

DOCUMENTO N° 2

ANEJOS

1	ANEJO I UBICACIÓN.....	5
1.1	LOCALIZACIÓN.....	5
1.2	ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL.....	10
1.3	DATOS DEL INMUEBLE.....	14
2	ANEJO II BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA Y DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS.....	18
2.1	CRITERIOS DE DISEÑO.....	18
2.2	DISEÑO TÉRMICO DEL TANQUE DE DESTILACIÓN.....	20
2.3	DIMENSIONAMIENTO DE LA CALDERA.....	27
2.4	DIMENSIONAMIENTO DEL CONDENSADOR.....	30
2.5	DIMENSIONAMIENTO DEL VASO FLORENTINO.....	35
2.6	DIMENSIONAMIENTO DEL RESTO DE EQUIPOS.....	43
3	ANEJO III DISEÑO DE EQUIPOS.....	47
3.1	DISEÑO DE RECIPIENTES A PRESIÓN.....	47
3.2	DISEÑO DEL EQUIPO DESTILADOR.....	56
3.3	DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DEL HIDROLATO.....	78
4	ANEJO IV SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL.....	82
4.1	SEGURIDAD INDUSTRIAL.....	82

4.2	FACTORES DE RIESGO	85
4.3	SEGURIDAD APLICADA A LAS MÁQUINAS.....	88
4.4	SEGURIDAD APLICADA A LOS EQUIPOS	91
4.5	RIESGOS DE INCENDIOS Y EXPLOSIONES.....	94
4.6	RIESGO ELÉCTRICO.....	100
4.7	RIESGOS DERIVADOS DEL USO DE PRODUCTOS QUÍMICOS	102
4.8	CONTROL DE PERSONAS Y VEHÍCULOS	104
4.9	PROTECCIÓN INDIVIDUAL	106
4.10	LEGISLACIÓN Y NORMATIVA	109
5	ANEJO V MEDICIONES Y PRESUPUESTO	113

ANEJO I

UBICACIÓN

1 ANEJO I UBICACIÓN

1.1 LOCALIZACIÓN

La planta proyectada se ubicará en el término municipal de Escúzar, en la provincia de Granada, a unos 20 km de la capital, en el sector M-I-10 del polígono industrial “Parque Metropolitano Tecnológico Industrial”, situado en dicha localidad.

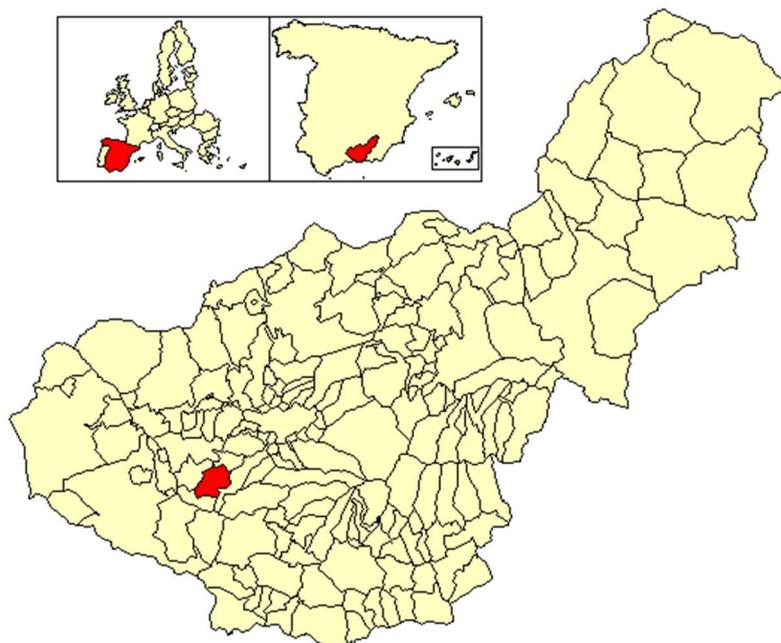


Figura 1. Situación del término municipal de Escúzar dentro de la provincia de Granada

Desde Granada capital se accede a través de la carretera E-902/ A-44 dirección Armilla/Motril. Se toma la salida 139 en dirección Otura/La Malahá y posteriormente la primera salida hacia la carretera A-385. Tras 9 km se toma la salida hacia la A-338 y posteriormente se gira por la salida de acceso al parque.

En la figura siguiente se puede observar el recorrido

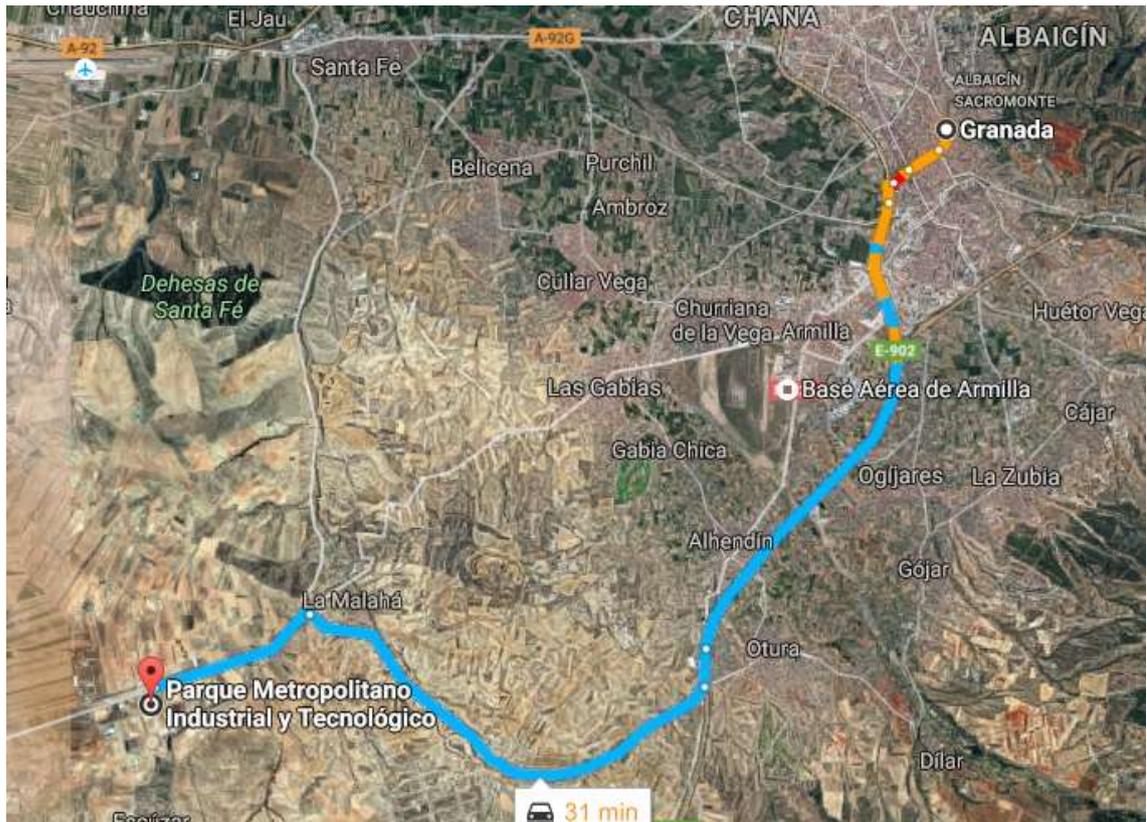


Figura 2. Recorrido desde Granada hasta el “Parque Metropolitano”

1.1.1 Aspectos relacionados con la ordenación

Condiciones de ordenación

Edificación adosada o aislada con ocupación parcial de parcela y tratamiento de paramentos y exteriores como fachada.

Condiciones de uso

Industrial intensivo

Condiciones de edificación

Edificabilidad → 90%

Altura máxima → 10 m

Retranqueo → 5 m público/ 3 m resto

Ocupación máxima → 90%

1.1.2 Aspectos relacionados con el medio ambiente

En este apartado se destacan aquellos aspectos más significativos que permiten justificar el emplazamiento de la planta en el polígono industrial “Parque Metropolitano Tecnológico Industrial”:

- Se trata de un terreno relativamente plano.
- El clima no influye negativamente en las actividades de esta industria.
- Al tratarse de un área industrial no se ve afectada la vegetación y fauna por ser prácticamente inexistente.
- El impacto paisajístico es irrelevante, ya que es una zona con la mayor parte del terreno edificado con otras naves o aún son solares vacíos.
- Durante las fases de ejecución e implantación de la fábrica tendremos distintas actividades las cuales causarán impacto medio-ambiental. Estos impactos se tendrán en cuenta a la hora de llevar a cabo el proyecto y se intentarán minimizar estableciendo medidas correctoras.

1.1.3 Aspectos relacionados con la utilización de recursos

1.1.3.1 Abastecimiento de aguas

1.1.3.1.1 Características de la red:

El esquema de la red de abastecimiento es doble (agua potable y agua de proceso) y corresponde a una malla cerrada, con arquetas registrables y llaves de paso que permiten controlar los distintos anillos que conforman la malla. Se ha conectado a la red existente en un sólo punto de toma que abastece un depósito, situado fuera del sector en terrenos municipales. El trazado de abastecimiento discurre bajo la calzada.

1.1.3.1.2 Fuente de abastecimiento:

La red del sector está conectada a la municipal, quedando garantizado el suministro de agua potable por el propio ayuntamiento y por la empresa encargada de la zona (EMASAGRA).

1.1.3.2 Saneamiento

1.1.3.2.1 Características de la red:

El trazado de la red de alcantarillado está adaptado a la topografía del sector. Todos los ramales disponen en cabecera de una cámara de descarga y se han previsto pozos registrables en los cambios de dirección, cruces de calles y cambios de rasante, así como en los tramos de longitud igual o superior 40 m.

1.1.3.2.2 Depuración prevista:

Todas las aguas residuales del sector han sido concentradas en el límite sureste donde se ejecutó la conexión a la red general municipal. Las aguas de proceso son vertidas al depósito del parque para su tratamiento y depuración.

1.1.3.3 **Energía eléctrica**

Red de media y baja tensión alimentadas desde subestación propia de 30 MW. El esquema de la red de distribución de energía eléctrica consiste en anillos que envuelven cada manzana, situados bajo la acera en el interior de las canalizaciones. En cada cambio de dirección o cruce de calles existe una arqueta de registro.

1.1.3.4 **Alumbrado público**

La red de alumbrado público discurre subterráneamente bajo las aceras en las calles. En las ordenanzas se indica el nivel de iluminación exigible. Los soportes de las luminarias son báculos en todos los casos.

1.1.3.5 **Red de canalizaciones telefónicas**

La red telefónica y de fibra óptica se encuentra subterránea bajo las aceras, conforme a las especificaciones de la compañía de telefónica nacional de nuestro país, con acceso a todas las parcelas

1.1.4 ASPECTOS RELACIONADOS CON LA DISPONIBILIDAD DE LA MATERIA PRIMA DE PARTIDA

La ubicación para la planta es adecuada ya que:

El cultivo y recolección de aromáticas, materia prima fundamental del presente proyecto, provendrá principalmente de las comarcas del Valle de Lecrín y de Alhama, todas ellas bien comunicadas con el parque tecnológico en un radio de 35 km.

Las comunicaciones con la planta son mediante la A-405 y la A-338 respectivamente. Ambas son carreteras con densidad de tráfico muy bajo durante los meses de recolección (junio-julio), lo cual facilitará el transporte de los remolques hasta la planta.

1.2 ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL

Según la Ley GICA, la actividad llevada a cabo en nuestra planta se engloba dentro del punto 5.2 “Instalaciones químicas para la fabricación de productos químicos orgánicos de base” sección b) “Hidrocarburos oxigenados, tales como alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos orgánicos, ésteres, acetatos, éteres, peróxidos, resinas epoxi”, y como tal, deberá disponer de la AAI (Autorización Ambiental Integrada), regulada mediante el decreto del 5/2012.

1.2.1 Impacto paisajístico

El impacto paisajístico de la nave industrial puede decirse que es pequeño o casi nulo, ya que está rodeado de otras naves industriales. Se trata de un emplazamiento y tipo de suelo destinado al sector industrial.

1.2.2 Incidencia ambiental previsible o futura

Efectos ambientales derivados de las fases de ejecución y explotación del proyecto, se enumeran a continuación.

1.2.2.1 Fase de ejecución

- Emisión de polvo
- Producción de ruidos y vibraciones
- Excavaciones, desmontes y rellenos
- Emisión de vertidos procedentes de los materiales empleados
- Riesgos de accidentes de trabajo

1.2.2.2 Fase de explotación

- Ocupación del suelo
- Producción de ruidos y vibraciones
- Consumo hídrico: aseos personales y agua del proceso
- Consumo energético: iluminación y maquinaria de procesado
- Generación de residuos líquidos: lavado de almacenes y sala de procesado

- Generación de residuos sólidos y basuras: material de embalaje, envases en mal estado, material de laboratorio, material de oficina.

1.2.3 Medidas correctoras de las incidencias ambientales previsibles o futuras

A continuación, se citan las medidas encaminadas a la reducción e eliminación del impacto ambiental originado en la fase de ejecución y explotación de nuestra planta.

1.2.3.1 Fase de ejecución

Las actividades a desarrollar en esta fase generan con frecuencia polvo. Para reducir dicho efecto se aplicarán las siguientes medidas:

- Riegos con mangueras
- Camiones de transporte de tierras y materiales y similares provistos de mallas
- Suspensión de trabajos que originen mucho polvo en días de fuerte viento al igual que las actividades que emitan humo

También se produce ruido debido al empleo de maquinaria, pero se llevarán a cabo revisiones periódicas de la maquinaria con el fin de asegurar un funcionamiento óptimo.

Para la recogida de escombros se dispondrán de contenedores dotados de mallas, se recogerán y vaciarán periódicamente. Los residuos sólidos y líquidos serán retirados al final.

1.2.3.2 Fase de explotación

En lo referente a la alteración del paisaje, a pesar de su ubicación dentro de un polígono industrial de bajo impacto visual, se aplicarán medidas que faciliten la integración de la industria en su entorno, como pueden ser zonas ajardinadas en los alrededores.

Las aguas residuales generadas en la fábrica y enviadas a la depuradora tendrán mayor carga contaminante que las urbanas que también recibe. Las aguas fecales tendrán como destino la misma depuradora.

Periódicamente se efectuarán controles y registros mediante contadores de agua consumida en la planta con el objetivo de controlar e incentivar el ahorro de este recurso.

1.2.4 Normativa ambiental

- Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental (Ley GICA).
- Decreto 297/1995, de 19 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Calificación Ambiental.
- Reglamento de la Calidad del medio ambiente atmosférico de la Comunidad Autónoma de Andalucía, en desarrollo y ejecución de la Sección 2ª del Capítulo II del Título IV de la Ley 7/2007, de

9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, así como de ciertos aspectos de la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.

- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
- Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos.
- Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases.

1.3 DATOS DEL INMUEBLE

La parcela donde se realizará la construcción de la planta es la señalada en la figura:

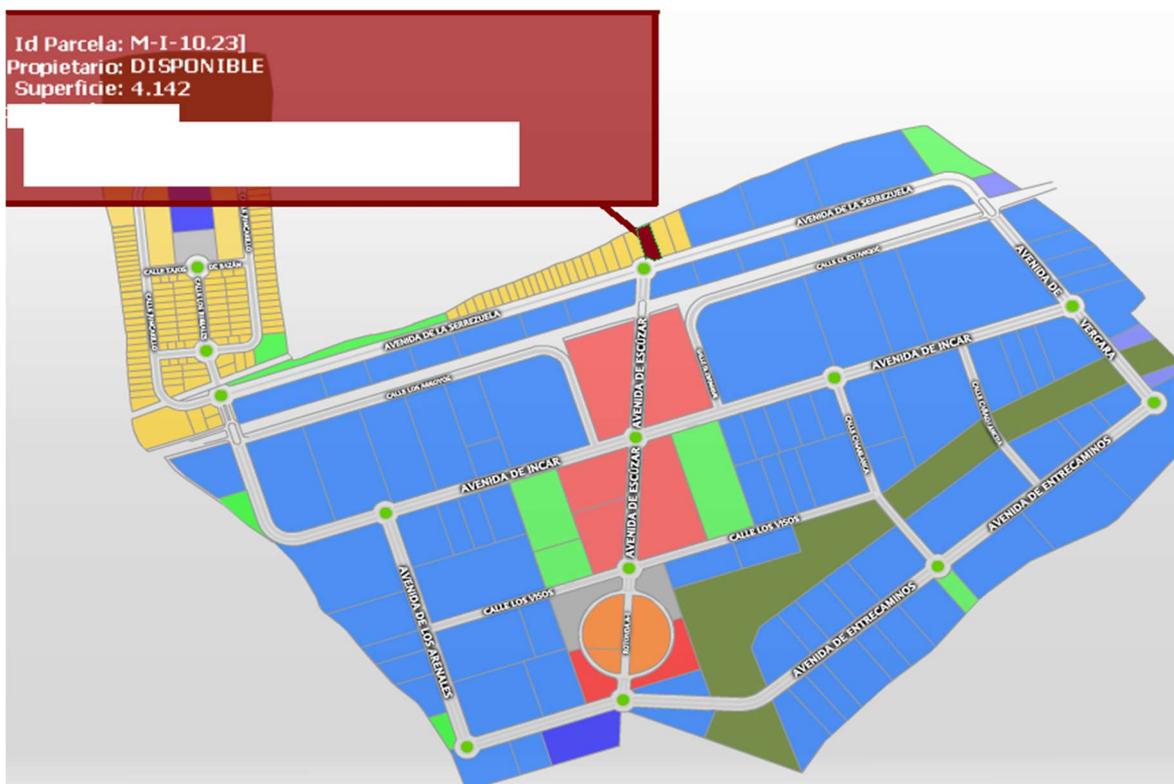


Figura 3. Situación de la parcela dentro del “Parque Tecnológico”

En la siguiente vista aérea se puede observar su ubicación



Figura 4. Vista aérea de la parcela

ANEJO II

BALANCES DE

MATERIA Y ENERGÍA Y

DIMENSIONAMIENTO

DE EQUIPOS

2 ANEJO II BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA Y DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS

En los siguientes puntos se especificarán los cálculos tomados en cuenta para el dimensionamiento y selección los equipos involucrados en el proceso

2.1 CRITERIOS DE DISEÑO

Gracias a la cercanía de la planta a los cultivos, el suministro y disponibilidad del material vegetal fresco se facilita, así como el transporte.

La planta extractora se diseña teniendo en cuenta la cantidad de material a procesar en un tiempo establecido.

En época de recolección, una cosechadora recoge unas 3 ha/ días, lo que suponen unas 12 ton de flores de lavanda al día; ésta será la base de nuestra medida a la hora de dimensionar nuestro proceso.

Se tomará la lavanda (*lavándula angustifolia*) como materia prima base para la cual se diseña el proceso.

Para garantizar la versatilidad, adaptabilidad y funcionalidad del proceso en planta, se propondrá un modelo en el cual existan dos líneas de destilación, simétricas, dispuestas a ambos lados de la planta, de idénticas características.

Así pues, se determinará la cantidad de vapor necesario para el proceso con dicha cantidad de material y tiempo. A partir de ahí, se deducirá el diseño del tanque de destilación, del cartucho, del condensador, y del vaso florentino, bajo las siguientes condiciones de operación. A saber:

- El vapor usado en el proceso es vapor saturado a presión atmosférica.
- El suministro de vapor debe ser continuo y constante durante el proceso de destilación.
- El material vegetal se introduce en el tanque de destilación mediante unos cilindros desmontables (cartuchos) con capacidad para 350 kg, de material vegetal aproximadamente.
- Facilidad para la manipulación.
- Proceso discontinuo, con tiempo de operación de 60 minutos, incluyendo el tiempo necesario para el cambio de cartucho (10 minutos).

2.2 DISEÑO TÉRMICO DEL TANQUE DE DESTILACIÓN

2.2.1 Flujo másico necesario en la caldera

La cantidad de vapor requerido para la extracción depende de la masa de material vegetal que queramos procesar, y de la naturaleza de la misma.

El flujo de vapor, \dot{m}_v , que se debe suministrar al material vegetal queda determinado por el tiempo de proceso (en nuestro caso 1 hora) en el que se planea hacer la operación de extracción.

$$\dot{m}_v = \frac{M_v}{T_p}$$

M_v es la cantidad de vapor requeridos.

T_p es el tiempo de proceso.

El tiempo de proceso (T_p) es la suma del tiempo de calentamiento (T_c) y el tiempo de extracción (T_e).

2.2.2 Cálculo del tiempo de extracción

Para el proceso de extracción, son muchos los factores a tener en cuenta, ya que existe transferencia de masa y de calor, fenómenos de difusión, etc. Su cálculo cuantitativo se convierte en un galimatías de difícil solución y poca fiabilidad.

Por ello, para hacer el mismo, nos basaremos en los estándares fijados por Tim Denny (Denny, 2001) para el proceso de arrastre de vapor en la extracción de aceites esenciales de lavanda.

El ingeniero T. Denny realizó una serie de pruebas con lavanda, que le sirvieron para fijar unos parámetros estándar o de referencia a partir de los cuales se puede calcular el flujo de vapor necesario para la extracción de aceites esenciales de plantas similares en condiciones diferentes de densidad, masa vegetal y altura de carga).

La siguiente tabla muestra las condiciones bajo las cuales T. Denny llevó a cabo su prueba con la lavanda. Estas condiciones, junto con la cantidad de agua y aceite recogido, son las que se tomaron como condiciones estándar y permiten calcular el tiempo de extracción.

Prueba realizada por Denny con lavanda

DETALLES DE LA CARGA	Hora a la que se recogió el condensado	Fracción de Agua en ml	Fracción de Aceite en ml	Progreso del aceite producido en ml
No. 978/75	1503	2300	475	
Masa: 301 kg	1505	5805	1005	1480
Área de la sección transversal: 1,026 m ²	1507	5900	545	2025
	1509	5950	253	2278
Flujo másico de vapor: 3,17 kg/min.	1511	6045	144	2422
Densidad de Empacado: 308 kg/m ³	1513	5520	79	2501
	1515	5485	63	2564
	1517	5485	46	2610
	1519	6130	36	2646
Altura de la carga: 0.95 m	1521	6140	27	2673
	1523	6150	17	2690
	1525	6150	12	2702

Tabla 1. Prueba realizada por Tim Denny para la lavanda

Fuente: Denny, Tim. Field distillation for herbaceous oils.

El tiempo de extracción (segunda columna) es el periodo que va desde que se condensa la primera gota hasta que se agota el aceite esencial.

En plantas muy absorbentes, como la lavanda, este tiempo de extracción depende de 2 parámetros: el tiempo básico, t y el parámetro de incremento de la cantidad de aceite por unidad de altura de la carga, s .

Matemáticamente:

$$Te = t \cdot \sqrt{1 + H/s}$$

Donde H es la altura de la carga en el destilador.

El tiempo básico y el parámetro de incremento de aceite (t y s), fueron deducidos comparando los tiempos de extracción de dos pruebas con diferentes alturas:

$$\frac{Te_1}{Te_2} = \frac{1 + H_1/s}{1 + H_2/s}$$

$$t = Te_1 \cdot \frac{s}{s + H_1}$$

2.2.3 Adaptación del tiempo de extracción

Partiendo de un proceso de referencia (prueba estándar) se puede adaptar los parámetros que definen el tiempo de extracción a las condiciones de diseño. Estos parámetros se modifican cuando la densidad de referencia es diferente a la densidad de empaque del material vegetal que se quiere procesar.

1.- Para el parámetro t la corrección se hace dividiendo el tiempo básico que obtuvo Denny por F_{cd} (factor de corrección por densidad).

F_{cd} depende de la masa de vegetal (M_h), de la densidad de empaque (ρ_l para la lavanda), de la altura de la carga (H) y del área transversal a la dirección de flujo (A). Para el caso de la lavanda, la fórmula sería:

$$F_{cd} = \frac{(A - 0,00664 \cdot (\rho_l \cdot H \cdot A)^{2/3})}{(A - 0,00664 \cdot (M_h)^{2/3})}$$

$$t_c = \frac{t}{F_{cd}}$$

En nuestro caso, el tiempo básico corregido sería:

$$t_c = \frac{t}{F_{cd}} = \frac{9,719}{0,983} = 9,88 \text{ min}$$

2.- El parámetro de incremento de aceite esencial, s , se modifica cuando el rendimiento por kilo, R_D (mL aceite esencial/ kg de materia vegetal) de diseño es diferente del rendimiento obtenido por Denny, R .

$$s_c = s \cdot \left(\frac{R_D}{R} \right)$$

Según los estudios hechos sobre el rendimiento de la *lavandula angustifolia* cultivada en zonas similares a las del objeto de este proyecto, y usando como método de extracción el arrastre de vapor, usaremos un rendimiento de diseño de 9,83 mL/kg. Con lo cual el parámetro s corregido quedaría:

$$s_c = s \cdot (RD/R)$$

$$s_c = s \cdot (RD/R) = 0,4095 \cdot (8,97/9,83) = 0,375$$

El tiempo de extracción, T_e , se calcula entonces, para nuestras condiciones de diseño como:

$$T_e = t_c \cdot \sqrt{1 + H/s_c}$$

$$\text{donde } t_c = t/F_{cd}$$

En nuestro caso el tiempo de extracción resulta ser de 19,64 min.

2.2.4 Cálculo del tiempo de calentamiento

El tiempo de calentamiento es el tiempo necesario para llevar el material vegetal y su recipiente contenedor a la temperatura de ebullición de los aceites esenciales que dicho material contenga.

Este tiempo depende de la masa de material vegetal (M_h), de la masa del cartucho (M_s), del flujo másico de vapor para la lavanda (\dot{m}_{vl}), del poder calorífico de los aceites esenciales de la herbácea (Cp_l para la lavanda) y del poder calorífico del material del que está hecho el cartucho (Cp_s).

Para su determinación, en primer lugar, se realiza un balance de energía, que nos permitirá calcular la masa de vapor requerida para calentar la herbácea y el cartucho.

Una vez calculado, haciendo uso del flujo másico de referencia, se calcula el tiempo de calentamiento.

- 1) Se calcula el área de la sección transversal del cartucho. En nuestro caso, usando un cartucho de 45'', el área sería:

$$A = \frac{\pi D_i^2}{4} = 1,026 \text{ m}^2$$

- 2) Se calcula la altura de la carga, conocida la masa de la carga (350kg) y la densidad de la misma (300 kg/m³):

$$H = \frac{M_h}{\rho \cdot A} = 1,1075 \text{ m}$$

- 3) Se calcula el diámetro externo del cartucho:

$$D_e = D_i + 2 \cdot e = 1,148 \text{ m}$$

- 4) Se calcula el volumen de la pared del cartucho:

$$V_w = \frac{\pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) \cdot H}{4} = 9,964 \text{ e-3 m}^3$$

- 5) Se calcula la masa de la pared del cartucho:

$$M_w = \rho_s \cdot V_w = 78,71 \text{ kg}$$

- 6) La masa total del cartucho:

$$M_s = M_w + M_r = 78,71 \text{ kg}$$

- 7) Se hace el balance de energía para calcular la masa de vapor necesaria para calentar el cartucho:

$$M_{cs} = \frac{M_s \cdot C_{p_s} \cdot \Delta T}{h_{fg}} = 2,029 \text{ kg}$$

- 8) Se hace un balance de energía para calcular la masa de vapor necesaria para calentar la materia vegetal:

$$M_{cl} = \frac{M_h \cdot C_{pl} \cdot \Delta T}{h_{fg}} = 41,52 \text{ kg}$$

- 9) La masa total de vapor necesaria para el calentamiento será:

$$M_{ct} = M_{cs} + M_{cl} = 43,55 \text{ kg}$$

- 10) Por último, se calcula el tiempo de calentamiento, T_c , con el valor \dot{m}_{vl} determinado por Denny (3,17 kg/min):

$$T_c = \frac{M_{ct}}{\dot{m}_{vl}} = 13,74 \text{ min}$$

2.2.5 Cálculo del flujo másico de vapor

Para dimensionar nuestra caldera, primeramente, debemos calcular el flujo de vapor saturado que vamos a necesitar para nuestro proceso de destilación por arrastre de vapor.

Teniendo en cuenta los tiempos de calentamiento y de extracción calculados anteriormente para la lavanda, y los flujos de vapor utilizados en las pruebas de Denny, se procede al cálculo del vapor requerido para nuestras condiciones de diseño:

- 1) Se calcula el tiempo de proceso de referencia, T_{pr} (min), con base al flujo másico de referencia.

$$T_{pr} = T_c + T_e = 34,44 \text{ min}$$

- 2) Se calcula la masa de vapor requerido, M_v (kg) a partir del flujo másico de vapor de referencia \dot{m}_{vl} (kg/min) y del tiempo de proceso, T_{pr} :

$$M_v = \dot{m}_{vl} \cdot T_{pr} = 109,175 \text{ kg}$$

- 3) Se calcula el flujo másico requerido, con base a la masa de vapor calculada en el paso 2 y utilizando el tiempo de proceso real, T_p , que es 50 minutos.

$$\dot{m}_v = \frac{M_v}{T_p} \cdot 60 = 127,2 \text{ kg/h}$$

Así, nuestras necesidades de vapor para llevar a cabo el proceso de destilación de manera óptima son de 127,2 kg/h por línea, en total, 255 kg/h aproximadamente.

2.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA CALDERA

2.3.1 Potencia de la caldera

Dadas las necesidades de vapor calculadas en el apartado anterior, en total para cada destilador, se requerirán 127 kg/h de vapor saturado a 111° C, lo que hacen un total de 255 kg/h de vapor saturado cuando ambas líneas estén funcionando.

Así, la potencia útil suministrada por la caldera de vapor se calcula como:

$$P_{\text{útil}} = \dot{m}_w \cdot (C_p \cdot \Delta T + 2256.7) = 181 \text{ kW}$$

Donde se ha tenido en cuenta que la temperatura de entrada de la caldera, es la de salida del intercambiador (40° C).

Por lo tanto, nuestra caldera deberá de producir vapor saturado a las condiciones dadas en un rango de entre 90-180 kW, en función de si están funcionando una o dos líneas de destilación.

2.3.2 Potencia suministrada a la caldera

La potencia suministrada a la caldera dependerá de la masa de combustible suministrado y de las características de éste.

En primer lugar, calcularemos si sólo con los restos de lavanda generados en nuestro proceso sería suficiente para los requerimientos de potencia de la caldera.

Los restos de flor lavanda, están formados principalmente por celulosa, y su PCI es de 3793 kcal/kg, es decir, 15870 kJ/kg.

El balance de energía en la caldera sería:

$$\dot{m}_{cb} \cdot (PCI - P_{is} - P_{ig}) = P_{\text{útil}} + P_{cv-rd} + P_{gs} + P_v +$$

Donde

P_{is} : Pérdidas por inquemados sólidos

P_{ig} : pérdidas por inquemados gaseosos

P_{cv-r} : pérdidas por convección-radiación en el interior del hogar

P_{gs} : pérdidas en gases secos

P_v : pérdidas por vapor en la salida de gases

Las pérdidas por inquemados gaseosos son debidas a la combustión incompleta del carbono, que forma CO, dejando de producir $b \times 5600$ kcal/kg cble (23446 kJ/kg cble), donde b es la fracción de másica de C en forma de CO en humos/ kg de combustible. Suponemos estas pérdidas del 0,5% PCI.

Las pérdidas por inquemados sólidos son la parte C que no se oxida ni a CO ni a CO₂. Suponen una fracción muy pequeña, las suponemos del 0,2% PCI.

Las pérdidas por convección-radiación son las que tienen lugar entre los gases de combustión y el refractario. Supondremos estas pérdidas del 4% P útil.

Las pérdidas en gases secos se deben a la variación de entalpía de los productos de reacción que escapan por la chimenea. Suponemos estas pérdidas del 5%.

Las pérdidas por vapor en gases, suponiendo que la lavanda entra al hogar con un 20 % humedad, supondrán un 2% PCI.

Siendo así, la masa de combustible necesaria se calcula como:

$$\dot{m}_{cb} \cdot (PCI - 0,077PCI) = 181kW + 7,24 kW$$

$$\text{Luego } \dot{m}_{cb} = 0,159 \text{ kg } \frac{\text{cble}}{\text{s}} = 573,37 \text{ kg/h}$$

Hemos supuesto que la caldera tiene en total un rendimiento de cerca del 90 %, lo cual es factible según los catálogos consultados.

Nuestro proceso genera una media de 595 kg de lavanda seca cada hora. Con lo cual, los propios residuos del proceso de destilación se antojan suficientes para llevar a cabo la producción de vapor en la caldera. No obstante, y como medida de prevención, se dispondrá de una reserva de orujillo como fuente de alimentación alternativa.

2.4 DIMENSIONAMIENTO DEL CONDENSADOR

2.4.1 Datos de proceso

Para el diseño térmico del intercambiador se tomarán los siguientes datos de proceso.

- El vapor saturado entra a 100°C y el condensado sale a 45°C .
- El agua de enfriamiento se encuentra a 20°C y sale a 40°C , como se muestra en la figura.

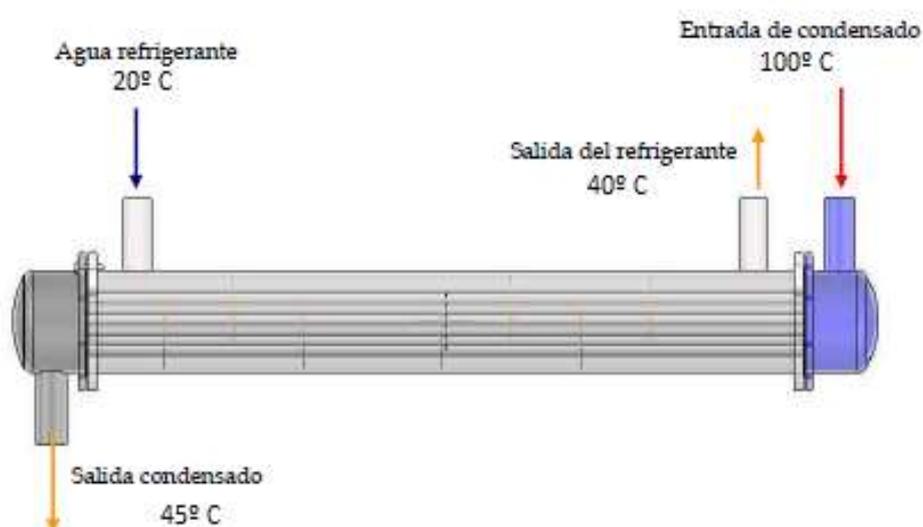


Figura 5. Esquema temperatura fluidos en condensador

El flujo másico de vapor es de 127 kg/h

Así, dado que el flujo de entrada para cada uno de ellos es de 127 kg vapor/h, para cada intercambiador, la potencia a disipar será:

$$P_{dis} = \dot{m}_v \cdot \left(\overbrace{C_p \cdot \Delta T}^{\text{Calor de subenfriamiento}} + \overbrace{2256.7}^{\text{Calor condensación}} \right) = 87,74 \text{ kW}$$

Del balance de energía se deduce el caudal del agua de enfriamiento:

$$\dot{m}_f = \frac{87,74 \text{ kW}}{C_{p_{agua}} \cdot \Delta t_f} = 1,05 \text{ kg/s}$$

2.4.2 Datos geométricos

El tipo de intercambiador es *Shell and tube* de haz de tubos fijos de un paso. Para el haz de tubos, usaremos tubos de diámetro exterior 19,05 mm (3/4") y diámetro interior 17,272 mm ($d_o/d_i = 1.103$), de acero inoxidable, ya que el aceite esencial se puede contaminar usando cobre u otros materiales.

El casco será en acero inoxidable de diámetro interno 202,717 mm (8" *Schedule 40* según recomendaciones TEMA (Standards of the Tubular Exchanger Manufacturers Association, 2007)). Por tablas, se demuestra que, para el diámetro de los tubos seleccionado, una disposición en

triángulo de los tubos, a 30° , resulta óptima una configuración del haz con 33 tubos.

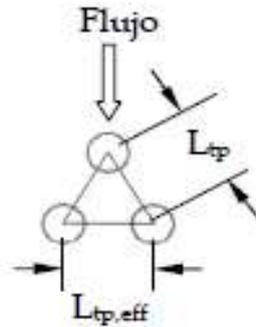


Figura 6. Disposición tubos intercambiador

El parámetro $L_{tp,eff}$ corresponde a la longitud de sección mínima (S_m) para cuando el fluido del lado del casco pasa por el exterior del haz de tubos. Con la disposición elegida no se requiere realizar limpieza entre los tubos debido a que el fluido refrigerante a usar es agua.

Donde se ha tenido en cuenta que dentro del intercambiador se transfieren dos tipos de calores, el de condensación y el de subenfriamiento del condensado.

En la siguiente figura se observa este hecho.



Figura 7. Temperatura fluidos en condensador

2.4.3 Cálculo del área de transferencia

El objetivo es calcular el área de transferencia de calor a través de la ecuación:

$$\dot{Q} = U \cdot A \cdot LMTD$$

Donde \dot{Q} : Potencia transferida (W)

U : Coeficiente global de transferencia (W/m²K)

LMTD: Diferencia logarítmica media de temperaturas

Para hacerlo, se calcula el área para la condensación y la del subenfriamiento independientemente.

Primeramente, se obtiene el calor extraído en cada tramo:

$$Q_{sub} + Q_{con} = \dot{m}_v \cdot \left(\overbrace{C_p \cdot \Delta T}^{\text{Calor de subenfriamiento}} + \overbrace{2256.7}^{\text{Calor condensación}} \right)$$

Para el caso de la condensación, se calcula la temperatura intermedia:

$$Q_{con} = \dot{m}_f \cdot Cp \cdot (t_2 - t'_1); t'_1 = 22^\circ C$$

La temperatura logarítmica se calcula como:

$$LMTD = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}}$$

Para el caso de la condensación, será:

$$LMTD_{con} = 68,6$$

Y para el del subenfriamiento:

$$LMTD_{sub} = 46,6$$

De las tablas ESDU, para el caso de condensación de vapor saturado y agua como refrigerante, para el $Q/\Delta T$ de nuestro caso, se observa un

$U_{con} = 1607 \text{ W/m}^2\text{K}$. y para las condiciones del subenfriamiento,

$U_{sub} = 142 \text{ W/m}^2\text{K}$

Así, el área requerida para cada proceso es de:

$$A_{con} = \frac{Q_{con} \cdot LMTD_{con}}{U_{con}} = 0,722 \text{ m}^2$$

$$A_{sub} = \frac{Q_{sub} \cdot LMTD_{sub}}{U_{sub}} = 1,23 \text{ m}^2$$

Y la total:

$$A_{tot} = 1,95 \text{ m}^2$$

Ya podemos calcular la longitud requerida para los tubos, calculada a través de:

$$A_{tot} = N_t \cdot \pi \cdot d_o \cdot L$$

De donde se deduce que $L = 0,987 \text{ m}$.

Como medida de seguridad sobre los posibles factores obviados en los cálculos, se sobredimensionará el área de transferencia en un 30%,

margen suficiente para garantizar la eficacia del proceso, y la posible adaptabilidad a condiciones distintas. Así, el área de transferencia será de 2,5 m² y la longitud del haz de tubos será de 1,28 m.

2.5 DIMENSIONAMIENTO DEL VASO FLORENTINO

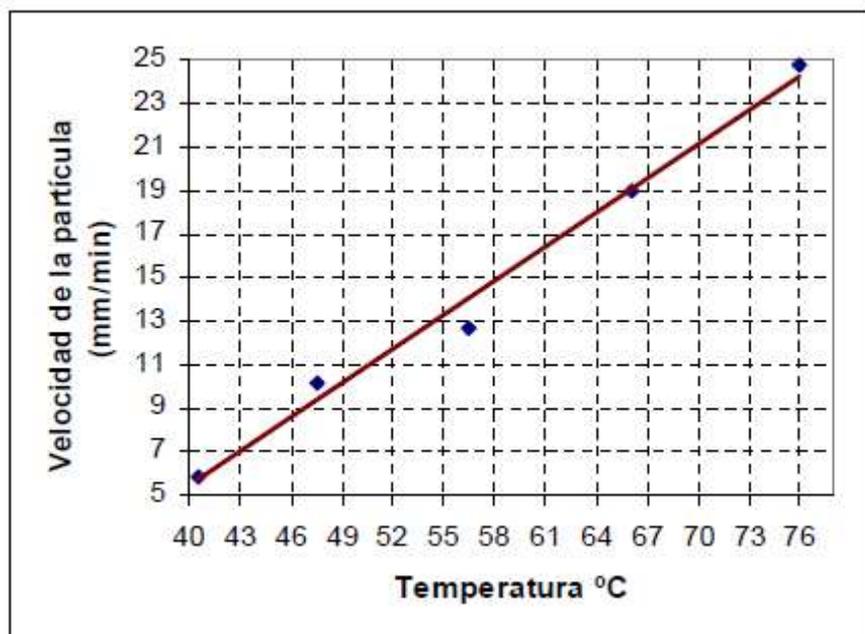
El diseño del recipiente separador de aceites esenciales depende del tipo de aceite a extraer. En nuestro caso, los aceites esenciales a extraer son menos densos que el agua.

Los factores importantes en el diseño del separador son:

- La diferencia de densidades
- La viscosidad del agua

La diferencia de densidades es el principio que permite que una partícula de aceite suba o baje a través del agua, y la viscosidad del agua es la fuerza que se opone al movimiento de las partículas de aceite, la viscosidad del agua disminuye rápidamente a medida que se incrementa la temperatura de esta, lo que hace la separación más fácil al incrementar la temperatura. Estos dos factores constituyen la variable más importante en el proceso de separación que es la velocidad de las partículas a través del agua.

Partiendo de los descubrimientos del profesor A. D. Hughes y sus colaboradores, Tim Denny (Denny, 2001) llevó a cabo pruebas con aceites de lavanda para calcular la velocidad de las partículas a diferentes temperaturas, debido a que las partículas más grandes son las que primero se forman dentro de la solución agua-aceite y por tanto son las primeras que se separan. El estudio se centró en las partículas más pequeñas (visibles al ojo humano) que son las últimas que se forman y las que más lento se desplazan a través del agua. Los resultados de dichas pruebas se resumen en la siguiente figura.



En conclusión, a los experimentos realizados por Tim Denny se observa que la velocidad de separación de las partículas de aceite es proporcional a la temperatura del agua y el aceite en el separador. Para muchos aceites más ligeros que el agua se ha encontrado que la temperatura óptima de separación es 45° C. En la Figura se muestra

que para la temperatura de 45° C la velocidad de las partículas de aceite es aproximadamente igual a 9 mm/min.

El modelo de separador óptimo para la separación de aceites ligeros es el siguiente:

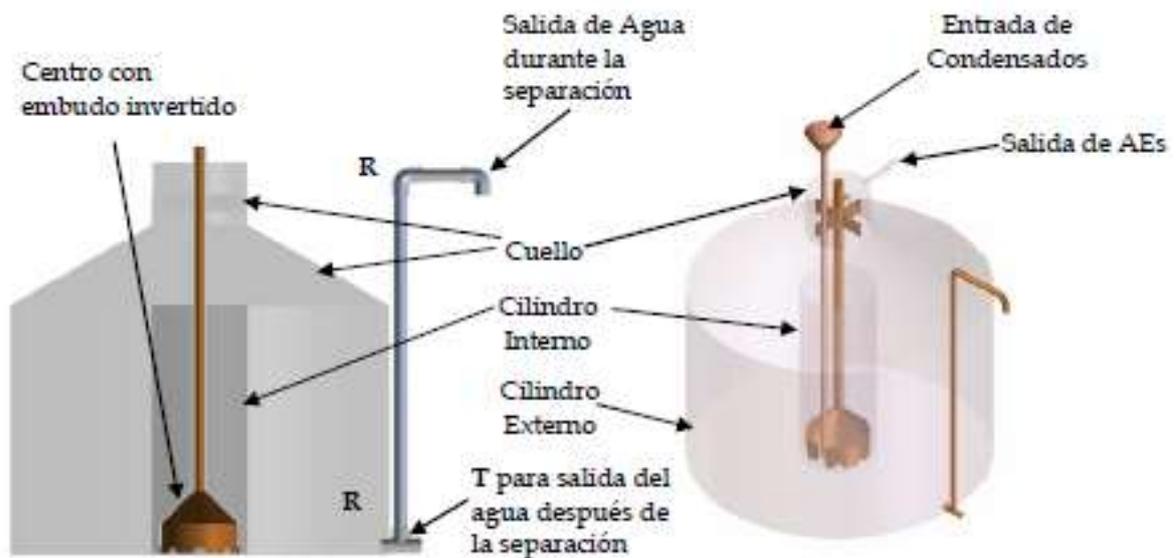


Figura 8. Esquema vaso separador

Las dimensiones del separador deben asegurar pues, que la velocidad del nivel de condensados en el cilindro externo del separador sea menor que 9 mm/min a cualquier flujo másico de la solución agua floral-aceite proveniente del condensador, ya que las partículas de aceite suben a través del agua a 9 mm/min, como se indicó anteriormente.

El flujo de condensado es de 132 litros por hora o 2.25 litros por minuto. Con este flujo de condensado y con la velocidad del nivel de

condensado menor de 9 mm/min se dimensionan: los cilindros interno y externo, el cuello y el centro.

2.5.1 Cilindro interno.

El cilindro interno es el elemento que recibe el condensado entrante y lo mantiene durante 3 minutos, mientras se lleva a cabo la separación inicial por medio del centro. Durante la separación inicial se recoge la mayoría del aceite que se deposita dentro del centro hasta que éste se llena, cayendo aceite al cilindro externo donde se lleva a cabo la separación restante.

Dentro de este cilindro se encuentra la entrada de condensado que consiste en un embudo y un tubo con un codo en la parte inferior. Además, hay un elemento denominado centro en forma de embudo invertido cuya función y dimensionamiento se explica más adelante.

Este cilindro tiene el mismo diámetro que el cuello del recipiente principal, (D), el cual se toma de 15cm, para facilitar su limpieza manual. Calculando el área base del cilindro interior como:

$$A_{ci} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 177 \text{ cm}^2$$

Se calcula la altura del cilindro como:

$$H_{ci} = \frac{\dot{v} \cdot t}{A_{ci}} = 37 \text{ cm} \Rightarrow 40 \text{ cm}$$

Donde $v = 2.200 \text{ cm}^3/\text{min}$ es el flujo volumétrico condensado
 $t = 3 \text{ min}$ (tiempo de llenado del cilindro interno)

2.5.2 Cilindro externo.

El cilindro externo es el elemento que permite retener la mayor cantidad de condensado. Al tener un volumen mucho mayor que el cilindro interno hace que la temperatura en todo el recipiente llegue a ser prácticamente la misma. El cilindro externo se dimensiona de acuerdo al siguiente procedimiento:

- Se calcula el área transversal del cilindro externo, que tiene la forma de un anillo como:

$$A_{ce} = \frac{\dot{v}}{V_n}$$

$$V_n = 0,9 \text{ cm}/\text{min}$$

Se toma la mínima para calcular el área mínima.

$$\text{Entonces: } A_{ce} = 2500 \text{ cm}^2$$

- Se calcula el diámetro de la base del recipiente separador. Se tiene que el cilindro interno ocupa un área de 177 cm² y el anillo exterior debe tener el área mayor de 2500 cm², el área de la base A_b del separador entero debe exceder los 2677 cm². Por lo tanto, el diámetro de la base del recipiente, D_b , es:

$$D_b = \left(\frac{4 \cdot A_b}{\pi} \right)^{1/2} = 58,38 \text{ cm} \Rightarrow 60 \text{ cm}$$

- Se calcula la velocidad del nivel a partir de un diámetro de base mayor al calculado. Con un área total ahora de 2830 cm², el anillo exterior tendrá el área transversal (A_{ce} de 2830 -177 = 2653

cm². A un flujo volumétrico del condensado de 2200 cm³/min, se calcula la velocidad del nivel como:

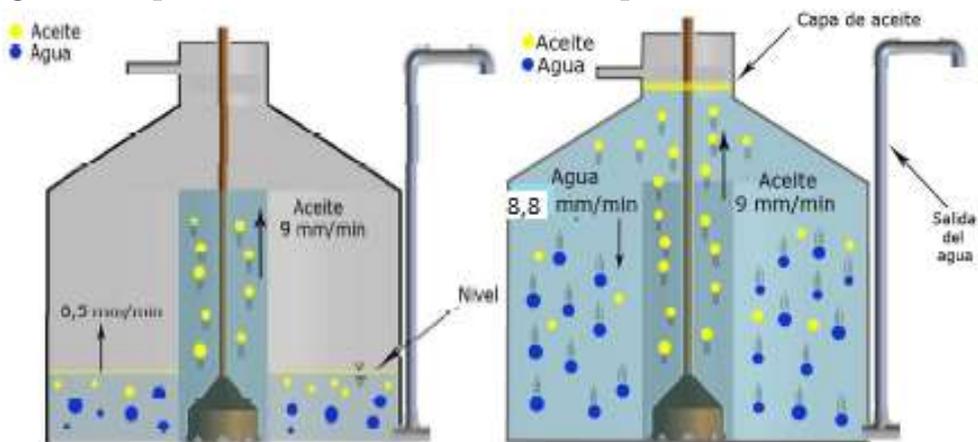
$$V_n = \frac{\dot{v}}{A_{ce}} = 8,8 \text{ mm/min}$$

Esta velocidad es menor que la velocidad de las partículas de aceite que ascienden dentro del condensado (agua-aceite), por lo tanto, se garantiza que el aceite llegue a la superficie del condensado y se mantenga allí por la diferencia de densidades.

2.5.3 Cuello.

La función del cuello del separador es recoger los AEs después de haberse separado del agua y conducirlos (mediante una salida lateral sobre la sección cilíndrica de éste), hacia otro recipiente recolector donde se conservarán y trasportarán los AEs.

Figura 9. Esquema funcionamiento del vaso separador



El cuello está conformado por una sección cónica (reducción) y una sección cilíndrica. La sección cónica está sobre el cilindro externo y tiene un ángulo de inclinación $\theta=30^\circ$. La sección cilíndrica tiene un

diámetro $D = 15$ cm. Luego la altura de la sección cónica, $H_{con} = 13$ cm.

Si se toma la densidad relativa de agua y el aceite como 1.0 y 0.85 respectivamente a la temperatura de separación, entonces una columna de aceite de $1/0.85 = 1.18$ cm de alto equilibrará a una columna de agua de 1.0 cm de alto. Por cada centímetro de aceite que queramos retener en el cuello del separador tenemos que hacer la salida de aceite 0.18 cm por encima de la salida de agua, es decir para retener 5 cm de aceite en la sección cilíndrica del cuello, la salida de aceite es $5 \times 0.18 = 0.9$ cm sobre la salida de agua.

La altura de la sección cilíndrica se toma de 10 cm, de los cuales 5 cm corresponden a la altura de la capa de aceite, dejando 5 cm de tolerancia.

2.5.4 Centro.

El centro del separador se inserta por el cuello para descansar sobre el fondo en forma de embudo invertido y cercano a la tubería de entrada del condensado. Este dispositivo aumenta la velocidad de separación entre aceite y agua pues ayuda a reducir la turbulencia (causante de la reducción de la velocidad de las partículas de aceite).

Las dimensiones adoptadas para este centro se pueden ver en la Figura. La parte inferior del centro tiene unas ranuras en forma de semicírculos para permitir: primero la entrada de condensado y segundo la salida del agua hacia el cilindro exterior cuando esta se haya separado del aceite.

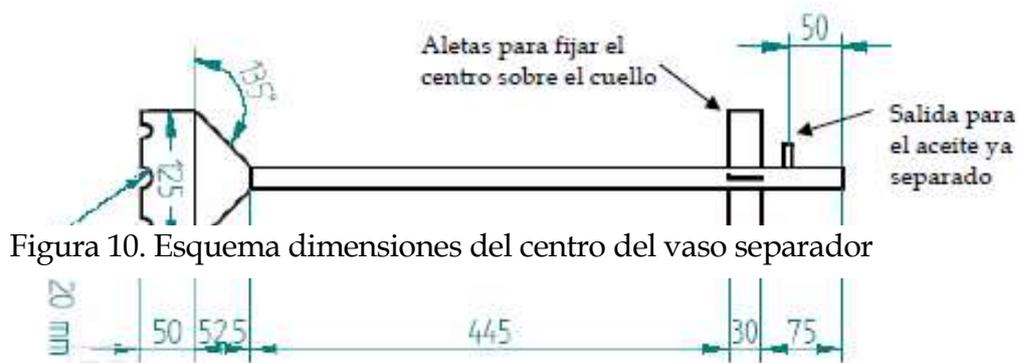


Figura 10. Esquema dimensiones del centro del vaso separador

2.6 DIMENSIONAMIENTO DEL RESTO DE EQUIPOS

2.6.1 SECADORA

Se usará una secadora de cinta transportadora.

Para calcular la capacidad de secado y dimensionar la secadora se calcula el agua a evaporar necesaria.

En total, la secadora recibe un flujo másico de 700 kg/h de lavanda húmeda, con un contenido en agua del 20% m/m aproximadamente.

Por las condiciones de nuestra caldera, habrá que eliminar al menos el 15% de esa humedad en la secadora de cinta.

Con lo cual, la secadora debe evaporar un total de 105 kg/h de H₂O.

Como flujo de salida tendremos 595 kg/h de restos de lavanda seca.

2.6.2 TRITURADORA DE CUCHILLAS

La capacidad requerida para la trituradora debe ser 595 kg/h, que es el flujo de salida de la secadora. El tamaño de partículas óptimo debe estar entre 1-3 cm para su uso correcto como combustible en la caldera.

2.6.3 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA FLORAL

La producción de agua floral o hidrolato, durante los 40 días en los que se tardará en recoger y procesar las flores de lavanda provenientes de la plantación de 120 ha, será de:

$$255 \frac{kg}{h} \cdot 24 \frac{h}{día} \cdot 40 \text{ días} = 244,8 \text{ ton} \approx 245 \text{ m}^3$$

Este hidrolato será vendido al por mayor; los clientes accederán por el lateral de la nave para cargar el producto en cisternas o en bidones cargados desde el tanque.

Se propone un tanque de 73,7 m³ de capacidad (Di= 4 m), con 8 metros de altura fabricado en acero inoxidable AISI 304, que servirá para almacenar el agua floral, suministrarla a los clientes.

De ser necesario, por alcanzar el nivel del tanque su límite, se almacenará el hidrolato en bidones en la zona del almacén dispuesta a tal efecto.

2.6.4 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA FRÍA

El tanque de agua fría es el encargado de suministrar el agua de enfriamiento en el proceso de condensación.

Los requerimientos para ambas líneas son de 2,1 l/s.

Se construirá un tanque subterráneo, junto a la acometida de red, pegado al lateral de la nave, con capacidad para 60 m³.

Periódicamente, se irá controlando el nivel del tanque para activar la bomba de llenado cuando sea necesario.

2.6.5 TANQUE DE ACS

El tanque de ACS se llenará periódicamente con agua a 40° C proveniente del proceso de condensación en el intercambiador, y servirá de suministro para el ACS en vestuario y laboratorio.

Tendrá una capacidad de 10 m³ y se emplazará bajo el nivel del suelo de la nave en el centro de la misma.

Tendrá un controlador de nivel y de temperatura, que se revisará periódicamente para regular su llenado o descarga.

2.6.6 TORRE DE ENFRIAMIENTO

Las necesidades de potencia de la torre de enfriamiento son de:

$$P = 2,1 \frac{kg}{s} \cdot C_p \cdot \Delta T = 176 kW$$

El agua entrará a 40° C y saldrá a 20° C, recirculándola hasta el depósito de agua fría.

ANEJO III

DISEÑO DE EQUIPOS

3 ANEJO III DISEÑO DE EQUIPOS

3.1 DISEÑO DE RECIPIENTES A PRESIÓN

Denominamos recipientes a presión a aquellos que están constituidos por una envolvente, normalmente metálica, capaz de contener un fluido, líquido o gaseoso, en condiciones de presión y temperatura distintas a las del medio ambiente. La forma más común de estos recipientes es cilíndrica por su fácil construcción y por requerir menores espesores que otras formas geométricas para resistir una misma presión. Por tanto, en este proyecto se han diseñado los recipientes con geometría cilíndrica.

El diseño y cálculo mecánico de los elementos que forman parte de un recipiente consiste, básicamente, en la determinación de sus espesores, tomando como datos de partida:

- La forma del equipo y sus dimensiones.
- El material utilizado.
- Las condiciones de presión y temperatura.
- Las cargas debidas al viento (para torres altas, sobre todo).
- El peso específico del fluido.
- La reglamentación, norma o código que debe cumplir el diseño del recipiente.

El diseño de los distintos equipos que engloban el proceso, consiste en calcular las dimensiones de cada uno de los elementos que los constituyen y los espesores que deben soportar por las condiciones de presión y temperatura establecidas a los que se verán sometidos.

Principalmente se deben de estimar las dimensiones y los espesores de los distintos elementos de los recipientes, que son los siguientes:

- Carcasa o envolvente
- Fondos o cabezas

Además, se seleccionarán los dispositivos de apoyo y sujeción de los recipientes, conexiones entre ellos y las conducciones de tuberías por donde circulan los fluidos, accesorios interiores y exteriores si fueran necesarios, etc.

Cuando un recipiente contiene un fluido a una presión superior a la externa se pueden desarrollar en las paredes dos tipos de esfuerzos: longitudinales y tangenciales. Ambos son perpendiculares entre sí. Los recipientes deben de tener un espesor de pared capaz de soportar, sin deformación, la presión a la que se ven sometidos o la tensión a la que trabaja el material que debe de ser inferior a la máxima tensión admisible del mismo.

Por lo que se tienen que valorar los esfuerzos, se eligen los máximos y se calcula el espesor debido a ellos. En el caso que nos ocupa, recipientes de paredes delgadas sometidos a presión interna, los esfuerzos que controlan el proceso siempre son los tangenciales, ya que los longitudinales son prácticamente inapreciables, por ello nos vamos a ahorrar el cálculo.

El procedimiento de cálculo será el que se detalla a continuación:

- Cálculo de las dimensiones características del recipiente o equipo.
- Cálculo del espesor teórico debido a los esfuerzos tangenciales.
- Selección del espesor comercial inmediatamente superior al calculado teóricamente.

3.1.1 Cálculo de espesores

Para el cálculo del espesor se va a seguir el código ASME división 1 sección VIII (ASME), donde se indican los métodos de diseño y cálculo, así como los requisitos mínimos exigidos a los materiales, detalles constructivos y pruebas que deben satisfacer los recipientes a presión.

Espesor mínimo de la carcasa:

La ecuación para el cálculo del espesor mínimo (t) asociado a esfuerzos tangenciales para la carcasa cilíndrica es:

$$t = \frac{P \cdot R_i}{\sigma_t E_s - 0,6P} + c$$

donde:

t = espesor de la envolvente (in)

P = presión de diseño mínima (psi)

Ri = radio interno de la carcasa (in)

t = esfuerzo máximo admisible (psi). Depende del tipo de material y de la temperatura, entre otros factores

Es = eficiencia de soldadura (adimensional). Depende del material utilizado

c = sobrespesor por corrosión del material (in).

Espesor mínimo de cabezas o fondos:

El fondo y la tapa del recipiente suelen ser cabezales de tipo elíptico, semielíptico o cónico, contruidos con el mismo material que la carcasa y soldados a tope con la carcasa cilíndrica mediante doble cordón de soldadura. Las ecuaciones que nos permiten calcular los espesores mínimos de los mismos son las que siguen:

3.1.2 Normativas de seguridad para el diseño

La normativa seleccionada para el diseño de los equipos del presente proyecto, es sin duda la más usada a nivel mundial, el código ASME. En su sección VIII, división 1, en la que se desarrolla el diseño y construcción de equipos sometidos a vacío, a baja, media y alta presión.

A continuación, se resumen algunas de las características que tienen

Elipsoidal	Semi-elipsoidal 2:1	Cónica
$t = \frac{PD_1}{2\sigma_t E_s - 0,2P} + c$	$t = \frac{PR_1}{\sigma_t E_s - 0,6P} + c$	Esfuerzo tangencial
		$t = \frac{PD_1}{2\cos\alpha(\sigma_t E_s - 0,64P)} + c$

que cumplir los equipos para cumplir la normativa ASME.

- Presión de diseño (P):

Debe ser en todo caso mayor a la máxima de operación o servicio. Su valor se puede fijar como el mayor valor de entre los

Operación	Diseño
0-1,5	3,5 kg/cm ² manométrico
1,6-13,5	2 kg/cm ² + P _{op}
13,6-20	115% de P _{op}
20,1-25	3 kg/cm ² + P _{op}
≥ 25,1	112% de P _{op}

siguientes:

- $P > 1,1 \cdot P_{\text{máx de operación}} \text{ (kg / cm}^2\text{)}$
- $P > P_{\text{máx de operación}} + 1 \text{ (kg/ cm}^2\text{)}$
- $P > 3,5 \text{ (kg / cm}^2\text{)}$

Cuando se desconozca la máxima presión de operación, como es nuestro caso, la presión de diseño vendrá dada por la siguiente tabla:

- Temperatura de diseño o de proyecto (T):

Al igual que en el apartado anterior, debe ser superior a la máxima que se produzca durante la operación, y es habitual (a no ser que se especifique otro valor en las hojas de datos del recipiente) adoptar como temperatura de diseño el valor de:

$$T = T_{\text{operación máxima}} + 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Espesor mínimo de pared (t_{mín}):

$$t_{\text{mín}} = 2,5 + c \text{ (mm) para aceros inoxidables}$$

$$t_{\text{mín}} = 5 + c \text{ (mm) para aceros al carbono}$$

- Sobrespesor de corrosión:

Este valor es función del tipo de material elegido para la construcción del recipiente, y se consulta en tablas.

- Tensión máxima admisible (t):

Los recipientes a presión se calculan con unos espesores de pared capaces de soportar sin deformación la presión a la que se verán sometidos. Para los materiales ASTM-ASME, el código ASME VIII, división 1, contiene unas tablas que muestran las tensiones máximas admisibles para cada material a las diferentes temperaturas

Metal	Nombre técnico	σ_t (psi) (20°F-650°F)
Acero al carbono	SA-516. Grado 55	13800
Acero al carbono	SA-285. Grado C	13800
Acero inoxidable	SS-304	18750
Acero inoxidable	SS-316	18800

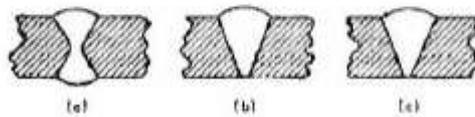
- Eficiencia de la soldadura (E_s):

La unión entre chapas se realiza, normalmente, por medio de la soldadura, y ésta representa una discontinuidad dentro del trazado de chapa que puede producir una intensificación local de las tensiones a que se encuentra sometido el material, y por tanto una zona debilitada. Teniendo en cuenta este hecho, en el cálculo de los recipientes se introduce una reducción en la tensión máxima admisible multiplicando ésta por un coeficiente denominado eficiencia de la soldadura (E_s), cuyo valor varía

Metal	c (mm)
Acero al carbono	1,5 - 3
Acero inoxidable	0,8 - 1,5

según las normas o códigos, y de acuerdo a la soldadura y los controles efectuados sobre ella.

Dibujo	Descripción de la junta	Grado de examen		
		Radiografía completa	Examen por puntos o zonas	No examinada por puntos o zonas
a	Jointas por ensamble con soldadura doble o con medios que permitan obtener la misma calidad de metal soldado a ambos lados de la junta	1.00	0.85	0.70
b	Junta por ensamble de soldadura simple, con banda de respaldo en su lugar	0.90	0.80	0.65
c	Junta por ensamble de soldadura simple, sin banda de respaldo. Sólo se permite para algunas juntas perimetrales	0.90	0.80	0.60



- Selección de materiales:

En la etapa de diseño de recipientes a presión, la selección de los materiales de construcción es de relevante importancia, para lo cual necesitamos definir una secuencia lógica para la selección de estos, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Vida estimada de la planta.
 - Requerimientos de proceso y operación.
 - Duración estimada del material.
 - Disponibilidad y tiempo de entrega del material.
 - Coste del material.
 - Coste de mantenimiento e inspección.
- Factor F:

En los recipientes de almacenaje verticales sometidos a presión interna, es posible determinar las dimensiones óptimas para el diseño siempre y cuando se conozca el material del que va estar

construido. Para ello es necesario determinar el factor F mediante la siguiente ecuación y ayudándonos del gráfico correspondiente:

$$F = \frac{P}{\sigma_t E_s c}$$

siendo:

F = factor de diseño (in).

P = presión de operación (psi).

t = tensión máxima admisible según material (psi).

Es = eficiencia de soldadura (adimensional).

c = espesor de corrosión (in).

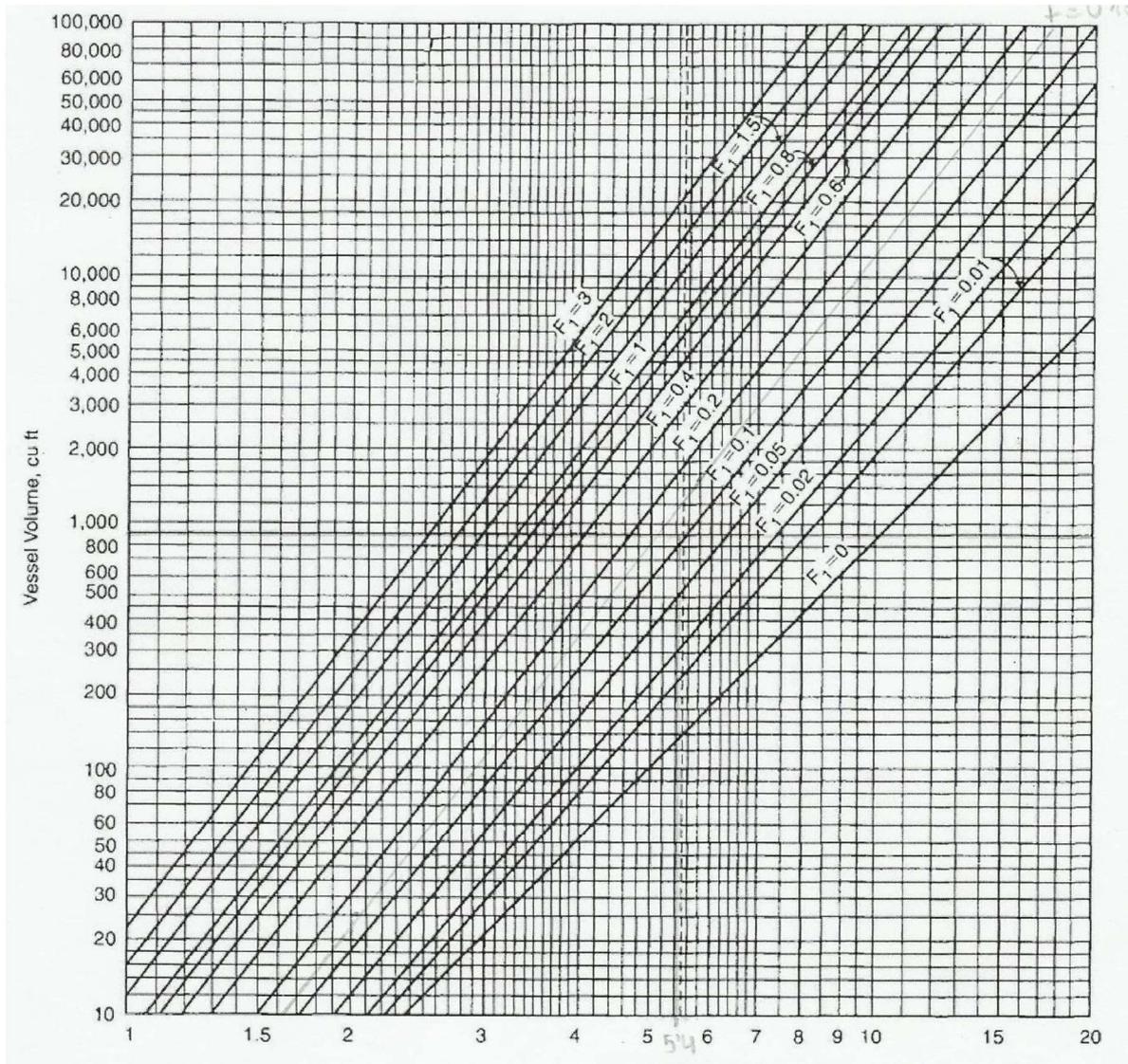


Figura 11 Gráfico para la determinación del diseño óptimo del recipiente

3.2 DISEÑO DEL EQUIPO DESTILADOR

3.2.1 Cartucho

3.2.1.1 Espesor de la pared del cartucho

Este elemento está sometido exclusivamente a cargas estáticas: el peso del material vegetal, y su propio peso.

Para determinar el espesor de la pared, sin embargo, se asume que es un recipiente sometido a presión, en este caso el vapor proveniente de la caldera.

De acuerdo con la norma ASME S VIII sobre recipientes a presión, el recipiente debe soportar al menos 20 psi por encima de la presión de operación. Según la ecuación para recipientes sometidos a presión interna:

$$t = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0.6 \cdot P}$$

Donde:

$P = 152$ kPa (presión de diseño, 22 psi)

$R = 571,5$ mm (Radio interno, 22.5")

$S = 106924$ kPa (Esfuerzo permisible para el acero AISI 304)

$E = 0.7$ (eficiencia de la junta)

Luego $t = 1.162$ mm.

Como valor estándar se toma una lámina de 2.5 mm (calibre 12)

3.2.1.2 Base del cartucho

El diámetro del cuerpo del destilador es de 48'' (1219.2 mm), por lo que el diámetro del cartucho se toma de 1210 mm

Tendrá forma de cruz, con perímetro circular, dividiendo la cruz la base en cuatro secciones circulares simétricas. Su espesor será de 6 mm, para no alargar en exceso la etapa de calentamiento, pero necesitará un refuerzo de dos perfiles en ángulo de 76.2 x 76,2 x 5 mm cuya longitud es de 1143 mm, como el diámetro interior del cartucho, para satisfacer las condiciones de carga.

El volumen de la base será:

$$V_b = \frac{\pi}{4} \cdot (1210)^2 \cdot 0,006 - \pi \cdot (0,458)^2 \cdot 0,006 + [(2 \cdot 0,076 - 0,005) \cdot 0,005] \cdot 2,286 = 4,625 \times 10^{-3} m^3$$

Esta base tendrá que soportar en total los 3000-3500 N debido a la carga de materia vegetal.

Sobre la cara circunferencial se encuentra el apoyo del cartucho, que será un soporte fijo.

La tensión máxima generada bajo estas condiciones de carga se sitúa en el centro de la cruceta. Según el criterio de Von Mises, será del orden de 30 MPa, (muy por debajo de la máxima tensión permisible del material a la temperatura de operación), y, provocará deformaciones del orden de 0,2 mm, lo cual no afecta al diseño de la pieza.

Para el soporte del cartucho, sometido a una fuerza total de aproximadamente 5000 N, contando el peso del cartucho y de la carga del mismo, se obtiene una tracción máxima del mismo orden 25-30 MPa, por debajo de lo permisible en las condiciones de operación. Las deformaciones serán del orden de 0,15-0,17 mm, con lo cual no afectarán al diseño propuesto.

3.2.1.3 Malla

Se utiliza una malla con una densidad de agujeros de 20 agujeros por pulgada cuadrada. Esta malla tiene un diámetro de 1143 mm y 1 mm de espesor.

Está ubicada entre el refuerzo de la base y la cara anterior de ésta.

3.2.2 Barras de izaje

La carga que actúa sobre cada barra de izaje es el peso del cartucho más los 350 kg de material vegetal. Tomamos 500 kg de carga sobre cada barra, y el área mínima que debe tener cada barra se calcula como:

$$A_{min} = N_s \frac{F_b}{S_y}$$

$N_s = 2$ Factor de seguridad

$F_b = 4905$ N Fuerza sobre cada barra, igual al peso del cartucho con material

$S_y = 125-135$ MPa Esfuerzo admisible (Acero AISI 304)

Luego $A_{min} = 92.54 \text{ mm}^2$. Se toma un valor de 93 mm. Esta área es igual a la base por la altura de la barra, donde b se toma 12,7 mm (1/2"). El valor de h entonces es de 8 mm.

Con un pasador del mismo material se calcula el factor de seguridad para el pasador, N_p como:

$$N_p = \frac{(\pi \cdot b^2 \cdot S_y)}{2 \cdot F_b} = 5,5$$

3.2.3 Barras de refuerzo

Como el cartucho es pivotado, se le añaden dos barras laterales que sirvan de apoyo a las barras de izaje. Se toma un área de 30 x 6 mm de hueco para el pasador de 1/2" + 1/16" por tolerancia, es decir 14,3 mm. El área sometida a tracción: $A_t = (30 - 14,3) \times 6 = 94,2 \text{ mm}^2$.

El factor de seguridad para las barras es entonces:

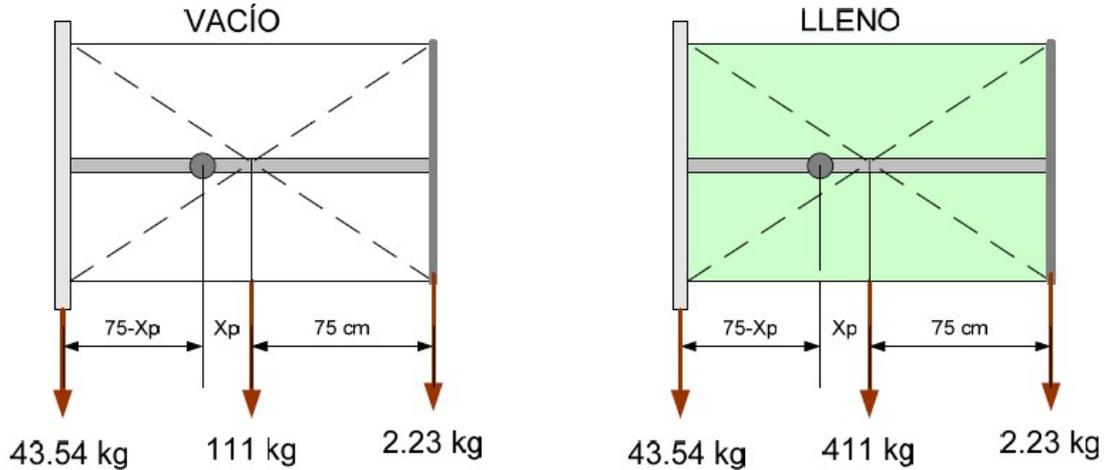
$$N_b = \frac{(A_t \cdot S_y)}{F_b} = 2,036$$

3.2.4 Pivote

Se calcula el punto de pivote del cartucho.

Este punto estará a una distancia X_p del centro del cartucho en la posición horizontal. El cartucho debe tender a la posición vertical cuando esté vacío y a auto inclinarse cuando esté cargado con el material vegetal. En la siguiente figura se muestra el cartucho cuando

está en la posición horizontal y las cargas que influyen en a la determinación de X_p .



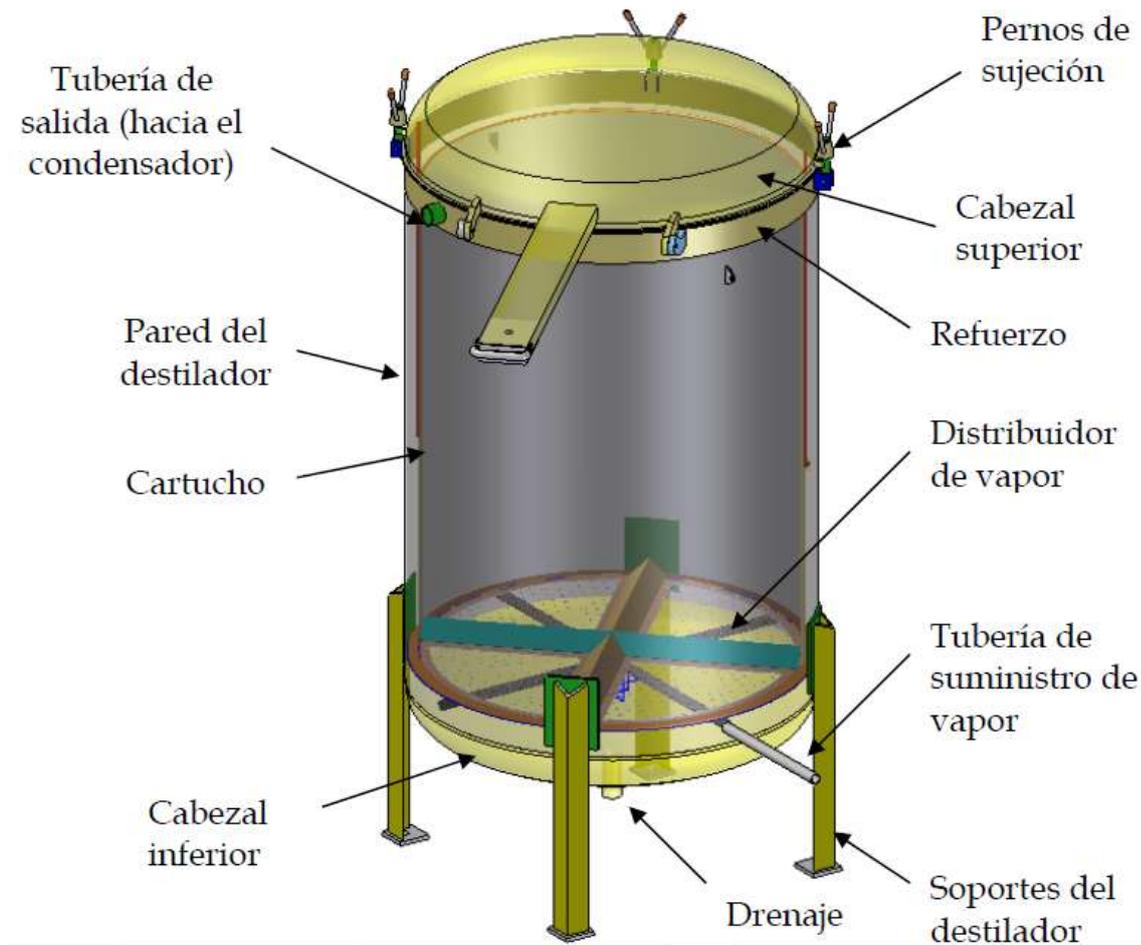
Haciendo sumatorio de momentos igual a cero, cuando el cartucho está vacío tenemos que el valor de:

$$X_p = \frac{(43,52-2,23) \cdot 75}{43,54+111+2,23} = 19,8 \text{ cm}$$

Se toma como valor 10 cm para que cuando esté vacío y en la posición horizontal, tienda a levantarse y facilite su manipulación. además, cuando el cartucho esté lleno, se dispone de un momento en sentido horario que facilita la descarga de material procesado.

3.2.5 Pared del destilador

El destilador se diseña con un recipiente a presión (aunque en realidad la presión de operación es la presión atmosférica) que se mantiene fijo y que contiene al cartucho.



Las condiciones de temperatura y presión son las mismas que en el caso del cartucho.

El espesor mínimo de la pared requerido se calcula según la ecuación

$$t = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0.6 \cdot P}$$

Donde:

$P = 152 \text{ kPa}$ (presión de diseño, 1,5 atm)

$R = 609,6 \text{ mm}$ (Radio interno, 24")

$S = 106924 \text{ kPa}$ (Esfuerzo permisible para el acero AISI 304)

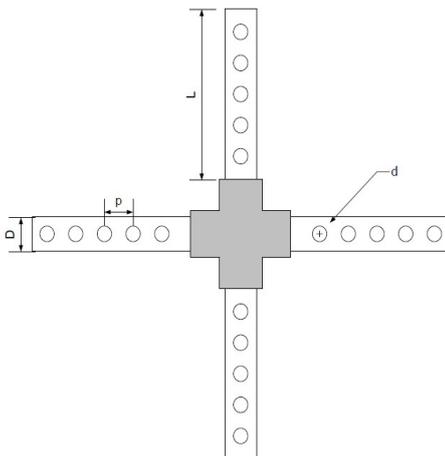
$E = 0.7$ (eficiencia de la junta)

Luego $t = 1,239$ mm. Como valor estándar se toma una lámina de 2,5 mm (calibre 12).

3.2.6 Distribuidor de vapor

El dimensionamiento del distribuidor de vapor se hace mediante el siguiente procedimiento:

- Cálculo de diámetro
- Cálculo del número mínimo de agujeros
- Paso entre agujeros



El diámetro se calcula según la siguiente ecuación, según recomendaciones de la compañía Crane (CRANE Fluid Systems):

$$d = \sqrt{(21220 \cdot \dot{m}_v \cdot \dot{V}) / v}$$

$\dot{m}_v = 141$ kg/h Flujo másico de vapor

$\dot{V} = 1,145$ m³/kg Volumen específico a 1,52 bar (22 psi)

$v = 3000$ m/min Velocidad del vapor máxima recomendada

Luego $d = 33,8$ mm. Estandarizando, se tiene que para un diámetro de nominal de $1,5''$, el diámetro interno es de $40,894$ mm y el diámetro externo es de $48,26$ mm.

3.2.6.1 Paso entre agujeros

Se calcula a partir del número de perforaciones por tramo, N_t , y la longitud activa de un tramo de tubería, L .

$$N_t = \frac{19}{4}$$

Con $L = 460$ mm por tramo, p se calcula como:

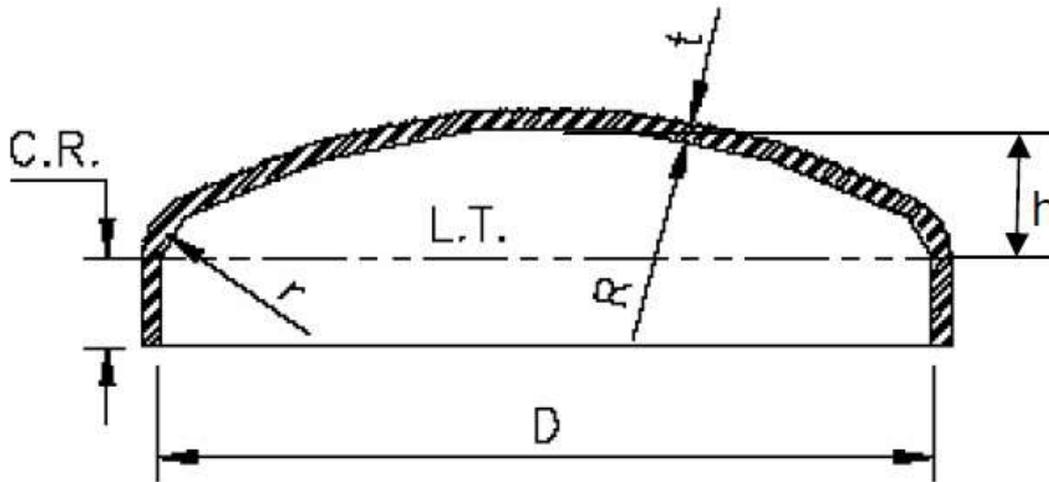
$$p = \frac{L}{N_t + 1}$$

Con lo que $p = 24$ mm.

3.2.7 Cabezal inferior

El tipo de cabezal es toroidal, por ser una configuración comercial y ampliamente utilizada. La tapa inferior va soldada al cuerpo del

destilador, mientras que la superior se puede abrir para extraer el cartucho. Cabezal toroidal tipo ASME.



El cálculo del espesor del cabezal depende de la relación entre r y R .
Cuando $r/R = 0,1$:

$$t = \frac{1,54 \times P \times R}{2 \times S \times E - 0,2 P}$$

$P=152$ kPa Presión de diseño

$R=1219,2$ mm radio de curvatura mayor

$S= 106924$ kPa (límite para el acero AISI 304)

$E=0,7$ Eficiencia de la junta

$D = R$ diámetro interior

$r= 121,92$ mm radio de curvatura menor

Luego $t = 2,22$ mm. Se estandariza a 3 mm

Como $C.R. > 3,5t$ se toma $C.R. = 4t = 12$ mm

$De = D + 2t = 1225,2$ mm

$h = 0,1935 De - 0,455t = 235,7$ mm

3.2.8 Cabezal superior

El cabezal superior tiene las mismas dimensiones que el inferior pues la presión de diseño se toma de 152 kPa.

Este cabezal dispone además de un sistema de cierre, de un sello, de soportes para los pernos de sujeción, de una bisagra y de un brazo de levantamiento

3.2.9 Sistema de cierre

Se usarán tres tornillos de apriete tipo mariposa.

Este sistema permite abrir y cerrar fácilmente la tapa.

Se usará un sello de neopreno siliconado con un ancho físico de $N=13\text{mm}$, por lo que le diámetro medio del sello será de $G=1219,2+13=1232,2\text{ mm}$. El ancho básico se halla por la tabla 2.5.2 de la S VIII del código ASME y depende de las condiciones de asentamiento. De esta tabla y tomando el caso (1a), se tiene que:

$$b_0 = \frac{N}{2} = 6,5\text{mm}$$

El ancho efectivo es el que se introduce en la fórmula de fuerza de cierre, y si $b_0 > 6,35\text{ mm}$ ($1/4''$) entonces

$$b = \frac{\sqrt{b_0}}{2} = 6,42\text{ mm}$$

Para que funcione adecuadamente debe someterse a una presión de deformación que le permita adaptarse a la rugosidad de la cara donde está apoyado el sello. En la condición de asentamiento, la carga de apriete máxima para el sello es:

$$Wm_2 = b\pi Gy$$

$Y=11,04$ Mpa. Esfuerzo permisible del sello, por lo que $Wm_2 = 274564$ N

Como la única carga que actúa sobre los pernos es la carga de apriete para el sello, ya que el cabezal superior no tiene presión interna debido al vapor, se calcula el área de los pernos como:

$$A_b = \frac{Wm_2}{S_y}$$

$S_y= 172,4$ Mpa. Esfuerzo permisible del perno (ASTM A193 Grado B7)

$$A_b=1593 \text{ mm}^2$$

Con esta área se determina el número de pernos a partir del área de raíz de un perno A_i . Para un perno Diámetro Nominal de 1 "(25,4 mm), se tiene que dicha área $A_i=355,48 \text{ mm}^2$. El número de pernos es:

$$N=A_b/A_i=4,5. \text{ Entonces se toman } 5. \text{ Recalculando } A_b =1777,4.$$

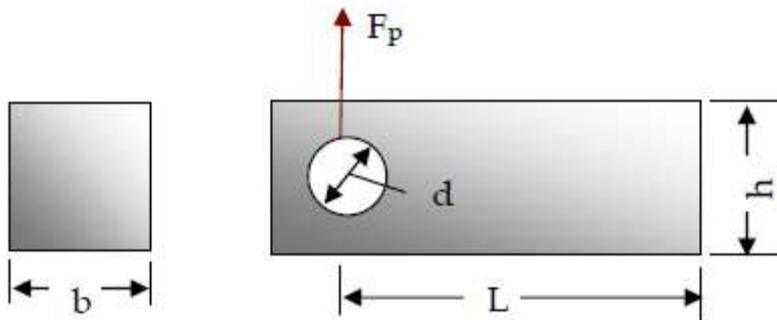
El ancho mínimo de sello se calcula a partir del área de los pernos A_b , de G y de la resistencia del perno y del sello. El ancho mínimo es entonces:

$$N_{min} = \frac{A_b \cdot S_a}{2 \cdot \pi \cdot y \cdot G}$$

$N_{min} = 3,3 \text{ mm}$. Luego el sello seleccionado cumple con los requerimientos.

3.2.9.1 Soporte para los pernos de sujeción.

El soporte es de forma rectangular, con agujero para el pasador. El soporte está sometido a un momento flector igual a $F_p \times L$.



- Se calcula la fuerza por cada perno, F_p :

$$F_p = \frac{Wm_2}{N_s} = 54.912 \text{ kN}$$

- Se calcula el momento flector, M :

$$M = F_p \cdot L$$

$$L=19,05 \text{ mm}; M=1046,074 \text{ Kn*mm}$$

- Se calcula el diámetro del pasador, d :

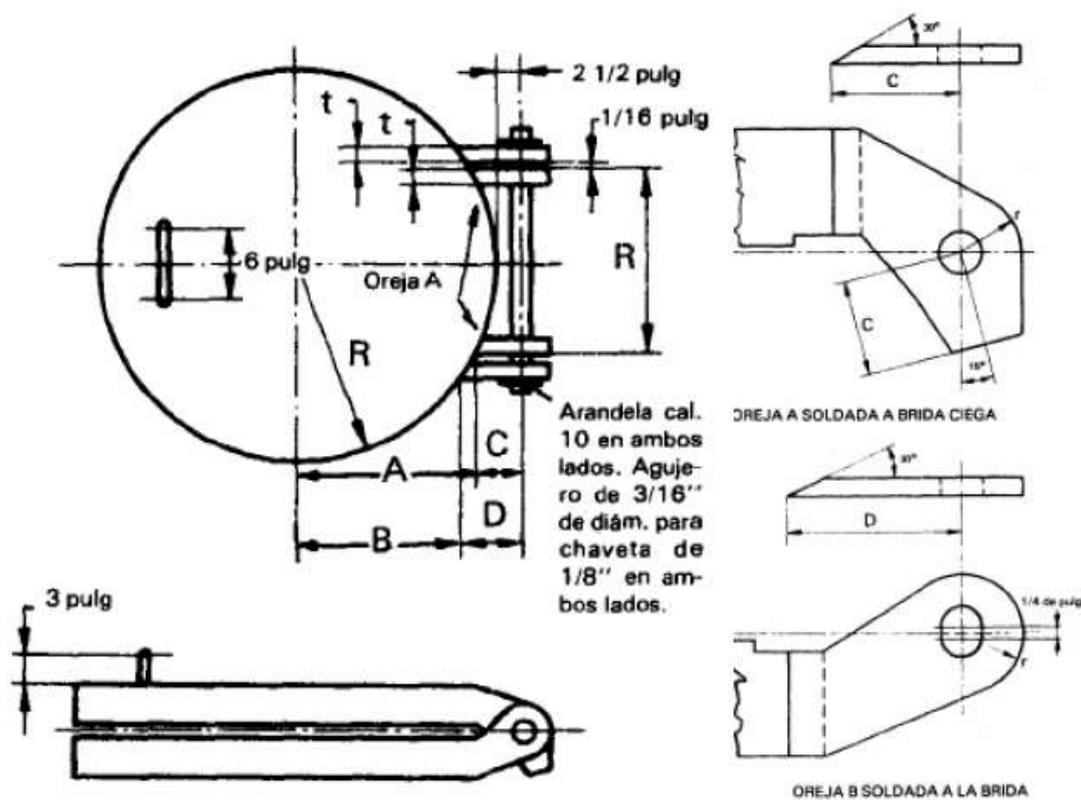
$$d = \sqrt{(2 \cdot F_p / \pi \cdot S_y) \cdot 10^3}$$

$$S_y=172,4 \text{ Mpa (ASTM A193 Grado B7)}$$

$$d = 14,2 \text{ mm Se estandariza a } 15,875 \text{ mm } (5/8'')$$

3.2.10 Bisagra

Para que el cabezal superior pueda abrirse se usa una bisagra. En la figura se puede ver la bisagra y las variables usadas para su dimensionamiento.



Los valores A,B,C y D se calculan en función del radio de la tapa, R y del espesor de la bisagra, t, como:

$$A = \sqrt{R^2 - (R/2)^2}$$

$$B = \sqrt{R^2 - (R/2 + 1/16 + t)^2}$$

$$C = R + 2\frac{1}{2} - A$$

$$D = R + 2\frac{1}{2} - B$$

Se toma el diámetro del perno, d_p como $\frac{1}{2}''$ (12,7 mm) y el diámetro del agujero, d_a como $\frac{9}{16}''$ (14,3 mm) por lo que el valor de $r=1,5 d_a$.

Las dimensiones de la bisagra se recogen en la siguiente tabla:

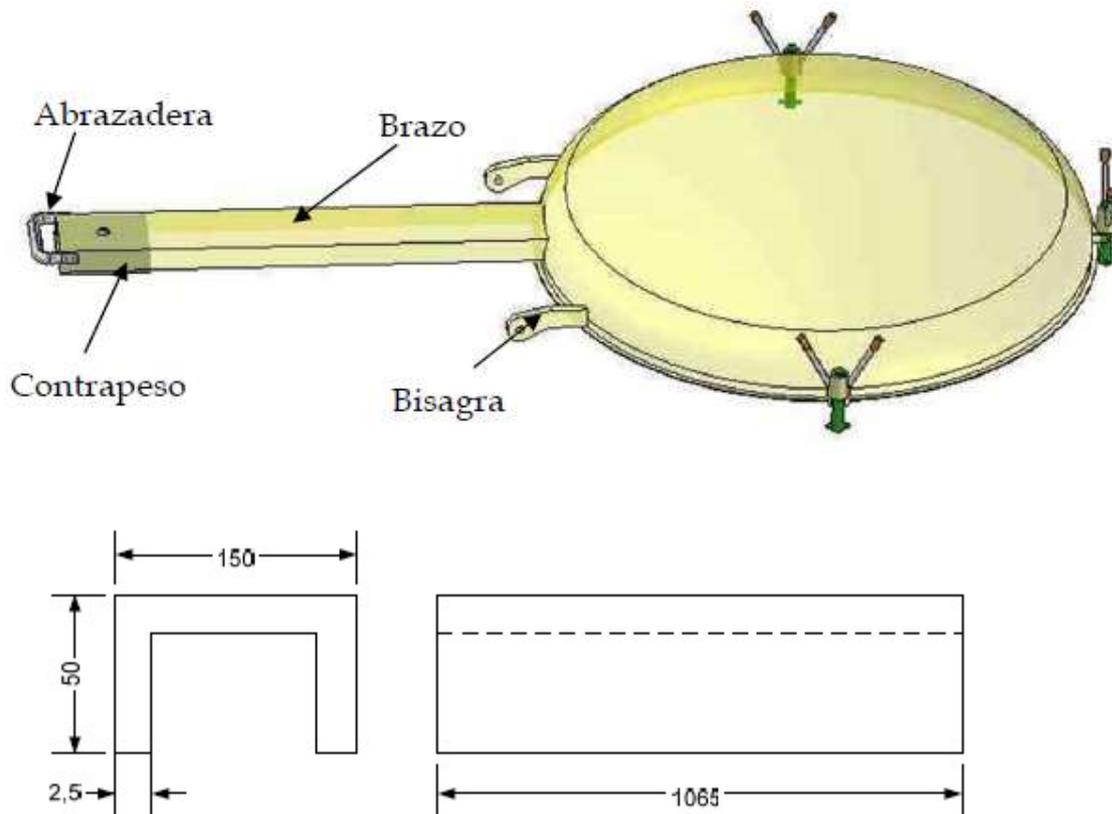
R	t	A	B	C	D	d_p	d_a	r
Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg	Plg
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
24.118	0.75	20.887	20.396	5.731	6.222	0.5	0.562	0.843
(612.6)	(19.05)	(530.53)	(518.06)	(145.57)	(158.04)	(12.7)	(14.3)	(21.4)

3.2.11 Brazo para levantamiento

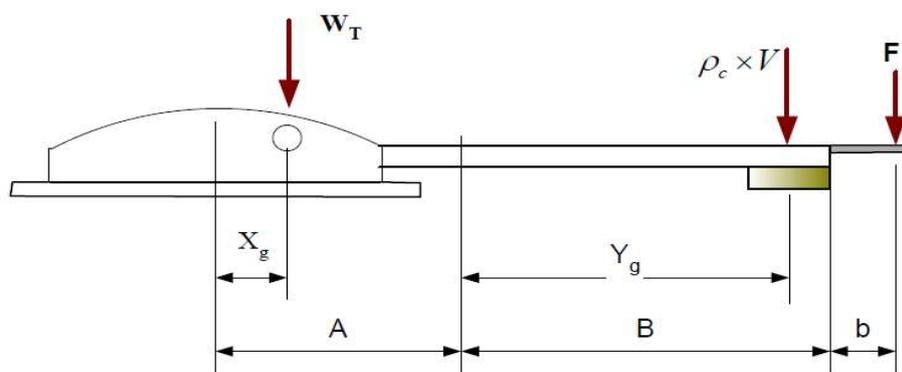
Con el fin de que el operario pueda abrir fácilmente el cabezal se usa un brazo que sirve como palanca.

En la figura se muestran las dimensiones del perfil que se construye a partir de lámina calibre 12 (de espesor 2,5 mm). Este perfil tiene en el

borde un contrapeso de fundición gris que permite reducir la fuerza requerida por el operario para levantar el cabezal.



Haciendo sumatorio de momentos igual a cero en el pivote de la bisagra (agujero del pasador) se puede calcular el volumen del contrapeso, teniendo en cuenta las variables que se muestran en la figura.



$$V = \frac{(W_T \cdot (A - X_g)) - F \cdot (B + b)}{\rho_c \cdot Y_g}$$

$W_T=467,43$ N. Peso de la tapa más brazo (sin contrapeso)

$A = 676,1$ mm. Distancia de centro de la tapa al pivote.

$X_g=179,46$ mm. Distancia del centro de la tapa al centro de gravedad

$F = 98,1$ N. Fuerza del operario.

$B= 1$ m. Distancia del pivote hasta le final del brazo.

$b= 100$ mm. Distancia del final del brazo hasta el punto de carga del operario.

$\rho_c=0,07848$ N/cm³. Peso específico del contrapeso (fundición gris).

$Y_g=850$ mm. Distancia del pivote al centro de gravedad del contrapeso.

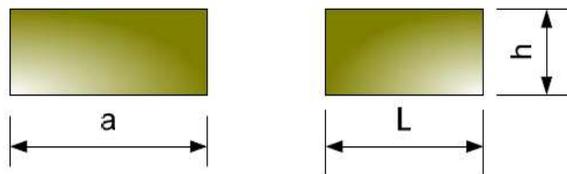
Luego $V = 1759$ cm³

Así, el contrapeso tendrá las siguientes dimensiones:

$A=30$ cm

$L=14,5$ cm

$H=4,3$ cm. Se toma 4,5 cm.



Se comprueba que el perfil seleccionado soporta la carga generada por el contrapeso. El momento flector M_f se calcula como:

$$M_f = [(30 \cdot 14,5 \cdot 4,5) \cdot 0,07848] \cdot 91,5 = 14057 \text{ Ncm}$$

La tensión producida por dicho momento se calcula como:

$$\sigma = \frac{M_f \cdot c}{I} \cdot 10^{-2}$$

$$C=4,03 \text{ cm}$$

$$I=13,573 \text{ cm}^4$$

$$\sigma =41,74 \text{ Mpa}$$

El factor de seguridad del perfil se calcula como:

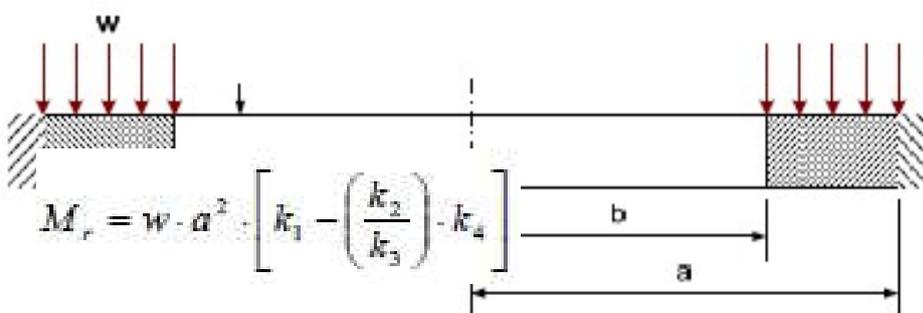
$$N_s = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$S_y= 129,6 \text{ MPa (ASME SA 304 a } 20^\circ \text{ C)}$$

$$N_s = 3,1$$

3.2.12 Soporte para el cartucho

El soporte consiste en un anillo circular de espesor t que está soldado a la pared interna del destilador. Sobre el borde externo del anillo se ejerce un momento M_r debido al peso del cartucho y del material vegetal.



El momento se calcula como:

Donde $w = \frac{W}{\pi \cdot (a^2 - b^2)}$

$$k_1 = \frac{1}{4} \left[1 - \left[\frac{(1-\mu)}{4} \right] \cdot \left[1 - \left(\frac{b}{a} \right)^4 \right] - \left(\frac{b}{a} \right)^2 \cdot \left[1 + (1+\mu) \cdot \text{Ln} \left(\frac{a}{b} \right) \right] \right]$$

$$k_2 = \left(\frac{1-\mu}{2} \right) \cdot \left[\left(\frac{a}{b} \right) - \left(\frac{b}{a} \right) \right]$$

$$k_3 = \frac{1}{2} \cdot \left[(1+\mu) \cdot \left(\frac{b}{a} \right) + (1-\mu) \cdot \left(\frac{a}{b} \right) \right]$$

$$k_4 = \frac{1}{16} \cdot \left[1 - \left(\frac{b}{a} \right)^4 - 4 \cdot \left(\frac{b}{a} \right)^2 \cdot \text{Ln} \left(\frac{a}{b} \right) \right]$$

W=4905 N. Fuerza ejercida por el cartucho y el material vegetal.

a= 0,6092 m. Radio exterior del soporte (igual radio interior del destilador)

b=0,5696 m. Radio interior del soporte

$\mu=0,3$ Relación de Poisson

w= 32,98 kpa. Presión ejercida sobre el soporte.

Mr= 24,873 Nm

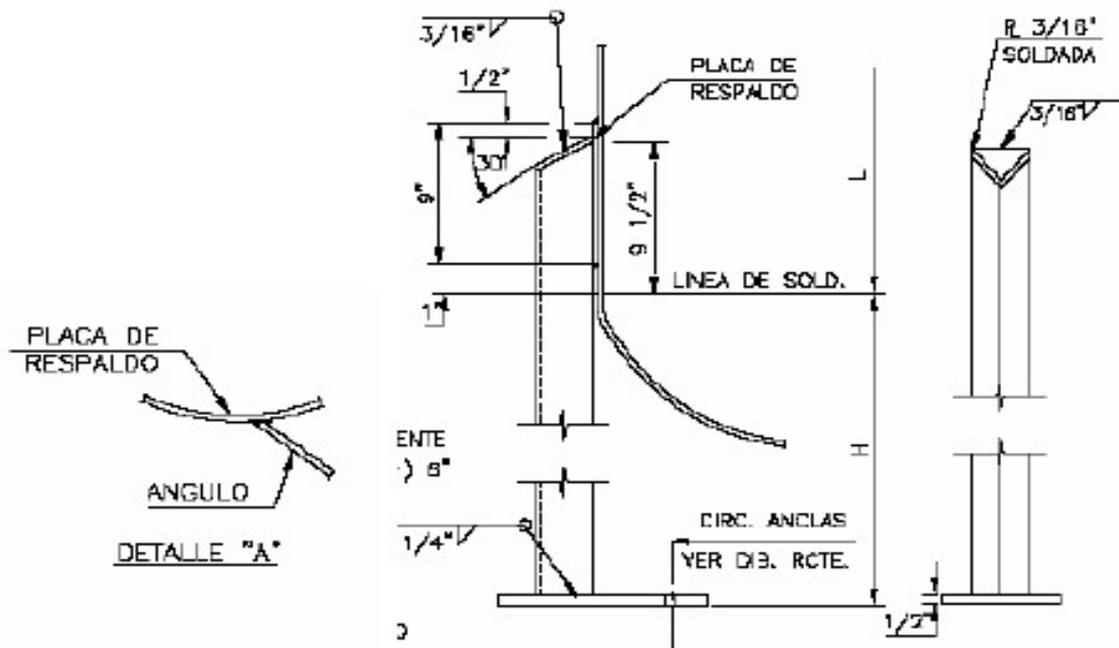
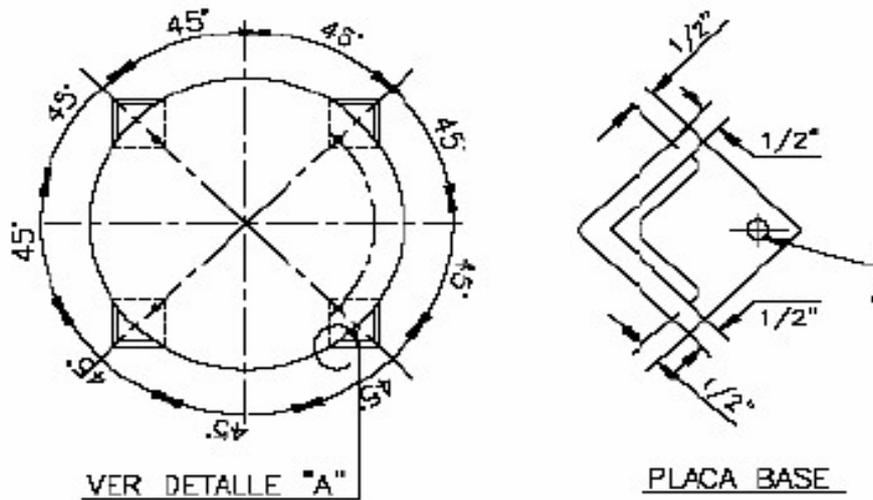
Con este momento se calcula el esfuerzo que se ejerce sobre el área del soporte tomando un espesor $t=2,5$ mm (lámina calibre 12).

$$\sigma = \frac{6 \cdot M_r}{t^2} = 23,878 \text{ MPa}$$

Se comprueba que este espesor es suficiente calculando el factor de seguridad N_s . Con $S_y = 106,9$ MPa (ASME SA.240 Grado 304 a 100 °C), $N_s = 4,5$.

3.2.13 Soporte del destilador

El soporte para el destilador se compone de cuatro perfiles como se muestra en la figura:



Estos perfiles fueron seleccionados a partir de las recomendaciones hechas por León (León, 2001).

El perfil seleccionado es de 3'' x 3'' x 3/8'' donde la longitud del cuerpo del recipiente $L=72''$, con lo que la longitud del soporte $H=22''$.

El material del perfil es acero ASME 304 así como el material de la placa de refuerzo.

3.2.14 Aperturas para las tuberías

3.2.14.1 Entrada.

Como se tiene que la tubería de la caldera al destilador es de 1,5'' de diámetro nominal Schedule 40, el agujero para dicha tubería debe ser el diámetro externo de la tubería más 1/16'' de tolerancia. El diámetro del agujero de entrada es entonces de $48,26 + 1,5875 = 49,85$ mm.

3.2.14.2 Salida

Primero se determina el diámetro de la tubería que va del destilador al condensador y luego se calcula el diámetro del agujero.

El diámetro de la tubería de salida se determina de la misma forma que la tubería de entrada, teniendo en cuenta los valores:

$$d = \sqrt{(21220 \cdot \dot{m}_v \cdot \dot{V})/v}$$

$\dot{m}_v = 141$ kg/h Flujo másico de vapor

$\dot{V} = 1,673$ m³/kg Volumen específico a presión atmosférica

$v = 1800$ m/min Velocidad del vapor máxima recomendada

Luego $d = 52,6$ mm. Estandarizando se tiene que para un diámetro nominal de 2", Schedule 40, el diámetro interno es de 52,502 mm y el diámetro externo es de 60,325 mm. El diámetro del agujero es de $60,325 + 1,5875 = 61,91$ mm.

3.2.14.3 Drenaje.

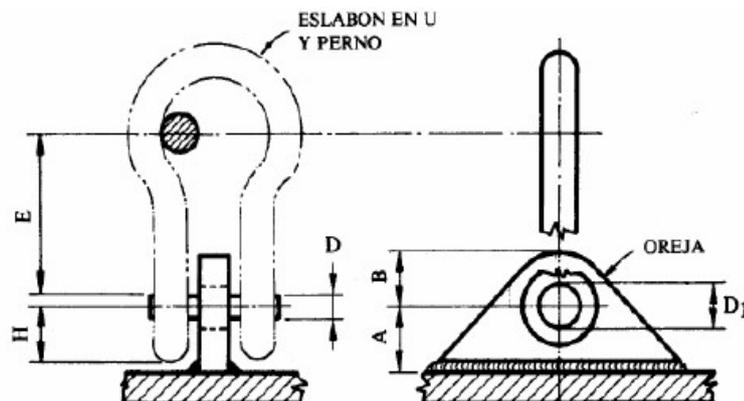
Para el drenaje se dispondrá un agujero en la parte inferior del destilador, es decir, sobre la tapa inferior. La tubería es de 1,5" Schedule 40 como en la entrada por lo que el diámetro del agujero es de 49,85 mm.

3.2.15 Izajes para levantar el destilador

Se usarán dos izajes con eslabón en U con una carga igual al peso del cuerpo del destilador, más tapas, distribuidor de vapor, soportes de cartucho y del destilador y cartucho vacío.

Cada oreja debe soportar la carga total como forma de asegurar que el destilador nunca se caiga mientras se transporta.

El dimensionamiento se hace a partir de los valores tabulados en el libro referido (Megyesy, 1992) para una carga de 907 kg (2000 lb).



Los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Diám. del perno de grillete, D	Diám. del agujero de la oreja, D ₁	H	A	Borde cortado a cizalla, B	Corte a gas rolado, B	Brazo del momento, E
12.7	15.875	17.526	22.86	28.575	22.225	36.576

Suponiendo que solo hay tensión de cizalla en la sección mínima, el espesor requerido t puede calcularse por la fórmula:

$$t = \frac{P}{2 \cdot S \cdot (R - D_1/2)}$$

$P=8918$ N (carga)

$S = 60,33$ MPa. Tensión de cizalla permitida (ASME SA-515 Grado 70)

$T= 3,58$ mm. Con un factor de seguridad de 1,5 se tiene un espesor de 5,37. Se toma un espesor de 6 mm.

3.3 DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DEL HIDROLATO

Según el código API 650-ASME, para el diseño de tanques que de tanques soldados de acero.

Para el almacenamiento de líquidos, se elige una carcasa cilíndrica con cabeza y fondo elipsoidal 2:1. Las dimensiones para cada parte vendrán determinadas por la altura de la carcasa cilíndrica (H), según la siguiente figura:

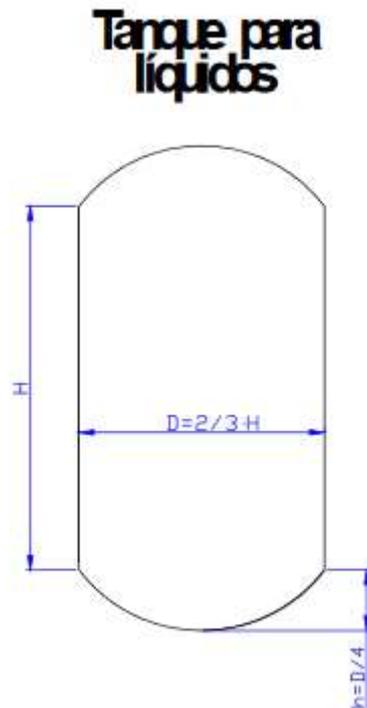


Figura 12. Dimensiones tanque almacenamiento

Se ha de tener en cuenta que los recipientes, por seguridad estarán llenos como máximo al 80%.

En la época de recolección, se esperan producir $255 \text{ l/h} \times 24 \text{ h/d} \times 40 \text{ d} = 244800 \text{ l}$ de agua floral. Aproximando 245 ton.

Tomamos una altura del cilindro $H = 6 \text{ m}$, y un $D = 4 \text{ m}$.

Así, la altura total del tanque será de 8 m.

La presión de diseño se toma de $1,1 \times$ presión operación (atmosférica) $= 111,457 \text{ kPa}$.

El espesor del cilindro se calcula como:

$$t = \frac{\gamma \cdot d \cdot r}{\sigma_t \cdot E_s} = 0,198 \text{ cm}$$

Donde: γ (peso específico), d (nivel máximo almacenado) y E_s (eficiencia de la junta =0,6)

Y el de los cabezales como:

$$t_{cab} = \frac{P \cdot D_e}{2 \cdot \sigma_t \cdot E_s + 1,8P} = 0,157 \text{ cm}$$

Con P (presión exterior), D_e (diámetro exterior)

Para el cilindro usaremos un calibre 12 (2,69 mm) y para los cabezales, un calibre 14 (1,94 mm), lo cual supone un coeficiente de seguridad de $n=S/St=1,35$.

Antes de la puesta en operación, el tanque será sometido a una prueba hidráulica a una presión mayor que la de proyecto:

$$P_{hid} = \frac{1,5P\sigma_t}{\sigma_{amb}}$$

σ_{amb} : tensión máxima admisible a T_{amb} .

El recipiente debe soportar la presión hidráulica y se ha de verificar que la tensión máxima desarrollada en las paredes es <90% del límite elástico normal.

ANEJO IV.

SEGURIDAD E

HIGIENE INDUSTRIAL

4 ANEJO IV SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL

4.1 SEGURIDAD INDUSTRIAL

4.1.1 Seguridad laboral

El ámbito correspondiente a los profesionales suele denominarse seguridad laboral u ocupacional. Lógicamente, en este campo se trata de proteger al profesional, y de ahí la importancia que adquieren las organizaciones, entidades o institutos dedicados a velar por la seguridad de los trabajadores. Ello sin embargo no debe hacer olvidar que es el origen del riesgo, lo que provoca la necesidad de articular una seguridad ocupacional; pues de lo contrario las disposiciones legales al efecto se limitarían a declaraciones de objetivos y de buena voluntad, pero no podrían descender a cuestiones prácticas que realmente sirvieran para proteger a los profesionales. En este caso, en el pináculo de la pirámide normativa aparecen una o varias leyes generales de protección, que ante todo piden la limitación de efectos sobre los profesionales, obligan a mantener unas determinadas estructuras de seguridad, y contemplan un régimen sancionador para actuar contra los individuos o las empresas que transgredan estos principios legales. En España ese papel lo cumple la ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/1995).

Bajo estas leyes aparecen los Reglamentos (en España a nivel de Real Decreto) que implican una normativa obligatoria, por lo general estrictamente limitada a los aspectos de seguridad y protección. En

muchos casos esta normativa impone valores mínimos o máximos a magnitudes fácilmente mensurables, con objeto de limitar los efectos de una manera práctica y efectiva. Tal es el concepto, por ejemplo, de las concentraciones máximas permisibles de productos tóxicos, bien químicos, bien radiactivos.

Adicionalmente existen unas normas voluntarias y unos códigos de práctica aplicables a los diversos sectores industriales y generados tanto por asociaciones profesionales como por la propia empresa que los impone. Las normas voluntarias contienen un conjunto mucho más detallado de prescripciones y disposiciones que sirven para concretar la normativa obligatoria a un puesto específico de trabajo. En algunos casos ello constituye la esencia de los planes de prevención (internos y de puestos específicos), y de los planes de emergencia que por lo común son requeridos por las leyes generales de protección.

4.1.2 Accidentes graves

Un ámbito de la Seguridad Industrial lo conforma todo lo relativo a los accidentes mayores o graves, entendiendo por éstos los que repercuten en el público en general o al medio ambiente humano, con emisión de sustancias tóxicas fuera de las instalaciones industriales, o con emisión de energía en cantidades anormales. La emisión de energía suele ir acompañada en estos casos de fenómenos peligrosos tales como detonaciones, deflagraciones e incendios. En numerosas ocasiones, la existencia de estas emisiones energéticas estimula la dispersión de los

agentes tóxicos y por tanto contribuye a dar una mayor proporción catastrófica a un determinado accidente.

La búsqueda de seguridad es una lógica aspiración humana, pero un planteamiento extralimitado que exigiera la seguridad absoluta provocaría la parálisis de la sociedad, pues ni a los transportes, ni a la electricidad, ni a los productos químicos se les puede exigir un riesgo cero. Ahora bien, la holgura de inseguridad que cabe permitir debe ser muy pequeña, y en verdad así es, tomando como referencia los riesgos derivados de las afecciones y alteraciones biológicas y los derivados de catástrofes y accidentes naturales. Esa preocupación por limitar los efectos dañinos de las aplicaciones industriales ha llevado a fijar una serie de criterios de protección, convertidos a leyes, decretos, etcétera, según la estructuración del ordenamiento jurídico.

La protección en cuestión cabe estructurarla o considerarla a tres niveles:

- La seguridad laboral, para proteger a las personas profesionalmente expuestas a diversos riesgos, que en España tiene como vértice legislativo la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- La seguridad individual del público asociada a la comercialización de productos y servicios industriales, y que en el ámbito del Mercado Interior de la U.E. se implanta gracias a las Directivas comunitarias, al mercado CE y a las campañas de Control de Productos Industriales.

- La seguridad colectiva de la población (incluyendo el medio ambiente) para prevenir los daños causados por Accidentes Mayores. En esto último también existen Directivas comunitarias, particularmente las denominadas Seveso I y II.

4.2 FACTORES DE RIESGO

4.2.1 Instalaciones generales

Estado de locales y pisos, escaleras (tipo, uso, estado, etc.), pasillos y superficies de tránsito, puertas y aberturas en paredes, separaciones entre máquinas, orden y limpieza, señalización, iluminación general, condiciones climáticas: ventilación.

4.2.2 Instalaciones de servicio

Instalación eléctrica: Estado, tensión máxima, protecciones, etc.

Instalación de agua: Estado, proximidad de canalizaciones eléctricas.

Instalaciones de gases: Instalaciones fijas, recipientes a presión.

4.2.3 Instalaciones de seguridad

Instalaciones de incendio: Bocas hidrantes, sistemas automáticos de detección y/o extinción, salidas de evacuación: estado, número, tipo; extintores, personal del servicio, mantenimiento de instalaciones, simulacros, etc.

4.2.4 Operaciones de manutención

- Manipulación manual: Transporte de cargas → forma y cargas máximas.
- Levantamiento de cargas: frecuencia y formas → almacenamiento: sistema y ubicación.
- Transporte mecánico: Carretillas elevadoras, aparatos y equipos elevadores → montacargas, puentes-grúa, etc., cintas transportadoras.
- Maniobras: Paso de cargas sobre personas.
- Almacenamiento.

4.2.5 Máquinas

Características técnicas, antigüedad, sistemas de seguridad, métodos de trabajo, puntos de operación: accesibilidad, frecuencias de las operaciones, número de operarios por máquina, periodicidad del mantenimiento preventivo.

4.2.6 Herramientas portátiles

- Manuales: Estado, utilización y almacenamiento.
- Eléctricas: Estado, tensión de alimentación, utilización y protecciones.

4.2.7 Recipientes a presión

Calderas, compresores, estado de conservación, instalaciones, comprobación de pérdidas y fugas, protecciones.

4.2.8 Equipos de protección individual

Existencia, marcado CE, estado y conservación.

4.2.9 Trabajos con riesgos especiales

Trabajos en altura, soldadura, manejo de sustancias tóxicas y peligrosas, exposición a radiaciones: tipo y tiempo de exposición.

4.2.10 Condiciones medioambientales

Vapores, humos, gases, polvos, ruido (tipo, niveles, tiempo de exposición), vibraciones.

4.2.11 Carga de trabajo

Esfuerzos, cargas, posturas, nivel de atención, tipo de jornada, ritmo, automatización, etc.

A partir de esta lista se detectan los peligros y se estiman los riesgos, elaborando una Hoja de Riesgos Localizados, la cual contempla los siguientes aspectos:

- Zonas a inspeccionar con mayor atención.
- Peligros detectados.
- Lugar de cada zona en la que se localizan los riesgos.
- Tipo de inspección a realizar.
- Periodicidad.
- Personas encargadas de realizar la inspección, etc.

4.3 SEGURIDAD APLICADA A LAS MÁQUINAS

4.3.1 Protección de máquinas

Para que los fabricantes, importadores y suministradores de máquinas puedan garantizar que los productos que fabriquen o comercialicen cumplen con las exigencias esenciales de seguridad y salud establecidas en las Directivas, deberán cumplir con las especificaciones de las correspondientes normas elaboradas por el CEN, ya que ello presupone la conformidad con los requisitos esenciales exigidos. En lo que se refiere al tema de protección de máquinas se ha elaborado una serie de normas:

Normas de Tipo A: Referidas a los principios y conceptos fundamentales de seguridad que pueden ser aplicados en todos los tipos de máquinas. Destacan:

- UNE-EN 292-1: 1993 “Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 1: Terminología básica, metodología”.
- UNE-EN 292-2: 1993 “Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 2: Principios y especificaciones técnicas”.
- UNE-EN V 1070: 1994 “Seguridad en las máquinas. Terminología”.

Normas de Tipo B: Referidas a aspectos de seguridad o de un tipo de dispositivo que condiciona la seguridad, válidas para una amplia gama de máquinas. Se clasifican en:

- UNE-EN 294: 1993 “Seguridad de las máquinas. Distancias de Seguridad para impedir que se alcancen zonas peligrosas con los miembros superiores”.
- UNE-EN 349: 1994 “Seguridad de las máquinas. Distancias mínimas para evitar el aplastamiento de partes del cuerpo humano”.

Normas de Tipo C: Relativas a prescripciones de seguridad para una máquina en concreto o un grupo de máquinas.

4.3.2 Peligros generados por las máquinas

Los peligros de las máquinas se clasifican en:

- Mecánicos.
- Eléctricos.
- Térmicos.
- Producidos por el ruido.
- Producidos por las vibraciones.
- Producidos por las radiaciones.
- Producidos por materiales y sustancias.
- Producidos por no respetar los principios ergonómicos en el diseño de máquinas.
- Combinación de peligros.

4.3.3 Mantenimiento de máquinas y equipos

Las operaciones de reparación, limpieza o mantenimiento de las máquinas o equipos requieren que en ocasiones los medios de protección sean retirados de su sitio para facilitar estas operaciones, por lo que deberán adoptarse todas las precauciones y garantizar que una vez concluidas las operaciones de mantenimiento queden dispuestos en su mismo lugar. Un buen servicio de inspección y mantenimiento debe garantizar que los medios de protección se encuentren siempre en perfecto estado de funcionamiento. Para lo cual su personal deberá haber recibido formación adecuada en cuanto a:

- Principios de seguridad en las máquinas.
- Seguridad frente a peligros eléctricos y mecánicos.
- Métodos seguros de trabajo, incluyendo permisos de trabajo y sistemas de bloqueo durante las operaciones de mantenimiento.

4.4 SEGURIDAD APLICADA A LOS EQUIPOS

4.4.1 Calderas, tanques e intercambiadores

El fabricante de calderas, tanques de almacenamiento e intercambiadores dará la información necesaria sobre la localización y tamaño de los defectos detectados en ellos después de su fabricación para tener la posibilidad de seguir la evolución de estos defectos a lo largo del tiempo.

4.4.2 Apertura de equipos

Antes de abrir una pieza de equipo en el que ha habido materiales peligrosos, se deben tener en cuenta las siguientes precauciones:

- Se aislará el equipo del resto de la planta cerrando las válvulas correspondientes.
- Se drenará el líquido remanente, si lo hay, al correspondiente sistema de drenaje.
- El recipiente se purgará, se lavará con agua o vapor hasta que esencialmente todos los materiales peligrosos se hayan eliminado.
- Se cegarán todas las tuberías conectadas con el recipiente con el fin de evitar la entrada de cualquier material peligroso en el equipo.
- Las bocas de hombre de los recipientes se podrán abrir solo con un permiso escrito de la persona responsable de la planta.

4.4.3 Entrada de operarios en tanques. Depósitos u otros recipientes

Cualquiera que entre en un recipiente que contenga una atmósfera inerte o contaminada deberá seguir todas las precauciones prescritas en las normas de seguridad y reglamentos aplicables. En estas circunstancias una persona que entra en un recipiente debe usar siempre una máscara anti-gas apropiada, ropa protectora adecuada y un cinturón de seguridad con cuerda al exterior. Se confeccionará un permiso escrito que establecerá el límite de tiempo para el cual es válido, pero nunca más largo de una hora. Algunas conductas de seguridad principales son las siguientes:

- El recipiente deberá ser positivamente aislado, por ejemplo, mediante bridas ciegas, para excluir todas las fuentes de productos peligrosos, aire, etc.
- Instalar un equipo de desplazamiento de aire fuera del recipiente, cerca de la boca del hombre para ventilar los vapores que salen del recipiente. La persona que entra en el recipiente deberá estar equipada con una máscara de aire fresco en condiciones de trabajo convenientes y con un adecuado suministro de aire.
- En el sitio estará disponible y listo para utilizar y transferir inmediatamente a la persona que está dentro del recipiente, un aparato de suministro de aire que sea independiente de la corriente eléctrica. La persona que entra en el recipiente utilizará un arnés con un cordón de seguridad atado adecuadamente. Un

- mínimo de dos ayudantes estarán en la boca del recipiente, en vigilancia continua de las acciones de la persona que está dentro.
- Habrá allí una máscara de reserva con aire fresco con su aparato de suministro de aire independiente, para permitir que una segunda persona entre en el recipiente rápidamente en caso de emergencia. Por lo tanto, este equipo de reserva debe ser lo bastante compacto para permitir que la segunda persona entre a través de la boca de hombre llevándolo puesto.
 - Como precaución adicional se sugiere que la persona que está dentro del recipiente disponga de un suministro de aire autónomo de emergencia y el equipo
 - auxiliar adecuado. Preferentemente, el suministro de aire de emergencia deberá estar conectado a la máscara de aire fresco que lleve puesta. Estos sistemas de "suministro de aire de reserva" están disponibles en el comercio.

4.4.4 Trabajos de reparación

Los trabajos mecánicos en una unidad en operación se deberán reducir al mínimo y utilizar los menos operarios posibles. No se hará ningún trabajo mecánico en un equipo sin un permiso de trabajo debidamente autorizado. No se permitirá realizar trabajos de soldadura, encender fuego u otros trabajos en caliente en el área, a no ser que se autoricen mediante un permiso de trabajo.

Ninguna persona entrará en un recipiente para cualquier fin, hasta que haya sido purgado adecuadamente, inertizado y luego analizado para asegurarse que está libre de gases nocivos o inflamables. Cuando un

equipo se lava con una manguera, ésta debe estar provista de una válvula antirretorno

4.5 RIESGOS DE INCENDIOS Y EXPLOSIONES

Para que se produzca un incendio se precisa de la concurrencia de tres factores, que se han dado en llamar “triángulo del fuego”:

combustible, comburente y fuente de calor. Actualmente se habla, más que de triángulo, de “tetraedro del fuego”, al introducir un cuarto factor: el de la reacción en cadena.

- Combustible: toda sustancia susceptible de combinarse con el oxígeno de forma rápida y exotérmica.
- Comburente: toda mezcla de gases en la cual el oxígeno está en proporción suficiente para que se produzca la combustión.
- Energía de activación: energía mínima necesaria para que se inicie la reacción. Depende del tipo de combustible y de las condiciones en las que se encuentra (presión, temperatura, concentración, etc.). La energía de activación es proporcionada por todos los focos de ignición. Estos focos pueden ser eléctricos, mecánicos, térmicos y químicos.
- Reacción en cadena: conjunto de sucesos, correlativos en el tiempo, que definen un incendio. Se distinguen las etapas de ignición, propagación y consecuencias.

4.5.1 Prevención y protección contra incendios

Para evitar el inicio y propagación de un incendio se actuará:

- Retirando el material combustible.
- Disponiendo sistemas de detección y alarmas.
- Utilizando equipos y medios de extinción.
- Planificando sistemas de evacuación.

Las medidas preventivas deben comenzar a aplicarse desde la fase de proyecto, que es cuando las medidas a adoptar pueden resultar más fáciles, eficaces y económicas.

4.5.2 Situación de la industria. Diseño

Resulta imprescindible, a la hora de fijar la situación de una nueva planta industrial, la realización de un estudio detallado, en el que se tengan en cuenta los edificios próximos existentes o por construir, su carácter industrial o de vivienda, las condiciones climáticas de la zona, abastecimiento de agua, facilidades de acceso, etc. Debe continuarse con el estudio del proceso de trabajo y su disposición, localización correcta de almacenes de materias primas, productos intermedios y acabados, etc. Todo esto se ha tenido en cuenta en la elaboración del proyecto.

4.5.3 Estructura y tipo de material a emplear

Los materiales a emplear en la construcción se clasifican atendiendo a su combustibilidad en cuatro categorías:

- Materiales incombustibles o no inflamables: aquellos que, en su estado normal, bajo ninguna circunstancia pueden inflamarse, carbonizarse ni reducirse a cenizas.

- Materiales difícilmente combustibles o difícilmente inflamables. aquellos que para inflamarse necesitan un contacto con llama, ardiendo lentamente y precisando de un aporte de calor exterior continuo.
- Materiales combustibles o medianamente inflamables: aquellos que se inflaman en contacto con llama en un tiempo superior a 20 segundos y continúan ardiendo después de la inflamación sin necesidad de aporte exterior de calor.
- Materiales inflamables: aquellos que se inflaman en contacto con llama en un periodo inferior a 20 segundos.

Los materiales inflamables no pueden emplearse en edificación, así como, aquellos materiales que al arder desprenden gases corrosivos y/o tóxicos.

4.5.4 Organización interna

Desde el punto de vista del riesgo de incendio, resulta de gran eficacia la ordenación correcta de los almacenes de materias primas y productos y la circulación de estos y su manejo. Para ello se recurre a las normas y ordenanzas de aplicación a lo relativo a almacenamiento, volúmenes máximos, superficies máximas, pasillos, etc. Se tiene en cuenta el poder calorífico unitario de los productos almacenados, fijación de volúmenes máximos por unidad de superficie, altura de pilas, etc., con lo cual se tiene una idea de la intensidad y duración que cabe esperar en caso de incendio, así como de la velocidad y sentido de la propagación lo que permite programar y adoptar los medios de extinción adecuados.

4.5.5 Proceso de producción

El conocimiento del proceso de producción es de vital importancia para poder detectar las zonas con riesgos de incendios que puedan existir a lo largo del mismo. Con ello se estudia la ubicación de servicios e instalaciones auxiliares (instalación eléctrica, calderas, instalaciones de vapor, etc.) y los correspondientes elementos de protección.

4.5.6 Medidas generales

- Eliminación de los focos de ignición, atendiendo a las protecciones y aislamientos adecuados de las instalaciones eléctricas; protección contra la electricidad estática; aislamiento de focos caloríficos y atención especial a operaciones de soldadura separando las zonas de operación; prohibición de fumar; vigilancia; etc.
- Orden y limpieza, evitando la acumulación de sustancias que puedan ser foco de ignición.
- Creación de muros, pantallas y puertas cortafuegos, que aislen las zonas más peligrosas.

4.5.7 Sistemas de detección y alarma

Se entiende por detección, el descubrimiento de la existencia de un incendio. Es fundamental para evitar la propagación del fuego en la medida de lo posible. La rápida detección debe ir acompañada de una

correcta localización. Los sistemas de detección tienen como misión la vigilancia permanente de los riesgos existentes. Se emplearán:

- Detectores humanos: realización de un recorrido de inspección, principalmente al terminar la jornada y durante la noche.
- Detectores automáticos: aparatos automáticos sensibles a las variaciones del medio ambiente que registran, comparan y miden automáticamente los fenómenos o variaciones que anuncian la aparición de un incendio transmitiendo la señal a la central.

4.5.8 Equipos y medios de extinción

Los procedimientos de extinción están basados en la eliminación de uno de los factores que componen el tetraedro del fuego. Debido a esto, la actuación sobre el incendio conlleva:

- Eliminación del combustible.
- Eliminación del comburente (sofocación).
- Eliminación de la energía de activación (enfriamiento).
- Eliminación de la reacción en cadena (inhibición).

4.5.9 Agentes extintores

Para lograr la extinción del incendio se recurre a los agentes extintores que se proyectan sobre los combustibles en ignición. Pueden ser de:

- Agua: es la sustancia extintora más utilizada. Actúa como refrigerante y como sofocante, ya que al evaporarse produce

vapor de agua que cubre el fuego, dificultando el aporte de oxígeno. Unido a sus ventajas económicas, abundancia, disponibilidad, inocuidad, etc. presenta el inconveniente de que dispersa el incendio en líquidos y sólidos subdivididos, produce daños considerables y no puede utilizarse donde exista riesgo eléctrico.

- Espuma: son burbujas de aire o gas, en base generalmente acuosa, que flotan en las superficies de los líquidos debido a su baja densidad, impidiendo que el combustible continúe en contacto con el aire. La espuma puede ser química (generada por reacción química) o física (generada por la mezcla de un producto espumógeno, agua y aire, con productos estabilizadores de la espuma). Presenta el inconveniente de no poder ser utilizada en fuego eléctrico (excepto la espuma de alta expansión) y de ser muy corrosiva.
- Anhídrido carbónico: es un gas que se licua por compresión y enfriamiento debiéndose almacenar en recipientes adecuados, ya que su presión es de 60 atm a temperatura ambiente. Al descargar el CO₂ fuera del recipiente se expansiona produciéndose una especie de nieve conocida como nieve carbónica, la cual actúa como sofocante. Frente a la ventaja de no ser tóxico, su aplicación a fuegos eléctricos, no producir daños ni deterioros, salir autoimpulsado, etc. presenta los inconvenientes de no poder aplicarse a fuegos con brasas, ser poco efectivo en exteriores y producir asfixia en porcentajes superiores al 4%.

- Polvos: se utilizan tres tipos: polvo normal B, C; polvo antibrasa A, B, C (polivalente); y polvos especiales. Los polvos normales y polivalentes son sales metálicas con algunos aditivos, siendo el bicarbonato sódico o potásico el componente. Además de tener buenas cualidades extintoras son buenos inhibidores. Frente a la ventaja de ser aplicables a fuegos eléctricos y no ser tóxicos presentan el inconveniente de no poder utilizarse en máquinas o instalaciones delicadas y tener peligro de reactivación del fuego al cesar el aporte de polvo.

4.5.10 Sistemas de extinción

- Equipos portátiles (extintores): son recipientes cerrados que contienen en su interior una sustancia extintora que puede ser proyectada y dirigida sobre un fuego por la acción de una presión interior. Estos equipos deben mantenerse a plena carga, en condiciones de funcionamiento y colocados en lugares adecuados, de forma visible. Deben someterse a inspecciones periódicas para verificar su estado.
- Instalaciones fijas: formado por una red de tuberías, tanques de almacenamiento del agente extintor, equipos y elementos terminales que cubren permanentemente las zonas donde se localice algún riesgo de incendio.

4.6 RIESGO ELÉCTRICO

Las medidas de seguridad utilizadas para controlar el riesgo eléctrico son de dos tipos: informativas y de protección.

4.6.1 Informativas

- Normativas: establecimiento de normas operativas de carácter específico para cada trabajo o generales coordinadas con las restantes medidas informativas.
- Instructivas: formación de los operarios que trabajan en riesgos eléctricos sobre la utilización correcta de aparatos y herramientas que manejan y el significado y simbología de la señalización.
- De señalización: colocación de señales de prohibición, precaución o información en los lugares apropiados.
- De identificación y detección: identificación y comprobación de tensiones en las instalaciones eléctricas antes de actuar sobre las mismas.

4.6.2 De seguridad de protección

4.6.2.1 Individuales

Guantes aislantes, cascos aislantes, tarimas y alfombras aislantes, pértigas de maniobra y salvamento, calzado aislante, etc. Cumplirán con las exigencias esenciales de seguridad y salud y consiguientemente llevarán la marca CE.

4.6.2.2 6.2.2. De instalación

- Protección de los contactos directos: Disposición que impida que la corriente eléctrica atraviese el cuerpo humano, limitación de la

corriente que pueda atravesar el cuerpo humano a una intensidad no peligrosa, separación por

- distancia o alejamiento a las partes activas y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.
- Protección de los contactos indirectos: Sistemas de clase A (separación de circuitos, empleo de pequeñas tensiones de seguridad, separación entre las partes activas y las masas accesibles por medio de aislamientos de protección y conexiones equipotenciales) y sistemas de clase B (corte automático cuando aparece un defecto susceptible de favorecer, en caso de contacto con las masas, el paso a través del cuerpo humano de una corriente considerada peligrosa; y puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto).

4.7 RIESGOS DERIVADOS DEL USO DE PRODUCTOS QUÍMICOS

Los riesgos químicos son debidos bien a factores intrínsecos, propios de los productos en función de sus propiedades físico-químicas o de su reactividad química en las condiciones de uso, o bien a factores extrínsecos, dependiendo de las condiciones de inseguridad en las que se utilizan. Se tomarán medidas preventivas:

4.7.1 Almacenamiento de productos químicos

- Almacenar sólo las cantidades imprescindibles de cada producto peligroso si no existen restricciones legales.

- Aislar las zonas destinadas al almacenamiento dotándolas de los medios de prevención adecuados y, si fuese posible, utilizar locales especiales.
- Elegir los recipientes adecuados para cada sustancia.
- Si se trata de sustancias inflamables o combustibles y reductoras, deberán mantenerse separadas de las oxidantes y de las tóxicas, las cuales deberán mantenerse en locales bien ventilados.
- En el caso de sustancias corrosivas, los recipientes se colocarán lo más cerca posible del suelo y sobre bandejas que puedan retener posibles derrames por roturas.

4.7.2 Manipulación de productos químicos

Deben adoptarse medidas preventivas para evitar los riesgos más frecuentes:

- Contacto dérmico por rotura del envase durante el transporte o con sustancias derramadas: Empleo de envases seguros y diseñados ergonómicamente, neutralizar las sustancias derramadas con productos adecuados, no limpiar con trapos o papel, etc.
- Proyecciones y salpicaduras en las operaciones de trasvase: evitar el vertido libre desde recipientes (instalaciones fijas y sistemas de bombeo), duchas de emergencia y lava ojos, equipos de protección individual adecuados.
- Incendios y/o intoxicaciones por evaporación de sustancias inflamables y/o tóxicas: controlar los desechos y residuos,

- controlar los focos de ignición, trasvasar en locales bien ventilados, mantener los recipientes cerrados herméticamente.
- Incendios en trasvases de líquidos inflamables por electricidad estática: trasvasar a velocidades lentas y llenar por el fondo, evitar atmósferas peligrosas en el interior de los recipientes, emplear recipientes metálicos, no utilizar ropa de trabajo de fibras acrílicas, sino de algodón.
 - Contactos dérmicos en laboratorios: emplear sistemas mecánicos de pipeteado y dosificación.

4.8 CONTROL DE PERSONAS Y VEHÍCULOS

4.8.1 Control de las personas

- Para entrar en el Recinto Industrial se acreditará la personalidad ante el Servicio de Seguridad, por medio de una tarjeta de identificación, que deberá ser llevada siempre en lugar visible y presentada a petición de cualquier empleado.
- Sólo autorizarán la entrada de visitas de trabajo en el Recinto Industrial a las facultadas explícitamente para ello por la Dirección, quienes serán responsables de que la visita acceda únicamente a los lugares previstos en la autorización. Las visitas que no sean de trabajo, también deberán de ser autorizadas por la Dirección.
- Nadie podrá entrar en áreas de Unidades, Talleres, Laboratorios y Almacenes sin autorización del Responsable del Área, excepto en el caso de que entre para solicitar autorización.

4.8.2 Control de vehículos

- Todos los vehículos que entren en el Recinto Industrial deberán estar autorizados por un mando competente y por el Servicio de Seguridad. Dichas autorizaciones se reflejarán en un Permiso de Entrada que deberá ser llevado siempre en lugar visible y presentado a petición del Servicio de Seguridad.
- Todos los vehículos a motor que entren en el Recinto Industrial deberán estar en buenas condiciones mecánicas, certificadas por un taller autorizado, si son vehículos con autorización por más de 24 horas, ante cualquier avería se dejarán fuera de servicio, comunicándolo al Servicio de Seguridad.
- Los motores se pararán para llenar el depósito de combustible, excepto en los casos en que no sea posible en los equipos de emergencia.
- Los conductores de vehículos pesados deben estar localizables en el caso de que se alejen de él. Los conductores de transporte de Mercancías Peligrosas no podrán abandonar el vehículo.
- Los vehículos solo podrán ser estacionados en los aparcamientos señalizados. Si por cualquier causa se debe aparcar el vehículo en otro lugar, se dejará abierto, con las llaves puestas en el contacto y en lugar que no interfiera la libre circulación, ni el trabajo, ni la visión de la señalización. En cualquier caso está prohibido aparcar o detener el vehículo en un radio mínimo de 6 m de hidrantes o casetas de material contra incendios.

- En todo el recinto industrial está en vigor el Código de la Circulación. El límite de velocidad es de 30 km/h para vehículos en general y de 20 km/h para grúas y vehículos especiales.

4.9 PROTECCIÓN INDIVIDUAL

La misión de la protección individual no es la de eliminar el riesgo de accidente, sino reducir o eliminar las consecuencias personales o lesiones que este pueda producir en el trabajador. De acuerdo con las Directivas Europeas 89/686/CEE y 89/656/CEE relativas a los equipos de protección individual (EPIs), la primera de ellas transpuesta al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 1407/1992 de 20 de noviembre, por el que se regula las condiciones para la comercialización de los equipos de protección individual, y la segunda por el Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre condiciones mínimas de seguridad y salud en la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, se entiende por EPI “cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que pueda amenazar su seguridad o su salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin”. Excluidos de la definición anterior quedan la ropa de trabajo corriente y los uniformes que no estén específicamente destinados a proteger la seguridad y la salud de los trabajadores.

4.9.1 Protección individual frente a riesgos mecánicos

4.9.1.1 Protección del cráneo

Los riesgos fundamentales a los que está sometida la cabeza son:

- Condiciones atmosféricas.
- Choques, impactos y caídas de objetos.
- Enganches de cabello
- Radiaciones.
- Sustancias contaminantes.
- Agresivos químicos

El equipo utilizado es el casco de protección fabricado con material no metálico.

4.9.1.2 Protección de las extremidades

- Elementos de protección de manos y brazos: aunque la mayor parte de los dispositivos de protección utilizados en máquinas tienen la misión de proteger las manos contra los riesgos graves de aplastamiento, amputaciones, etc., existen otra serie de lesiones de menos importancia por su origen, pinchazos, abrasiones, cortes, quemaduras, etc., frente a los cuales la protección individual, como los guantes, constituye una eficaz medida.
- Elementos de protección de pies y piernas: el calzado de seguridad constituye el elemento de protección de extremidades inferiores de uso más generalizado para prevenir pinchazos,

golpes, aplastamientos, quemaduras, agresivos químicos, deslizamientos, etc.

4.9.2 Protección integral

Está constituida por elementos destinados a proteger al individuo frente a riesgos que actúan sobre todo el cuerpo (trajes ignífugos, arneses, ropa de protección, dispositivos antiácidos, chalecos salvavidas, etc.).

4.9.2.1 Ropa de protección

- Ropa especial contra agresivos químicos y agresivos térmicos (frío o calor).
- Ropa especial contra radiaciones.
- Prendas de señalización.

4.9.2.2 Protección contra caídas de altura

- Sistemas de sujeción (cinturón de sujeción).
- Sistemas anticaídas (argollas, mosquetones, etc.).
- Dispositivos de anticaídas (arnés y sistema de bloqueo automático).
- Dispositivos de descenso.

4.9.2.3 Protección colectiva

Su objetivo es la protección simultánea de varios trabajadores expuestos a un determinado riesgo. Equipos empleados para este fin:

4.9.2.4 Redes de seguridad

- Redes de prevención para evitar la caída de personas.
- Redes de protección para limitar la caída de personas.

4.9.2.5 Redes elásticas

Empleadas para amortiguar los efectos de la caída de trabajadores que trabajen a alturas superiores a 6 m.

4.10 LEGISLACIÓN Y NORMATIVA

- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero. Reglamento de los Servicios de Prevención. BOE nº 27 de 31 de enero.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. BOE 23-4-97.
- Real Decreto 3275/1982 sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. BOE 1-12-82.
- Real Decreto 2413/1973 por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. BOE 9-10-73.
- Real Decreto 556/1989, de 19 de mayo, sobre medidas mínimas de accesibilidad en los edificios. BOE 23-5-89.
- ENV ISO 11079:97 Aislamiento requerido de la vestimenta.
- UNE EN 294. Seguridad de las máquinas. Distancias de seguridad para impedir que se alcancen zonas peligrosas con los miembros superiores.

- UNE EN 349. Seguridad de las máquinas. Distancias para evitar el aplastamiento de partes del cuerpo humano.
- UNE EN 547. Seguridad de las máquinas. Medidas del cuerpo humano. Parte 1: Principios para la determinación de las dimensiones requeridas para el paso de todo el cuerpo en las máquinas. Parte 2: Principios para la determinación de las dimensiones requeridas para las aberturas de acceso. Parte 3: Datos antropométricos.
- UNE EN 811. Seguridad de las máquinas. Distancias de seguridad para impedir que se alcancen zonas peligrosas con los miembros inferiores.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo. Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. BOE 12-6. Modificado 18-7-1997.
- Real Decreto 1435/1992 de 27 de noviembre relativo a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre máquinas. BOE 11-12-92.
- UNE 111519-85. Colores y señales de seguridad.
- Anejo 5. Instrumentación y tuberías Planta de fabricación de jabón líquido Carmen Guerrero González
- 289
- UNE 23035-1. Marzo 1995: Seguridad contra incendios. Señalización fotoluminiscente. Parte 1: Medida y calificación.

- UNE 23035-2. Marzo 1995: Seguridad contra incendios. Señalización fotoluminiscente. Parte 2: Medida de productos en el lugar de utilización.
- UNE 72551. Abril 1985: Alumbrado (de emergencia) de evacuación. Actuación.
- UNE 72552. Abril 1985: Alumbrado (de emergencia) de evacuación. Actuación.
- UNE 72553. Abril 1985: Alumbrado (de emergencia) de evacuación. Actuación.
- Real Decreto 1254/1999 de 16 de julio. Se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas. BOE 20-7. Modificado 4-11-1999.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio. Se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. BOE 7-8-1997.
- NBE-CPI/96. Norma básica de protección contra incendios en los edificios, aprobado por Real Decreto 2177/1996, de 4 de octubre. BOE 29-10-96.
- Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios. BOE 14-12-93. Modificado por Orden de 16-4-1998, BOE 28-4-1998.
- Real Decreto 786/2001 de 6 de julio. Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. BOE 30-7-2001.

ANEJO V.

MEDICIONES Y

PRESUPUESTO

5 ANEJO V MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Descripción	Uds	Cantidad	Precio	Importe
Capítulo 1 Demoliciones y trabajos previos				
Movimiento de tierras				
m3 de vaciado más transporte	1,00	220,00	4,00	880,00
m2 de demolición de la pared de la nave	1,00	40,00	35,00	1.400,00
m2 Instalación de puertas y compuertas	1,00	30,00	195,00	5.850,00
m2 Albañilería	1,00	150,00	85,00	12.750,00
Total				20.880,00
Capítulo 5 Estructuras				
Subcapítulo Acero				
m2 Tanque almacenamiento hidrolato (304 calibre 12)	1,00	176,00	180,00	31.680,00
m2 Tanque destilador (304 calibre 20)	2,00	3,00	100,00	600,00
m2 vaso separador	2,00	4,00	100,00	800,00
Perfiles para soportes y accesorios (304 calibre 20)	1,00	2,00	100,00	200,00
Total				33.280,00
Capítulo 8 Instalaciones				
Subcapítulo circuitos				
m Circuitos de alumbrado (1,5 mm2)	1,00	40,00	2,70	108,00
m Circuitos para bombas (2,5 mm2)	1,00	45,00	4,86	218,70
m Circuitos de otros usos	1,00	80,00	4,86	388,80
Interruptores	1,00	21,00	30,00	630,00
Puntos de luz	1,00	4,00	40,00	160,00
Puestas a tierra	1,00	6,00	115,00	690,00
Toma de corriente	1,00	4,00	22,00	88,00
VARIOS	1,00			2.000,00
Total				4.283,50
Subcapítulo canalizaciones				
m Canalización PVC	1,00	100,00	7,20	720,00
m Canalización Acero inoxidable	1,00	150,00	25,25	3.787,50
Total				4.507,50
Subcapítulo Equipos				
Bomba de baja presión	1,00	6,00	2.450,00	14.700,00
Condensador <i>shell ant tube</i>	1,00	2,00	8.500,00	17.000,00
Caldera generador vapor biomasa	1,00	1,00	20.000,00	20.000,00
Transporte y admisión caldera (sinfín)	1,00	1,00	16.000,00	16.000,00
Torre de refrigeración	1,00	1,00	20.000,00	20.000,00
Secadora de cinta transportadora	1,00	1,00	18.000,00	18.000,00
Molino de cuchillas	1,00	1,00	12.000,00	12.000,00
m3 Tanque almacenamiento agua	2,00	70,00		10.000,00
Válvulas	1,00	16,00	35,40	566,40
Equipo de laboratorio	1,00	1,00	20.000,00	20.000,00
Equipo de almacén	1,00	1,00	12.000,00	12.000,00
Total				160.266,40
Subcapítulo protecciones				
Extintor móvil (polvo abc)	1,00	2,00	60,00	120,00
Equipo autónomo alumbrado emerg. Y señal 60 lúmenes	2,00	2,00	61,00	122,00
Total				242,00
Subcapítulo salubridad				
Rejilla de ventilación	6,00	6,00	30,00	180,00
Total				180,00
Total Instalaciones				169.479,40
Presupuesto de Seguridad y Salud	1,00	1,00	15.000,00	15.000,00
Total				15.000,00
Presupuesto de Control de Calidad de edificios e instalaciones				
Supervisión obra	1,00	1,00	12.000,00	12.000,00
Supervisión montaje equipos	1,00	1,00	12.000,00	12.000,00
Total				24.000,00
TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)				262.639,40
6% Beneficio Industrial				15.758,36
13% Gastos Generales				34.143,12
21% IVA				49.901,49
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (PEM+BI+GG+IVA)				362.442,37