia 10%</b>	<b>107.145,40 €</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1.178.599,40 €</b>

El presupuesto total del *Proyecto de una instalación para la recuperación de gases de antorcha* asciende a *un millón ciento setenta y ocho mil quinientos noventa y nueve euros y cuarenta céntimos (1.178.599,40 €)*.

Puerto Real, Junio 2011

## **ESTUDIO ECONÓMICO**

En este apartado se va a estudiar la viabilidad económica del presente Proyecto de una instalación para la recuperación de gases de antorcha. Dicho proyecto está catalogado como proyecto de “Compliances” de acuerdo con la clasificación de Planificación y Desarrollo del Negocio de Refinería CEPSA Gibraltar. Los proyectos de este tipo, son proyectos que no se les exige ninguna rentabilidad mínima para que sean realizados, ya que son proyectos que justifican su inversión basados en otros factores diferentes a los económicos. El presente proyecto queda justificado tanto por el ahorro energético como por la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> que conlleva.

### **6. AHORRO ENERGÉTICO**

#### **6.1. Ahorro energético por la recuperación del gas de antorcha como fuel gas**

Como se ha comentado en apartados anteriores, el gas de antorcha es comprimido para ser enviado a las Unidades de Aminas como fuel gas sucio. En estas Unidades el gas se limpia, obteniendo el fuel gas limpio.

El fuel gas, en la Refinería, se utiliza en consumos internos como son las turbinas de gas de cogeneración, los hornos y las calderas. En la actualidad, la Refinería es deficitaria en fuel gas, por lo que para poder abastecer estos consumos, se ha de completar el aporte de fuel gas con otros combustibles, como por ejemplo fuel oil y principalmente GLP. De este modo, con el presente proyecto, aumenta la producción de Fuel Gas, por lo que disminuirá el consumo interno de GLP y, por lo tanto, se podrá vender este GLP. Esta es la razón del ahorro energético que produce la recuperación del gas de antorcha.

Por otra parte, el combustible, a nivel interno de Refinería, se mide en Barriles de Fuel Oil Equivalente (BFOE). De esta manera, todos los combustibles utilizados se contabilizan en la misma unidad, facilitando su tratamiento y comparación. Para hacer la conversión de un combustible determinado a BFOE simplemente se tiene en cuenta la capacidad calorífica de dicho combustible respecto a la del BFOE, cuya capacidad calorífica es de 5,783E06 Btu (1,457E06 Kcal).

En el presente Proyecto se va a tomar como precio actual del BFOE de 19,35 euros, lo que equivale a un precio de 13,28 euros/millón Kcal. Tanto el poder calorífico como el precio del BFOE ha sido obtenido para un fuel gas mezclado con fuel oil y GLP, que es un gas de características muy similares al gas de antorcha estimado.

## **6.2. Ahorro energético por la disminución de consumo de vapor de agua**

El vapor de media presión es utilizado en las antorchas para reducir la formación de humos. Esto es debido a que el vapor de agua reduce la concentración de partículas de carbono que son las que forman humo. El vapor de agua reacciona con las partículas de carbono formando H, CO y CO<sub>2</sub>, eliminando el carbono antes de que pueda formar humo.

Actualmente, el coste de la tonelada de vapor de media presión está en función del coste del m<sup>3</sup> de agua tratada y de la cantidad de combustible utilizado para su producción. El coste del agua tratada es la suma del coste del agua (0,3 euros/m<sup>3</sup>) más el coste del tratamiento en la planta de tratamiento de aguas de la Refinería (0,2 euros/m<sup>3</sup>), por lo que el coste del m<sup>3</sup> de BWF tratada en la planta de tratamiento de aguas es de 0,5 euros/m<sup>3</sup>. El combustible necesario para la producción de una tonelada de vapor es de 0,4 BFOE.

Por tanto, el coste del vapor de media en combustible es de 8,7 euros/Tm de vapor, más los 0,5 euros/m<sup>3</sup> del BFW, lo que hace un precio aproximado de 9,2 euros/Tm de vapor.

La cantidad de vapor requerido es función de la composición del gas quemado, estando normalmente en el intervalo de 0,25 a 1 Kg de vapor por Kg de gas de antorcha. Por lo tanto, para el cálculo se va a tomar un valor medio de 0,6 Kg de vapor por Kg de gas de antorcha.

## **6.3. Ahorro energético total**

A continuación se muestra una tabla con el ahorro energético anual para el 70% de recuperación de gas de antorcha y tipo de gas A recuperado. Antes mostramos los cálculos más detallado.



### **Masa de gas hacia Amina (Kg/h)**

Este dato nos lo da el balance de materia, que aparece en el Anexo. 878 kg/h para el caso del gas A.

### **Masa anual gas de antorcha**

Masa anual gas de antorcha = Masa de gas hacia Amina x 365 días x 24 horas = 7.691.280 kg

### **Masa anual recuperada**

Masa anual recuperada = Masa anual gas antorcha x % recuperación / 100 = 5.383.896 kg

### **Calor anual recuperado**

Calor anual recuperado = Masa anual recuperada x Poder calorífico del gas / 1000000 = 5.383.896 kg x 12.355 kcal / kg / 1000000 = 66.410,36 millones kcal.

### **Ahorro Fuel oil anual ( euros/ año)**

Ahorro Fuel Oil anual = Calor anual recuperado x Precios FOE ( 13,28 ) = 66.410,36 millones kcal x 13,28 euros/millón kcal = 881.929,54 euros / año.

### **Caudal gas de entrada**

Este dato nos lo da el balance de materia.

### **Vapor ahorrado (Tm vapor/h)**

Vapor ahorrado = Caudal gas de entrada x % recuperación gas x relación vapor / gas quemado = 0,86 Tm / h x 70 % x 0,60 Tm vapor/Tm gas = 0,36 Tm vapor/h

### **Ahorro de vapor de media ( euros / hora )**

Ahorro de vapor de media = Vapor ahorrado x Coste de vapor de media = 0,36 Tm vapor / h x 9,20 euros / Tm vapor = 3,33 euros / h

**Total ahorro energético ( euros/año )**

Total ahorro energético = Ahorro Fuel Oil anual + Ahorro vapor de media =  
 881.929,54 euros / año + 29.211,38 euros / año = 911.140,92 euros / año

**Tabla VIII. Ahorro energético para el gas A con el 70 % de recuperación**

GAS A	<i>ACTUAL</i>
<b>Recuperación de energía</b>	
Masa de gas hacia Aminas (kg/h)	878,00
Masa anual gas antorcha (kg)	7.691.280,00
<b>% recuperación</b>	<b>70,00</b>
Masa anual recuperada (kg)	5.383.896,00
Poder calorífico del gas (kcal/kg)	12.335,00
Calor anual recuperado (millones kcal)	66.410,36
Precio FOE (euros / millón kcal)	13,28
<b>Ahorro Fuel Oil anual (euros/año)</b>	<b>881.929,54</b>
<b>Ahorro de vapor de media presión</b>	
Caudal de gas de entrada (Tm/h)	0,86
% Recuperación de gas	<b>70,00</b>
Relación vapor / gas quemado (Tm vapor / Tm gas)	0,60
Vapor ahorrado (Tm vapor / h)	0,36
Coste vapor de media (euros / Tm vapor)	9,20
Ahorro de vapor de media (euros / hora)	3,33
<b>Ahorro de vapor de media anual (euros / año)</b>	<b>29.211,38</b>
<b>TOTAL AHORRO ENERGÉTICO</b>	<b>911.140,92</b>

Estos cálculos se realizan para los cuatro casos de gas de antorcha que estamos tratando.

**6.4. Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>**

Evidentemente, la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> depende directamente del porcentaje de gas recuperado en la instalación. A continuación se muestra la reducción anual de emisiones de CO<sub>2</sub> para el 70% de recuperación de gas de antorcha y una gráfica con la reducción de emisiones para diferentes porcentajes de recuperación:

**Tabla IX. Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> para 70% de recuperación**

<b>Gas</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>Precios</b>	<b>actual</b>	<b>actual</b>	<b>actual</b>	<b>actual</b>
Índice de emisión de CO <sub>2</sub> del Fuel Oil (Tm CO <sub>2</sub> / Termia FO)	3,18E-04	3,18E-04	3,18E-04	3,18E-04
% Recuperación de gas	<b>70</b>	<b>70</b>	<b>70</b>	<b>70</b>
Calor anual recuperado (kilotermias)	2.635,52	3.595,51	6.154,33	792,57
Disminución emisiones (Tm CO <sub>2</sub> / año)	7.344,01	10.019,10	17.149,40	2.208,55
Precio Tm CO <sub>2</sub> (\$ / Tm)	21	21	21	21
Cambio euro/\$ (euros / \$)	1,11	1,11	1,11	1,11
<b>Ahorro CO<sub>2</sub> (euros / año)</b>	<b>171.188,92</b>	<b>233.545,26</b>	<b>399.752,44</b>	<b>51.481,22</b>

## **7. COSTE DE LA INSTALACIÓN**

Los costes de la instalación son principalmente dos, los costes de operación y los costes de mantenimiento.

### **7.1 Costes de operación**

Los costes de operación de la instalación pueden dividirse a su vez en dos partes. Por un lado el consumo eléctrico y por el otro el consumo de agua tratada.

La Refinería es productora de electricidad, la cual se usa para consumo interno. El excedente de energía eléctrica que no se consume en la planta, es vendido a Iberdrola. Por lo tanto, el precio de venta del Kwh. a Iberdrola determina el dinero que la Refinería dejará de ganar al dejar de vender energía y utilizarla como consumo propio.

La electricidad excedente de las turbinas de cogeneración de Refinería que se vende a Iberdrola cotiza en un mercado eléctrico liberalizado, de forma que el precio de venta también oscila según la demanda. En este caso las oscilaciones son mucho menores que en el caso del BFOE, Barril de Fuel Oil Equivalente. Este término se utiliza como medida de energía para cuantificar cualquier tipo de combustible, mediante su equivalencia con el fuel oil, y aún mucho menor que las del precio de las toneladas de CO<sub>2</sub>, siendo el valor medio de venta en los últimos meses de 48,8 euros/MWh. Este será el precio utilizado para el presente estudio. Como consumo eléctrico sólo se tiene en cuenta el consumo del motor eléctrico que acciona el compresor, ya que los

consumos eléctricos de la instrumentación son mucho menores, por lo que se pueden despreciar.

En el caso del agua tratada, como ya se ha comentado, el coste del m<sup>3</sup> de agua tratada es de 0,5 euros.

## **7.2 Costes de mantenimiento**

Como costes de mantenimiento de la instalación, se ha estimado consultando con empresas especializadas en el mantenimiento industrial, una cantidad anual de 2250 euros.

Tanto los costes de mantenimiento como los de operación son independientes de la cantidad de gas recuperado, ya que por una parte el motor no se controla dependiendo del gas recuperado por ser el compresor de volumen constante, y por otro lado, la cantidad de agua tratada aportada es constante (unos 0,8 m<sup>3</sup>/h).

A continuación se presenta una tabla con los costes anuales de la instalación:

**Tabla X. Costes anuales de operación y mantenimiento**

<b>COSTES ANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</b>	
<b><i>COSTES DE OPERACIÓN</i></b>	
Consumo agua tratada (m <sup>3</sup> / h)	0,80
Precio agua tratada (euros / m <sup>3</sup> )	0,50
Coste agua tratada (euros / hora)	0,20
<b>Coste agua tratada anual (euros / año)</b>	<b>3.504,00</b>
Consumo eléctrico (KW)	280,00
Coste MW-h (euros / MW-h)	48,08
Coste eléctrico (euros / hora)	13,46
<b>Coste eléctrico anual (euros / año)</b>	<b>117.930,62</b>
<b><i>COSTES DE MANTENIMIENTO</i></b>	
<b>Coste mantenimiento anual (euros / año)</b>	<b>2.250,00</b>
<b>TOTAL COSTES ANUALES (euros / año)</b>	<b>123.684,62</b>

## **8. ESTUDIO DE LA RENTABILIDAD**

Para hacer el estudio de la rentabilidad del presente *Proyecto de una instalación para la recuperación de gases de antorcha* se va a calcular los indicadores económicos *Pay-back* (*período de retorno*), *VAN* (*Valor Actual Neto*) y *TIR* (*Tasa Interna de Rentabilidad*), en función de la cantidad y el tipo de gas recuperado, siendo:

- *Pay-back*: años en que la inversión realizada se ha recuperado.
- *VAN*: valor actualizado de todos los flujos de caja del período considerado del proyecto. Se entiende por flujo de caja al beneficio neto más la amortización de la inversión.
- *TIR*: es aquel tipo de interés que hace que el *VAN* sea nulo.

Como datos de partida para realizar los cálculos se ha supuesto:

- Años de amortización (lineal) del proyecto: 15 años
- Tasa de interés interna: 9%
- Tasa de impuestos: 35%

Además, teniendo en cuenta el *Presupuesto*, la inversión inicial requerida es de 1.178.599,40 euros.

Para el cálculo de los indicadores económicos anteriores se ha tenido en cuenta las siguientes expresiones:

$$\text{Beneficio Bruto} = \text{Ahorro energético} + \text{reducciones de CO}_2 - \text{costes totales}$$

$$\text{Amortización} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Años amortización}}$$

$$\text{Beneficio Neto} = \text{Beneficio Bruto} - \text{Amortización}$$

$$\text{Im puestos} = \text{Beneficio Neto} * \text{Tasa de impuestos}$$

$$\text{Cash Flow} = \text{Flujo de caja} = \text{Beneficio Neto} - \text{Im puestos} + \text{Amortización}$$

$$\sum_{t=0}^{PB} \frac{CF_t}{(1+i)^t} = \sum_{t=0}^{PB} \frac{I_t}{(1+i)^t}$$

$$\text{VAN} = -I_0 + \sum \frac{CF_t}{(1+i)^t}$$

$$\text{TIR: es aquel } r \Rightarrow -I_0 + \sum \frac{CF_t}{(1+r)^t} = 0$$

A continuación se presenta unas tablas con los anteriores indicadores económicos para el caso de una recuperación de gas del 70% en función del tipo del gas:

**Tabla XI. Indicadores económicos para el 70% (factor de servicio) de recuperación de gas de antorcha (gas tipo A)**

<b>GAS A</b>	
<b>% Recuperación de gas</b>	70
<b>Total beneficios bruto (euros / año)</b>	958.645,22
<b>Inversión requerida (euros)</b>	1.178.599,40
<b>Pay-back (años)</b>	1,75
<b>VAN (millones euros)</b>	4,07
<b>TIR (%)</b>	55,13

**Tabla XII. Indicadores económicos para el 70% (factor de servicio) de recuperación de gas de antorcha (gas tipo B)**

<b>GAS B</b>	
<b>% Recuperación de gas</b>	70
<b>Total beneficios bruto (euros / año)</b>	1.357.243,34
<b>Inversión requerida (euros)</b>	1.178.599,40
<b>Pay-back (años)</b>	1,28
<b>VAN (millones euros)</b>	6,15
<b>TIR (%)</b>	77,17

**Tabla XIII. Indicadores económicos para el 70%(factor de servicio) de recuperación de gas de antorcha (gas tipo C)**

<b>GAS C</b>	
<b>% Recuperación de gas</b>	<b>70</b>
<b>Total beneficios bruto (euros / año)</b>	<b>2.364.720,22</b>
<b>Inversión requerida (euros)</b>	<b>1.178.599,40</b>
<b>Pay-back (años)</b>	<b>0,76</b>
<b>VAN (millones euros)</b>	<b>11,43</b>
<b>TIR (%)</b>	<b>132,75</b>

**Tabla XIV. Indicadores económicos para el 70%(factor de servicio) de recuperación de gas de antorcha (gas tipo D)**

<b>GAS D</b>	
<b>% Recuperación de gas</b>	<b>70</b>
<b>Total beneficios bruto (euros / año)</b>	<b>222.228,44</b>
<b>Inversión requerida (euros)</b>	<b>1.178.599,40</b>
<b>Pay-back (años)</b>	<b>5,58</b>
<b>VAN (millones euros)</b>	<b>0,21</b>
<b>TIR (%)</b>	<b>11,88</b>

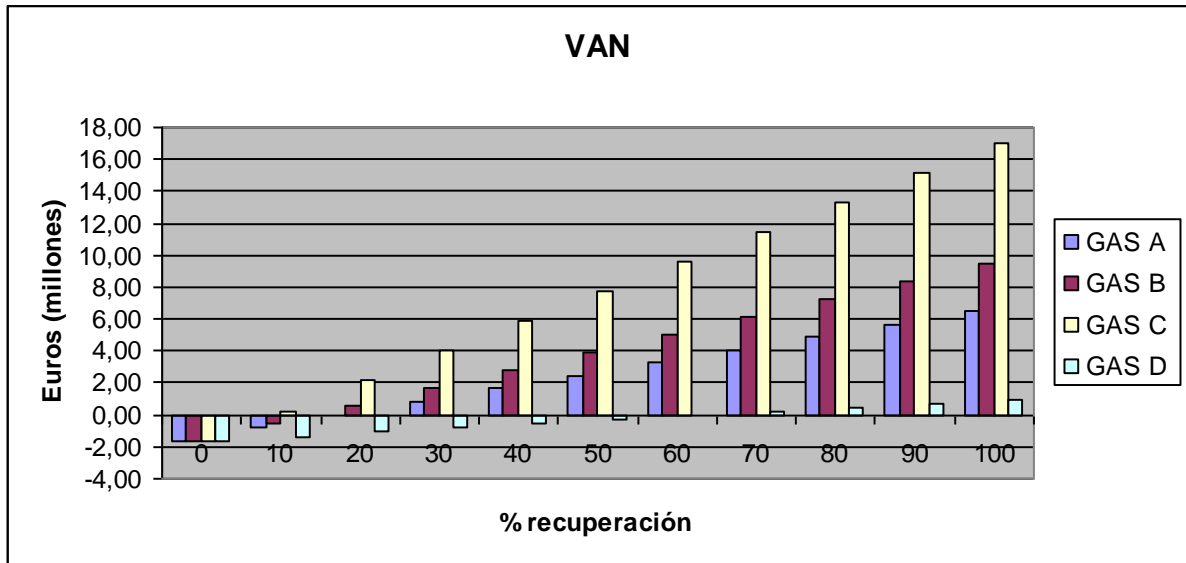
A continuación se muestra una tabla en la que aparecen los valores VAN frente al porcentaje de recuperación para los cuatro casos de gas de antorcha. Estos datos se obtienen a partir de una opción que tiene el programa Excel (*función VAN*) en el cual se representa el flujo de cajas frente al porcentaje de recuperación.

**Tabla XV .Valor neto actual en función del tipo de gas y del % de recuperación**

<b>VAN-GAS A</b>	<b>VAN-GAS B</b>	<b>VAN-GAS C</b>	<b>VAN-GAS D</b>	<b>%</b>
-1,60	-1,60	-1,60	-1,60	0
-0,79	-0,50	0,26	-1,35	10
0,02	0,61	2,12	-1,09	20
0,83	1,72	3,98	-0,83	30
1,64	2,83	5,85	-0,57	40
2,45	3,94	7,71	-0,31	50
3,26	5,05	9,57	-0,05	60
4,07	6,15	11,43	0,21	70
4,88	7,26	13,30	0,47	80
5,69	8,37	15,16	0,73	90
6,50	9,48	17,02	0,98	100

Estos datos se representan gráficamente:

Gráfica 6. Valor neto actual en función del tipo de gas y del % de recuperación



Ahora se muestra una tabla en la que aparecen los valores TIR frente al porcentaje de recuperación para los cuatro casos de gas de antorcha. Estos datos se obtienen a partir de una opción que tiene el programa Excel (*función TIR*) en el cual se representa el flujo de cajas frente al porcentaje de recuperación .

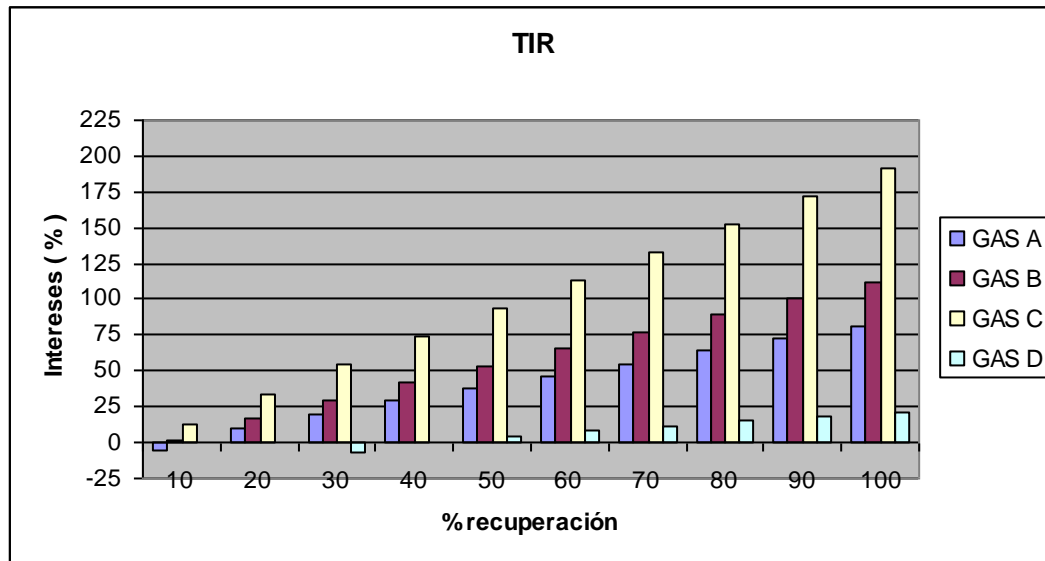
**Tabla XVI. TIR en función del tipo de gas y del % de recuperación**

TIR- GAS A	TIR- GAS B	TIR- GAS C	TIR- GAS D	%
-6	1	13		10
9	17	34		20
20	30	54	-7	30
29	42	74	0	40
38	54	94	4	50
47	65	113	8	60
55	77	133	12	70
64	89	152	15	80
72	101	172	18	90
81	112	192	22	100



Estos datos se representan gráficamente:

Gráfica 7. TIR en función del tipo de gas y del % de recuperación



### Conclusiones de la viabilidad económica

De las tablas y gráficas anteriores, se observa que el Proyecto, con el set de precios actual, es viable económicamente a partir del:

- 20 % de recuperación para el gas A
- 15 % de recuperación para el gas B
- 9 % de recuperación para el gas C
- 62 % de recuperación para el gas D

ya que a partir de dichos porcentajes de recuperación el VAN es positivo.

Los resultados de Pay Back, VAN y TIR son muy positivos en los gases de tipo A y B.

Sin embargo, tal y como se comenta en la *Memoria Descriptiva*, los gases tipos C y D son muy infrecuentes, siendo los gases A y B los tipos de gases habituales de operación. Por esta razón, teniendo en cuenta que se espera obtener una recuperación del 70% y en vista de los indicadores económicos mostrados en las gráficas anteriores, se puede concluir que el presente Proyecto es viable económicamente.

## **9. CONCLUSIÓN**

Con la puesta en marcha del Proyecto se espera recuperar anualmente aproximadamente el 70 % del gas de antorcha quemado en la actualidad, es decir unos 1050 m<sup>3</sup>/h. Esto supone eliminar el 30,1% de las pérdidas de materia que se producen en Refinería.

Como ha sido demostrado en la presente memoria, el *Proyecto de una instalación para la recuperación de gases de antorcha* es viable técnica y económicamente. La tecnología existente en la actualidad permite la recuperación del gas de antorcha y con ello, los beneficios económicos que dicha recuperación conlleva. Además, con el presente Proyecto se consigue una importante reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, disminuyendo considerablemente el impacto ambiental de la Refinería CEPSA Gibraltar.

## **1. OBJETO**

El objeto del presente *Estudio de Impacto Ambiental* es determinar, evaluar y valorar las posibles alteraciones o repercusiones, desde un punto de vista ambiental, que puedan darse en la instalación y operación del ***Proyecto de una instalación para la recuperación de gases de antorcha.***

En la actualidad, Refinería CEPSA Gibraltar, dispone de un sistema de seguridad, Sistema de Antorchas, mediante el cual recoge y combustión a los gases procedentes del sistema de válvulas de seguridad, así como el sobrante de gas combustible no utilizado en hornos y calderas.

Con la instalación del Proyecto, se pretende recuperar parcialmente estos gases, optimizando de este modo el aprovechamiento del crudo entrante y disminuyendo las emisiones a la atmósfera. Es decir, el presente Proyecto no va a producir ninguna emisión de sustancia tóxica diferente a la que actualmente la Refinería ya controla, si no que al contrario, reducirá dichas emisiones.

Sin embargo, cabe destacar que en la actualidad, la participación de la Refinería en la calidad del aire en su entorno, si bien sus emisiones globales son importantes, no se puede atribuir únicamente a dichas instalaciones el potencial deterioro en la calidad del aire, ya que en las proximidades existen otros focos emisores de las empresas que están ubicadas en la misma zona, entre ellos la Central Térmica, INTERQUISA, ACERINOX y PETRESA. De ahí el sentido de este estudio.

Se ha promovido la realización del presente Estudio de Impacto Ambiental, en cumplimiento del siguiente marco legal:

- Ley 2/1989, de 3 marzo, de evaluación del impacto ambiental
- Decreto 162/1990, de 15 de Octubre, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley 2/1989.
- Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de Junio, de evaluación del impacto ambiental.
- Real Decreto 1131/1988, de 30 de Septiembre, por el que se aprueba el reglamento para la ejecución de Real Decreto Legislativo 1302/1986.
- Ley 6/2001, de 8 de mayo, de modificación del Real Decreto legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental.

La instalación objeto del Proyecto está sujeta a seguir el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental, por estar incluida dentro de los límites de una refinería; no obstante, por las características de la instalación, y por la existencia de medidas correctoras generales dispuestas por la Refinería, así como el Plan de seguimiento de la Contaminación existente, este Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental puede acogerse al procedimiento abreviado y ser sometido a Estimación de Impacto.

## **2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

La Unidad de recuperación de gas de antorcha se ha diseñado para tratar un caudal de 1500 m<sup>3</sup>/h de gas de antorcha.

La instalación funciona de la forma siguiente:

- El gas de antorcha, procedente de los depósitos D-1250, D-1260, D-1265 y D-1290, llega a la instalación controlados por unas válvulas de control de presión.
- Una vez el gas entra en la instalación, es mezclado con agua tratada y es comprimido mediante un compresor de anillo líquido.
- De este modo el gas comprimido junto al anillo líquido, es enviado a un depósito separador líquido/líquido/vapor, donde se separan las fases agua, hidrocarburo líquido y gas.
- La fase acuosa es recirculada al compresor. Si existe exceso de agua, ésta se envía a la Unidad SWS (Unidad de aguas ácidas) para limpiarla.
- La fase aceitosa se envía a Slops. Por lo tanto esta fase es recuperada como materia prima del proceso de refino.
- La fase gaseosa se envía a las Unidades de Aminas I y II con el objeto de limpiarlo de sulfhídrico. De este modo, esta fase es recuperada como fuel gas.
- Todo el sistema está controlado por un PLC, que en caso de emergencias, aísla la Unidad y para el compresor.

## **3. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO**

### **3.1 Medio físico**

#### **3.1.1 Localización de la Planta**

Los datos relativos a la localización de la Planta CEPSE se resumen a

continuación. Puede observarse que en sus proximidades se encuentran grandes focos emisores de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y CO<sub>2</sub>, como son la Central Térmica, INTERQUISA, ACERINOX y PETRESA.

Tabla V. Localización de la Refinería

<b>Empresa</b>	Refinería CEPSA Gibraltar
<b>Dirección</b>	Puente Mayorga, s/n.
<b>Tfno.</b>	956023000
<b>Provincia</b>	Cádiz
<b>Municipio</b>	San Roque 11360

### 3.1.2 Climatología

En general, el clima de la zona del Campo de Gibraltar se puede definir como templado, de transición entre el mediterráneo y el oceánico, caracterizado por unas condiciones de temperaturas suaves y regulares y por precipitaciones irregulares y de carácter torrencial con una media anual situada en los 1.000 mm. Como toda la zona del estrecho es muy importante la influencia del viento; de entre los vientos predominantes destacan el viento de levante y poniente, casi exclusivos de la zona, la distribución temporal de éstos es similar en invierno, sin embargo en verano el viento de levante es mayoritario en general. La humedad media de la ciudad es del 80%. La amplitud térmica de la ciudad es la más baja de cuantas se registran en Andalucía.



 Parámetros climáticos promedio de Algeciras, España 													
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura diaria máxima (°C)	16.1	16.7	17.8	18.9	21.7	24.4	27.2	27.8	26.1	21.7	18.9	16.7	21.2
Temperatura diaria mínima (°C)	11.1	11.1	12.2	13.3	15.6	17.8	20.0	20.6	20.0	16.7	13.9	12.2	15.4
Precipitación total (mm)	121.9	106.7	106.7	66.0	38.1	10.2	0.0	2.5	25.4	76.2	149.9	132.1	835.7

Figura 1. Parámetros climáticos en Algeciras.

Para el análisis de la dispersión de nubes contaminantes en la zona objeto de estudio es necesario el conocimiento de la evolución temporal de las siguientes magnitudes:

- Velocidad media del viento en la capa límite planetaria y su variación con la altura.

- Dirección media del viento. Debe aquí tenerse en cuenta que, por efecto de la turbulencia, la dirección fluctuará, horizontal y verticalmente, en torno a la dirección de la velocidad media, en el intervalo de tiempo considerado. Dichas fluctuaciones se asimilan a distribuciones normales, de media nula, cuya desviación tipo es también función de la turbulencia. En realidad, la medida de dichas fluctuaciones suele utilizarse para clasificar la estabilidad atmosférica (clasificación dinámica).
- Turbulencia atmosférica, cuantificada mediante la longitud de “Monin-Obukhov” o la categoría de estabilidad de “Pasquill-Guifford”, de las cuales dependen, como ya se ha dicho, las fluctuaciones del viento y, con ellas, los procesos de mezcla (intercambio de masa, energía y cantidad de movimiento) en la capa límite planetaria. En el presente documento se sigue la clasificación de la estabilidad atmosférica de “Pasquill”, en 6 categorías: de la A (muy inestable) a la F (francamente estable).

### **3.2 Medio biológico**

Más del 80% del término municipal es superficie forestal y natural, gran parte bajo alguna figura de protección oficial. De ese modo un 21% del término, unas 1.872 hectáreas, 29 pertenece al Parque Natural de Los Alcornocales; un 27%, unas 2.316 hectáreas, 30 al Parque Natural del Estrecho, 31 y unas 58 hectáreas protegidas entre los términos de Algeciras y Los Barrios pertenecen al Paraje natural de las marismas del Río Palmones.

Entre su flora encontramos biotopos muy singulares como los bosques de galería llamados localmente canutos o los bosques de niebla; estos valles conservaron durante las glaciaciones parte de la flora tropical europea de la era terciaria. Esta flora típica de la región macaronésica se encuentra hoy día en peligro de extinción debido a la pérdida de sus hábitats y a la antropización del medio. El bosque en el que se conserva es principalmente del tipo laurisilva y está compuesto por árboles y arbustos como el Ojaranzo o el Avellanillo, y por varios tipos de helechos como *Psilotum nudum*, *Davalia canariensis*. En los valles también es posible encontrar plantas endémicas como el Quejigo andaluz.

El bosque mediterráneo de Alcornocales con matorral bajo xerófito ocupa las más amplias extensiones dentro de las áreas naturales del municipio. Entre las zonas que ocupa es posible advertir todas las diferentes etapas de regresión de esta serie de vegetación, desde el bosque cerrado de las zonas altas de la sierra hasta los pastizales de

gramíneas .

#### **4. ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL**

En el presente Estudio de Impacto Ambiental se analiza la instalación de la Unidad de Recuperación de Gases de Antorcha en CEPSA. Haremos este estudio separandolo por partidas.

##### **A. Características físicas y químicas**

###### **1. Tierra:**

- a) **Recursos minerales:** no se producirá ningún efecto sobre éstos que, por otra parte, no se explotan en la zona objeto de estudio.
- b) **Material de construcción:** no se producirá ningún efecto en este sentido.
- c) **Suelos:** no se producirá ningún impacto en este sentido, la instalación estará pavimentada y cualquier eventual derrame se conduciría y trataría en el sistema SWS de la refinería.
- d) **Geomorfología:** no se prevén impactos en este sentido.
- e) **Campos magnéticos y radiactividad de fondo:** no se prevén impactos en este sentido.
- f) **Factores físicos singulares:** no se han descrito en las inmediaciones del emplazamiento.

###### **2. Agua:**

- a) **Continetales:** no se prevén efectos en este sentido.
- b) **Marinas:** aumenta el aporte de agua enviadas al emisario marino, sin embargo este aporte es muy pequeño, por lo que es compatible.
- c) **Subterráneas:** no se prevén efectos en este sentido.
- d) **Calidad:** no se prevén efectos apreciables en este sentido porque la calidad del agua aportada es similar a las aguas que proceden de la Unidad SWS.
- e) **Temperatura:** no se prevén alteraciones apreciables en este sentido ya que la temperatura en el límite de batería del Proyecto sí que es mayor que la ambiental, pero al ser tratada en la SWS y PTAR, se enfriará hasta la temperatura del vertido actual.
- f) **Recarga:** el aporte de agua al sistema SWS es muy pequeño (aproximadamente 0,8 m<sup>3</sup>/h), por lo que no se apreciarán efectos en este sentido.
- g) **Nieve, hielo y heladas:** estos meteoros no son corrientes en la zona objeto de

estudio. No obstante, no se produciría ningún impacto sobre este factor.

### 3. Atmósfera:

- a) **Calidad:** la Unidad de Recuperación de Gas de Antorcha contribuye a minimizar el impacto sobre el ambiente atmosférico debido a que reduce la cantidad de gas quemado en las antorchas de la Refinería. La Unidad está diseñada para recuperar 1500 m<sup>3</sup>/h de gas de antorcha. Impacto positivo.
- b) **Clima:** disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>, por lo que se contribuye a minimizar el llamado “efecto invernadero”, luego es un impacto compatible y positivo.
- c) **Temperatura:** aunque en una zona muy próxima a la cabeza de las antorchas se pueda apreciar un descenso de temperatura debido a la menor cantidad de gas quemado, en zonas no tan próximas no se apreciará cambios significativos de temperatura, por lo que es totalmente compatible.

### 4. Procesos:

- a) **Inundaciones:** no se prevén efectos en este sentido.
- b) **Erosión:** no se prevén efectos en este sentido.
- c) **Deposición:** no se prevén efectos en este sentido.
- d) **Solución:** no se prevén efectos en este sentido.
- e) **Sorción:** no se prevén efectos en este sentido.
- f) **Compactación y asientos:** no se prevén efectos en este sentido.
- g) **Estabilidad:** no se prevén efectos en este sentido.
- h) **Sismología:** no se prevén efectos en este sentido.
- i) **Movimientos de aire:** no se prevén efectos en este sentido.

## **B. Condiciones biológicas**

### 1. Flora:

- a) **Árboles:** no se prevén efectos en este sentido.
- b) **Arbustos:** no se prevén efectos en este sentido.
- c) **Hierbas:** no se prevén efectos en este sentido.
- d) **Cosechas:** no se prevén efectos en este sentido.
- e) **Microflora:** no se prevén efectos en este sentido.
- f) **Plantas acuáticas:** no se prevén efectos en este sentido.



- g) **Especies en peligro:** no se prevén efectos en este sentido.
- h) **Barreras, obstáculos:** no se prevén efectos en este sentido.
- i) **Corredores:** no se prevén efectos en este sentido.

## 2. Fauna:

- a) **Aves:** no se prevén efectos en este sentido.
- b) **Animales terrestres:** no se prevén efectos en este sentido.
- c) **Peces y mariscos:** no se prevén efectos en este sentido.
- d) **Organismos bentónicos:** no se prevén efectos en este sentido.
- e) **Insectos:** no se prevén efectos en este sentido.
- f) **Microfauna:** no se prevén efectos en este sentido.
- g) **Especies en peligro:** no se prevén efectos en este sentido.
- h) **Barreras:** no se prevén efectos en este sentido.
- i) **Corredores:** no se prevén efectos en este sentido.

## **C. Factores culturales**

### 1. Usos del territorio:

- a) **Espacios abiertos y salvajes:** no se prevén efectos en este sentido.
- b) **Zonas húmedas:** no se prevén efectos en este sentido.
- c) **Silvicultura:** no se prevén efectos en este sentido.
- d) **Pastos:** no se prevén efectos en este sentido.
- e) **Agricultura:** no se prevén efectos en este sentido.
- f) **Zona residencial:** no se prevén efectos en este sentido.
- g) **Zona comercial:** no se prevén efectos en este sentido.
- h) **Zona industrial:** no se prevén efectos en este sentido.
- i) **Minas o canteras:** no existen en las proximidades del emplazamiento.

### 2. Recreativos:

- a) **Caza:** no se prevén efectos en este sentido.
- b) **Pesca:** no se prevén efectos en este sentido.
- c) **Navegación:** no se prevén efectos en este sentido.
- d) **Baño:** no se prevén efectos en este sentido.
- e) **Camping:** no se prevén efectos en este sentido.
- f) **Excursión:** no se prevén efectos en este sentido.

- g) **Zonas de recreo:** no se prevén efectos en este sentido.

3. Estéticos y de interés humano:

- a) **Vistas panorámicas y paisajes:** al disminuir la cantidad de gas quemado, disminuirá las dimensiones de los penachos de las antorchas, por lo que disminuirá el impacto lumínico que crean sobre el paisaje.
- b) **Naturaleza:** no se prevén efectos en este sentido.
- c) **Espacios abiertos:** no se prevén efectos en este sentido.
- d) **Paisajes:** no se prevén efectos en este sentido.
- e) **Agentes físicos singulares:** no se prevén efectos en este sentido.
- f) **Parques y reservas:** no se prevén efectos en este sentido.
- g) **Monumentos:** no se encuentran en las proximidades del emplazamiento.
- h) **Especies o ecosistemas especiales:** no se prevén efectos en este sentido.
- i) **Lugares u objetos artísticos o arqueológicos:** no se prevén efectos en este sentido.
- j) **Desarmonías:** se produce una desarmonía en la zona de Antorcha pero debido a que es una zona industrial, esta desarmonía es compatible..

4. Nivel cultural:

- a) **Estilos de vida (patrones culturales):** no se prevén efectos en este sentido.
- b) **Salud y seguridad:** no se prevén efectos en este sentido.
- c) **Empleo:** Para la operativa de las nuevas instalaciones, no se prevé incrementar la plantilla actual de personal.
- d) **Densidad de población:** no se prevén efectos en este sentido.

5. Servicios e infraestructura:

- a) **Estructuras:** no se prevén efectos en este sentido.
- b) **Red de transportes:** no se prevén efectos en este sentido.
- c) **Red de servicios:** no se prevén efectos en este sentido.
- d) **Eliminación de residuos sólidos:** no se prevén efectos en este sentido.
- e) **Barreras:** no se prevén efectos en este sentido.
- f) **Corredores:** no se prevén efectos en este sentido.

#### **D. Relaciones ecológicas**

- a) **Salinización de cursos de agua:** no se prevén efectos en este sentido.
- b) **Eutrofización:** no se prevén efectos en este sentido.
- c) **Vectores enfermedades-insectos:** no se prevén efectos en este sentido.
- d) **Cadenas alimentarias:** no se prevén efectos en este sentido.
- e) **Salinización de materiales superficiales:** no se prevén efectos en este sentido.
- f) **Invasión de maleza:** no se prevén efectos en este sentido.

#### **E. Otros**

- a) **Ruidos:** los equipos de la nueva instalación estarán debidamente insonorizados, por lo que no provocarán un incremento apreciable del nivel de ruido en el exterior de la factoría.
- b) **Residuos sólidos:** no se prevén efectos en este sentido.
- c) **Contaminación lumínica:** no se prevén efectos en este sentido.

### **5. ESTABLECIMIENTO DE MEDIDAS CORRECTORAS Y PROTECTORAS**

#### **5.1 Contaminación atmosférica**

Las medidas correctoras adoptadas para corregir y prevenir la contaminación atmosférica son las siguientes:

- Conexión de la descarga de la válvula de seguridad del depósito separador al sistema de antorcha existente.
- Conexión del venteo del depósito de sello del compresor al sistema de antorcha existente.

#### **5.2 Vertidos líquidos**

Existen dos tipos de vertidos líquidos:

- El agua del anillo líquido. Es enviada a la Unidad de SWS existente, donde es limpiada.
- El agua de refrigeración vertida por la válvula de seguridad al colector de recogida de drenajes. Es un vertido de escasa entidad y en todo caso, va a parar a

la PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) por lo que no produce ningún problema de contaminación.

Como los dos vertidos reciben tratamientos correctores en las Unidades existentes, no se consideran medidas correctoras distintas de las existentes en la Refinería.

### **5.3 Residuos sólidos**

No se generan residuos sólidos.

### **5.4 Ruidos**

Para conseguir tanto en el interior de la planta como en su entorno los niveles sonoros adecuados, se especifica, para el equipo potencialmente emisor de ruido que se instale (compresor), que el límite máximo permisible de presión sonora  $L_p$  es de 85 dB a 1 metro de distancia, valor que es aceptado por el NIOSH (National Institute Occupational Healthy) y otros organismos internacionales, y a partir del cual, de acuerdo con la Directiva 86/188/CEE, las empresas deben poner a disposición de los trabajadores protectores auditivos individuales.

## **6. CONCLUSIÓN**

En los apartados anteriores del presente documento se expone el impacto ambiental que produce el *Proyecto de una instalación para la recuperación de gases de antorcha* sobre las instalaciones de la Refinería CEPSA Gibraltar y su entorno.

Con la puesta en marcha de dicho Proyecto, se reducen las emisiones atmosféricas, disminuyendo la emisión de  $CO_2$  y por lo tanto, se contribuye a reducir el llamado “efecto invernadero” que se cree uno de los principales factores del supuesto “cambio climático”.

De acuerdo con la nomenclatura del citado Reglamento para la Ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986, cabe calificar el impacto de la explotación de la instalación objeto de estudio como:

- **Simple**, dado que su modo de acción es individualizado, sin consecuencias en la inducción de nuevos efectos, ni en la de su acumulación o sinergia.

- **A corto plazo**, puesto que su incidencia se manifiesta dentro del tiempo comprendido en un ciclo anual.
- **Recuperable**, ya que la alteración es reparable.
- **Compatible**, puesto que la recuperación es inmediata tras el cese de la actividad, aun en ausencia de medidas protectoras o correctoras.

Así, puede calificarse de mínimo el impacto causado sobre el medio ambiente, según la nomenclatura del Real Decreto 1302/1986, dado que la puesta en marcha de la Unidad supone minimizar las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y no se producen repercusiones desfavorables sobre el medio y sus procesos fundamentales.

## **1.1 OBJETO DEL PRESENTE ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

El presente *Estudio Básico de Seguridad y Salud* para el ***Proyecto de una instalación para la recuperación de gases de antorcha*** establece las directrices básicas a seguir durante la construcción, instalación, montaje de los equipos y puesta en marcha, a fin de prevenir riesgos de accidentes laborales, enfermedades profesionales y daños a terceros que puedan presentarse durante la ejecución de dichos trabajos.

Este estudio, además, servirá para dar unas normas básicas a las empresas Contratistas, encargadas de acometer los trabajos anteriormente citados, para el cumplimiento de sus obligaciones en el ámbito de la prevención de los riesgos profesionales, siempre bajo el control del Coordinador en materia de Seguridad y Salud de la Refinería CEPSA Gibraltar y de acuerdo con las disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción, establecidas en el Real Decreto 1627/1997, del 24 de Octubre (BOE nº 256 del 25/10/97).

Con el *Estudio Básico de Seguridad y Salud* se intenta:

- Garantizar la salud e integridad de los trabajadores.
- Evitar acciones o situaciones peligrosas por imprevisión o falta de medios.
- Delimitar y aclarar atribuciones y responsabilidades en materia de seguridad.
- Definir los riesgos y aplicar las técnicas adecuadas para reducirlos.
- Determinar los costes de los medios de protección y prevención.
- Evaluar los costes de protección y seguridad.

## **1.2 ANTECEDENTES**

Esta memoria describe el *Estudio Básico de Seguridad y Salud* para la realización del ***Proyecto de una instalación para la recuperación de gases de antorcha*** en la Refinería CEPSA Gibraltar. Este proyecto incluye obra civil, instalación de equipos mecánicos, montaje eléctrico y de instrumentación, puesta en marcha y mantenimiento.

### **1.2.1 Ámbito de aplicación**

Este *Estudio Básico de Seguridad y Salud* para el ***Proyecto de una instalación para la recuperación de gases de antorcha*** será vinculante a la adjudicación del contrato de ejecución de la obra, y por lo tanto afecta a empleados de las empresas

contratistas y subcontratistas relacionados con la construcción y montaje de la instalación descrita en esta *Memoria*.

En esos términos la empresa o empresas que participan en la ejecución de la obra deben tener en cuenta lo siguiente:

- Observación estricta de la vigente ley de prevención de riesgos laborales, así como cuantas disposiciones legales existen o puedan dictarse al respecto.
- La normativa de seguridad de la empresa CEPSA:
  - Normas de seguridad y medio ambiente para contratistas.
  - Procedimiento de coordinación entre propietario y contratista.
  - Normas generales de seguridad para el personal contratista.
  - Procedimientos de aplicación.
- Los trabajos o servicios que hayan sido subcontratados estarán, a efectos de seguridad bajo la entera responsabilidad del contratista principal, quién se responsabilizará plenamente de la actuación personal de los subcontratistas.
- Las empresas contratistas, a través de sus representantes legales, encargados, capataces, jefes de equipo, comités de empresa o delegados de prevención darán a conocer a su personal cuantas normas de seguridad deban aplicarse en el recinto de obra.

### **1.2.2 Disposiciones legales de aplicación**

Las disposiciones legales de aplicación, serán las descritas en el *Pliego De Condiciones* de este *Estudio de Seguridad y Salud*, (Apartado 2.1 Disposiciones legales de obligado cumplimiento).

Aparte de las disposiciones legales descritas en el Pliego de Condiciones anteriormente mencionado, se tendrá en cuenta las Normas contenidas en el Reglamento de Régimen Interior y el Plan de Seguridad de la Refinería CEPSA Gibraltar, así como las normas que proceden del Comité de Seguridad y, en su caso, de los convenios colectivos y por su interés, el repertorio de recomendaciones protectoras de la O.I.T. y Directivas C.E.E.

### **1.3 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS E INSTALACIONES**

La instalación se soportará sobre una única losa de hormigón, donde se instalarán las diferentes bancadas. Para la conexión de este proyecto con las otras

instalaciones de refinería, es necesario la construcción de un pipe-rack para llevar las tuberías hasta el *Sistema de Recuperación de Gases de Antorcha*. Adicionalmente se construirán puntales metálicos según necesidades de soportación.

Se indican a continuación las tareas principales a realizar:

- Excavaciones y rellenos para la losa de soportación del *Sistema de Recuperación de Gases de Antorcha*.
- Construcción de los racks y puntales metálicos necesarios para las tuberías de conexión.
- Montaje mecánico de los equipos.
- Montaje eléctrico y de instrumentación en las instalaciones al *Sistema de Recuperación de Gases de Antorcha*, incluyendo conexionado del panel local e instalación de la nueva celda de media tensión en la subestación 101. Además se deberá reubicar el tendido del cable de fuerza actualmente instalado hasta la torre de refrigeración CT-2790 para llevarlo hasta el motor eléctrico a instalar en el *Sistema de recuperación de gas de antorcha*.

### **1.3.1 Plazo de ejecución**

Se ha programado un plazo de ejecución de 2 meses.

### **1.3.2 Presupuesto de ejecución**

El presupuesto total del *Proyecto de una instalación para la recuperación de gases de antorcha* asciende a **1.178.599,40 euros**. Este presupuesto está detallado en la sección 4. *Presupuesto*. Del presupuesto general anteriormente señalado, **354.405 euros** corresponden a obra civil y montajes varios.

### **1.3.3 Número de trabajadores**

Debido a las características de la obra y a las diferentes contrataciones que según especialidades participarán en la misma, se ha previsto una carga media de personal durante la ejecución de la obra de:



<b>Trabajo a realizar</b>	<b>Número de Operarios</b>
Obra Civil	5
Montaje Mecánico	10
Montaje Eléctrico e Instrumentación	3
Pintura y Aislamiento	5

Simultáneamente se puede llegar a un máximo de 16 operarios.

#### **1.3.4 Accesos**

El acceso a la zona de construcción se realizará a través de las instalaciones ya existentes en la Refinería CEPSA Gibraltar. El acceso se puede realizar tanto a pie como en vehículos. En todo caso, se respetará el Código de Circulación vigente.

#### **1.3.5 Servicios afectados**

Debido a las características de extrema peligrosidad de las instalaciones afectadas por este Proyecto, el conexionado de este Proyecto con las restantes instalaciones de Refinería se realizará durante la próxima Parada General de Refinería. Sin embargo, la instalación de los diferentes equipos, sí que puede realizarse fuera de Parada General y de este modo se ganará tiempo, ya que es deseable que la Parada General sea lo más corta posible.

Todas las Unidades de Refinería que tengan válvulas de seguridad afectan a los colectores de antorcha, y con ello al presente Sistema de recuperación de gas de antorcha, por lo que se puede decir que todas las unidades de Refinería son afectadas por el presente Proyecto.

#### **1.3.6 Descripción de los procesos y programación trabajos**

- *Obra civil*  
Duración estimada: 4 semanas  
Nº de trabajadores: 5 personas
- *Montaje mecánico*  
Duración estimada: 4 semanas  
Nº de trabajadores: 10 personas

- *Electricidad / instrumentación*  
Duración estimada: 4 semanas  
Nº de trabajadores: 3 personas
- *Pintura y aislamiento*  
Duración estimada: 2 semanas  
Nº de trabajadores: 5 personas

## **1.4 IDENTIFICACIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS**

### **1.4.1 Objeto**

Este apartado trata de definir los riesgos que más usualmente surgen en la ejecución material de la obra e instalación, y establecer las normas de seguridad individuales y colectivas y las protecciones adecuadas para evitarlos.

Por la condición de la obra se han agrupado los diferentes trabajos en los siguientes apartados:

- INSTALACIONES AUXILIARES PARA LA OBRA
- PREPARATIVOS DE LA OBRA
- INSTALACIONES
- MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS
- RIESGOS ESPECIALES

A continuación se describe cada uno de los apartados que se han presentado anteriormente:

### **1.4.2 Instalaciones auxiliares para la obra**

En este apartado se estudian las instalaciones auxiliares a la obra y que facilitan la ejecución de la misma. Estas instalaciones son:

#### **1.4.2.1 Instalaciones provisionales de sanidad e higiene y oficinas**

El personal contratista empleará las instalaciones, debidamente acondicionadas para tal efecto, de que dispone la Refinería CEPSA Gibraltar. Por esta causa, no se

prevén aseos ni vestuarios debido a que los trabajadores utilizarán las instalaciones existentes en el mismo parque de contratistas.

Todas las dependencias tienen acceso independiente desde el exterior y disponen de electricidad para iluminación y calefacción.

Los locales de trabajo y dependencias ajenas deberán mantenerse en buen estado de aseo, para lo que se realizarán las limpiezas necesarias.

Se extremará la limpieza de ventanas y tragaluces para evitar en ellos la acumulación de polvo y otras materias que impidan la adecuada iluminación de los locales.

Para esta operación se dotará de útiles idóneos que permitan una fácil limpieza. Queda prohibido utilizar estos locales para usos distintos de aquellos para los que estén destinados.

#### **1.4.2.2 Instalación contra incendios**

Dentro de una obra, como en cualquier otro lugar coexisten:

- ✓ Las fuentes de ignición:
  - Hogueras.
  - Soldaduras.
  - Conexiones eléctricas.
  
- ✓ Sustancias combustibles:
  - Madera.
  - Carburantes.
  - Pinturas, barnices, colas y disolventes.

Por todo esto es importante:

- ✓ Controlar el almacenamiento de sustancias peligrosas, claramente amontonadas en el exterior o en zonas ventiladas.
- ✓ Mantener las zonas limpias y ordenadas.
- ✓ Revisar que la instalación eléctrica esté en buenas condiciones.

Para que el personal pueda apagar el fuego o, al menos, controlar sus efectos antes de la llegada de los bomberos, (que se avisarán inmediatamente estando el teléfono en un sitio visible, señalizado y de fácil acceso), será necesario disponer de extintores de nieve carbónica y polvo seco, que tendrán que estar previamente instalados o ubicados en puntos próximos a las zonas de paso y convenientemente señalizados.

En caso de incendio se procederá según el *PLAN DE EMERGENCIA DE LA PLANTA*.

#### **1.4.2.3 Instalación eléctrica de obra**

##### Trabajos

Previa petición de suministro, indicando el punto de entrega de energía, se procederá al montaje de la instalación.

La conexión se realizará de acuerdo con el informe facilitado por la compañía suministradora. El equipo deberá estar instalado en el interior de un armario de protección homologado por la compañía suministradora.

El cuadro general de distribución y protección tendrá seccionador general de corte automático, de corte omnipolar y protección contra defectos a tierra, sobrecargas y cortocircuitos mediante interruptores magnetotérmicos y diferenciales de 300 mA.

El cuadro estará construido de forma que impida el contacto con los elementos de baja tensión.

De este cuadro saldrán circuitos de alimentación a los cuadros secundarios para alimentar la maquinaria de elevación y las máquinas, grúas y herramientas, dotadas de interruptor automático general, con salidas protegidas con interruptor magnetotérmico y diferencial de 30 mA.

Del cuadro general saldrá también un circuito de alimentación para los cuadros secundarios donde se conectarán las herramientas eléctricas para los distintos trabajos. Serán de instalación móvil según las necesidades de la obra y cumplirán las condiciones exigidas para instalaciones de intemperie. Se colocarán estratégicamente para disminuir riesgos, número y longitud de líneas.

El armario de protección y salida se colocará en el límite de la parcela, en el límite de acceso, con la conformidad de la empresa suministradora.

Todos los conductores empleados en la instalación estarán aislados para una tensión de trabajo de 1000 V.

#### Riesgos más frecuentes

- ✓ Descargas eléctricas directas o indirectas.

#### Normas básicas de seguridad

- ✓ Considerar bajo tensión cualquier parte de la red mientras no se demuestre lo contrario.
- ✓ Tensar tramos aéreos entre cuadro general y cuadros secundarios. Si los conductores no soportan las tensiones previstas, colocar cables fiables con una resistencia de rotura de 800 Kg. o montar catenaria.
- ✓ Fijar el conductor con abrazaderas.
- ✓ Proteger adecuadamente, en las zonas de paso, los cables que vayan por tierra, evitando siempre colocar materiales encima de ellos.
- ✓ Separar los circuitos de la red de alumbrado.
- ✓ Usar aparatos eléctricos estancos al agua y de doble aislamiento.
- ✓ Conectar las máquinas con terminales de presión, con mando de paro y puesta en marcha. Estas derivaciones no serán sometidas a presiones que puedan originar su rotura.
- ✓ Situar las lámparas de alumbrado general y sus accesorios, a una altura de 2,5 m. sobre el forjado. Si forzosamente hay que situarlas más bajas se las protegerá con una pantalla resistente.
- ✓ Disponer una señalización clara y sencilla prohibiendo la entrada a personas no autorizadas a los locales donde se instale el equipo eléctrico. Prohibir su manejo a personas no debidamente designadas.
- ✓ Instruir sobre las medidas a adoptar en caso de incendio o accidente eléctrico .
- ✓ Sustituir inmediatamente las mangueras que presenten algún desperfecto en la capa protectora aislante.
- ✓ No utilizar cables deteriorados o con empalmes.
- ✓ Las conexiones a bases de enchufes se efectuarán siempre con clavijas adecuadas.

### Protecciones personales

- ✓ Casco certificado CE de seguridad, dieléctrico si es preciso.
- ✓ Guantes aislantes, certificado CE.
- ✓ Comprobador de tensión.
- ✓ Herramientas normales con aislamiento.
- ✓ Botas aislantes, o calzado de seguridad certificado CE.
- ✓ Chaqueta ignífuga en maniobras eléctricas.
- ✓ Alfombras y perchas aislantes.

### Protecciones colectivas

Mantenimiento preventivo del estado de mangueras, cuadros, tomas de tierra, enchufes, extintores, etc.

#### **1.4.2.4 Medios auxiliares**

Los medios auxiliares más empleados en la obra son los siguientes:

- ✓ Puentes: Formados por plataformas metálicas suspendidas mediante estructura metálica tubular con arriostramiento del mismo material.
- ✓ Andamios de caballete: Formando plataformas de tres tableros rígidamente unidos, colocados sobre dos pies en forma de "V" invertida, sin arriostramiento.
- ✓ Escaleras fijas: Se colocarán dos escaleras fijas de rampa de acceso a cubierta, que no se desmontarán hasta que se haya concluido el acabado de la misma.
- ✓ Escaleras de mano: Serán de dos tipos, metálicas y de madera, para trabajos de alturas pequeñas y de poco tiempo, o para acceder a un sitio elevado encima del nivel de la planta.

### Peligros más frecuentes

- ✓ Caídas por rotura de plataforma, cables o peldaños.
- ✓ Caídas de materiales.
- ✓ Caídas a nivel y desde diferentes alturas.
- ✓ Golpes y contusiones.

### Normas básicas de seguridad

- ✓ Depositar los pesos suavemente, flexionando las rodillas.

- ✓ No acumular sobrecargas, ni personas.
- ✓ Mantener los andamios limpios y libres de obstáculos.
- ✓ Mantener una distancia máxima de 3 m. entre pescantes o caballetes.
- ✓ Colocar barandillas interiores de 0,70 m. y exteriores de 0,90 m. en andamios y la separación a cerramientos no será mayor de 0,45 m.
- ✓ No apoyar plataformas en unidades de la obra.
- ✓ Escaleras con pie antideslizante y tirante de seguridad.
- ✓ Por las escaleras no se transportarán cargas de más de 25 Kg. y las subidas y bajadas se harán siempre de cara.
- ✓ Las escaleras de acceso a plataformas sobresaldrán 1 m. por encima de las mismas.

#### Protecciones personales

- ✓ Mono de trabajo.
- ✓ Casco de seguridad.
- ✓ Zapatos antideslizantes.

#### Protecciones colectivas

- ✓ No pasar, ni acopiar material debajo de los andamios.
- ✓ Señalización de las zonas de influencia en las operaciones de montaje y desmontaje.

### **1.4.3 Preparativos de la obra**

En este apartado se describen todos los trabajos necesarios para preparar la correcta ejecución de la obra. Los preparativos de la obra comprenden:

#### **1.4.3.1 Movimiento de tierras y urbanización**

##### Trabajos

- ✓ Excavación de tierras y posterior carga, con palas mecánicas; así como desmontes, rellenos y nivelación con medios mecánicos.
- ✓ Formación de espacios para zapatas, zanjas y pozos utilizando maquinaria.

Riesgos más frecuentes

- ✓ Choques y atropellos causados por el equipo móvil.
- ✓ Vuelcos de las máquinas y vehículos.
- ✓ Caídas desde las máquinas o desde el mismo nivel.
- ✓ Generación de polvo.
- ✓ Desprendimientos de tierras.

Normas básicas de seguridad

- ✓ Extremar el control en las paredes excavadas, sobretodo después de lluvias, heladas y paros superiores a un día.
- ✓ Señalización de todos los agujeros y pozos de los cimientos mediante balizas, cintas o vallas.
- ✓ Guardar una distancia mínima de 1 m entre trabajadores en zanjas.
- ✓ Mantenimiento correcto de la maquinaria.
- ✓ Cargar correctamente los camiones, sin sobrecargas.
- ✓ Topes para carga o descarga de camiones.
- ✓ No acopiar cargas, ni tierras sobrantes a menos de 1 m del borde de excavación.

Protecciones personales

- ✓ Casco con certificación CE.
- ✓ Mono de trabajo.
- ✓ Impermeable y botas de goma.
- ✓ Cinturón de seguridad para los conductores.
- ✓ Zapatos de seguridad.
- ✓ Gafas de seguridad.
- ✓ Protección auditiva (cuando proceda).
- ✓ Guantes.

Protecciones colectivas

- ✓ Ordenar el tránsito de máquinas y camiones de una forma sencilla.
- ✓ No apilar materiales en las zonas de circulación.
- ✓ Señalización de pozos y agujeros mediante balizas (incluso luminosas), cintas y señalización del tránsito en vías.



- ✓ Limitar claramente las zonas de acopio.

### **1.4.3.2 Cimientos**

#### Trabajos

Antes de comenzar los trabajos, se habrá montado una señalización perimetral adecuada en todo el solar y habrán estado debidamente instalados los servicios higiénicos provisionales si fuese necesario.

La secuencia de los trabajos será:

- ✓ Excavación de pozos y zanjas para encepados, riostras y fundaciones.
- ✓ Fabricación y colocación de armaduras.
- ✓ Hormigonado, formación de cerramientos prefabricados, etc.

#### Riesgos más frecuentes

- ✓ Caídas del personal a las zanjas o pozos.
- ✓ Caídas al mismo nivel.
- ✓ Heridas punzantes y cortes, sobretodo en las manos.
- ✓ Atropellos.

#### Normas básicas de seguridad

- ✓ Encargar los trabajos a personal cualificado.
- ✓ Limitar claramente las zonas de acopio.
- ✓ No colocar ninguna armadura si no está totalmente acabada.
- ✓ No circular ni estacionarse dentro de la zona de trabajo de las máquinas.

#### Protecciones personales

- ✓ Uso obligatorio del casco certificado CE.
- ✓ Guantes de cuero, certificado CE.
- ✓ Mono de trabajo.
- ✓ Botas de agua e impermeable, en caso necesario.

#### Protecciones colectivas

- ✓ Señalización de las diferentes zonas de trabajo.

- ✓ Organizar y señalizar el tránsito.
- ✓ Trabajos de mantenimiento de equipos y maquinaria de forma correcta y periódica.
- ✓ Proteger adecuadamente las zanjas.

#### **1.4.4 Instalaciones**

En este apartado se incluyen todos los trabajos referentes a la instalación de las estructuras y equipos necesarios para el proyecto. Las diferentes instalaciones comprenden:

##### **1.4.4.1 Instalaciones en general**

###### Trabajos

Incluye este apartado todos los trabajos relativos a:

- ✓ Redes de drenaje y saneamiento.
- ✓ Seguridad pasiva y contra incendios.
- ✓ Comunicaciones.
- ✓ Equipamientos.

###### Peligros más frecuentes

- ✓ Caídas de personal.
- ✓ Caídas de objetos y materiales.
- ✓ Golpes y heridas en general.
- ✓ Quemaduras.
- ✓ Incendios y explosiones causadas por soplete.
- ✓ Pérdidas de conocimiento por cansancio o sobreesfuerzos.

###### Normas básicas de seguridad

- ✓ Usar máquinas portátiles con doble aislamiento.
- ✓ Disponer adecuadamente las tomas de tierra.
- ✓ Revisar válvulas, mangueras y sopletes para evitar fugas de gases.
- ✓ Retirar las botellas de gas de las fuentes de calor.
- ✓ Comprobar el estado general de las herramientas manuales.

- ✓ Realizar las conexiones sin tensión.
- ✓ Comprobar diariamente el estado de los andamios y las protecciones de los pozos y huecos.

#### Protecciones personales

- ✓ Mono de trabajo.
- ✓ Casco de seguridad certificado CE.
- ✓ Equipo de soldador (pantalla, delantal, botas, etc.), certificado CE.
- ✓ Cinturón de seguridad, certificado CE.
- ✓ Botas con puntera reforzada, calzado de seguridad, certificado CE.

#### Protecciones colectivas

- ✓ Zonas de trabajo limpias y ordenadas.
- ✓ Medios auxiliares adecuados (escaleras, etc.)
- ✓ Señalización de los lugares de peligro.
- ✓ Plataformas y andamios con barandillas.

### **1.4.4.2 Estructuras metálicas y de hormigón**

#### Trabajos

- ✓ Montaje de elementos auxiliares {andamios, escaleras, elevación, etc.}.
- ✓ Encofrados y armados.
- ✓ Vertidos de hormigón.
- ✓ Vibrado del hormigón.
- ✓ Montaje y soldado de estructuras de acero laminado.
- ✓ Pavimentación.

Para todos estos trabajos se prevé el montaje de andamios formados por una estructura tubular y las correspondientes plataformas de trabajo, dimensionadas para soportar el peso del hormigón, ferralla y empujes del viento, con el suficiente espacio para trabajar correctamente y con las máximas garantías de seguridad {colocación de barandillas, redes, antipánico, etc.}.

Las escaleras de mano, empleadas por los diferentes oficios, podrán ser de madera o metálicas, para trabajos en pequeñas alturas y de poco tiempo, o para acceder a algún lugar elevado sobre el nivel del suelo. No podrán emplearse escaleras metálicas para trabajos eléctricos o en proximidad de instalaciones eléctricas no protegidas.

*Riesgos más frecuentes*

- ✓ Cortes en las manos, heridas punzantes en los pies.
- ✓ Golpes, principalmente en manos, pies y cabezas.
- ✓ Caídas de material y herramientas.
- ✓ Quemaduras.
- ✓ Proyección de partículas, pastas y mortero, especialmente a los ojos.
- ✓ Caídas a niveles inferiores, debidas a la mala colocación de las mismas, rotura de alguno de los peldaños, deslizamiento de la base por excesiva inclinación o por estar el suelo mojado.
- ✓ Golpes con la escalera al manejarla de forma incorrecta.
- ✓ Deslizamientos por apoyo incorrecto.
- ✓ Vuelco lateral por apoyo irregular.
- ✓ Los derivados de los usos inadecuados y de los montajes peligrosos, como pueden ser: empalme de escaleras, formación de plataformas de trabajo, escaleras cortas para la altura a salvar, etc.

*Normas básicas de seguridad*

- ✓ Proteger con barandillas y rodapiés todos los huecos de la obra.
- ✓ Instalar barandillas en las plataformas de los andamios.
- ✓ Llevar las herramientas de mano sujetas, con mosquetón.
- ✓ Cumplir correctamente las normas de desencofrado.
- ✓ Anular todas las puntas que sobresalgan de las maderas utilizadas en la obra.
- ✓ Almacenar correctamente los materiales.
- ✓ Evitar el paso por debajo de los andamios y las zonas de trabajo de la grúa o plataformas.
- ✓ En las escaleras, los largueros serán de una sola pieza, con los peldaños ensamblados. El apoyo inferior se realizará sobre superficies planas, llevando en el pie elementos que impidan el deslizamiento. El apoyo superior se hará sobre elementos resistentes y planos, y anclados a ellos. Sobrepasarán en 1 m. la altura a salvar. Esta cota se medirá en vertical desde el plano de desembarco al extremo superior del larguero.
- ✓ Los ascensos y descensos se harán siempre de frente a las escaleras, además, cuando se superen los 3 m. de alto, se subirá con cinturón de seguridad amarrado a un cable de seguridad paralelo por el que circulará libremente un mecanismo paracaídas. Se prohíbe la utilización al unísono de dos o más operarios.

- ✓ Se prohíbe manejar en las escaleras pesos superiores a 25 Kg
- ✓ La inclinación de las escaleras será aproximadamente 75°, equivalente a estar separada de la vertical la cuarta parte de su longitud entre apoyos.
- ✓ Se utilizarán elementos de fijación.
- ✓ Las escaleras metálicas no podrán estar suplementadas con uniones soldadas.
- ✓ El empalme de las escaleras metálicas se realizará mediante la instalación de los dispositivos industriales indicados para este fin.

#### Protecciones Personales

- ✓ Casco certificado CE obligatorio.
- ✓ Zapatos con suela reforzada, y/o de seguridad, certificado CE.
- ✓ Guantes y botas de goma, especialmente en los vertidos de hormigón.
- ✓ Cinturón de seguridad, sobre todo en el montaje de estructuras metálicas, certificado CE.
- ✓ Equipo soldador (delantal, guantes, gafas, polainas y calzado), certificado CE.

#### Protecciones colectivas

Todos los huecos verticales son protegidos con barandillas de 0,90 m y rodapiés de 0,20 m, soluciones alternativas en huecos horizontales.

Estará prohibido el uso de cuerdas con banderolas de señalización, a manera de protección. Solamente se pueden utilizar para limitar zonas de trabajo.

#### **1.4.4.3 Albañilería, revestimientos y acabados**

##### Trabajos

- ✓ Construcción de cubiertas.
- ✓ Construcción de muros.

Parte de estos trabajos se realizarán al exterior, sobre andamios y plataformas, que deben ser dimensionados para soportar el peso de los materiales y de los operarios, así como el empuje del viento, con el espacio adecuado para trabajar correctamente, disponiendo de las máximas medidas de seguridad (barandillas, redes, arriostrados, etc).

Riesgos más frecuentes

- ✓ Caídas de alturas.
- ✓ Caídas al mismo nivel o de poca elevación.
- ✓ Cortes en las manos.
- ✓ Golpes en manos, pies y cabeza.
- ✓ Caídas de material y herramientas.
- ✓ Proyección de partículas, mortero o yeso, especialmente a los ojos.
- ✓ Derrumbes de entarimados interiores.
- ✓ Aplastamiento de manos por materiales pesados.

Normas básicas de seguridad

- ✓ Barandillas y rodapiés en andamios, cubiertas, huecos de obra.
- ✓ Herramientas eléctricas de doble aislamiento, con cables y enchufes en buen estado.
- ✓ No sobrecargar andamios ni entarimados.
- ✓ No dejar materiales en los pasos de personal.
- ✓ Delimitar una zona de seguridad bajo los andamios.
- ✓ Eliminar todos los clavos y puntas.
- ✓ No subir palets con materiales sin asegurar con envolvente de plástico o red.
- ✓ No manejar cargas demasiado pesadas.

Protecciones personales

- ✓ Casco homologado CE obligatorio.
- ✓ Zapatos con suela y puntera reforzada y/o de seguridad con certificado CE.
- ✓ Cables de seguridad y arneses homologados CE.
- ✓ Gafas de seguridad.
- ✓ Guantes para el manejo de materiales cortantes (planchas metálicas) .

**1.4.4.4 Montaje de equipos y maquinaria**

Trabajos

- ✓ Recepción y descarga de equipos y maquinaria.
- ✓ Colocación de equipos y maquinaria en su emplazamiento.
- ✓ Montaje de las diversas partes de un equipo y maquinaria.

- ✓ Izado de cargas.

Por la gran diversidad de equipos y maquinaria que se monta, con volúmenes y pesos muy variados, es de suma importancia proceder con el mayor cuidado en todas las maniobras de descarga, colocación en el emplazamiento y montaje de los componentes, que se realizarán bajo la dirección de una persona experimentada.

#### Riesgos más frecuentes

- ✓ Aplastamientos por caída de equipos y maquinaria en las descargas.
- ✓ Maniobras de grúas y plumas de camiones.
- ✓ Aplastamientos en la colocación de equipos y maquinaria en su emplazamiento (transporte hasta su lugar y colocación en el mismo) .
- ✓ Cortes de manos.
- ✓ Caídas de piezas.
- ✓ Rotura de eslingas, tablonos, grúas, etc.
- ✓ Atrapamientos en rodillos de transporte.

#### Normas básicas de seguridad

- ✓ Comprobación de eslingas, tablonos, tractels y grúas, tanto su estado como su capacidad de soportar el peso a cargar o arrastrar .
- ✓ Delimitar la zona de maniobra de grúas y plumas de camión, teniendo en cuenta los radios de giro.
- ✓ Delimitar la zona de paso para transportar las cargas hasta su emplazamiento.
- ✓ Ayudarse de palancas, gatos u otras herramientas para ajustar las cargas en su emplazamiento.
- ✓ Manejar los rodillos de transporte con herramientas, no con las manos.
- ✓ Andamios con barandillas y rodapiés si se efectúan montaje en altura.
- ✓ Escaleras con pies antideslizantes.
- ✓ La grúa utilizada tendrá un tablero que indique la carga máxima, longitud total de la pluma total y contrapeso. Estará dotado de pestillo de seguridad en perfecto uso.
- ✓ Las plataformas para elevación de material dispondrán de un rodapié de 20 cm.
- ✓ La carga en plataformas se colocará bien repartida.
- ✓ Para elevar palets se dispondrán dos eslingas simétricas colocadas debajo de la madera. Nunca se pondrá el gancho a ningún fleje o alambre de atado.

- ✓ En ningún momento se efectuarán tiros sesgados de carga ni se hará más de una maniobra a la vez.
- ✓ La maniobra de elevación y sobre todo la de inicio será lenta para que el maquinista detecte algún fallo y deposite la carga inmediatamente si éste se produce.
- ✓ Antes de utilizar la grúa se comprobará el giro de la máquina y los desplazamientos, comprobando los topes.
- ✓ La pluma de la grúa dispondrá de carteles visibles con las cargas admitidas y de un mecanismo que bloquee la carga en caso de sobrecarga.
- ✓ Al finalizar los trabajos, el gancho se elevará cerca del mástil, comprobando que no alcanza nada en su radio de giro, dejando la pluma siempre apoyada en el soporte del camión.
- ✓ Se pondrán a cero los mandos de la máquina y la pluma siempre apoyada en el soporte del camión.

#### Protecciones Personales

- ✓ Casco homologado CE obligatorio.
- ✓ Zapatos con suela y puntera reforzada y/o de seguridad con certificado CE.
- ✓ Guantes para el manejo de materiales cortantes (planchas metálicas).
- ✓ Cables de seguridad y arneses homologados CE cuando se hagan montajes en altura.

#### **1.4.4.5 Instalación mecánica de tuberías**

##### Trabajos

- ✓ Montaje de soportes.
- ✓ Montaje de tuberías.
- ✓ Soldadura (Ver apartado 1.4.6.1).
- ✓ Colocación tuberías a distintos niveles.
- ✓ Remodelación de tuberías en instalaciones existentes.
- ✓ Trabajos con radiales (Ver apartado 1.4.6.3).
- ✓ Radiografiado de soldaduras (Ver apartado 1.4.6.2).

##### Riesgos más frecuentes

- ✓ Caída de alturas.



- ✓ Cortes en las manos.
- ✓ Quemaduras.
- ✓ Proyección de partículas, especialmente a los ojos.
- ✓ Aplastamiento y golpes en las manos.
- ✓ Peligro de incendios o explosión.
- ✓ Tuberías calientes en remodelaciones.
- ✓ Tuberías a presión y/o con líquidos ácidos, básicos o tóxicos en remodelaciones.
- ✓ Caídas de herramientas.

#### *Normas básicas de seguridad*

- ✓ Barandillas y rodapiés en andamios estables.
- ✓ Herramientas en buen estado.
- ✓ Revisión de cables de alimentación, colocación, estado y protección de discos de corte, taladradoras, aparatos de soldadura, etc.
- ✓ Herramientas eléctricas de doble aislamiento.
- ✓ Herramientas manuales en recipientes.
- ✓ Mamparas para evitar proyecciones en corte y soldadura.
- ✓ Escaleras en buen estado y con pies antideslizantes.
- ✓ Vaciado de tuberías y/o inertización y/o limpieza, en instalaciones existentes.
- ✓ Desconexión de motores y cerrado de válvulas en instalaciones existentes, con letreros y/o candados de seguridad.
- ✓ Protección en superficies calientes.
- ✓ Medidas contra incendios (mangueras, extintores, etc) .

#### *Protecciones personales*

- ✓ Casco homologado CE obligatorio.
- ✓ Zapatos con suela y puntera reforzada y/o de seguridad con certificado CE.
- ✓ Cables de seguridad y arneses homologados CE.
- ✓ Gafas de seguridad homologadas CE.
- ✓ Guantes para el manejo de materiales cortantes (planchas metálicas).
- ✓ Peto y careta para soldadura.
- ✓ Mampara para soldadura.

#### 1.4.4.6 Instalación eléctrica e instrumentación

##### Trabajos

- ✓ Montaje de bandejas y tubos.
- ✓ Montaje de soportes.
- ✓ Montaje de instrumentos.
- ✓ Colocación y conexionado de cuadros.
- ✓ Remodelación de instalaciones existentes.
- ✓ Instalación y cuadros de obra.

##### Riesgos más frecuentes

- ✓ Caídas de alturas.
- ✓ Cortes y pinchazos en las manos.
- ✓ Aplastamientos con cargas pesadas.
- ✓ Electrocutación.

##### Normas básicas de seguridad

- ✓ Barandilla y rodapiés en andamios estables.
- ✓ Herramientas en buen estado. Revisión de cables de alimentación y enchufes de herramientas eléctricas, que deben ser de doble aislamiento.
- ✓ Herramientas manuales en recipientes.
- ✓ Escaleras en buen estado y con pies antideslizantes.
- ✓ Manejar carga pesada con transportadores y palancas.
- ✓ Desconectar interruptores, colocando letreros y candado de seguridad, comprobar que no hay tensión.
- ✓ No trabajar en líneas con tensión.

##### Protecciones personales

- ✓ Casco homologado CE obligatorio.
- ✓ Zapatos con suela y puntera reforzada y/o de seguridad CE.
- ✓ Cables de seguridad y arneses homologados CE.
- ✓ Gafas de seguridad homologadas CE.
- ✓ Guantes aislantes

- ✓ Herramientas aislantes.
- ✓ Zapatos aislantes con certificado

#### **1.4.4.7 Aplicación pintura**

##### Trabajos

- ✓ Tratamiento de superficies mediante chorro o abrasión
- ✓ Aplicación de pinturas sobre elementos a distintos niveles.
- ✓ Aplicación de pinturas sobre instalaciones en funcionamiento.

##### Riesgos más frecuentes

- ✓ Caída de alturas.
- ✓ Cortes y pinchazos en las manos.
- ✓ Quemaduras
- ✓ Proyección de partículas, especialmente en los ojos.
- ✓ Aplastamiento y golpes
- ✓ Peligro de incendios o explosión.
- ✓ Tuberías calientes en remodelación.
- ✓ Tuberías a presión y/o con líquidos ácidos, básicos o tóxicos en remodelaciones.
- ✓ Caídas de herramientas.
- ✓ Atrapamientos con elementos y máquinas en funcionamiento.
- ✓ Asfixia por inhalación, en mezcla de pintura, disolventes, aditivos, etc.
- ✓ Deshidratación y fatiga en trabajos con equipo buzo de aplicación de chorreados.
- ✓ Peligros eléctricos.

##### Normas básicas de seguridad

- ✓ Barandillas y rodapiés en andamios estables.
- ✓ Herramientas en buen estado. Revisión de cables de alimentación (agitadores, mezcladores, etc.)
- ✓ Herramientas manuales.
- ✓ Escaleras en buen estado y con pies antideslizantes.
- ✓ Vaciado de tuberías y/o inertizado y/o limpieza, en instalaciones existentes.
- ✓ Desconexión de motores y cerrado de válvulas en instalaciones existentes, con letreros y/o candados de seguridad.
- ✓ Protección en superficies calientes.

- ✓ Medidas contra incendios (mangueras, extintores, etc.)
- ✓ Vestimenta adecuada para el desarrollo de los trabajos, convenientemente ajustada al cuerpo, para evitar enganches y atrapamientos con instalaciones.
- ✓ No trabajar sobre o junto a máquinas o elementos móviles en funcionamiento, sin tomar las debidas precauciones (desconexión eléctrica, colocación de letreros y candado de seguridad)
- ✓ No trabajar en proximidades de instalaciones eléctricas sin la desconexión y protecciones adecuadas.

#### Protecciones personales

- ✓ Casco homologado CE obligatorio
- ✓ Zapatos con suela y puntera reforzada y/o seguridad con certificado CE.
- ✓ Cables de seguridad y arneses homologados CE.
- ✓ Gafas de Seguridad homologadas CE.
- ✓ Equipo de aplicación de chorro, en condiciones óptimas de trabajo.
- ✓ Mascarilla antipolvo homologada.

### **1.4.5 Maquinaria y herramientas**

En este apartado se describen los riesgos más importantes que se producen en el uso de la diferente maquinaria para la ejecución de la obra. Dichas maquinas son:

#### **1.4.5.1 Camión ligero**

El camión ligero (de menos de 3500 kg de PMA) servirá para transportar las tierras y cascotes extraídos durante la excavación para la cimentación.

#### Riesgos más frecuentes

- ✓ Choques con elementos fijos de la obra.
- ✓ Atropello y aprisionamiento de personas en maniobras y operaciones de mantenimiento.
- ✓ Vuelcos al circular por rampas y accesos.

#### Normas básicas de seguridad

- ✓ En zonas difíciles, las maniobras serán señalizadas por otra persona desde el exterior.

- ✓ Se respetarán todas las normas de circulación, si tuviera que parar en rampa, el vehículo quedaría frenado y con calzos.
- ✓ La velocidad máxima en obra será de 20 Km/h.

#### Protecciones personales

El conductor cumplirá las siguientes normas:

- ✓ Usar casco homologado siempre que baje del camión.
- ✓ Antes de comenzar la carga o descarga tendrá echado el freno de mano.

#### Protecciones colectivas

- ✓ No permanecerá nadie en las proximidades del camión en el momento de realizar maniobras.
- ✓ En las proximidades de zanjas, pozos de cimentación o taludes, la distancia mínima de seguridad de éstos al camión será de 1 m.

### **1.4.5.2 Pala cargadora y dumper**

#### Riesgos más frecuentes

- ✓ Atropellos y colisiones.
- ✓ Caída de materiales.
- ✓ Vuelco de la máquina.

#### Normas básicas de seguridad

- ✓ Disponer de extintor en el vehículo.
- ✓ Comprobar y mantener periódicamente su funcionamiento.
- ✓ Emplear personal cualificado.
- ✓ Emplear cama de arena si se mueven unidades de gran tamaño.
- ✓ Prohibir el transporte de personas.
- ✓ Desconectar la batería y retirar la llave cuando la máquina esté fuera de uso y apoyar la cuchara de la pala cargadora en tierra.
- ✓ No fumar cerca de cargas de combustibles ni disolventes.
- ✓ Disponer de equipo con señal luminosa y acústica.
- ✓ Colocar topes en los bordes de zanjas y/o fosos.

Protecciones personales

- ✓ Casco de seguridad.
- ✓ Botas antideslizantes.
- ✓ Ropa de trabajo adecuada.
- ✓ Gafas de protección contra el polvo.
- ✓ Asiento anatómico.
- ✓ Material con certificado CE.

Protecciones colectivas

- ✓ Señalizar recorridos.
- ✓ Evitar la presencia de personal en las áreas de trabajo.

**1.4.5.3 Retroexcavadora**

Peligros más frecuentes

- ✓ Vuelcos.
- ✓ Golpes y atropellos al personal, objetos y materiales

Normas básicas de seguridad

- ✓ Circular con la cuchara plegada.
- ✓ Disponer de extintor en la cabina.
- ✓ Dejar la máquina, con la cuchara apoyada en el desconectada y sin llaves al finalizar el servicio.
- ✓ Disponer de maquinaria con señal luminosa y acústica.

Protecciones Personales

- ✓ Casco de seguridad
- ✓ Calzado antideslizante
- ✓ Ropa de trabajo

Protecciones colectivas

- ✓ Alejar al personal de la zona de trabajo de la máquina.
- ✓ Avisar acústicamente cada cambio de maniobra.

#### 1.4.5.4 Hormigonera

##### Riesgos más frecuentes

- ✓ Descargas eléctricas.
- ✓ Atrapamiento en partes móviles.
- ✓ Vuelcos en cambios de emplazamiento.

##### Normas básicas de seguridad

- ✓ Situar la máquina en superficie plana y consistente, colocando calzas.
- ✓ Proteger con carcasa las partes móviles.
- ✓ No introducir, en ningún caso, el brazo dentro del tambor cuando esté en funcionamiento.
- ✓ Comprobar el buen estado del cable y la clavija.

##### Protecciones personales

- ✓ Casco de seguridad .
- ✓ Mono de trabajo.
- ✓ Guantes de goma.
- ✓ Botas de agua.
- ✓ Máscara antipolvo.

##### Protecciones colectivas

- ✓ Zona de trabajo delimitada.
- ✓ Comprobar que el cable de alimentación está intacto y sin conductores desprotegidos.

#### 1.4.5.5 Amasadora

##### Riesgos más frecuentes:

- ✓ Descargas eléctricas y electrocución.
- ✓ Atrapamientos por órganos móviles.
- ✓ Vuelcos y atropellos al cambiarla de emplazamiento.
- ✓ Proyección de partículas durante su mantenimiento.

- ✓ Ambiente polvoriento.

#### Normas básicas de seguridad

- ✓ Normas de uso correcto para quien opere la máquina.
- ✓ La máquina estará situada en superficie llana y consistente.
- ✓ Las partes móviles y de transmisión estarán protegidas con carcasas.
- ✓ Conexión a tierra.
- ✓ Bajo ningún concepto se introducirá el brazo en el tambor cuando funcione la máquina.
- ✓ Mantener la zona lo más expedita y seca posible.

#### Protecciones personales

- ✓ Casco homologado de seguridad.
- ✓ Mono de trabajo.
- ✓ Guantes de goma.
- ✓ Botas de goma y mascarilla antipolvo.
- ✓ Gafas antipartículas.

#### Protecciones colectivas

- ✓ Zona de trabajo claramente delimitada.
- ✓ Correcta conservación de la alimentación eléctrica.
- ✓ Las propias de la máquina.

### **1.4.5.6 Martillo rompedor**

#### Riesgos más frecuentes

- ✓ Lesiones por ruidos.
- ✓ Lesiones por vibración y percusión.
- ✓ Proyecciones de partículas.
- ✓ Golpes por diversas causas.
- ✓ Electrocutación.
- ✓ Polvo ambiental.



*Normas básicas de seguridad*

- ✓ Los trabajadores que de forma continuada realicen los trabajos con el martillo neumático serán sometidos a un examen médico mensual para detectar posibles alteraciones.
- ✓ Proteger el tajo con medios de tipo colectivo si es posible, mejor que confiar en los medios de protección personal.
- ✓ Colocar adecuadamente la maquinaria cuando no trabaje.
- ✓ Se procurará que los taladros se efectúen a sotavento en prevención de exposiciones innecesarias en ambientes polvorientos. Esta prevención no excluye la protección por vía respiratoria.
- ✓ En prevención de accidentes es imprescindible controlar el estado de los punteros o barras taladradoras, la buena duración o comportamiento de las cabezas de los taladros y que el cabezal de las barras sea el requerido por el fabricante para el martillo a utilizar y su correcta fijación.
- ✓ El personal que utilice los martillos conocerá el perfecto funcionamiento de la herramienta, la correcta ejecución del trabajo y los riesgos propios de la máquina.
- ✓ Se recomienda no arrojar el peso del cuerpo sobre los controles o culatas, con el fin de evitar la transmisión excesiva de vibraciones al cuerpo del operario.
- ✓ Se prohíbe dejar el puntero hincado al interrumpir el trabajo.
- ✓ Se prohíbe abandonar el martillo o taladro manteniendo conectado el circuito de presión.
- ✓ Queda prohibido utilizar martillos rompedores dentro del radio de acción de la maquinaria para el movimiento de tierras.
- ✓ Conexión a tierra.

*Protecciones personales*

- ✓ Protector acústico o tapones.
- ✓ Cinturón y muñequeras antivibratorias.
- ✓ Gafas antipartículas.
- ✓ Guantes de cuero, mandil de cuero y polainas de cuero.
- ✓ Mascarilla.
- ✓ Botas y guantes aislantes de electricidad.

### 1.4.5.7 Maquinaria de elevación

Las principales maquinarias para la elevación de cargas son las grúas y las elevadoras.

#### Peligros más frecuentes

- ✓ Caída de la carga.
- ✓ Caída de cable y/o gancho por rotura o desenganchamiento.
- ✓ Electrocuación por defecto de puesta a tierra.
- ✓ Caídas del personal por empuje de la carga.
- ✓ Caídas del operador por falta de protecciones.
- ✓ Golpes y aplastamientos.
- ✓ Caídas de la máquina debidas a vientos, excesos de carga, arriostrado y/o anclaje defectuoso.

#### Normas básicas de seguridad

- ✓ Comprobar el buen funcionamiento de la maquinaria.
- ✓ No sobrepasar los límites de la máquina que figuran en un cartel bien visible.
- ✓ Disponer de limitador de recorrido y pestillo de seguridad en el gancho.
- ✓ Utilizar plataformas con un rodapié de 20 cm. para izar el material, procurando que el peso esté bien repartido para evitar desplazamientos.
- ✓ Colocar eslingas simétricas por debajo de la plataforma de madera de los palets para cargar.
- ✓ No enganchar nunca el gancho de la máquina sobre el fleje del palet cargado, usando para ello los útiles adecuados.
- ✓ No mover la carga bruscamente, ni efectuar maniobras simultáneamente. Elevar la carga lentamente.
- ✓ Comprobar los mecanismos de giro de la grúa y desplazamientos del carro y el gancho al empezar a utilizarla. Accionar la grúa desde la botonera, siempre por una persona competente auxiliada por el especialista.
- ✓ La grúa estará equipada con un mecanismo de seguridad para sobrecargas. Utilizar dispositivos antipánico y paracaídas montados en la grúa para efectuar cualquier subida a la pluma. En la pluma habrá instalado un cable de visita.
- ✓ Al acabar los trabajos, se ha de comprobar que la grúa está desembragada, dejando suspendido un pequeño peso del gancho, que quede elevado y cerca de

la base, comprobando que no hay ningún obstáculo que impida girar la grúa libremente, poner los mandos a cero y desconectar la corriente eléctrica .

- ✓ Comprobar los certificados de estabilidad post-montaje.
- ✓ Anclar el elevador al forjado mediante abrazaderas metálicas. No trabar el elevador con bidones más o menos cargados .
- ✓ Proceder a un mantenimiento periódico, tanto de la maquinaria como de la estructura, de los cables y del gancho.
- ✓ Desconexión de la máquina al realizar cualquier reparación, señalizando convenientemente el interruptor .

#### Protecciones Personales

- ✓ Casco homologado de seguridad.
- ✓ Botas de agua.
- ✓ Guantes de cuero para manipular cables y otros elementos.
- ✓ Gafas antipolvo, si es necesario.
- ✓ Cinturón de seguridad al efectuar trabajos de mantenimiento, enganchado a puntos sólidos o al cable de visitas.

#### Protecciones colectivas

- ✓ No elevar las cargas sobre el personal que está trabajando.
- ✓ No perder nunca de vista la situación de la carga.
- ✓ Revisar periódicamente el cableado y la toma de tierra.
- ✓ Colocar barandas de protección.
- ✓ Situar y enganchar correctamente la carga para elevarla.
- ✓ Proteger los elementos de transmisión del elevador.

### **1.4.5.8 Vibrador**

#### Riesgos más frecuentes

- ✓ Descargas eléctricas.
- ✓ Caídas en altura.
- ✓ Salpicaduras.

#### Normas básicas de seguridad

- ✓ Utilizar vibrador de doble aislamiento.
- ✓ Trabajar en posición estable.

- ✓ Proteger la manga de alimentación en zonas de paso.
- ✓ Comprobar el buen funcionamiento de cables y clavijas.

#### Protecciones Personales

- ✓ Casco.
- ✓ Botas de agua.
- ✓ Guantes dieléctricos.
- ✓ Gafas para protegerse de las salpicaduras.

#### Protecciones colectivas

- ✓ Las mismas que para la estructura de hormigón.

### **1.4.5.9 Sierra circular**

#### Riesgos más frecuentes

- ✓ Cortes y amputaciones.
- ✓ Descargas eléctricas.
- ✓ Rotura de disco.
- ✓ Proyección de partículas.
- ✓ Incendios

#### Normas básicas de seguridad

- ✓ Utilizar sierra de doble aislamiento.
- ✓ Disponer de carcasa protectora en el disco y protectores en partes móviles.
- ✓ Controlar los dientes y la estructura del disco.
- ✓ Mantener limpia la zona de trabajo.
- ✓ Controlar la presencia de clavos al serrar maderas.
- ✓ Comprobar el buen estado del cable y la clavija.

#### Protecciones Personales

- ✓ Casco de seguridad.
- ✓ Guantes de cuero .
- ✓ Gafas de protección.
- ✓ Calzado anticlavo.

Protecciones colectivas

- ✓ Zona acotada para la máquina, en lugar libre de circulación.
- Extintor de polvo antibrasa, próximo.

**1.4.5.10 Otras Herramientas**

Se contemplan los peligros derivados de las siguientes herramientas:

- ✓ Taladro.
- ✓ Martillo rotativo.
- ✓ Pistola clavadora.
- ✓ Lijadora.
- ✓ Rozadora.

Riesgos más frecuentes

- ✓ Descargas eléctricas.
- ✓ Proyección de partículas.
- ✓ Caídas de alturas.
- ✓ Ruidos.
- ✓ Generación de polvo.
- ✓ Explosiones e incendios.
- ✓ Cortes y heridas.

Normas básicas de seguridad

- ✓ Utilizar máquinas eléctricas de doble aislamiento.
- ✓ Manejar por personal instruido en el uso.
- ✓ Revisar periódicamente las herramientas y cables de alimentación y su clavija.
- ✓ Guardar cada día adecuadamente las herramientas en el almacén de la obra, previa limpieza de las mismas.
- ✓ No desconectar las herramientas estirando el cable.
- ✓ Trabajar en posición estable.
- ✓ Utilizar la máquina de forma correcta, sin forzar la dirección de la herramienta, ni su capacidad.

### Protecciones personales

- ✓ Casco de seguridad.
- ✓ Guantes de cuero.
- ✓ Protección de ojos y orejas cuando se utilice la pistola clavadora.
- ✓ Cinturón de seguridad en los trabajos a diferentes alturas.

### Protecciones colectivas

- ✓ Zonas de trabajo limpias y ordenadas.
- ✓ Mangueras de alimentación en buen estado.
- ✓ Los huecos estarán protegidos con barandillas o mallas.

## **1.4.6 Riesgos especiales**

En este apartado se incluyen algunos riesgos especiales que pueden ocurrir durante la realización de determinados trabajos en la ejecución de la obra, y que debido a su importancia, cabe prestar una especial atención. Estos riesgos especiales son:

### **1.4.6.1 Normas específicas para soldadura**

- ✓ Todo el personal de obra que trabaje en soldadura, deberá mantener cubiertas todas las partes del cuerpo susceptibles de exponerse a las radiaciones del arco y quemaduras. Los vestidos y en especial las camisas, serán de colores oscuros con el fin de reducir las radiaciones hacia el rostro.
- ✓ Para la protección completa de las partes del cuerpo más expuestas, todos los soldadores deberán utilizar botas de seguridad, polainas, manguitos, mandil y guantes de cuero, procurando que las costuras de estas prendas sean hacia dentro.
- ✓ Con el fin de evitar accidentes al picar escorias y en el uso de radiales, será obligatorio el uso de gafas de seguridad homologadas, o bien con un cristal claro acoplado a la pantalla.
- ✓ Los cristales de las pantallas para soldadores deben cumplir las características en cuanto a absorción de rayos infrarrojos, ultravioleta y espectro visible, que señalan las normas vigentes, según la soldadura a realizar, debiendo de estar homologadas.
- ✓ Cuando se realicen operaciones de soldaduras en espacios cerrados, además de tomar las precauciones para evitar los accidentes, se tomarán las medidas

preventivas para evitar riesgos de enfermedad profesional por inhalación de humos, gases, etc.

- ✓ Para evitar las conjuntivitis y posibles accidentes a las personas que se encuentren cercanas a una operación de soldadura o corte, se procurará trabajar a una distancia adecuada, o bien se intercalarán barreras.
- ✓ Para eliminar los riesgos eléctricos existentes, se debe aislar completamente todo el circuito de soldadura, incluidas las pinzas portaelectrodos y usar las prendas de protección personal adecuadas. El cable de masa del grupo de soldadura, estará sólidamente sujeto en su extremos mediante torniquete a estructura metálica.
- ✓ En los cuadros de protección para los grupos, aparte de una red de tierras que incluya al mismo ya todas las carcasas de los grupos, se instalará un interruptor diferencial de sensibilidad media y un interruptor magnetotérmico .
- ✓ Las botellas de oxígeno, acetileno, butano y propano se almacenarán siempre en posición vertical, separadas las vacías de las llenas y los combustibles de los comburentes; además deben llevar caperuzas de protección mientras no se están utilizando y estarán sujetas por cadenas. El lugar de almacenamiento será cubierto y con alambrada lateral, indicando el peligro de explosión con un cartel y con extintores en las proximidades.
- ✓ Los sopletes deben disponer de doble válvula antirretroceso de llama, una en la salida de las botellas y otra en la entrada al soplete. No se manipularán las botellas de oxígeno con guantes o manos grasientas.
- ✓ Las llaves de apertura y cierre de las botellas estarán siempre en el carro y soldadas a una cadena.
- ✓ Para elevar botellas a plataformas elevadas, se construirá una jaula especial que evite cualquier movimiento de las mismas en la maniobra.
- ✓ Deberá prestarse especial atención a los tabiques, suelos, tuberías adyacentes, etc., cuando se vaya a cortar o soldar, procurando eliminar o aislar todos los materiales combustibles de las zonas adyacentes, en especial pinturas y disolventes.
- ✓ Se prohibirá pintar en zonas en las que se está soldando o viceversa.
- ✓ Nunca se cortará con soplete ni se soldará encima de cables o mangueras, sin estar debidamente protegidos.
- ✓ Próximo a las zonas de trabajo se tendrá siempre a mano un extintor de Co2 o polvo químico seco. Para cualquier conato de incendio, no utilizar agua nada más que para enfriar una botella que se incendie.

- ✓ La ropa de trabajo para un operario de oxicorte será similar a la del soldador, por estar expuesto a los mismos riesgos.
- ✓ Nunca se soltará oxígeno en un espacio cerrado, puesto que muchos materiales, en especial la ropa, se hacen altamente combustibles en su presencia.
- ✓ Las botellas no estarán expuestas a temperaturas superiores a 40°C.
- ✓ En las zonas que existan aristas vivas o perfiles, no se colocarán cables ni mangueras y en caso de que fuera necesaria su colocación, se protegerán debidamente.
- ✓ Siempre que se realicen trabajos de oxicorte o precalentamiento en un espacio cerrado, nada más terminarlos se retirarán los sopletes al exterior .
- ✓ Al finalizar la jornada, los grupos quedarán desconectados, las mangueras despresurizadas y el material recogido. Será preceptivo el uso de mantas ignífugas para protección de proyecciones cuando el Permiso de Trabajo así lo indique.
- ✓ Nunca se debe realizar trabajo alguno en tuberías existentes, incluso aunque se tenga la certeza de que están fuera de servicio, sin previa autorización escrita del responsable de área y siguiendo sus instrucciones.

#### **1.4.6.2 Radiografiado de soldadura**

- ✓ Cualquier empresa Contratista que desee realizar trabajos de radiografiado de soldadura en la obra, enviará diariamente al Supervisor de Montaje un permiso de radiografiado en el formato oportuno, en el que se indiquen entre otras, las siguientes características:
  - Empresa Contratista
  - Localización exacta de las soldaduras
  - Horario
  - Tipo de fuente
  - Actividad de la misma
  - Zona de influencia medida vertical y horizontalmente
  - Zona a vallar y tipo de señalización
  - Uso de colimador {si o no}
  - Panorámica {si o no}
  - Esquema de la zona
  - Operarios que vayan a intervenir en el trabajo
- ✓ No se permitirá la presencia de equipo radiográfico en obra cuando no se esté radiografiando.



### **1.4.6.3 Normas para radiales**

La radial amoladora normalmente produce más del 50% de los accidentes en obra, por lo que se considera de suma importancia el cumplimiento de las siguientes normas:

- ✓ La alargadera de conexión deberá tener una longitud máxima de 2 metros en la salida de herramientas.
- ✓ Se utilizarán siempre con la protección metálica del elemento de corte.
- ✓ Deberá disponer de protección metálica con doble aislamiento e interruptor diferencial de 30 mA.
- ✓ Será obligatorio el uso de gafas de seguridad homologadas tanto para el oficial como para el ayudante, así como guantes de cuero.
- ✓ Se utilizará el disco adecuado al tipo de trabajo a realizar (corte, esmerilado, etc.) comprobando previamente el estado de la máquina y del disco. Es importante comprobar las revoluciones de la máquina y las que indica el disco, sobre todo en esmeriladora de tipo neumático.
- ✓ El tamaño del disco deberá ajustarse a la dimensión de la carcasa de protección.
- ✓ Para proceder a la sustitución del disco, se utilizarán las llaves adecuadas (prohibida la utilización de otros elementos como cortafríos, etc.).
- ✓ Para efectuar la operación anterior, previamente se desconectará la radial.
- ✓ Los materiales que van a trabajar se fijaran previamente de forma que no puedan moverse.
- ✓ Está prohibido efectuar trabajos con radial desde escaleras. Se realizarán siempre sobre plataforma de trabajo.
- ✓ Al finalizar la jornada se deben recoger las herramientas depositándolas en un arca o similar.
- ✓ Cuando se detecte una avería, se enviará la máquina al taller para su reparación. Nunca intentará el operario arreglarla, sobre todo en las averías de tipo eléctrico.

### **1.4.6.4 Protección contra contactos indirectos**

Gran parte de las actividades a realizar en este proyecto implican la utilización de equipo eléctrico, por tanto, al ser común el riesgo, las normas para prevenir los contactos indirectos son de carácter general.

Como norma general, todo trabajo eléctrico de instalación fija, temporal o de interconexión con instalaciones existentes, será objeto de un estudio previo y de la emisión del permiso de trabajo correspondiente, tomándose las prevenciones adecuadas según los trabajos se realicen en vacío, baja tensión, aéreos o enterrados.

Como guía general, se aplicarán las indicaciones que a continuación se relacionan:

- ✓ La herramienta manual tendrá doble aislamiento.
- ✓ Toda máquina o herramienta eléctrica llevará su correspondiente puesta a tierra independiente de cualquier otra protección.
- ✓ Todas las empresas deberán poseer un electricista de servicio, bien de la misma obra, o contratado en el exterior, procurando que las averías sean siempre reparadas por la misma persona.
- ✓ Todos los cuadros de obra deben de estar aislados completamente, poseer puesta a tierra y protección diferencial. Deberán estar siempre cerrados, y la llave de acceso a los mismos la tendrá únicamente el electricista de servicio.
- ✓ Las mangueras a conectar en la red de obra tendrán un aislamiento mínimo de 0.6/1 KV.
- ✓ En caso de colocar fusibles nuevos, si al volver a cerrar el circuito se provocase una nueva fusión, se dejará el circuito abierto, procediendo a localizar la avería.
- ✓ Queda prohibido el uso de hilos metálicos sin cartucho de protección en sustitución de fusibles.
- ✓ Los trabajos de prueba de fallos de continuidad en el servicio, cambio de fusibles, etc. siempre que sea posible, se harán sin corriente en el circuito. Si esto no fuera posible, se utilizarán los medios necesarios para quedar aislados eléctricamente el operario u operarios que realicen el trabajo.
- ✓ En los trabajos en caja de cables con posibles cortocircuitos, se deben proteger los ojos, así como las manos y la cara.
- ✓ Para trabajos en recipientes cerrados el alumbrado será de 24 V y la maquinaria protegida con toma de tierra y diferencial de 30 mA.
- ✓ Están prohibidos los interruptores que carezcan de protección.
- ✓ Está totalmente prohibido hacer funcionar un equipo enganchándole a un conductor activo y a una toma de tierra o masa metálica.
- ✓ Los cables aéreos de los cruces de calle, accesos o próximos a zonas de trabajo deben señalizarse y siempre que sea necesario trabajar en la zona de influencia cortar tensión.

## **1.5 FORMACIÓN Y ASISTENCIA SANITARIA**

### **1.5.1. Formación**

Todo el personal que trabaje en la obra recibirá un cursillo por parte del personal de la Refinería, en donde se les dará a conocer las normas básicas de seguridad de la planta y la exposición de los riesgos que supone su tipo de trabajo, para que tengan una correcta información y eviten imprudencias que en el pasado condujeron a accidentes. Para poder acometer trabajos en Refinería, es necesario haber seguido dicho cursillo y superar el test que se realiza al finalizar el mismo.

Además, en este cursillo, se informa a los trabajadores de los riesgos intrínsecos que existen en la empresa debido al tipo de industria y al entorno. Se les comunicará de igual modo cómo actuar ante las posibles incidencias más importantes.

En la operación, mantenimiento y reparación, puesta en marcha, etc., el personal se ajustará al puesto y a la cualificación adecuada para las actividades, con el conveniente descanso entre turnos.

### **1.5.2. Asistencia sanitaria**

#### **1.5.2.1. Botiquines**

Se dispondrá de un botiquín en cada zona de trabajo, conteniendo el material especificado en la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo:

- ✓ Frasco de agua oxigenada.
- ✓ Frasco con alcohol 96°.
- ✓ Frasco con amoníaco.
- ✓ Frasco con tintura de yodo.
- ✓ Caja con gasa estéril.
- ✓ Caja con algodón hidrófilo estéril.
- ✓ Torniquete.
- ✓ Bolsa para agua o hielo.
- ✓ Bolsa para guantes esterilizados.
- ✓ Termómetro clínico.
- ✓ Caja de apósitos autoadhesivos.
- ✓ Antiespasmódicos.

- ✓ Analgésicos.
- ✓ Tónicos cardíacos de urgencia.
- ✓ Jeringuilla desechable.

### **1.5.2.2. Asistencia a accidentados**

Los primeros auxilios se llevarán a cabo en la misma obra por el personal sanitario de la Refinería CEPSA Gibraltar. Para ello, es necesario informar inmediatamente al operador responsable, al jefe de turno o directamente al médico en su defecto, cuando haya ocurrido un accidente que requiera asistencia sanitaria. Si la gravedad del accidente lo requiere, el herido será trasladado en la ambulancia que para tal efecto dispone la Empresa al centro sanitario más cercano.

## **2.2. CONDICIONES DE LAS PROTECCIONES**

En los siguientes apartados se hace mención a los requerimientos de tipo legal para los equipos de protección individual y colectiva.

Bajo un principio de máxima prevención, se establecerá como nivel de seguridad exigible el marcado por los requerimientos legales y las normas de contratación de la Refinería CEPSA Gibraltar.

Si existieran discrepancias entre los diferentes niveles de seguridad exigibles, se elegirá el más exigente, sin perjuicio de la obligatoriedad del cumplimiento de todas las normas que se apliquen a este tipo de proyecto en sus diferentes ámbitos.

### **2.2.1 Condiciones legales de las protecciones personales**

Los Equipos de Protección Individual deberán utilizarse cuando existen riesgos para la seguridad o salud de los trabajadores que no hayan podido evitarse o limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo.

Todas las prendas de protección personal o elementos de seguridad colectiva, se limitarán en su uso a un período de vida útil, desechándolos a su término. Si los elementos o prendas se deterioran o adquieren holgura superior a la admisible, se repondrán inmediatamente aunque no hayan llegado al límite de su vida previsto.

Todos los elementos de protección personal se ajustarán a las normas de homologación de la Comunidad Económica Europea. Caso de no haber prendas homologadas por esa normativa, se podrán utilizar las homologadas por el Ministerio de Trabajo.

A continuación, se listan los equipos con su correspondiente Norma europea y su correspondencia nacional:

- CEN/TC 158. "PROTECCIÓN DE LA CABEZA"
  - EN 397-95\*. UNE EN 397:95. Cascos de protección para la industria
  
- CEN/TC 159. "PROTECCIÓN AUDITIVA"
  - EN 352-19:93. UNE EN 352-1:94. Protectores auditivos. Requisitos de seguridad y ensayos. Parte 1: Orejas.
  
- CEN/TC 85. "PROTECCIÓN DE LOS OJOS"
  - EN 155:95\*. Protección individual de los ojos. Especificaciones
  - EN 169:92\*. UNE EN 169:93. Protección individual de los ojos. Filtros para soldadura y técnicas relacionadas. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado.
  - EN 1731:97. UNE EN 1731:97. Protectores faciales de malla para uso industrial frente a riesgos mecánicos y/o calor.
  
- CEN/TC 160. "PROTECCIÓN CONTRA CAÍDAS DE ALTURAS"
  - EN 341:92 \*. UNE EN 341:97. Equipos de protección individual contra caídas de alturas. Dispositivos de descenso.
  - EN 353-1:92\*. UNE EN 353-1:93. Equipos de protección individual contra caídas de altura. Parte 1: Dispositivos anticaídas deslizantes con línea de anclaje rígida.
  - EN 353-2:92\*. UNE EN 353-2:93. Equipos de protección individual contra caídas de altura. Parte 2: Dispositivos anticaídas deslizantes con línea de anclaje flexible
  - EN 354:92\*. UNE EN 354:93. Equipos de protección individual contra caídas de altura. Elementos de amarre.
  - EN 355:92\*. UNE EN 355:93. Equipos de protección individual contra caídas de altura. Absorbentes de energía.

- EN 358:92\*. UNE EN 358:93. Equipos de protección individual para sostener en posición de trabajo y prevención de caídas de altura. Sistemas de sujeción.
- EN 360:92\*. UNE EN 360:93. Equipos de protección individual contra la caída de alturas. Dispositivos anticaídas retráctiles.
- EN 361. :92\*. UNE EN 361. :93. Equipos de protección individual contra la caída de alturas. Arnés anticaídas.
- EN 362:92\*. UNE EN 362:93. Equipos de protección individual contra la caída de alturas. Conectores.
- EN 363:92\*. UNE EN 363:93. Equipos de protección individual contra la altura. Sistemas anticaídas.
  
- CEN/TC 161. "PROTECCIÓN DE PIES Y PIERNAS"
  - EN 342:96\*. UNE EN 344-2:96. Calzado de seguridad, calzado de protección y calzado de trabajo de uso profesional. Parte 2: Requisitos adicionales y métodos de ensayo.
  - EN 345:92\*. UNE EN 345:93. Especificaciones para el calzado de seguridad de uso profesional.
  - EN 345:-2:96\*. UNE EN 345-2:96. Calzado de seguridad de uso profesional. Parte 2: Especificaciones adicionales.
  - EN 346:92\*. UNE EN 346:93. Especificaciones para el calzado de protección de uso profesional.
  - EN 346-2:96\*. UNE EN 346-2:96. Calzado de protección de uso profesional.
  - EN 347:92\*. UNE EN 347:93. Especificaciones para el calzado de trabajo de uso profesional.
  - EN 347-2:96\*. UNE EN 347-2:96. Calzado de trabajo de uso profesional.
  
- CEN/TC 162. "ROPAS DE PROTECCIÓN"
  - EN 388:94\*. UNE EN 388:95. Guantes de protección contra riesgos mecánicos.
  - EN 420:94. UNE EN 420:95. Requisitos generales para guantes.

En el caso de que para algún elemento no exista norma de homologación oficial, ésta será de calidad adecuada a la prestación deseada.

Los elementos de protección personal anti-ácido serán según las especificaciones del licenciante del proceso (gafas protectoras, buzos, guantes y botas de neopreno, equipos respiratorios específicos, etc).

Cuando por las circunstancias del trabajo se produzca un deterioro más rápido en una determinada prenda o equipo, se repondrá ésta, independientemente de la duración prevista o fecha de entrega.

El uso de una prenda o equipo de protección nunca representará un riesgo en sí mismo.

### 2.2.2 Condiciones de las protecciones colectivas

El Anexo IV del R.D. 1627 del 24 de Octubre de 1997 regula las disposiciones mínimas de seguridad y salud que deberán aplicarse en las obras, dentro de tres apartados:

- Disposiciones mínimas generales relativa a los lugares de trabajo en las obras
- Disposiciones mínimas específicas relativas a los puestos de trabajos en las obras en el interior de los locales.
- Disposiciones mínimas específicas relativas a los puestos de trabajos en las obras en el exterior de los locales.

A continuación se detallan las condiciones de las siguientes protecciones colectivas para prevenir riesgos:

- Pórticos limitadores de gálibo: Dispondrán de un dintel debidamente señalizado.
- Vallas autónomas de limitación y protección: Tendrán como mínimo 90 cm. de altura, estando construidas con tubo metálico de 40 mm. de diámetro. Además dispondrán de tapas para mantener su verticalidad.
- Topes de desplazamiento de vehículos: Podrán realizarse con dos tablones embridados, fijados al terreno por medio de redondos clavados al mismo o de otra forma eficaz.
- Redes horizontales: Se colocarán para proteger la caída de objetos a través de los huecos horizontales. La norma UNE 81-65-80 establece las características y requisitos generales que han de satisfacer las redes de seguridad utilizadas en determinados lugares de trabajo para proteger a las personas expuestas a los riesgos derivadas de caída de altura.
- Mallas perimetrales: Las mallas que conformen las redes perimetrales serán de poliamida trenzado en rombo de 0,5 mm. y malla de 7 x 7 cm. Llevarán cuerda perimetral de cerco anudado a la malla para realizar los empalmes, así como

para el arriostramiento de los tramos de malla a las pértigas, y será menor de 8 mm de diámetro.

- Barandillas: Las barandillas cerrarán todo el perímetro existente entre la escalera y la caja de la escalera mecánica. Tendrán la suficiente resistencia para garantizar la retención de personas. Estarán pintadas de amarillo.
- Plataformas de trabajo: Tendrán como mínimo 60 cm de anchura y las situadas a partir de 2 m de tierra estarán dotadas de barandillas de 90 cm de altura, listón intermedio y zócalo. Estarán pintadas de amarillo.
- Escaleras de mano: Irán provistas de zapatas antideslizantes. Además en caso de que la altura sea importante, llevarán dispositivos anticaídas. Estarán pintadas de amarillo.
- Extintores: Serán de polvo polivalente y CO<sub>2</sub>, revisándose periódicamente y estando certificados.

Las protecciones colectivas requieren de una vigilancia en su mantenimiento que garantice la idoneidad de su funcionamiento para el fin que fueron instaladas. Esta tarea debe de ser realizada por el Delegado de prevención, apartado "D", artículo 26 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, quien revisará la situación de estos elementos con la periodicidad que se determine en cada caso, y que como pauta general se indica a continuación:

- Elementos de redes y protecciones exteriores, en general, barandillas, antepechos, etc.(semanalmente)
- Elementos de andamiaje, apoyos, anclajes, arriostramientos, plataformas, etc. (semanalmente)
- Estado del cable de las grúas-torre elementos de andamiaje, arriostramientos, plataformas, apoyos, anclajes, etc. (semanalmente)
- Instalación provisional de electricidad, situación de cuadros auxiliares de plantas, cuadros secundarios, clavijas, etc. (semanalmente)
- Extintores, almacén de medios de protección personal, botiquín, etc. (mensualmente)
- Limpieza de dotaciones de las casetas de servicios higiénicos, vestuarios, etc. (semanalmente)



## **2.3 CONDICIONES DE LA PROPIEDAD Y DE LOS CONTRATISTAS**

### **2.3.1 Documentación requerida por la propiedad**

Todas las empresas contratistas deberán presentar antes de su implantación en obra y posteriormente, con la periodicidad exigida, todos los documentos expuestos a continuación.

#### **2.3.1.1 Lista de personal**

En la lista de personal deberán constar los nombres de todos los trabajadores que, pertenecientes a la plantilla de la empresa contratista, van a desempeñar los trabajos contratados, indicando los números de afiliación a la seguridad social.

Dicha lista debe ir acompañada, para el caso de sociedades cooperativas, con la fotocopia de la matriz individual del talonario de cotización de la mutualidad laboral de trabajadores autónomos de la industria, con la fotocopia del A-22 de alta en la seguridad social, o en su defecto, fotocopia de la inscripción en el libro de matrícula para el resto de sociedades.

#### **2.3.1.2 Certificado negativo de descubierto de la Seguridad Social**

Este documento tiene por finalidad certificar que la empresa contratista no tiene ninguna deuda contraída con la Seguridad Social.

#### **2.3.1.3 Seguro de responsabilidad civil**

Deberá presentarse el seguro de todos los vehículos y maquinaria que trabaje o tenga acceso al área de trabajo. No se permitirá el acceso al área de trabajo de ningún vehículo o maquinaria sin este requisito.

Los contratistas de construcción presentarán copias de la pólizas de seguros conforme a lo requerido en la contratación por CEPSA.

Toda la documentación mencionada en este apartado será entregada antes de la implantación en obra de los contratistas de construcción, en las oficinas de la administración de la dirección de obra.

El incumplimiento de este punto por parte de los contratistas de construcción, dará lugar a que no se autorice el inicio de los trabajos.

### **2.3.2 Obligaciones de LA REFINERÍA CEPSA GIBRALTAR.**

CEPSA Gibraltar adoptará las medidas necesarias del *Estudio Básico de Seguridad y Salud* como documento integrante del proyecto de ejecución de obra. Dicho *Estudio Básico de Seguridad y Salud* será visado en el colegio correspondiente.

Refinería CEPSA Gibraltar, antes del inicio de los trabajos, designará un coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra.

El abono de las partidas incluidas en el presupuesto de este *Estudio de Seguridad y Salud*, y concretadas en el Plan de Seguridad y Salud, lo realizará la propiedad a la empresa constructora, previa certificación del Coordinador de Seguridad.

La propiedad estará obligada a pagar al Coordinador de Seguridad los honorarios devengados en concepto de implantación, control, valoración y seguimiento del Estudio de Seguridad y Salud.

### **2.3.3 Obligaciones de las empresas contratistas**

Las empresas subcontratadas para la ejecución material de esta obra estarán obligadas a cumplir las directrices contenidas en el *Estudio Básico de Seguridad y Salud* que les correspondan, siendo responsables de sus empleados. El Plan de Seguridad y Salud contará con la aprobación previa al comienzo de las obras por parte del técnico autor del Estudio.

El trabajo de cada persona debe estar guiado ante todo por el sentido de la responsabilidad en el desarrollo de las tareas para evitar accidentes y consecuencias para sí mismos y terceros.

Antes de desarrollar los trabajos y tareas, el contratista debe ser consciente de los riesgos inherentes y estar seguro de que se han tomado todas las medidas oportunas

para evitar accidentes y las consecuencias asociadas, en beneficio y protección de sus empleados.

Por ello, los contratistas deben en todo momento tener presente y llevar a la práctica los aspectos siguientes:

- Tener y aplicar el sentido de la responsabilidad de su autoprotección y de la de terceros a su cargo o que pueda afectarles.
- Conocer los riesgos inherentes a la tarea/trabajo previo a su realización
- Conocer las medidas de Seguridad, Higiene y Prevención pertinentes y aplicarlas.
- Ser consciente de sus condiciones psicofísicas y que éstas estén de acuerdo con los requerimientos de las tareas/trabajos a realizar.
- No desarrollar en ningún caso y bajo ninguna circunstancia trabajos o tareas que puedan requerir sobrepasar los límites psicofísicos propias o de terceros y que puedan implicar riesgos asociados.
- Conocer, respetar y aplicar las normativas y recomendaciones de Seguridad, Salud y Prevención en todo momento.
- Informar a los superiores y/o colaboradores en caso de percibir riesgos de difícil control
- Utilizar las medidas de Higiene, Seguridad y Salud requeridas y, en general, elementos de autoprotección. En caso de que no se dispusiera de ellas solicitarlas antes de empezar la tarea/trabajo.
- Los medios de protección personal deberán estar homologados por organismos competentes, caso de no existir éstos en el mercado se emplearán los más adecuados bajo el criterio del Coordinador de Seguridad.

### **2.3.3.1 Consumo de alcohol, drogas y productos perjudiciales para la salud**

Se hace mención especial al consumo de alcohol, drogas, alucinógenos, estimulantes, etc. y todos aquellos productos que modifican la voluntad, autoconciencia, auto control y en general capacidades psicofísicas de la persona.

Además del peligro que puede suponer para la salud el consumo de dichos productos, el trabajar bajo los efectos de dichos productos supone un agravamiento del riesgo, aumentando la posibilidad de accidentes

Por /o tanto, se prohíbe terminantemente el consumo y el encontrarse bajo los efectos de dichos productos en general en horarios de trabajo o cuyas consecuencias

puedan influir en el desarrollo del trabajo y muy en especial en la seguridad, higiene, prevención y autoprotección del trabajador

### 2.3.3.2 Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo

- Según el Artículo 7 del R.D. 1627/97 y en aplicación del *Estudio Básico de Seguridad y Salud* cada contratista elaborará un Plan de Seguridad y Salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio.
- En el caso de planes de Seguridad y Salud elaborados en aplicación del *Estudio Básico de Seguridad y Salud* las propuestas de medidas alternativas de prevención incluirán la valoración económica de las mismas, que no podrá implicar disminución del importe total.
- El Plan de Seguridad y Salud deberá ser aprobado antes del inicio de la obra; por el Coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra.
- En caso de obras de las Administraciones Públicas, el plan, con el correspondiente informe del Coordinador en materia de Seguridad y de Salud durante la ejecución de la obra, se elevará para su aprobación a la Administración Pública que haya adjudicado la obra.
- Cuando no sea necesaria la designación de Coordinador las funciones que se le atribuyen en los párrafos anteriores serán asumidas por la Dirección Facultativa.
- En relación con los puestos de trabajo en la obra, el Plan de Seguridad y Salud en el trabajo constituye el instrumento básico de ordenación de las actividades de identificación y, en su caso, evaluación de los riesgos y planificación de la actividad preventiva a las que se refiere el capítulo II del Real Decreto por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- El Plan de Seguridad y Salud podrá ser modificado por el contratista en función del proceso de ejecución de la obra, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir a lo largo de la obra, pero siempre con la aprobación expresa del Coordinador de Seguridad y Salud. Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar, por escrito y

de forma razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas. A tal efecto, el Plan de Seguridad y Salud estará en la obra a disposición permanente de los mismos.

- Asimismo, el Plan de Seguridad y Salud estará en la obra a disposición permanente de la Dirección Facultativa.

### **2.3.4 Obligaciones del coordinador de seguridad y salud**

Esta figura de la Seguridad y Salud fue creada mediante los Artículo 3,4,5 y 6 de la Directiva 92/57 C.E.E. "Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud que deben aplicarse a las obras de construcciones temporales o móviles". El R.D. 162/97 de 24 de octubre transpone a nuestro Derecho Nacional esta normativa incluyendo en su ámbito de aplicación cualquier obra pública o privada en la que se realicen trabajos de construcción o ingeniería civil.

El Promotor designará un Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la fase de elaboración del proyecto. El Coordinador deberá, durante la fase de elaboración del proyecto:

- Tomar decisiones constructivas, técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos o fases que se desarrollarán simultánea o sucesivamente.
- Estimación de duración requerida para la ejecución de distintos trabajos o fases.

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor, antes del inicio de los trabajos, designará un Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la fase de ejecución de la obra.

La designación de los Coordinadores en materia de Seguridad y Salud durante la elaboración del proyecto y ejecución de la obra, podrá recaer en la misma persona.

La designación de los Coordinadores no eximirá al Promotor de sus responsabilidades.

Obligaciones del Coordinador de Seguridad y Salud:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad.

- Tomar decisiones constructivas, técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos o fases que se desarrollarán simultánea o sucesivamente.
- Estimación de duración requerida para la ejecución de distintos trabajos o fases.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales {evitar, evaluar, combatir riesgos, etc.) y en particular los principios generales aplicables durante la ejecución de la obra.
- Aprobar el Plan de Seguridad y Salud elaborado por el Contratista. La Dirección Facultativa asumirá ésta función cuando no fuera necesario la designación del Coordinador.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

Principios generales aplicables durante la ejecución de la obra:

- El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
- La elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso, y la determinación de las vías o zonas de desplazamiento o circulación.
- La manipulación de los distintos materiales y la utilización de los medios auxiliares.
- El mantenimiento, el control previo a la puesta en servicio y el control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de la obra, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
- La delimitación y el acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósitos de los distintos materiales, en particular si se trata de materias o sustancias peligrosas.
- La recogida de los materiales peligrosos utilizados.
- El almacenamiento y la eliminación o evacuación de residuos y escombros.
- La adaptación, en función de la evolución de la obra, del período de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.

- La cooperación entre los contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos.
- Las interacciones e incompatibilidades con cualquier otro tipo de trabajo o actividad que se realice en la obra o cerca del lugar de la obra.

### **2.3.5 Libro de incidencias**

El Artículo 13 del R.D. 1627/97 regula las funciones de este documento:

- En cada centro de trabajo existirá con fines de control y seguimiento del Plan de Seguridad y Salud un Libro de Incidencias que constará de hojas por duplicado, habilitado al efecto.
- El Libro de Incidencias será facilitado por:
  - El Colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el plan de seguridad y salud.
  - La Oficina de Supervisión de Proyectos u órgano equivalente cuando se trate de obras de las Administraciones Públicas.
- El Libro de Incidencias, que deberá mantenerse siempre en la obra, estará en poder del Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra o, y cuando no fuera necesaria la designación de coordinador, en poder de la Dirección Facultativa. A dicho libro tendrán acceso la Dirección Facultativa de la obra, los contratistas y subcontratistas y los trabajadores autónomos, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la obra, los representantes de los trabajadores y los técnicos de los órganos especializados en materia de Seguridad y Salud en el trabajo de las Administraciones Públicas competentes, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo, relacionadas con los fines de control y seguimiento del Plan de Seguridad y Salud.
- Efectuada una anotación en el Libro de Incidencias, el Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, o cuando no sea necesaria la designación de coordinador, la Dirección Facultativa, estarán obligados a remitir, en el plazo de veinticuatro horas, una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente deberán notificar las anotaciones en el libro al contratista afectado ya los representantes de los trabajadores de éste.

