

---

**UNIVERSIDAD DE ALMERIA**

**FACULTAD DE CIENCIAS  
EXPERIMENTALES**

**INGENIERO QUIMICO**

**Proyecto Fin de Carrera**



**PLANTA DE OBTENCION DE  
GELATINA A PARTIR DE  
MATERIAL OSEO DE PESCADO**

**Isabel López Alarcón**

Septiembre 2012



**UNIVERSIDAD DE ALMERIA**  
FACULTAD DE CIENCIAS EXPERIMENTALES  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA QUIMICA

# **PLANTA DE OBTENCIÓN DE GELATINA A PARTIR DE MATERIAL ÓSEO DE PESCADO**

AUTOR: Isabel López Alarcón

DIRECTOR:  
José María Fernández Sevilla

ALMERIA, SEPTIEMBRE DE 2012



---

# PLANTA DE OBTENCIÓN DE GELATINA A PARTIR DE MATERIAL ÓSEO DE PESCADO

Memoria presentada por D<sup>a</sup> ISABEL LOPEZ ALARCON para la defensa del Proyecto Fin de Carrera de Ingeniería Química en la Facultad de Ciencias Experimentales de la Universidad de Almería.

Almería, Septiembre de 2012

Fdo.: Isabel López Alarcón

Con el V<sup>o</sup>B<sup>o</sup> del Director/a del Proyecto:

Fdo.: José María Fernández Sevilla

Profesor Titular

Departamento de Ingeniería Química

---

## **CAPITULO I**

# **MEMORIA**

---

<b>INDICE DE LA MEMORIA</b>	Paginas
1. Antecedentes:	1
1.1. Conclusiones del estudio de Mercado.	1
1.2. Conclusiones del estudio técnico y económico- financiero.	7
1.2.1. Análisis de la alternativa 1: piel de cerdo.	7
1.2.2. Análisis de la alternativa 2: recortes de cuero.	7
1.2.3. Análisis de la alternativa 3: hueso de res.	8
1.2.4. Análisis de la alternativa 4: Piel y tejido conectivo de pescado.	8
2. Memoria descriptiva:	10
2.1. Introducción.	10
2.1.1. Colágeno.	10
2.1.1.1. Propiedades del colágeno.	11
2.1.2. Gelatina.	12
2.1.2.1. Características físico-químicas.	12
2.1.2.2. Propiedades.	13
2.2. Descripción del proceso tecnológico.	15
2.2.1. Proceso ácido para la gelatina de tipo A.	15
2.2.2. Proceso alcalino para la gelatina de tipo B.	16
2.2.3. Introducción.	16
2.2.4. Descripción.	17
2.2.5. Diagrama de bloques.	19
2.3. Descripción de los equipos y las instalaciones.	20
2.4. Sala de control	45
2.5. Almacén y taller	45
2.6. Sala de mantenimiento	46
2.7. Oficinas	47

---

---

2.8. Aparcamientos	50
2.9. Caseta del vigilante	50
2.10. Descripción de las tuberías de la planta	51
2.10.1.    Tuberías del proceso de la zona 1	52
2.10.2.    Tuberías del proceso de la zona 2	53
2.10.3.    Tuberías del proceso de la zona 3	54
2.11. Lazos de control	57
2.12. Red de abastecimiento de agua.	57
2.12.1.    Red de suministro de agua potable.	58
2.12.2.    Red de suministro de agua industrial.	59
2.13. Red de saneamiento de aguas residuales.	60
2.14. Instalación eléctrica.	61
2.14.1.    Instalación del alumbrado.	62
2.14.1.1. Descriptiva del alumbrado de interiores.	62
2.14.1.2. Descriptiva del alumbrado de exteriores.	64
2.14.1.3. Descriptiva del alumbrado de señalización y emergencia	64
2.14.1.4. Características resumidas de las luminarias de nuestra planta.	65
2.14.2.    Instalación de fuerza.	67
2.14.2.1. Diagrama de la instalación eléctrica.	67
2.14.2.2. Características de las líneas eléctricas.	68
<b>A-Anexos de cálculo:</b>	69
A.1- Diseño de las calderas de vapor de agua.	69
A.1.1. Cálculo del diámetro	69
A.1.2. Cálculo de la pérdida de carga	70
A.1.3. Consideraciones previas a los cálculos	72

---

A.2. Diseño de bombas	73
A.2.1. Cálculo riguroso de las presiones de entrada y salida de todas las conducciones	73
A.2.2. Cálculo de la carga dinámica total, $\Delta h$	73
A.2.3. Elección de la bomba. Características y dimensiones	76
A.3. Diseño de las calderas de vapor de agua	84
A.4. Red de abastecimiento de agua.	85
A.4.1. Red de suministro de agua potable.	85
A.4.2. Red de suministro de agua industrial.	90
A.5. Red de saneamiento de aguas residuales.	91
A.5.1. Introducción a las características de nuestra red de saneamiento.	91
A.5.2. Introducción al cálculo de redes de saneamiento.	93
A.5.3. Diseño de la red de saneamiento de las aguas pluviales.	95
A.5.4. Diseño de la red de saneamiento de las aguas fecales.	98
A.6. Instalación eléctrica.	101
A.6.1. Calculo de la instalación del alumbrado.	101
A.6.1.1. Alumbrado de interiores.	102
A.6.1.2. Alumbrado de exteriores.	103
A.6.1.3. Alumbrado de señalización y emergencia.	110
A.6.1.4. Características resumidas instalación del alumbrado.	112
A.6.2. Cálculo de la instalación de la fuerza.	114
A.6.2.1. Diagrama unifilar de la instalación eléctrica.	114
A.6.2.2. Procedimiento para el diseño de las líneas eléctricas.	116
A.6.2.3. Características generales y resultados.	120
A.7. Coste de los restantes equipos.	122

---

A.7.1. Estimación del coste de las bombas centrífugas	125
A.7.2. Estimación del coste unitario de las calderas de vapor	126
<b>B. ANEXO DE ESTUDIOS ESPECIALES: SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS.</b>	127
B.1. Introducción.	127
B.2. Descriptiva de las instalaciones y normativa específica a aplicar.	127
B.3. Caracterización de los establecimientos industriales en relación con la seguridad contra incendios (anexo I del R.S.E.I.)	129
B.4. Requisitos constructivos de los establecimientos industriales (Anexo II del R.S.E.I.)	134
B.4.1. Justificación de la ubicación de los sectores incendio.	135
B.4.2. Sectorización de los establecimientos industriales.	136
B.4.3. Materiales.	137
B.4.4. Estabilidad al fuego de los elementos constructivos de cerramiento.	138
B.4.5. Resistencia al fuego de los elementos constructivos de cerramiento.	140
B.4.6. Evacuación de los establecimientos industriales.	141
B.4.7. Ventilación y eliminación de humos y gases de la combustión.	147
B.5. Requisitos de las instalaciones de protección contra incendios de la planta (Anexo III del R.S.E.I.)	148
B.6. Requisitos de las instalaciones de protección contra incendios de la planta (Anexo 3 del R.S.I.E.I.).	149
C. Bibliografía del proyecto.	153



- 
- El tener la lonja y un gran numero de conserveras en Almería podemos tener acceso a la materia prima suficiente para la viabilidad de la planta
  - La gelatina es una proteína de primera calidad que reúne, como alimento, numerosas propiedades positivas necesarias para una alimentación sana. Gracias a su singular poder gelificante, es imposible imaginarse la cocina moderna sin la gelatina
  - La gelatina recubre y protege los medicamentos.
  - Gracias a la gelatina pueden fabricarse las películas para aficionados, papel de color, películas gráficas y películas de rayos X en cantidades industriales. Gracias a su singular poder gelificantes la gelatina actualmente forma parte en la composición de un sin número de productos. Con sus múltiples propiedades ofrece, además, un considerable potencial para crear productos innovadores en todas la áreas de la vida.

El uso de gelatinas y sus derivados, principalmente en la industria de alimentos, viene presentando una tendencia ascendente en los últimos años en virtud, sobre todo, de su importancia benéfica para el organismo. Además de esto, está siendo difundida su sustitución por la grasa hidrogenada en diversos productos, debido a su función de efecto en la textura de las mezclas como helados, margarinas, chocolates y rellenos de galletas.

En lo concerniente al comercio mundial las exportaciones crecieron de US\$ 762 millones en el 2000 a US\$ 1 billón en el 2004. En volumen, las ventas globales mostraron un incremento promedio de 3% al año, pasando de 198 mil toneladas a 216 mil toneladas.

Regionalmente, Europa es la principal vendedora del producto, responsable por más del 60% del total de las ventas, seguida de América, Asia, Oceanía y África. En el 2004, fueron listados 68 países exportadores, pero solamente 19 presentaron una participación total, mayor al 1%. Se destacaron los siguientes países: Alemania (15,4%); Francia (13,6%); Estados Unidos (11,8%); Bélgica (11,4%); Brasil (8,4%); Suecia (6,4%); Italia (4,7%) y China (3,2%).



---

De lado de las importaciones mundiales se observa un crecimiento promedio de 11% al año, lo que representó una variación, de US\$ 752 millones en el 2001 a US\$ 1 billón en el 2004. Los países de Europa figuraron también como los principales importadores y, entre el 2000 y 2004, experimentaron una expansión superior (13% al año) al promedio global. En el 2004, las compras fueron absorbidas por las siguientes regiones: Europa (57,2% del total); América (25,3%); Asia (14,4%); Oceanía (2,2%) y África (0,9%).

Alemania figuró en los últimos años, como principal vendedora y compradora, responsable por más de 14% del flujo total. Entre el 2000 y el 2004, las compras alemanas crecieron en promedio, 11% al año, y sus ventas, 12% al año, totalizando más de US\$ 300 millones en transacciones durante el 2004.

En el 2004, los siguientes fueron los principales mercados importadores mundiales: Alemania (14,1% del total); Estados Unidos (12,4%); Reino Unido (7,3%); Canadá (6,2%); Japón (5,8%); Bélgica (5,6%); Francia (4,9%) y España (3,6%)

---

Exportadores mundiales, 2004    Importadores mundiales, 2004

(US\$ millones)

Exportadores	Valor	Part. %
Alemania	155,7	15,4
Francia	137,5	13,6
Estados	119,3	11,8
Bélgica	115,4	11,4
Brasil	84,9	8,4
Suecia	65,0	6,4
Italia	47,2	4,7
China	32,0	3,2
Países Bajos	27,7	2,7
Argentina	27,1	2,7
<b>Subtotal</b>	<b>811,8</b>	<b>80,3</b>
<b>Otros países</b>	<b>199,2</b>	<b>19,7</b>
<b>Total</b>	<b>1.011,0</b>	<b>100,0</b>

(US\$ millones)

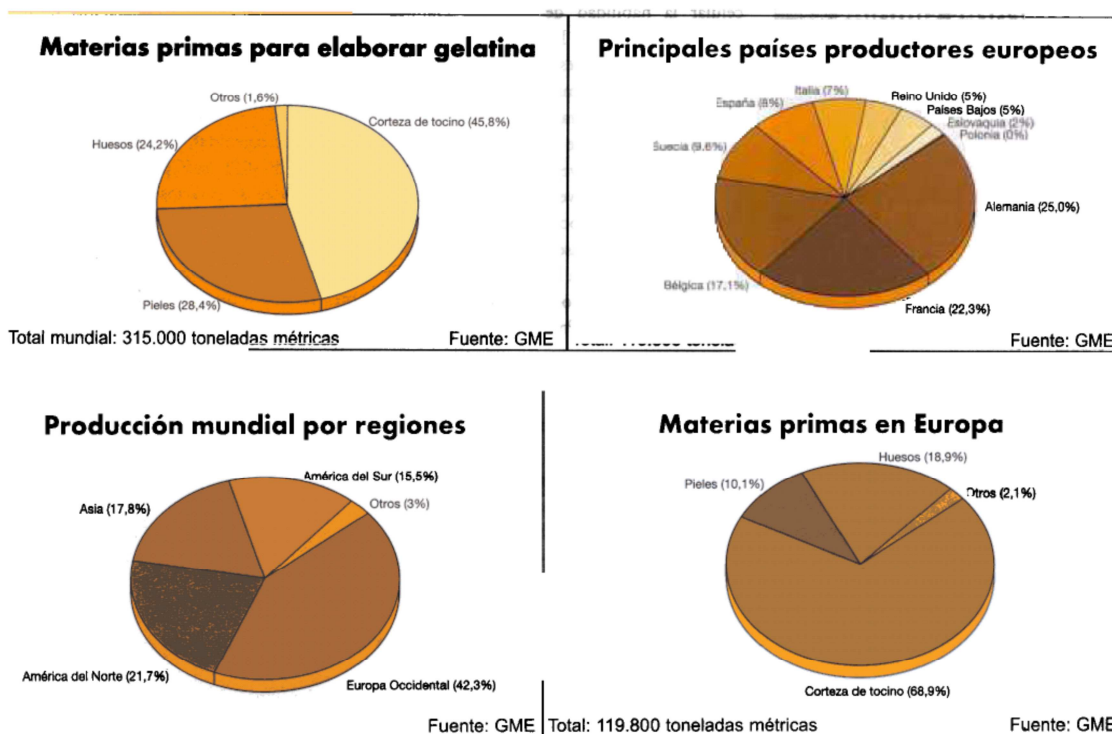
Importadores	Valor	Part. %
Alemania	144,9	14,1
Estados	127,2	12,4
Reino Unido	74,9	7,3
Canadá	63,9	6,2
Japón	59,3	5,8
Bélgica	57,8	5,6
Francia	50,2	4,9
España	37,4	3,6
México	34,7	3,4
Suiza	32,6	3,2
<b>Subtotal</b>	<b>682,9</b>	<b>66,4</b>
<b>Otros países</b>	<b>346,0</b>	<b>33,6</b>
<b>Total</b>	<b>1.028,9</b>	<b>100,0</b>

De acuerdo a los datos recogidos por la Asociación Europea de Fabricantes de Gelatinas (GME, por sus siglas en inglés), el mercado de ingredientes gelificantes sigue en ascenso, motivadas tanto por la creciente producción de gelatinas de origen animal, que sumaron en 2006 más de 315.000 toneladas en todo el mundo (119.800 toneladas fueron producidas en Europa).

Por producción, Alemania (30.000 Tm) y Francia (26.700 Tm) son los principales productores, seguidos por Bélgica (20.500 Tm) y Suecia (11.500 Tm). España vio crecer su producción un 9% durante el último año, hasta las 9.600 Tm.

El sector de gelatinas genera más de 2800 empleos en toda la UE.

Atrás quedó la crisis de la gelatina, causada principalmente por el síndrome de la Encefalopatía Espongiforme Bovina (EEB). La producción sigue en ascenso y los usos de las gelatinas animales continúan ampliándose.



A todo lo desarrollado en este documento podemos concluir con las siguientes reflexiones personales finales enfocadas a nuestro proyecto:

- o *Capacidad de producción final:*

Actualmente la gelatina de pescado representa solo entre el 1 – 2 % de la producción mundial (300.000 toneladas). Los mamíferos, como cerdos y ganado, son las fuentes más importantes de materia prima.

De un pescado solo se usa para la alimentación un 62% de su peso, ya que no se utilizan las cabezas, los esqueletos, escamas y aletas. De estos restos los que nos interesan son los esqueletos y las pieles que se pueden encontrar como desperdicio en las empresas de transformación de pescado.

No hay ninguna fábrica productora de gelatina en la provincia de Almería, esto generaría en la provincia puestos de trabajo y la colocaría en la vanguardia en la producción.

La capacidad de producción se va a justificar de la siguiente manera: en cuanto a la materia prima, las conserveras producen al cabo del año unas

347.000 Tm, esta producción corresponde al 62% del pescado, por tanto los residuos que es lo que se usa para la producción de gelatina es el restante 38%:

347000 Tm/año                      →      62%  
 X    →      38%

$$X = \frac{347000 \times 38}{62} = 212916,45 \text{ Tm / año}$$

Calculamos la cantidad de materia prima a procesar por hora:

$$212916,45 \frac{\text{Tm}}{\text{año}} \times \frac{\text{año}}{12 \text{ meses}} \times \frac{\text{mes}}{30 \text{ días}} \times \frac{\text{día}}{24 \text{ horas}} = 9,85 \text{ Tm / hora}$$

Redondeando procesaremos 10.000 Tm/hora

- *Inversión final*

<b>CAPITAL DE INVERSIÓN FIJO</b>	<b>COSTE TOTAL €</b>
Equipo principal adquirido	3.405.010,11
Costes de instalación	681002,02
Instrumentación y control	510751,52
Tuberías	681002,02
Electricidad	340501,01
Edificios	170250,51
Acondicionamiento del terreno	1702505,06
Servicios y utilidades	681002,02
Terreno	204300,61
Ingeniería y supervisión	681002,02
Construcción	204300,61
<b>TOTAL</b>	<b>9.261.627,51 €</b>

- *Ubicación de la planta*

La ubicación final será en el Polígono Industrial de La Juaida en Viator perteneciente a la provincia de Almería.

El acceso actual se realiza desde la Autovía del Mediterráneo (A – 7) dirección Granada, a través de la carretera provincial AL – 3117 dirección Huércal de Almería / Viator.

---

## 1.2. Conclusiones del Estudio Técnico y Económico – Financiero

A la vista de los Estudios Técnico y Económico – Financiero antes vistos, así como las justificaciones expuestas en el Estudio del Mercado, ya podemos extraer las conclusiones del análisis de las tres alternativas posibles y escoger aquella de mayor viabilidad.

### *1.2.1. Análisis de la Alternativa 1: piel de cerdo*

Las compañías proveedoras de piel de cerdo son los negocios de descuartizamiento o las fábricas de producto de carne. Allí las pieles de cerdo son separadas de los tejidos grasos que llevan debajo y son transportados a la fábrica de gelatina ya sean frescas, refrigeradas o congeladas, de acuerdo a la distancia. Si es necesario son almacenadas provisionalmente en propias cámaras frigoríficas hasta su tratamiento posterior.

### *1.2.2. Análisis de la Alternativa 2: Recortes de cuero*

Los recortes de piel suelen recuperarse como materia prima para la fabricación de gelatina; los recortes de piel sin curtir, así como los descames, provenientes del descamado y dividido, no aprovechable para obtener cuero. En el caso del cuero wet – White, las rebajaduras están exentas de cromo y pueden ser fácilmente descurtidas hasta el punto de que puede ser empleadas como una valiosa materia prima para la fabricación de gelatina.

La capa intermedia de la piel de bovino es otra materia prima muy importante para la producción de gelatina ya que está formado en su mayor parte por colágeno.

### *1.2.3. Análisis de la Alternativa 3: Hueso de res*

Esta materia prima está dirigida en primera línea, a la producción de gelatina fotográfica y farmacéutica. La materia prima viene directamente de los mataderos, empresas de descuartizamientos o de las fábricas de productos de carne. Aquí comienza un complicado proceso de preparación que empieza con la trituración de huesos, en tamaños de terrones de azúcar. Después a través de un proceso de combinación de agua, calor y movimiento de donde se extrae la grasa y los restos de carne que habían quedado. Este hueso calibrado es secado y seleccionado de acuerdo al tamaño de grano. Después de la

---

desmineralización del hueso calibrado se obtiene oseína, la materia prima para la preparación de gelatina.

#### *1.2.4. Análisis de la Alternativa 4: Piel y tejido conectivo del pescado*

La gelatina de pescado, especialmente de peces de agua caliente, posee características similares a la gelatina porcina y, por tanto, puede ser considerada como una alternativa para su uso en productos alimentarios.

Según los investigadores, la producción y utilización de la gelatina de pescado en el ámbito alimentario no solo satisface las necesidades de los consumidores, sino que también sirve como uno nuevo y eficaz medio para la reutilización de algunos subproductos de la industria pesquera.

La gelatina de pescado se adapta a todas las aplicaciones tradicionales de la gelatina.

Una imagen prometedora, perfectamente adaptada a los productos y al mercado que permite importantes valores añadidos.

El 80% de la gelatina comestible producida en Europa proviene de la corteza de cerdo. El 15% se obtiene a partir de la capa media de la piel del ganado bovino. Es esta la delgada capa colagenosa entre la dermis y la epidermis. El 5% restante se obtiene de huesos de cerdo, vacuno, res y pescado.

La importancia de la industria de los subproductos es extraordinaria tanto desde el punto de vista económico como de la utilidad para el hombre de los elementos que se obtienen de ella: harinas, aceites, productos farmacéuticos, abonos, colas, gelatinas y pieles.

Los temores a una ineficaz sanidad animal y sus posibles consecuencias en las personas, como la encefalopatía espongiforme bovina (EEB) o la gripe aviar, han llevado a los consumidores y fabricantes a buscar nuevos productos exentos de derivados animales.

Según los investigadores, la producción y utilización de la gelatina de pescado en el ámbito alimentario no solo satisface las necesidades de los consumidores, sino que también sirve como un nuevo y eficaz medio para la reutilización de algunos subproductos de la industria pesquera.

---

Con este tipo de gelatina se pretende satisfacer a aquella población que, por sus creencias religiosas, no consume carne de cerdo.

- *A tener en cuenta*

La obtención de la gelatina de pescado tantea algunas cuestiones.

Por una parte, se plantean cuestiones como el aumento de las condiciones de transformación necesarios para su obtención, es decir, su proceso de obtención es más laborioso que el habitual en la gelatina del cerdo y eso conlleva más dedicación.

En segundo lugar, el Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC) para este tipo de alimento exige elaborar un estudio detallado con el fin de normalizar la pureza de las muestras y de la materia prima utilizada.

A pesar de estos desafíos, se ve un gran potencial en este tipo de producto. De acuerdo con la evolución del mercado, la demanda mundial de gelatina ha ido aumentando con los años y las previsiones apuntan a que el uso de la gelatina de pescado ampliará el mercado existente.

Además, se apostará un producto novedoso y ampliará el abanico de consumidores, como las personas cuya religión no les permite la ingesta de cerdo y el sector de la población vegetariana que únicamente consume vegetal y pescado.

- *Alternativa real*

La gelatina de pescado se cuenta como una alternativa frente a la porcina para la elaboración de los alimentos y tratamientos de subproductos, además de ser más sana.

Por tanto este proyecto se basa en el uso de los subproductos de la industria pesquera: pieles y huesos de pescado para la obtención de gelatina. Usaremos un tratamiento básico.

---

## **2. MEMORIA DESCRIPTIVA**

### **2.1. Introducción**

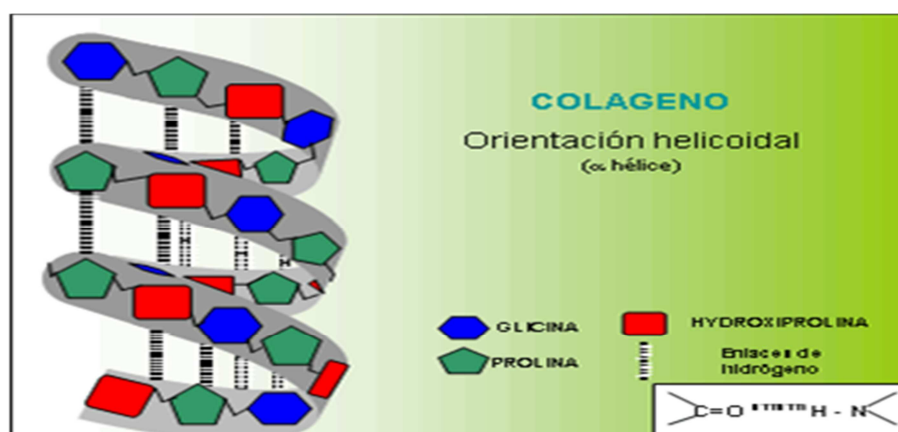
#### **2.1.1. Colágeno**

La gelatina se extrae de materias primas seleccionadas que contienen colágeno. Estas son piel de cerdo, recortes de res o ternero, así como los huesos de éstos, solamente de animales que han sido examinados por veterinarios y que han sido autorizados para el consumo humano.

El colágeno constituye un tercio de las proteínas de los vertebrados, está formada por una cadena de tres polipéptidos que a su vez se compone de 1000 aminoácidos unidos por enlaces de hidrógeno, formando una espiral muy apretada empaquetándose en fibrillas, y éstas a su vez en fibras de mayor tamaño. Las cadenas tienen como aminoácidos más abundantes la glicina y la prolina. La glicina se sitúa en uno de cada tres aminoácidos, apareciendo en los tendones y las moléculas adyacentes de colágeno se unen por enlaces covalentes que se sitúan de forma cruzada entre los aminoácidos vecinos y la lisina.

Esto hace que el colágeno exhiba propiedades mecánicas y forme la estructura del tejido conectivo de la piel, los tendones, los cartílagos y los huesos de los animales.

Estructura del colágeno en triple hélice

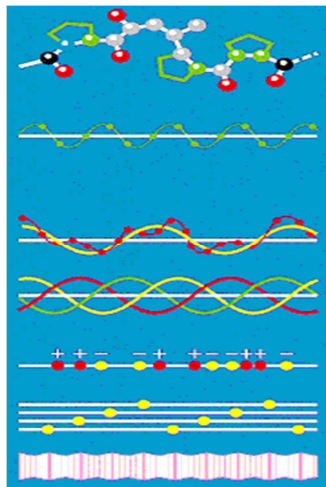


El colágeno está formado por muchas moléculas de aminoácidos, pero podemos destacar tres principalmente. La glicina, prolina e hidroxiprolina.



---

Constituye el 30% de toda la materia orgánica del cuerpo de un animal, o el 60% de las proteínas totales del cuerpo, por lo cual es obvio que se pueden utilizar muchos tejidos como materia para la fabricación de gelatina. Los tejidos con las mayores cantidades de colágeno, que se pueden encontrar entre los subproductos son usualmente las pieles y los huesos. El resto de las materias primas solo se emplean en pequeñas cantidades. Los cuernos, los pelos, las plumas y las cáscaras de los huevos no se pueden emplear para fabricar gelatina.



#### 2.1.1.1. Propiedades del colágeno

El compuesto orgánico principal de los huesos es el colágeno y constituye un 1/3 de la estructura ósea. El colágeno es una proteína flexible y su estructura tridimensional le da al hueso resistencia a la tracción.

Sus principales propiedades son su gran resistencia a la tensión y su relativa inextensibilidad.

Las películas preparadas a partir de soluciones de colágeno nativo son muy resistentes.

Las soluciones de gelatina por evaporación, tienden, en general a la pulverización y algunas veces proporcionan películas muy frágiles.

El colágeno nativo extendido sobre la piel posee un aspecto de alisamiento sobre las pieles secas, disminuyendo el aspecto arrugado y exfoliado de las pieles ancianas.

---

### 2.1.2. Gelatina

La gelatina procede realmente de una proteína llamada colágeno que abunda en las “carnes para guisar o estofar”. El colágeno está especialmente concentrado en aquellos tejidos que soportan peso como la piel, huesos y cartílagos, existiendo en altas proporciones en aquellas partes del organismo que transmiten fuerza, como ligamentos y tendones.

Es una proteína la cual carece de los principales aminoácidos como vaina, tirosina y triptófano, y por lo tanto no tiene valor como alimento. En el animal, la gelatina no existe como componente, se la obtiene por hidrólisis parcial del colágeno, su precursor insoluble.

La composición de las fibras de colágeno, precursor de la gelatina, es mayoritariamente proteica (84 – 90%), aunque también contiene sales minerales (1 – 2%) y agua.

Es una mezcla coloide, es decir, una sustancia semisólida, incolora, translúcida, quebradiza y casi insípida.

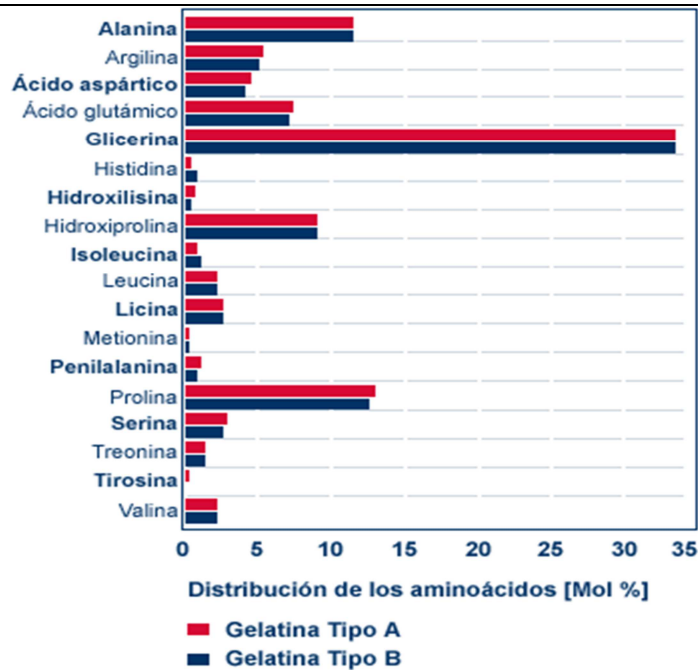
La obtención de gelatina a partir de pescado se realiza por el tratamiento de los huesos, espinas, tejidos conjuntivos y pieles, es decir, de aquellas estructuras en cuya composición interviene la sustancia colágena que está contenida dentro del tejido conjuntivos.

#### 2.1.2.1. Características físico – químicas

Las gelatinas de uso comercial están compuestas de la siguiente manera:

- 84 – 90% proteínas
- 8 – 12% agua
- 2 – 4% sales minerales

Estas no contienen grasa ni carbohidratos, tampoco purina ni colesterol y están libres de conservantes.



El espectro aminoácido del colágeno y con esto también el de la gelatina, está compuesto en un tercio de glicerina y un 22% de prolina e hidroxiprolina; el 45% restante por otros 17 aminoácidos. Notorio es alto contenido en ácidos y aminoácidos básicos. De los aminoácidos ácidos (ácido glutámico y ácido aspártico) se presentan 1/3 en forma amida y asparagina. La cisteína falta por completo; solo metionina representa a los aminoácidos sulfurosos con una mínima participación.

#### 2.1.2.2. Propiedades

Propiedades de la gelatina:

- Espesante
- Espumante
- Emulsionante
- Plastificante
- Anti – sinéresis
- Sustitutos de materias grasas
- Floculante
- Estabilizante

- 
- Ligante

Las calidades disponibles van de 140 a 260 Bloom.

a) *Índice de Bloom o Resistencia de Gel:* Este es un índice importante para determinar la calidad de la gelatina. El grado Bloom de una gelatina es la capacidad que tiene para formar un gel a un volumen dado, bajo condiciones controladas.

La fuerza de un gel depende de la concentración de gelatina que se use y de otros factores intrínsecos y extrínsecos, tales como: el peso molecular, la temperatura utilizada, las condiciones de extracción, el pH y la presencia y concentración de electrolitos y no electrolitos. La rigidez de un gel se incrementa con el tiempo hasta que alcanza un equilibrio después de las 18 horas de maduración.

El Bloom es la medida de la fuerza necesaria para formar una depresión de 4 mm, por medio de un émbolo de 12,7 mm de diámetro en una solución al 6,66% de la gelatina mantenida a 10 °C por 18 horas.

b) *Viscosidad:* Se determina en una solución al 6,66%, mediante un viscosímetro en forma de "U" (Ostwald), a 60 °C. El resultado se expresa en centipoises.

Se incrementa con la concentración y desciende con la temperatura. Además, se ve afectada por el pH de la solución, debido a los cambios físico – químicos que ocurren en la molécula de gelatina a diferentes valores de pH.

Propiedad que junto con el Bloom, debe ser considerada en el momento de seleccionar una gelatina para un uso dado.

La gelatina es insoluble en agua fría, pero es fácilmente soluble en agua tibia. Cuando la gelatina es añadida al agua fría, las partículas se hinchan absorbiendo varias veces su peso en agua y una vez hidratadas entran fácilmente en solución cuando se incrementa la temperatura.

c) *Punto de fusión y de solidificación:* El punto de fusión se determina en el equipo denominado Fusiómetro de Cambón, a partir de una solución de gelatina al 10%. El punto de solidificación se obtiene dejando enfriar una

---

solución de gelatina al 10%. Tan pronto se observa la formación de filamentos al extraer el termómetro, se considera alcanzado el punto de solidificación.

d) *Capacidad de gelificación*: Para su determinación se deposita una solución de gelatina de 4% hasta una altura de 12 cm en un tubo de ensayo de 16 cm de longitud, el cual se coloca a continuación en un baño maría a 40°C durante 15 minutos.

e) *pH*: Se determina en una solución de gelatina al 1%, a una temperatura de 20°C, utilizando un pHmetro.

f) *Punto isoeléctrico*: Este valor se halla dejando que fluya una solución de gelatina al 1%, a través de columnas intercambiadoras de aniones y cationes.

g) *Transparencia y color*: Esta determinación se lleva a cabo examinando una solución al 10% de gelatina puesta en un recipiente de vidrio.

El color depende de los materiales utilizados y del proceso de fabricación. Es medido a alta concentración, comparándolo contra escalas de color establecidas.

La transparencia es la medida de la turbidez de una solución de gelatina expresada en N.T.U (Unidades Nefelométricas de Turbidez)

Indica básicamente la eficiencia en los procesos de filtración llevados a cabo durante el proceso

h) *Ceniza*: Es el contenido de sustancias minerales en una gelatina por efecto de los procesos de fabricación y es medida como el residuo después de incinerar una muestra de gelatina en un horno de temperatura controlada.

## 2.2. Descripción del proceso tecnológico

La gelatina es la proteína purificada que se obtiene a partir de la hidrólisis selectiva del colágeno. El colágeno es el principal componente de los huesos y de la piel de los mamíferos y de los pescados. En la práctica, las materias primas generalmente más usadas son los cueros de cerdo y de ganado vacuno, así como los huesos de estos animales. Hay dos métodos de

producción diferentes, el proceso ácido (Tipo A) y el proceso alcalino (Tipo B):

---

### *2.2.1. Proceso ácido para la gelatina de tipo A*

La materia prima (mayormente piel de cerdo) toma un procedimiento de desintegración de tres días. En este proceso la materia prima es tratada con ácidos con una neutralización posterior con agua fría y un lavado intenso para eliminar las sales y al final está lista inmediatamente para la extracción de la gelatina.

Cuando se trabaja con hueso se lo dirige hacia un baño ácido hasta la obtención de un material esponjoso que se define como oseína. Se lava hasta que desaparece la reacción ácida.

El proceso ácido produce una gelatina con un punto isoeléctrico (PIE) que varía de 6 a 9 y está relacionado con el valor en Bloom.

### *2.2.2. Proceso alcalino para la gelatina de tipo B*

El tejido conjuntivo se somete a un tratamiento preliminar con lejías durante varias semanas. Con ello, se logra una transformación cuidadosa de la estructura colagenosa. Después de este tratamiento, el colágeno se vuelve soluble en agua caliente, de esta manera puede extraerse de materia prima restante.

Tradicionalmente, en este proceso los huesos desmineralizados se colocan dentro de cubas de suspensiones de cal y se dejan en remojo durante un período de 60 días. La suspensión de cal se renueva periódicamente. Al final de este tratamiento se procede a lavar a fondo la materia prima para eliminar todo residuo de cal. El proceso alcalino produce una gelatina con un rango PIE más reducido, de 4,8 a 5,2.

### *2.2.3. Introducción*

El tejido óseo y conectivo de los pescados, que son deshecho de las empresas conserveras pueden tener un alto contenido en colágeno que es el precursor de la gelatina; estos tejidos los maceramos con ácido o base, según si es tejido conectivo u óseo con una posterior extracción con agua caliente y obtenemos gelatina válida como materia prima en una amplia gama de industrias (fotográfica, alimenticia,...) y para uso alimenticio (estas gelatinas tienen que pasar un control de calidad para hacerlas aptas para su consumo,

---

Reglamento (CE) N° 1243/2007 de la Comisión, de 24 de Octubre de 2007). Este tipo de gelatina, además, es de características similares al obtenido a partir de huesos de res.

Cabe destacar la obtención de proteína hidrolizada, la cual tiene aplicación como fuente de nitrógeno en la formulación de dietas enterales con destino a la alimentación infantil y/o de adultos enfermos. También se obtiene una corriente de Sulfato de calcio (yeso) que se puede dejar que se seque en una balsa al aire libre y obtener el yeso sólido, el cual se puede comercializar.

#### *2.2.4. Descripción*

El proceso se resume esquemáticamente en el diagrama de bloques, cuya descripción se explica a continuación: el tejido óseo (10000 Kg/h) con un contenido del 9% en colágeno se somete a un proceso de molienda para facilitar los tratamientos posteriores. El sólido pulverulento se someterá a hidrólisis en el reactor 1 a 50°C para la eliminación de proteínas cárnicas (musculo), la corriente de agua es previamente calentada a esa temperatura y el reactor estará recubierto por un encamisado por donde pasa agua a 50°C. La hidrólisis estará catalizada por la proteína alcalasa que tiene su temperatura óptima a la ya citada. Como este proceso tiene tendencia a la acidificación, entrando en rango de inactivación de la enzima, procede a añadir base para mantener el pH en torno a un valor de 8.

A continuación se lava con agua la alcalasa y las proteínas hidrolizadas con el proceso de filtración centrífuga. La corriente de alcalasa y proteína hidrolizada se procesa con una ultrafiltración para la recuperación de la enzima. La torta de la filtración centrífuga es llevada a un secado tipo cinta sin fin y a partir de aquí podemos hacer dos cosas: llevar a la línea de proceso lo producido o almacenarlo el silos hasta que se pueda introducir a la línea; para ello se tienen dos silos.

A continuación, el sólido se lleva a la extracción sólido – líquido 1 en donde se pone en contacto con HCl y se lleva a cabo la extracción de los minerales del hueso, lo extraído es lavado con agua con una filtración centrífuga (Filtración centrífuga 2). Con esto ya tenemos nuestro hueso preparado para la etapa fundamental del proceso, que es la maceración,

---

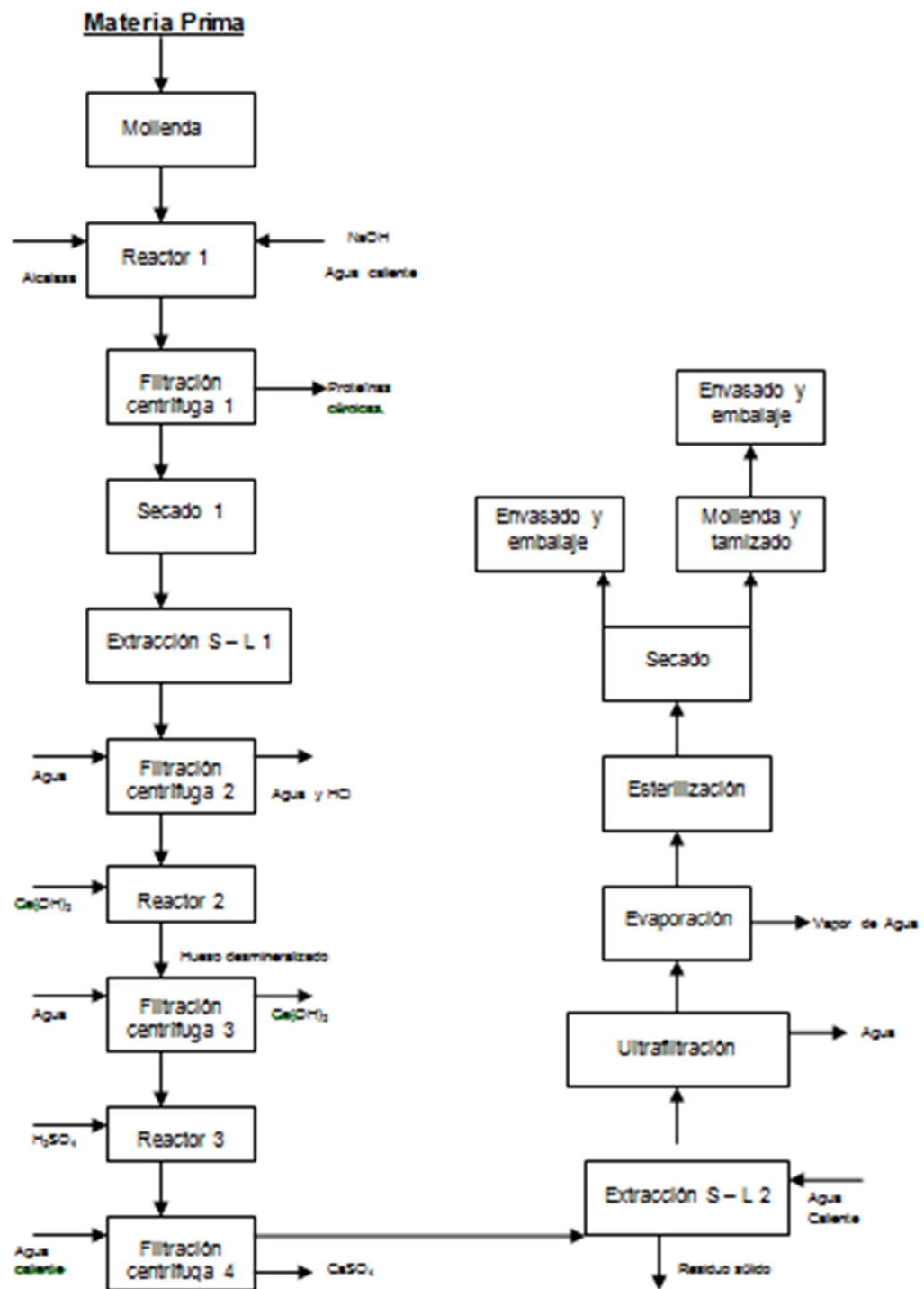
representada por el reactor 2; en este proceso se lleva a cabo la transformación del colágeno a gelatina dentro de la matriz interna poniéndolo en contacto con  $\text{Ca(OH)}_2$  durante 10 días.

Una vez obtenida la gelatina, se extrae de la matriz ósea con varias extracciones sucesivas con agua cada vez más caliente. Para que el proceso conserve la temperatura se tendrá un encamisado con agua a la temperatura correspondiente (55, 65, 75 u 85°C).

A partir de aquí se tendrán cuatro líneas independientes pero con las mismas unidades de proceso, la única diferencia será las temperaturas de las corrientes (55, 65, 75 u 85°C). Cada línea se lleva a ultrafiltración para preconcentrar la disolución a un 40% de gelatina; acto seguido se lleva a evaporación concentrándose hasta un 60%. La siguiente unidad se aplica para que la gelatina se pueda aplicar en la industria alimentaria a 140°C durante 8 segundos, en este proceso se consigue concentrar hasta el 70%. La corriente de salida sale a 60,06°C y se procede a enfriar hasta 20°C en placas de un grosor de 12 mm. Estas placas son cortadas en láminas de 1 cm x 1 cm y se llevan a un secadero de cinta sin fin, esta gelatina es la definitiva con un 14% de humedad y la cantidad obtenida es 19659,14 Kg al día. Parte de estas láminas serán empaquetadas y otras se someterán a proceso de molienda, así se comercializará de las dos formas.



### 2.2.5. Diagrama de bloques



La nomenclatura final de los equipos a utilizar en el presente documento (Memoria) será establecido en el Diagrama de Flujo.

---

### 2.3. Descripción de los equipos y de las instalaciones

Vamos a describir todas las instalaciones de la planta, así como los equipos que podemos encontrar en ellas. Todo lo explicado se puede observar con detalle en el Estudio Técnico.

La zona de producción se encuentra situada en el interior de una nave, en donde está la sala de control. La mayoría de la superficie es la zona de producción con una puerta para acceder a la explanada de entrada a la planta, desde la cual se accede al almacén y taller, sala de mantenimiento, edificio de oficinas y aparcamientos.

También en la misma zona de producción se encuentra la sala de control. Esta sala está totalmente independizada de la zona de producción gracias a su propio acceso al exterior, evitando así que en determinados momentos, los trabajadores tengan que llevar las protecciones necesarias en presencia de agentes químicos perjudiciales para la salud.

A continuación se exponen las características técnicas resumidas de los equipos ubicados en esta zona:

#### **MP-MT-1.Triturador de mandíbula**

Se trata de la primera molienda en donde se realiza una reducción primaria de los tejidos óseos del pescado. Todo ello a temperatura ambiente. Desde esta unidad hasta el primer secado se realiza desde la recepción de la mercancía hasta el primer secado para evitar que la materia prima se descomponga.

Son molinos de estructura simple, con una quijada oscilante de manera que efectúa un movimiento descendente al mismo tiempo que directo.

<b>Descripción general y dimensionado</b>	
Modelo	PE 250x400
Dimensión de boca para entrada (mm)	440x250
Tamaño de alimentación (mm)	200
Capacidad (t/h)	5 – 20
Potencia de motor (Kw)	15
Peso (t)	1,5
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>3000</b>

---

### MP-T-1. Tamizado

Se trata de la primera clasificación del sólido triturado, el cual recircula los más gruesos y deja pasar los finos. Este proceso se realiza a temperatura ambiente.

Es una operación destinada a la separación mecánica o clasificación propiamente dicha, consiste en la distribución de una mezcla de partículas de diferente tamaño en dos o más fracciones, cada una de las cuales está formada por partículas de granulometría uniforme.

<b>Descripción general y dimensionado</b>	
Densidad, t/m <sup>3</sup>	1,0086
Tamaño máximo de la alimentación (mm)	100
Forma de la partícula	Lajosa
Temperatura (°C)	20
Tipo de malla	Malla de goma
Eficiencia (%)	90
Número de pisos	2
Area de cribado 1º piso (m <sup>2</sup> )	0,513
Área de cribado 2º piso (m <sup>2</sup> )	0,49
Modelo de cribado	ZDS-1000
Area efectiva de tamizado (m <sup>2</sup> )	0.636
Potencia (Kw)	1.5
Dimensiones (LxWxH), m	1.18 x 1.18 x 1.17
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>8000</b>

### MP – MB - 1. Molino de bolas

Se trata de la segunda molienda de la materia prima para obtener un sólido con un granulado menor y más uniforme y facilitar así las siguientes operaciones del proceso.

Se trata de un recipiente en el cual se introducen unas esferas que chocan con el sólido reduciéndolo de tamaño. Hay una gran disipación de calor y una homogeneización de tamaño elevada.

<b>Descripción general y dimensionado</b>	
Dimensión, mm	Φ1830X6400
Cantidad de llenado de las bolas, Tm	23
Tamaño de la alimentación, mm	≤25
Granulación de descarga, mm	0,075 – 0,4 mm
Producción, T/h	6,5 – 15 T/h
Potencia del motor, Kw	210
Peso, Tm	34
Razón de disipación del calor, m <sup>-1</sup>	2,186
Velocidad crítica, rpm	31,34
Velocidad de operación, rpm	24,29
Peso total de las bolas, Kg	27523,65
Número de bolas	15148
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>10000</b>

### **MP – T - 2. Tamizado**

Se trata de la segunda clasificación del sólido triturado, el cual recircula los más gruesos y deja pasar los finos. Este proceso se realiza a temperatura ambiente.

Es una operación destinada a la separación mecánica o clasificación propiamente dicha, consiste en la distribución de una mezcla de partículas de diferente tamaño en dos o más fracciones, cada una de las cuales está formada por partículas de granulometría uniforme.

<b>Descripción general y dimensionado</b>	
Densidad, t/m <sup>3</sup>	1,0086
Tamaño máximo de la alimentación (mm)	2
Forma de la partícula	Lajosa
Temperatura (°C)	20
Tipo de malla	Malla de goma
Eficiencia (%)	90
Número de pisos	2
Area de cribado 1º piso (m <sup>2</sup> )	0.47
Área de cribado 2º piso (m <sup>2</sup> )	0.48
Modelo de cribado	ZDS-1000
Area efectiva de tamizado (m <sup>2</sup> )	0.636
Potencia (Kw)	1.5
Dimensiones (LxWxH), m	1.18 x 1.18 x 1.17
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>8000</b>

---

### MP – RH - 1. Reactor de hidrólisis.

Se trata de eliminar los restos de carne de pescado que pueda haber, para ello se pone en contacto la materia prima con la enzima alcalasa en caliente. En este proceso las enzimas cárnicas se hidrolizan pasando a formar parte de la disolución.

El reactor que se usará es un reactor enzimático continuo encamisado para que no haya pérdida de calor y con adición de base ya que el proceso tiene a acidificar el medio y si esto pasa la enzima se inactiva.

La corriente de disolución obtenida se pasa por un proceso de ultrafiltración para recuperar la enzima.

El agua del encamisado entrará a 54°C y procederá del agua que sale del precalentador 1.

<b>Descripción general y dimensionado</b>	
Conversión, %	60
Constante cinética, h <sup>-1</sup>	19,03
Concentración inicial de sustrato, Kg/L	0,01992
Caudal másico de materia prima, Kg/h	10000
Concentración inicial de enzima, Kg/L	0,98559
Constante de saturación (M-M), Kg/L	5 · 10 <sup>-4</sup>
Constante de desactivación, h <sup>-1</sup>	385
Velocidad de dilución, h <sup>-1</sup>	1,26
Volumen de reactor, L	80000
Volumen de enzima, L	35,56
Volumen de NaOH 1 M, L	16,1
Altura, m	6
Diámetro, m	4.12
Acero – 515 (Grado 60)	
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>190000</b>

### EP – CT - 1. Intercambiador de calor.

Se trata de calentar la corriente de agua y de alcalasa que previamente se han mezclado a través de un intercambiador de carcasas y tubos. De esta forma calentamos a 50°C y tenemos las condiciones óptimas para el uso de la enzima en la hidrólisis. Para calentar se va a usar vapor de agua a 200°C.

La alcalasa está previamente almacenada a 5°C y cuando se mezcla con agua, se obtiene una corriente de 24.99°C.

<b>Descripción general y dimensionado</b>	
Temperatura de entrada del vapor, °C	200
Temperatura de salida del vapor, °C	100
Temperatura de entrada de disolución, °C	24.99
Temperatura de salida de disolución, °C	50
Caudal de calor, J/s	$1,74 \cdot 10^6$
Flujo másico del vapor, Kg/s	2.78
Flujo másico de la disolución, Kg/s	16,67
Tipo de intercambiador	1:2
Area, m <sup>2</sup>	16.73
Localización de las corrientes	
Tubos	Vapor
Carcasa	Disolución
Espesor de los tubos, mm	2
Material de los tubos	Níquel
Longitud de los tubos, m	4,88
Disposición de los tubos	Triangular
Número de tubos	56
Coef. Transmisión de calor en el lado de los tubos, w/(m <sup>2</sup> °C)	8686.57
Coef. Transmisión de calor en el lado de la carcasa, w/(m <sup>2</sup> °C)	9008.36
Coefficiente global de calor, w/(m <sup>2</sup> °C)	1000
Caída de presión en los tubos, bar	0,026
Caída de presión en la carcasa, bar	0,687
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>10626</b>

### **EP – CA – 1; EP – CA - 2. Calderas de vapor de agua**

Nuestro proceso tiene unas necesidades de vapor de agua para calefacción de 69635.95 Kg/h. Para suministrar esa cantidad, vamos a utilizar un Circuito Cerrado de Calefacción constituido por seis calderas de vapor. Las características técnicas de las calderas son las siguientes:

<b>Descripción general y dimensionado</b>	
Tipo	Piro
Forma	Cilindrica
Situación	Vertical
Modelo	OVS-3500-3
Nº calderas necesarias	2
Presión de diseño estándar, MPa	1,4
Tipo de vapor producido	Saturado a 200°C
Vapor producido	69635.95 Kg/h
Rendimiento producción de vapor	92,143
Diámetro de la caldera, m	3,8
Altura de la caldera	8,525
Altura total (más accesorios)	9,4
Longitud del hogar, m	3,085
Longitud del conducto del hogar combustible, m	1,4
Peso (seco), Tm	52
Contenido en agua, m <sup>3</sup>	14,9
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>754261.05</b>

#### **MP – FC - 1. Filtración centrífuga.**

En esta operación se trata de eliminar, primero el agua con la alcalasa y la proteína hidrolizada y a continuación se hace un lavado con agua para terminar de eliminar la alcalasa presente.

De este proceso lo que interesa para la línea de producción es la torta, que es la que se someterá a los sucesivos tratamientos, pero el filtrado también interesa ya que se someterá a ultrafiltración para recuperar la alcalasa y reutilizarla y la disolución de proteínas hidrolizadas se puede procesar para la obtención de alimento para el ganado, reutilizando así un deshecho de la fábrica.

<b>Descripción general y dimensionado</b>	
Radio del filtro, cm (Ro)	102
Espesor de la torta, cm	2
Altura de la centrífuga, cm	100
Tiempo de ciclo, h	1
Caída de presión, atm	1,919
Caudal de entrada, L/h	70051.7
Eficiencia de lavado, %	80
Retención de filtrado, %	7
Velocidad angular, rpm	530
Temperatura agua de lavado, °C	15
Temperatura de la corriente de entrada, °C	50
Tiempo de filtrado, min	4,68
Area de la centrífuga, m <sup>2</sup>	6.41
Volumen de la torta, m <sup>3</sup>	4,9
Volumen de lavado, m <sup>3</sup>	81.01
Tiempo de lavado, min	13,89
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>4000</b>

### **MP – ST - 1. Secadero de túnel.**

En esta operación, la torta obtenida es secada a través de una cinta sin fin por donde pasa aire seco a contracorriente y se obtendrá aire cargado de humedad. Aunque no se tiene que perder de vista la complejidad y dificultad añadida de que la torta se comprime durante el proceso.

El secadero no tiene intercambio de calor con el exterior, trabajando en condiciones adiabáticas, siendo la única fuente de calor el aire. Toda la humedad del sólido es no ligada y el proceso de secado se efectúa a temperatura del bulbo húmedo.

En la longitud final de secado, el sólido solamente se calienta pero no pierde humedad.



<b>Descripción general y dimensionado</b>	
Radio de los granulos, mm	0,25
Espesor, cm	1,5
Carga del lecho, Kg/m <sup>2</sup>	7
Longitud de la cinta, m	4
Ancho de la cinta, m	0,75
Flujo de aire, Kg/(s m <sup>2</sup> )	1,36
Caudal de alimentación, Kg/h	14091,09
Temperatura de entrada del aire, °C	70
Temperatura bulbo húmedo, °C	26,7
Temperatura bulbo seco, °C	71,1
Tiempo de secado a velocidad cte, min	5.01
Temperatura de salida del aire, °C	60.14
Tiempo en tramo veloc. decreciente, min	2.95
Tiempo total de secado, min	7,96
Velocidad de deshidratación, Kg/s	9,16
Potencia, Kw	2,23 · 10 <sup>4</sup>
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>4000</b>

#### **MP – ST – 1. Silo – tolva**

Se trata de un recipiente de almacenaje para sólidos. En este momento ya podemos almacenar, ya que la materia prima se ha transformado en un sólido que no se descompone rápidamente.

Se almacena un sólido con poca humedad y tiene que ser capaz de almacenar lo producido en un día.

<b>Descripción general y dimensionado</b>	
Tipo	Torre
Volumen, m <sup>3</sup>	301.6
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>2431.27</b>

#### **PI – ES - 1. Extracción sólido – líquido con HCl**

Operación cuyo objetivo es desligar de la matriz ósea las sales minerales, para ello utilizamos un extractor continuo en contracorriente por etapas. Proceso que ocurrirá a temperatura ambiente.

El agente extractor va a ser HCl que cuando salga por la última etapa tendrá concentraciones de sales como fosfatos o carbonatos.

El tipo de extractor será Rotocel que consiste en un tanque cilíndrico dividido en numerosas unidades sectoriales que rota lentamente en el interior de un tanque estacionario.

<b>Descripción general y dimensionado</b>	
Caudal de alimentación, Kg/h	10052.42
Caudal de HCl, Kg/h	5490.69
Retención	0,15
% Recuperación	96
Nº de etapas	2
Tipo de extractor	Rotocel
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>135000</b>

### **PI – FC - 2. Filtración centrífuga.**

En esta operación se trata de eliminar, primero el HCl y los fosfatos y carbonatos y a continuación se hace un lavado con agua para terminar de eliminar estos compuestos.

De este proceso lo que interesa para la línea de producción es la torta, que es a lo que llamaremos oseína y es a la que se someterá a los sucesivos tratamientos, pero el filtrado se trataría para posteriormente redirigirlo la EDAR.

<b>Descripción general y dimensionado</b>	
Radio del filtro, cm (Ro)	40
Espesor de la torta, cm	4,5
Altura de la centrífuga, cm	45
Tiempo de ciclo, h	1
Caída de presión, atm	1,919
Caudal de entrada, L/h	6759.33
Eficiencia de lavado, %	80
Retención de filtrado, %	7
Velocidad angular, rpm	530
Temperatura agua de lavado, °C	15
Temperatura de la corriente de entrada, °C	20
Tiempo de filtrado, min	35,42
Area de la centrífuga, m <sup>2</sup>	1,13
Volumen de la torta, m <sup>3</sup>	0,47
Volumen de lavado, m <sup>3</sup>	0,78
Tiempo de lavado, min	11.96
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>21176.46</b>

---

### PI – RB - 1. Proceso básico.

En esta operación ocurre la transformación del colágeno en gelatina dentro de la matriz ósea. El proceso ocurre a temperatura ambiente y tiene una duración de 10 días.

En estos tanques se acumula lo que se produce anteriormente en 1 día.

Descripción general y dimensionado	
Temperatura de proceso, °C	20
Volumen recipiente, m <sup>3</sup>	463
Volumen de Ca(OH) <sub>2</sub> 1 M, m <sup>3</sup>	20
Tiempo de proceso, días	10
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>80000</b>

### PI – FC - 3. Filtración centrífuga.

En esta operación discontinua se trata de eliminar, primero el Ca(OH)<sub>2</sub> y sales y a continuación se hace un lavado con agua para terminar de eliminar estos compuestos.

De este proceso lo que interesa para la línea de producción es la torta, que es la oseína pero con el colágeno transformado en gelatina y es a la que se someterá a los sucesivos tratamientos, pero el filtrado se trataría para posteriormente redirigirlo la EDAR.

Descripción general y dimensionado	
Radio del filtro, cm (R <sub>o</sub> )	160
Espesor de la torta, cm	3
Altura de la centrífuga, cm	150
Tiempo de ciclo, h	1
Caída de presión, atm	1,919
Caudal de disolución, L/h	232513.65
Eficiencia de lavado, %	80
Retención de filtrado, %	7
Velocidad angular, rpm	1655
Temperatura agua de lavado, °C	15
Temperatura de la corriente de entrada, °C	20
Tiempo de filtrado, min	10,87
Area de la centrifuga, m <sup>2</sup>	15,08
Volumen de la torta, m <sup>3</sup>	16.28
Volumen de lavado, m <sup>3</sup>	26.89
Tiempo de lavado, min	29.25
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>9411.76</b>

---

### PI – RN - 1. Neutralización

Operación cuyo objetivo es neutralizar el hidróxido de calcio que aún quede después del lavado. El proceso es discontinuo usándose para ello ácido sulfúrico.

Descripción general y dimensionado	
Volumen H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , L	9312.91
Tiempo de residencia, min	18
Volumen reactor	210
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>14200</b>

### PI – FC - 4. Filtración centrífuga.

En esta operación discontinua se lavará el carbonato de calcio producido en la neutralización mediante agua

De este proceso lo que interesa para la línea de producción es la torta, que es la que contiene la gelatina y es a la que se someterá a los sucesivos tratamientos, pero se lleva a una balsa para que se evapore el agua y se recupere el carbonato de calcio que es lo que comúnmente llamamos yeso dando, por tanto, una salida útil a una corriente de deshecho

Descripción general y dimensionado	
Radio del filtro, cm (R <sub>o</sub> )	40,1
Espesor de la torta, cm	5,56
Altura de la centrífuga, cm	200
Tiempo de ciclo, h	1
Caída de presión, atm	1,919
Volumen de disolución, L	217881.86
Eficiencia de lavado, %	80
Retención de filtrado, %	7
Velocidad angular, rpm	355
Temperatura agua de lavado, °C	15
Temperatura de la corriente de entrada, °C	20
Tiempo de filtrado, min	35,42
Area de la centrifuga, m <sup>2</sup>	25,26
Volumen de la torta, m <sup>3</sup>	15.25
Volumen de lavado, m <sup>3</sup>	14,52
Tiempo de lavado, min	25.2
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>3145.12</b>

---

## PF – ES - 2. Extracción sólido – líquido con Agua caliente

Operación cuyo objetivo es extraer la gelatina de la matriz ósea mediante una extracción discontinua de una sola etapa. En este caso nos interesa la fase ligera que es la que contiene la gelatina disuelta.

<b>Descripción general y dimensionado</b>	
Volumen de agua, L	200000
Temperatura del agua, °C	55
Masa de alimentación, Kg	156740.35
Retención	0,3
% Recuperación	87.95
Tiempo, h	5.9
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>31296.42</b>

## PF – ES - 3. Extracción sólido – líquido con Agua caliente

Operación cuyo objetivo es extraer por segunda vez la gelatina de la matriz ósea mediante una extracción discontinua de una sola etapa usando como disolvente agua caliente. En este caso nos interesa la fase ligera que es la que contiene la gelatina disuelta.

<b>Descripción general y dimensionado</b>	
Volumen de agua, L	25000
Temperatura del agua, °C	65
Masa de alimentación, Kg	166678.04
Retención	0,3
% Recuperación	13.33
Tiempo, h	3.35
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>31296.42</b>

## PF – ES - 4. Extracción sólido – líquido con Agua caliente

Operación cuyo objetivo es extraer por tercera vez la gelatina de la matriz ósea mediante una extracción discontinua de una sola etapa usando como disolvente agua caliente. En este caso nos interesa la fase ligera que es la que contiene la gelatina disuelta.

<b>Descripción general y dimensionado</b>	
Volumen de agua, L	100000
Temperatura del agua, °C	75
Masa de alimentación, Kg	180565.03
Retención	0,3
% Recuperación	70.95
Tiempo, h	3,21
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>31296.42</b>

#### **PF – ES - 5. Extracción sólido – líquido con Agua caliente**

Operación cuyo objetivo es extraer por cuarta vez la gelatina de la matriz ósea mediante una extracción discontinua de una sola etapa usando como disolvente agua caliente. En este caso nos interesa la fase ligera que es la que contiene la gelatina disuelta.

<b>Descripción general y dimensionado</b>	
Volumen de agua, L	20000
Temperatura del agua, °C	85
Masa de alimentación, Kg	174868.18
Retención	0,3
% Recuperación	28.49
Tiempo, min	58.68
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>1997.76</b>

---

### EP – CT – 2. Intercambiador de calor.

Se trata de calentar la corriente de agua para el proceso de extracción a 55°C. Para calentar se va a usar vapor de agua a 200°C.

El agua es suministrada de la red de aguas a temperatura ambiente

<b>Descripción general y dimensionado</b>	
Temperatura de entrada del vapor, °C	200
Temperatura de salida del vapor, °C	100.04
Temperatura de entrada de disolución, °C	25
Temperatura de salida de disolución, °C	55
Caudal de calor, J/s	$2.32 \cdot 10^6$
Flujo másico del vapor, Kg/s	5.49
Flujo másico de la disolución, Kg/s	18.52
Tipo de intercambiador	1:4
Area, m <sup>2</sup>	22.94
Localización de las corrientes	
Tubos	Vapor
Carcasa	Disolución
Espesor de los tubos, mm	2
Material de los tubos	Níquel
Longitud de los tubos, m	4,88
Disposición de los tubos	Triangular
Número de tubos	76
Coef. Transmisión de calor en el lado de los tubos, w/(m <sup>2</sup> °C)	14468.79
Coef. Transmisión de calor en el lado de la carcasa, w/(m <sup>2</sup> °C)	5688.95
Coeficiente global de calor, w/(m <sup>2</sup> °C)	1000
Caída de presión en los tubos, bar	0,502
Caída de presión en la carcasa, bar	0,656
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>10699.2</b>

---

### EP – CT – 3. Intercambiador de calor.

Se trata de calentar la corriente de agua para el proceso de extracción a 65°C. Para calentar se va a usar vapor de agua a 200°C.

El agua es suministrada de la red de aguas a temperatura ambiente

<b>Descripción general y dimensionado</b>	
Temperatura de entrada del vapor, °C	200
Temperatura de salida del vapor, °C	190.81
Temperatura de entrada de disolución, °C	25
Temperatura de salida de disolución, °C	65
Caudal de calor, J/s	$3.87 \cdot 10^6$
Flujo másico del vapor, Kg/s	9,95
Flujo másico de la disolución, Kg/s	2.31
Tipo de intercambiador	1:2
Area, m <sup>2</sup>	2.35
Localización de las corrientes	
Tubos	Vapor
Carcasa	Disolución
Espesor de los tubos, mm	1,6
Material de los tubos	Níquel
Longitud de los tubos, m	4,88
Disposición de los tubos	Triangular
Número de tubos	10
Coef. Transmisión de calor en el lado de los tubos, w/(m <sup>2</sup> °C)	233021.49
Coef. Transmisión de calor en el lado de la carcasa, w/(m <sup>2</sup> °C)	4271.17
Coeficiente global de calor, w/(m <sup>2</sup> °C)	1100
Caída de presión en la carcasa, bar	0,669
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>10260</b>



---

### EP – CT – 3. Intercambiador de calor.

Se trata de calentar la corriente de agua para el proceso de extracción a 75°C. Para calentar se va a usar vapor de agua a 200°C.

El agua es suministrada de la red de aguas a temperatura ambiente

<b>Descripción general y dimensionado</b>	
Temperatura de entrada del vapor, °C	200
Temperatura de salida del vapor, °C	141.19
Temperatura de entrada de disolución, °C	25
Temperatura de salida de disolución, °C	75
Caudal de calor, J/s	$1.93 \cdot 10^6$
Flujo másico del vapor, Kg/s	7.78
Flujo másico de la disolución, Kg/s	9.26
Tipo de intercambiador	1:4
Area, m <sup>2</sup>	14.46
Localización de las corrientes	
Tubos	Vapor
Carcasa	Disolución
Espesor de los tubos, mm	2
Material de los tubos	Níquel
Longitud de los tubos, m	4,88
Disposición de los tubos	Triangular
Número de tubos	48
Coef. Transmisión de calor en el lado de los tubos, w/(m <sup>2</sup> °C)	37581.25
Coef. Transmisión de calor en el lado de la carcasa, w/(m <sup>2</sup> °C)	6022.07
Coeficiente global de calor, w/(m <sup>2</sup> °C)	1150
Caída de presión en los tubos, bar	1.72
Caída de presión en la carcasa, bar	0,516
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>10589.4</b>

---

#### EP – CT – 4. Intercambiador de calor.

Se trata de calentar la corriente de agua para el proceso de extracción a 85°C. Para calentar se va a usar vapor de agua a 200°C.

El agua es suministrada de la red de aguas a temperatura ambiente

<b>Descripción general y dimensionado</b>	
Temperatura de entrada del vapor, °C	200
Temperatura de salida del vapor, °C	120.96
Temperatura de entrada de disolución, °C	25
Temperatura de salida de disolución, °C	85
Caudal de calor, J/s	$4.64 \cdot 10^5$
Flujo másico del vapor, Kg/s	1.39
Flujo másico de la disolución, Kg/s	1.85
Tipo de intercambiador	1:2
Area, m <sup>2</sup>	3.98
Localización de las corrientes	
Tubos	Vapor
Carcasa	Disolución
Espesor de los tubos, mm	2
Material de los tubos	Níquel
Longitud de los tubos, m	4,88
Disposición de los tubos	Triangular
Número de tubos	14
Coef. Transmisión de calor en el lado de los tubos, w/(m <sup>2</sup> °C)	12681.81
Coef. Transmisión de calor en el lado de la carcasa, w/(m <sup>2</sup> °C)	5252.88
Coeficiente global de calor, w/(m <sup>2</sup> °C)	1200
Caída de presión en los tubos, bar	0,092
Caída de presión en la carcasa, bar	0,571
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>10312.2</b>

#### PF – UF – 1 PF – UF – 2; PF – UF – 3; PF – UF – 4. Ultrafiltración.

Es una etapa en la que se va a concentrar la disolución de gelatina. Obtenemos un número de cartuchos que se colocarán en serie, por tanto, en los mismos cartuchos van a pasar las corrientes entre 55 y 85 grados. Así que necesitamos membranas que soporten esas temperaturas; consultando bibliografía la membrana que cumple esta condición son las cerámicas.

El modo de operación va a ser discontinuo, por lo que pasaremos primero la corriente de 55°C, después la de 65 °C, así hasta 85 °C. Hay que tener en cuenta que para que entre la corriente de 65 °C, la preconcentración de 55 °C

debe haber terminado, por eso lo más importante, a parte de la elección de membrana, son los tiempos de operación.

En el retentato se quedará la gelatina saliendo solo agua por el permeado.

<b>Descripción general y dimensionado</b>				
Temperatura entrada de la disolución, °C	55	65	75	85
Masa alimentación, Kg	190062.31	111113.01	105696.85	7289.93
A, m <sup>2</sup>	100	100	100	100
ΔP, atm	10	10	10	10
Tiempo, h	2.63	2.5	2.6	1.04
Nº cartuchos	315	45	113	41
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>12585.9</b>			

**EP – CT – 5; EP – CT – 6; EP – CT – 7; EP – CT – 8.**

#### **Intercambiador de calor. Enfriadores.**

En estas operaciones se tratará de enfriar las corrientes de agua obtenidas en los procesos de precoconcentración (ultrafiltración) hasta 20°C. Esta agua se llevará al tanque de almacenamiento de agua para su después reutilización.

Descripción general y dimensionado				
Temperatura de entrada del agua fría, °C	15	15	15	15
Temperatura de salida del agua fría, °C	19	18.31	19.28	18.38
Temperatura entrada de agua caliente, °C	55	65	75	85
Temperatura salida de agua caliente, °C	20	20	20	20
Caudal de calor, J/s	$2.35 \cdot 10^6$	$2.18 \cdot 10^5$	$2.52 \cdot 10^6$	$4.95 \cdot 10^6$
Flujo másico agua fría, Kg/s	138.89	15.56	138.89	34.72
Flujo másico agua caliente, Kg/s	16.06	1.16	10.95	1.82
Tipo de intercambiador	1:4	1:4	1:4	1:4
Area, m <sup>2</sup>	143.38	12.98	138.65	21.13
Localización de las corrientes				
Tubos	Agua caliente	Agua caliente	Agua caliente	Agua caliente
Carcasa	Agua fría	Agua fría	Agua fría	Agua fría
Espesor de los tubos, mm	2	2	2	2
Material de los tubos	Níquel	Níquel	Níquel	Níquel
Longitud de los tubos, m	4,88	4,88	4,88	4,88
Disposición de los tubos	Triangular	Triangular	Triangular	Triangular
Número de tubos	476	44	460	80
Coef. Transmisión de calor en el lado de los tubos, w/(m <sup>2</sup> °C)	25986.26	30689.24	27665.89	39802.38
Coef. Transmisión de calor en el lado de la carcasa, w/(m <sup>2</sup> °C)	4293.39	2268.61	2763.04	2119.66
Coeficiente global de calor, w/(m <sup>2</sup> °C)	1200	1000	1200	1000
Caída de presión en los tubos, bar	6.066	8.153	6.318	12.21
Caída de presión en la carcasa, bar	0.644	0.632	0.612	0.626
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>12078</b>	<b>10592.04</b>	<b>12004.8</b>	<b>10980</b>

#### PF - EV – 1; PF - EV – 2; PF - EV – 3; PF - EV – 4. Evaporador

El tipo de evaporador que se va a utilizar es un evaporador a vacío.

Se va a calcular un solo evaporador en donde se le va a cambiar el caudal de la corriente de vapor. Las dimensiones del evaporador será la correspondiente a la corriente de 55 °C. En este caso prescindiremos de precalentador de la corriente ya que las corrientes ya entran de por sí calientes.

Las corrientes las concentraremos hasta el 60% de gelatina que nos asegura una viscosidad considerable.

En este proceso eliminaremos gran parte del agua que aún hay en la corriente con gelatina. Concentraremos aún mas.

<b>Descripción general y dimensionado</b>				
Temperatura entrada de la disolución, °C	55	65	75	85
Alimentación, Kg/h	11805.11	209.84	1937.78	463.13
A, m <sup>2</sup>	35.99	35.99	35.99	35.99
P evaporador, mmHg	120	120	120	120
Vapor, Kg/h	4199.63	61.22	580.03	129.45
Temperatura vapor, °C	115,8	55.12	63.14	56.12
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>3196.42</b>			

### **EP-TA-2. Recipiente de almacenamiento de agua**

Operación cuyo objetivo es almacenar las corrientes de vapor condensadas para después conducir las a la EDAR previo análisis o reutilizarla en el proceso.

<b>Descripción general y dimensionado</b>	
Volumen recipiente, m <sup>3</sup>	550.6
Tiempo de vida, años	10
Tipo de acero	SA – 516 grado 70
Eficiencia de junta	0.8
Presión interna, psi	50
Espesor por corrosión, cm	2,55
Espesor de la carcasa, mm	19.05
Espesor total, cm	4.45
Diámetro interno, m	10.67
Altura	10.16
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>83016.46</b>

### **PF-PE-1/PF-EVE-3; PF-PE-2/PF-EVE-3; PF-PE-3/PF-EVE-3; PF-PE-4/PF-EVE-4 . Esterilizador.**

El tipo de esterilizador que se va a utilizar es el de inyección a vapor porque es el que te proporciona el ciclo ideal.

El proceso transcurre a temperatura constante tanto para la muerte térmica de los microorganismos como para la destrucción de nutrientes que es 140°C durante 8 segundos. Al final sale a 60,06°C

El proceso consta de 3 parte: Calentador, mantenimiento y evaporador

<b>Descripción general y dimensionado</b>				
Caudal Vapor, Kg/h	1282.76	22.8	210.56	50.32
Area calentador, m <sup>2</sup>	9,37	0.17	1.54	0,37
Area evaporador, m <sup>2</sup>	11,28	11,28	11,28	11.28
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>23172.05</b>	<b>19649.99</b>	<b>21000</b>	<b>19649.99</b>

**EP-TA -1; EP-TA-3; EP-TA-4; EP-TA-5; EP-TA-6. Recipiente de almacenamiento de reactivos**

Operación cuyo objetivo es almacenar los reactivos necesarios para la hidrólisis, desmineralización, proceso básico y neutralización. Estos reactivos son: alcalasa, NaOH, HCl, Ca(OH)<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

<b>Descripción general y dimensionado</b>					
	<i>Alcalasa</i>	<i>NaOH</i>	<i>Ca(OH)<sub>2</sub></i>	<i>HCl</i>	<i>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></i>
Volumen recipiente, L	1060	383.3	750 m <sup>3</sup>	6300	279 m <sup>3</sup>
Tiempo de vida, años	10	10	10	10	10
Tipo de acero	SA – 516 grado 70	SA – 516 grado 70	SA – 516 grado 70	SA – 516 grado 70	SA – 516 grado 70
Eficiencia de junta	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Presión interna, psi	22.1	22.1	50	50	0.8
Espesor por corrosión, cm	2,55	2,55	2.55	2.55	50
Espesor de la carcasa, mm	1.12	0.69	14.73	10.7	10.1
Espesor total, cm	2,65	2.61	4.01	3.61	3.61
Diámetro interno, m	0.7	0.85	8.23	5.94	6
Altura, m	2.75	0.84	14.1	10.81	12.88
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>1598.21</b>	<b>577.92</b>	<b>113080.9</b>	<b>9498.8</b>	<b>42066.1</b>

**PF – EA – 1. Enfriador (Aerorefrigerador).**

El tipo de enfriador que se va a utilizar va a ser discontinuo. La gelatina la metemos en un molde de espesor 12 mm y lo metemos en un arcón de dimensiones 7 m de ancho, 10 m de largo y 1 m de alto durante 6.18 segundos en los cuales están sometidos a una corriente de aire de 17°C. Al final tendremos placas que han pasado de estar a 60,06°C a 25°C. Después esta placas lo pasamos por unas cuchillas y lo hacemos pastillas de dimensión 1 cm x 1cm x 1,2 cm.

<b>Descripción general y dimensionado</b>				
Dimensiones de las placas, m x m	2x10/2x2.9	2x3.29	2x10/2x5.08	2x0.83
Nº de placas	89/1	1	7/1	1
Nº de pastillas	17858000	65800	1501600	16600
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>18000</b>			

### **PF – SR – 2. Secadero de túnel.**

En esta operación, las tabletas obtenidas del enfriamiento son secadas a través de una cinta sin fin por donde pasa aire seco a contracorriente y se obtendrá aire cargado de humedad. Aunque no se tiene que perder de vista la complejidad y dificultad añadida de que la torta se comprime durante el proceso.

El secadero no tiene intercambio de calor con el exterior, trabajando en condiciones adiabáticas, siendo la única fuente de calor el aire. Toda la humedad del sólido es no ligada y el proceso de secado se efectúa a temperatura del bulbo húmedo.

En la longitud final de secado, el sólido solamente se calienta pero no pierde humedad.

Cada tableta se dividirá en cuatro líneas de 50 pastillas (50 cm)

Dispondremos de 12 secaderos.

<b>Descripción general y dimensionado</b>	
Carga del lecho, Kg/m <sup>2</sup>	12,17
Longitud de la cinta, m	11
Ancho de la cinta, m	0,7
Flujo de aire, Kg/(s m <sup>2</sup> )	1,36
Temperatura de entrada del aire, °C	30
Temperatura bulbo húmedo, °C	13,7
Temperatura bulbo seco, °C	30
Tiempo de secado a velocidad cte, min	3,49
Temperatura de salida del aire, °C	24.07
Tiempo en tramo veloc. decreciente, min	0,84
Tiempo total de secado, min	4,33
Velocidad de deshidratación, Kg/s	62.79
Potencia, Kw	597.5
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>4000</b>

---

### PF – EA – 1. Aerorefrigerador.

El tipo de enfriador que se va a utilizar va a ser discontinuo. La placa está a 30 °C y la queremos enfriar hasta los 20 °C, para ello la metemos en contacto con una corriente de aire a 15°C. Usaremos el mismo enfriador anterior.

### PF – MB – 2. Molino de bolas

Se trata de la molienda de la gelatina terminada para así tenerla en una forma de comercialización.

<b>Descripción general y dimensionado</b>	
Dimensión, mm	Φ2200X7500
Cantidad de llenado de las bolas, Tm	33
Tamaño de la alimentación, mm	≤25
Granulación de descarga, mm	0,075 – 0,4 mm
Producción, T/h	6.5 - 15
Potencia del motor, Kw	380 Kw
Peso, Tm	56
Razón de disipación del calor, m <sup>-1</sup>	1.82
Velocidad crítica, rpm	28.58
Velocidad de operación, rpm	22.15
Peso total de las bolas, Kg	46650.18
Número de bolas	25559
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>16964.3</b>

### PF – T – 3. Tamizado

Se trata de la clasificación de la gelatina triturada, el cual recircula los más gruesos y deja pasar los finos. Este proceso se realiza a temperatura ambiente.

Es una operación destinada a la separación mecánica o clasificación propiamente dicha, consiste en la distribución de una mezcla de partículas de diferente tamaño en dos o más fracciones, cada una de las cuales está formada por partículas de granulometría uniforme.



<b>Descripción general y dimensionado</b>	
Densidad, t/m <sup>3</sup>	1,086
Tamaño máximo de la alimentación (mm)	2
Forma de la partícula	Lajosa
Temperatura (°C)	20
Tipo de malla	Malla de goma
Eficiencia (%)	90
Número de pisos	2
Area de cribado 1º piso (m <sup>2</sup> )	0.47
Área de cribado 2º piso (m <sup>2</sup> )	0.48
Modelo de cribado	ZDS-1800
Area efectiva de tamizado (m <sup>2</sup> )	2.27
Potencia (Kw)	3
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>9000</b>

### **PF – EG – 1; PF – EG – 2. Envasado**

Envasado en bolsas de plástico. Las pastillas en bolsas de 500 gramos y el granulado en bolsas de 1 Kg. Será una máquina de medición de tipo mediano (300 – 1000 gr) con una velocidad de empaque de 50 bolsas/min como máximo. La potencia de la fuente de alimentación 2,5 KW y el peso de la máquina de 150 Kg. Se necesitará 3 máquinas.

**Valor unitario empaquetadora producto pulverulento 5593.74 €**

**Valor unitario empaquetadora tabletas 2956.69 €**

**L-1.1; L-2.1; L-3.1; L-4.2; L-5.3; L-6.3; L-7.3; L-8.3; L-9.3; L-10.3; L-11.3; L-12.3: Bombas de la zona de producción.**

Se trata de la clasificación de la gelatina triturada, el cual recircula los más gruesos y deja pasar los finos. Este proceso se realiza a temperatura ambiente.

Es una operación destinada a la separación mecánica o clasificación propiamente dicha, consiste en la distribución de una mezcla de partículas de diferente tamaño en dos o más fracciones, cada una de las cuales está formada por partículas de granulometría uniforme.

<b>Numeración de la Bomba</b>	L-1.1	L-2.1	L-3.1	L-4.2
Nº Tubería donde se instala	MP-1	MP-2	MP-3	MP-CT-11
Altura del punto final $z_2$ ,m	6	6	1	0
Altura del punto inicial $z_1$ ,m	0	0	0	0
Presión de entrada $P_2$ , Pa	108279.43	87407.1	58860	5413.55
Presión de salida $P_1$ , Pa	17552.05	49540.5	19335.51	21563.95
Pérdida de carga $h_L$ , m	0.022	7.96	6.971	2.30
<b>Carga dinámica total <math>\Delta H</math>,m</b>	6.05	16.41	8.39	2.29
Caudal másico, Kg/h	0.01004	60000.037	70000.047	8511.58
<b>Caudal volumétrico, m<sup>3</sup>/h</b>	0.0161	60.0356	70.051	6.17
Modelo de la Bomba	ICS	3657	3657	ICS
Tamaño de la Bomba, inch	1SS:1 x 1 ¼-5	4SS: 2 x 3- 7	4SS: 2 x 3- 7	1SS:1 x 1 ¼-5
Revoluciones del motor, RPM	1750	3500	3500	1750
Diámetro del impulsor, inch	F: 4 ¼	K: 3 7/8	H: 4 5/8	M: 3 3/16
% de eficacia	38	50	50	38
C. Net. Pos. Asp NPSHr, ft	6	12.5	14	6
<b>Potencia de la bomba, HP</b>	3/4	4	5	¾
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>8360.42</b>	<b>14980.31</b>	<b>14980.31</b>	<b>8360.42</b>

<b>Numeración de la Bomba</b>	L-5.3	L-6.3	L-7.3	L-8.3
Nº Tubería donde se instala	MP-6	MP-7	R-4	R-5
Altura del punto final $z_2$ ,m	13.15	6.1	0	10.16
Altura del punto inicial $z_1$ ,m	0	0	0	0
Presión de entrada $P_2$ , Pa	175667.67	110107.44	22428.45	98665.2
Presión de salida $P_1$ , Pa	25540.34	56069.17	62051.98	78649.8
Pérdida de carga $h_L$ , m	23.18	3.11	8.61	8.06
<b>Carga dinámica total <math>\Delta H</math>,m</b>	12.56	20.77	8.3	13.15
Caudal másico, Kg/h	14800	11082.43	36371.95	152049.85
<b>Caudal volumétrico, m<sup>3</sup>/h</b>	20	9.31	36.37	152.05
Modelo de la Bomba	ICS	ICS	3657	3657
Tamaño de la Bomba, inch	1SS:1 x 1 ¼-5	1SS:1 x 1 ¼-5	3SS:1 ½ x 2-6	4SS: 2 x 3- 7
Revoluciones del motor, RPM	1750	1750	3500	3500
Diámetro del impulsor, inch	B: 5 1/8	N: 3	C:5 ¼	A: 7
% de eficacia	50	38	50	50
C. Net. Pos. Asp NPSHr, ft	13	6	14	27
<b>Potencia de la bomba, HP</b>	3	¾	3	20
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>8360.42</b>	<b>8360.42</b>	<b>11235.23</b>	<b>14980.31</b>

<b>Numeración de la Bomba</b>	L-9.3	L-10.3	L-11.3	L-12.3
Nº Tubería donde se instala	P-13	P-14	P-15	P-16
Altura del punto final $z_2$ , m	2.2	1.8	1.8	1.8
Altura del punto inicial $z_1$ , m	0	0	0	0
Presión de entrada $P_2$ , Pa	15998.64	15998.64	15998.64	15998.64
Presión de salida $P_1$ , Pa	19979.80	3195.62	7050.41	4414.11
Pérdida de carga $h_L$ , m	1.5	0.14	0.53	0.26
<b>Carga dinámica total <math>\Delta H</math>, m</b>	3.19	0.57	1.07	0.72
Caudal másico, Kg/h	7870.07	139.9	1291.85	308.75
<b>Caudal volumétrico, m<sup>3</sup>/h</b>	7.805	0.139	1.281	0.306
Modelo de la Bomba	ICS	ICS	ICS	ICS
Tamaño de la Bomba, inch	2SS: 1 ¼ x 1 ¼-5	1SS: 1 x 1 ¼-5	1SS: 1 x 1 ¼-5	1SS: 1 x 1 ¼-5
Revoluciones del motor, RPM	1750	1750	1750	1750
Diámetro del impulsor, inch	M: 3 3/16	F: 4 ½	F: 4 ½	F: 4 ½
% de eficacia	38	38	38	38
C. Net. Pos. Asp NPSHr, ft	13	6	6	6
<b>Potencia de la bomba, HP</b>	3/8	¾	¾	¾
<b>Coste de la instalación unitario, €</b>	<b>9405.97</b>	<b>8360.42</b>	<b>8360.42</b>	<b>8360.42</b>

#### 2.4. Sala de control.

Se encuentra unida a la zona de producción dentro de la nave. Su superficie es de 10 metros de largo y 4.9 metros de ancho. Esta sala dispone de una sola planta con una altura de 3 metros.

Se puede acceder a la sala de control a través de dos puertas de 0.9 metros de ancho y 2 metros de altura directamente desde el exterior de la planta o desde la zona de producción.

Las paredes de la sala de control serán lisas y aisladas. El suelo también será liso y llano, ya que no es necesario que tenga pendiente.

Las uniones entre las paredes y el suelo se rematan redondeándolas de modo que se facilite la limpieza. Los techos serán lisos, impermeables y bien aislados.

Las redes de electricidad irán montadas vistas, y debe ser estancada en todo su trazado, incluidos los interruptores, tomas de fuerza, cajas y equipos de iluminación.

La sala debe estar equipada con todos los equipos informáticos necesarios para poder realizar la vigilancia y el control de todo el proceso de fabricación de gelatina.

---

Además de los controladores lógicos programables (PCL), la sala de control contará con los armarios en los que se ubican las cajas de conexión.

### 2.5. Almacén y Taller.

Delimitados por el edificio de oficinas, por la zona de producción y por la sala de mantenimiento. La situación es al sur del recinto.

Las dimensiones de dicho edificio industrial son de 15 metros de largo, 9,6 metros de ancho y 3 metros de alto, dando lugar a una superficie de 144 m<sup>2</sup>. Su misión es almacenar utensilios de trabajo de la planta, repuestos, etc., además de ser el lugar donde se hacen las reparaciones de los equipos estropeados, se ponen a punto las máquinas que así lo requieran y se almacenan los aparatos necesarios para estos arreglos. Dispone de estanterías y distintos elementos de clasificación, una mesa y 4 sillas.

Las paredes son lisas y están impermeabilizadas hasta una altura de 2,5 metros con un revestimiento de poliéster. El suelo también es liso y está provisto de pendiente para que los líquidos derramados se puedan encauzar hacia los sumideros.

Las uniones entre paredes y suelo se rematarán redondeándolas de modo que se facilite la limpieza. Los techos serán lisos, impermeables y bien aislados.

Las redes de canalización de electricidad van montadas vistas y deben ser estancadas en todo su trazado, incluidos los interruptores, tomas de fuerza, cajas y equipos de iluminación.

### 2.6. Sala de mantenimiento

Se encuentra ubicada junto al almacén y a los talleres, ya que comparten algunos equipos al sur del recinto. Además, se encuentra cerca de toda la zona de producción para realizar más rápido todas las tareas de mantenimiento. Su superficie es de 79.5 m<sup>2</sup>, con unas dimensiones de 15 m de largo y 5.3 metros de ancho. Este edificio dispondrá de una sola planta con una altura de 3 metros.

---

Las paredes de la sala de mantenimiento serán lisas y aisladas. El suelo también es liso y está provisto de pendiente para que los líquidos derramados se puedan encauzar hacia los sumideros.

Las uniones entre las paredes y el suelo se rematan redondeándolas de modo que se facilite la limpieza. Los techos serán lisos, impermeables y bien aislados.

Las redes de electricidad irán montadas vistas, y debe ser estancada en todo su trazado, incluidos los interruptores, tomas de fuerza, cajas y equipos de iluminación.

La sala debe estar equipada con todos los equipos necesarios para poder realizar el mantenimiento adecuado de todas las instalaciones del proceso de fabricación de gelatina.

### 2.7. Oficinas

Situadas al suroeste del recinto, ocupa un área de 832 m<sup>2</sup>. Estará constituido por una sola planta con una altura de 2,5 metros. Se podrá acceder a él a través de la puerta principal de 1.8 metros de ancho y 2 metros de altura, o bien a través de las puertas laterales de 0.9 m de ancho y 2 metros de altura que son en realidad salidas de emergencia.

Las paredes serán lisas y aisladas. El suelo también será liso y llano, ya que no es necesario que tenga pendiente.

Las uniones entre las paredes y el suelo se rematan redondeándolas de modo que se facilite la limpieza. Los techos serán lisos, impermeables y bien aislados.

Las redes de electricidad irán montadas vistas, y debe ser estancada en todo su trazado, incluidos los interruptores, tomas de fuerza, cajas y equipos de iluminación.

El edificio de oficinas está rodeado por una acera de 1,5 metros de anchura mínima en todo su perímetro. En su interior se encuentran las siguientes dependencias:

- Despacho del director de personal: está situado en el centro del edificio de oficinas. Se accederá a él a través del pasillo

---

central mediante una puerta sencilla. Dispone de una mesa de trabajo equipada con material informático, un sillón, un conjunto de mesa y sillas, y armarios.

- Sala de reuniones: se encuentra situada junto al despacho del director de personal y justo enfrente de la sala de empleados. Aquí se celebrarán las reuniones sobre temas que afecten al funcionamiento de la fábrica en cualquiera de los ámbitos. Debe disponer de una mesa grande de reuniones con un conjunto de sillas, así como de material audiovisual e informático para la proyección o reproducción.

- Despacho del departamento de administración: Dispondrá de una mesa de trabajo equipada con material informático, un sillón, un conjunto de mesa y sillas y un armario.

- Despacho del departamento comercial: está situado junto el despacho del departamento de administración. Dispondrá de una mesa de trabajo equipada con material informático, un sillón, un conjunto de mesa y sillas y un armario.

- Despacho del departamento de producción: está situado junto el despacho del departamento de recursos humanos y el despacho del director técnico. Dispondrá de una mesa de trabajo equipada con material informático, un sillón, un conjunto de mesa y sillas y un armario.

- Despacho del departamento de proyectos: está situado junto el despacho del departamento de recursos humanos. Dispondrá de una mesa de trabajo equipada con material informático, un sillón, un conjunto de mesa y sillas y un armario.

- Despacho del departamento de recursos humanos: Dispondrá de una mesa de trabajo equipada con material informático, un sillón, un conjunto de mesa y sillas y un armario.

- Laboratorio y departamento de control de calidad: Dispondrá de una mesa de trabajo equipada con material informático, un sillón,

---

un conjunto de mesa y sillas y un armario. Además, irá alicatado, con mostradores resistentes a los ataques de productos químicos y provistos de 3 pilas de acero inoxidable. Se tomarán tomas de agua fría y bases de enchufe estancas en cantidad suficiente. Contará con todos los equipos necesarios para los análisis y estará dotado de sistemas de refrigeración y calefacción. En el laboratorio se realizarán todos los análisis oportunos para controlar la calidad de las materias primas y de los productos que se obtienen.

- Botiquín: está situado justo al entrar por la puerta principal. Dispondrá de una mesa de trabajo equipada con material informático, un sillón, un conjunto de mesa y sillas, un armario para medicinas y material de primeros auxilios y una camilla, así como un pequeño lavabo.

- Despacho del director técnico: Se accederá a él a través del pasillo central. Dispone de una mesa de trabajo equipada con material informático, un sillón, un conjunto de mesa y sillas, y armarios.

- Vestuarios: se dividen en masculinos y femeninos, encontrándose juntos y a lado de los aseos. Dispondrá cada uno de 6 taquillas, 2 duchas, 2 lavabos y 3 WC. Puede accederse directamente desde el exterior por una puerta lateral que da a la sala de mantenimiento.

- Aseos: se dividen en masculinos y femeninos, encontrándose juntos y al lado de los vestuarios. Dispondrá cada uno de 2 WC (uno de ellos para minusválidos) y 2 lavabos. Puede accederse directamente desde el exterior por una puerta lateral que da a la sala de mantenimiento.

- Sala de empleados: Se sitúa justo enfrente a la sala de reuniones. Esta sala sirve como sala de reunión de los operarios de la planta en horas de descanso, de comida o para reuniones de comité. Dispondrá de 4 sillones, 2 sofás, 2 mesas grandes y 2 mesas pequeñas, así como de máquinas de comida y bebida.

---

- Secretaría: se encuentra situada justo en la entrada principal del edificio. Se colocará una mesa de trabajo grande y equipos informáticos destinados al uso del personal administrativo. Igualmente dispondrá de estanterías para poder albergar los documentos relacionados con la gestión de la planta. En la estancia, existirá además una zona de espera para los clientes o interesados que dispondrá de un sofá, dos sillones, una mesa grande y dos mesas pequeñas.

- Despacho del departamento de almacenamiento: Dispondrá de una mesa de trabajo equipada con material informático, un sillón, un conjunto de mesa y sillas y un armario.

### 2.8. Aparcamientos

Los aparcamientos se sitúan cerca de la puerta de entrada y salida a la fábrica, así como de las oficinas. Se distinguen dos aparcamientos: para vehículos pesados y para turismos convencionales.

Los aparcamientos para vehículos convencionales, ocupan una superficie de 1395 m<sup>2</sup>, con un largo de 64 metros y un ancho de 25 metros en su parte más amplia. Tienen una capacidad de 55 plazas, cada una de las cuales mide 5 metros de largo y 2,5 metros de ancho, dejando un espacio para la circulación de vehículos de 6 metros.

Los aparcamientos para vehículos pesados tienen la función de permitir el estacionamiento temporal sin obstaculizar el tráfico de aquellos transportes que lo necesiten por motivos personales (Ej.: ir a los aseos) o profesionales (Ej.: firmar el albarán en el edificio de oficinas). Ocupan una superficie de 866 m<sup>2</sup>, con un largo de 50 metros y un ancho de 17 metros. Tiene una capacidad de 10 plazas, cada una de las cuales mide 29 metros de largo y 5 metros de ancho. Situadas al este del recinto.

### 2.9. Caseta del vigilante.

La entrada destinada al tráfico en general, esto es, tráfico pesado de camiones, que realizan operaciones de carga y descarga, y de vehículos de los operarios y trabajadores de la planta, así como de visitantes ajenos a la misma tendrá un vigilante en una caseta para controlar la entrada y salida de personal



---

y material de la planta. La caseta ocupa una superficie de 10 m<sup>2</sup>, y tiene unas dimensiones de 3,7 metros de largo, 2,8 metros de ancho y 2,5 metros de alto. Consta de una ventanilla de 2,65 metros de largo y 1 metro de alto, así como una puerta de 0,9 metros de ancho y 2 metros de alto. En el interior se sitúan una mesa, una silla y un ordenador. Las puertas de entrada y salida miden 10 metros de ancho y son del tipo corredera.

Está situada al sur del recinto, junto a la entrada y al edificio de oficinas.

### 2.10. Descripción de las tuberías de la planta

Vamos a describir todas las tuberías de la planta, divididas en dos clases:

- Tuberías del proceso de obtención de gelatina
- Tuberías de los sistemas de calefacción – refrigeración.

Las tuberías se van a nombrar de acuerdo a: unas letras, unos números centrales, todos separados de un guión. Esta nomenclatura se ha realizado teniendo en cuenta las características del fluido a transportar y su situación en la instalación, tal como se indica a continuación:

- Las letras especifican el tipo de fluido transportado, entre los que se distinguen:
  - **MP:** corriente de materias primas.
  - **P:** Corriente de productos del proceso
  - **R:** Corriente de compuestos químicos recirculados
  - **S:** Corriente de servicios auxiliares, o sea, agua líquida y/o vapor de agua para calefacción y/o refrigeración

A continuación se exponen las tablas con el resumen de tuberías basado en los cálculos del anexo de tuberías y de bombas. La tubería a la que corresponde cada nomenclatura se puede ver en el plano 2.

2.10.1. Tuberías del proceso en la zona 1, pretratamiento de la materia prima

Numeración		MP-1	MP-2	MP-3	R-1	MP-4.1
<b>Características del fluido</b>						
Tipo de fluido*		NaOH	Mayor agua	Mayor agua	Mayor agua	Agua
Caudal másico, Kg/h		0,01004	60000,037	70000,047	63674,18	8100,78
Caudal volumétrico, m <sup>3</sup> /h		0,0161	60,0356	70,051	63,674	8,1
Viscosidad, Pa-s		0,05	0,001	0,001	0,001	0,001
Densidad, Kg/m <sup>3</sup>		2130	1000	1000	1000	1000
Temperatura, °C		17	50	50	46,34	17
<b>Características de la tubería</b>						
D nominal, in		1/8	3	4	3 1/2	1 1/4
Nº Catálogo		40S	40S	40S	40S	40S
D interno, cm		0,683	9,62	9,56	9,585	3,861
D externo, cm		1,029	10,16	11,43	10,56	4,216
Velocidad, m/s		0,122	2,29	2,71	2,45	1,92
Número de accesorios	Codos 90°	5	5	2	1	0
	"T" estándar	0	0	10	0	1
	Válv. Control	1	1	1	0	1
	Valv. Retención	0	0	1	0	0
	Val. Compuerta	1	1	1	1	0
Longitud del tramo, m		136,5	129,81	7,875	47,12	51,07
Nº de Reynolds		0,267	220298	259076	234832,5	74131,2
Rugosidad relativa, ε/D		-	0,0004	0,00047	0,0004	0,0014
Factor de fricción, f		59,93	0,018	0,0173	0,018	0,023
Pérdida de carga, hL, m		0,022	7,96	6,971	3,11	6,682
Presión de salida, Pa		17552,05	87407,1	58860	48794,45	400000
Presión de entrada, Pa		-108279,43	-49540,5	-19335,51	47715,35	324639,58

## 2.10.2. Tuberías del proceso en la zona 2, tratamiento básico

Numeración		MP-5	MP-CT-11	MP-4.2	R-2	MP-6
<b>Características del fluido</b>						
Tipo de fluido*		HCl	Fosfatos / HCl	Agua	Agua / HCl	Ca(OH) <sub>2</sub>
Caudal másico, Kg/h		5940,69	8511,58	781,65	1733,04	14800
Caudal volumétrico, m <sup>3</sup> /h		5,034	6,17	0,782	1,601	20
Viscosidad, Pa·s		0,0017	0,0482	0,001	0,00132	0,001
Densidad, Kg/m <sup>3</sup>		1180	1379,6	1000	1082,24	1270
Temperatura, °C		20	20	20	20	20
<b>Características de la tubería</b>						
D nominal, in		1	1 1/4	1/2	3/4	2
Nº Catálogo		40S	40S	40S	40S	40S
D interno, cm		3,002	3,86	1,857	2,38	5,641
D externo, cm		3,34	4,22	2,13	2,667	6,033
Velocidad, m/s		1,976	1,465	0,802	1	2,22
Número de accesorios	Codos 90º	3	3	6	3	6
	"T" estándar	0	0	0	0	1
	Válv. Control	1	0	1	0	1
	Valv. Retención	0	1	0	1	0
	Val. Compuerta	0	1	0	1	0
Longitud del tramo, m		35,87	82,05	113,86	83,89	206,44
Nº de Reynolds		41166,43	1618,12	14893,70	19513,12	159042,35
Rugosidad relativa, ε/D		0,0013	0,0013	0,00018	0,00015	0,001
Factor de fricción, f		0,024	0,00989	0,026	0,027	0,023
Pérdida de carga, hL, m		6,99	2,91	5,48	5,16	23,1758
Presión de salida, Pa		125134,4	5413,55	400000	46969,08	175667,67
Presión de entrada, Pa		56130,86	-21563,95	345652,6	24513,6	-25540,34

### 2.10.3. Tuberías del proceso en la zona 3, obtención de gelatina

Numeración		MP-4.3	R-3	MP-7	MP-4.4	R-4
<b>Características del fluido</b>						
Tipo de fluido*		Agua	Mayor agua	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Agua	Mayor agua
Caudal másico, Kg/h		26887,88	41582,94	11082,43	25195,86	36371,95
Caudal volumétrico, m <sup>3</sup> /h		26,89	41,58	9,31	25,2	36,37
Viscosidad, Pa-s		0,001	0,001	0,03	0,001	0,001
Densidad, Kg/m <sup>3</sup>		1000	1125	1840	1000	1000
Temperatura, °C		20	20	20	20	20
<b>Características de la tubería</b>						
D nominal, in		2 1/2	3	1 1/2	2 1/2	3
Nº Catálogo		40S	40S	40S	40S	40S
D interno, cm		6,787	8,341	4,458	6,787	8,341
D externo, cm		7,303	8,89	4,826	7,303	8,89
Velocidad, m/s		2,065	2,114	1,657	1,935	1,849
Número de accesorios	Codos 90º	7	5	5	6	6
	"T" estándar	0	0	0	0	0
	Válv. Control	1	0	1	1	0
	Valv. Retención	0	1	0	0	1
	Val. Compuerta	0	1	0	0	1
Longitud del tramo, m		141,67	104,41	225,17	103,34	104,07
Nº de Reynolds		140126,60	198347,40	4530,16	131319,83	154217,19
Rugosidad relativa, ε/D		0,00085	0,0006	-	0,00071	0,0007
Factor de fricción, f		0,023	0,019	0,0035	0,0225	0,032
Pérdida de carga, hL, m		12,52	6,38	3,11	11,15	8,61
Presión de salida, Pa		400000	1095444,5	110107,44	400000	22428,45
Presión de entrada, Pa		271339,36	1095234,8	-56069,166	271022,97	-62051,981

Numeración		P-2	MP-4.6	P-3	MP-4.7	P-4
<b>Características del fluido</b>						
Tipo de fluido*		Mayor agua	Agua	Mayor agua	Agua	Mayor agua
Caudal másico, Kg/h		190062,31	25000	11113,01	100000	105696,85
Caudal volumétrico, m <sup>3</sup> /h		190,06	25	11,11	100	105,7
Viscosidad, Pa-s		0,00653	0,000607	0,000607	0,000562	0,000562
Densidad, Kg/m <sup>3</sup>		992,3	990,025	990,025	987,75	987,75
Temperatura, °C		55	65	65	75	75
<b>Características de la tubería</b>						
D nominal, in		6	2 1/2	1 1/2	5	5
Nº Catálogo		40S	40S	40S	40S	40S
D interno, cm		16,12	6,787	4,458	13,47	13,47
D externo, cm		16,83	7,303	4,826	14,13	14,13
Velocidad, m/s		2,587	1,920	1,977	1,949	2,060
Número de accesorios	Codos 90º	2	2	0	2	0
	"T" estándar	0	0	0	0	0
	Válv. Control	0	0	0	0	0
	Valv. Retención	1	1	1	1	1
	Val. Compuerta	1	1	1	1	1
Longitud del tramo, m		5,95	7,743	4,6	5,87	4,84
Nº de Reynolds		63367,00	212484,50	143760,34	461477,73	487781,96
Rugosidad relativa, ε/D		0,00035	0,0005	0,0001	0,00023	0,0023
Factor de fricción, f		0,026	0,019	0,018	0,015	0,0158
Pérdida de carga, hL, m		1,72	1,05	0,90	0,68	0,73
Presión de salida, Pa		81941,3301	333100	89904,438	348400	91560,469
Presión de entrada, Pa		98665,2	322925,98	98665,2	341845,23	98665,2

Numeración		MP-4.8	P-5	R-5	P-7	P-8
<b>Características del fluido</b>						
Tipo de fluido*		Agua	Mayor agua	Agua	Agua / gelatina	Agua / gelatina
Caudal másico, Kg/h		20000	7289,93	152049,85	11805,11	694,58
Caudal volumétrico, m <sup>3</sup> /h		20	7,29	152,05	11,74	0,69
Viscosidad, Pa-s		0,000514	0,000514	0,00653	0,00208	0,0016
Densidad, Kg/m <sup>3</sup>		985,48	985,48	992,3	1005,6	1005,6
Temperatura, °C		85	85	55	55	65
<b>Características de la tubería</b>						
D nominal, in		2	1 1/4	6	1 1/2	1/2
Nº Catálogo		40S	40S	40S	40S	40S
D interno, cm		5,641	3,86	16,12	4,458	1,857
D externo, cm		6,033	4,22	16,83	4,826	2,13
Velocidad, m/s		2,223	1,730	2,069	2,089	0,708
Número de accesorios	Codos 90º	2	1	6	2	2
	"T" estándar	0	0	0	0	0
	Válv. Control	0	0	0	0	0
	Valv. Retención	1	1	1	1	1
	Val. Compuerta	1	1	1	1	1
Longitud del tramo, m		5,87	7,8	174,51	9,1	9,1
Nº de Reynolds		240417,57	11045,965	50694,263	45029,55	8259,43
Rugosidad relativa, ε/D		0,001	0,0013	0,00035	0,0001	-
Factor de fricción, f		0,015	0,0305	0,025	0,022	0,0019
Pérdida de carga, hL, m		1,17	1,57	8,06	1,87	0,10
Presión de salida, Pa		342900	83463,928	98665,2	98665,2	98665,2
Presión de entrada, Pa		331605,08	98665,2	-78649,819	11132,32	28597,37



Numeración		P-9	P-10	P-13	P-14	P-15
<b>Características del fluido</b>						
Tipo de fluido*		Agua / gelatina	Agua / gelatina	Agua / gelatina	Agua / gelatina	Agua / gelatina
Caudal másico, Kg/h		3197,33	463,13	7870,07	139,9	1291,85
Caudal volumétrico, m <sup>3</sup> /h		3,18	0,461	7,805	0,139	1,281
Viscosidad, Pa-s		0,0011	0,001	0,0052	0,0052	0,0052
Densidad, Kg/m <sup>3</sup>		1005,6	1005,6	1008,4	1008,4	1008,4
Temperatura, °C		75	85	55	65	75
<b>Características de la tubería</b>						
D nominal, in		1	3/8	1 1/4	1/4	1/2
Nº Catálogo		40S	40S	40S	40S	40S
D interno, cm		3,002	1,48	3,86	1,148	1,857
D externo, cm		3,34	1,71	4,22	1,372	2,13
Velocidad, m/s		1,248	0,744	1,853	0,373	1,314
Número de accesorios	Codos 90º	2	2	0	2	2
	"T" estándar	0	0	1	1	1
	Válv. Control	0	0	1	1	1
	Valv. Retención	1	1	1	1	1
	Val. Compuerta	1	1	0	0	0
Longitud del tramo, m		9,1	9,1	3,94	7,75	7,65
Nº de Reynolds		34249,69	11078,27	13868,28	830,44	4731,23
Rugosidad relativa, ε/D		0,0013	0,0017	0,0013	-	-
Factor de fricción, f		0,029	0,032	0,027	0,0193	0,0034
Pérdida de carga, hL, m		1,07	0,71	1,50	0,14	0,53
Presión de salida, Pa		98665,2	98665,2	15998,64	15998,64	15998,64
Presión de entrada, Pa		19068,98	22614,23	-20462,03	-3195,62	-7050,41

Numeración		P-16	S-1	S-2	S-3	S-4
<b>Características del fluido</b>						
Tipo de fluido*		Agua / gelatina	Vapor de agua	Vapor de agua	Vapor de agua	Vapor de agua
Caudal másico, Kg/h		308,75	4199,63	1287,76	22,8	210,56
Caudal volumétrico, m <sup>3</sup> /h		0,306	4289,71	164,05	23,29	26,82
Viscosidad, Pa-s		0,0052	1,85E-07	1,85E-07	1,85E-07	1,85E-07
Densidad, Kg/m <sup>3</sup>		1008,4	0,979	7,85	7,85	7,85
Temperatura, °C		85	115,8	200	200	200
<b>Características de la tubería</b>						
D nominal, in		1/4	10	2	3/4	1
Nº Catálogo		40S	40S	40S	40S	40S
D interno, cm		1,148	26,38	5,641	2,38	3,002
D externo, cm		1,372	27,31	6,033	2,667	3,34
Velocidad, m/s		0,821	21,801	18,233	14,541	10,527
Número de accesorios	Codos 90º	0	3	2	2	2
	"T" estándar	1	0	0	0	0
	Válv. Control	1	1	1	1	1
	Valv. Retención	1	0	0	0	0
	Val. Compuerta	0	0	0	0	0
Longitud del tramo, m		3,89	74,91	85,1	85,1	85,1
Nº de Reynolds		1828,17	30434917	43643013	14685230	13409145
Rugosidad relativa, ε/D		-	0,0002	0,0001	0,00018	0,00017
Factor de fricción, f		0,0088	0,015	0,013	0,0145	0,014
Pérdida de carga, hL, m		0,26	184,04	381,02	597,43	243,07
Presión de salida, Pa		15998,64	172252,49	1554000	1554000	1554000
Presión de entrada, Pa		-4414,11	170484,962	1524658,1	1507992,5	1535281,7

Numeración		S-5	S-3.1	P-21	P-22	P-23	P-24
<b>Características del fluido</b>							
Tipo de fluido*		Vapor de agua	Vapor de agua	Agua / gelatina	Agua / gelatina	Agua / gelatina	Agua / gelatina
Caudal másico, Kg/h		50,32	1282,76	6746,94	79,96	1107,3	264,64
Caudal volumétrico, m <sup>3</sup> /h		6,41	1310,28	6,681	0,079	1,097	0,262
Viscosidad, Pa·s		1,85E-07	1,85E-07	0,0059	0,0059	0,0059	0,0059
Densidad, Kg/m <sup>3</sup>		7,85	0,979	1009,8	1009,8	1009,8	1009,8
Temperatura, °C		200	115,8	60,06	60,06	60,06	60,06
<b>Características de la tubería</b>							
D nominal, in		3/8	6	1 1/4	1/8	1/2	1/4
Nº Catálogo		40S	40S	40S	40S	40S	40S
D interno, cm		1,48	16,12	3,86	0,683	1,857	1,148
D externo, cm		1,71	16,83	4,22	1,029	2,13	1,372
Velocidad, m/s		10,350	17,834	1,586	0,600	1,125	0,703
Número de accesorios	Codos 90º	2	2	0	0	0	0
	"T" estándar	0	0	0	0	0	0
	Válv. Control	1	1	1	1	1	1
	Valv. Retención	0	0	1	1	1	1
	Val. Compuerta	0	0	1	1	1	1
Longitud del tramo, m		85,1	92,73	1,7	1,7	1,7	1,7
Nº de Reynolds		6500022	15213049	10478	702	3574	1382
Rugosidad relativa, ε/D		0,00019	0,00035	0,0013	-	-	-
Factor de fricción, f		0,015	0,015	0,031	0,0228	0,0045	0,0116
Pérdida de carga, hL, m		490,19	182,42	0,679	0,213	0,407	0,192
Presión de salida, Pa		1554000	172252,49	20000	20000	20000	20000
Presión de entrada, Pa		1516251	170500,51	13271,01	17893,79	15970,86	18098,44

### 2.11. Lazos de control.

Los sistemas automáticos de control son necesarios para conseguir un buen funcionamiento del proceso. Se utilizan para que las variables de estudio permanezcan en los valores fijados, llamados puntos de consigna, de manera automática ya sea para lograr la producción deseada o para mantener la seguridad en la planta.

Un lazo de control estará formado normalmente por cuatro elementos, que son:

- **Instrumento de medida** o también llamado "indicador": es un dispositivo utilizado para medir las variables a controlar u otras necesarias en el sistema de control. En este proceso distinguiremos medidores de temperatura, presión, nivel, caudal, concentración y pH.

- **Controlador**: es el instrumento encargado de interpretar la información recogida de los elementos de medida y enviar las órdenes de actuación necesarias al dispositivo de control.

---

- **Elemento transmisor:** se trata del elemento físico que transmite las señales de medida a los controladores y las señales de control a los actuadores. En nuestro caso utilizaremos cables eléctricos.

- **Elemento final de control** o “actuador”: es el dispositivo que ejerce la acción de control sobre la llamada variable manipulada. Normalmente el “actuador” es una válvula de control o de regulación automática y la variable manipulada, lógicamente el caudal.

### 2.12. Red de abastecimiento de agua.

La red de suministro de agua tiene como finalidad garantizar que todos los puntos de la instalación tengan el caudal adecuado, la presión conveniente y la calidad del agua requerida, evitando cualquier posible contaminación desde su recogida en el depósito hasta el punto de consumo.

La normativa estatal referente a las redes de abastecimiento en cuanto a caudales, diámetros mínimos y presiones en los distintos “puntos del agua” se conoce como *Normas Básicas para las Instalaciones de Suministros de Agua*, Real Decreto 314/2006, de 17 de Marzo, comúnmente llamadas *N.B.A.*

#### *2.12.1.Red de suministro de agua potable.*

La instalación abarca desde la toma en la red de agua potable, hasta la llegada a los distintos puntos de consumo en el interior del edificio de oficinas; que serán los aseos, vestuarios, botiquín y laboratorio. La acometida se lleva a cabo mediante una tubería de polietileno, mientras que para la distribución interior se usan tuberías de cobre.

Las necesidades de agua potable serán, por tanto:



Instalación	Lavabos	Duchas	WC	Caudal Total
Vestuarios Femeninos	$2 \cdot 0,36 \text{ m}^3/\text{h}$	$2 \cdot 0,60 \text{ m}^3/\text{h}$	$3 \cdot 0,36 \text{ m}^3/\text{h}$	$3 \text{ m}^3/\text{h}$
Vestuarios Masculinos	$2 \cdot 0,36 \text{ m}^3/\text{h}$	$2 \cdot 0,60 \text{ m}^3/\text{h}$	$3 \cdot 0,36 \text{ m}^3/\text{h}$	$3 \text{ m}^3/\text{h}$
Botiquín	$1 \cdot 0,12 \text{ m}^3/\text{h}$	-	-	$0,12 \text{ m}^3/\text{h}$
Laboratorio	$2 \cdot 0,48 \text{ m}^3/\text{h}$	-	-	$0,96 \text{ m}^3/\text{h}$
<b>Caudal Instalación Total</b>				$7,08 \text{ m}^3/\text{h}$

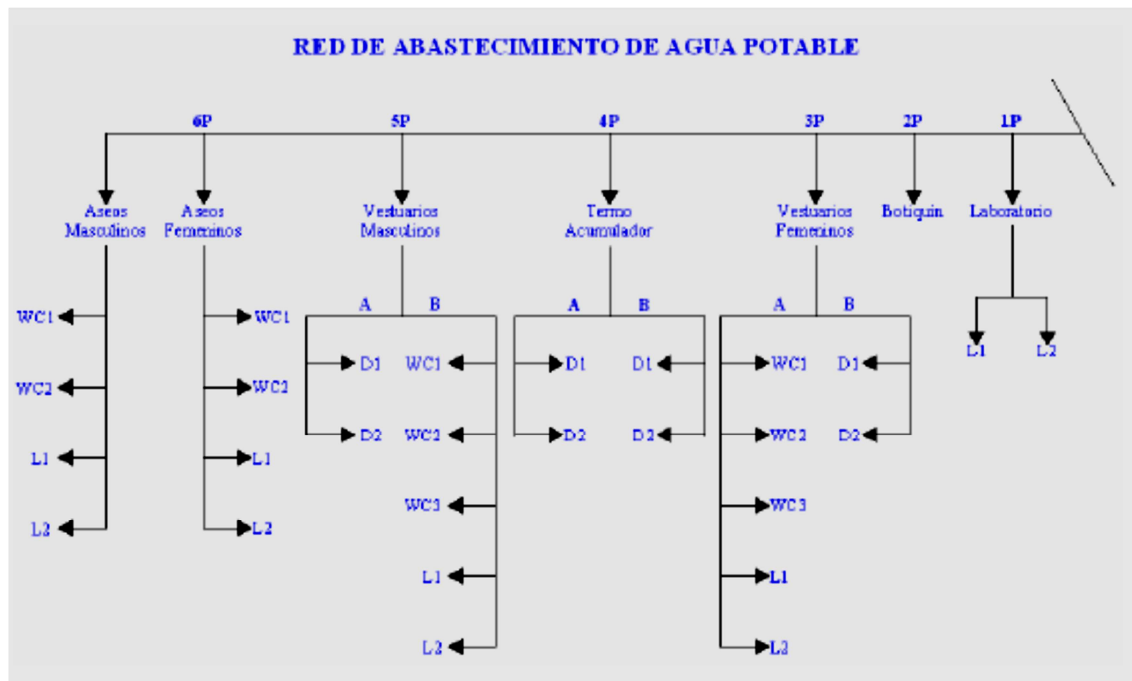
Si definimos como unidad de consumo (UDC) el caudal de  $0,36 \text{ m}^3/\text{h}$ , el coeficiente de simultaneidad será:

$$K_p = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \left( 5 \cdot \frac{0,36}{0,36} + 2 \cdot \frac{0,36}{0,6} \right) + 1 \cdot \frac{0,36}{0,12} + 2 \cdot \frac{0,36}{0,48} - 1}} = 0,251 \approx 0,3$$

Luego el caudal máximo instantáneo posible será:

$$Q_p = K_p \cdot \sum Q = 0,3 \cdot 7,08 = 2,124 \text{ m}^3/\text{h}$$

El diagrama necesario para interpretar los resultados es el siguiente:



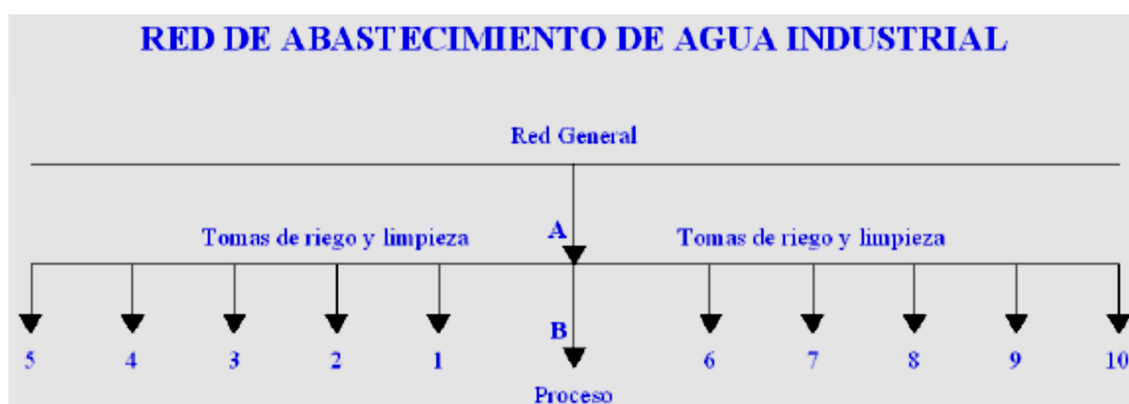
---

### 2.12.2.- Red de suministro de agua industrial.

La instalación abarca desde la toma en la red de agua industrial del Polígono, hasta la llegada a los distintos puntos de consumo, cuyos caudales son los siguientes:

Localización	Caudal volumétrico, m <sup>3</sup> /h
Procesos: extractores, circuitos de calefacción , lavados, etc	233,452
10 Tomas de Riego y Limpieza de la Nave	9
Caudal punta	52,988

El diagrama necesario para interpretar los resultados es el siguiente:



### 2.13. Red de saneamiento de aguas residuales.

Nuestra planta cuenta con una red de saneamiento para evacuar las aguas residuales procedentes de aseos, laboratorios, vestuarios,...etc. Así como también retirar las aguas pluviales y el agua vertida en el proceso. Una vez recogidas en la instalación de saneamiento de la planta, se hacen llegar a la acometida, que comunica la red de la factoría con la red municipal. La red municipal las llevará a la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) correspondiente para que sean depuradas.

Destacar, que la red de evacuación distinguirá por separado las aguas procedentes de aparatos sanitarios, que llamaremos **aguas fecales**, de las aguas procedentes de la lluvia o del proceso industrial, a las cuales incluiremos en la denominación de **aguas pluviales**.

---

Además de todo lo anterior vamos a recordar a continuación, el significado de los distintos elementos que vamos a encontrar en nuestra red de saneamiento y que están divididos en tres grupos:

**a) Elementos comunes a todas nuestras redes de saneamiento:**

- *Colectores*: son las tuberías principales de la red que conducen el agua hasta las arquetas de paso, pozos de registro o acometida general.
- *Arquetas de paso*: permiten la limpieza e inspección en caso de posibles anomalías como pueden ser: atascos, roturas,...etc. Se colocan en cambios bruscos de dirección del colector, o sea, ejerciendo la función que los accesorios realizan en las tuberías (“codos de 90º”, “T”,...etc) y también en tramos rectos cada 40-60 metros.
- *Pozos de registro*: tienen la misma misión que las arquetas pero son de mayor tamaño y se sitúan en lugares especialmente problemáticos como las cercanías de las acometidas a la red general.

**b) Elementos exclusivos de nuestra red de evacuación de aguas pluviales:**

- *Canalones*: son los elementos de la obra semicirculares que se sitúan en la vertiente de los tejados para recoger el agua de la lluvia.
- *Bajantes*: son las tuberías verticales que recogen el agua procedente de los canalones y las conduce al suelo donde, con el resto de agua recogida del mismo, es evacuada por los imbornales.
- *Imbornales*: evacuan las aguas pluviales y de limpieza que discurren por el suelo. Poseen una reja que servirá de filtro para sólidos de mayor tamaño.

---

c) **Elementos exclusivos de nuestra red de evacuación de aguas fecales:**

- *Ramales de desagüe:* son las tuberías que unen los aparatos sanitarios con los botes sifónicos.
- *Derivaciones:* son tuberías que unen los botes sifónicos con las arquetas sifónicas.
- *Botes sifónicos:* recogen las aguas procedentes de los desagües de los lavabos, WC y duchas, evitando la difusión de olores, aunque en ocasiones los WC van directamente a las arquetas.
- *Arquetas sifónicas:* son arquetas especiales con un dispositivo sifónico para evitar la difusión de olores. El agua que le llega procede de los botes sifónicos.

2.14.- Instalación eléctrica.

El diseño de la instalación eléctrica se reduce a determinar las necesidades de fuerza o caída de tensión de los equipos e instalaciones de la planta, así como también las necesidades de alumbrado exterior y alumbrado interior. Esto se logrará mediante la implantación de una sola red que incluya ambos objetivos.

El abastecimiento de energía se hará a partir de la línea de alta tensión (20 kV) propiedad del *grupo Endesa* que pasa por la parcela, desde la cual se deriva una línea hasta el centro de transformación situado en ésta, que realizará el suministro de la corriente en baja tensión para satisfacer las necesidades de la industria. De esta manera se permite la contratación de una tarifa eléctrica de alta tensión adecuada a las necesidades de la misma y se evitan las interferencias de los abonados de la red de suministro en baja tensión.

Las redes del interior del edificio junto con la red de alumbrado exterior partirán del cuadro de distribución situado junto al transformador de tensión.

---

También se dispondrá de alumbrado de emergencia que permita, en caso de fallo del alumbrado general, la evacuación segura y fácil de público hacia el exterior.

#### *2.14.1. Instalación de alumbrado.*

##### 2.14.1.1. Descriptiva del alumbrado de interiores.

La iluminación del interior de las oficinas y naves de proceso se realizará combinando luz artificial y luz natural, empleando esta última siempre que sea posible, con el objetivo de reducir el coste de la instalación.

Por tanto, se recurrirá al uso de iluminación artificial siempre que la luz natural sea insuficiente para realizar las diferentes tareas de la planta. Hay que tener en cuenta que la fábrica estará funcionando durante las 24 horas del día por lo que, mediante la instalación de alumbrado artificial, deben quedar suficientemente iluminadas todas las áreas de la fábrica.

- **Iluminación natural:**

Para iluminar las diferentes zonas interiores de la planta de gelatina mediante luz natural se utilizarán lucernarios (en la nave de producción y en el taller y almacén) y ventanas (en el edificio de oficinas, departamento de mantenimiento, sala de control y casetas de los vigilantes).

Los resultados de la superficie de lucernarios y ventanas que hay que colocar son:

Zona*	S <sub>i</sub> , m <sup>2</sup>
S-1 Taller y almacén	135,78
S-2 Sala de control	49
S-3 Sala de reuniones	81,07
S-5 Despacho del departamento comercial	31,76
S-6 Despacho del departamento de administración.	31,43
S-7 Sala de empleados	49,16
S-8 Secretaría	56,26
S-9 Aseos de hombres	16,10
S-10 Aseos de mujeres	16,10
S-11 Vestuarios de hombres	28,25
S-12 Vestuarios de mujeres	27,40
S-13 Despacho del departamento de recursos humanos	21,58
S-14 Despacho del departamento de proyectos	21,49
S-15 Despacho del departamento de producción	21,58
S-16 Botiquín	27,40
S-18 Caseta del vigilante	7,92
S-20 Sala de mantenimiento	73,00
S-21 Despacho del director técnico	6284,33
Nave de proceso (sin S2 sala de control)	665,72
Parque de Tanques	2794,35

En caso de que no se pueda instalar la cantidad necesaria de lucernarios o ventanas por limitaciones constructivas o de espacio, hay que reducir el número de lucernarios y ventanas a ubicar y cubrir el resto de necesidades mediante iluminación artificial. En tal caso, durante el tiempo de la jornada laboral en el que halla iluminación natural deberá emplearse una iluminación mixta.

- **Iluminación artificial:**

Como se ha mencionado anteriormente, la instalación de alumbrado artificial debe suministrar la luz necesaria para conseguir una actividad normal de la planta durante las horas nocturnas o cuando la luz natural sea insuficiente.

En la nave de producción y en el taller y almacén se optará por un alumbrado general, o sea, aquel que proporciona una iluminación uniforme, mientras que para el edificio de oficinas, sala de control, sala de mantenimiento y caseta del vigilante se utilizará el alumbrado general localizado que es aquel que produce un nivel de iluminación general moderado y coloca alumbrado directo para disponer de elevados niveles medios de iluminación en zonas específicas.

---

Se escogerá entre dos tipos de lámparas

<b>Tipo de lámpara</b>	<b>Vapor de Sodio de Alta Presión</b>	<b>Tubo Fluorescente</b>
<i>Potencia, W</i>	400	60
<i>Flujo luminoso <math>\Phi_l</math>, lumen</i>	47000	4000
<i>Luminancia, cd/m<sup>2</sup></i>	24	24
<i>Diámetro, mm</i>	120	38
<i>Largo, mm</i>	290	1500
<i>Eficiencia, Lm/W</i>	107,0	53,3

#### 2.14.1.2. Descriptiva del alumbrado de exteriores.

Esta instalación tiene por objeto la iluminación de aquellos espacios de la planta de gelatina que se encuentran al descubierto. Dichos espacios son:

- Exterior de la nave de producción y parque de tanques (zona carga y descarga).
- Exterior del edificio de oficinas.
- Exterior taller/almacén y sala de mantenimiento.
- Aparcamientos.
- Exterior caseta del vigilante.

Para la iluminación de todas estas zonas se utilizarán proyectores, los cuales son luminarias que concentran la luz en el ángulo sólido mediante un sistema óptico para lograr una intensidad luminosa elevada.

#### 2.14.1.3. Descriptiva del alumbrado de señalización y de emergencia.

El alumbrado de emergencia es una instalación que se diseña para entrar en funcionamiento si se produce una avería en el alumbrado normal. Se repartirán a lo largo de la planta, en las principales zonas de paso y de evacuación varios bloques autónomos de emergencia y señalización, cumpliendo con la Instrucción MI-BT-025.

El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, en su hoja de interpretación número 25, se refiere al alumbrado de emergencia, indicando que “deberá proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación adecuada”. Define alumbrado de emergencia como “el que debe permitir, en caso de fallo del alumbrado general, la evacuación segura y fácil del personal

---

al exterior”. Solamente podrá ser alimentado por fuentes propias y no por fuentes de suministro exterior.

Este alumbrado deberá poder funcionar durante una hora como mínimo. Estará previsto para entrar en funcionamiento automáticamente al producirse fallos de los alumbrados generales o cuando la tensión de ellos baje más del 70% del valor nominal. Se colocará en los locales y siempre en las salidas, en las señales indicadoras de las mismas y en cuadros eléctricos de distribución.

Las zonas que se deberán iluminar son:

- Nave de producción y parque de tanques.
- Edificio de oficinas.
- Sala de control.
- Taller y almacén y sala de mantenimiento.
- Caseta del vigilante

#### *2.14.1.4. Características resumidas de las luminarias de nuestra planta.*

Previamente, en cuanto a las luminarias de la planta, debemos indicar que para las lámparas de vapor de sodio serán luminarias de alumbrado industrial, cerradas y de montaje suspendido; para los tubos fluorescentes, serán luminarias cubiertas con difusor y llevarán dos tubos fluorescentes cada una.

La norma UNE-20324, en concordancia con las normas internacionales (EN 60598), indica los *grados de protección de luminarias* con las letras IP seguidas de tres dígitos característicos: la primera cifra refleja el grado de protección contra la penetración de cuerpos sólidos y polvo; la segunda, el grado de protección contra la penetración tercera, la resistencia mecánica.

A continuación, se resume en cuadros toda la iluminación: interior, exterior y de emergencia:



<b>ALUMBRADO DE INTERIOR</b>	
<i>Número de lámparas</i>	310
<i>Potencia total, W</i>	68240
<b>Nave de producción, taller y almacén</b>	
<i>Características</i>	Luminaria para alumbrado industrial, cerrada, montaje suspendido
<i>Grado de protección</i>	IP 543
<i>Distribución de flujo</i>	Directa
<i>Apertura de haz</i>	Semiintensiva
<i>Tipo de lámpara</i>	Vapor de Sodio de alta presión de 400 W
<b>Sala de control, edificio de oficinas, sala de mantenimiento y caseta del vigilante</b>	
<i>Características</i>	Luminaria fluorescente cubierta con difusor
<i>Grado de protección</i>	IP 213
<i>Distribución de flujo</i>	Directa
<i>Apertura de haz</i>	Extensiva
<i>Tipo de lámpara</i>	Fluorescente de 60 W

<b>ALUMBRADO EXTERIOR</b>	
<i>Número de lámparas</i>	60
<i>Potencia total, W</i>	24000
<i>Características</i>	Luminaria para alumbrado público, cerrada, montada en brazo mural o poste
<i>Grado de protección</i>	IP 553
<i>Distribución de flujo</i>	Directa
<i>Apertura de haz</i>	Haz ancho
<i>Tipo de lámpara</i>	Vapor de Sodio de alta presión de 400 W

<b>ALUMBRADO DE SEÑALIZACIÓN Y EMERGENCIA</b>	
<b>Nave de producción, taller y almacén, sala de mantenimiento</b>	
<i>Características</i>	Luminaria fluorescente estanca industrial
<i>Grado de protección</i>	IP 543
<i>Material Difusor</i>	Vidrio
<i>Caja de chapa</i>	Acero galvanizada, embutida y pintada al polvo epoxi
<i>Entrada</i>	Mediante prensaestopas
<i>Tensión de alimentación, V</i>	220
<i>Superficie cubierta, m2</i>	160 (MI-BT-025)
<i>Flujo luminoso, lumen</i>	800
<i>Tipo fijación</i>	A parámetros verticales o techos
<b>Sala de control, edificio de oficinas y caseta del vigilante</b>	
<i>Características</i>	Luminaria fluorescente estanca industrial
<i>Grado de protección</i>	IP 663
<i>Material Difusor</i>	Vidrio
<i>Caja de chapa</i>	Acero galvanizada, embutida y pintada al polvo epoxi
<i>Entrada</i>	Mediante prensaestopas
<i>Tensión de alimentación, V</i>	220
<i>Superficie cubierta, m2</i>	175 (MI-BT-025)
<i>Flujo luminoso, lumen</i>	735
<i>Tipo fijación</i>	A parámetros verticales o techos

---

### 2.14.2. *Instalación de fuerza.*

En este capítulo se señalan las condiciones técnicas necesarias para la realización de la instalación eléctrica en baja tensión para la fábrica, de acuerdo con la reglamentación vigente.

Los criterios de cálculo, las características de los conductores y, en general, el diseño de la instalación, se fijarán de acuerdo con el vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto) y las Instrucciones Complementarias MI BT (Orden del 8 de Octubre de 2003), así como las recomendaciones del RD 577/1982, de 17 de Marzo.

La energía a utilizar, suministrada por la compañía Sevillana Endesa S.A., será de alta tensión y se tratará de energía alterna senoidal trifásica cuya tensión nominal de servicio asciende a 20 kV y su frecuencia es de 50 Hz. La tensión de servicio para los receptores (tensión de utilización) en el lado de baja tensión del transformador es de 380/3 - 220 v a 50 Hz de frecuencia.

#### 2.14.2.1.- Diagrama de la instalación eléctrica.

El primer paso para el diseño de la red será conocer los diferentes cuadros de distribución necesarios, las líneas que lo forman y las necesidades de potencia a suministrar por éstas a los distintos equipos e instalaciones existentes en la planta. Veamos todo ello a continuación:

- **Cuadro general de distribución de baja tensión.**

La potencia necesaria se recibe mediante cables que conectan el transformador con el cuadro general de distribución. Desde este punto se suministra la fuerza motriz necesaria para la baja tensión. Está formado por la *línea de entrada* equipada con interruptor general para aislar el cuadro y los instrumentos de control del voltaje, intensidad,...etc; y la *línea de salida* que conecta con el cuadro secundario de fuerza.

- **Cuadro secundario de fuerza.**

El cuadro secundario recibe la fuerza motriz procedente del cuadro general de distribución de baja tensión y la distribuye a los puntos finales de consumo de la planta. Está formado por una *línea de entrada* equipada con un

---

interruptor general para aislamiento y varias *líneas de salida y de suministro* a máquinas y motores.

#### 2.14.2.2. Características de las líneas eléctricas.

Algunas **características generales** de nuestra instalación se muestran a continuación:

- La red que conecta el transformador con el cuadro general de distribución de baja tensión será subterránea, los cables irán por una zanja y tendidos sobre lecho de arena o bajo tubo. Para señalar su situación se utilizará una hilera de rasillas y una cinta de plástico.
- En el interior de los edificios, la energía eléctrica se conducirá por la parte superior de los locales, fijando los cables a las paredes y con protectores plásticos adecuados y fáciles de desmontar.
- Todo el material eléctrico que se utilice tendrá una protección adecuada frente al contacto con objetos sólidos y entrada de agua, dependiendo del ambiente del local en el que se instale.

---

## **A.- ANEXOS DE CALCULO**

### **A.1. DISEÑO DE TUBERIAS**

Podemos decir que este diseño se reduce a calcular el diámetro óptimo de cada tramo de tubería de la instalación, así como la pérdida de carga que se produce en el mismo.

#### **A.1.1. Cálculo del diámetro**

Las etapas a seguir para dicho cálculo son las siguientes:

- Determinar el diámetro mínimo que ha de tener la conducción: se realiza a partir del valor del caudal volumétrico (conocido del Diagrama de Flujo) y establecida una velocidad máxima del fluido en la tubería mediante la siguiente expresión:

$$Q = v_{\max} \cdot S_{\min} = v_{\max} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D_{\min}^2 \Rightarrow D_{\min} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v_{\max}}}$$

Donde  $v_{\max}$  se determina mediante la tabla de valores típicos siguiente:

<b>Fluido</b>	<b>Velocidad, m/s</b>	<b>Fluido</b>	<b>Velocidad, m/s</b>
Agua en general	1-3	Gases a baja presión	3-10
Agua caliente	2-3	Gases a alta presión	5-15
Compuestos químicos	0,5-3	Aire comprimido	3-10
Amoníaco líquido	1,8	Vapor saturado	10-25
Fluidos viscosos	1-2	Vapor recalentado	30-60

- Elección del diámetro comercial: El diámetro mínimo obtenido de la etapa anterior, probablemente no coincida con ningún diámetro normalizado, por lo que se tomará el diámetro comercial inmediatamente superior indicado por las tablas del “Manual del Ingeniero Químico”, Perry 7<sup>o</sup> Edición, Vol 2, Capítulo 6, Tabla 6.6.
- Cálculo de la velocidad real de circulación por la tubería: finalmente a partir del diámetro obtenido D, y conocido el caudal volumétrico Q: se calcula la verdadera velocidad del fluido a través de la tubería:

$$v = \frac{Q}{\pi/4 \cdot D^2}$$

Con este cálculo se comprueba que dicha velocidad no es superior a los límites establecidos en la tabla anterior, además de ser indispensable para que en próximos cálculos determinemos el régimen de circulación mediante el número de Reynolds.

#### A.1.2. Cálculo de la pérdida de carga

La pérdida de carga o caída de presión por fricción en la tubería  $h_f$ , se determina mediante la conocida como *Ecuación de Fanning*, expresada en metros de columna de líquido:

$$h_L = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Cabe destacar que la expresión anterior incluye tanto las pérdidas de carga mayores debido a longitudes rectas de tubería, como las menores, debido a los accesorios (válvulas, juntas, codos,... etc). Éstas últimas se incluyen como longitudes equivalentes.

Los valores de  $L_{eq}$  para cada accesorio se expresan como un múltiplo del diámetro interno de la tubería:

Tipo de accesorio	Longitud equivalente, n° $D_i$
Codo 90°	37,5
Codo 45°	15,0
“U”	75,0
“T”	60,0
Válvula de compuerta* <sup>1</sup>	8,5
Válvula de retención* <sup>2</sup>	100,0
Válvula de control o reguladoras* <sup>3</sup>	110,0

*Notas explicativas:*

\*<sup>1</sup> *Producen la apertura o cierre total del flujo*

\*<sup>2</sup> *Impiden el retroceso del fluido. Útiles en bombas ya que impiden cavitación*

\*<sup>3</sup> *Regulan el caudal de flujo*

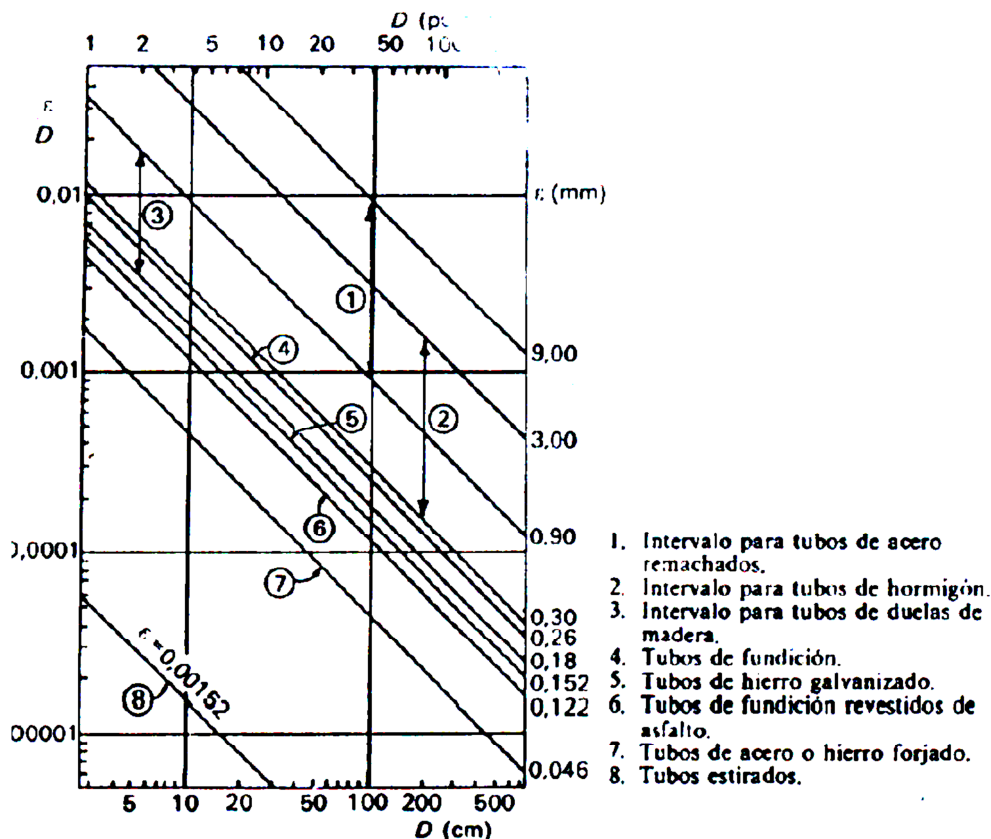
▪ **El factor de fricción  $f$** , es un parámetro adimensional que depende del régimen de circulación y, por tanto, pueden ocurrir dos cosas:

- Si el régimen de circulación es laminar ( $Re < 2000$ )

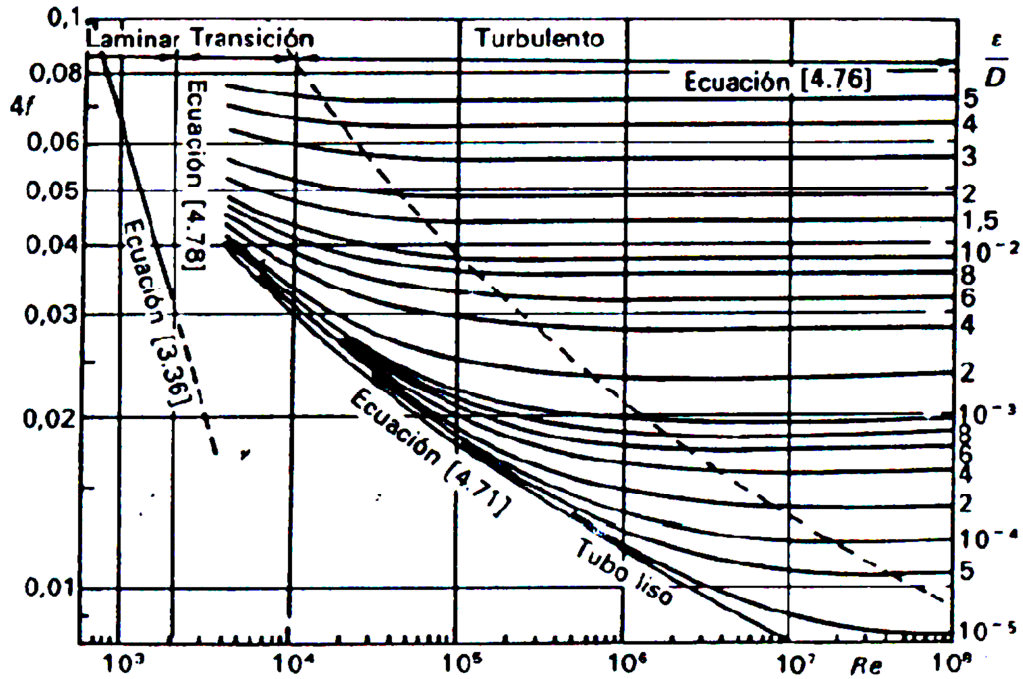
el cálculo es directo a partir del número de Reynolds:  $R_e = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$ :

$$f = \frac{16}{R_e}$$

- Si el régimen es de transición ( $2000 < Re < 4000$ ) o turbulento ( $Re > 4000$ ), el factor de fricción se determina a partir de la rugosidad relativa  $\varepsilon/D$ , término que se obtiene utilizando el gráfico siguiente (Fuente: "Ingeniería Química" E. Costa Novella, Vol 3 "Flujo de Fluidos"). Sólo se necesitan el diámetro nominal de la tubería (en cm o pulgadas) y el material de la misma para acceder al gráfico (siempre tubería de acero o hierro forjado, línea número 7):



Conocida la rugosidad relativa, existen dos opciones, utilizar el *Gráfico de Moody* mostrado a continuación:



O bien la *ecuación de Chen*. Para una mayor precisión, utilizaremos esto último mostrado a continuación:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -4 \cdot \log \left[ \frac{\epsilon/D}{3,707} - \frac{5,045}{R_e} \cdot \log \left( \frac{\epsilon/D^{1,110}}{2,826} + \frac{5,851}{R_e^{0,898}} \right) \right]$$

### A.1.3. Consideraciones previas a los cálculos

- ❖ En primer lugar, cabe destacar que se ha utilizado el plano 3, donde la medición de las longitudes de las conducciones se ha realizado teniendo en cuenta el espacio ocupado por los accesorios.
- ❖ Hemos de indicar también, que salvo algunas excepciones, se han realizado los cálculos para lograr el máximo ahorro posible, esto es, en tramos donde es posible un menor diámetro al existir un caudal menor, se ha establecido dicho valor.
- ❖ Las densidades de los fluido se tomaron de los datos tabulador del “Manual del Ingeniero Químico”, Perry, 7ª Edición, a excepción de la del vapor de agua del sistema de calefacción, que fue obtenida mediante la ecuación de los gases perfectos a partir de la presión y temperatura de saturación (ver anexo *Diseño de la Caldera*):

---


$$\rho_{\text{vapor\_agua}}(\text{Kg}/\text{m}^3) = \frac{\Delta P \cdot P_M}{R \cdot T} = \frac{\Delta P(\text{Pa}) \cdot P_M(\text{Kg}/\text{mol})}{8,314(\text{J}/\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot T_m(\text{K})}$$

❖ Las tuberías de abastecimiento de agua industrial de calefacción / refrigeración así como la de evacuación operan en discontinuo, es decir, solo cuando es necesario la carga o la descarga de dichos circuitos. Su cálculo se realiza para el caudal máximo que circulará por dichas conducciones.

## A.2. DISEÑO DE BOMBAS

Para el cálculo de las distintas bombas de la instalación, en primer lugar se han de conocer las características de la instalación (presiones de entrada y salida de las tuberías, diferencia de altura de las mismas y pérdidas por presión por rozamiento), las del fluido (estado líquido o gas y densidad) y el caudal que se ha de bombear.

### A.2.1. Cálculo riguroso de las presiones de entrada y salida de todas las conducciones

En primer lugar debemos de aplicar la ecuación de Bernoulli entre los extremos de cada tramo de tubería para determinar todas las presiones ya que es conocida la pérdida de carga por rozamiento además de las presiones de operación o caída de presión de los distintos equipos:

$$\Delta h(m) = (z_2 - z_1) + \frac{1}{2 \cdot g} \cdot \left( \frac{V_2^2}{\alpha_2} - \frac{V_1^2}{\alpha_1} \right) + \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + h_f$$

Donde:

- ❖ *Carga dinámica total,  $\Delta h$* : Es la elevación de presión producida por la bomba centrífuga expresada en metros de columna de líquido. Si no hay bomba será nula.
- ❖ *Carga potencial,  $(z_1 - z_2)$* : Es la diferencia de cotas entre el punto final y el punto inicial.
- ❖ *Carga dinámica,  $(P_2 - P_1)/\rho \cdot g$* : Es la diferencia de presiones entre el punto final y el inicial expresado como columna de líquido.



---

❖ *Carga cinética*,  $(\frac{v_2^2}{2 \cdot g \cdot \alpha_2} - \frac{v_1^2}{2 \cdot g \cdot \alpha_1})$ : Normalmente, debido a

que la sección de la tubería donde aplicamos Bernouilli es constante y debido a que el fluido es incompresible ( $\rho$  es cte), por la ecuación de continuidad ( $\rho_1 \cdot v_1 \cdot S_1 = \rho_2 \cdot v_2 \cdot S_2$ ) tenemos que  $v_1 = v_2$ , luego el término cinético es nulo.

❖ *Caída de la presión por fricción del fluido con la tubería,  $h_f$* : Es la pérdida de presión del fluido debido al rozamiento y está expresada en metros de columna de líquido, tanto para la zona de aspiración como para la zona de impulsión. Incluye también las caídas provocadas por los accesorios colocados en las conducciones. Se calculó en el diseño de tuberías.

Se pueden seguir dos métodos de cálculo secuenciales, que son:

➤ En sentido inverso partiendo de que deseamos una determinada presión de descarga en un equipo concreto y calculando hacia atrás las presiones de entrada de las tuberías. La ecuación de Bernouilli quedará:

$$0 = (z_2 - z_1) + 0 + \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + h_f$$

Y despejando la presión de entrada  $P_1$ :

$$P_1 = P_2 - [(z_1 - z_2) - h_f] \cdot \rho \cdot g$$

➤ Cálculo directo de las presiones de salida de las distintas tuberías partiendo de la presión de entrada conocida, de la primera de ellas. La ecuación es:

$$P_2 = P_1 + [(z_1 - z_2) - h_f] \cdot \rho \cdot g$$

De las dos expresiones anteriores podemos deducir una conclusión muy interesante para tuberías de sección constante y fluidos incompresibles (densidad constante). La presión de salida o de entrada de una tubería sólo depende de dos factores: la carga potencial o diferencias de alturas y la carga de rozamiento debido al choque del fluido con las paredes:

✓ El **término de rozamiento** ( $-h_f \cdot \rho \cdot g$ ), al ser negativo, favorece siempre que la presión disminuya con el desplazamiento del fluido.

✓ El **término potencial**  $(z_1 - z_2) \cdot \rho \cdot g$ , puede provocar ambos efectos dependiendo de si el fluido asciende o desciende. Así por ejemplo cuando la conducción pasa de mayor a menor altura  $z_1 > z_2$ , el término será positivo y entonces favorecerá el aumento de la presión del fluido con su desplazamiento. Así podrá ocurrir que el fluido vaya de menor a mayor presión en una conducción sin la existencia previa de bomba alguna. Esto sucederá cuando el término potencial sea positivo y sea mayor el rozamiento.

Los resultados fueron los siguientes, donde en algunos casos se obtienen presiones negativas que demuestran la necesidad obligada del uso de bombas en dichos casos.

Numeración	MP -1	MP-2	MP-3	MP-CT-11	MP-6	MP-7
Densidad, Kg/m <sup>3</sup>	2130	1000	1000	1379,6	1270	1840
Pérdida de carga, $h_L$ , m	0,022	7,96	6,971	2,30	23,18	3,11
Altura del punto final $z_2$ , m	6	6	1	0	13,15	6,1
Altura del punto inicial $z_1$ , m	0	0	0	0	0	0
Presión de entrada $P_2$ , Pa	108279,43	49540,5	19335,51	21563,95	25540,34	56069,17
Presión de salida $P_1$ , Pa	17552,05	87407,1	58860	5413,55	175667,67	110107,44
Método de cálculo	Directo	Directo	Directo	Directo	Directo	Directo

Numeración	R-4	R-5	P-13	P-14	P-15	P-16
Densidad, Kg/m <sup>3</sup>	1000	992,3	1008,4	1008,4	1008,4	1008,4
Pérdida de carga, $h_L$ , m	8,61	8,06	1,50	0,14	0,53	0,26
Altura del punto final $z_2$ , m	0	10,16	2,2	1,8	1,8	1,8
Altura del punto inicial $z_1$ , m	0	0	0	0	0	0
Presión de entrada $P_2$ , Pa	62051,98	78649,8	19979,80	3195,62	7050,41	4414,11
Presión de salida $P_1$ , Pa	22428,45	98665,2	15998,64	15998,64	15998,64	15998,64
Método de cálculo	Directo	Directo	Directo	Directo	Directo	Directo

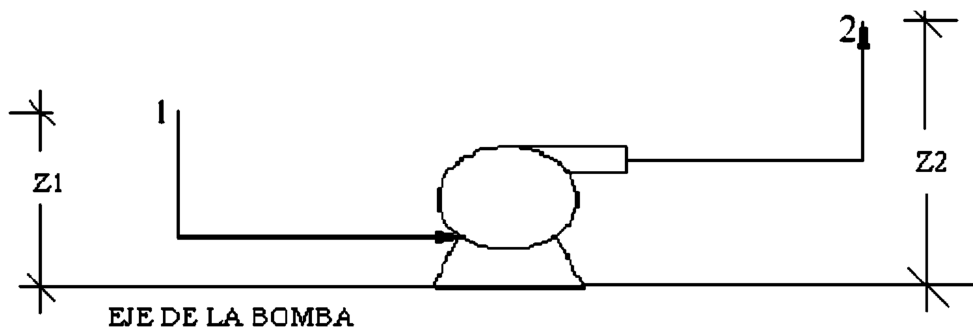
#### A.2.2. Cálculo de la carga dinámica total, $\Delta h$

Aunque en principio no son necesarias en realidad muchas bombas, en la práctica para asegurar una determinada presión de descarga es recomendable utilizar estos equipos de impulsión de fluidos a la salida de los tanques de

---

almacenamiento, así como entre equipos intermedios especialmente su preceden cambiadores de calor.

Así, vamos a suponer una serie de tuberías donde es recomendable la existencia de estos equipos de bombeo y aplicando la ecuación de Bernouilli, que no es más que un balance de energía, en los extremos de la conducción sometida a estudio, determinados la carga dinámica total, que no es más que la elevación de presión que van a lograr las bombas (que para ese tramo de conducción coincidirá con su caída de presión):



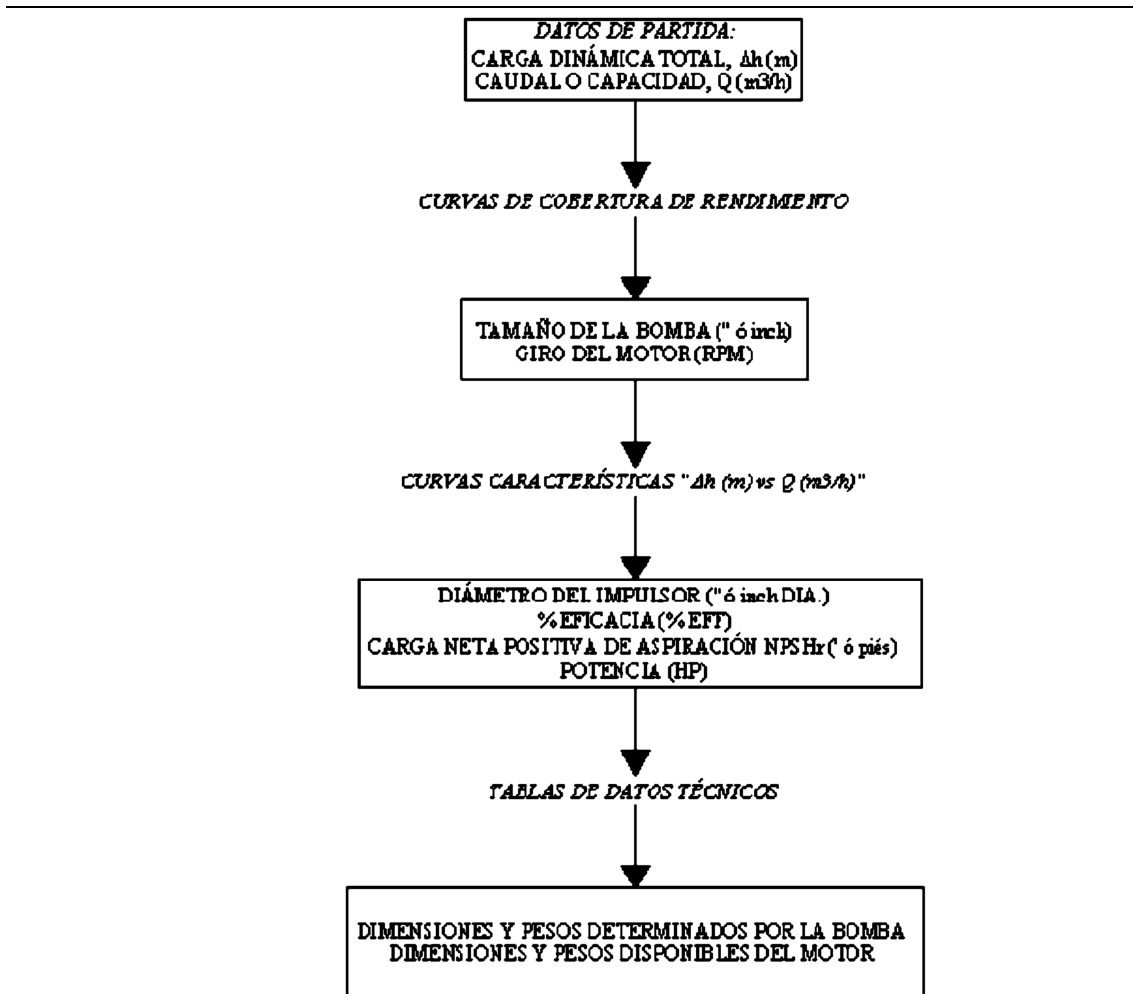
$$\Delta h(m) = (z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + h_f$$

Los resultados de este apartado se expusieron conjuntamente con los del siguiente.

### A.2.3. Elección de la bomba: Características y dimensiones

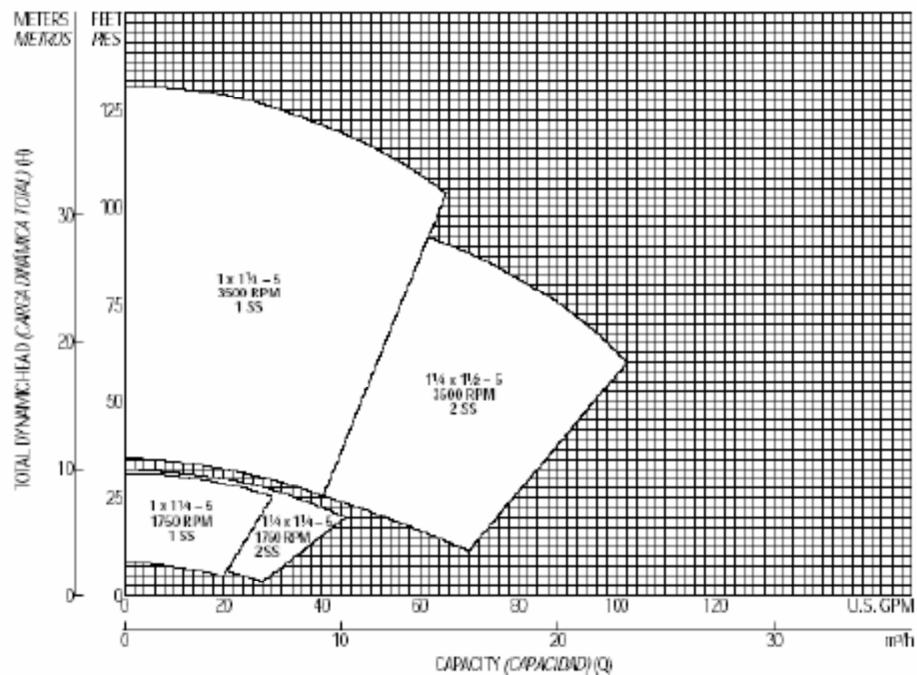
De los distintos catálogos existentes en la Web de la empresa A Goulds Pumps Company, aquellos modelos que operan en el rango de operación  $\Delta h$  vs  $Q$  de nuestra planta fueron los dos siguientes: las bombas de succión extrema de acero inoxidable 316 con impulsor abierto conocidas como ICS/ICSF; y las bombas de succión extrema de acero inoxidable con impulsor encerrado conocidas como 3657/3757.

Las etapas seguidas para el diseño se incluyen en el siguiente esquema:

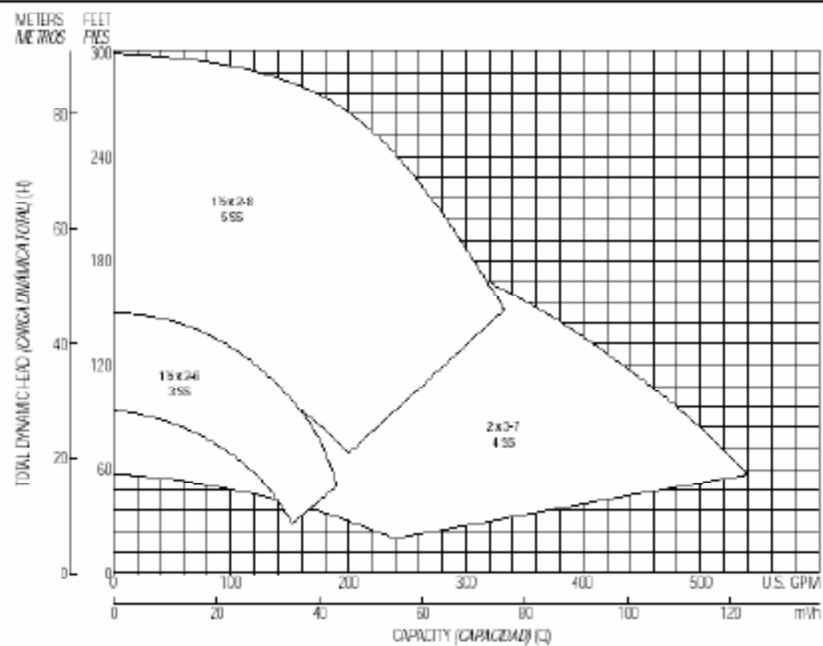


- **Cálculo del tamaño de la bomba y las revoluciones de giro del motor:** a partir de los datos iniciales  $\Delta h$  (m) y  $Q$  ( $m^3/h$ ), y mediante la curva de cobertura de rendimiento correspondiente, podemos obtener el tamaño de la bomba en pulgadas y las revoluciones de giro del motor en rpm. Los gráficos que se utilizaron fueron los dos siguientes:

**ICS Performance Coverage, 3500 and 1750 RPM**  
**ICS Cobertura de Rendimiento, 3500 y 1750 RPM**



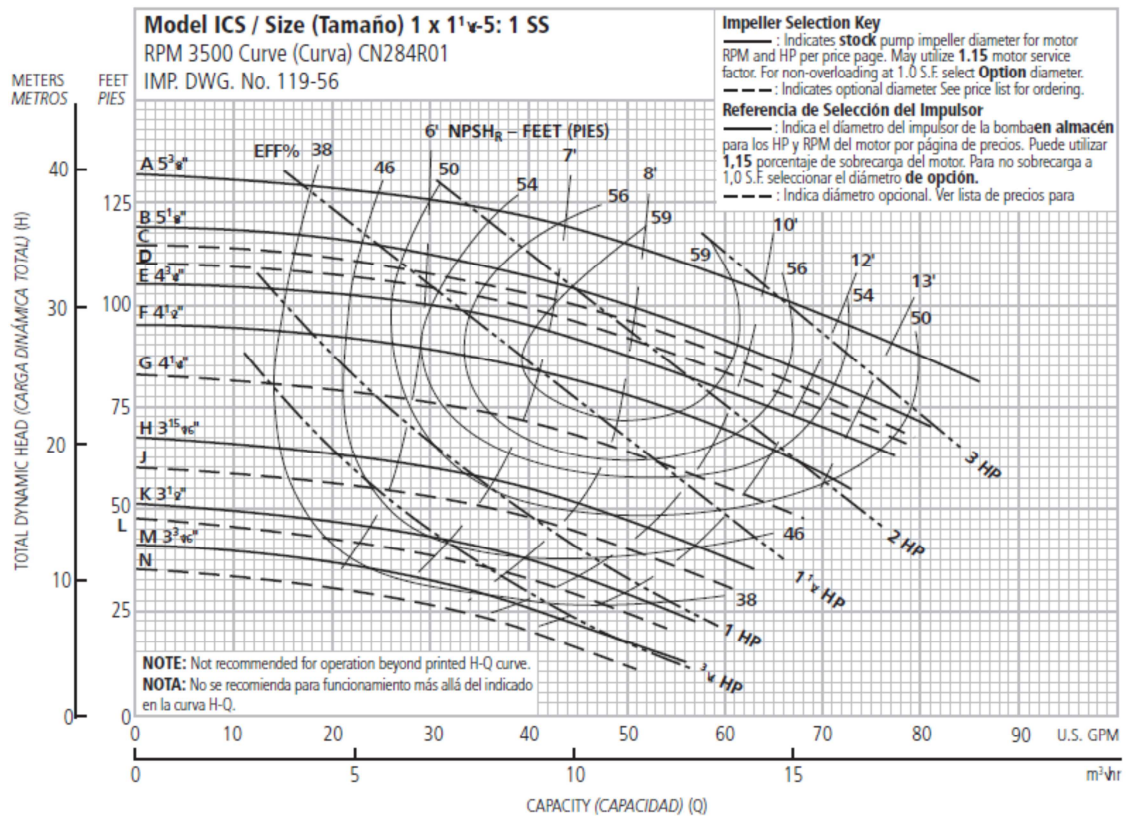
**3657/3757 Performance Coverage, 3500 RPM – Investment Cast 316 Stainless Steel**  
**3657/3757 Cobertura de Rendimiento, 3500 RPM – Fundición de Acero Inoxidable 316**

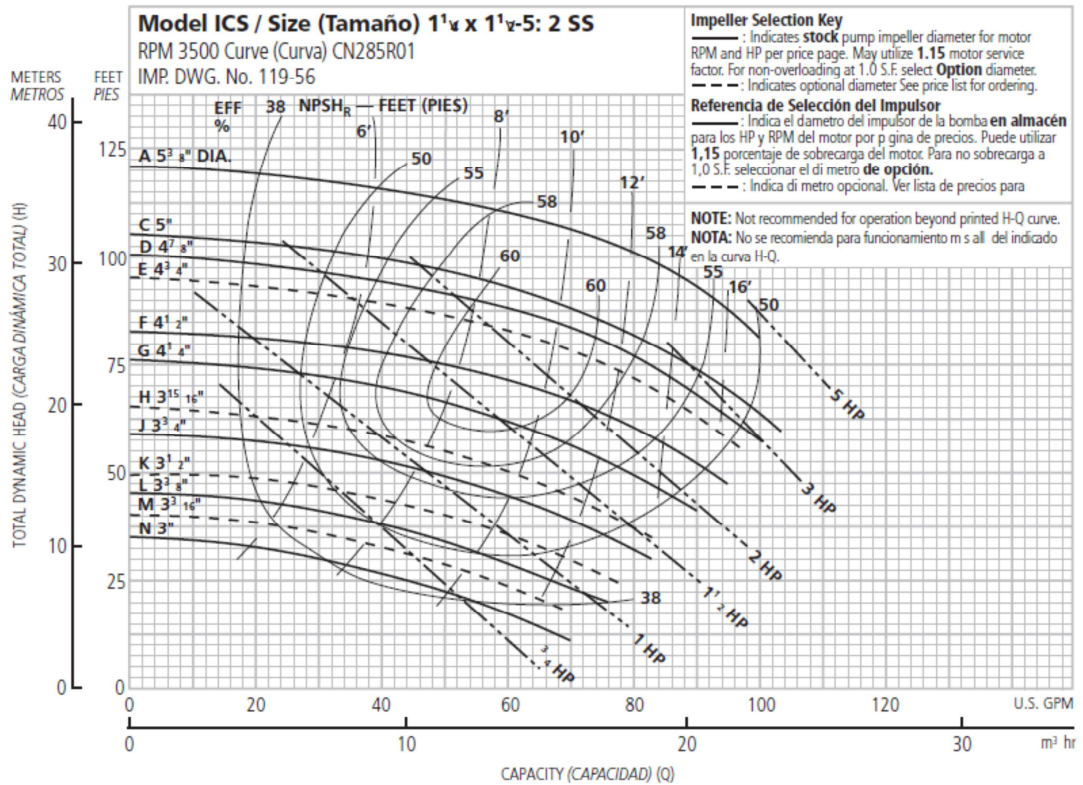
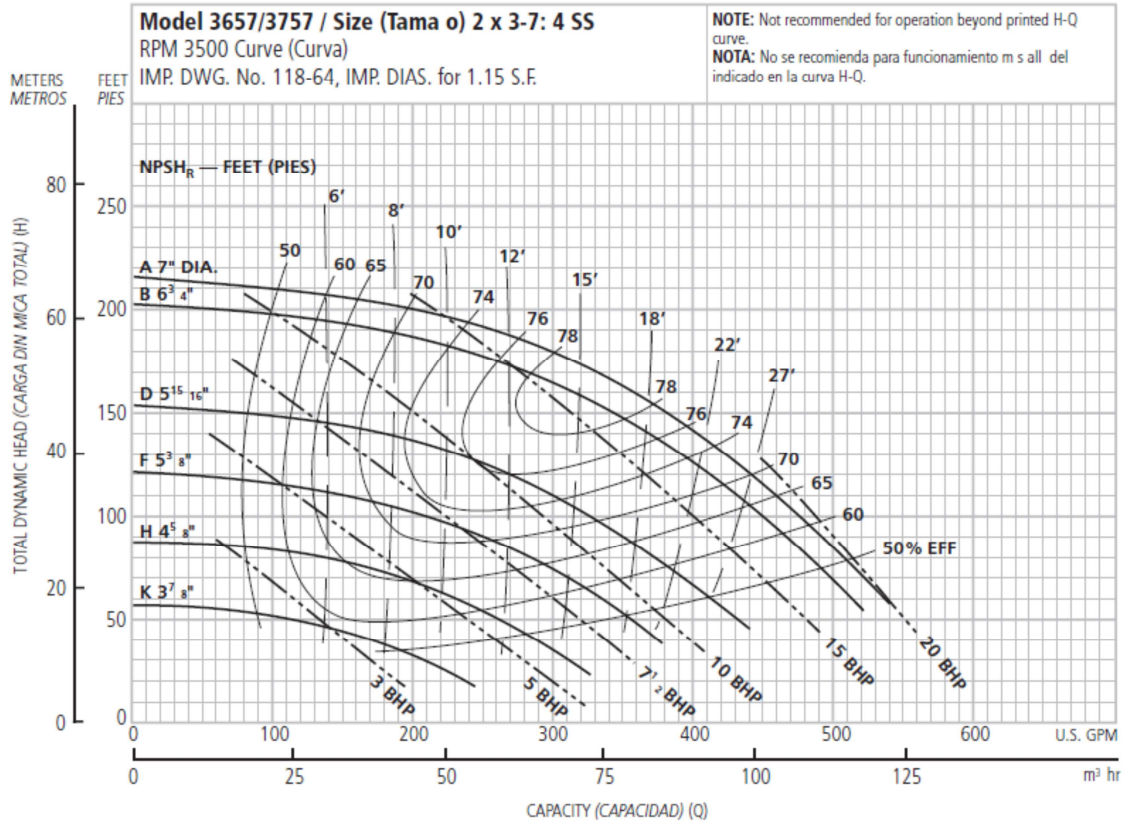


Los caracteres alfanuméricos que aparecen bajo las dimensiones es su codificación. Así por ejemplo, 2SS significa bomba de 1 ¼ x 1 ½ a 5 pulgadas de acero inoxidable 316 (*316 Stainless Steel*)

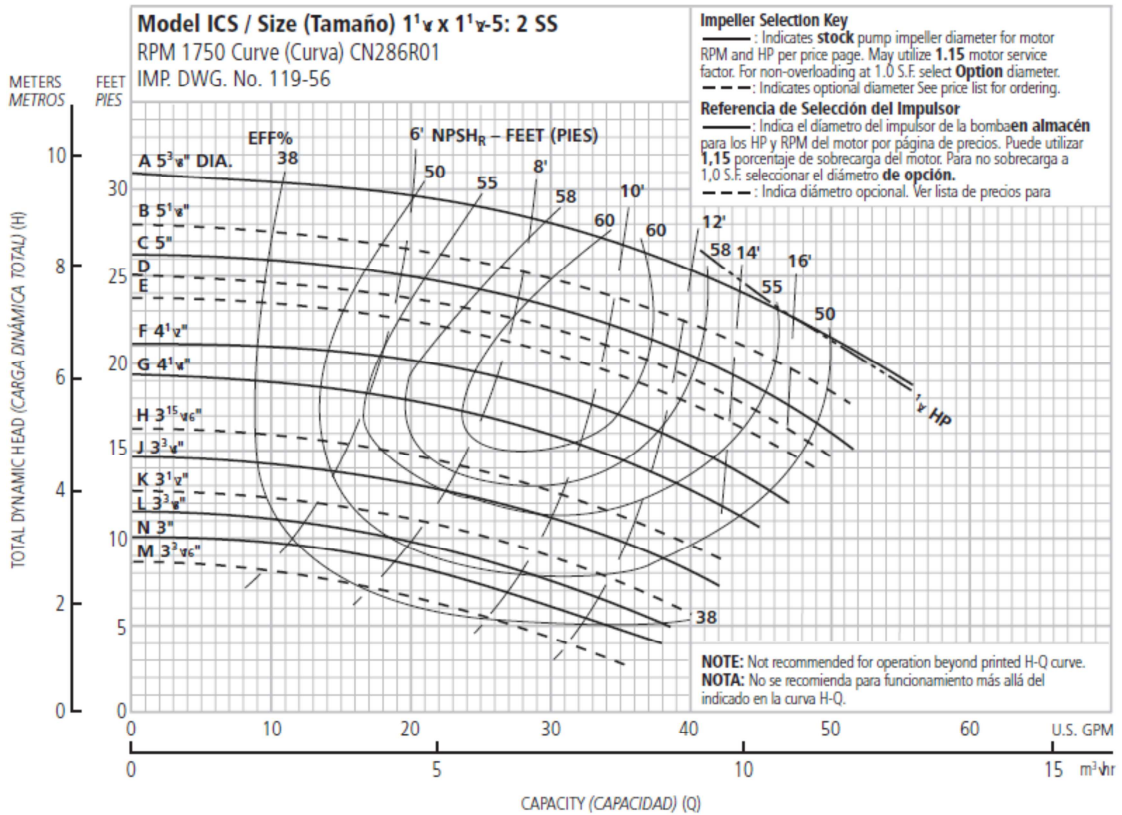
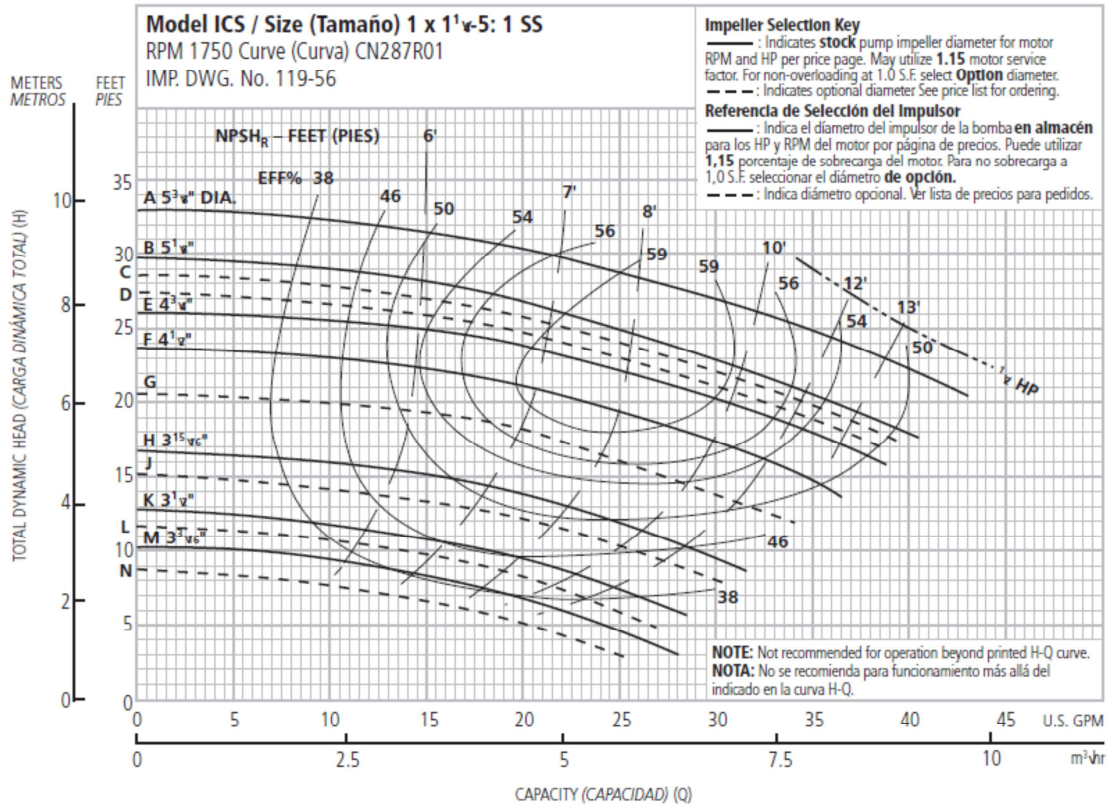
- **Cálculo de las características de la bomba:** Una vez elegido el modelo (tamaño y rpm), a partir de  $\Delta h$  (m) y  $Q$  (m<sup>3</sup>/h) conocidos, al

introducírlos en la curva característica de nuestra bomba, podemos obtener una serie de propiedades como son: diámetro del impulsor (DIA) en pulgadas, % de eficacia (%EFF), la carga neta positiva de aspiración (NPSHr) y la potencia. Se utilizaron 3 gráficos para cada modelo: Pongo uno de cada para que se sepa cuales son

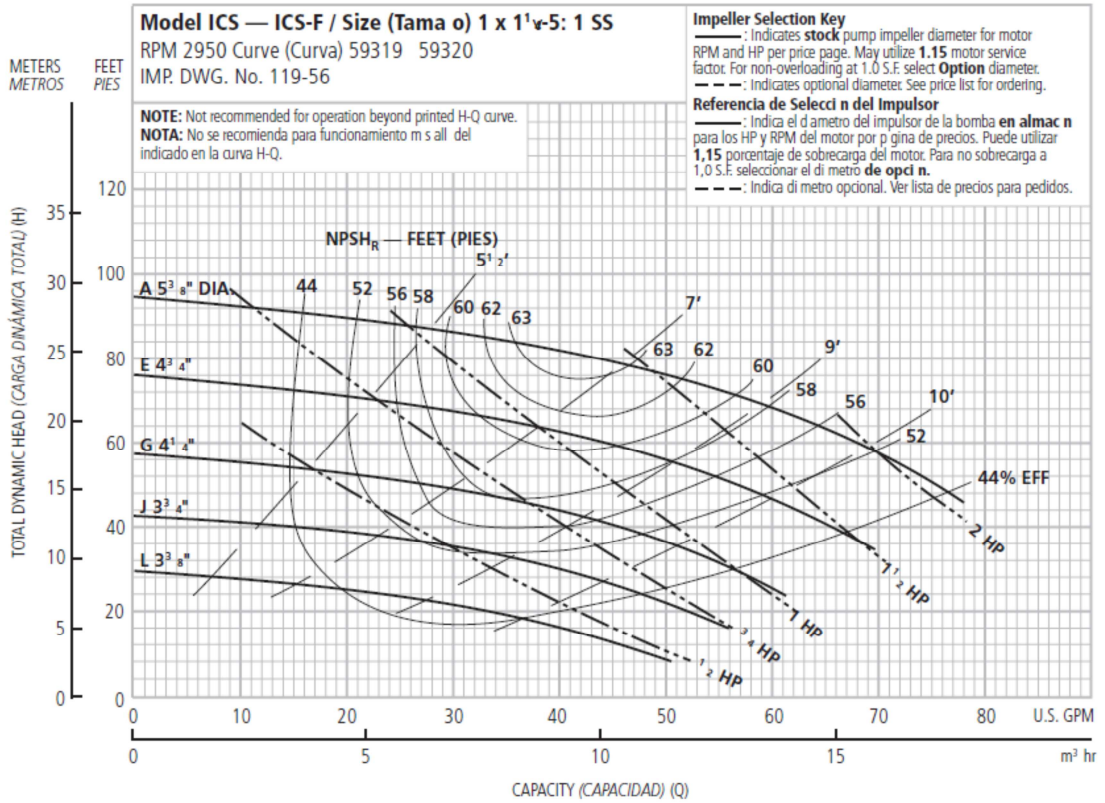




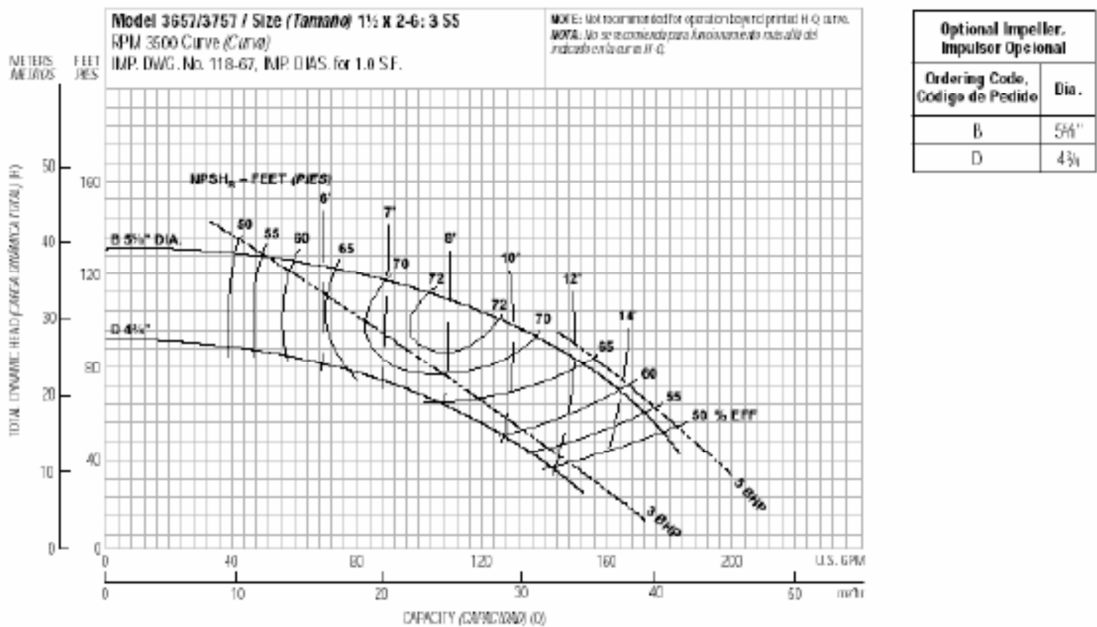


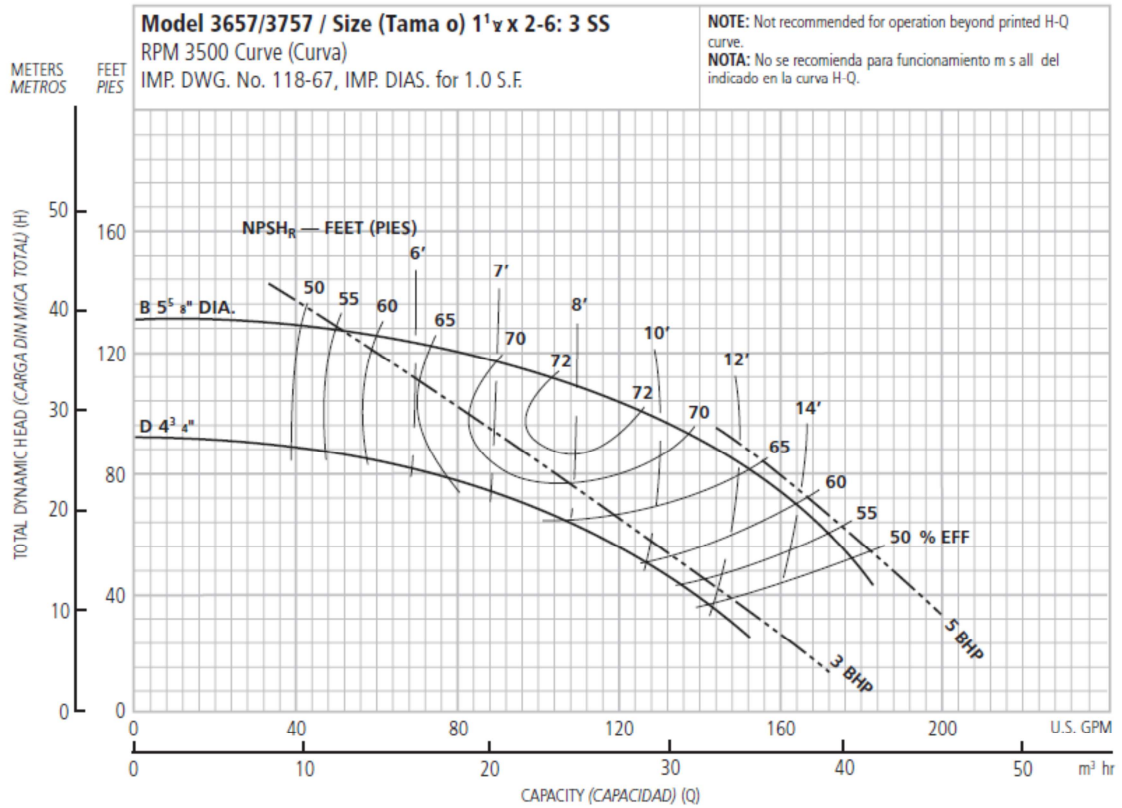






**3657/3757 Performance Curves – 60 Hz, 3500 RPM**  
**3657/3757 Curvas Características – 60 Hz, 3500 RPM**

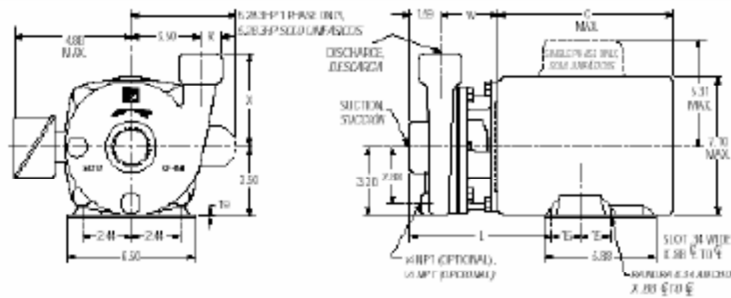




○ **Cálculo de dimensiones y pesos de la bomba:** Finalmente utilizando las tablas de datos técnicos podemos establecer de forma rigurosa todas las dimensiones y pesos necesarios de la bomba y de su motor. Dichas tablas se muestran a continuación:

**ICS – Engineering Data**  
**ICS – Datos Técnicos**

**3500 RPM**



**Dimensions and Weights – Determined by Pump,**  
**Dimensiones y Pesos – Determinados por la bomba**

Pump, Bomba	Suction NPT, Succion NPT	Discharge NPT, Descarga NPT	L	R	W	X	*Wt. Max., Pesos Max.
1 x 1 1/2-5	1/2	1	7.35	.94	3.01	4.62	17
1 1/2 x 1 1/2-5	1/2	1 1/2	7.22	1.06	2.88	4.56	17

**Available Motor Dimensions and Weights,**  
**Dimensiones y Pesos Disponibles del motor**

HP	Motor Weights, Pesos del Motor					C Max.Length, Longitud Max.
	Single Phase, Unifásicos		Three Phase, Trifásicos			
	ODP	TEFC	ODP	TEFC	X-Proof	
1/2	19	—	20	18	27	10.34
3/4	22	24	22	21	30	10.34
1	25	26	24	23	30	10.37
1 1/2	31	35	27	28	37	11.21
2	36	39	39	33	44	11.72
3	40	45	42	37	—	13.24

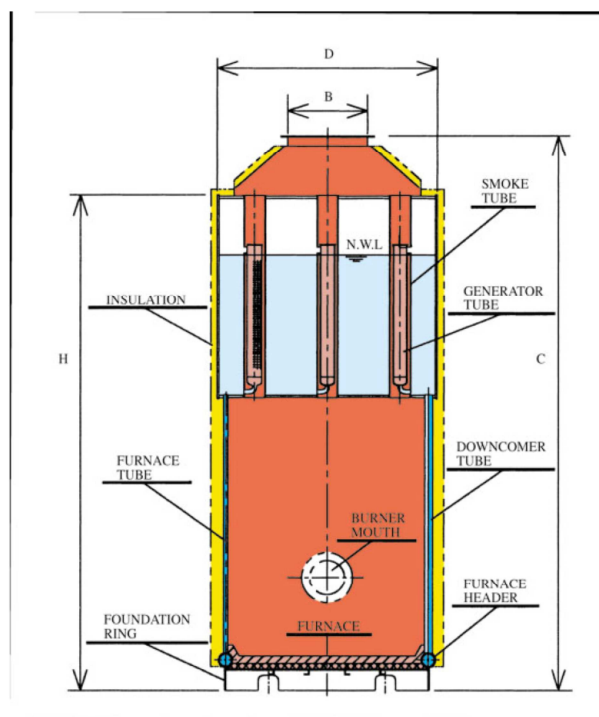
Dimensions in inches, weight in pounds. Dimensiones en pulgadas y pesos en libras

---

### A.3. Diseño de las calderas de vapor de agua.

Nuestro proceso tiene unas necesidades de vapor de agua de 69635.95 Kg/h para suministrar esa cantidad, vamos a utilizar en Circuito Cerrado de Calefacción constituido por calderas de vapor OVS de la Compañía Osaka Boiler Co, de tipo pirotubulares, de forma cilíndrica y situación vertical, de presión de diseño estándar de 1 MPa (9,87 Kg/cm<sup>2</sup>) y 1,8 MPa(17,77 Kg/cm<sup>2</sup>)

Veamos a continuación su **funcionamiento** (ver esquema): en las calderas de tubos de humo o Pirotubulares, la combustión se produce dentro del horno ("furnace") y los humos resultantes o productos de la combustión en su ascenso (a través de "smoke tube"), atraviesan el haz tubular donde transfieren el calor al agua que pasa a vapor ("generation tube") y salen a la atmósfera por la chimenea. El agua a calentar, rodea el hogar interno y los haces de tubos. Además, para aumentar el contacto del agua con el horno existen unos tubos de bajada ("downcomer tube").



Veamos el **catálogo** de estos equipos:

Boiler Model		OVS-1250-26	OVS-1600-29	OVS-2000-31.5	OVS-2500-33	OVS-3000-36.5	OVS-3500-38	
Steam Output	kg/h	12500	16000	20000	25000	30000	35000	
Boiler Dia. (DB)	mm	2600	2900	3150	3300	3650	3800	
Out Line	Boiler Height (HB)	mm	5845	6245	6695	7575	7925	8525
	Total height (HT)	mm	6720	7120	7570	8450	8800	9400
	Burner Fitting (L)	mm	2365	2515	2640	2735	2910	3085
	Gas Duct (DS)	mm	800	900	1000	1200	1250	1400
Boiler Weight (Dry)	ton	21,3	25,8	31,5	37,8	45,9	52,0	
Water contents	m3	7,1	8,8	10,4	11,3	13,8	14,9	

Vamos a necesitar 4 calderas OVS 3500-38 ya que:

$$\text{N}^{\circ} \text{Calderas} = \frac{69635.95 \text{ Kg/h}}{35000 \text{ Kg/h-caldera}} = 1.99 \cong 2$$

#### A.4. Red de abastecimiento de agua.

La red de suministro de agua tiene como finalidad garantizar que todos los puntos de la instalación tengan el caudal adecuado, la presión conveniente y la calidad del agua requerida, evitando cualquier posible contaminación desde su recogida en el depósito hasta el punto de consumo.

La normativa estatal referente a las redes de abastecimiento en cuanto a caudales, diámetros mínimos y presiones en los distintos “puntos del agua” se conoce como *Normas Básicas para las Instalaciones de Suministros de Agua*, Real Decreto 09-12-1975 del Ministerio de Industria, comúnmente llamadas *N.B.A.* En cambio, como referencia para “instalaciones de calidad” se recomienda el siguiente cuadro de origen americano:

TABLA CAUDALES, DIAMETROS DE TUBERIAS Y PRESIONES RECOMENDADAS PARA LOS DISTINTOS PUNTOS DE AGUA. STANDARS AMERICANOS. (Solo agua fría, o en su caso, agua caliente).			
APARATOS	l/seg	Ø (")	PRESION kg/cm <sup>2</sup>
Lavabo ó bidet	0,2	3/8	0,58
Grifo de cierre automático	0,16	1/2	0,87
Lavabo público	0,25	3/8	0,73
Fregadero	0,25	1/2	0,36
Bañera	0,42	3/4	0,36
Lavadora o pileta	0,33	1/2	0,36
Ducha	0,33	1/2	0,58
Inodoro con tanque	0,20	3/8	0,58
Inodoro con fluxor	1,25/2,50	1	0,73-1,46
Urinario con fluxor	1	1	1,09
Manga de jardín (hasta 20 m)	0,33	1/2	2,19

En nuestro caso, vamos a distinguir entre dos redes independientes: la red de suministro de **agua potable** y la de **agua industrial**. Entendiendo por agua potable aquella que abastecerá el edificio de oficinas (aseos, duchas, etc.), y por agua industrial la destinada a utilizarse en los circuitos cerrados de calefacción / refrigeración y en los extractores líquido - líquido, esto es, agua de refrigeración, agua que alimenta las calderas y agua como disolvente extractor. También, el agua industrial será usada para servicios de limpieza.

#### A.4.1. Red de suministro de agua potable.

La instalación abarca desde la toma en la red de agua potable, hasta la llegada a los distintos puntos de consumo en el interior del edificio de oficinas; que serán los aseos, vestuarios, botiquín y laboratorio. La acometida se lleva a cabo mediante una tubería de polietileno, mientras que para la distribución interior se usan tuberías de cobre.

Las etapas para el cálculo de la red son las siguientes:

- **Estimación de las necesidades de agua potable:**

Se deben calcular en cada zona de la planta a partir del *caudal punta o máximo cauda instantáneo probable* ( $Q_p$ ), expresado en litros por segundo. Éste es el dato base para el cálculo de las redes, ya que éstas deben estar dimensionadas precisamente para esta circunstancia puntual. Este concepto responde a la pregunta de cuantos grifos de lo instalados pueden estar abiertos simultáneamente en un cierto momento.

Para la obtención de Qp se hace preciso, pues, establecer los caudales de los aparatos instalados, sumarlos y, posteriormente, aplicar el producto de dicho resultado y el oportuno *coeficiente de simultaneidad Kp*. Este coeficiente tiene diferentes fórmulas genéricas para los diferentes tipos de edificios, aunque para todos los casos si es inferior a 0,3 se toma siempre como mínimo el valor de 0,3. En nuestro caso tomaremos la siguiente expresión:

$$K_p = \frac{1}{\sqrt{\sum \frac{1}{q_i'} - 1}}$$

Donde 1/qi' es el *coeficiente de importancia relativa* y se define para cada aparato i como el número de unidades de consumo de dicho aparato i (NUDC) multiplicado por el caudal de la unidad de consumo (UDC) expresado en litros por segundo y todo dividido por el consumo de dicho aparato i (C) también en litros por segundo:

$$\sum \frac{1}{q_i'} = \sum_i \frac{N_{UDC} \cdot UDC}{C}$$

Antes de calcular el caudal punta debemos de aclarar la diferencia existente entre aseos y vestuarios. Los aseos son sólo utilizados por el personal de oficinas, mientras que los vestuarios son utilizados por los operarios y personal de la zona de producción. Por tanto, el caudal punta puede reducirse al existente en los vestuarios durante el cambio de turno de los operarios y entonces no tendremos en cuenta el consumo de los aseos en dicho cálculo. Las necesidades de agua potable serán, por tanto:

<i>Instalación</i>	<i>Lavabos</i>	<i>Duchas</i>	<i>WC</i>	<i>Caudal Total</i>
<b>Vestuarios Femeninos</b>	2 · 0,36 m <sup>3</sup> /h	2 · 0,60 m <sup>3</sup> /h	3 · 0,36 m <sup>3</sup> /h	3 m <sup>3</sup> /h
<b>Vestuarios Masculinos</b>	2 · 0,36 m <sup>3</sup> /h	2 · 0,60 m <sup>3</sup> /h	3 · 0,36 m <sup>3</sup> /h	3 m <sup>3</sup> /h
<b>Botiquín</b>	1 · 0,12 m <sup>3</sup> /h	-	-	0,12 m <sup>3</sup> /h
<b>Laboratorio</b>	2 · 0,48 m <sup>3</sup> /h	-	-	0,96 m <sup>3</sup> /h
<b>Caudal Instalación Total</b>				7,08 m <sup>3</sup> /h

Si definimos como unidad de consumo (UDC) el caudal de 0,36 m<sup>3</sup>/h, el coeficiente de simultaneidad será:

$$K_p = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \left( 5 \cdot \frac{0,36}{0,36} + 2 \cdot \frac{0,36}{0,6} \right) + 1 \cdot \frac{0,36}{0,12} + 2 \cdot \frac{0,36}{0,48} - 1}} = 0,251 \cong 0,3$$

Luego el caudal máximo instantáneo posible será:

$$Q_p = K_p \cdot \sum Q = 0,3 \cdot 7,08 = 2,124 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### ▪ Cálculo de la Red de abastecimiento de agua potable:

El cálculo de la red se reduce a determinar el diámetro de los diferentes tramos de la conducción y su pérdida de carga por rozamiento, es decir, no es más que un diseño de tuberías del mismo modo que ya vimos en el “Anexo 1. Diseño de tuberías”. Por tanto, seguiremos el método explicado entonces con las dos diferencias teóricas:

❑ Se considerará una *velocidad máxima* estimada de 1,5 m/s para la determinación del diámetro mínimo.

❑ El material de las tuberías de abastecimiento es el cobre, cuyo valor de la *rugosidad*  $\varepsilon$ , se considerará constante e igual a  $5,7 \cdot 10^{-4}$  m. Lógicamente, a partir de este valor de rugosidad y dividiendo por el diámetro correspondiente, se obtiene el valor de la rugosidad relativa ( $\varepsilon/D$ ), término necesario para hallar el factor de fricción en caso de régimen turbulento.

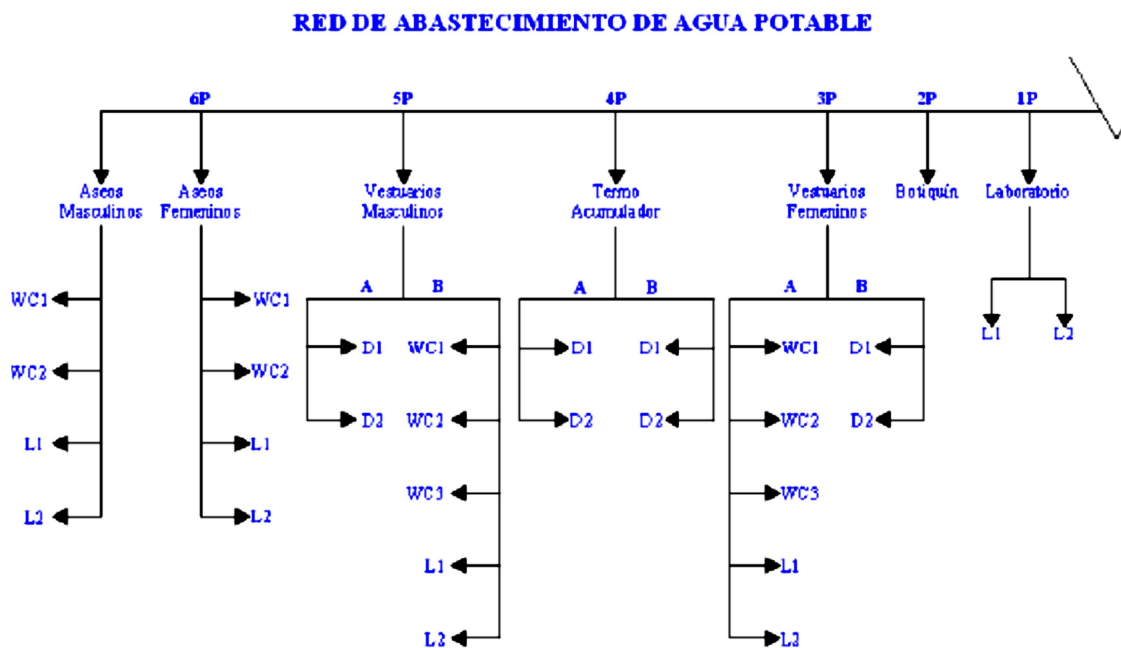
También deberemos tener en cuenta las siguientes consideraciones de diseño:

- ☞ La presión en el punto de suministro es de 400 KPa.
- ☞ La presión mínimo del agua en cada toma es de 150 KPa.
- ☞ Las salidas de lavabos, inodoros y urinarios se encuentran a 1 metro del suelo.
- ☞ Las salidas de las duchas están a 1,75 metros del suelo.

- ☞ La acometida a la red del polígono está a 1 metro bajo la superficie.
- ☞ La entrada y salida del termo acumulador eléctrico se encuentra a 1,5 metros del suelo.
- ☞ La caída de presión en el termo acumulador será de 80 KPa.
- ☞ La densidad del agua se considera de 1000 Kg/m<sup>3</sup>.
- ☞ La viscosidad del agua es de 0,001 Pa·s.
- ☞ Las tuberías de agua potable son de acero galvanizado.

▪ **Cálculo de la Red de abastecimiento de agua potable:**

El diagrama necesario para interpretar los resultados es el siguiente:



Y finalmente las tablas de las distintas conducciones de abastecimiento de agua potable, calculadas en orden al diagrama anterior desde la acometida en adelante, se muestran a partir de la página siguiente.

Y finalmente las tablas de las distintas conducciones de abastecimiento de agua potable, calculadas en orden al diagrama anterior desde la acometida en adelante, se muestran a partir de la página siguiente.



---

#### A.4.2. Red de suministro de agua industrial.

La instalación abarca desde la toma en la red de agua industrial de la zona, hasta la llegada a los distintos puntos de consumo, cuyos caudales son los siguientes:

Localización	Caudal volumétrico, m <sup>3</sup> /h
Procesos: extractores, circuitos de calefacción , lavados, etc	233,452
Tomas de Riego y Limpieza de la Nave	9
Caudal punta	52,988

Las etapas a seguir para el cálculo, así como los resultados y el diagrama de la red se muestran a continuación:

- **Estimación de las necesidades de agua industrial:**

Puesto que el caudal del proceso no es necesario continuamente, necesitará de un coeficiente de simultaneidad. Además, las tomas de riego y limpieza no van a utilizarse al mismo tiempo nunca; luego habrá que tenerlas en cuenta también en el coeficiente de simultaneidad para el cálculo del caudal total necesario. Tomaremos una unidad de consumo (UDC) de 9 m<sup>3</sup>/h:

$$K_p = \frac{1}{\sqrt{\left(1 \cdot \frac{9}{233,452}\right)^2 + \left(10 \cdot \frac{9}{9}\right)^2} - 1} = 0,33 \cong 0,3$$

Y finalmente, las necesidades de agua industrial será el caudal punta del proceso y de los servicios de limpieza y riego:

$$Q_p = 0,3 \cdot (233,452+9) = 52,988$$

Para los dos ramales de abastecimiento para servicios de riego y limpieza se considerará un caudal punta de 2,7 m<sup>3</sup>/h (0,3 X 9), mientras que para el proceso será de 50,288 m<sup>3</sup>/h (0,3 X 167,626).

- **Cálculo de la red de abastecimiento de agua industrial.**

El método de cálculo de estas tuberías de agua potable. La única diferencia estriba en que se va a considerar un nuevo accesorio llamado

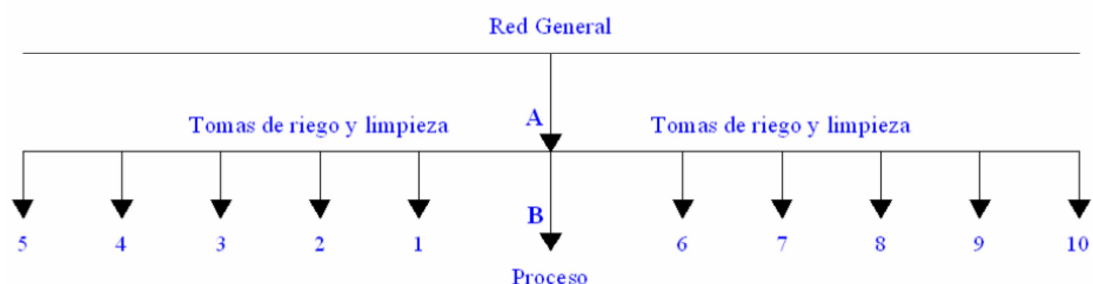
---

“crucecita” que no es más que un divisor de 4 corrientes cuya longitud equivalente en número de diámetros es 90.

▪ **Diagrama de la red de abastecimiento de agua industrial y resultados:**

El diagrama necesario para interpretar los resultados es el siguiente:

**RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA INDUSTRIAL**



**A.5. RED DE SANEAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.**

El Saneamiento, a modo de introducción, debemos saber que es “la ciencia de evacuar del hábitat del hombre las aguas por él introducidas, con fines sanitarios o industriales, junto con las procedentes de los fenómenos meteorológicos y proceder, tras los oportunos tratamientos, a su aprovechamiento y/o reincorporación al medio natural”. En definitiva, se trata de conducir por gravedad el agua obtenida en los aparatos sanitarios o la lluvia de las cubiertas a conductos generales verticales o “bajantes” y de ahí a los “colectores” que la distribuyen hasta la acometida de la red general.

*A.5.1. Introducción a las características de nuestra red de saneamiento.*

Nuestra planta cuenta con una red de saneamiento para evacuar las aguas residuales procedentes de aseos, laboratorios, vestuarios,...etc. Así como también retirar las aguas pluviales y el agua vertida en el proceso. Una vez recogidas en la instalación de saneamiento de la planta, se hacen llegar a la acometida, que comunica la red de la factoría con la red municipal. La red municipal las llevará a la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) correspondiente para que sean depuradas.

---

Destacar, que la red de evacuación distinguirá por separado las aguas procedentes de aparatos sanitarios, que llamaremos **aguas fecales**, de las aguas procedentes de la lluvia o del proceso industrial, a las cuales incluiremos en la denominación de **aguas pluviales**.

Además de todo lo anterior vamos a recordar a continuación, el significado de los distintos elementos que vamos a encontrar en nuestra red de saneamiento y que están divididos en tres grupos:

**a) Elementos comunes a todas nuestras redes de saneamiento:**

- *Colectores*: son las tuberías principales de la red que conducen el agua hasta las arquetas de paso, pozos de registro o acometida general.
- *Arquetas de paso*: permiten la limpieza e inspección en caso de posibles anomalías como pueden ser: atascos, roturas,...etc. Se colocan en cambios bruscos de dirección del colector, o sea, ejerciendo la función que los accesorios realizan en las tuberías (“codos de 90º”, “T”,...etc) y también en tramos rectos cada 40-60 metros.
- *Pozos de registro*: tienen la misma misión que las arquetas pero son de mayor tamaño y se sitúan en lugares especialmente problemáticos como las cercanías de las acometidas a la red general.

**b) Elementos exclusivos de nuestra red de evacuación de aguas pluviales:**

- *Canalones*: son los elementos de la obra semicirculares que se sitúan en la vertiente de los tejados para recoger el agua de la lluvia.
- *Bajantes*: son las tuberías verticales que recogen el agua procedente de los canalones y las conduce al suelo donde, con el resto de agua recogida del mismo, es evacuada por los imbornales.

- 
- *Imbornales*: evacuan las aguas pluviales y de limpieza que discurren por el suelo. Poseen una reja que servirá de filtro para sólidos de mayor tamaño.

c) **Elementos exclusivos de nuestra red de evacuación de aguas fecales:**

- *Ramales de desagüe*: son las tuberías que unen los aparatos sanitarios con los botes sifónicos.
- *Derivaciones*: son tuberías que unen los botes sifónicos con las arquetas sifónicas.
- *Botes sifónicos*: recogen las aguas procedentes de los desagües de los lavabos, WC y duchas, evitando la difusión de olores, aunque en ocasiones los WC van directamente a las arquetas.
- *Arquetas sifónicas*: son arquetas especiales con un dispositivo sifónico para evitar la difusión de olores. El agua que le llega procede de los botes sifónicos.

A.5.2. Introducción al cálculo de redes de saneamiento

Coexisten dos modos o procedimientos de afrontar el cálculo de las secciones de las redes de Saneamiento. El primero de ellos - que podríamos llamar **racional** - es preconizado por la normativa francesa y se basa en el intento de la aplicación de las fórmulas clásicas de la física y la hidráulica. El segundo de base **empírica** es el adoptado por los países sajones en base a una larga y concienzuda experimentación en cuyos resultados quedan absorbidos parámetros de tan difícil ponderación matemática como son, entre otros, la simultaneidad de utilización de aparatos, la interferencia de otros conductos y - sobre todo en bajantes - la interacción agua - aire en el descenso del líquido.

Renglón aparte merecen los resultados que aportan las Normas Tecnológicas Españolas o *N.T.E. (ISS-1973 Instalaciones de Salubridad. Saneamiento)* en las determinaciones de las secciones de las redes. Su única tabulación, que reproducimos a continuación, establece los diámetros de

---

bajantes y colectores en función de los tres parámetros que les pueden ser subsidiarios: m<sup>2</sup> de cubiertas, número de inodoros (o placas turcas, o vertederos) y número de los restantes aparatos.

En otro aspecto, los trazados que preconiza (adopción de bajantes unitarios y economía a ultranza de las redes de ventilación) así como su obligado carácter generalizador las lleva a la adopción de diámetros notoriamente excesivos en relación con los obtenibles con los otros planteamientos.



---

lentamente por lo que los sedimentos, con el tiempo, se transforman en tártaro o incrustaciones, resultando al final, que la sección inicial se reduce hasta su límite idóneo pero con el grave inconveniente de que el exceso inicial queda ocupado por materiales putrescibles, lo que es contrario a cualquier norma higiénica.

Parece pues, lógico tomar un punto de partida o de referencia en base a los métodos racional y empírico en lugar de las normas NTE y así evitar diámetros excesivos. En concreto, la red de recogida de aguas pluviales se va a diseñar siguiendo el *método experimental* y la red de recogida de aguas residuales en base al *método racional*.

#### A.5.3. Diseño de la red de saneamiento de aguas pluviales.

En el Apdo. anterior ya hemos expuesto la justificación y filosofía del *método empírico*.

En primer lugar, debemos conocer dos factores necesarios para el diseño:

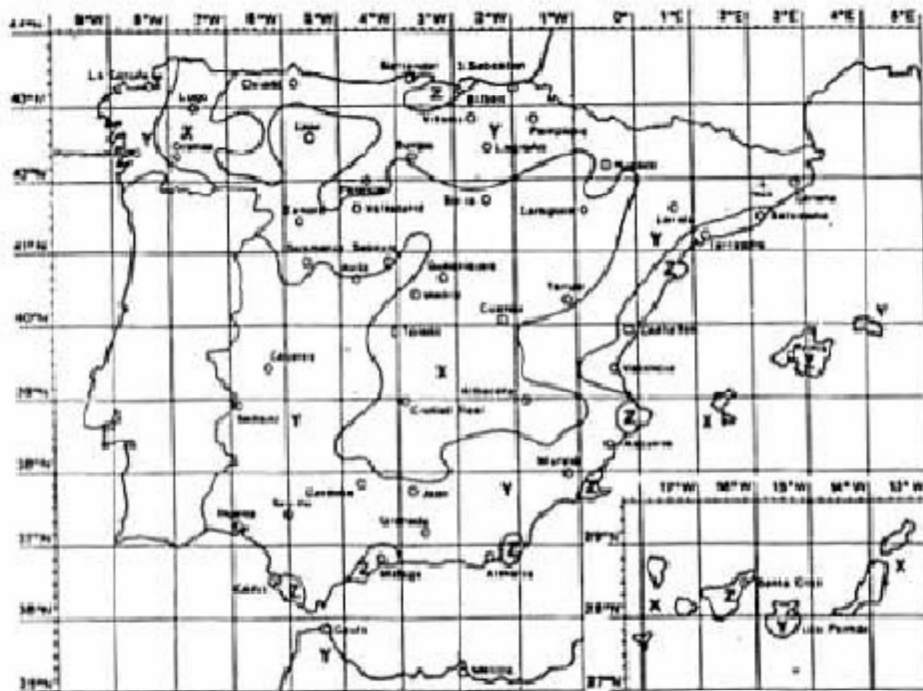
- **Metros cuadrados de superficie recogida en planta:** en la tabla siguiente se exponen las superficies de las cubiertas de los distintos edificios. A partir de ellas podremos estimar la superficie destinada a recogida de aguas pluviales en los distintos canalones, bajantes e imbornales.

<i>Edificio de la planta industrial</i>	<i>Superficie de cubierta, m<sup>2</sup></i>
Taller y almacén	144
Caseta de vigilancia	10.36
Edificio de oficinas	832
Nave de producción	6285
Superficie total de la planta	30757

- **Intensidad máxima de precipitación en la zona, Im:** a fin de ponderar los problemas de recogidas de pluviales se ha introducido en Saneamiento el concepto de Intensidad Máxima de Precipitación (Im), cifra teórica consistente en la extrapolación al período de 1 hora de la máxima precipitación caída en la localidad durante 5 minutos en los últimos 20 años. Se expresa en mm de altura por m<sup>2</sup> de superficie, o lo que es lo mismo en litros por m<sup>2</sup>.

Nótese que  $I_m$  nada tiene que ver con la pluviosidad anual de una zona pero sí refleja las características torrenciales de sus lluvias.

En el mapa que sigue se establecen las  $I_m$  aproximadas de las diferentes zonas de España (deducidas de N.T.E., ISS-1973). Como podremos observar Almería se encuentra la zona correspondiente a “lluvias medias” y a una intensidad máxima de **120 l/m<sup>2</sup>**.



Zona X = lluvias no torrenciales	$I_m =$	80 mm/h
Zona Y = lluvias medias	$I_m =$	120 mm/h
Zona Z = lluvias torrenciales	$I_m =$	160 mm/h

▪ **Diseño de canalones y bajantes para aguas de lluvia**

El método empírico aporta tablas que dan directamente los diámetros de los canalones y bajante en función de la superficie de recogida y del índice máximo de pluviosidad  $I_m$ , de la comarca.

Pero para dicha tabla, se supone una precipitación de 100mm/h. Para nuestra  $I_m$  de 120 mm/h deberemos aplicar la siguiente expresión para adaptar dicha tabla:

$$M_{(120\text{mm/h})}^2 = M_{(100\text{mm/h})}^2 \cdot \frac{I_M}{100}$$



Así, la nueva área de recogida será:

$M^2_{(120mm,h)}$	12	30	90	210	420	600	1200
-------------------	----	----	----	-----	-----	-----	------

Veamos la tabla original:

SECCION DE CANALONES Y BAJANTES		
Area caneada, $m^2$ *	$\phi$ canalones. Pte $\leq$ 0,5%, mm	$\phi$ canalones, mm
10	80	40
25	100	50
75	100	70
175	125	80
350	150	100
500	200	125
1000	250	150

\* En proyección horizontal

Los resultados se muestran a continuación:

Edificio	$M^2$ Reales	Canalones		Bajantes		
		Diámetro, mm	Nº unidades	Diámetro, mm	Nº unidades	$M^2$ /bajante
Taller y almacén	144	125	2	80	4	36
Caseta de vigilancia	10.36	100	2	50	2	10
Edificio de oficinas	832	250	2	150	7	133
Nave de producción	6285	250	2	70	7	1000
Sala de mantenimiento	144	100	2	150	4	40

#### ▪ Diseño de imbornales

El número de imbornales se calcula teniendo en cuenta la superficie total a cubrir y la capacidad de evacuación de agua del imbornal. Puesto que la superficie total de la fábrica es de aprox. 30760  $m^2$ , y la intensidad máxima pluviométrica es de 120 L/(h· $m^2$ ) tenemos un caudal de agua de lluvia de:

$$Q_{rain} = 30760m^2 \cdot 120 \frac{l}{m^2 \cdot h} \cdot \frac{1h}{3600s} = 1025.33 \frac{l}{s}$$

Y sabiendo además que la capacidad de evacuación de cada imbornal es de 13,661 L/s tenemos que el número de imbornales será:

---

$$N^{\circ} \text{ _imbornales} = \frac{1025.33 \text{ l/s}}{13.661 \text{ l/s} \cdot \text{imbornal}} \cong 76$$

Luego el área de recogida por el imbornal será de  $30760/76 = 405 \text{ m}^2$ .

#### A.5.4.- Diseño de la red de saneamiento de aguas fecales.

Vamos a aplicar el *método racional*, basado en la adopción de los diámetros adecuados a tenor del caudal circulante previsible, Q, en cada tramo de la red, expresado en litros/s. Se van a suponer a sección llena los ramales de desagüe, las bajantes y derivaciones van a trabajar a  $1/3$  ó  $1/4$  de su capacidad mientras que los colectores lo harán a  $1/2$  ó  $3/4$  de su capacidad.

Además, cuando en un conducto converge el caudal procedente de varios aparatos éste se multiplica por un *coeficiente de simultaneidad*, clásico en los cálculos de fontanería y saneamiento, menor de la unidad y dado por la expresión siguiente:

$$C = \frac{1}{\sqrt{N-1}}$$

Donde N es el número de aparatos subsidiarios.

Veamos pues, el dimensionado de los elementos de la red:

#### ▪ **Dimensionado de los ramales de desagüe:**

Los caudales base de los aparatos sanitarios y diámetros de los ramales se muestran en la siguiente tabla establecida por la norma francesa NF P41-202:

---

CAUDALES BASES, SIFONES Y DESAGUES DE LOS APARATOS SANITARIOS

DESIGNACION DE LOS APARATOS	Ø INTERIOR MINIMO DEL SIFON Y DESAGUE (mm)	CAUDAL BASE l/seg
Bidé, lavapies	30	0,50
Lavabo	30	0,75
Fregadero, lavadero	40	0,75
Ducha	40	0,50
Bañera	40	1,50
Urinario	50	1,00
Inodoro no sifónico	80	1,50
Inodoro sifónico	60	2,00 *

Por tanto, los lavabos tendrán un caudal de 0,75 l/s y un diámetro de 30 mm, las duchas 0,5 l/s y 40 mm y los WC (escogemos inodoro sifónico) 2 l/s y 60 mm.

▪ **Dimensionado de las derivaciones:**

Vamos a utilizar para las derivaciones los datos tabulados para las bajantes, debido a que trabajan a igual capacidad, y que se muestran en el cuadro siguiente. Tomaremos caudales con sólo ventilación primaria.

Ø DEL BAJANTE (mm)	CAUDAL MAXIMO (l/seg)	
	Con ventilación secundaria	Con solo ventilación primaria
40	0,65	0,30
50	1,45	1,10
70	2,90	2,35
80	4,20	3,65
100	7,20	5,60
125	12,05	9,90
150	19,55	12,40
200	40,50	19,15

Los resultados del cálculo de las derivaciones se muestran a continuación:

Derivación de la Instalación	Nº Lavabos	Nº WC	Nº Duchas	Coefi. Simultaneidad	Q, l/s	Diámetro, mm
Servicios Masculinos	2	0	0	1,000	1,50	70
Servicios M/F	0	2	0	1,000	4,00	100
Servicios M/F	0	4	0	0,577	4,62	100
Servicios Femeninos	2	0	0	1,000	1,50	70
Vestuarios Masculinos	2	0	2	0,577	1,44	70
Vestuarios M/F	0	2	0	1,000	4,00	100
Vestuarios M/F	0	4	0	0,577	4,62	100
Vestuarios M/F	0	6	0	0,447	5,37	100
Vestuarios Femeninos	2	0	2	0,577	1,44	70
Laboratorio	1	0	0	1,000	0,75	50
Botiquín	1	0	0	1,000	0,75	50

---

## A.6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

El diseño de la instalación eléctrica se reduce a determinar las necesidades de fuerza o caída de tensión de los equipos e instalaciones de la planta, así como también las necesidades de alumbrado exterior y alumbrado interior. Esto se logrará mediante la implantación de una sola red que incluya ambos objetivos.

El abastecimiento de energía se hará a partir de la línea de alta tensión (20 kV) propiedad del *grupo Endesa* que pasa por la parcela, desde la cual se deriva una línea hasta el centro de transformación situado en ésta, que realizará el suministro de la corriente en baja tensión para satisfacer las necesidades de la industria. De esta manera se permite la contratación de una tarifa eléctrica de alta tensión adecuada a las necesidades de la misma y se evitan las interferencias de los abonados de la red de suministro en baja tensión.

Las redes del interior del edificio junto con la red de alumbrado exterior partirán del cuadro de distribución situado junto al transformador de tensión.

También se dispondrá de alumbrado de emergencia que permita, en caso de fallo del alumbrado general, la evacuación segura y fácil de público hacia el exterior.

### A.6.1. Cálculo de la instalación de alumbrado.

En este Apdo. vamos a proceder al cálculo de las necesidades de iluminación, tanto interior como exterior, de nuestra planta de producción de gelatina. Previamente a la realización de los cálculos habrá que establecer para cada caso, el nivel de luz deseado.

Para la elección de los niveles a disponer en cada sala se tendrá en cuenta las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) al respecto, que cumple las condiciones exigidas por la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. En concreto, el informe nº 29 de la CEI establece la siguiente tabla

<b>Zonas generales de edificios</b>	<b>Iluminación de servicio, lux</b>
Zonas de circulación, pasillos	100
Escaleras / ascensores	150
Roperos y lavabos	150
Almacenes y archivos	150
<b>Plantas químicas</b>	<b>Iluminación de servicio, lux</b>
Procesos automatizados	100
Zonas generales	150
Maquinaria	250
Salas de proceso, zonas de control y laboratorio	500
Inspección	750
Comprobación de colores	1000
<b>Oficinas</b>	<b>Iluminación de servicio, lux</b>
Despachos / Generales	250-500
Salas de ordenadores	250-500
Salas de conferencia	300
Gran tamaño diáfano	150
Salas de recepción	100

#### A.6.1.1. *Alumbrado de interiores.*

La iluminación del interior de las oficinas y naves de proceso se realizará combinando luz artificial y luz natural, empleando esta última siempre que sea posible, con el objetivo de reducir el coste de la instalación.

Por tanto, se recurrirá al uso de iluminación artificial siempre que la luz natural sea insuficiente para realizar las diferentes tareas de la planta. Hay que tener en cuenta que la fábrica estará funcionando durante las 24 horas del día por lo que, mediante la instalación de alumbrado artificial, deben quedar suficientemente iluminadas todas las áreas de la fábrica.

Vamos entonces el diseño de la luminotecnica de interiores:

- **Iluminación natural:**

Para iluminar las diferentes zonas interiores de la planta de gelatina mediante luz natural se utilizarán lucernarios (en la nave de producción y en el taller y almacén) y ventanas (en el edificio de oficinas, departamento de mantenimiento, sala de control y casetas de los vigilantes).

El cálculo del número de lucernarios o ventanas necesarios se efectúa mediante la siguiente expresión:

---

$$S = \mu \cdot \alpha \cdot \frac{E}{E_a} \cdot S_i$$

Donde:

- *S*: superficie necesaria de lucernarios o ventanas, m<sup>2</sup>.
- *μ*: factor de corrección, función del factor de luz de día. Dicho factor depende de la inclinación de la cubierta y de la relación longitud-altura del local. Este valor oscila entre 1 y 3, y se tomará un valor de 1,5.
- *α*: factor de corrección, función de la transmisión del material del lucernario y del grado de limpieza del mismo. Puede variar entre 1,5 y 5, eligiendo para el diseño un valor de 2,718 = Exp (1), conocido en matemáticas como número E.
- *E*: iluminación deseada, lux.
- *E<sub>a</sub>*: iluminación proporcionada por el exterior (5.000 lux para Andalucía).
- *S<sub>i</sub>*: superficie en planta del edificio a iluminar, m<sup>2</sup>.

Los resultados de la superficie de lucernarios y ventanas que hay que colocar son:

Zona*	S <sub>i</sub> , m <sup>2</sup>	E, lux	S, m <sup>2</sup>
S-1 Taller y almacén	135,78	500	55,36
S-2 Sala de control	49	500	18,38
S-3 Sala de reuniones	81,07	400	26,44
S-5 Despacho del departamento comercial	31,76	400	10,36
S-6 Despacho del departamento de administración.	31,43	400	10,25
S-7 Sala de empleados	49,16	400	16,03
S-8 Secretaría	56,26	400	18,35
S-9 Aseos de hombres	16,10	150	1,97
S-10 Aseos de mujeres	16,10	150	1,97
S-11 Vestuarios de hombres	28,25	150	3,46
S-12 Vestuarios de mujeres	27,40	150	3,35
S-13 Despacho del departamento de recursos humanos	21,58	400	7,04
S-14 Despacho del departamento de proyectos	21,49	400	7,01
S-15 Despacho del departamento de producción	21,58	400	7,04
S-16 Botiquín	27,40	400	8,94
S-18 Caseta del vigilante	7,92	300	1,94
S-20 Sala de mantenimiento	73,00	400	23,81
S-21 Despacho del director técnico	6284,33	400	9,16
Nave de proceso (sin S2 sala de control)	665,72	500	1854,32
Parque de Tanques	2794,35	500	1139,37

En caso de que no se pueda instalar la cantidad necesaria de lucernarios o ventanas por limitaciones constructivas o de espacio, hay que reducir el número de lucernarios y ventanas a ubicar y cubrir el resto de necesidades mediante iluminación artificial. En tal caso, durante el tiempo de la jornada laboral en el que halla iluminación natural deberá emplearse una iluminación mixta.

▪ **Iluminación artificial:**

Como se ha mencionado anteriormente, la instalación de alumbrado artificial debe suministrar la luz necesaria para conseguir una actividad normal de la planta durante las horas nocturnas o cuando la luz natural sea insuficiente.

En la nave de producción y en el taller y almacén se optará por un alumbrado general, o sea, aquel que proporciona una iluminación uniforme, mientras que para el edificio de oficinas, sala de control, sala de mantenimiento y caseta del vigilante se utilizará el alumbrado general localizado que es aquel que produce un nivel de iluminación general moderado y coloca alumbrado directo para disponer de elevados niveles medios de iluminación en zonas específicas.

Las etapas para el cálculo del alumbrado de interiores se muestran a continuación:



---

1). Cálculo del factor de utilización,  $\eta$ : es un factor tabulado que depende principalmente de las dimensiones del local y de los coeficientes de reflexión de las paredes y techos. Analicemos dichos factores:

- Para estos *coeficientes de reflexión*, cuanto más claro es el color de una superficie, mayor es su valor. Vamos a tomar para los techos un 70% (color blanco y muy claro) y un 30% (color medio) para las paredes. La tabla siguiente muestra a modo de ejemplo, el grado de reflexión en las distintas superficies:

<b>Coeficientes de reflexión para distintas superficies</b>			
<i>Grado de reflexión</i>	<i>Techo</i>	<i>Pared</i>	<i>Suelo</i>
Alta	0,8	0,8	-
Media	0,5	0,5	-
Baja	0,3	0,3	-
Débil	-	-	0,1

- Las influencias de las dimensiones del local se determinan mediante el *índice del local*,  $I_{loc}$ , que se define mediante la expresión que sigue:

$$I_{loc} = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$$

Donde:

- *a*: longitud de la superficie a iluminar, m.
- *b*: anchura de la superficie a iluminar, m.
- *h*: distancia entre la iluminaria y el plano de trabajo, m. El plano de trabajo está situado a 0,85 metros del suelo.

Conocidos el índice local ("K" en la tabla) y los coeficientes de reflexión (en % en la tabla) ya se puede calcular el **factor de utilización** con ayuda de las tablas mostradas a continuación (se escoge reparto luminoso directo, la tabla de la izquierda):

REPARTO LUMINOSO	Factor de mantenimiento fm. %	Techo %		70			50			30										
		Paredes %	50		30		10		50		30		10							
			K	Coeficiente de utilización C <sub>u</sub>																
	Abiertos	1	46	43	41	46	43	41	43	41										
	Buena 75	1,2	54	51	49	53	51	48	50	48										
	Medio 70	1,5	58	56	53	58	55	53	55	53										
	Mala 65	2	63	60	57	62	58	57	59	57										
		2,5	65	63	60	65	62	60	62	60										
	Cerrados	3	69	67	65	68	66	64	65	64										
	Buena 80	4	71	69	67	70	68	67	68	66										
	Medio 77	6	73	71	69	72	70	68	69	68										
	Mala 73	8	75	73	71	73	72	71	71	70										
		10	76	75	73	75	73	72	72	71										

REPARTO LUMINOSO	Factor de mantenimiento fm. %	Techo %		70			50			30										
		Paredes %	50		30		10		50		30		10							
			K	Coeficiente de utilización C <sub>u</sub>																
		1	30	25	22	29	25	22	25	22										
		1,2	38	33	30	37	33	29	32	29										
		1,5	44	39	36	43	39	36	38	35										
		2	51	46	42	49	45	41	44	41										
	Buena 70	2,5	55	50	47	54	49	46	48	45										
	Medio 60	3	62	57	53	60	56	52	54	52										
	Mala 50	4	65	61	58	63	60	57	58	56										
		6	68	65	62	66	63	60	61	59										
		8	72	69	66	70	67	65	65	63										
		10	74	72	69	72	70	68	68	66										

REPARTO LUMINOSO	Factor de mantenimiento fm. %	Techo %		70			50			30										
		Paredes %	50		30		10		50		30		10							
			K	Coeficiente de utilización C <sub>u</sub>																
		1	41	39	37	41	39	37	39	37										
		1,2	49	46	45	47	46	44	45	44										
		1,5	54	52	51	53	52	51	52	51										
		2	57	54	53	57	54	53	54	53										
	Buena 70	2,5	59	58	54	59	56	54	56	54										
	Medio 60	3	63	60	59	62	61	58	59	58										
	Mala 50	4	64	63	60	63	62	60	62	61										
		6	65	64	63	64	63	62	63	62										
		8	67	65	64	65	64	64	64	63										
		10	72	67	65	67	65	64	65	64										

REPARTO LUMINOSO	Factor de mantenimiento fm. %	Techo %		70			50			30										
		Paredes %	50		30		10		50		30		10							
			K	Coeficiente de utilización C <sub>u</sub>																
		1	28	23	20	27	23	20	23	20										
		1,2	36	32	28	35	31	28	30	27										
		1,5	43	38	34	41	37	33	36	33										
		2	49	44	40	47	42	39	41	38										
	Buena 70	2,5	54	49	45	51	47	44	45	42										
	Medio 60	3	60	55	51	57	53	50	50	48										
	Mala 50	4	64	60	56	60	57	54	54	51										
		6	67	63	60	63	60	57	56	54										
		8	70	67	64	66	63	61	60	58										
		10	73	70	68	68	66	64	62	61										

REPARTO LUMINOSO	Factor de mantenimiento fm. %	Techo %		70			50			30										
		Paredes %	50		30		10		50		30		10							
			K	Coeficiente de utilización C <sub>u</sub>																
		1	53	51	49	53	51	49	52	51										
		1,2	56	54	53	56	54	53	56	54										
		1,5	58	56	55	58	56	55	57	56										
		2	60	58	57	60	58	57	60	58										
	Buena 80	2,5	62	60	59	61	60	59	61	59										
	Medio 75	3	63	62	60	63	61	60	62	61										
	Mala 70	4	64	63	61	63	62	61	63	62										
		6	65	64	63	64	63	63	63	63										
		8	66	65	64	65	64	63	64	63										
		10	68	66	65	66	65	64	64	64										

REPARTO LUMINOSO	Factor de mantenimiento fm. %	Techo %		70			50			30										
		Paredes %	50		30		10		50		30		10							
			K	Coeficiente de utilización C <sub>u</sub>																
		1	27	22	20	26	22	19	25	22										
		1,2	33	29	26	33	29	25	32	28										
		1,5	38	34	30	38	33	30	37	33										
		2	43	38	35	42	38	34	41	38										
	Buena 78	2,5	46	42	38	46	41	38	44	41										
	Medio 65	3	50	47	43	50	46	43	48	46										
	Mala 55	4	53	50	47	53	49	47	51	48										
		6	55	52	50	54	52	49	53	51										
		8	58	55	53	58	55	53	56	54										
		10	60	57	55	59	57	55	57	56										

2). Cálculo del flujo luminoso total,  $\Phi_t$ : se obtiene de la expresión siguiente:

$$\Phi_t = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_c}$$

Donde:

- $\Phi_t$ : flujo luminoso total, lumen.
- $E$ : nivel de iluminación requerido, lux. Este valor se obtiene de la Norma NTEIEI/ 1995.
- $S$ : superficie en planta de la zona que se pretende iluminar, m<sup>2</sup>.
- $f_c$ : factor de conservación que tiene en cuenta la pérdida de iluminación por el envejecimiento de la luminaria. Este factor depende de la periodicidad con la que se limpian las diferentes zonas de la planta. Se toma un valor medio de 0.8.
- $\eta$ : factor de utilización, obtenido en la etapa anterior.

3). Elección del tipo de lámpara a utilizar: hemos de escoger un tipo de lámpara para así conocer de entre sus propiedades, el flujo luminoso que emite  $\Phi_l$ . En concreto, vamos a escoger entre las dos siguientes:

Tipo de lámpara	Vapor de Sodio de Alta Presión	Tubo Fluorescente
Potencia, $W$	400	60
Flujo luminoso $\Phi_l$ , lumen	47000	4000
Luminancia, $cd/m^2$	24	24
Diámetro, $mm$	120	38
Largo, $mm$	290	1500
Eficiencia, $Lm/W$	107,0	53,3

4). Estimación del número de lámparas necesarias,  $N$ : una vez calculado el flujo luminoso total  $\Phi_t$ , y el de nuestra lámpara  $\Phi_l$  ya podemos obtener el número de puntos de luz mediante el cociente siguiente que habrá que redondear:

$$N = \frac{\Phi_t}{\Phi_l}$$

---

5). Cálculo de la potencia necesaria P, W: se determina mediante el producto de los Watios que presenta la lámpara (ver tabla tipos de lámparas) y el número de éstas N.

6). Disposición de las lámparas y luminarias: finalmente, existen una serie de recomendaciones referentes a la situación entre luminarias, tendentes a lograr la adecuación del diseño a la geometría del local, una buena uniformidad de distribución y a impedir la presencia de deslumbramientos molestos. Estas recomendaciones son:

- **Apertura del haz de la luminaria**

- Altura del local hasta 4 m: luminaria extensiva.

- Altura entre 4 y 6 metros: luminaria semiextensiva.

- Altura entre 6 y 10 metros: luminaria semiintensiva.

- Altura mayor de 10 metros: luminaria intensiva.

- ◇ **Altura de las luminarias sobre el plano de trabajo:** la altura aconsejable de la luminaria sobre el plano de trabajo ha de ser igual a las tres cuartas partes de la distancia entre el plano de trabajo y el techo.

- ◇ **Separación entre luminarias** (h es la altura de la luminaria sobre el plano de trabajo):

- Luminaria intensiva:  $d < 1,2 \cdot h$

- Semintensiva o semiextensiva:  $d < 1,5 \cdot h$

- Luminaria extensiva:  $d < 1,6 \cdot h$

Los resultados de la iluminación interior artificial así como los datos necesarios, se muestran a continuación:

<b>DIMENSIONES NECESARIAS DE LAS INSTALACIONES</b>				
<i>Instalación</i>	<i>S, m<sup>2</sup></i>	<i>a, m</i>	<i>b, m</i>	<i>h, m</i>
<i>S-1 Taller y almacén</i>	135,78	14,60	9,30	2,15
<i>S-2 Sala de control</i>	49	9,80	4,60	2,15
<i>S-3 Sala de reuniones</i>	81,07	12,10	6,70	1,65
<i>S-4 Despacho del director de personal</i>	28,25	5,00	5,65	1,65
<i>S-5 Despacho del departamento comercial</i>	31,76	6,83	4,65	1,65
<i>S-6 Despacho del departamento de administración.</i>	31,43	6,76	4,65	1,65
<i>S-7 Sala de empleados</i>	49,16	8,70	5,65	1,65
<i>S-8 Secretaría</i>	56,26	9,70	5,80	1,65
<i>S-9 Aseos de hombres</i>	16,10	5,65	2,85	1,65
<i>S-10 Aseos de mujeres</i>	16,10	5,65	2,85	1,65
<i>S-11 Vestuarios de hombres</i>	28,25	5,65	5,00	1,65
<i>S-12 Vestuarios de mujeres</i>	27,40	5,65	4,85	1,65
<i>S-13 Despacho del departamento de recursos humanos</i>	21,58	4,45	4,85	1,65
<i>S-14 Despacho del departamento de proyectos</i>	21,49	4,45	4,83	1,65
<i>S-15 Despacho del departamento de producción</i>	21,58	4,45	4,85	1,65
<i>S-16 Botiquín</i>	27,40	5,65	4,85	1,65
<i>S-17 Departamento de control de calidad (laboratorio)</i>	80,47	12,10	6,65	1,65
<i>S-18 Caseta del vigilante</i>	7,92	3,30	2,40	1,65
<i>S-19 Despacho del departamento de almacenamiento</i>	30,92	6,65	4,65	1,65
<i>S-20 Sala de mantenimiento</i>	73,00	14,60	5,00	2,15
<i>S-21 Despacho del director técnico</i>	28,08	6,31	4,45	1,65
<i>Nave de proceso (+ S2 sala de control)*</i>	6284,33	93,77	48,98	9,15
<i>Parque de Tanques</i>	665,72	93,77	29,80	4,15
<i>Pasillo 1</i>	37,57	20,09	1,87	1,65
<i>Pasillo 2</i>	22,05	14,70	1,50	1,65
<i>Pasillo 3</i>	20,93	7,00	2,99	1,65
<i>Pasillo 4</i>	56,16	37,44	1,50	1,65

Los resultados son:

Instalación	I <sub>loc</sub>	E, lux	η	Φ <sub>t</sub>	Lamp.* <sup>1</sup>	N	P, w
S-1	2,64	750	0,67	189991	V.S.	4	1600
S-2	1,46	500	0,56	50313	T.F.	13	780
S-3	2,61	400	0,67	60500	T.F.	16	960
S-4	1,61	400	0,6	23542	T.F.	6	360
S-5	1,68	400	0,6	26466	T.F.	7	420
S-6	1,67	400	0,6	26195	T.F.	7	420
S-7	2,08	400	0,63	39012	T.F.	10	600
S-8	2,20	400	0,63	44651	T.F.	12	720
S-9	1,15	150	0,51	5920	T.F.	2	120
S-10	1,15	150	0,51	5920	T.F.	2	120
S-11	1,61	150	0,6	8828	T.F.	3	180
S-12	1,58	150	0,6	8563	T.F.	3	180
S-13	1,41	400	0,56	19270	T.F.	5	300
S-14	1,40	400	0,56	19191	T.F.	5	300
S-15	1,41	400	0,56	19270	T.F.	5	300
S-16	1,58	400	0,6	22835	T.F.	6	360
S-17	2,60	500	0,67	75061	T.F.	19	1140
S-18	0,84	300	0,43	6907	T.F.	2	120
S-19	1,66	400	0,6	25769	T.F.	7	420
S-20	1,73	400	0,6	60833	T.F.	16	960
S-21	1,58	400	0,6	23400	T.F.	6	360
Nave(-SC)* <sup>2</sup>	3,52	500	0,69	4160194	V.S.	89	35600
P.Tanques	5,45	500	0,71	2459812	V.S.	53	21200
Pasillo 1	1.04	100	0,51	9208	T.F.	3	180
Pasillo 2	0.82	100	0,43	6410	T.F.	2	120
Pasillo 3	1.27	100	0,56	4672	T.F.	2	120
Pasillo 4	0.87	100	0,43	16326	T.F.	5	300
<b>Potencia Total de la instalación de alumbrado de interior</b>							<b>68240</b>

\*<sup>1</sup> V.S.: vapor de sodio (Φ<sub>t</sub>=47000 y P=400W); T.F.: tubo fluorescente (Φ<sub>t</sub>=4000 y P=60W)

\*<sup>2</sup>La Nave de producción está sobredimensionada

#### A.6.1.2. Alumbrado de exteriores.

Esta instalación tiene por objeto la iluminación de aquellos espacios de la planta de gelatina que se encuentran al descubierto. Dichos espacios son:

- Exterior de la nave de producción y parque de tanques (zona carga y descarga).
- Exterior del edificio de oficinas.
- Exterior taller/almacén y sala de mantenimiento.
- Aparcamientos.
- Exterior caseta del vigilante.

Para la iluminación de todas estas zonas se utilizarán proyectores, los cuales son luminarias que concentran la luz en el ángulo sólido mediante un sistema óptico para lograr una intensidad luminosa elevada.

---

▪ **Cálculo del alumbrado de exteriores:**

El número de proyectores necesarios para conseguir un nivel de iluminación determinado,  $E_M$ , se halla mediante la expresión:

$$N = \frac{E_M \cdot S}{\Phi_p \cdot \eta \cdot f_c}$$

En donde:

- $N$ : número de proyectores necesarios.
- $E_M$ : iluminación media necesaria, lux.  
Tomaremos 150 lux.
- $S$ : superficie en planta de la zona a iluminar, m<sup>2</sup>.
- $\Phi_p$ : flujo luminoso de cada proyector, lumen.  
Su valor será 47000 lumen.
- $\eta$ : coeficiente de utilización. Se toma un valor medio de 0,6.
- $f_c$ : factor de conservación. El valor seleccionado es de 0,7 puesto que la limpieza de estas zonas no es muy exhaustiva

Los resultados de los cálculos del número de lámparas, así como de la potencia P necesaria en cada zona (usamos las lámparas de vapor de sodio de 400 W por lámpara) se muestran a continuación:

Zona	S, m <sup>2</sup>	N	P, w
Exterior de la nave de producción y parque de tanques	3158,4	24	9600
Exterior del edificio de oficinas	689,07	6	2400
Exterior taller/almacén y sala de mantenimiento.	652,77	5	2000
Aparcamientos.	2384,05	19	7600
Exterior caseta del vigilante.	734,42	6	2400
<b>Potencia Total de la instalación de alumbrado de exteriores</b>			<b>24000</b>

---

### A.6.1.3. *Alumbrado de señalización y emergencia.*

El alumbrado de emergencia es una instalación que se diseña para entrar en funcionamiento si se produce una avería en el alumbrado normal. Se repartirán a lo largo de la planta, en las principales zonas de paso y de evacuación varios bloques autónomos de emergencia y señalización, cumpliendo con la Instrucción MI-BT-025.

El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, en su hoja de interpretación número 25, se refiere al alumbrado de emergencia, indicando que “deberá proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación adecuada”. Define alumbrado de emergencia como “el que debe permitir, en caso de fallo del alumbrado general, la evacuación segura y fácil del personal al exterior”. Solamente podrá ser alimentado por fuentes propias y no por fuentes de suministro exterior.

Este alumbrado deberá poder funcionar durante una hora como mínimo. Estará previsto para entrar en funcionamiento automáticamente al producirse fallos de los alumbrados generales o cuando la tensión de ellos baje más del 70% del valor nominal. Se colocará en los locales y siempre en las salidas, en las señales indicadoras de las mismas y en cuadros eléctricos de distribución.

La instalación cumplirá las condiciones de servicio que se indican a continuación durante 1 hora, como mínimo, a partir del instante en que tenga lugar el fallo:

- Proporcionará una iluminancia de 1 lux como mínimo en el nivel del suelo en los recorridos de evacuación, medida en el eje de pasillos y escaleras, y en todo punto cuando dichos recorridos discurran por espacios distintos a los citados.
- La iluminancia será, como mínimo de 5 lux en los puntos en los que estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución del alumbrado.
- Proporcionará una iluminancia de 15 lux o el 10 % de la iluminación normal en los entornos especialmente peligrosos



---

(planta de proceso) durante el tiempo en el que exista riesgo para las personas.

El alumbrado de señalización funciona de un modo continuo durante determinados periodos de tiempo. Debe señalar de modo permanente puertas, pasillos, escaleras y salidas de los locales durante todo el tiempo que permanezcan con personal. Deberá proporcionar una iluminación mínima de 1 lux. Se colocará en los locales y siempre en las salidas, en las señales indicadoras de las mismas.

Cuando los locales precisen alumbrado de emergencia y de señalización, los puntos de luz de ambos alumbrados podrán ser los mismos.

El tipo de funcionamiento para las luminarias de señalización y emergencia que se ha elegido es el de alumbrado de emergencia permanente alimentado por un sistema de energía separado y auto mantenido.

El suministro de energía de este tipo de alumbrado es completamente independiente de la red eléctrica (excepto cuando se cargan las baterías) y está formado por baterías de funcionamiento seguro y recargable por la red principal (baterías de níquel-cadmio).

Cada luminaria posee su batería, que en situación normal está conectada a una manguera “flotante” con la red eléctrica. En caso de un fallo de energía las baterías entran en funcionamiento automáticamente y, tan pronto como se reestablece el servicio, las baterías vuelven a recargarse.

Este sistema es más fiable, ya que las lámparas siguen funcionando incluso en caso de destrucción de los cables de distribución.

Las zonas que se deberán iluminar son:

- Nave de producción y parque de tanques.
- Edificio de oficinas.
- Sala de control.
- Taller y almacén y sala de mantenimiento.
- Caseta del vigilante

---

#### A.6.1.4. Características resumidas instalación de alumbrado.

Previamente, en cuanto a las luminarias de la planta, debemos indicar que para las lámparas de vapor de sodio serán luminarias de alumbrado industrial, cerradas y de montaje suspendido; para los tubos fluorescentes, serán luminarias cubiertas con difusor y llevarán dos tubos fluorescentes cada una.

La norma UNE-20324, en concordancia con las normas internacionales (EN 60598), indica los *grados de protección de luminarias* con las letras IP seguidas de tres dígitos característicos: la primera cifra refleja el grado de protección contra la penetración de cuerpos sólidos y polvo; la segunda, el grado de protección contra la penetración tercera, la resistencia mecánica.

A continuación, se resume en cuadros toda la iluminación: interior, exterior y de emergencia:

<b>ALUMBRADO DE INTERIOR</b>	
<i>Número de lámparas</i>	310
<i>Potencia total, W</i>	68240
<b>Nave de producción, taller y almacén</b>	
<i>Características</i>	Luminaria para alumbrado industrial, cerrada, montaje suspendido
<i>Grado de protección</i>	IP 543
<i>Distribución de flujo</i>	Directa
<i>Apertura de haz</i>	Semiintensiva
<i>Tipo de lámpara</i>	Vapor de Sodio de alta presión de 400 W
<b>Sala de control, edificio de oficinas, sala de mantenimiento y caseta del vigilante</b>	
<i>Características</i>	Luminaria fluorescente cubierta con difusor
<i>Grado de protección</i>	IP 213
<i>Distribución de flujo</i>	Directa
<i>Apertura de haz</i>	Extensiva
<i>Tipo de lámpara</i>	Fluorescente de 60 W

<b>ALUMBRADO EXTERIOR</b>	
<i>Número de lámparas</i>	60
<i>Potencia total, W</i>	24000
<i>Características</i>	Luminaria para alumbrado público, cerrada, montada en brazo mural o poste
<i>Grado de protección</i>	IP 553
<i>Distribución de flujo</i>	Directa
<i>Apertura de haz</i>	Haz ancho
<i>Tipo de lámpara</i>	Vapor de Sodio de alta presión de 400 W

<b>ALUMBRADO DE SEÑALIZACIÓN Y EMERGENCIA</b>	
<b>Nave de producción, taller y almacén, sala de mantenimiento</b>	
<i>Características</i>	Luminaria fluorescente estanca industrial
<i>Grado de protección</i>	IP 543
<i>Material Difusor</i>	Vidrio
<i>Caja de chapa</i>	Acero galvanizada, embutida y pintada al polvo epoxi
<i>Entrada</i>	Mediante prensaestopas
<i>Tensión de alimentación, V</i>	220
<i>Superficie cubierta, m2</i>	160 (MI-BT-025)
<i>Flujo luminoso, lumen</i>	800
<i>Tipo fijación</i>	A parámetros verticales o techos
<b>Sala de control, edificio de oficinas y caseta del vigilante</b>	
<i>Características</i>	Luminaria fluorescente estanca industrial
<i>Grado de protección</i>	IP 663
<i>Material Difusor</i>	Vidrio
<i>Caja de chapa</i>	Acero galvanizada, embutida y pintada al polvo epoxi
<i>Entrada</i>	Mediante prensaestopas
<i>Tensión de alimentación, V</i>	220
<i>Superficie cubierta, m2</i>	175 (MI-BT-025)
<i>Flujo luminoso, lumen</i>	735
<i>Tipo fijación</i>	A parámetros verticales o techos

#### A.6.2. Cálculo de la instalación de fuerza.

En el presente Apdo. se realizará el diseño y dimensionamiento de la instalación eléctrica privada para el funcionamiento de toda la industria. El diseño de la instalación se hará en función de las necesidades de energía eléctrica. Se realizará un estudio de las mismas con el objetivo de dimensionar los circuitos de la red de distribución en baja tensión.

Los criterios de cálculo, las características de los conductores y, en general, el diseño de la instalación, se fijarán de acuerdo con el vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (Real Decreto 2295/1985 de 9 de Octubre; BOE 9 de Octubre) y las Instrucciones Complementarias MI BT (Orden del 31 de Octubre de 1973; BOE 27, 28, 29 y 31 de Diciembre), así como las recomendaciones de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo (Orden de 9 de Marzo de 1971).

La energía a utilizar, suministrada por la compañía Sevillana Endesa S.A., será de alta tensión y se tratará de energía alterna senoidal trifásica cuya tensión nominal de servicio asciende a 20 kV y su frecuencia es de 50 Hz. La tensión de servicio para los receptores (tensión de utilización) en el lado de baja tensión del transformador es de 380/3 - 220 v a 50 Hz de frecuencia.

---

### A.6.2.1.- Diagrama unifilar de la instalación eléctrica.

El primer paso para el diseño de la red será conocer los diferentes cuadros de distribución necesarios, las líneas que lo forman y las necesidades de potencia a suministrar por éstas a los distintos equipos e instalaciones existentes en la planta. Veamos todo ello a continuación:

#### ▪ Cuadro general de distribución de baja tensión.

La potencia necesaria se recibe mediante cables que conectan el transformador con el cuadro general de distribución. Desde este punto se suministra la fuerza motriz necesaria para la baja tensión. Está formado por la *línea de entrada* equipada con interruptor general para aislar el cuadro y los instrumentos de control del voltaje, intensidad,...etc; y la *línea de salida* que conecta con el cuadro secundario de fuerza.

#### ▪ Cuadro secundario de fuerza.

El cuadro secundario recibe la fuerza motriz procedente del cuadro general de distribución de baja tensión y la distribuye a los puntos finales de consumo de la planta. Está formado por una *línea de entrada* equipada con un interruptor general para aislamiento y varias *líneas de salida y de suministro* a máquinas y motores. Las *líneas de salida* son las siguientes (incluyendo las líneas que parten de éstas):

<i>Cuadro 1</i>	<i>Alumbrado exterior</i>	
<b>Línea</b>	<b>Alimentación a</b>	<b>Potencia, W</b>
1.1	Exterior nave de producción y parque de tanques	9600
1.2	Aparcamientos	7600
1.3	Exterior caseta del vigilante y entrada/salida a la fábrica	2400
1.4	Exterior taller y almacén y sala de mantenimiento	2000
1.5	Exterior edificio de oficinas	2400
<b>Potencia Total suministrada</b>		<b>24000</b>

<i>Cuadro 2</i>	<i>Alumbrado interior nave de producción</i>	
<b>Línea</b>	<b>Alimentación a</b>	<b>Potencia, W</b>
2.1	Nave de producción	35600
<b>Potencia Total suministrada</b>		<b>35600</b>

<i>Cuadro 3</i>		
<i>Alumbrado interior sala de control y parque de tanques</i>		
<b>Línea</b>	<b>Alimentación a</b>	<b>Potencia, W</b>
3.1	Sala de control (S-2)	780
3.2	Parque de tanques	21200
<b>Potencia Total suministrada</b>		<b>21980</b>

<i>Cuadro 4</i>		
<i>Alumbrado interior edificio de oficinas y caseta del vigilante</i>		
<b>Línea</b>	<b>Alimentación a</b>	<b>Potencia, W</b>
4.1	Caseta del vigilante (S-18)	120
4.2	Sala de empleados (S-7), secretaría (S-8), pasillos, botiquín (S-16), despachos (S-5, S-6 y S-19) y laboratorio (S-17)	4800
4.3	Sala de reuniones (S-3), despachos (S-4, S-13, S-14, S-15 y S-21), aseos (S-9 y S-10), vestuarios (S-11 y S-12)	3180
<b>Potencia Total suministrada</b>		<b>8100</b>

<i>Cuadro 5</i>		
<i>Alumbrado interior taller y almacén, y sala de mantenimiento</i>		
<b>Línea</b>	<b>Alimentación a</b>	<b>Potencia, W</b>
5.1	Taller y almacén (S-1)	1600
5.2	Sala de mantenimiento (S-20)	960
<b>Potencia Total suministrada</b>		<b>2560</b>

#### *A.6.2.2.- Procedimiento para el diseño de las líneas eléctricas.*

El diseño se reduce a calcular las secciones de los diferentes cables eléctricos y comprobar que cumplen el criterio de intensidad máxima admisible dado por las tablas suministradas por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, mostradas más adelante.

Vamos a utilizar un “procedimiento matemáticamente simplificado” del caso general, para evitar utilizar las clásicas fórmulas con números complejos, innecesarias para un circuito de esta magnitud:

▪ **Consideraciones previas para las líneas eléctricas utilizadas:**

- La alimentación al alumbrado industrial, así como a los sistemas de iluminación del edificio de oficinas y pequeñas habitaciones, se realiza mediante corriente alterna monofásica de 220 V.

- 
- La alimentación a los sistemas de fuerza de baja tensión se realiza mediante corriente alterna trifásica de 380 V.
  - La potencia del mayor motor se multiplica por 1,25.
  - Las lámparas fluorescentes se multiplican por 1,8.
  - Los conductores serán unipolares de cobre aislado con polietileno reticulado bajo tubo aislante flexible empotrado. La identificación de los conductores se realiza por medio de los colores que presenten sus aislamientos, siendo según la instrucción MI BT 023 los siguientes:
    - fases: negro, marrón y gris.
    - neutro: azul claro.
    - protección: amarillo-verde.
  - La sección del conductor neutro será la especificada en la Instrucción MIE BT 003, apartado 7 y MIE BT 005, apartado 2, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación.

▪ **Cálculo de la Intensidad de corriente, I:**

En primer lugar habrá que determinar la intensidad de las líneas utilizando una de las dos expresiones siguientes en función del tipo de distribución de la red:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi} \Rightarrow \text{Distribución\_monofásica}$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} \Rightarrow \text{Distribución\_trifásica}$$

Donde cada magnitud significa lo siguiente:

- *I*: intensidad de corriente, en amperios (A).
- *P*: potencia, en vatios (W).
- *V*: para monofásica es *tensión* y para trifásica es *tensión entre fases*, en voltios (V).

- 
- *Cos φ: factor de potencia.* Depende de las características del equipo o zona a los que se suministra la electricidad. Tomaremos el valor unidad para iluminación y 0,8 para motores.

▪ **Estimación de la sección del conductor, S:**

A continuación ya podemos calcular la sección de cada línea en función de sus características, naturaleza y tipo de aislante utilizado:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot e}$$

Donde cada magnitud representa:

- *S: sección del conductor, mm<sup>2</sup>.*
- *L: longitud del conductor, m.*
- *I: intensidad nominal, A.*
- *Cosφ: factor de potencia.*
- *γ: conductividad del conductor (56 para Cu y 35 para Al).*
- *e: caída de tensión, V.* Será un 3% de la tensión de línea en alumbrado, y un 5% en otros usos.

▪ **Elección de la Sección nominal, Snom (Criterio de I<sub>max</sub> admisible):**

Finalmente, escogemos de las tablas mostradas a continuación (para “conductores unipolares de cobre aislado con polietileno reticulado bajo tubo aislante flexible empotrado”), aquella sección igual o inmediatamente superior a la obtenida. Si  $I > I_{max}$  para dicha sección nominal, entonces habremos terminado. En caso de que no se cumpla dicho criterio de intensidad máxima admisible, escogeremos otra sección mayor hasta que  $I > I_{max}$ .

**INTENSIDAD MAXIMA ADMISIBLE EN AMPERIOS PARA CABLES AISLADOS CON CONDUCTORES DE COBRE, INSTALADOS AL AIRE (servicio permanente) t = 40 °C**

Sección nominal mm <sup>2</sup>	1 termo de cables unipolares (1)				
	V	B	D	R	P
1,5	16	18	18	18	30
2,5	22	25	26	26	38
4	30	34	35	35	48
6	38	44	45	46	62
10	53	61	62	64	80
16	71	81	83	86	102
25	96	110	115	120	130
35	115	135	140	145	160
50	145	165	175	180	195
70	185	215	225	230	250
95	235	270	280	285	305
120	275	315	325	335	350
150	315	360	375	385	410
185	365	420	440	450	465
240	435	490	515	535	530
300	500	570	595	615	605
400	585	660	700	720	675
500	665	760	800	825	745
630	765	870	915	950	810
800	—	—	—	—	875
1000	—	—	—	—	925

**Tipos de aislamiento:**

- V = Policloruro de vinilo.
- B = Goma butílica (butil).
- D = Etileno - propileno.
- R = Polietileno reticulado.
- P = Papel impregnado.

(1) Incluye, además, el conductor neutro, si existe.

**▪ Puesta a tierra:**

Una vez que se han calculado las potencias y secciones empleadas, es necesario evaluar la red de tierras necesaria para obtener un valor de resistencia a tierra inferior a 37 ohmios, legalmente establecido por el correspondiente reglamento.

Para ello, es necesario conocer el tipo de terreno en el que se ubica la instalación y la resistividad equivalente, en Ω·m. En este caso, el terreno tiene una resistividad de 500 Ω ·m.

El electrodo elegido para actuar de tierra será del tipo pica vertical de 2 m de longitud, y con la siguiente expresión se evalúa la longitud total de picas necesaria:



---

$$L = \frac{\Phi}{R}$$

Donde cada variable es

- L: longitud total de picas, m.
- $\Phi$ : resistividad equivalente,  $500 \Omega \cdot m$ .
- R: resistencia a tierra,  $37 \Omega$ .

Por tanto, sustituyendo tenemos que

$$L = \frac{500}{37} = 13,51m \Rightarrow \text{Número\_de\_picas} = \frac{13,51m}{2m/pica} \cong 7$$

Según lo establecido por la normativa vigente, la separación entre las picas ha de ser, al menos, igual a la longitud enterrada de las mismas, aconsejándose una distancia mínima de 4 m.

Se conectarán a tierra los siguientes puntos:

1. Las tomas de corriente y las masas metálicas correspondientes en aseos y baños (red equipotencial).
2. Las bombas y en general todo elemento metálico importante.
3. Las estructuras metálicas, así como las armaduras de los muros y soportes de hormigón.

#### *A.6.2.3. Características generales y resultados.*

Algunas **características generales** de nuestra instalación se muestran a continuación:

- La red que conecta el transformador con el cuadro general de distribución de baja tensión será subterránea, los cables irán por una zanja y tendidos sobre lecho de arena o bajo tubo. Para señalar su situación se utilizará una hilera de rasillas y una cinta de plástico.
- En el interior de los edificios, la energía eléctrica se conducirá por la parte superior de los locales, fijando los cables a

---

las paredes y con protectores plásticos adecuados y fáciles de desmontar.

- Todo el material eléctrico que se utilice tendrá una protección adecuada frente al contacto con objetos sólidos y entrada de agua, dependiendo del ambiente del local en el que se instale.

Y finalmente los **resultados de los cálculos del diseño de líneas** es el siguiente:

- **Líneas principales:** son aquellas que proceden del cuadro general de distribución de la planta y se dirigen hacia los distintos cuadros:

Línea	P, W	Cos $\phi$	Tensión, V	I, A	I máx, A	Sección, mm <sup>2</sup>	Tipo conductor
1	24000	1	220	62,98	64	10	Cu 2 x 10 RFV
2	35600	1	380	54,09	120	25	Cu 4 x 25 RFV
3	21980	1	380	33,40	86	16	Cu 4 x 16 RFV
4	8100	1	380	12,31	18	1,5	Cu 4 x 1,5 RFV
5	2560	1	380	3,89	18	1,5	Cu 4 x 1,5 RFV
6	47146	0,8	380	89,54	120	25	Cu 4 x 25 RFV
7	32827	0,8	380	62,34	83	16	Cu 4 x 16 RFV

- **Líneas secundarias:** son aquellas que parten de cada uno de los cuadros parciales de planta.

CUADRO 1							
Línea	P, W	Cos $\phi$	Tensión, V	I, A	I máx, A	Sección, mm <sup>2</sup>	Tipo conductor
1.1	9600	1	220	45,35	46	6	Cu 2 x 6 RFV
1.2	7600	1	220	35,90	46	6	Cu 2 x 6 RFV
1.3	2400	1	220	11,34	18	1,5	Cu 2 x 1,5 RFV
1.4	2000	1	220	9,45	18	1,5	Cu 2 x 1,5 RFV
1.5	2400	1	220	11,34	18	1,5	Cu 2 x 1,5 RFV

CUADRO 2							
Línea	P, W	Cos $\phi$	Tensión, V	I, A	I máx, A	Sección, mm <sup>2</sup>	Tipo conductor
2.1	35600	1	380	97,36	120	25	Cu 4 x 25 RFV

CUADRO 3							
Línea	P, W	Cos $\phi$	Tensión, V	I, A	I máx, A	Sección, mm <sup>2</sup>	Tipo conductor
3.1	780	1	380	1,19	18	1,5	Cu 4 x 1,5 RFV
3.2	21200	1	380	57,98	86	16	Cu 4 x 16 RFV

CUADRO 4							
Línea	P, W	Cos $\phi$	Tensión, V	I, A	I máx, A	Sección, mm <sup>2</sup>	Tipo conductor
4.1	120	1	380	0,33	18	1,5	Cu 2 x 1,5 RFV
4.2	4800	1	380	13,13	18	1,5	Cu 2 x 1,5 RFV
4.3	3180	1	380	8,70	18	1,5	Cu 2 x 1,5 RFV

CUADRO 5							
Línea	P, W	Cos $\phi$	Tensión, V	I, A	I máx, A	Sección, mm <sup>2</sup>	Tipo conductor
5.1	1600	1	380	4,38	18	1,5	Cu 2 x 1,5 RFV
5.2	960	1	380	2,63	18	1,5	Cu 2 x 1,5 RFV

## A7. COSTE DE LOS RESTANTES EQUIPOS.

El objetivo de este anexo es estimar el coste de los equipos diseñados en este capítulo, esto es, el coste de la caldera de vapor, etc. El procedimiento utilizado es el *Método Modular de Guthrie*, descrito en los Anexos del Estudio Económico - Financiero (ver Estudio de Viabilidad) y que a continuación vamos a describir nuevamente, esta vez resumido por etapas:

1. **Cálculo del coste base, BC:** se determina a partir de la correlación siguiente:

$$C = C_0 \cdot \left( \frac{S}{S_0} \right)^\alpha$$

Donde el exponente es menor que uno, y normalmente oscila entre 0,6 y 0,7. Mientras que  $S_0$  y  $C_0$  son la magnitud característica de referencia y el coste de referencia, respectivamente.

Todos estos parámetros (así como los factores modulares MF que necesitaremos más adelante) están tabulados para cada equipo (*Process Furnaces* para la caldera y se incluyen en la siguiente tabla:

Equipment Type	$C_0$ (\$10 <sup>3</sup> )	$S_0$	Range(S)	$\alpha$	MF2/MF4/MF6/MF8/MF10
Process Furnaces S = Absorbed Duty (10 <sup>6</sup> Btu/hr)	100	30	10-300	0.83	2.27/2.19/2.16/2.15/2.13
Direct Fired Heaters S = Absorbed Duty (10 <sup>6</sup> Btu/hr)	20	5	1-40	0.77	2.23/2.15/2.13/2.12/2.10
Heat Exchanger Shell and Tube, S = Area (ft <sup>2</sup> )	5	400	100-10 <sup>4</sup>	0.65	3.29/3.1/3.14/3.12/3.09
Heat Exchanger Shell and Tube, S = Area (ft <sup>2</sup> )	0.3	5.5	2-100	0.024	1.83/1.83/1.83/1.83/1.83
Air Coolers S = [Calculated Area (ft <sup>2</sup> )/15.5]	3	200	100-10 <sup>4</sup>	0.82	2.31/2.21/2.18/2.16/2.15
Centrifugal Pumps S = C/H Factor (gpm x psi)	0.39	10	10-2·10 <sup>3</sup>	0.17	3.38/3.28/3.24/3.23/3.20
	0.65	2·10 <sup>3</sup>	2·10 <sup>3</sup> -2·10 <sup>4</sup>	0.36	3.38/3.28/3.24/3.23/3.20
	1.5	2·10 <sup>4</sup>	2·10 <sup>4</sup> - 2·10 <sup>5</sup>	0.64	3.38/3.28/3.24/3.23/3.20
Compressors S = Brake Horsepower	23	100	30-10 <sup>4</sup>	0.77	3.11/3.01/2.97/2.96/2.93
Refrigeration S = Ton Refrigeration (12,000 Btu/hr removed)	60	200	50-3000	0.70	1.42

2. **Determinar el tipo de factor modular, MF**, a partir del BC obtenido.

Vamos a considerar directamente el factor MF2 incluido en la tabla anterior.

3. **Calcular el factor MPF** o de corrección de la presión y del material (*Material Pressure Factor*), utilizando las tablas mostradas a continuación:

---

**Table Guthrie Material and Pressure Factors for Furnaces**

$$MPF = F_m + F_p + F_d$$

Design Type	$F_d$
Process Heater	1.00
Pyrolysis	1.10
Reformer (without catalyst)	1.35

Up to	500	1000	1500	2000	2500	3000(psi)
$F_p$	0.00	0.10	0.15	0.25	0.40	0.60

Radiant Tube Material  $E_m$

Carbon Steel	0.00
Chrome/Moly	0.35
Stainless Steel	0.75

**Table Guthrie MPFs for Centrifugal Pumps and Drivers**

$$MPF = F_m F_o$$

Material Type  $E_m$

Cast Iron	1.00
Bronze	1.28
Stainless	1.93
Hastelloy C	2.89
Monel	3.23
Nickel	3.48
Titanium	8.98

Operating Limits  $E_o$

Max Suction Press.	150	500	1000 (psig)
Max Temperature	250	550	850 (°F)
$F_o$	1.0	1.5	2.9

**Table Guthrie Equipment Factor for Mechanical Refrigeration**

$$MPF = F_t$$

Evaporator Temperature  $E_t$

40°F/ 278 K	1.0
20°F/ 266 K	1.95
0°F/ 255 K	2.25
-20°F/ 244 K	3.95
-40°F/ 233 K	4.54

4. **Determinar el factor de actualización UF:** se tomará el valor 3,778.

5. **Estimar el Coste del equipo BMC,** utilizando la ecuación siguiente:

$$BMC(\$) = UF \cdot BC \cdot (MPF + MF - 1)$$

Una vez descrita la metodología, lo aplicamos a los equipos:

---

### A.7.1. Estimación del coste de las bombas centrífugas

1. El Coste (BC) se obtiene de la correlación *Centrifugal Pumps* para las bombas centrífugas, y depende del factor S o size que se calcula como se indica a continuación:

El *factor size* (S) para las bombas indicado como *C/H Factor (GPM x psi)* se va a deducir a partir de la ecuación siguiente sabiendo que se trata de la potencia dinámica:

$$(1) S \left( \frac{m^3}{s} \cdot Pa \right) = (\rho \cdot g \cdot H) Pa \cdot \left( \frac{M}{\rho} \right) \frac{m^3}{s} = H \cdot g \cdot M$$

Y puesto que se cumple lo siguiente:

$$(2) P(W) = \frac{H \cdot g \cdot M}{\eta}$$

Despejando el producto H·g·M e igualando a la expresión (1):

$$(3) S \left( \frac{m^3}{s} \cdot Pa \right) \cong P(W) \cdot \eta$$

Conocida la potencia de las bombas W (ver anexo bombas), y su eficacia media del 52,5%, entonces podemos obtener S en unidades USA sustituyendo la ecuación anterior en la de S (gpm · psi)

$$S \text{ (gpm} \cdot \text{psi)} = P8W \cdot 0,525 \cdot 2,298$$

2. Para todos los casos se cumple MF = MF2 = 3,38 (ver la tabla de la etapa 1).

3. A partir de la tabla *Guthrie MPFs for centrifugal pumps an drivers* se deduce que el *facto MPF* tiene el valor unidad, ya que  $F_m = F_o = 1$

---

A.7.2.- *Estimación del coste unitario de las calderas de vapor.*

1. El **coste base (BC)** se obtiene de la correlación *Process Furnaces* para la caldera, y depende del factor S o *size* que se calcula como se indica a continuación:

El factor S *Absorbed duty* ( $\times 10^6$  Btu/h) es el calor intercambiado en la caldera y se calcula sabiendo el caudal másico M en Kg/h, el calor específico del agua  $c_p$  (1Kcal/Kg°C) y las temperaturas de entrada y salida en °C:

$$Q = -M \cdot C_p \cdot \Delta T = -69635.95 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \cdot 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (107 - 200) \cdot 3,968 \frac{\text{Btu}}{\text{Kcal}} = 25697336.81 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

Luego el coeficiente que buscamos es:

$$S(\cdot 10^6) = \frac{25697336.81}{10^6} = 25.7 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

Luego el coste base será:

$$\text{BC} = 10^5 \cdot \left( \frac{25.7}{30} \right)^{0.83} = 87949.6\$$$

2. MF = MF2 = 2,27 (ver tabla etapa 1).

3. Puesto que la presión de trabajo es de 203,05 psi => A partir de la tabla *Guthrie Material and Pressure Factors for Furnaces* se deduce que el factor MPF tiene el valor unidad, ya que  $F_m = F_p = 0$  y  $F_d = 1$ .

4. UF = 3,778

5. El Coste unitario del equipo, BMC, será:

$$\text{BMC} = 3,778 \cdot 87949.6 \cdot (1 + 2,27 - 1) = 754261.05\$$$

---

## **B. ANEXO DE ESTUDIOS ESPECIALES: SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS.**

### **B.1. INTRODUCCIÓN.**

La instalación de seguridad contra incendios consiste en determinar los requisitos que deben satisfacer los establecimientos e instalaciones de uso industrial utilizados en la planta de gelatina para la prevención y/o respuesta ante un posible incendio. Vamos a distinguir dos clases de actividad para la protección contra incendios:

- Las actividades de prevención del incendio, que tendrán como finalidad limitar la presencia del riesgo de fuego y las circunstancias que puedan desencadenar el incendio.
- Las actividades de respuesta al incendio, que tendrán como finalidad controlar o luchar contra el incendio para extinguirlo, minimizando los daños o pérdidas que pueda generar.

En nuestro caso, la normativa base a utilizar para este estudio, viene recogida en el nuevo *Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales* (R.D. 2267/2004 de 3 de Diciembre), así como en otras reglamentaciones complementarias a las que se hace referencia en dicho documento (Anexo IV). Este reglamento fue publicado en el BOE núm. 303/04 del 17 de Diciembre de 2004 y entra en vigor el 17 de Enero de 2005.

### **B.2. DESCRIPTIVA DE LAS INSTALACIONES Y NORMATIVA ESPECÍFICA A APLICAR.**

Los diferentes establecimientos industriales van a desarrollar diversas actividades indicadas a continuación:

- Edificio de oficinas: construcción destinada a la actividad comercial y administrativa referente a la planta de gelatina. Superficie: 832 m<sup>2</sup>.
- Caseta del vigilante: construcción destinada al control del flujo de vehículos y personas que acceden a la planta. Superficie: 20 m<sup>2</sup>.



- 
- Zona de producción: espacio de la nave industrial destinada al proceso productivo. Superficie: 6285 m<sup>2</sup>. Altura: 10 m.
  - Sala de mantenimiento: construcción destinada al almacenamiento de todos los equipos, piezas y accesorios necesarios para el mantenimiento de todos los equipos de proceso. Está adosada al almacén y taller. Superficie: 80 m<sup>2</sup>. Altura: 2,5 m.
  - Taller y almacén: construcción destinada a almacenar utensilios de trabajo de la planta, repuestos, etc., además de ser el lugar donde se hacen las reparaciones de los equipos estropeados, se ponen a punto las máquinas que así lo requieran y se almacenan los aparatos necesarios para estos arreglos. Superficie: 144 m<sup>2</sup>. Altura: 2,5m.
  - Sala de control: construcción de la nave industrial destinada al control de todos los procesos y actividades desarrollados en la planta por medio de un panel de control. Superficie: 49 m<sup>2</sup>. Altura: 3 m.
  - Laboratorio químico: construcción destinada a la realización de pruebas y ensayos pertinentes para asegurar la calidad de los productos obtenidos y el buen funcionamiento del proceso. Superficie: 81 m<sup>2</sup>. Altura: 2,5 m.

Según dichas actividades, el *Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales (R.S.I.E.I.)* va a regular, lógicamente, establecimientos de uso industrial y en casos como el del edificio de oficinas, que según el artículo 3 del capítulo 1, para los espacios de uso no industrial, en concreto, al ser zona administrativa de superficie superior a 250 m<sup>2</sup>, se utilizará la *NBE-CPI/96 o condiciones de protección contra incendios de la Norma Básica de Edificación.*

---

### **B.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES EN RELACIÓN CON LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS (ANEXO 1 DEL R.S.I.E.I.).**

Los establecimientos industriales se caracterizan por su configuración y ubicación con relación a su entorno, y por su nivel de riesgo intrínseco:

- Características de los establecimientos industriales por su configuración y ubicación con su entorno
  - **TIPO A:** el establecimiento industrial ocupa parcialmente un edificio que tiene, además, otros establecimientos, ya sean estos de uso industrial o bien de otros usos.
  - **TIPO B:** el establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio que está adosado a otro/s edificio/s, ya sean estos de uso industrial o bien de otros usos.
  - **TIPO C:** el establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de 3 m del edificio más próximo de otros establecimientos.
  - **TIPO D:** el establecimiento industrial ocupa un espacio abierto, que puede tener cubierta más del 50% de la superficie ocupada.
  - **TIPO E:** el establecimiento industrial ocupa un espacio abierto que puede tener cubierta hasta el 50% de la superficie ocupada.

Por tanto, para nuestros establecimientos tendremos lo siguiente:

- Zona de producción: TIPO B.
- Sala de mantenimiento: TIPO B.
- Taller y almacén: TIPO B.
- Laboratorio: TIPO A.
- Sala de control: TIPO A.

- 
- Caseta del vigilante: TIPO C.
  - Edificio de oficinas: TIPO B.
  - Caracterización por su nivel de riesgo intrínseco.

Cada una de las configuraciones anteriores constituirá una o varias zonas (sectores o áreas de incendio), del establecimiento industrial. En nuestro caso, o sea, para los tipos A, B y C se considera "sector de incendio", al espacio del edificio cerrado por elementos resistentes al fuego durante el tiempo que se establezca en cada caso.

Y según las definiciones anteriores tendremos:

- Zona de producción: 8 sectores de incendio.
- Sala de mantenimiento: 1 sector de incendio.
- Taller y almacén: 1 sector de incendio.
- Laboratorio: 1 sector de incendio.
- Sala de control: 1 sector de incendio.
- Caseta del vigilante: 1 sector de incendio.
- Edificio de oficinas: 16 sectores de incendio.

El nivel de riesgo intrínseco se evaluará calculando la densidad de carga de fuego ponderada y corregida de los distintos sectores de incendio que configuran el establecimiento industrial, según la siguiente expresión:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} \cdot q_i \cdot C_i}{A} \cdot R_a \left( \text{MJ/m}^2 \text{ o } \text{MCal/m}^2 \right)$$

Siendo:

- **Q<sub>s</sub>**: densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector de incendio, en MJ/m<sup>2</sup> o Mcal/m<sup>2</sup>.
- **q<sub>si</sub>**: densidad de carga de fuego de cada zona con proceso diferente según los distintos procesos que se realizan en el sector de incendio (i), en MJ/m<sup>2</sup> o Mcal/m<sup>2</sup>.

Se determina en la tabla 1.2. del anexo 1 del R.S.I.E.I.

---

---

▪ **Si: superficie de cada zona con proceso diferente y densidad de carga de fuego**,  $q_{Si}$  diferente, en  $m^2$ .

▪ **Ci: coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.** La tabla 1.1. del anexo 1 del *R.S.I.E.I.* recoge los valores de Ci según la combustibilidad de los productos, los cuales se clasifican según el ITC MIE-APQ- 1 del *Reglamento de almacenamiento de productos químicos* aprobado por R.D. 379/2001, de 6 de abril. Su valor en nuestro caso es la unidad.

▪ **A: superficie construida del sector de incendio**, en  $m^2$ .

▪ **Ra: coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio.** Cuando existen varias actividades en el mismo sector, se tomará como factor de riesgo de activación el inherente a la actividad de mayor riesgo de activación, siempre que dicha actividad ocupe al menos el 10% de la superficie del sector. Se determina en la tabla 1.2. del anexo 1 del *R.S.I.E.I.*

De este modo, el nivel de riesgo intrínseco de cada uno de los establecimientos industriales presentes en la planta de biodiesel, se calcula con ayuda de las tablas presentes en el anexo 1 del *R.S.I.E.I.* de la siguiente forma:

▪ Zona de producción. Destaca entre otras de la presencia de: estructura metálica (nave industrial de pórticos y correas), lámparas de vapor de sodio para alumbrado interior, motores eléctricos, maquinaria pesada, aceites y lubricantes para motores y máquinas, combustible líquido para caldera (gasolina), líquidos inflamables del proceso.

$$Q_e = (80 \cdot 1350 + 40 \cdot 1350 + 300 \cdot 50 + 200 \cdot 200 + 300 \cdot 200) \cdot \frac{1}{4631} + (300 \cdot 300 + 1000 \cdot 900 + 1000 \cdot 381) \cdot \frac{1}{4631} = 356 \frac{MJ}{m^2}$$

---

▪ Sala de mantenimiento. Destaca entre otras de la presencia de: estructura de hormigón, puertas de madera, almacén de materiales y equipos de diversa naturaleza, productos lavado (lejía), productos químicos combustibles, aparatos eléctricos, limpieza química, tubos fluorescentes para alumbrado interior.

$$Q_e = (515 \cdot 50 + 250 \cdot 30) \cdot \frac{1}{80} = 416 \frac{MJ}{m^2}$$

▪ Taller y almacén. Destaca entre otras de la presencia de: estructura metálica (nave industrial de pórticos y correas), puertas de madera, almacén de materiales, equipos y piezas de diversa naturaleza, productos químicos combustibles, pegamentos y resinas, acero (planchas, tubos, etc.), aparatos eléctricos, talleres mecánicos y de reparación.

$$Q_e = (1500 \cdot 20 + 850 \cdot 14 + 200 \cdot 700 + 40 \cdot 40) \cdot 1/144 = 399 MJ/m^2$$

▪ Laboratorio. Destaca entre otras de la presencia de: estructura hormigón, puertas de madera, productos químicos combustibles, proceso de datos (ordenadores), aparatos eléctricos, tubos fluorescentes para alumbrado interior.

$$Q_E = (1150 \cdot 35 + 700 \cdot 35 + 300 \cdot 11) \cdot \frac{1}{81} = 840 \frac{MJ}{m^2}$$

▪ Sala de control. Destaca entre otras de la presencia de: estructura hormigón, puertas de madera, proceso de datos, ordenadores, papel, tubos fluorescentes, aparatos eléctricos.

$$Q_e = (350 \cdot 35 + 400 \cdot 14) \cdot \frac{1}{49} = 364 \frac{MJ}{m^2}$$

▪ Caseta del vigilante. Destaca entre otras de la presencia de: estructura hormigón, puertas y mobiliario de madera, material informático, tubos fluorescentes para alumbrado interior.

$$Q_e = (120 \cdot 8 + 150 \cdot 2) \cdot \frac{1}{10} = 126 \frac{MJ}{m^2}$$

- Edificio de oficinas. Destaca entre otras de la presencia de: estructura hormigón, puertas y mobiliario de madera, material informático, tubos fluorescentes para alumbrado interior.

$$Q_e = (1500 \cdot 32 + 400 \cdot 100 + 200 \cdot 300 + 40 \cdot 300) \cdot \frac{1}{832} = 192 \frac{MJ}{m^2}$$

De acuerdo con los valores obtenidos para cada establecimiento industrial y en base a la tabla 1.3 del Anexo 1 del *R.S./E.I.*, mostrada a continuación:

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO		DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO PONDERADA Y CORREGIDA	
		Mcal/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>
Bajo	1	Q <sub>s</sub> ≤ 100	Q <sub>s</sub> ≤ 425
	2	100 < Q <sub>s</sub> ≤ 200	425 < Q <sub>s</sub> ≤ 850
Medio	3	200 < Q <sub>s</sub> ≤ 300	850 < Q <sub>s</sub> ≤ 1275
	4	300 < Q <sub>s</sub> ≤ 400	1275 < Q <sub>s</sub> ≤ 1700
	5	400 < Q <sub>s</sub> ≤ 800	1700 < Q <sub>s</sub> ≤ 3400
Alto	6	800 < Q <sub>s</sub> ≤ 1600	3400 < Q <sub>s</sub> ≤ 6800
	7	1600 < Q <sub>s</sub> ≤ 3200	800 < Q <sub>s</sub> ≤ 13600
	8	3200 < Q <sub>s</sub>	13600 < Q <sub>s</sub>

Los niveles de riesgo en cada zona son los siguientes:

Establecimiento industrial	Densidad de carga de fuego, MJ/m <sup>2</sup>	Nivel de riesgo intrínseco	Configuración
Zona de producción	356	NIVEL 1 (BAJO)	TIPO B
Sala de mantenimiento	416	NIVEL 1 (BAJO)	TIPO B
Taller y almacén	399	NIVEL 1 (BAJO)	TIPO B
Laboratorio	840	NIVEL 2 (BAJO)	TIPO A
Sala de control	364	NIVEL 1 (BAJO)	TIPO A
Caseta del vigilante	126	NIVEL 1 (BAJO)	TIPO C
Edificio de oficinas	192	NIVEL 1 (BAJO)	TIPO B
Nivel de riesgo intrínseco	2993	NIVEL 5 (MEDIO)	TIPO E

Y finalmente el nivel de riesgo global en todo el recinto se conoce según el Reglamento, como el *nivel de riesgo intrínseco de un establecimiento industrial*, cuando desarrolla su actividad en más de un edificio, ubicados en un mismo recinto, y se calcula utilizando la siguiente expresión, que determina la carga de fuego, ponderada y corregida, Q<sub>E</sub>, de dicho establecimiento industrial:

$$Q_E = \frac{\sum_1^i Q_{ei} \cdot A_i}{\sum_1^i A_i} \left( \frac{MJ}{m^2} \right)$$

Donde:

- $Q_E$ : Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del edificio industrial, en MJ/m<sup>2</sup> o Mcal/m<sup>2</sup>.
- $Q_{Ei}$ : Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de cada uno de los sectores de incendio, (i), que componen el edificio industrial, en MJ/m<sup>2</sup> o Mcal/m<sup>2</sup>.
- $A_i$ : Superficie construida de cada uno de los sectores de incendio, (i), que componen el edificio industrial, en m<sup>2</sup>.

Luego sustituyendo en la ecuación anterior tenemos:

$$Q_E = \frac{356 \cdot 4631 + 416 \cdot 80 + 399 \cdot 144 + 840 \cdot 81 + 364 \cdot 49 + 126 \cdot 10 + 192 \cdot 832}{5827} = 341 \frac{MJ}{m^2}$$

Por tanto, podemos concluir diciendo que la planta de gelatina con a partir del tejido óseo de pescado tiene un riesgo intrínseco aproximado de 341 MJ/m<sup>2</sup>, es decir, nivel 1 de riesgo (nivel bajo).

#### **B.4. REQUISITOS CONSTRUCTIVOS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES (ANEXO 2 DEL R.S.I.E.I.).**

En este Apdo. correspondiente al Anexo 2 del *R.S.I.E.I.*, se indican los sectores de incendio que en función de la configuración del establecimiento industrial y su nivel de riesgo intrínseco no están permitidos en una determinada ubicación, así como la superficie máxima de los sectores; las características de los productos de construcción en relación con su comportamiento ante el fuego; las exigencias de comportamiento ante el fuego de los elementos constructivos portantes y de cerramiento; las exigencias relativas a la evacuación de los establecimientos industriales; las necesidades de ventilación y eliminación de humos y gases de la combustión; y los requisitos exigibles a las instalaciones técnicas de servicios.

---

#### B.4.1. Justificación de la ubicación de los sectores de incendio.

En el anexo 2 del *R.S.I.E.I.*, punto 1, se hace referencia a los sectores de incendio no permitidos en actividades industriales; en este epígrafe se justificará el cumplimiento de todos los apartados incluidos en dicho apéndice. A continuación se muestra una tabla resumen:

**Ubicaciones no permitidas de sectores de incendio con actividad industrial**

UBICACIONES NO PERMITIDAS	TIPO A			TIPO B		
	RIESGO BAJO	RIESGO MEDIO	RIESGO ALTO (nunca permitido)	RIESGO BAJO	RIESGO MEDIO	RIESGO ALTO (nunca permitido nivel A-8)
a) Planta bajo rasante		NO	NO			
b) $P < 25\%$ del perímetro del edificio	NO	NO	NO		NO	NO
c) Planta sobre rasante y $h > 15$ m	NO	NO	NO			
d) Si $h > 4$ m en sentido ascendente	NO	NO	NO	NO	NO	NO
e) Si $h > 15$ m en sentido descendente	NO	NO	NO			NO
f) 2ª planta bajo rasante	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Analizando la tabla anterior tenemos:

a) No existen plantas bajo rasante, por lo que se descarta esta posibilidad.

b) Todas las configuraciones de tipo B son de nivel de riesgo bajo luego no tienen que cumplir la condición del perímetro accesible. En cambio, según la tabla, las configuraciones tipo A no están permitidas para  $P < 25\%$  del perímetro del edificio.

c) No hay plantas sobre rasante tipo A de altura de evacuación superior a 15 m.

d),e),f) Todas las configuraciones tipos A y B tienen la altura de evacuación al nivel del suelo.



#### B.4.2. Sectorización de los establecimientos industriales.

El punto 2 del anexo 2 del R.S.I.E.I. exige una máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio; los valores máximos se recogen en la tabla 2.1 de dicho apéndice, y que se resume a continuación:

**Máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio**

RIESGO INTRÍNSECO		TIPO A (m <sup>2</sup> )	TIPO B (m <sup>2</sup> )	TIPO C (m <sup>2</sup> )
Riesgo bajo		(1) (2) (3)	(2) (3) (5)	(3) (4)
	1	2000	6000	SIN LÍMITE
	2	1000	4000	6000
Riesgo medio		(2) (3)	(2) (3)	(3) (4)
	3	500	3500	5000
	4	400	3000	4000
	5	300	2500	3500
Riesgo alto			(3)	(3)
	6	No admitido	2000	3000
	7		1500	2500
	8		No admitido	2000

(1) Si el sector de incendio está situado en primer nivel bajo rasante de calle, la máxima superficie construida admisible es de 400 m<sup>2</sup>, que puede incrementarse por la aplicación de las notas (2) y (3)

(2) Las superficies que se indican en la tabla pueden multiplicarse por 1,25 si el perímetro accesible al edificio es superior al 50% del perímetro del mismo.

(3) Las superficies se pueden multiplicar por 2 si se instalan rociadores automáticos de agua que no sean exigidos preceptivamente por este Reglamento.

Las notas (2) y (3) se pueden aplicar simultáneamente

(4) Configuraciones tipo C y para actividades de R.B. o R.M., el sector de incendio puede tener cualquier superficie si así lo requiere la cadena de fabricación siempre que cuente con una instalación fija de extinción de incendios y la distancia a edificios de otros establecimientos industriales sea superior a 10 m.

(5) Para establecimientos industriales de tipo B, de riesgo intrínseco bajo 1, cuya única actividad sea el almacenamiento de materiales de clase A y en el

que los materiales de construcción empleados, incluidos los revestimientos, sean de clase A en su totalidad, se podrá aumentar la superficie máxima permitida del sector de incendio hasta 10.000 m<sup>2</sup>.

A continuación se justifica el cumplimiento de dichos valores para los establecimientos industriales descritos en los anteriores epígrafes:

Establecimiento	Configuración	Nivel de riesgo	Superficie ocupada,	Superficie máxima, m <sup>2</sup>
Zona de producción	TIPO B	NIVEL 1 (BAJO)	4631	6000
Sala de mantenimien.	TIPO B	NIVEL 1 (BAJO)	80	6000
Taller y almacén	TIPO B	NIVEL 1 (BAJO)	144	6000
Laboratorio	TIPO A	NIVEL 2 (BAJO)	81	1000
Sala de control	TIPO A	NIVEL 1 (BAJO)	49	2000
Caseta del vigilante	TIPO C	NIVEL 1 (BAJO)	10	Sin límite
Edificio de oficinas	TIPO B	NIVEL 1 (BAJO)	832	6000

#### B.4.3. Materiales.

Las exigencias de comportamiento ante el fuego de los productos se definen fijando la clase que deben alcanzar. Las clases se denominan M0, M1, M2, M3 y M4 (UNE 23727):

- **M0:** Material no combustible.
- **M1:** Combustible pero no inflamable (la combustión no se mantiene cuando cesa la aportación de calor desde un foco exterior).
- **M2, M3 y M4:** Grado de inflamabilidad moderada, medio o alto respectivamente.

#### Exigencias de comportamiento al fuego de los productos de construcción

MATERIALES	TIPO A	TIPO B	TIPO C
Productos de revestimiento en suelos, paredes y techos	M2 o más favorable		
Productos incluidos en paredes y cerramientos	Si M < M2, la capa y su revestimiento en conjunto serán como mínimo RF-30		
	Para RB, M2 o más favorable		
Otros productos (1)	M1 o más favorable	M1 o más favorable	M1 o más favorable
<i>(1) Productos situados en el interior de falsos techos o suelos elevados; utilizados para aislamientos térmico o acústico; cables eléctricos; etc.</i>			
<i>NOTA: Los productos de construcción pétreos, cerámicos y metálicos, así como los vidrios, hormigones o yesos, se considerarán de clase M0</i>			

Veamos las clases que deben alcanzar los productos de la construcción:

- *Productos de revestimiento* (se excluyen los lucernarios, aliviaderos de presión y exutorios de humo que se instalen en las cubiertas): en suelos: clase M2, o más favorable; en paredes y techos: clase M2, o más favorable.
- *Productos incluidos en paredes y cerramientos*: para sala de mantenimiento, almacén, taller, sala de control y edificio de oficinas: clase M2 o más favorable; para el resto: como mínimo RF-30.
- *Otros productos*: los productos situados en el interior de falsos techos, los utilizados para aislamiento térmico y para acondicionamiento acústico y los cables eléctricos deben ser de clase M1 o más favorable. Los productos de construcción pétreos, cerámicos y metálicos, así como los vidrios, morteros, hormigones o yesos se considerarán de clase M0.

#### B.4.4. Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes

Las exigencias de comportamiento ante el fuego de un elemento constructivo portante se definen por el tiempo en minutos durante el que dicho elemento debe mantener la estabilidad mecánica en ensayo normalizado conforme norma UNE 23093.

Estabilidad al fuego de los elementos estructurales portantes <sup>(1)</sup>

N.R.I.	TIPO A		TIPO B			TIPO C		
	Planta sobre rasante	Rociadores automáticos	Planta sobre rasante	Cubiertas ligeras (2)	Rociadores automáticos	Planta sobre rasante	Cubiertas ligeras (2)	Rociadores automáticos
<b>BAJO</b>	EF-90	EF-60	EF-60	EF-15	No se exige	EF-30	No se exige	No se exige
<b>MEDIO</b>	EF-120	EF-90	EF-90	EF-30	EF-15	EF-60	EF-15	No se exige
<b>ALTO</b>	No admitido	No admitido	EF-120	EF-60	EF-30	EF-90	EF-30	EF-15

---

**(1)** *Establecimientos tipo C, de una sola planta, separados al menos 10 m de los edificios o establecimientos industriales próximos, no se exige EF a la estructura portante ni a la cubierta*

*Con independencia a los valores fijados en esta tabla, para los ubicados en edificios con otros usos, la EF de sus elementos estructurales no será inferior a la exigida al conjunto del edificio en aplicación de la **NBE/CPI***

**(2)** *Cuando se cumpla:*

- *Edificios tipo B, siempre que el 90% de la superficie del establecimiento, como mínimo, esté en planta baja y el 10% restante en planta sobre rasante y los recorridos de evacuación desde cualquier punto hasta una salida de planta o del edificio no superen 25 m.*

- *Edificios tipo C con cubiertas ligeras no previstas para ser utilizadas como elementos de evacuación, cuya altura de alero respecto a la rasante exterior no exceda de 15 m, siempre que su fallo no pueda ocasionar daños graves a los edificios o establecimientos próximos, ni comprometer otras plantas inferiores o a la sectorización de incendios implantada.*

*Se entenderá como ligera aquella cubierta cuya carga permanente no exceda de 100 kg/m<sup>2</sup>.*

- *Elementos estructurales portantes:* los elementos estructurales con función portante no tendrán un valor inferior al indicado en la siguiente tabla:

<b>Establecimiento (planta sobre rasante)</b>	<b>Configuración</b>	<b>Nivel de riesgo intrínseco</b>	<b>Estabilidad al fuego (EF)</b>
Sala de control y laboratorio	TIPO A	NIVEL 1 Y 2 (BAJO)	EF-90
Zona de producción, sala de manten., taller y almacén y edificio de oficinas	TIPO B	NIVEL 1 (BAJO)	EF-60
Caseta del vigilante	TIPO C	NIVEL 1 (BAJO)	EF-30

- *Cubiertas ligeras:* para la estructura principal de cubiertas ligeras (carga permanente inferior a 100 kg/m<sup>2</sup>) en plantas sobre rasante de los establecimientos tipo B y C se tienen los siguientes

---

valores de estabilidad al fuego: zona de producción: EF-15; sala de mantenimiento, almacén, taller, sala de control y edificio oficinas: No exigible.

#### B.4.5. Resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento

Las exigencias de comportamiento ante el fuego de un elemento constructivo de cerramiento se definen por los tiempos durante los que dicho elemento debe mantener las siguientes condiciones, durante el ensayo normalizado conforme a la norma UNE 23093:

- a) Estabilidad mecánica o capacidad portante.
- b) Estanqueidad al paso de llamas o gases calientes.
- c) No emisión de gases inflamables en la cara no expuesta al fuego.

Se dispone aislamiento térmico suficiente en todos los establecimientos para impedir que la cara no expuesta al fuego supere las temperaturas que establece la citada norma UNE.

▪ *RF de elementos delimitadores de un sector de incendios:* se ha impuesto que la resistencia al fuego (RF) de los elementos constructivos delimitadores de un sector de incendio respecto de otros no sea inferior a la estabilidad del fuego (EF) exigida en el anterior epígrafe para los elementos constructivos con función portante en dicho sector de incendio. Por tanto:

Establecimiento (planta sobre rasante)	Configuración	Nivel de riesgo intrínseco	Resistencia al fuego (EF)
Sala de control y laboratorio	TIPO A	NIVEL 1 Y 2 (BAJO)	RF-90
Zona de producción, sala de manten., taller y almacén y edificio de oficinas	TIPO B	NIVEL 1 (BAJO)	RF-60
Caseta del vigilante	TIPO C	NIVEL 1 (BAJO)	RF-30

▪ *RF de medianerías:* la resistencia al fuego (RF) de la medianería o muro colindante con otro establecimiento es, como mínimo: taller y almacén-Sala de mantenimiento: RF-120; laboratorio-Edificio de Oficinas: RF-120; sala de control- Edificio de Oficinas: RF-120; laboratorio-Sala de control: RF-120.

---

- *RF en acometidas a fachadas:* en los casos en que una medianería, un forjado o una pared que compartimenta sectores de incendio acometen a una fachada, la resistencia al fuego de esta es la mitad de la exigida a aquel elemento constructivo, en una franja cuya anchura sea de 1 metro.

Establecimiento	Resistencia al fuego mínima
Sala de mantenimiento-Taller y almacén	RF-60
Laboratorio-Edificio de Oficinas	RF-60
Sala de control-Edificio de Oficinas	RF-60

- *RF en acometida a cubiertas:* en los casos en que una medianería o un elemento constructivo de compartimentación en sectores de incendio acometa a la cubierta, la resistencia al fuego de ésta es igual a la mitad de la exigida a aquel elemento constructivo, en una franja de anchura igual a 1 metro.

Establecimiento	Resistencia al fuego mínima
Sala de mantenimiento-Taller y almacén	RF-60
Laboratorio-Edificio de Oficinas	RF-60
Sala de control-Edificio de Oficinas	RF-60

- *RF de las puertas de paso:* las puertas de paso entre dos sectores de incendio tienen una resistencia al fuego igual a la mitad de la exigida al elemento que separa ambos sectores de incendio.

Establecimiento	Resistencia al fuego mínima
Sala de mantenimiento-Taller y almacén	RF-60
Laboratorio-Edificio de Oficinas	RF-60
Sala de control-Edificio de Oficinas	RF-60

#### B.4.6. Evacuación de los establecimientos industriales.

El objetivo de la evacuación de un edificio es llevar a sus ocupantes a un espacio exterior seguro, siendo éste aquel que permita llegar a los ocupantes a una vía pública o posibilitar el acceso al edificio de los medios de ayuda exterior.

- *Determinación de la ocupación de los establecimientos industriales:* para la aplicación de las exigencias relativas a la

---

evacuación de los establecimientos industriales, se determinará la ocupación de los mismos, P deducida de la siguiente expresión (redondeando lógicamente el valor de P al entero superior):

$$P = 1,10 p \Leftrightarrow p < 100$$

Donde p representa el número de personas que ocupa el sector de incendio, de acuerdo con la documentación laboral que legalice el funcionamiento de la actividad.

Los resultados son los siguientes: zona de producción: P = 6; sala de mantenimiento: P = 2; taller y almacén: P = 3; sala de control: P = 2; laboratorio: P = 2; edificio de oficinas: P = 14; caseta del vigilante: P = 2.

Siendo el número total de trabajadores igual a 27 en toda la planta.

- *Evacuación del laboratorio y de la sala de control:* la evacuación de los edificios tipo A, deben satisfacer la NBE-CPI/96, pudiéndose efectuar la evacuación en ambos casos de la forma siguiente:

- La evacuación del laboratorio, que recordemos se encuentra dentro del edificio de oficinas, se realiza a través del pasillo que hay a su salida, que es común a este establecimiento, y que accede directamente a la salida.

- La evacuación de la sala de control se realiza directamente por la puerta que da hacia el exterior de la nave de proceso, a campo abierto.

Aunque no es necesario que estos establecimientos cuenten con una salida independiente del resto del edificio ya que el número de trabajadores no supera el límite de 50 personas, sin embargo, sí que cuentan con dicha salida propia, que es la que se ha indicado antes por ser la distancia más corta al exterior.

- *Evacuación de la zona de producción, sala de mantenimiento, taller y almacén y edificio de oficinas:* la evacuación de los edificios tipo B se lleva a cabo según los requisitos exigidos en la NBE-CPI/96, distinguiéndose los siguientes puntos.

- Origen de evacuación: el origen de evacuación se considera en función del punto ocupable más alejado de la puerta de salida del sector de incendio.
- Recorridos de evacuación: la longitud de los recorridos de evacuación por pasillos, escaleras y rampas no superan en ninguno de los casos las distancias máximas admitidas según el *R.S.I.E.I.* (todas las distancias medidas sobre el eje):

<b>Establecimiento</b>	<b>Longitud recorrido</b>	<b>Distancia máxima</b>
Zona de producción	45	<b>50</b>
Sala de mantenimiento	15	<b>30</b>
Taller y almacén	15	<b>30</b>
Edificio de oficinas	30	<b>35</b>

- Altura de evacuación: es la mayor diferencia de cotas entre cualquier origen de evacuación y la salida del edificio que le corresponda. Para los edificios tipo B de la planta reproducción de gelatina las alturas de evacuación son igual a cero.

Las rampas previstas como recorrido de evacuación se asimilan a los pasillos, a efectos de dimensionamiento de su anchura y de determinación de las condiciones constructivas que le son aplicables. Su pendiente no será mayor que el 12 % cuando su longitud sea menor que 3 m, que el 10 % cuando su longitud sea menor que 10 m o que el 8% en el resto de los casos. Se utiliza en todas las rampas pavimento antideslizante.

No se consideran los ascensores como elemento de evacuación.

De acuerdo con las definiciones de salida de recinto y salida de planta establecidas en el apartado 7.1.6. de la NBE-CPI/96, el número y disposición de las salidas (artículo 7.2.) que puede establecerse para los edificios tipo B de la planta de producción de gelatina son: zona de producción, Sala de mantenimiento y taller y almacén: 1 salida, ya que el recorrido de evacuación no es en ningún caso superior a 50 m; edificio de oficinas: 1 salida, ya que el



---

recorrido de evacuación no es en ningún caso superior a 50 m., y no trabajan más de 25 personas en el edificio.

A pesar de lo anterior se dispondrá en algunos casos de un mayor número de salidas por comodidad. Finalmente, cabe señalar que todas las salidas están preparadas para evacuar a todos sus componentes, cumpliendo ampliamente la recomendación existente en el apartado 7.1.6.c) de 0.5 m<sup>2</sup> por persona en el espacio exterior seguro de todos los edificios, así como la distancia de 0.1.P en metros.

- Dimensionado de salidas, pasillos y escaleras: la anchura del pasillo en el edificio de oficinas es como mínimo de 1.5 m, cumpliendo con lo establecido en el artículos 7.4.1. de la NBE-CPI/96. La anchura libre en puertas, pasos y huecos destinados a la evacuación es de al menos 1.20 m, de acuerdo con el artículo 7.4.3. de la NBE-CPI/96.

- Características de las puertas: las puertas de salida serán abatibles con eje de giro vertical y fácilmente operables, abriendo en el sentido de la evacuación; si se sitúan en la meseta de una escalera, se dispondrán de forma tal que al abrirse no invada la superficie necesaria de meseta para la evacuación, conforme el artículo 8.1. de la NBE-CPI/96.

- Características de los pasillos: los pasillos carecerán de obstáculos, aunque en ellos podrán existir elementos salientes localizados en las paredes, tales como soportes, cercos, bajantes o elementos fijos de equipamiento, siempre que, salvo en el caso de extintores, se respete la anchura libre mínima establecida y que no se reduzca más de 10 cm la anchura calculada. No obstante, se recomienda disponer los extintores en los ángulos muertos de los pasillos, de acuerdo con el artículo 8.2. de la NBE-CPI/96.

- Señalización e iluminación: las salidas de recinto, planta o edificio están debidamente señalizadas. Deben disponerse señales indicativas de dirección de los recorridos que

---

deben seguirse desde todo origen de evacuación hasta un punto desde el que sea directamente visible la salida o la señal que lo indica. Para indicar las salidas, de uso habitual o de emergencia, se utilizan las señales definidas en la norma UNE 23034. Se señalizan los medios de protección contra incendios de utilización manual que no sean fácilmente visibles mediante señales definidas en la norma UNE 23033, y cuyo tamaño es el indicado en la norma UNE 81501 (la superficie de cada señal en m<sup>2</sup> es igual o mayor al cuadrado de la distancia de observación en metros dividida por 2000). Finalmente, en los locales que alberguen equipos generales de protección contra incendios la instalación de alumbrado normal debe proporcionar los mismos niveles de iluminación que se establecen en el artículo 21 para la instalación de alumbrado de emergencia. Los locales que deben presentar este alumbrado son: el pasillo del edificio de oficinas

- *Evacuación de la caseta del vigilante:* la evacuación de los edificios tipo C se lleva a cabo según los requisitos exigidos en la NBE-CPI/96, distinguiéndose los siguientes puntos.

- ◇ Origen de evacuación: para la caseta del vigilante se considera que el origen de evacuación está situado en la puerta del recinto.

- ◇ Recorridos de evacuación: la longitud de los recorridos de evacuación por pasillos, escaleras y rampas no superan en ninguno de los casos las distancias máximas admitidas según el *R.S.I.E.I.* (todas las distancias medidas sobre el eje):

<b>Establecimiento</b>	<b>Longitud recorrido</b>	<b>Distancia máxima</b>
Caseta del vigilante	4	50

- **Altura de evacuación:** es la mayor diferencia de cotas entre cualquier origen de evacuación y la

---

salida del edificio que le corresponda. Para los edificios tipo C de la planta de producción de biodiesel las alturas de evacuación son igual a cero en todos los casos.

No se consideran los ascensores como elemento de evacuación.

De acuerdo con las definiciones de salida de recinto y salida de planta establecidas en el apartado 7.1.6. de la NBE- CPI/96, el número y disposición de las salidas (artículo 7.2.) que puede establecerse para los edificios tipo C de la planta son: caseta del vigilante: 1 salida, ya que el recorrido de evacuación no es en ningún caso superior a 50 m.

Finalmente, cabe señalar que todas las salidas están preparadas para evacuar a todos sus componentes, cumpliendo ampliamente la recomendación existente en el apartado 7.1.6.c) de 0.5 m<sup>2</sup> por persona en el espacio exterior seguro de todos los edificios

◇ Dimensionado de salidas, pasillos y escaleras: la anchura libre en puertas, pasos y huecos destinados a la evacuación es de al menos 1.20 m, de acuerdo con el artículo 7.4.3. de la NBE-CPI/96.

◇ Características de las puertas: las puertas de salida serán abatibles con eje de giro vertical y fácilmente operables, abriendo en el sentido de la evacuación; si se sitúan en la meseta de una escalera, se dispondrán de forma tal que al abrirse no invada la superficie necesaria de meseta para la evacuación, conforme el artículo 8.1. de la NBE-CPI/96.

◇ Características de los pasillos: los pasillos carecerán de obstáculos, aunque en ellos podrán existir elementos salientes localizados en las paredes, tales como soportes, cercos, bajantes o elementos fijos de equipamiento, siempre que, salvo en el caso de extintores, se respete la anchura libre mínima establecida y que no se reduzca más de 10 cm la anchura calculada. No obstante, se recomienda disponer

---

los extintores en los ángulos muertos de los pasillos, de acuerdo con el artículo 8.2. de la NBE-CPI/96.

◇ Señalización e iluminación: las salidas de recinto, planta o edificio están debidamente señalizadas, excepto para las casetas para los vigilantes, al tratarse de edificios con menos de 50 m<sup>2</sup>. Deben disponerse señales indicativas de dirección de los recorridos que deben seguirse desde todo origen de evacuación hasta un punto desde el que sea directamente visible la salida o la señal que lo indica. Para indicar las salidas, de uso habitual o de emergencia, se utilizan las señales definidas en la norma UNE 23034.

Se señalizan los medios de protección contra incendios de utilización manual que no sean fácilmente visibles mediante señales definidas en la norma UNE 23033, y cuyo tamaño es el indicado en la norma UNE 81501 (la superficie de cada señal en m<sup>2</sup> es igual o mayor al cuadrado de la distancia de observación en metros dividida por 2000).

#### B.4.7. Ventilación y eliminación de humos y gases de la combustión

La eliminación de los humos y gases de la combustión y, con ellos del calor generado, de los espacios ocupados por sectores de incendio de establecimientos industriales, debe realizarse de acuerdo con la tipología del edificio en relación con las características que determinan el movimiento del humo.

##### ◇ *Actividades de producción y transformación*

Para cualquier espacio situado sobre rasante y su nivel de riesgo es alto o medio, se debe de disponer como mínimo de 0,5 m<sup>2</sup> de ventilación por cada 200 m<sup>2</sup>. En el proyecto no se tienen edificios con nivel de riesgo intrínseco alto o medio, pero aún así, por precaución pondremos una serie de rejillas de ventilación:

- Zona de producción: se necesitan 11,57 m<sup>2</sup> de ventilación, es decir, 24 rejillas de 0,5 m<sup>2</sup>.

- 
- Laboratorio: se necesitan 0,2 m<sup>2</sup> de ventilación, es decir, 1 rejilla de 0,5 m<sup>2</sup>.

- ◇ *Actividades de almacenamiento*

Para cualquier espacio situado sobre rasante y su nivel de riesgo es alto o medio, deberá de disponer de 0,5 m<sup>2</sup>/150 m<sup>2</sup> de ventilación como mínimo. En nuestro proyecto no se tienen edificios con nivel de riesgo intrínseco alto o medio, pero aún así, por precaución pondremos:

- Parque de tanques: se necesitan 9,02 m<sup>2</sup> de ventilación, es decir, 20 rejillas de 0,5 m<sup>2</sup>.
- Sala de mantenimiento: se necesitan 0,27 m<sup>2</sup> de ventilación, es decir, 1 rejilla de 0,5 m<sup>2</sup>.
- Taller y almacén: se necesitan 0,48 m<sup>2</sup> de ventilación, es decir, 1 rejilla de 0,5 m<sup>2</sup>.

#### **B.5. PROTECCION CONTRA INCENDIOS DEL PARQUE DE TANQUES (Cap. 4 norma ITC MIE-APQ 1).**

La protección contra incendios en un almacenamiento de líquidos inflamables y/o combustibles y sus instalaciones conexas está determinada por el tipo de líquido, la forma de almacenamiento, su situación y/o distancia a otros almacenamientos; por lo que, en cada caso, deberá seleccionarse el sistema y agente extintor que más convenga.

Las instalaciones, los equipos y sus componentes destinados a la protección contra incendios se ajustarán a lo establecido en el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios.

Los almacenamientos fijos de superficie deberán disponer de instalaciones de protección que deberán mantenerse en condiciones de funcionamiento en todo el momento mediante las inspecciones, pruebas, reparaciones, y/o reposiciones oportunas. Se deberá tener en cuenta el rebosamiento por ebullición (“boil – over”) a la hora de diseñar la protección con agua de los recipientes. En caso de incendio de un tanque de un producto inmiscible con el agua y de punto de ebullición más alto que el de ésta, si existe

---

agua en el fondo del tanque, la onda de calor de la superficie puede llegar a vaporizarla bruscamente. Se produciría entonces una eyección del producto inflamado (bola de fuego), con intenso flujo térmico.

Los principales elementos combustibles del parque de tanques son: ácido clorhídrico, hidróxido sódico, hidróxido de calcio, ácido sulfúrico.

Los depósitos de almacenamiento de estos líquidos no necesitan la instalación de una red de agua contra incendios, según el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre.

En cambio, en las instalaciones de almacenamiento y en todos los accesos a los cubetos deberá haber extintores de clase adecuada al riesgo. En las zonas de manejo de líquidos inflamables donde puedan existir conexiones de mangueras, válvula de uso frecuente o análogo, estos extintores se encontrarán distribuidos de manera que no haya que recorrer más de 15 metros desde el área protegida para alcanzar el extintor.

Generalmente serán de polvo ABC, portátiles sobre ruedas. En las zonas de riesgo eléctrico se utilizarán, preferentemente, extintores de CO<sub>2</sub>.

En la zona de mayor peligro se establecerá una alarma acústica, perfectamente audible. En el recinto deberá existir un teléfono para comunicaciones con los servicios de socorro exteriores.

En la proximidad de puestos de trabajo, como estaciones de carga y descarga, llenado y manejo de bidones y similares, se colocarán los siguientes equipos de protección personal: una manta ignífuga, una estación agua para ducha y lavajos, una máscara con filtro específico para los productos almacenados por cada operario del puesto (opcional), equipo de respiración autónoma (opcional).

En los lugares accesibles y para uso en todo momento será necesario un equipo analizador de atmósfera explosiva.

#### **B.6. REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DE LA PLANTA (ANEXO 3 DEL R.S.I.E.I.).**

Todas las instalaciones de protección contra incendios, su diseño, ejecución, puesta en funcionamiento y el mantenimiento cumplirán con el

---

Reglamento de las instalaciones de protección contra incendios sobre normas de procedimiento y desarrollo del mismo.

- Requisitos de las instalaciones: todos los aparatos, equipos, sistemas y componentes de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales, así como el diseño, la ejecución, la puesta en funcionamiento y el mantenimiento de sus instalaciones, cumplirán lo preceptuado en el Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios.

- Requisitos de los instaladores y mantenedores: los instaladores y mantenedores de las instalaciones de protección contra incendios, a que se refiere el número anterior, cumplirán los requisitos que, para ellos, establece el Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios, y disposiciones que lo complementan.

- Sistemas automáticos y manuales de alarma de incendio: no es necesario instalar sistemas automáticos de detección de incendios en ninguno de los edificios presentes en la planta. Sin embargo, deben instalarse sistemas manuales de alarma de incendios en: nave de producción, sala de mantenimiento, taller y almacén, edificio de oficinas y sala de control.

Para cada sistema manual de alarma de incendio se situará un pulsador junto a cada salida de evacuación del sector de incendio.

- Sistemas de comunicación de alarma: no es obligatorio instalar sistemas de comunicación de alarma en todos los sectores de incendio de los establecimientos industriales, ya que la suma de la superficie construida de todos los sectores de incendio es inferior a 10000 m<sup>2</sup>.

La señal acústica transmitida por el sistema de comunicación de alarma de incendio permitirá diferenciar si se trata de una alarma por emergencia parcial o emergencia general, gracias a un sistema de megafonía.

---

- Sistema de abastecimiento de agua contra incendios: según el artículo 1 del *Reglamento de Seguridad contra Incendios en Establecimientos Industriales* aprobado por R.D. 2267/2004 del 3 de Diciembre, no se tiene la necesidad de instalar una red de agua contra incendios en la *Planta de Gelatina* que aquí se proyecta.

- Extintores de incendio: se instalarán extintores de incendio portátiles en todos los sectores de incendio de los establecimientos industriales. Los extintores de incendio estarán situados en lugares fácilmente visibles y accesibles, situados próximos a las salidas de evacuación y a los puntos donde se estime mayor probabilidad de iniciarse el incendio y su distribución, si es posible y fijados a paramentos verticales, de modo que la parte superior del extintor quede, como máximo, a 1,70 metros sobre el suelo.

La localización del extintor será tal que el recorrido máximo horizontal, desde cualquier punto del sector de incendio hasta el extintor, no supere los 15 metros.

El agente extintor utilizado será el de polvo ABC o polivalente y el móvil sobre ruedas, mientras que el número necesario se estima a continuación de forma que se cumplan las condiciones ya explicadas:

- **Edificio de oficinas:** 5 extintores (2 en cada ala del edificio y unos a la entrada) de polvo ABC o polivalente para clase de fuego A-B.

- **Zona de producción:** 8 extintores de polvo ABC o polivalente para clase de fuego A-B y 1 extintor móvil sobre ruedas, de 50 Kg de polvo ABC.

- **Sala de mantenimiento:** 1 extintor de polvo ABC o polivalente para clase de fuego A-B.

- **Taller y almacén:** 1 extintor de polvo ABC o polivalente para clase de fuego A-B.



---

○ **Sala de control:** 1 extintor de polvo seco ABC o polivalente para clase de fuego A-B en presencia de elementos bajo tensión eléctrica superior a 24 V.

○ **Laboratorio:** 1 extintor móvil sobre ruedas, de 50 kg de polvo BC

○ **Caseta del vigilante:** 1 extintor de polvo ABC o polivalente.

Hacen un total de 38 extintores.

➤ **Sistemas de alumbrado de emergencia:** contarán con una instalación de alumbrado de emergencia las vías de evacuación de todos los edificios de la planta, así como los locales o espacios donde estén instalados cuadros, centros de control o mandos de las instalaciones técnicas de servicios o de los procesos que se desarrollan en la planta. La instalación de los sistemas de alumbrado de emergencia cumplirá las siguientes condiciones:

a) Será fija, estará provista de fuente propia de energía y entrará automáticamente en funcionamiento al producirse un fallo en el del 70 por 100 de su tensión nominal de servicio.

b) Mantendrá las condiciones de servicio, que se relacionan a continuación, durante una hora, como mínimo, desde el momento en que se produzca el fallo.

c) Proporcionará una iluminancia de 1 lx, como mínimo, en el nivel del suelo en los recorridos de evacuación.

d) La iluminancia será, como mínimo, de 5 lx en los espacios definidos en los espacios mencionados anteriormente.

e) La uniformidad de la iluminación proporcionada en los distintos puntos de cada zona será tal que el cociente entre la iluminancia máxima y la mínima sea menor que 40.

f) Los niveles de iluminación establecidos deben obtenerse considerando nulo el factor de reflexión de paredes y techos y contemplando un factor de

---

mantenimiento que comprenda la reducción del rendimiento luminoso debido al envejecimiento de las lámparas y a la suciedad de las luminarias.

- Señalización: se procederá a la señalización de las salidas de uso habitual o de emergencia, así como la de los medios de protección contra incendios de utilización manual, cuando no sean fácilmente localizables desde algún punto de la zona protegida, teniendo en cuenta lo dispuesto en el Reglamento de señalización de los centros de trabajo, aprobado por el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril.

### C. BIBLIOGRAFIA

- R.H. Perry, D. W. Green, J.O. Maloney. "PERRY. Manual del Ingeniero Químico". Ed Mc Graw Hill, 3 volú., 7ª Edición, 2001.
- Catálogo "Vertical Cylindrical Boiler for tank vessels", Osaka Boiler MFG.CO,LTD.
- M. R. Suarez y J. C. Fuentes, "Fontanería", Dpto de Construcción arquitectónica, ETS Arquitectura, Las Palmas de Gran Canaria
- McCabe – Smith. "Operaciones Unitarias en Ingeniería Química"
- Geankoplis. "Procesos de transporte y operaciones unitarias"
- R.D. 842/2002 de 2 de Agosto, Reglamento electrotécnico de baja tensión.
- R.D. 2267/2004 de 3 de Diciembre Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales

Paginas webs:

- F:\molienda\tamices\Tamiz vibratorio (series S49), China Tamiz vibratorio (series S49), Tamiz vibratorio (series S49) fabricante.mht
- F:\molienda\tamices\tamices.htm

- 
- F:\molienda\molino de bolas\ball\_mill.htm
  - F:\molienda\trituradora-de-quijada\_files\trituradora-de-quijada.html
  - F:\molienda\trituradora-de-quijada\_files\ChatButton.htm

Archivos pdf:

- Trituradora de mandíbulas de la empresa Zenith.  
[www.zenithcrusher.com](http://www.zenithcrusher.com)
- Problema N°3, Agosto 2002, de ingeniería en minas de la Comisión Nacional de evaluación y acreditación universitaria (Ministerio de Educación, Argentina)
- “Criterios para el diseño de una cinta transportadora”. Juan Carlos Santillán Mestanza.

Libros:

- “Manual del Ingeniero Químico”, Perry. 6ª edición.
- “Manual de trituración y cribado”. Metso Expect results. 3ª Edición
- Apuntes de Ingeniería Enzimática y de Fermentación
- Carlos Alberto Prieto Velasco, 2007. Tesis Doctoral: “Diseño y Optimización de un reactor de membrana discontinuo para la hidrólisis enzimática de proteínas”. Ed. De la Universidad de Granada.
- Antonio María Guadix Escobar, 2001. “Producción en reactores de membranas hidrolizados enzimáticos de proteínas lácteas para la producción entera”. Ed. De la Universidad de Granada
- Estudio cinético de la hidrólisis
- Secados de sólidos.pdf
- Secado.pdf
- El secado de los sólidos en la industria química.pdf

---

**CAPITULO II**

**ESTUDIO**

**TECNICO**

---

## INDICE ESTUDIO TECNICO

	Paginas
1. Introducción	1
2. Descripción general del proceso	3
2.1. Diagrama de bloques	3
2.2. Diagrama de flujo	4
3. Método general de obtención de gelatina	4
3.1. Descripción del proceso	6
3.2. Balances de materia	8
3.2.1. Procedimiento de cálculo	8
3.2.2. Balances de materia global	8
3.2.3. Balances de materia por unidad de operación	9
3.3. Balances de energía	16
4. Descripción de los equipos	18
4.1. Molienda	18
4.1.1. Diagrama del proceso	18
4.1.2. Balance de materia	19
4.1.3. Etapas del proceso	19
4.1.3.1. Correa transportadora de carga y correa transportadora intermedia	19
4.1.3.2. Molino triturador	22
4.1.3.3. Tamizado de primera y segunda molienda; tamizado de producto final	22
4.1.3.4. Molino de bolas	27
4.2. Precalentadores y enfriadores	29
4.3. Procesos de lavado	39
4.4. Secaderos	43
4.5. Silo – tolva	47

---

---

4.6. Extracciones sólido – líquido	47
4.7. Preconcentraciones	52
4.8. Evaporadores	56
4.9. Esterilizadores	61
4.10. Enfriadores	67
4.11. Reactores y tanques	74
4.11.1. Reactor de hidrólisis	74
4.11.2. Reactor de tratamiento básico	75
4.11.3. Reactor de neutralización	76
4.11.4. Tanque de almacenamiento de alcalasa	78
4.11.5. Tanque de almacenamiento de agua	79
4.11.6. Tanque de almacenamiento de NaOH	79
4.11.7. Tanque de almacenamiento de $\text{Ca}(\text{OH})_2$	80
4.11.8. Tanque de almacenamiento de HCl	80
4.11.9. Tanque de almacenamiento de $\text{H}_2\text{SO}_4$	81
4.12. Caldera	81
4.13. Envasadoras	82
5. Bibliografía	83

---

# ESTUDIO TECNICO

## 1. INTRODUCCION

La gelatina es la proteína purificada que se obtiene a partir de la hidrólisis selectiva del colágeno. El colágeno es el principal componente de los huesos y de la piel de los mamíferos y de los pescados. En la práctica, las materias primas generalmente más usadas son los cueros de cerdo y de ganado vacuno, así como los huesos de estos animales.

El procesado industrial de la gelatina básicamente consiste en la obtención de gelatina soluble a partir de colágeno de huesos, cartílagos, vísceras o pieles; La procedencia, edad y tipo de colágeno tiene una gran influencia sobre las propiedades de la gelatina que se obtiene. También el método de fabricación afecta de manera acusada a las propiedades físico-químicas de la gelatina. Este material principalmente proteico tiene una gran aplicación en alimentación, industria farmacéutica, cosmética e industria fotográfica.

La gelatina de animales marinos se obtiene a partir de residuos: pieles y huesos, lo que le hace ser un procedimiento económicamente viable.

Actualmente para fabricar gelatinas a partir de huesos de pescado consiste en un primer lavado de éstos con agua y alcalasa para eliminar restos de carne y a continuación se procede con un secado. A continuación se incluye una etapa de tratamiento ácido, principalmente con HCl el cual confiere una alta calidad del producto y también se produce la desmineralización que no es otra cosa que la retirada de los fosfatos y carbonatos de la matriz ósea quedando una masa de alta viscosidad. Se incluye posteriormente varias etapas de lavado con agua y una etapa de tratamiento básico en la cual se produce la transformación del colágeno en gelatina por medio de una hidrólisis parcial. Por último se procede a la extracción final de la gelatina en agua con calor a una temperatura en el rango de 55 a 85°C para obtener mejores propiedades físicas. Parte de las dificultades técnicas concierne a la obtención de propiedades reológicas parecidas a las obtenidas en las gelatinas procedentes de colágeno de animales de abasto. La obtención de

---

características físicas semejantes a las de animales de abasto, así como de obtención de un alto rendimiento es el principal objeto de nuestro proyecto.

Es un método aplicable para una gran cantidad de especies marinas, y se obtiene a partir de restos o desperdicios del procesado, con lo cual su utilización supondría una revalorización.

Es un producto utilizable por un sector amplio de la población, y para diversas industrias de alimentación, farmacéutica, cosmética y fotográfica. El rendimiento sería elevado y las características serían más variadas que las presentadas por las gelatinas habituales en el mercado.

El objeto es obtener una gelatina, que se caracteriza por poseer un amplio espectro de características, es decir competitiva en la industria, desodorizada y translúcida. Está constituida por colágeno desnaturalizado, pudiéndose adicionar de alguno o todos de los siguientes ingredientes: agua, sales (como sulfatos, fosfatos, cloruros), hidrocoloides (como hidroximetilcelulosa, carragenatos, guar), agentes inductores de enlaces covalentes (tales como transglutaminasa, cisteína,), azúcares como la glucosa y alcohol como el glicerol. El que intervengan todos o solo alguno de estos ingredientes varía en función de las condiciones y características del producto de partida así como del tratamiento químico y físico al que se ve sometido posteriormente; también dependerá de las características que se deseen obtener según sea el destino final de este producto.

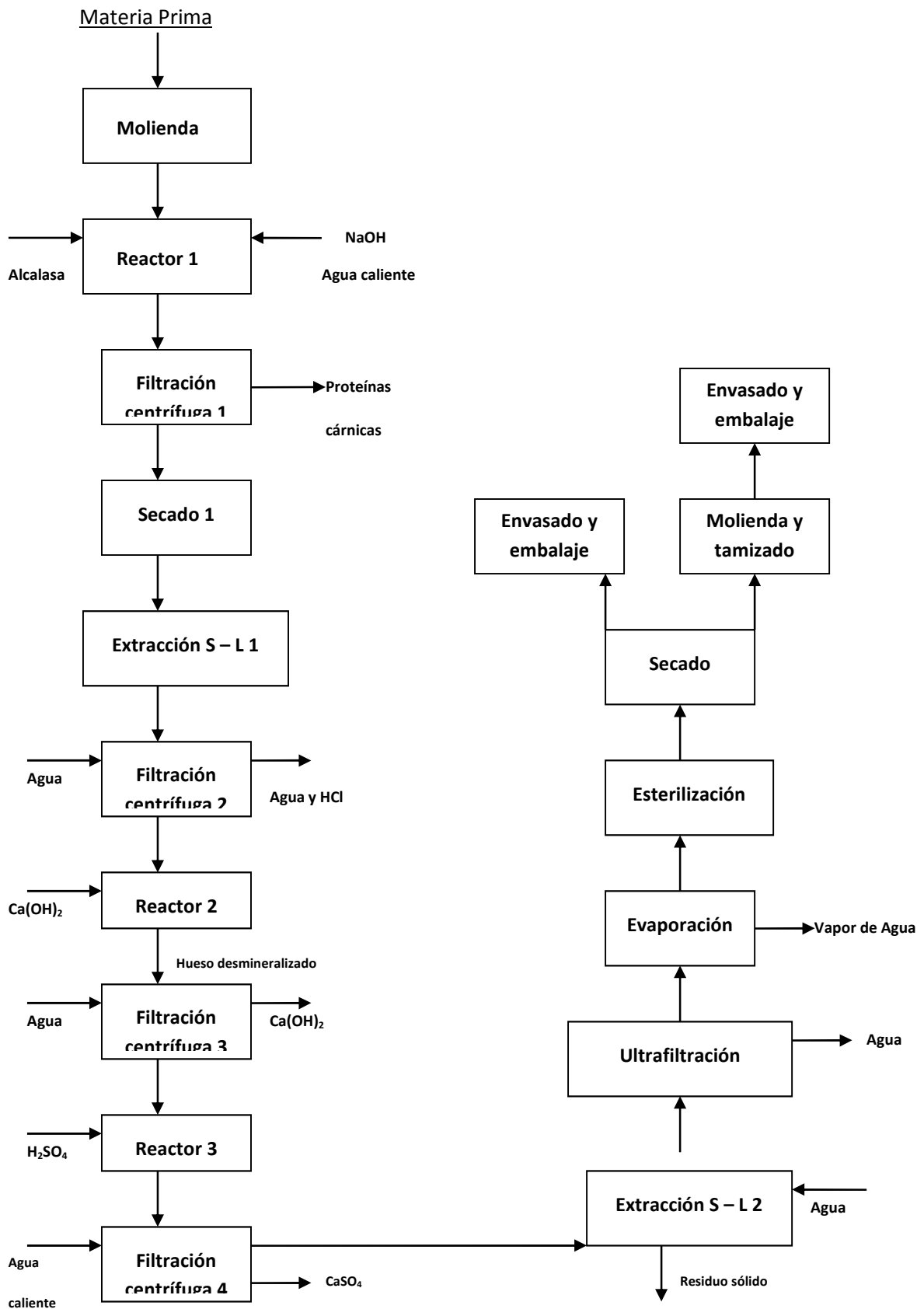
Al final, además de obtener gelatina, se obtiene proteínas hidrolizadas a partir de la acción de la alcalasa para eliminar el residuo cárnico que haya quedado en los huesos que se pueden procesar como alimento para el ganado; también se obtiene una corriente con sulfato de calcio procedente de la neutralización, la cual la podemos procesar y obtenerla en forma sólida y comercializarla como yeso.

El residuo final es un material viscoso compuesto por los componentes del hueso excepto los fosfatos y carbonatos y con pequeñas cantidades de colágeno y proteínas.

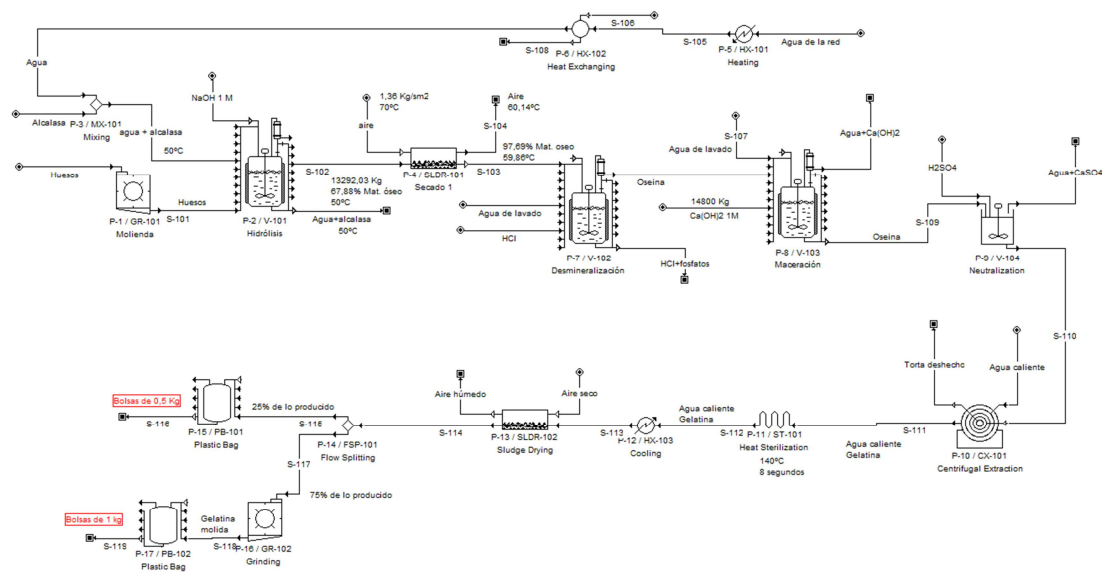
**2. DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO**



2.1. Diagrama de bloques



## 2.2. Diagrama de flujo



## 2.3. Consideraciones generales

Podemos considerar 3 etapas fundamentales:

- 1. Pretratamiento de la materia prima:** La materia prima tiene que ser procesada rápidamente porque los residuos orgánicos del tejido óseo se descompone produciendo mal olor. Se procederá a una molienda a través de varios pasos hasta obtener un granulado fino (polvo de hueso); en esta etapa se pasa por un molino de quijada que hará un molido grueso, el tamaño de la molienda no es uniforme, por tanto se pasará por un tamizado para que los gruesos se vuelvan a pasar por el molino. Luego se pasa por un molino de bolas en donde ya se obtienen una granulación más uniforme, aún así, los gruesos se recirculan para volver a ser molidos. Acto seguido se someten a la acción de la alcalasa a 50°C que servirá para limpiar el hueso de las proteínas cárnicas que puedan llevar adheridas y a partir de aquí se lava con agua, se seca, estando lista para ser procesada en la siguiente etapa. Si no es posible ser procesada en el instante, se puede almacenar en silos – tolvas hasta que sea necesario. Todo este proceso es de manera continua.
- 2. Generación de gelatina.** En esta parte, se eliminarán los minerales como fosfatos y carbonatos de la matriz ósea usando como agente

---

extractor HCl y siendo lavada con agua. Para que el proceso sea continuo y no haya paros en la producción se plantea un sistema de filtros centrífugo iguales que realizan el lavado, así cuando la última filtración centrífuga se cargue con la alimentación, la primera ya está lista para la descarga. Al final se tienen 10 tanques, uno por cada día que dura la maceración, para almacenar lo que se produce cada día; lo producido se deja reaccionar con  $\text{Ca(OH)}_2$  produciéndose la hidrólisis parcial del colágeno y por tanto transformándose en gelatina. Esta gelatina está contenida en la matriz ósea. Todo este proceso es continuo.

- 3. Extracción y purificación de la gelatina.** En esta parte se obtendrá gelatina soluble y se irá concentrando. La extracción se hace con 4 extracciones sucesivas de la fase pesada con agua cada vez más caliente (55, 65, 75, 85°C). Las fases ligeras son tratadas en 4 corrientes individuales pero iguales. Lo que interesa es ir quitando el agua, así que se somete a una evaporación, que la concentra hasta un 60%, después, según normativa, se esteriliza a 140°C durante 8 segundos y mediante una esterilización a vacío ya que este se puede asemejar a una esterilización de ciclo ideal y también se consigue concentrar hasta un 70%. La gelatina se mete en unos moldes de 2 m x 10 m, se enfrían y se cortan en trozos de 1 cm x 1 cm y se seca mediante un secadero de cinta sin fin. Al final se enfrían a temperatura ambiente, de aquí el 25 % se embolsa y se almacenan y el 75% se muele con un molino de bolas y se almacena. Esta parte es semicontinua.

---

### 3. METODO GENERAL DE OBTENCION DE GELATINA

#### 3.1. Descripción del proceso

El proceso se resume esquemáticamente en el diagrama de bloques del apartado anterior, cuya descripción se explica a continuación: El tejido óseo (10000Kg/h) con un contenido del 9% en colágeno es introducido al proceso de molienda y tamizado en donde se transforma en un contenido granular. Para su **pretratamiento** tendrá dos procesos de molienda, una molienda en donde se obtiene un grano más irregular (molino de quijada) y otro de molienda en la cual se obtiene un tamaño de grano más regular (molino de bolas). Cada una de estas operaciones está siempre precedida por un tamizado para clasificar los componentes más gruesos y recircularlo al molino. Todas estas operaciones son a temperatura ambiente. A continuación la corriente de sólido es llevada a un reactor de hidrólisis con agua y alcalasa para hidrolizar y así son solubles en agua las proteínas cárnicas que pueda tener adherida el tejido óseo; estas corrientes están previamente calentadas hasta la temperatura de operación de 50°C en un intercambiador de calor. El reactor trabajará por tanto a esa temperatura y presiones constantes (50°C y 1 atm) gracias al encamisado que dará calor al sistema. La alcalasa a parte de ser su temperatura óptima 50°C debe tener un pH en torno a 8, por tanto se adiciona NaOH para mantenerlo. La corriente resultante es llevada a un lavado con agua a través de una filtración centrífuga y así eliminar la proteína hidrolizada y la alcalasa. A continuación, la torta pasa por en secadero continuo tipo cinta sin fin y se almacena en un silo – tolva a la espera de la entrada en la siguiente línea.

En la siguiente línea, en donde se produce la **generación de gelatina**, el producto almacenado en el silo – tolva es conducido a un extractor sólido – líquido continuo a contracorriente para ponerlo en contacto con HCl, este tratamiento ácido es conocido como desmineralización, ya que se volverá soluble los fosfatos y los carbonatos de la matriz ósea dando como resultado lo que se llama oseína. Después se introduce en un lavado con agua a través de una filtración continua para la eliminación del HCl y de las sales disueltas; La torta es llevada a un reactor en donde se pone en contacto con  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , es el proceso de maceración, para que se produzca la hidrólisis parcial del colágeno

---

transformándose en gelatina soluble en agua, aunque ésta gelatina está contenida en la matriz ósea. El período de maceración es de 10 días a temperatura ambiente. Para que el proceso sea continuo se necesitan 10 tanques, a partir de aquí el proceso sería de **extracción y purificación** de la gelatina. Descargándose un reactor al día hacia la siguiente línea.

El contenido del reactor se lleva a un lavado con agua a través de un filtro centrífugo para eliminar el  $\text{Ca(OH)}_2$  y la base residual se elimina a añadiendo  $\text{H}_2\text{SO}_4$  en un neutralizador cuya sal es retirada a través de un lavado con agua por medio de una filtración centrífuga. La torta ya está lista para la extracción de gelatina.

La extracción de gelatina se realiza a través de cuatro extracciones sólido – líquido sucesivas con agua caliente a  $55^\circ\text{C}$ ,  $65^\circ\text{C}$ ,  $75^\circ\text{C}$  y  $85^\circ\text{C}$  de la torta resultante de cada una de ellas. Cada corriente de agua caliente es precalentada en un intercambiador de calor. La extracción se realizará a esas temperaturas estando debidamente aisladas. Se extrae 16906,86 Kg, con un 97,83% de la gelatina original.

La corriente de agua y gelatina es llevada a un evaporador a vacío para eliminar el agua y concentrarlo hasta el 60%, todo ello ocurre a una presión de 120 mmHg. Para que pueda ser comercializada se esteriliza a través de un esterilizador flash durante 8 s a  $140^\circ\text{C}$ , en esta operación conseguimos concentrar hasta el 70%. Las corrientes salen a una temperatura de  $60,06^\circ\text{C}$ . La corriente de gelatina es introducida en moldes de 2 m x 10 m x 1,2 cm y procedemos a un enfriado en un enfriador a través de aire para que esté a  $25^\circ\text{C}$ , una vez enfriado es desmoldado y cortado en láminas de dimensiones 1 cm x 1 cm x 1,2 cm y llevados a secar en un secadero de cinta sin fin obteniendo al final una gelatina con un 14% de humedad. Se enfría en el mismo enfriador anterior. En estos procesos se puede perder parte de la gelatina extraída debida al arrastre del vapor.

Se obtiene 19659,14 Kg de gelatina al día con un 14% de humedad por tanto el rendimiento de la operación es del 98,34%.

El 25% de esta gelatina es envasada en bolsas de 0,5 Kg y el restante 75% es molida en un molino de bolas, tamizada y envasada en bolsas de 1 Kg.

### 3.2. Balances de materia

#### 3.2.1. Procedimiento de cálculo

El cálculo analítico de los balances de materia se reduce a aplicar balances a los compuestos que intervienen en base másica (Kg/h) según la ecuación general siguiente:

$$ENTRADA + SALIDA = GENERACIÓN + REACCIÓN$$

En primer lugar se realiza el cálculo de las corrientes de alimentación al sistema. Para ello el procedimiento a seguir es en sentido inverso al proceso, esto es, empezando por el final suponiendo que la gelatina obtenida por hidrólisis parcial es 10956,21 Tn/año. El resultado obtenido se muestra en el siguiente cuadro:

Caudal de alimentación, Kg/h	Huesos (9% colágeno)	NaOH	Alcalasa	Agua	HCl	Ca(OH)2	H2SO4
En Molino de quijada	10000	-	-	-	-	-	-
En Reactor 1	-	0,01004	0,0374	60000	-	-	-
En Filtración centrífuga 1	-	-	-	8100,78	-	-	-
En Extracción S - L 1	-	-	-	-	5940,69	-	-
En Filtración centrífuga 2	-	-	-	781,65	-	-	-
En Reactor 2	-	-	-	-	-	61,67	-
En Filtración centrífuga 3	-	-	-	26887,88	-	-	-
En Neutralizador	-	-	-	-	-	-	36941,4
En Filtración centrífuga 4	-	-	-	25195,86	-	-	-
En Esterilización	-	-	-	1566,44	-	-	-
En Extracción S - L 2	-	-	-	345000	-	-	-
<b>Total, Kg/h</b>	<b>10000</b>	<b>0,01004</b>	<b>0,0374</b>	<b>467532,61</b>	<b>5940,69</b>	<b>61,67</b>	<b>36941,4</b>

#### 3.2.2. Balances de materia global

Corrientes de salida		Alcalasa	NaOH	Proteínas H	Agua	Fosfatos	HCl	Ca(OH)2	CaSO4	Matriz ósea	Gelatina	Total, Kg /h
Agua de lavado 1	Kg /h	0,0355	0,01004	165,35	63330,97	0	0	0	0	0	0	63496,366
	% peso	5,59E-05	1,58E-05	0,260	99,74	0	0	0	0	0	0	
Flujo superior Extracción S - L 1	Kg /h	0	0	0	0	95886,78	143830,17	0	0	0	0	239716,95
	% peso	0	0	0	0	40	60	0	0	0	0	
Agua de lavado 2 (HCl)	Kg /h	0	0	0	941,24	0	791,8	0	0	0	0	1733,04
	% peso	0	0	0	54,31	0	45,69	0	0	0	0	
Agua de lavado 3 (Ca(OH)2)	Kg /h	0	0	0	28467,36	0	0	13101,4	0	0	0	41568,75
	% peso	0	0	0	68,48	0	0	31,52	0	0	0	
Agua de lavado 4 (CaSO4)	Kg /h	0	0	0	35175,55	0	0	0	1195,4	0	0	36371,95
	% peso	0	0	0	96,71	0	0	0	3,29	0	0	
Fase pesada Extracción S - L (Gelatina)	Kg /h	0	0	0	66120,68	0	0	0	0	260864,55	1439,16	328424,39
	% peso	0	0	0	20,13	0	0	0	0	79,43	0,44	
Agua UF	Kg /h	0	0	0	107968,13	0	0	0	0	0	0	107968,13
	% peso	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	
Vapor de Agua, Evaporador	Kg /h	0	0	0	4805,29	0	0	0	0	0	0	4805,29
	% peso	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	
Vapor de Agua, Esterilizador	Kg /h	0	0	0	2978,08	0	0	0	0	0	0	2978,08
	% peso	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	

### 3.2.3. Balances de materia por unidad de operación

REACTOR 1. HIDRÓLISIS PROTEINAS				
Componentes	Corriente de entrada		Corriente de salida	
	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso
Alcalasa	0,0374	$5,34 \cdot 10^{-5}$	0,0374	$5,34 \cdot 10^{-5}$
NaOH	0,01004	$1,43 \cdot 10^{-5}$	0,01004	$1,43 \cdot 10^{-5}$
Proteínas Hidrolizadas	0	0,00	177,8	0,254
Agua	60000	85,71	60000	85,71
Fosfatos	0	0,00	0	0
HCl	0	0,00	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0,00	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0,00	0	0
Matriz ósea	10000	14,29	9822,2	14,03
Gelatina	0	0,00	0	0
<b>Total, Kg/h</b>	70000,04744		70000,04744	

FILTRACION CENTRIFUGA 1. LAVADO ALCALASA								
Componentes	Corriente de entrada 1		Agua de lavado 1		Filtrado 1		Torta 1	
	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso
Alcalasa	0,0374	$5,34 \cdot 10^{-5}$	0	0	0,03553	5,58E-05	0,00187	1,30E-05
NaOH	0,01004	$1,43 \cdot 10^{-5}$	0	0	0,01004	1,58E-05	0	0
Proteínas Hidrolizadas	177,8	0,254	0	0	177,8	0,279	0	0
Agua	60000	85,71	8100,78	100	63496,33	99,721	4604,45	31,92
Fosfatos	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	9822,2	14,03	0	0	0	0	9822,2	68,08
Gelatina	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total, Kg/h</b>	70000,04744		8100,78		63674,1756		14426,652	

SECADO 1.								
Componentes	Corriente de entrada		Corriente de aire seco		Corriente de aire		Corriente de salida	
	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso
Aire	0	0	14640	100	14640	76,99	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	0	0	0	0	0	0
Agua	4604,45	29,92	0	0	4374,23	23,01	230,22	2,29
Fosfatos	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	9822,20	70,08	0	0	0	0	9822,2	97,71
Gelatina	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total, Kg/h</b>	14426,65		14640		19014,23		10052,42	

EXTRACCION S - L 1. DESMINERALIZACION								
Componentes	Corriente de entrada 1		Agente extractor 1		Fase ligera		Fase pesada	
	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso
Alcalasa	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	230,22	2,29	0	0	0	0	0	0
Agua	0	0	0	0	0	0	230,22	3,08
Fosfatos	3546,49	35,28	0	0	3404,63	40	142,15	1,9
HCl	0	0	5940,69	100	5106,95	60	833,74	11,14
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	6275,71	62,43	0	0	0	0	6275,71	83,88
Gelatina	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total, Kg/h</b>	10052,42		5940,69		8511,58		7481,82	

Componentes	FILTRACION CENTRIFUGA 2. LAVADO HCl							
	Corriente de entrada 1		Agua de lavado 1		Filtrado 1		Torta 1	
	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso
Alcalasa	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	0	0	0	0	0	0
Agua	230,44	3,08	781,65	100	941,24	54,31	70,85	1,08
Fosfatos	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	833,47	11,14	0	0	791,8	45,69	41,67	0,64
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	6417,86	85,78	0	0	0	0	6417,86	98,28
Gelatina	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total, Kg/h</b>	<b>7481,77</b>		<b>781,65</b>		<b>1733,04</b>		<b>6530,38</b>	

Las corrientes de aguas de salida contienen fosfatos en cantidades muy pequeñas.

A partir de aquí el proceso es discontinuo, la masa total en cualquier operación es al día, por tanto para obtener la masa se multiplica por 24.

Componentes	REACTOR 2. MACERACION					
	Corriente de entrada 1		Corriente de entrada 2		Corriente de salida	
	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso
CaCl <sub>2</sub>	0	0	0	0	1525,22	0,89
NaOH	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	0	0	0	0
Agua	1692,67	1,08	0	0	2187,33	1,28
Fosfatos	0	0	0	0	0	0
HCl	1003,07	0,64	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	14800	100	13783,19	8,04
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	154033,38	98,28	0	0	154033,38	89,80
Gelatina	0	0	0	0	0	0
<b>Total, Kg/h</b>	<b>156729,12</b>		<b>14800</b>		<b>171529,12</b>	

Tiempo de maceración: 10 días

Componentes	FILTRACION CENTRIFUGA 3. LAVADO Ca(OH) <sub>2</sub>							
	Corriente de entrada 1		Agua de lavado 1		Filtrado 1		Torta 1	
	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso
CaCl <sub>2</sub>	1525,22	0,89	0	0	1448,96	3,48	76,26	0,05
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	0	0	0	0	0	0
Agua	2187,33	1,28	26887,88	100	27039,95	65,03	2035,26	1,30
Fosfatos	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	13783,19	8,04	0	0	13094,03	31,49	689,16	0,44
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	154033,38	89,8	0	0	0	0	154033,38	98,21
Gelatina	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total, Kg/h</b>	<b>171529,12</b>		<b>26887,88</b>		<b>41582,94</b>		<b>156834,06</b>	

Tiempo de filtración centrífuga: 1 hora



REACTOR 3. NEUTRALIZACION						
Componentes	Corriente de entrada 1		Corriente de entrada 2		Corriente de salida	
	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso
CaCl <sub>2</sub>	76,26	0,05	0	0	76,26	0,05
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	0	11082,43	100	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	0	0	0	0
Agua	2035,26	1,3	0	0	12540,24	7,47
Fosfatos	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	689,16	0,44	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	1266,56	0,75
Matriz ósea	154033,38	98,21	0	0	154033,38	91,73
Gelatina	0	0	0	0	0	0
Total, Kg/h	156834,06		11082,43		167916,44	

Tiempo de neutralización: 18 minutos

FILTRACION CENTRIFUGA 4. LAVADO DE SALES								
Componentes	Corriente de entrada 1		Agua de lavado 1		Filtrado 1		Torta 1	
	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso
CaCl <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	0	0	0	0	0	0
Agua	12616,5	7,51	25195,86	100	35175,55	96,71	2636,81	1,68
Fosfatos	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	1266,56	0,75	0	0	1196,4	3,29	70,16	0,04
Matriz ósea	154033,38	91,73	0	0	0	0	154033,38	98,27
Gelatina	0	0	0	0	0	0	0	0
Total, Kg/h	167916,44		25195,86		36371,95		156740,35	

Tiempo de filtración centrífuga: 1 hora

EXTRACCION S - L 2. EXTRACCION GELATINA 55°C								
Componentes	Corriente de entrada 1		Disolvente extractor		Fase pesada		Fase ligera	
	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso
CaCl <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	200000	100	0	0	0	0
Agua	2695,93	1,72	0	0	36669,16	22,00	174857,33	92,00
Fosfatos	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	136762,4	87,25	0	0	127925,4	76,75	0	0
Gelatina	17282,02	11,03	0	0	2083,48	1,25	15204,98	8,00
Total, Kg/h	156740,35		200000		166678,04		190062,31	

Tiempo de extracción S – L 55°C: 5,9 h

EXTRACCION S - L 3. EXTRACCION GELATINA 65°C								
Componentes	Corriente de entrada 1		Disolvente extractor		Fase pesada		Fase ligera	
	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso
CaCl <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	25000	100	0	0	0	0
Agua	36669,17	22,00	0	0	40627,13	22,50	10835,18	97,50
Fosfatos	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	127925,40	76,75	0	0	138132,25	76,50	0	0
Gelatina	2083,48	1,25	0	0	1805,65	1,00	277,83	2,50
Total, Kg/h	166678,04		25000		180565,03		11113,01	

Tiempo de extracción S – L 65°C: 3,35 h

EXTRACCION S - L 4. EXTRACCION GELATINA 75°C								
Componentes	Corriente de entrada 1		Disolvente extractor		Fase pesada		Fase ligera	
	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso
CaCl <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	100000	100	0	0	0	0
Agua	40627,13	22,50	0	0	39345,34	22,50	104417,92	98,79
Fosfatos	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	138132,25	76,50	0	0	134998,24	77,20	0	0
Gelatina	1805,65	1,00	0	0	524,6	0,30	1278,93	1,21
Total, Kg/h	180565,03		100000		174868,18		105696,85	

Tiempo de extracción S – L 75°C: 3,21 h

EXTRACCION S - L 5. EXTRACCION GELATINA 85°C								
Componentes	Corriente de entrada		Disolvente extractor		Fase pesada		Fase ligera	
	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso
CaCl <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	20000	100	0	0	0	0
Agua	39345,34	22,50	0	0	34739,49	18,52	7107,68	97,50
Fosfatos	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	134998,24	77,20	0	0	152463,59	81,28	0	0
Gelatina	524,6	0,30	0	0	375,16	0,20	182,25	2,50
Total, Kg/h	174868,18		20000		187578,24		7289,93	

Tiempo de extracción S – L 85°C: 58,68 min

ULTRAFILTRACION 1. PRECONCENTRACION 55°C						
Componentes	Corriente de entrada 1		Permeato		Retentato	
	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso
CaCl <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	0	0	0	0
Agua	174857,33	92,00	152049,85	100	22807,48	60,00
Fosfatos	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	0	0	0	0	0	0
Gelatina	15204,98	8,00	0	0	15204,98	40,00
Total, Kg/h	190062,31		152049,85		38012,46	

Tiempo de ultrafiltración a 55°C: 2,63 h

Número de cartuchos: 315

ULTRAFILTRACION 2. PRECONCENTRACION 65°C						
Componentes	Corriente de entrada 1		Permeato		Retentato	
	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso
CaCl <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	0	0	0	0
Agua	10835,18	97,50	10418,43	100	416,75	60,00
Fosfatos	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	0	0	0	0	0	0
Gelatina	277,83	2,50	0	0	277,83	40,00
Total, Kg/h	11113,01		10418,43		694,58	

Tiempo de ultrafiltración a 65°C: 2,5 h

Número de cartuchos: 45

ULTRAFILTRACION 3. PRECONCENTRACION 75°C						
Componentes	Corriente de entrada 1		Permeato		Retentato	
	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso
CaCl <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	0	0	0	0
Agua	104417,92	98,79	102499,52	100	1918,4	60,00
Fosfatos	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	0	0	0	0	0	0
Gelatina	1278,93	1,21	0	0	1278,93	40,00
Total, Kg/h	105696,85		102499,52		3197,33	

Tiempo de ultrafiltración a 75°C: 2,6 h

Número de cartuchos: 113

ULTRAFILTRACION 4. PRECONCENTRACION 85°C						
Componentes	Corriente de entrada 1		Permeato		Retentato	
	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso
CaCl <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	0	0	0	0
Agua	7107,68	97,50	6826,8	100	277,88	60,00
Fosfatos	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	0	0	0	0	0	0
Gelatina	182,25	2,50	0	0	185,25	40,00
Total, Kg/h	7289,93		6826,8		463,13	

Tiempo de ultrafiltración a 85°C: 1,04 h

---

Número de cartuchos: 41

En los siguientes cuadros tenemos en cuenta los tiempos de vaciado para medir el caudal ya que a partir de aquí hay un tramo que se hace continuo ya que desde la maceración hasta la preconcentración inclusive el proceso es discontinuo.

EVAPORADOR 1. CORRIENTE DE 55°C						
Componentes	Corriente de entrada 1		Corriente de vapor		Corriente de salida	
	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso
CaCl <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	0	0	0	0
Agua	7083,07	60,00	3935,04	100	3148,03	40,00
Fosfatos	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	0	0	0	0	0	0
Gelatina	4722,04	40,00	0	0	4722,04	60,00
Total, Kg/h	11805,11		3935,04		7870,07	

Tiempo que hay entre la preconcentración a 55°C y 65°C: 3,22 h

EVAPORADOR 2. CORRIENTE DE 65°C						
Componentes	Corriente de entrada 1		Corriente de vapor		Corriente de salida	
	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso
CaCl <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	0	0	0	0
Agua	125,9	60,00	69,94	100	55,96	40
Fosfatos	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	0	0	0	0	0	0
Gelatina	83,94	40,00	0	0	83,94	60
Total, Kg/h	209,84		69,94		139,9	

Tiempo que hay entre la preconcentración a 65°C y 75°C: 3,31 h

EVAPORADOR 3. CORRIENTE DE 75°C						
Componentes	Corriente de entrada 1		Corriente de vapor		Corriente de salida	
	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso
CaCl <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	0	0	0	0
Agua	1162,67	60,00	645,93	100	516,74	40
Fosfatos	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	0	0	0	0	0	0
Gelatina	775,11	40,00	0	0	775,11	60
Total, Kg/h	1937,78		645,93		1291,85	

Tiempo que hay entre la preconcentración a 75°C y 85°C: 1,65 h

EVAPORADOR 4. CORRIENTE DE 85°C						
Componentes	Corriente de entrada 1		Corriente de vapor		Corriente de salida	
	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso
CaCl <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	0	0	0	0
Agua	277,88	60,00	154,38	100	123,50	40
Fosfatos	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	0	0	0	0	0	0
Gelatina	185,25	40,00	0	0	185,25	60
Total, Kg/h	463,13		154,38		308,75	

Tiempo de proceso: 1 h

ESTERILIZACION 1. CORRIENTE LINEA 55°C								
Componentes	Corriente de entrada		Vapor de agua de entrada		Corriente de salida		Vapor de agua de salida	
	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso
Alcalasa	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	0	0	0	0	0	0
Agua	3148,03	40,00	1282,76	100	2024,08	30,00	2405,89	100
Fosfatos	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	0	0	0	0	0	0	0	0
Gelatina	4722,04	60,00	0	0	4722,86	70,00	0	0
Total, Kg/h	7870,07		1282,76		6746,94		2405,89	



ESTERILIZACION 2. CORRIENTE LINEA 65°C								
Componentes	Corriente de entrada		Vapor de agua de entrada		Corriente de salida		Vapor de agua de salida	
	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso
Alcalasa	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	0	0	0	0	0	0
Agua	55,96	40,00	22,8	100	23,99	30,00	82,74	100
Fosfatos	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	0	0	0	0	0	0	0	0
Gelatina	83,94	60,00	0	0	55,97	70,00		0
Total, Kg/h	139,9		22,8		79,96		82,74	

ESTERILIZACION 3. CORRIENTE LINEA 75°C								
Componentes	Corriente de entrada		Vapor de agua de entrada		Vapor de agua de salida		Corriente de salida	
	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso
Alcalasa	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	0	0	0	0	0	0
Agua	516,74	40,00	210,56	100	395,11	100	332,19	30
Fosfatos	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	0	0	0	0	0	0	0	0
Gelatina	775,11	60,00	0	0	0	0	775,11	70
Total, Kg/h	1291,85		210,56		395,11		1107,3	

ESTERILIZACION 4. CORRIENTE LINEA 85°C								
Componentes	Corriente de entrada		Vapor de agua de entrada		Corriente de salida		Vapor de agua de salida	
	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso
Alcalasa	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	0	0	0	0	0	0
Agua	123,5	40,00	50,32	100	79,39	30,00	94,43	100
Fosfatos	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	0	0	0	0	0	0	0	0
Gelatina	185,25	60,00	0	0	185,25	70,00	0	0
Total, Kg/h	308,75		50,32		264,64		94,43	

### 3.3. Balances de energía

El cálculo analítico de los balances de energía se reduce a aplicar balances entálpicos (en MJ / h) según la ecuación general siguiente:

$$ENTRADA + SALIDA = GENERACIÓN + ACUMULACIÓN$$

El resultado obtenido se muestra en la siguiente tabla:

<b>UNIDAD DE OPERACIÓN</b>	<b>CALOR INTERCAMBIADO (MJ/h)*</b>
Pre calentador de la alimentación de agua y alcalasa del reactor 1 de hidrólisis	6274
Pre calentador del aire del secado 1	-332,47
Pre calentador agua de la extracción S - L 2	8360
Pre calentador agua de la extracción S - L 3	1390
Pre calentador agua de la extracción S - L 4	6970
Pre calentador agua de la extracción S - L 5	1870
Evaporador 1. 55°C	9305,99
Evaporador 2. 65°C	156,46
Evaporador 3. 75°C	1363,55
Evaporador 4. 85°C	306,54
Esterilizador 1. Línea de 55°C	4965,84
Esterilizador 2. Línea de 65°C	182,63
Esterilizador 3. Línea de 75°C	816,27
Esterilizador 4. Línea de 85°C	194,76
Enfriador 1. Línea de 55°C	-751,46
Enfriador 2. Línea de 65°C	-8,91
Enfriador 3. Línea de 75°C	-123,33
Enfriador 4. Línea de 85°C	-29,45
Pre calentador del secado 2	-150.15 x 12 -1801,8
Enfriador 5. Línea de 55°C	-174,14
Enfriador 6. Línea de 65°C	-2,067
Enfriador 7. Línea de 75°C	-28,63
Enfriador 8. Línea de 85°C	-6,84
Refrigeración agua de la preconcentración 55°C	-8456,11
Refrigeración agua de la preconcentración 65°C	-783,69
Refrigeración agua de la preconcentración 75°C	-9061,15
Refrigeración agua de la preconcentración 85°C	-1783,7
Refrigeración vapor de agua. Evaporador 55°C	-10198,05
Refrigeración vapor de agua. Evaporador 65°C	-181,26
Refrigeración vapor de agua. Evaporador 75°C	-1673,99
Refrigeración vapor de agua. Evaporador 85°C	-400,1
Refrigeración vapor de agua. Esterilización 1	-6235,1
Refrigeración vapor de agua. Esterilización 2	-214,45
Refrigeración vapor de agua. Esterilización 3	-1023,97
Refrigeración vapor de agua. Esterilización 4	-244,72

Tenemos 12 secaderos, 4 por cada línea de la que proviene

---

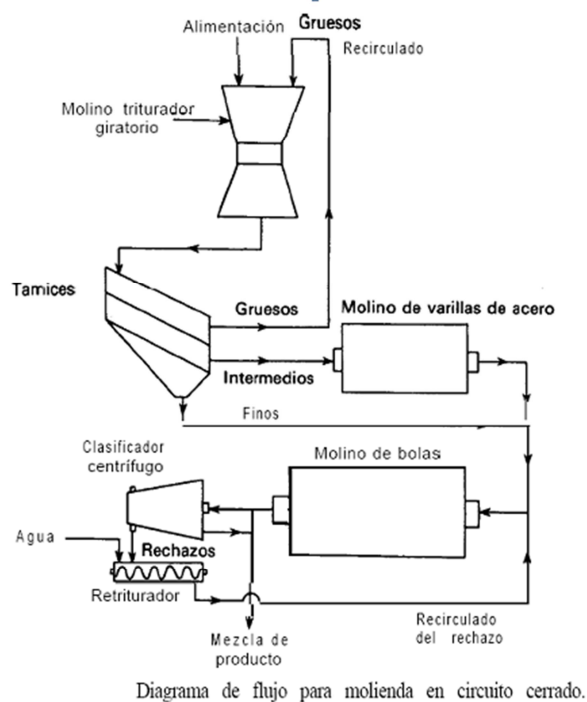
\* El signo menos indica calor retirado del sistema

#### 4. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS

A continuación se exponen los resultados obtenidos para el diseño de los diferentes equipos de esta alternativa. El desarrollo de los métodos de cálculo se incluye con detalle en los Anexos del Estudio Técnico.

##### 4.1. Molienda

##### 4.1.1. Diagrama del proceso



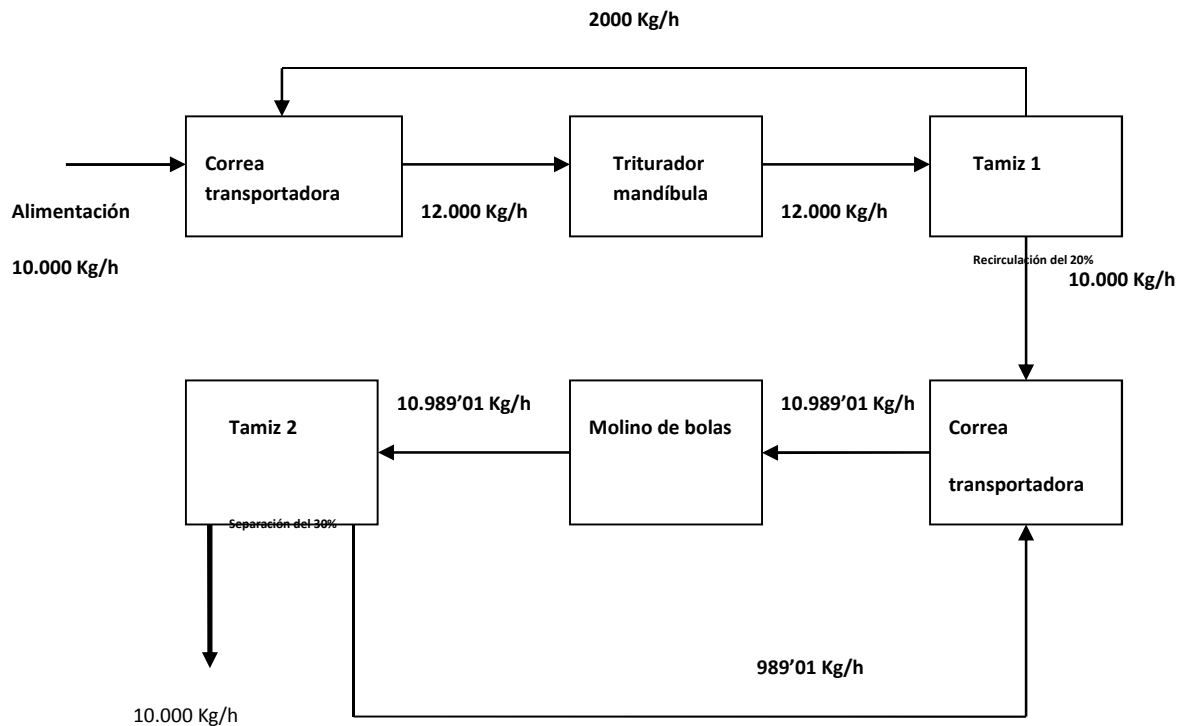
A la vista del diagrama de flujo habría que añadirle una correa transportadora desde el suelo hasta el primer molino, quedando la secuencia de unidades de la siguiente forma:

1. Correa transportadora
2. Molino triturador de quijada
3. Tamiz intermedio
4. Molino de bolas
5. Tamiz final



En esta operación lo que queremos es homogeneizar el tamaño del tejido óseo obtenido de las lonjas y de los desperdicios de las industrias conserveras

#### 4.1.2. Balances de materia



#### 4.1.3. Etapas del proceso

##### 4.1.3.1. Correa transportadora de carga y correa transportadora intermedia

Se usará correas transportadoras para mover el material óseo desde la zona de descarga hasta la línea de proceso para empezar su adecuación para la extracción de gelatina.

La correa transportadora de carga es el primer proceso por el cual se recoge el material óseo hasta el molino para la molienda, tiene una inclinación ascendente para poder introducirlos en él.

La correa transportadora intermedia transporta el material tamizado de la molienda al molino de bolas, en este caso la correa no cuenta con inclinación ninguna.

Las características de diseño de cada correa se puede ver a continuación:

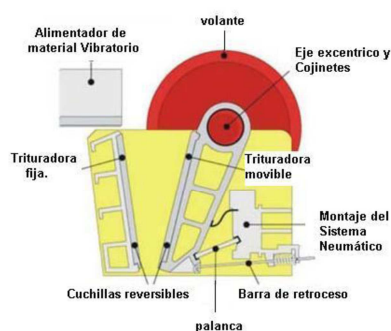
<b>CINTA TRANSPORTADORA DE CARGA</b>	
<i>Material a transportar:</i>	<i>Material óseo de pescado</i>
<b>CONDICIONES</b>	
Modelo	KFG-P 2000 AC
Tamaño máximo del material	a = 6,4 cm
Tonelaje por turno	Q <sub>t</sub> = 80 toneladas/turno
Longitud del transporte	L = 60 m
Inclinación	α = 20°
Peso específico del material	d = 1.0086 T/m <sup>3</sup>
Rendimiento del motor	η = 90%
Voltaje	380 V
Material del bastidor	Acero inoxidable
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Ancho de banda	B = 36 cm
Número de telas	z = 4
Sección de carga	F = 165.75 cm <sup>2</sup>
Carga del material por metro de cinta	q <sub>max</sub> = 16.72 Kg/m
Capacidad horaria máxima	Q <sub>max</sub> = 10 T/h
Velocidad de la banda	v = 0.166 m/s
Resistencia a la flexión	C = 2.1
Peso por metro de banda más rodillos	q <sub>cr</sub> = 15.5 Kg/m
Potencia suplementaria	N <sub>s</sub> = 0.166 HP
Potencia de accionamiento	N <sub>a</sub> = 0.385 HP
Potencia para guiado	N <sub>g</sub> = 0.585 HP
Potencia total	N = 0.97 HP
Potencia del motor de la cinta	N <sub>m</sub> = 0.806 Kw
<b>DATOS ADICIONALES</b>	
Separación de poleas guías en el lado del transporte:	1.5 m
Separación de poleas guías del lado del retorno:	3 m
Número de rodillos:	3 rodillos
Espesor de la cubierta superior:	7 mm
Espesor de la cubierta inferior:	1.5 mm
Tejido de la cinta:	Neopreno
Transportador de servicio intenso	
Recubrimiento de caucho:	12.5 mm de 6x6 mm
Distancia de separación:	12.5 mm
Distancia entre rodillos (inferiores):	2 m
Distancia entre rodillos (superiores):	2 m

<b>CINTA TRANSPORTADORA INTERMEDIA</b>	
<i>Material a transportar:</i>	<i>Material óseo de pescado</i>
<b>CONDICIONES</b>	
Modelo	FPQ
Tamaño máximo del material	$a = 2.5 \text{ cm}$
Tonelaje por turno	$Q_t = 87.91 \text{ toneladas/turno}$
Longitud del transporte	$L = 3 \text{ m}$
Número de bandas	3
Inclinación	$\alpha = 0^\circ$
Peso específico del material	$d = 1.0086 \text{ T/m}^3$
Horas de trabajo por turno	$\eta = 90\%$
Voltaje	380 V
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Ancho de banda	$B = 17.65 \text{ cm}$
Número de telas	$z = 3$
Sección de carga	$F = 68.34 \text{ cm}^2$
Carga del material por metro de cinta	$q_{\max} = 6.94 \text{ Kg/m}$
Capacidad horaria máxima	$Q_{\max} = 10.989 \text{ T/h}$
Velocidad de la banda	$v = 0.44 \text{ m/s}$
Resistencia a la flexión	$C = 0.336$
Peso por metro de banda más rodillos	$q_{cr} = 15.5 \text{ Kg/m}$
Potencia suplementaria	$N_s = 0.44 \text{ HP}$
Potencia de accionamiento	$N_a = 0.45 \text{ HP}$
Potencia para guiado	$N_g = 0.08 \text{ HP}$
Potencia total	$N = 0.53 \text{ HP}$
Potencia del motor de la cinta	$N_m = 0.44 \text{ Kw}$
<b>DATOS ADICIONALES</b>	
Separación de poleas guías en el lado del transporte:	1.5 m
Separación de poleas guías del lado del retorno:	3 m
Número de rodillos:	3 rodillos
Espesor de la cubierta superior:	7 mm
Espesor de la cubierta inferior:	1.5 mm
Tejido de la cinta:	Neopreno
Transportador de servicio intenso	
Recubrimiento de caucho:	12.5 mm de 6x6 mm
Distancia de separación:	12.5 mm
Distancia entre rodillos (inferiores):	2 m
Distancia entre rodillos (superiores):	2 m

#### 4.1.3.2. Molino Triturador

Para este caso usaremos el de mandíbulas o quijada para hacer una reducción primaria de los tejidos óseos del pescado.

Son molinos de estructura simple, fácil mantenimiento, capaces de soportar una intensidad resistente del material objeto de 320 MPa y fácil reparación en caso de avería. Las partículas finales son uniformes con una alta proporción de trituración.



El tipo de trituradora de mandíbula que vamos a escoger es el modelo PE 250x400. Cuyos parámetros de funcionamiento son:

Modelo	Dimensión de boca para entrada (mm)	Tamaño de alimentador máxima (mm)	Capacidad (t/h)	Potencia de motor (KW)	Peso (t)
PE 250x400	440x250	200	5 - 20	15	1,5

#### 4.1.3.3. Tamizado de primera y segunda molienda; tamizado del producto final

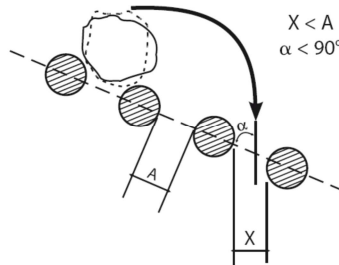
En este proceso el objetivo es separar los gruesos de los finos después de cada una de las moliendas para poder recircularlos al molino correspondiente; los finos continuarán en la línea de proceso.

Es una operación destinada a la separación mecánica o clasificación propiamente dicha, consiste en la distribución de una mezcla de partículas de diferente tamaño en dos o más fracciones, cada una de las cuales está formada por partículas de granulometría más uniforme que la mezcla ideal.

El tamizado es, en definitiva en una filtración sobre un soporte mucho más delgado que unas rejas a las que puede sustituir o complementar afinando su función. El tamiz consiste de una superficie con perforaciones uniformes por donde pasará parte del material y el resto será retenido por él. Para llevar a

---

cabo el tamizado es requisito que exista vibración para permitir que el material más fino traspase el tamiz. Estos tipos de tamices vibran rápidamente con pequeñas amplitudes y se les llama *tamices vibratorios*.



Las características de diseño de cada tamiz se puede ver a continuación:

<b>TAMIZADO DE PRIMERA MOLIENDA</b>									
<b>CONDICIONES</b>									
Modelo	ZDS-1000								
Características del material									
Densidad:	$d = 1.0086 \text{ T/m}^3$								
Tamaño máximo alimentación:	100 mm								
Granulometría del producto:									
	<table border="1"> <tr> <td>Malla (mm)</td> <td>100</td> <td>25</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>% pasante</td> <td>100</td> <td>90</td> <td>92,59</td> </tr> </table>	Malla (mm)	100	25	10	% pasante	100	90	92,59
Malla (mm)	100	25	10						
% pasante	100	90	92,59						
Forma de la partícula:	lajosa								
Contenido de humedad:	Sin humedad								
Sin presencia de material arcilloso									
Temperatura:	20°C								
Sin limitaciones de espacio									
Tipo de malla	Malla de goma								
Eficiencia deseada	90%								
Grado de conocimiento de material:									
	Mayores de 25 mm, entre 10 y 25 mm, y menores de 10 mm								
Potencia motor común	1.5 Kw								
Potencia motor de vibración	1.1 Kw								
Diámetro eficaz para tamizar	900 mm								
<b>SELECCIÓN DE CRIBAS</b>									
Criba MF de inclinación variable									
Malla de abertura cuadrada									
Mallas de goma									
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>									
<i>PRIMER PISO</i>	<i>SEGUNDO PISO</i>								
Alimentación: 12 T/h	Alimentación: 10.8 T/h								
Diagrama de flujo:	Diagrama de flujo:								
Abertura: 33 mm	Abertura: 14.5 mm								
Área abierta: 43%	Área abierta: 36%								
Cantidad de partículas subdimensionadas de alimentación:	Cantidad de partículas subdimensionadas de alimentación:								
$Q_u = 10.8 \text{ T/h}$	$Q_u = 10 \text{ T/h}$								
Capacidad específica de cribado:	Capacidad específica de cribado:								
$Q_{\text{espec}} = 25.25 \text{ T/h}$	$Q_{\text{espec}} = 24.33 \text{ T/h}$								
Área de cribado $A = 0.513 \text{ m}^2$	Área de cribado $A = 0.49 \text{ m}^2$								

<b>TAMIZADO DE SEGUNDA MOLIENDA</b>									
<b>CONDICIONES</b>									
Modelo	ZDS-1000								
Características del material									
Densidad:	$d = 1.0086 \text{ T/m}^3$								
Tamaño máximo alimentación:	2 mm								
Granulometría del producto:									
	<table border="1"> <tr> <td>Malla (mm)</td> <td>2</td> <td>0,75</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>% pasante</td> <td>100</td> <td>95,55</td> <td>95,24</td> </tr> </table>	Malla (mm)	2	0,75	0,5	% pasante	100	95,55	95,24
Malla (mm)	2	0,75	0,5						
% pasante	100	95,55	95,24						
Forma de la partícula:	lajosa								
Contenido de humedad:	Sin humedad								
Sin presencia de material arcilloso									
Temperatura:	20°C								
Sin limitaciones de espacio									
Tipo de malla	Malla de goma								
Eficiencia deseada	90%								
Grado de conocimiento de material:	Mayores de 2 mm, entre 0.5 y 0.75 mm, y menores de 0.5 mm								
Potencia motor común	1.5 Kw								
Potencia motor de vibración	1.1 Kw								
<b>SELECCIÓN DE CRIBAS</b>									
Criba MF de inclinación variable									
Malla de abertura cuadrada									
Mallas de goma									
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>									
<i>PRIMER PISO</i>	<i>SEGUNDO PISO</i>								
Alimentación: 10.989 T/h	Alimentación: 10.5 T/h								
Diagrama de flujo:	Diagrama de flujo:								
Abertura: 0.99 mm	Abertura: 0.5 mm								
Área abierta: 36%	Área abierta: 36%								
Cantidad de partículas subdimensionadas de alimentación: $Q_u = 10.5 \text{ T/h}$	Cantidad de partículas subdimensionadas de alimentación: $Q_u = 10 \text{ T/h}$								
Capacidad específica de cribado: $Q_{\text{espec}} = 27.08 \text{ T/h}$	Capacidad específica de cribado: $Q_{\text{espec}} = 25 \text{ T/h}$								
Área de cribado $A = 0.47 \text{ m}^2$	Área de cribado $A = 0.48 \text{ m}^2$								

<b>TAMIZADO DEL PRODUCTO FINAL</b>									
<b>CONDICIONES</b>									
Modelo	ZDS-1800								
Características del material									
Densidad:	$d = 1.014 \text{ T/m}^3$								
Tamaño máximo alimentación:	2 mm								
Granulometría del producto:									
	<table border="1"> <tr> <td>Malla (mm)</td> <td>2</td> <td>0,75</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>% pasante</td> <td>100</td> <td>95,55</td> <td>95,24</td> </tr> </table>	Malla (mm)	2	0,75	0,5	% pasante	100	95,55	95,24
Malla (mm)	2	0,75	0,5						
% pasante	100	95,55	95,24						
Forma de la partícula:	Redondeada								
Contenido de humedad:	14%								
Sin presencia de material arcilloso									
Temperatura:	20°C								
Sin limitaciones de espacio									
Tipo de malla	Malla de goma								
Eficiencia deseada	90%								
Grado de conocimiento de material:									
	Mayores de 2 mm, entre 0.5 y 0.75 mm, y menores de 0.5 mm								
Potencia motor	3 Kw								
<b>SELECCIÓN DE CRIBAS</b>									
Criba MF de inclinación variable									
Malla de abertura redondeada									
Mallas de goma									
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>									
<i>PRIMER PISO</i>	<i>SEGUNDO PISO</i>								
Alimentación: 12680.15 Kg/h	Alimentación: 12115.88 Kg/h								
Diagrama de flujo:	Diagrama de flujo:								
Abertura: 0.99 mm	Abertura: 0.5 mm								
Área abierta: 36%	Área abierta: 18.18%								
Cantidad de partículas subdimensionadas de alimentación:	Cantidad de partículas subdimensionadas de alimentación:								
$Q_u = 12.12 \text{ T/h}$	$Q_u = 11.54 \text{ T/h}$								
Capacidad específica de cribado:	Capacidad específica de cribado:								
$Q_{\text{espec}} = 18.31 \text{ T/h}$	$Q_{\text{espec}} = 8.24 \text{ T/h}$								
Área de cribado $A = 0.79 \text{ m}^2$	Área de cribado $A = 1.68 \text{ m}^2$								

En este tamizado se obtienen de finos 11539.16 Kg que se empaquetarán en bolsas de 1Kg. Los gruesos (1140.99 Kg) se empaquetarán en bolsas de 500 g.

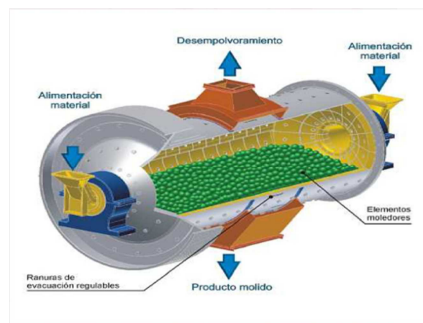


---

#### 4.1.3.4. Molino de bolas

Se van a usar los molinos de bolas para que la molienda sea más fina. En nuestro proceso tendremos dos molinos de bolas: molino de bolas para una segunda molienda de la materia prima dado la necesidad de aumentar el área expuesta para las sucesivas etapas del proceso y molino de bolas para moler el 75% de las pastillas de gelatina con un 14% de humedad y así empaquetarlas en paquetes de 1 Kg.

Se obtendrán productos de granulometría uniforme.



Consiste en una cámara horizontal o vertical con un motor que mueve un vástago central; este vástago mueve una serie de discos u otros elementos de agitación, que a su vez mueven las bolas de acero o vidrio, que son las responsables de la molienda.

<b>MOLINO DE BOLAS 1</b>	
<i>MODELO <math>\phi</math>1830x6400 mm</i>	
<b>CARACTERISTICAS</b>	
Cantidad de llenado de bolas	23 Tm
Tamaño de la alimentación	$\leq 25$ mm
Granulación de descarga	0.075 – 0.4 mm
Producción	6.5 – 15 T/h
Potencia motor	210 Kw
Peso	34 Tm
Alimentación	263.7 T/día
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Razón de disipación de calor	$R = 2.186 \text{ m}^{-1}$
Velocidad crítica	$V_c = 31.34$ rpm
Velocidad de operación	$V_o = 24.29$ rpm
Peso de las bolas	$W = 27523.65$ Kg
Número de bolas iniciales	15148 bolas
Cálculo de carga diaria de bolas	122 bolas/día

<b>MOLINO DE BOLAS 2</b>	
<i>MODELO <math>\phi</math>2200x7500 mm</i>	
<b>CARACTERISTICAS</b>	
Cantidad de llenado de bolas	33 Tm
Tamaño de la alimentación	$\leq 25$ mm
Granulación de descarga	0.07 – 0.4 mm
Producción	6.5 – 15 T/h
Potencia motor	380 Kw
Peso	56 Tm
Alimentación	12680.15 Kg/día
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Razón de disipación de calor	$R = 1.82 \text{ m}^{-1}$
Velocidad crítica	$V_c = 28.58$ rpm
Velocidad de operación	$V_o = 22.15$ rpm
Peso de las bolas	$W = 46650.18$ Kg
Número de bolas iniciales	25559 bolas
Cálculo de carga diaria de bolas	6 bolas/día

---

#### 4.2. Precalentadores y enfriadores

Los precalentadores son intercambiadores de calor de carcasa y tubos. Estos equipos los usamos tanto para calentar corrientes que tienen que entrar en la línea de producción como para enfriar corrientes de agua para luego después reutilizarla.

<b>PRECALENTADOR HIDROLISIS</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>PROPIEDADES FISICAS</b>
Temperatura de entrada del vapor $T_e = 200^\circ\text{C}$	<b>VAPOR</b>
Temperatura de salida del vapor $T_s = 100^\circ\text{C}$	$C_p = 4244.5 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$ $\rho = 916.325 \text{ Kg/m}^3$ $\mu = 187.025 \cdot 10^{-6} \text{ Kg/(m}\cdot\text{s)}$ $k_f = 0.685 \text{ w/}^\circ\text{C}\cdot\text{m}$
Temperatura de entrada agua+alcalasa $t_e = 24.99^\circ\text{C}$	<b>AGUA + ALCALASA</b>
Temperatura de salida agua + alcalasa $t_s = 50^\circ\text{C}$	$C_p = 4178.5 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$ $\rho = 993.03 \text{ Kg/m}^3$ $\mu = 696.7 \cdot 10^{-6} \text{ Kg/(m}\cdot\text{s)}$ $k_f = 0.6285 \text{ w/}^\circ\text{C}\cdot\text{m}$
Caudal másico del vapor $m_v = 10000 \text{ Kg/h}$	<b>AREA DE TRANSMISION DE CALOR</b>
Caudal másico de agua+alcalasa $m_a = 60000.0374 \text{ Kg/h}$	$A = 16.73 \text{ m}^2$
Calor transferido $Q = 1740 \text{ KJ/s}$	<b>COEFICIENTE GLOBAL SUPUESTO</b>
<b>DISTANCIAS</b>	$U_{\text{sup}} = 1000 \text{ w/}^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2$
Localización de los tubos Tubos: Vapor Carcasa: Agua + Alcalasa	<b>TIPO DE INTERCAMBIADOR. CALCULOS REFERIDOS A LA TEMPERATURA</b>
Diámetro externo $d_o = 20 \text{ mm}$	Tipo de intercambiador 1:2
Espesor de los tubos $t = 2 \text{ mm}$	Temperatura media logarítmica $\Delta T_{\text{ml}} = 108.2 \text{ }^\circ\text{C}$
Diámetro interno $d_i = 16 \text{ mm}$	Relación de capacidad $R = 3.998$
Longitud de los tubos $L = 4.88 \text{ m}$	Eficiencia en la modificación de temperaturas $S = 0.1429$
Espesor de la placa tubular 25 mm	Factor de corrección $F_t = 0.962$
Longitud útil de los tubos $L_t = 4.83 \text{ m}$	Diferencia de temperatura verdadera $\Delta T_m = 104.14 \text{ }^\circ\text{C}$
Disposición triangular	
Paso de los tubos $p_t = 25 \text{ mm}$	
Material de los tubos Níquel	
Conductividad térmica del níquel $k_w = 59 \text{ w/m}^\circ\text{C}$	
<b>NUMERO DE TUBOS</b>	<b>CALCULO DIAMETRO CARCASA</b>
Área de tubo $A_{\text{tubo}} = 0.303 \text{ m}^2$	Diámetro del haz de tubos $D_b = 232.66 \text{ mm}$
Número de tubos $N_t = 56 \text{ tubos}$	Cabezal tipos S Diámetro carcasa $D_s = 283.66 \text{ mm}$
<b>CALCULO LADO TUBOS</b>	<b>CALCULO LADO CARCASA</b>
Diámetro equivalente $d_e = 16 \text{ mm}$	Distancia entre diafragmas $l_b = 0.8 \cdot D_s = 226.93 \text{ mm}^2$
Tubos por paso 28 tubos/paso	Área flujo cruzado $A_s = 12874.23 \text{ mm}^2$
Sección por tubo $201.06 \text{ mm}^2$	Velocidad másica $G_s = 1294.38 \text{ Kg/(s}\cdot\text{m}^2)$
Sección por paso $5629.73 \text{ mm}^2$	Velocidad $U_s = 1.304 \text{ m/s}$
Velocidad másica $G_s = 493.41 \text{ Kg/s}\cdot\text{m}^2$	Diámetro equivalente $d_e = 16 \text{ mm}$
Velocidad $U_t = 0.538 \text{ m/s}$	Reynold $Re = 2.64 \cdot 10^4$
Reynold $Re = 4.22 \cdot 10^4$	Prandtl $Pr = 4.634$
Prandtl $Pr = 0.92$	Coeficiente de transmisión de calor $h_i = 9008.36 \text{ w/}^\circ\text{C}$
Factor de fricción $j_h = 0.0033$	
Coeficiente de transmisión de calor $h_i = 8686.57 \text{ w/}^\circ\text{C}$	
<b>COEFICIENTE GLOBAL CALCULADO</b>	<b>CAIDA PRESION TUBOS</b>
$U_{\text{calc}} = 1141.47 \text{ w/}^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2$ 14.15% Error VALIDO	$\Delta P_t = 0.026 \text{ bar}$
	<b>CAIDA PRESION CARCASA</b> $\Delta P_s = 0.687 \text{ bar}$

**PRECALENTADOR EXTRACCION GELATINA 55°C**

<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>PROPIEDADES FISICAS</b>
Temperatura de entrada del vapor $T_e = 200^\circ\text{C}$	<b>VAPOR</b>
Temperatura de salida del vapor $T_s = 100.04^\circ\text{C}$	$C_p = 4312.57 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$ $\rho = 916.31 \text{ Kg/m}^3$ $\mu = 187 \cdot 10^{-6} \text{ Kg/(m}\cdot\text{s)}$ $k_f = 0.685 \text{ w/}(\text{C}\cdot\text{m)}$
Temperatura de entrada agua $t_e = 25^\circ\text{C}$	<b>AGUA</b>
Temperatura de salida agua $t_s = 55^\circ\text{C}$	$C_p = 4178 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$ $\rho = 992.3 \text{ Kg/m}^3$ $\mu = 653 \cdot 10^{-6} \text{ Kg/(m}\cdot\text{s)}$ $k_f = 0.684 \text{ w/}(\text{C}\cdot\text{m)}$
Caudal másico del vapor $m_v = 19766.67 \text{ Kg/h}$	<b>AREA DE TRANSMISION DE CALOR</b>
Caudal másico de agua $m_a = 66666.67 \text{ Kg/h}$	$A = 22.94 \text{ m}^2$
Calor transferido $Q = 2322 \text{ KJ/s}$	<b>COEFICIENTE GLOBAL SUPUESTO</b>
<b>DISTANCIAS</b>	$U_{\text{sup}} = 1000 \text{ w/}(\text{C}\cdot\text{m}^2)$
Localización de los tubos Tubos: Vapor Carcasa: Agua	<b>TIPO DE INTERCAMBIADOR. CALCULOS REFERIDOS A LA TEMPERATURA</b>
Diámetro externo $d_o = 20 \text{ mm}$	Tipo de intercambiador 1:4
Espesor de los tubos $t = 2 \text{ mm}$	Temperatura media logarítmica $\Delta T_{\text{ml}} = 106.21 \text{ }^\circ\text{C}$
Diámetro interno $d_i = 16 \text{ mm}$	Relación de capacidad $R = 3.332$
Longitud de los tubos $L = 4.88 \text{ m}$	Eficiencia en la modificación de temperaturas $S = 0.171$
Espesor de la placa tubular 25 mm	Factor de corrección $F_t = 0.953$
Longitud útil de los tubos $L_t = 4.83 \text{ m}$	Diferencia de temperatura verdadera $\Delta T_m = 101.21 \text{ }^\circ\text{C}$
Disposición triangular	
Paso de los tubos $p_t = 25 \text{ mm}$	
Material de los tubos Níquel	
Conductividad térmica del níquel $k_w = 59 \text{ w/m}^\circ\text{C}$	
<b>NUMERO DE TUBOS</b>	<b>CALCULO DIAMETRO CARCASA</b>
Área de tubo $A_{\text{tubo}} = 0.303 \text{ m}^2$	Diámetro del haz de tubos $D_b = 285.38 \text{ mm}$
Número de tubos $N_t = 76 \text{ tubos}$	Cabezal tipos S Diámetro carcasa $D_s = 338.38 \text{ mm}$
<b>CALCULO LADO TUBOS</b>	<b>CALCULO LADO CARCASA</b>
Diámetro equivalente $d_e = 16 \text{ mm}$	Distancia entre diafragmas $l_B = 0.8 \cdot D_s = 207.7 \text{ mm}^2$
Tubos por paso 57 tubos/paso	Área flujo cruzado $A_s = 18319.74 \text{ mm}^2$
Sección por tubo $201.06 \text{ mm}^2$	Velocidad másica $G_s = 1010.85 \text{ Kg/(s}\cdot\text{m}^2)$
Sección por paso $3820.17 \text{ mm}^2$	Velocidad $U_s = 1.02 \text{ m/s}$
Velocidad másica $G_s = 1437.3 \text{ Kg/s}\cdot\text{m}^2$	Diámetro equivalente $d_e = 14.2 \text{ mm}$
Velocidad $U_t = 1.63 \text{ m/s}$	Reynold $Re = 2.2 \cdot 10^4$
Reynold $Re = 1.52 \cdot 10^5$	Prandtl $Pr = 3.99$
Prandtl $Pr = 0.99$	Coeficiente de transmisión de calor $h_s = 5688.95 \text{ w/}(\text{m}^\circ\text{C)}$
Factor de fricción $j_h = 0.002$	
Coeficiente de transmisión de calor $h_i = 14468.79 \text{ w/}(\text{m}^\circ\text{C)}$	
<b>COEFICIENTE GLOBAL CALCULADO</b>	<b>CAIDA PRESION TUBOS</b>
$U_{\text{calc}} = 1132.08 \text{ w/}(\text{C}\cdot\text{m}^2)$	$\Delta P_t = 0.502 \text{ bar}$
13.21% Error VALIDO	<b>CAIDA PRESION CARCASA</b>
	$\Delta P_s = 0.656 \text{ bar}$

<b>PRECALENTADOR EXTRACCION GELATINA 65°C</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>PROPIEDADES FISICAS</b>
Temperatura de entrada del vapor $T_e = 200^\circ\text{C}$	<b>VAPOR</b>
Temperatura de salida del vapor $T_s = 190.81^\circ\text{C}$	$C_p = 4487.31 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$ $\rho = 869.1 \text{ Kg/m}^3$ $\mu = 142 \cdot 10^{-6} \text{ Kg/(m}\cdot\text{s)}$ $k_f = 0.670 \text{ w/}^\circ\text{C}\cdot\text{m}$
Temperatura de entrada agua $t_e = 25^\circ\text{C}$	<b>AGUA</b>
Temperatura de salida agua $t_s = 65^\circ\text{C}$	$C_p = 4180 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$ $\rho = 990.025 \text{ Kg/m}^3$ $\mu = 607 \cdot 10^{-6} \text{ Kg/(m}\cdot\text{s)}$ $k_f = 0.639 \text{ w/}^\circ\text{C}\cdot\text{m}$
Caudal másico del vapor $m_v = 35832.95 \text{ Kg/h}$	<b>AREA DE TRANSMISION DE CALOR</b>
Caudal másico de agua $m_a = 8333.33 \text{ Kg/h}$	$A = 2.35 \text{ m}^2$
Calor transferido $Q = 3870 \text{ KJ/s}$	<b>COEFICIENTE GLOBAL SUPUESTO</b>
<b>DISTANCIAS</b>	$U_{\text{sup}} = 1100 \text{ w/}^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2$
Localización de los tubos Tubos: Vapor Carcasa: Agua	<b>TIPO DE INTERCAMBIADOR. CALCULOS REFERIDOS A LA TEMPERATURA</b>
Diámetro externo $d_o = 16 \text{ mm}$	Tipo de intercambiador 1:2
Espesor de los tubos $t = 1.6 \text{ mm}$	Temperatura media logarítmica $\Delta T_{\text{ml}} = 149.88 \text{ }^\circ\text{C}$
Diámetro interno $d_i = 12.8 \text{ mm}$	Relación de capacidad $R = 0.230$
Longitud de los tubos $L = 4.88 \text{ m}$	Eficiencia en la modificación de temperaturas $S = 0.229$
Espesor de la placa tubular 25 mm	Factor de corrección $F_t = 0.997$
Longitud útil de los tubos $L_t = 4.83 \text{ m}$	Diferencia de temperatura verdadera $\Delta T_m = 149.47 \text{ }^\circ\text{C}$
Disposición triangular	
Paso de los tubos $p_t = 20 \text{ mm}$	
Material de los tubos Níquel	
Conductividad térmica del níquel $k_w = 59 \text{ w/m}^\circ\text{C}$	
<b>NUMERO DE TUBOS</b>	<b>CALCULO DIAMETRO CARCASA</b>
Área de tubo $A_{\text{tubo}} = 0.243 \text{ m}^2$	Diámetro del haz de tubos $D_b = 85.27 \text{ mm}$
Número de tubos $N_t = 10 \text{ tubos}$	Cabezal tipos S
	Diámetro carcasa $D_s = 128.27 \text{ mm}$
<b>CALCULO LADO TUBOS</b>	<b>CALCULO LADO CARCASA</b>
Diámetro equivalente $d_e = 12.8 \text{ mm}$	Distancia entre diafragmas $l_B = 0.8 \cdot D_s = 102.62 \text{ mm}^2$
Tubos por paso 5 tubos/paso	Área flujo cruzado $A_s = 2632.61 \text{ mm}^2$
Sección por tubo $128.68 \text{ mm}^2$	Velocidad másica $G_s = 879.29 \text{ Kg/(s}\cdot\text{m}^2)$
Sección por paso $643.4 \text{ mm}^2$	Velocidad $U_s = 0.89 \text{ m/s}$
Velocidad másica $G_s = 15470.35 \text{ Kg/s}\cdot\text{m}^2$	Diámetro equivalente $d_e = 11.36 \text{ mm}$
Velocidad $U_t = 17.80 \text{ m/s}$	Reynold $Re = 1.65 \cdot 10^4$
Reynold $Re = 1.39 \cdot 10^6$	Prandtl $Pr = 3.7$
Prandtl $Pr = 0.951$	Coeficiente de transmisión de calor $h_s = 4271.17 \text{ w/}^\circ\text{C}$
Factor de fricción $j_h = 0.0028$	
Coeficiente de transmisión de calor $h_i = 233021.49 \text{ w/}^\circ\text{C}$	
<b>COEFICIENTE GLOBAL CALCULADO</b>	<b>CAIDA PRESION TUBOS</b>
$U_{\text{calc}} = 1172.22 \text{ w/}^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2$	$\Delta P_t = 17.84 \text{ bar}$
6.57% Error VALIDO	<b>CAIDA PRESION CARCASA</b>
	$\Delta P_s = 0.669 \text{ bar}$

<b>PRECALENTADOR EXTRACCION GELATINA 75°C</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>PROPIEDADES FISICAS</b>
Temperatura de entrada del vapor $T_e = 200^\circ\text{C}$	<b>VAPOR</b>
Temperatura de salida del vapor $T_s = 141.19^\circ\text{C}$	$C_p = 4381.51 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$ $\rho = 896.19 \text{ Kg/m}^3$ $\mu = 164 \cdot 10^{-6} \text{ Kg/(m}\cdot\text{s)}$ $k_f = 0.680 \text{ w/}^\circ\text{C}\cdot\text{m}$
Temperatura de entrada agua $t_e = 25^\circ\text{C}$	<b>AGUA</b>
Temperatura de salida agua $t_s = 75^\circ\text{C}$	$C_p = 4179 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$ $\rho = 987.75 \text{ Kg/m}^3$ $\mu = 562 \cdot 10^{-6} \text{ Kg/(m}\cdot\text{s)}$ $k_f = 0.680 \text{ w/}^\circ\text{C}\cdot\text{m}$
Caudal másico del vapor $m_v = 28000 \text{ Kg/h}$	<b>AREA DE TRANSMISION DE CALOR</b>
Caudal másico de agua $m_a = 33333.33 \text{ Kg/h}$	$A = 14.46 \text{ m}^2$
Calor transferido $Q = 1930 \text{ KJ/s}$	<b>COEFICIENTE GLOBAL SUPUESTO</b>
<b>DISTANCIAS</b>	$U_{\text{sup}} = 1150 \text{ w/}^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2$
Localización de los tubos Tubos: Vapor Carcasa: Agua	<b>TIPO DE INTERCAMBIADOR. CALCULOS REFERIDOS A LA TEMPERATURA</b>
Diámetro externo $d_o = 20 \text{ mm}$	Tipo de intercambiador 1:4
Espesor de los tubos $t = 2 \text{ mm}$	Temperatura media logarítmica $\Delta T_{\text{ml}} = 120.54 \text{ }^\circ\text{C}$
Diámetro interno $d_i = 16 \text{ mm}$	Relación de capacidad $R = 1.18$
Longitud de los tubos $L = 4.88 \text{ m}$	Eficiencia en la modificación de temperaturas $S = 0.286$
Espesor de la placa tubular 25 mm	Factor de corrección $F_t = 0.965$
Longitud útil de los tubos $L_t = 4.83 \text{ m}$	Diferencia de temperatura verdadera $\Delta T_m = 116.36 \text{ }^\circ\text{C}$
Disposición triangular	
Paso de los tubos $p_t = 25 \text{ mm}$	
Material de los tubos Níquel	
Conductividad térmica del níquel $k_w = 59 \text{ w/m}^\circ\text{C}$	
<b>NUMERO DE TUBOS</b>	<b>CALCULO DIAMETRO CARCASA</b>
Área de tubo $A_{\text{tubo}} = 0.303 \text{ m}^2$	Diámetro del haz de tubos $D_b = 233.39 \text{ mm}$
Número de tubos $N_t = 48 \text{ tubos}$	Cabezal tipos S
	Diámetro carcasa $D_s = 284.39 \text{ mm}$
<b>CALCULO LADO TUBOS</b>	<b>CALCULO LADO CARCASA</b>
Diámetro equivalente $d_e = 16 \text{ mm}$	Distancia entre diafragmas $l_B = 0.6 \cdot D_s = 170.63 \text{ mm}^2$
Tubos por paso 12 tubos/paso	Área flujo cruzado $A_s = 9705.14 \text{ mm}^2$
Sección por tubo $201.06 \text{ mm}^2$	Velocidad másica $G_s = 954.06 \text{ Kg/(s}\cdot\text{m}^2)$
Sección por paso $2412.74 \text{ mm}^2$	Velocidad $U_s = 0.966 \text{ m/s}$
Velocidad másica $G_s = 3223.63 \text{ Kg/s}\cdot\text{m}^2$	Diámetro equivalente $d_e = 14.2 \text{ mm}$
Velocidad $U_t = 3.6 \text{ m/s}$	Reynold $Re = 2.41 \cdot 10^4$
Reynold $Re = 3.14 \cdot 10^5$	Prandtl $Pr = 3.45$
Prandtl $Pr = 1.06$	Coeficiente de transmisión de calor $h_s = 6022.07 \text{ w/}^\circ\text{C}$
Factor de fricción $j_h = 0.0024$	
Coeficiente de transmisión de calor $h_i = 37581.25 \text{ w/}^\circ\text{C}$	
<b>COEFICIENTE GLOBAL CALCULADO</b>	<b>CAIDA PRESION TUBOS</b>
$U_{\text{calc}} = 1218.81 \text{ w/}^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2$ 5.98% Error VALIDO	$\Delta P_t = 1.72 \text{ bar}$
	<b>CAIDA PRESION CARCASA</b>
	$\Delta P_s = 0.516 \text{ bar}$

<b>PRECALENTADOR EXTRACCION GELATINA 85°C</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>PROPIEDADES FISICAS</b>
Temperatura de entrada del vapor $T_e = 200^\circ\text{C}$	<b>VAPOR</b>
Temperatura de salida del vapor $T_s = 120.96^\circ\text{C}$	$C_p = 4367.61 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$ $\rho = 906.08 \text{ Kg/m}^3$ $\mu = 175 \cdot 10^{-6} \text{ Kg/(m}\cdot\text{s)}$ $k_f = 0.682 \text{ w/}^\circ\text{C}\cdot\text{m}$
Temperatura de entrada agua $t_e = 25^\circ\text{C}$	<b>AGUA</b>
Temperatura de salida agua $t_s = 85^\circ\text{C}$	$C_p = 4180 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$ $\rho = 985.48 \text{ Kg/m}^3$ $\mu = 514 \cdot 10^{-6} \text{ Kg/(m}\cdot\text{s)}$ $k_f = 0.674 \text{ w/}^\circ\text{C}\cdot\text{m}$
Caudal másico del vapor $m_v = 5000 \text{ Kg/h}$	<b>AREA DE TRANSMISION DE CALOR</b>
Caudal másico de agua $m_a = 6666.67 \text{ Kg/h}$	$A = 3.98 \text{ m}^2$
Calor transferido $Q = 464 \text{ KJ/s}$	<b>COEFICIENTE GLOBAL SUPUESTO</b>
<b>DISTANCIAS</b>	$U_{\text{sup}} = 1200 \text{ w/}^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2$
Localización de los tubos Tubos: Vapor Carcasa: Agua	<b>TIPO DE INTERCAMBIADOR. CALCULOS REFERIDOS A LA TEMPERATURA</b>
Diámetro externo $d_o = 20 \text{ mm}$	Tipo de intercambiador 1:2
Espesor de los tubos $t = 2 \text{ mm}$	Temperatura media logarítmica $\Delta T_{\text{ml}} = 105.2 \text{ }^\circ\text{C}$
Diámetro interno $d_i = 16 \text{ mm}$	Relación de capacidad $R = 1.32$
Longitud de los tubos $L = 4.88 \text{ m}$	Eficiencia en la modificación de temperaturas $S = 0.343$
Espesor de la placa tubular 25 mm	Factor de corrección $F_t = 0.924$
Longitud útil de los tubos $L_t = 4.83 \text{ m}$	Diferencia de temperatura verdadera $\Delta T_m = 97.18 \text{ }^\circ\text{C}$
Disposición triangular	
Paso de los tubos $p_t = 25 \text{ mm}$	
Material de los tubos Níquel	
Conductividad térmica del níquel $k_w = 59 \text{ w/m}^\circ\text{C}$	
<b>NUMERO DE TUBOS</b>	<b>CALCULO DIAMETRO CARCASA</b>
Área de tubo $A_{\text{tubo}} = 0.303 \text{ m}^2$	Diámetro del haz de tubos $D_b = 124.15 \text{ mm}$
Número de tubos $N_t = 14 \text{ tubos}$	Cabezal tipos S Diámetro carcasa $D_s = 170.15 \text{ mm}$
<b>CALCULO LADO TUBOS</b>	<b>CALCULO LADO CARCASA</b>
Diámetro equivalente $d_e = 16 \text{ mm}$	Distancia entre diafragmas $l_B = 0.4 \cdot D_s = 68.06 \text{ mm}^2$
Tubos por paso 7 tubos/paso	Área flujo cruzado $A_s = 2314.95 \text{ mm}^2$
Sección por tubo $201.06 \text{ mm}^2$	Velocidad másica $G_s = 799.61 \text{ Kg/(s}\cdot\text{m}^2)$
Sección por paso $1407.43 \text{ mm}^2$	Velocidad $U_s = 0.811 \text{ m/s}$
Velocidad másica $G_s = 986.82 \text{ Kg/s}\cdot\text{m}^2$	Diámetro equivalente $d_e = 14.2 \text{ mm}$
Velocidad $U_t = 1.09 \text{ m/s}$	Reynold $Re = 2.2 \cdot 10^4$
Reynold $Re = 9.01 \cdot 10^4$	Prandtl $Pr = 3.2$
Prandtl $Pr = 1.12$	Coeficiente de transmisión de calor $h_s = 5252.88 \text{ w/(m}^\circ\text{C)}$
Factor de fricción $j_h = 0.0028$	
Coeficiente de transmisión de calor $h_i = 12681.81 \text{ w/(m}^\circ\text{C)}$	
<b>COEFICIENTE GLOBAL CALCULADO</b>	<b>CAIDA PRESION TUBOS</b>
$U_{\text{calc}} = 1287.4 \text{ w/}^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2$ 7.28% Error VALIDO	$\Delta P_t = 0.092 \text{ bar}$
	<b>CAIDA PRESION CARCASA</b> $\Delta P_s = 0.571 \text{ bar}$



<b>ENFRIADOR AGUA PRECONCENTRACION 55°C. ENFRIADOR 11</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>PROPIEDADES FISICAS</b>
Temperatura de entrada del agua fría $T_e = 15^\circ\text{C}$	<b>AGUA FRIA</b>
Temperatura de salida del agua fría $T_s = 19^\circ\text{C}$	$C_p = 4188.6 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$ $\rho = 998.46 \text{ Kg/m}^3$ $\mu = 1122.5 \cdot 10^{-6} \text{ Kg/(m}\cdot\text{s)}$ $k_f = 0.591 \text{ w/}(\text{}^\circ\text{C}\cdot\text{m)}$
Temperatura de entrada agua caliente $t_e = 55^\circ\text{C}$	<b>AGUA CALIENTE</b>
Temperatura de salida agua caliente $t_s = 20^\circ\text{C}$	$C_p = 4178.5 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$ $\rho = 993.04 \text{ Kg/m}^3$ $\mu = 696.86 \cdot 10^{-6} \text{ Kg/(m}\cdot\text{s)}$ $k_f = 0.629 \text{ w/}(\text{}^\circ\text{C}\cdot\text{m)}$
Caudal másico del agua caliente $m_v = 57813.63 \text{ Kg/h}$	<b>AREA DE TRANSMISION DE CALOR</b>
Caudal másico de agua fría $m_a = 5000000 \text{ Kg/h}$	$A = 143.38 \text{ m}^2$
Calor transferido $Q = -8456.11 \text{ MJ/h}$	<b>COEFICIENTE GLOBAL SUPUESTO</b>
<b>DISTANCIAS</b>	$U_{\text{sup}} = 1200 \text{ w/}(\text{}^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2)$
Localización de los tubos Tubos: Agua caliente Carcasa: Agua fría	<b>TIPO DE INTERCAMBIADOR. CALCULOS REFERIDOS A LA TEMPERATURA</b>
Diámetro externo $d_o = 20 \text{ mm}$	Tipo de intercambiador 1:4
Espesor de los tubos $t = 2 \text{ mm}$	Temperatura media logarítmica $\Delta T_{\text{ml}} = -15.704 \text{ }^\circ\text{C}$
Diámetro interno $d_i = 16 \text{ mm}$	Relación de capacidad $R = 0.114$
Longitud de los tubos $L = 4.88 \text{ m}$	Eficiencia en la modificación de temperaturas $S = 0.875$
Espesor de la placa tubular 25 mm	Factor de corrección $F_t = 0.869$
Longitud útil de los tubos $L_t = 4.83 \text{ m}$	Diferencia de temperatura verdadera $\Delta T_m = -13.652 \text{ }^\circ\text{C}$
Disposición triangular	
Paso de los tubos $p_t = 25 \text{ mm}$	
Material de los tubos Níquel	
Conductividad térmica del níquel $k_w = 59 \text{ w/m}^\circ\text{C}$	
<b>NUMERO DE TUBOS</b>	<b>CALCULO DIAMETRO CARCASA</b>
Área de tubo $A_{\text{tubo}} = 0.303 \text{ m}^2$	Diámetro del haz de tubos $D_b = 636.98 \text{ mm}$
Número de tubos $N_t = 476 \text{ tubos}$	Cabezal tipos S
	Diámetro carcasa $D_s = 699.98 \text{ mm}$
<b>CALCULO LADO TUBOS</b>	<b>CALCULO LADO CARCASA</b>
Diámetro equivalente $d_e = 16 \text{ mm}$	Distancia entre diafragmas $l_B = 0.3 \cdot D_s = 209.99 \text{ mm}^2$
Tubos por paso 119 tubos/paso	Área flujo cruzado $A_s = 29398.05 \text{ mm}^2$
Sección por tubo $201.06 \text{ mm}^2$	Velocidad másica $G_s = 546.27 \text{ Kg/(s}\cdot\text{m}^2)$
Sección por paso $23926.37 \text{ mm}^2$	Velocidad $U_s = 0.547 \text{ m/s}$
Velocidad másica $G_s = 5804.85 \text{ Kg/s}\cdot\text{m}^2$	Diámetro equivalente $d_e = 14.2 \text{ mm}$
Velocidad $U_t = 5.846 \text{ m/s}$	Reynold $Re = 6.91 \cdot 10^3$
Reynold $Re = 1.33 \cdot 10^5$	Prandtl $Pr = 7.956$
Prandtl $Pr = 4.63$	Coeficiente de transmisión de calor $h_s = 4293.39 \text{ w/}(\text{m}^\circ\text{C)}$
Factor de fricción $j_h = 0.0028$	
Coeficiente de transmisión de calor $h_i = 25986.26 \text{ w/}(\text{m}^\circ\text{C)}$	
<b>COEFICIENTE GLOBAL CALCULADO</b>	<b>CAIDA PRESION TUBOS</b>
$U_{\text{calc}} = 1300.66 \text{ w/}(\text{}^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2)$ 8.39% Error VALIDO	$\Delta P_t = 6.066 \text{ bar}$
	<b>CAIDA PRESION CARCASA</b>
	$\Delta P_s = 0.644 \text{ bar}$

<b>ENFRIADOR AGUA PRECONCENTRACION 65°C. ENFRIADOR 12</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>PROPIEDADES FISICAS</b>
Temperatura de entrada del agua fría $T_e = 15^\circ\text{C}$	<b>AGUA FRIA</b>
Temperatura de salida del agua fría $T_s = 18.31^\circ\text{C}$	$C_p = 4184.37 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$
Temperatura de entrada agua caliente $t_e = 65^\circ\text{C}$	$\rho = 998.31 \text{ Kg/m}^3$
Temperatura de salida agua caliente $t_s = 20^\circ\text{C}$	$\mu = 1136.33 \cdot 10^{-6} \text{ Kg/(m}\cdot\text{s)}$
Caudal másico del agua caliente $m_v = 4167.37 \text{ Kg/h}$	$k_f = 0.590 \text{ w/}(\text{}^\circ\text{C}\cdot\text{m)}$
Caudal másico de agua fría $m_a = 56000 \text{ Kg/h}$	<b>AGUA CALIENTE</b>
Calor transferido $Q = -783.69 \text{ MJ/h}$	$C_p = 4178.38 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$
	$\rho = 991.16 \text{ Kg/m}^3$
	$\mu = 630.13 \cdot 10^{-6} \text{ Kg/(m}\cdot\text{s)}$
	$k_f = 0.636 \text{ w/}(\text{}^\circ\text{C}\cdot\text{m)}$
	<b>AREA DE TRANSMISION DE CALOR</b>
	$A = 12.98 \text{ m}^2$
<b>DISTANCIAS</b>	<b>COEFICIENTE GLOBAL SUPUESTO</b>
Localización de los tubos Tubos: Agua caliente Carcasa: Agua fría	$U_{\text{sup}} = 1000 \text{ w/}(\text{}^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2)$
Diámetro externo $d_o = 20 \text{ mm}$	<b>TIPO DE INTERCAMBIADOR.</b>
Espesor de los tubos $t = 2 \text{ mm}$	<b>CALCULOS REFERIDOS A LA</b>
Diámetro interno $d_i = 16 \text{ mm}$	<b>TEMPERATURA</b>
Longitud de los tubos $L = 4.88 \text{ m}$	Tipo de intercambiador 1:4
Espesor de la placa tubular 25 mm	Temperatura media logarítmica
Longitud útil de los tubos $L_t = 4.83 \text{ m}$	$\Delta T_{\text{ml}} = -18.661 \text{ }^\circ\text{C}$
Disposición triangular	Relación de capacidad
Paso de los tubos $p_t = 25 \text{ mm}$	$R = 0.074$
Material de los tubos Níquel	Eficiencia en la modificación de
Conductividad térmica del níquel $k_w = 59 \text{ w/m}^\circ\text{C}$	temperaturas $S = 0.9$
	Factor de corrección
	$F_t = 0.899$
	Diferencia de temperatura verdadera
	$\Delta T_m = -16.772 \text{ }^\circ\text{C}$
<b>NUMERO DE TUBOS</b>	<b>CALCULO DIAMETRO CARCASA</b>
Área de tubo $A_{\text{tubo}} = 0.303 \text{ m}^2$	Diámetro del haz de tubos
Número de tubos $N_t = 44 \text{ tubos}$	$D_b = 224.67 \text{ mm}$
	Cabezal tipos S
	Diámetro carcasa $D_s = 275.67 \text{ mm}$
<b>CALCULO LADO TUBOS</b>	<b>CALCULO LADO CARCASA</b>
Diámetro equivalente $d_e = 16 \text{ mm}$	Distancia entre diafragmas
Tubos por paso 11 tubos/paso	$l_B = 0.4 \cdot D_s = 110.27 \text{ mm}^2$
Sección por tubo $201.06 \text{ mm}^2$	Área flujo cruzado
Sección por paso $2211.68 \text{ mm}^2$	$A_s = 6079.4 \text{ mm}^2$
Velocidad másica	Velocidad másica
$G_s = 7033.36 \text{ Kg/s}\cdot\text{m}^2$	$G_s = 190.41 \text{ Kg/(s}\cdot\text{m}^2)$
Velocidad $U_t = 7.096 \text{ m/s}$	Velocidad $U_s = 0.191 \text{ m/s}$
Reynold $Re = 1.79 \cdot 10^5$	Diámetro equivalente $d_e = 14.2 \text{ mm}$
Prandtl $Pr = 4.14$	Reynold $Re = 2.38 \cdot 10^3$
Factor de fricción $j_h = 0.0026$	Prandtl $Pr = 8.059$
Coeficiente de transmisión de calor	Coeficiente de transmisión de calor
$h_i = 30689.24 \text{ w/}(\text{m}^\circ\text{C)}$	$h_s = 2268.61 \text{ w/}(\text{m}^\circ\text{C)}$
<b>COEFICIENTE GLOBAL CALCULADO</b>	<b>CAIDA PRESION TUBOS</b>
$U_{\text{calc}} = 1031.62 \text{ w/}(\text{}^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2)$	$\Delta P_t = 8.153 \text{ bar}$
3.16% Error VALIDO	<b>CAIDA PRESION CARCASA</b>
	$\Delta P_s = 0.632 \text{ bar}$

<b>ENFRIADOR AGUA PRECONCENTRACION 75°C. ENFRIADOR 13</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>PROPIEDADES FISICAS</b>
Temperatura de entrada del agua fría $T_e = 15^\circ\text{C}$	<b>AGUA FRIA</b>
Temperatura de salida del agua fría $T_s = 19.28^\circ\text{C}$	$C_p = 4188.29 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$
Temperatura de entrada agua caliente $t_e = 75^\circ\text{C}$	$\rho = 998.42 \text{ Kg/m}^3$
Temperatura de salida agua caliente $t_s = 20^\circ\text{C}$	$\mu = 1116.97 \cdot 10^{-6} \text{ Kg/(m}\cdot\text{s)}$
Caudal másico del agua caliente $m_v = 39422.89 \text{ Kg/h}$	$k_f = 0.591 \text{ w/}(\text{}^\circ\text{C}\cdot\text{m)}$
Caudal másico de agua fría $m_a = 500000 \text{ Kg/h}$	<b>AGUA CALIENTE</b>
Calor transferido $Q = -9061.15 \text{ MJ/h}$	$C_p = 4179.13 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$
	$\rho = 988.89 \text{ Kg/m}^3$
	$\mu = 584.38 \cdot 10^{-6} \text{ Kg/(m}\cdot\text{s)}$
	$k_f = 0.642 \text{ w/}(\text{}^\circ\text{C}\cdot\text{m)}$
	<b>AREA DE TRANSMISION DE CALOR</b>
	$A = 138.65 \text{ m}^2$
<b>DISTANCIAS</b>	<b>COEFICIENTE GLOBAL SUPUESTO</b>
Localización de los tubos Tubos: Agua caliente Carcasa: Agua fría	$U_{\text{sup}} = 1200 \text{ w/}(\text{}^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2)$
Diámetro externo $d_o = 20 \text{ mm}$	<b>TIPO DE INTERCAMBIADOR.</b>
Espesor de los tubos $t = 2 \text{ mm}$	<b>CALCULOS REFERIDOS A LA</b>
Diámetro interno $d_i = 16 \text{ mm}$	<b>TEMPERATURA</b>
Longitud de los tubos $L = 4.88 \text{ m}$	Tipo de intercambiador 1:4
Espesor de la placa tubular 25 mm	Temperatura media logarítmica
Longitud útil de los tubos $L_t = 4.83 \text{ m}$	$\Delta T_{\text{ml}} = -21.037 \text{ }^\circ\text{C}$
Disposición triangular	Relación de capacidad
Paso de los tubos $p_t = 25 \text{ mm}$	$R = 0.078$
Material de los tubos Níquel	Eficiencia en la modificación de
Conductividad térmica del níquel $k_w = 59 \text{ w/m}^\circ\text{C}$	temperaturas $S = 0.917$
	Factor de corrección
	$F_t = 0.863$
	Diferencia de temperatura verdadera
	$\Delta T_m = -18.153 \text{ }^\circ\text{C}$
<b>NUMERO DE TUBOS</b>	<b>CALCULO DIAMETRO CARCASA</b>
Área de tubo $A_{\text{tubo}} = 0.303 \text{ m}^2$	Diámetro del haz de tubos
Número de tubos $N_t = 460 \text{ tubos}$	$D_b = 627.52 \text{ mm}$
	Cabezal tipos S
	Diámetro carcasa $D_s = 690.52 \text{ mm}$
<b>CALCULO LADO TUBOS</b>	<b>CALCULO LADO CARCASA</b>
Diámetro equivalente $d_e = 16 \text{ mm}$	Distancia entre diafragmas
Tubos por paso 115 tubos/paso	$l_B = 0.5 \cdot D_s = 345.26 \text{ mm}^2$
Sección por tubo $201.06 \text{ mm}^2$	Área flujo cruzado
Sección por paso $23122.12 \text{ mm}^2$	$A_s = 47681.29 \text{ mm}^2$
Velocidad másica	Velocidad másica
$G_s = 6006.75 \text{ Kg/s}\cdot\text{m}^2$	$G_s = 229.67 \text{ Kg/(s}\cdot\text{m}^2)$
Velocidad $U_t = 6.074 \text{ m/s}$	Velocidad $U_s = 0.23 \text{ m/s}$
Reynold $Re = 1.64 \cdot 10^5$	Diámetro equivalente $d_e = 14.2 \text{ mm}$
Prandtl $Pr = 3.8$	Reynold $Re = 2.92 \cdot 10^3$
Factor de fricción $j_h = 0.0026$	Prandtl $Pr = 7.916$
Coeficiente de transmisión de calor	Coeficiente de transmisión de calor
$h_i = 27665.89 \text{ w/}(\text{m}^\circ\text{C)}$	$h_s = 2763.04 \text{ w/}(\text{m}^\circ\text{C)}$
<b>COEFICIENTE GLOBAL CALCULADO</b>	<b>CAIDA PRESION TUBOS</b>
$U_{\text{calc}} = 117.39 \text{ w/}(\text{}^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2)$	$\Delta P_t = 6.318 \text{ bar}$
11.74% Error VALIDO	<b>CAIDA PRESION CARCASA</b>
	$\Delta P_s = 0.612 \text{ bar}$

<b>ENFRIADOR AGUA PRECONCENTRACION 85°C. ENFRIADOR 14</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>PROPIEDADES FISICAS</b>
Temperatura de entrada del agua fría $T_e = 15^\circ\text{C}$	<b>AGUA FRIA</b>
Temperatura de salida del agua fría $T_s = 18.38^\circ\text{C}$	$C_p = 4218.72\text{J/Kg}^\circ\text{C}$
Temperatura de entrada agua caliente $t_e = 85^\circ\text{C}$	$\rho = 998.48\text{Kg/m}^3$
Temperatura de salida agua caliente $t_s = 20^\circ\text{C}$	$\mu = 1134.75 \cdot 10^{-6}\text{Kg}/(\text{m}\cdot\text{s})$
Caudal másico del agua caliente $m_v = 6564.23\text{Kg/h}$	$k_f = 0.591\text{w}/(\text{C}\cdot\text{m})$
Caudal másico de agua fría $m_a = 125000\text{Kg/h}$	<b>AGUA CALIENTE</b>
Calor transferido $Q = -1783.7\text{MJ/h}$	$C_p = 4179.86\text{J/Kg}^\circ\text{C}$
	$\rho = 986.61\text{Kg/m}^3$
	$\mu = 538.63 \cdot 10^{-6}\text{Kg}/(\text{m}\cdot\text{s})$
	$k_f = 0.649\text{w}/(\text{C}\cdot\text{m})$
	<b>AREA DE TRANSMISION DE CALOR</b>
	$A = 21.13\text{m}^2$
<b>DISTANCIAS</b>	<b>COEFICIENTE GLOBAL SUPUESTO</b>
Localización de los tubos Tubos: Agua caliente Carcasa: Agua fría	$U_{\text{sup}} = 1000\text{w}/(\text{C}\cdot\text{m}^2)$
Diámetro externo $d_o = 20\text{mm}$	<b>TIPO DE INTERCAMBIADOR.</b>
Espesor de los tubos $t = 2\text{mm}$	<b>CALCULOS REFERIDOS A LA</b>
Diámetro interno $d_i = 16\text{mm}$	<b>TEMPERATURA</b>
Longitud de los tubos $L = 4.88\text{m}$	Tipo de intercambiador 1:4
Espesor de la placa tubular 25 mm	Temperatura media logarítmica
Longitud útil de los tubos $L_t = 4.83\text{m}$	$\Delta T_{\text{ml}} = -23.797^\circ\text{C}$
Disposición triangular	Relación de capacidad
Paso de los tubos $p_t = 25\text{mm}$	$R = 0.052$
Material de los tubos Níquel	Eficiencia en la modificación de
Conductividad térmica del níquel $k_w = 59\text{w}/\text{m}^\circ\text{C}$	temperaturas $S = 0.929$
	Factor de corrección
	$F_t = 0.9$
	Diferencia de temperatura verdadera
	$\Delta T_m = -21.41^\circ\text{C}$
<b>NUMERO DE TUBOS</b>	<b>CALCULO DIAMETRO CARCASA</b>
Área de tubo $A_{\text{tubo}} = 0.303\text{m}^2$	Diámetro del haz de tubos
Número de tubos $N_t = 80\text{tubos}$	$D_b = 291.86\text{mm}$
	Cabezal tipos S
	Diámetro carcasa $D_s = 344.85\text{mm}$
<b>CALCULO LADO TUBOS</b>	<b>CALCULO LADO CARCASA</b>
Diámetro equivalente $d_e = 16\text{mm}$	Distancia entre diafragmas
Tubos por paso 20 tubos/paso	$l_B = 0.4 \cdot D_s = 137.94\text{mm}^2$
Sección por tubo $201.06\text{mm}^2$	Área flujo cruzado
Sección por paso $4021.24\text{mm}^2$	$A_s = 9513.97\text{mm}^2$
Velocidad másica	Velocidad másica
$G_s = 8634.71\text{Kg}/\text{s}\cdot\text{m}^2$	$G_s = 191.65\text{Kg}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$
Velocidad $U_t = 8.75\text{m/s}$	Velocidad $U_s = 0.192\text{m/s}$
Reynold $Re = 12.56 \cdot 10^5$	Diámetro equivalente $d_e = 14.2\text{mm}$
Prandtl $Pr = 3.47$	Reynold $Re = 2.4 \cdot 10^3$
Factor de fricción $j_h = 0.0024$	Prandtl $Pr = 8.1$
Coeficiente de transmisión de calor	Coeficiente de transmisión de calor
$h_i = 39802.38\text{w}/(\text{m}^\circ\text{C})$	$h_s = 2119.66\text{w}/(\text{m}^\circ\text{C})$
<b>COEFICIENTE GLOBAL CALCULADO</b>	<b>CAIDA PRESION TUBOS</b>
$U_{\text{calc}} = 1009.08\text{w}/(\text{C}\cdot\text{m}^2)$	$\Delta P_t = 12.21\text{bar}$
0.91% Error VALIDO	<b>CAIDA PRESION CARCASA</b>
	$\Delta P_s = 0.626\text{bar}$

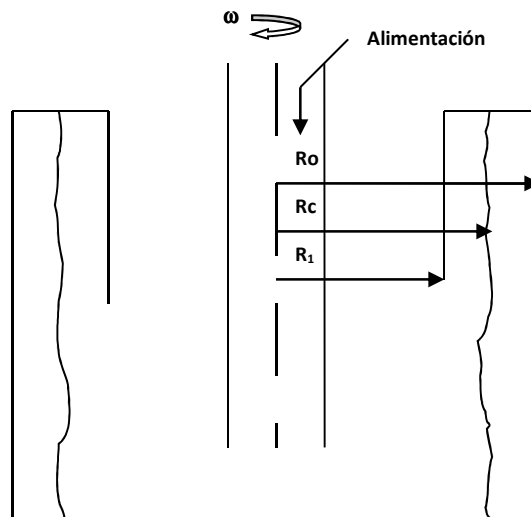
---

#### 4.3. Procesos de lavado

Este proceso se lleva a cabo a partir de la operación unitaria filtración centrífuga para eliminar solutos que podrían interferir en el proceso de obtención de gelatina.

Es la filtración realizada mediante una fuerza centrífuga. Se basa en considerar el flujo a través de una torta de sólidos; por lo que se fundamenta más en los principios de la filtración que en los de la centrifugación.

Al final del período de filtración, la torta del filtro se asemeja a un lecho empacado con espacios entre las partículas llenos de la solución.



En estos procesos lo que nos interesa es la torta, que es la que contiene la gelatina que se quiere obtener.

<b>LAVADO ALCALASA</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Modelo	LWL 350
Energía del motor	11 Kw
Velocidad	3000 rpm
Radio de la cesta sin incluir la torta	Rc = 100 cm
Radio de la cesta	Ro = 102 cm
Altura de la cesta	ht = 100 cm
Tiempo de ciclo	tc = 1 h
Concentración de sólidos en suspensión	s = 0.035 g/cm <sup>3</sup>
Caída de presión total a través de la torta y del medio filtrante	$\Delta P = 19444426.75 \text{ din/cm}^2$
Densidad aparente	$\rho_c = 1.00386 \text{ g/cm}^3$
Resistencia específica de la torta	$\mu\alpha = 6.408 \cdot 10^7$
Alimentación	Q = 70051.7 L/h
Eficiencia de lavado	$\delta = 80\%$
Retención del filtrado en la torta	r = 7%
Cantidad de alcalasa retenido	5%
Temperatura de la corriente de entrada	50°C
Temperatura del agua	15°C
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Tiempo de filtrado	t <sub>f</sub> = 4.68 min
Área de la centrífuga	A = 64088.49 cm <sup>2</sup>
Compresibilidad de la torta	n = 0
Volumen de filtrado	V <sub>f</sub> = 70051700 cm <sup>3</sup>
Volumen líquido lavado/Volumen líquido retenido torta	m = 1.652
Volumen de la torta	V <sub>torta</sub> = 4903619 cm <sup>3</sup>
Volumen de líquido de lavado	V <sub>w</sub> = 8100778.59 cm <sup>3</sup>
Tiempo de lavado	t <sub>w</sub> = 13.89 min
Temperatura final de la torta	T = 46.37°C

En este proceso lo que nos interesa es la torta que contiene a los huesos desengrasados, los cuales en su matriz ósea contiene el colágeno. El lavado se realiza con agua.

Teniendo en cuenta el tiempo de llenado y de vaciado para que el proceso sea continuo necesitamos un total de 20 filtros de estas características

<b>LAVADO HCl</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Modelo	LWL 350
Energía del motor	11 Kw
Velocidad	3000 rpm
Radio de la cesta sin incluir la torta	Rc = 35.5 cm
Radio de la cesta	Ro = 40 cm
Altura de la cesta	h <sub>t</sub> = 45 cm
Tiempo de ciclo	tc = 1 h
Concentración de sólidos en suspensión	s = 0.035 g/cm <sup>3</sup>
Caída de presión total a través de la torta y del medio filtrante	$\Delta P = 19444426.75 \text{ din/cm}^2$
Densidad aparente	$\rho_c = 1.02 \text{ g/cm}^3$
Resistencia específica de la torta	$\mu\alpha = 6.408 \cdot 10^7$
Alimentación	Q = 6759.33 L/h
Eficiencia de lavado	$\delta = 80\%$
Retención del filtrado en la torta	r = 7%
Cantidad de alcalasa retenido	5%
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Tiempo de filtrado	t <sub>f</sub> = 23.2 min
Área de la centrífuga	A = 11309.73 cm <sup>2</sup>
Compresibilidad de la torta	n = 0
Volumen de filtrado	V <sub>f</sub> = 6759330 cm <sup>3</sup>
Volumen líquido lavado/Volumen líquido retenido torta	m = 1.652
Volumen de la torta	V <sub>torta</sub> = 473153.1 cm <sup>3</sup>
Volumen de líquido de lavado	V <sub>w</sub> = 781648.92 cm <sup>3</sup>
Tiempo de lavado	t <sub>w</sub> = 11.96 min

En la extracción sólido – líquido se han extraído los fosfatos quedando un residuo sólido llamado oseína. Esta oseína es el precursor de la gelatina, así que lavamos el HCl junto con los fosfatos interesándonos solamente el sólido. El lavado se realiza con agua.

Teniendo en cuenta el tiempo de llenado y de vaciado para que el proceso sea continuo necesitamos un total de 30 filtros de estas características.

<b>LAVADO Ca(OH)<sub>2</sub></b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Modelo	LWL 350
Energía del motor	11 Kw
Velocidad	3000 rpm
Radio de la cesta sin incluir la torta	R <sub>c</sub> = 157 cm
Radio de la cesta	R <sub>o</sub> = 160 cm
Altura de la cesta	h <sub>t</sub> = 150 cm
Tiempo de ciclo	t <sub>c</sub> = 1 h
Concentración de sólidos en suspensión	s = 0.035 g/cm <sup>3</sup>
Caída de presión total a través de la torta y del medio filtrante	$\Delta P = 19444426.75 \text{ din/cm}^2$
Densidad aparente	$\rho_c = 1.02 \text{ g/cm}^3$
Resistencia específica de la torta	$\mu\alpha = 6.408 \cdot 10^7$
Alimentación	Q = 232513.65 L/h
Eficiencia de lavado	$\delta = 80\%$
Retención del filtrado en la torta	r = 7%
Cantidad de alcalasa retenido	5%
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Tiempo de filtrado	t <sub>f</sub> = 10.87 min
Área de la centrífuga	A = 150796.45 cm <sup>2</sup>
Compresibilidad de la torta	n = 0
Volumen de filtrado	V <sub>f</sub> = 232513650 cm <sup>3</sup>
Volumen líquido lavado/Volumen líquido retenido torta	m = 1.652
Volumen de la torta	V <sub>torta</sub> = 16275955.5 cm <sup>3</sup>
Volumen de líquido de lavado	V <sub>w</sub> = 26887878.49 cm <sup>3</sup>
Tiempo de lavado	t <sub>w</sub> = 29.25 min

En este punto del proceso se va a lavar el hidróxido de sodio mediante una filtración centrífuga con agua. En este caso lo que nos interesa es la torta que es la que contiene en su matriz la gelatina producida en el proceso anterior.

Este proceso será en discontinuo y se contará con una sola unidad que trabajará una sola vez al día ya que el proceso anterior dura una semana y media (10 días).

De los procesos anteriores se iba arrastrando HCl que al entrar en contacto con el hidróxido de calcio forman una sal, CaCl<sub>2</sub>.



<b>LAVADO SALES</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Modelo	LWL 350
Energía del motor	11 Kw
Velocidad	3000 rpm
Radio de la cesta sin incluir la torta	Rc = 34.54 cm
Radio de la cesta	Ro = 40.1 cm
Altura de la cesta	h <sub>t</sub> = 200 cm
Tiempo de ciclo	tc = 1 h
Concentración de sólidos en suspensión	s = 0.035 g/cm <sup>3</sup>
Caída de presión total a través de la torta y del medio filtrante	$\Delta P = 19444426.75 \text{ din/cm}^2$
Densidad aparente	$\rho_c = 1.02 \text{ g/cm}^3$
Resistencia específica de la torta	$\mu\alpha = 6.408 \cdot 10^7$
Alimentación	Q = 217881.86 L/h
Eficiencia de lavado	$\delta = 80\%$
Retención del filtrado en la torta	r = 7%
Cantidad de alcalasa retenido	5%
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Tiempo de filtrado	t <sub>f</sub> = 35.42 min
Área de la centrífuga	A = 50391,15 cm <sup>2</sup>
Compresibilidad de la torta	n = 0
Volumen de filtrado	V <sub>f</sub> = 217881860 cm <sup>3</sup>
Volumen líquido lavado/Volumen líquido retenido torta	m = 1.652
Volumen de la torta	V <sub>torta</sub> = 15251730.2 cm <sup>3</sup>
Volumen de líquido de lavado	V <sub>w</sub> = 25195858.29 cm <sup>3</sup>
Tiempo de lavado	t <sub>w</sub> = 3.68 min

Vamos a lavar las sales y parte de las demás impurezas a través de un filtro centrífugo. Al igual que en las anteriores filtraciones, nos interesa la torta que es la que contiene la gelatina.

Se va a obtener una corriente de lavado que contiene sulfato de calcio (yeso). Como es un compuesto que tiene salida en el mercado, se procesa por decantación para recuperarlo y venderlo.

---

#### 4.4. Secaderos

Usamos secaderos para eliminar parte del agua ya sea de la matriz ósea como de la gelatina prolongando la vida útil del producto si fuese necesario almacenar por tiempo prolongado; también reduce el volumen y el peso, reduciendo los gastos de almacenamiento y transporte.

Estos secados se realizan mediante secaderos de túnel con aire seco caliente a contracorriente.

El secador consiste de diversas secciones en serie, cada una con un ventilador y serpentines de calentamiento. Un ventilador adicional extrae cierta cantidad de aire hacia la atmósfera.

Para poder aplicar las ecuaciones que vamos a determinar se debe cumplir:

1. El secadero no tiene intercambio de calor con el exterior, no hay pérdidas de calor. Se trabaja en condiciones adiabáticas.
2. La única fuente de calor es el aire.
3. Toda la humedad del sólido es no ligada (aunque no siempre se cumple)
4. Cuando entra el sólido en el secadero en la primera elevación de la temperatura sólo calentamiento del sólido (esto no es totalmente cierto)
5. El proceso de secado se efectúa a la temperatura del termómetro húmedo.
6. En la longitud final del secado, el sólido solamente se calienta pero no pierde humedad.

<b>SECADERO 1. TORTA DE LAVADO DE ALCALASA</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Marca	LC
Modelo	SD 5000
Energía de trabajo	110V – 220V; 50 Hz
Tamaño de la máquina (LxWxH)	5x0.8x1 m
Gránulos de forma esférica	
Radio de los gránulos	0.25 mm
Espesor de la capa de gránulos	1.5 cm
Carga del lecho	$W/A' = 7 \text{ kg/m}^2$ de material seco
Dimensiones de la cinta	L = 4 m Ancho = 0.75 m
Flujo de aire	$G = 4880 \text{ Kg}/(\text{m}^2\text{h})$
Temperatura de entrada del aire	$(Tg)_{ent} = 70^\circ\text{C}$
Humedad	Humedad de entrada: $(Hg)_{ent} = 0.005 \text{ Kg/Kg}$ Humedad crítica del sólido: $Mc = 0.231 \text{ Kg/Kg}$ base seca Humedad final del sólido: $Mf = 0.023 \text{ Kg/kg}$ base seca Humedad absoluta del aire de secado: $Hf = 0.165 \text{ Kg/Kg}$ aire seco
Superficie efectiva expuesta del material:	$A/A' = 10.9 \text{ m}^2/\text{m}^2$
Temperatura de bulbo húmedo, $T_{w,b}$	$26.7^\circ\text{C}$
Temperatura de bulbo seco:	$71.1^\circ\text{C}$
Calor específico del aire seco	$Ca = 1.05 \text{ KJ}/(\text{Kg}^\circ\text{C})$
Calor específico medio del vapor de agua	$Cv = 1.84 \text{ KJ}/(\text{Kg}^\circ\text{C})$
Calor latente de vaporización a $T_{w,b}$	$\lambda = 2430 \text{ KJ/Kg}$
Calor específico del aire a la temperatura de entrada	$Cg = 1005 \text{ KJ}/(\text{Kg}^\circ\text{C})$
Relación de transferencia de masa en bulbo húmedo	$\frac{hc}{(K_H)_C} = 1.09 \text{ KJ}/\text{Kg}^\circ\text{C}$
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
<b>TRAMO DE VELOCIDAD CONSTANTE</b>	
Humedad inicial del sólido en base seca	$Ms = 46.88\%$
Área de secado	$A = 3 \text{ m}^2$
Tiempo de secado en este tramo	$\theta_c = 5.01 \text{ min}$
Velocidad de secado	$Rc = 0.509 \text{ g}/\text{sm}^2$
Caída de temperatura del aire a su paso a través del secador	$\Delta T = 9.86^\circ\text{C}$
Temperatura de salida del aire	$(Tg)_{sal} = 60.14^\circ\text{C}$
Media logarítmica de la fuerza impulsora	$(Tg - Twb)_{ml} = 38.15^\circ\text{C}$
Coefficiente de transferencia de calor	$hc = 32.42 \text{ w}/(\text{m}^2\text{C})$
Humedad de salida	$(Hg)_{sal} = 0.00908$
Presiones parciales del aire:	$(Pv)_{ent} = 0.0076 \text{ bar}$ $(Pv)_{sal} = 0.01777 \text{ bar}$ $(Pv)_{wb} = 0.0355 \text{ bar}$
Media logarítmica de la fuerza impulsora por presión parcial	$(Pwb - Pv)_{ml} = 0.0224 \text{ bar}$
Coefficiente de secado	$(Kp)_C = 23.006 \text{ g}/(\text{s}\cdot\text{m}^2\cdot\text{bar})$
Media logarítmica de la fuerza impulsora de la humedad	$(Hsw - Hg)_{ml} = 0.016 \text{ Kg/Kg}$
Cálculo del coeficiente de secado en base húmeda	$(K_H)_C = 31.81 \text{ g}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$
<b>TRAMO DE VELOCIDAD DECRECIENTE</b>	
Presiones	$Ps = 0.0355 \text{ bar}$ $Pa = 0.0076 \text{ bar}$
Tiempo de secado en este tramo	$t = 2.95 \text{ min}$
Tiempo total de secado	$t_s = 7.96 \text{ min}$
Pérdida de masa de la torta	$4374.22 \text{ Kg}$

Velocidad de deshidratación	9.16 Kg/s
Potencia necesaria	$P = 2.23 \cdot 10^4 \text{ Kw}$

<b>SECADERO 2. PRODUCTO FINAL</b>	
<b>CONSIDERACIONES</b>	
Dimensiones de las pastillas	1 cm <sup>2</sup>
Dimensiones de cada placa de secado	0.5 m x 10 m
Número de placas a tratar	400 placas
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Marca	LC
Modelo	SD 5000
Energía de trabajo	110V – 220V; 50 Hz
Tamaño de la máquina (LxWxH)	5x0.8x1 m
Espesor de la capa de gránulos	12 mm
Carga del lecho	$W/A' = 12.17 \text{ kg/m}^2$ de material seco
Dimensiones de la cinta	L = 11 m Ancho = 0.7 m
Flujo de aire	$G = 4880 \text{ Kg/(m}^2\text{h)}$
Temperatura de entrada del aire	$(Tg)_{ent} = 30^\circ\text{C}$
Humedad	Humedad de entrada: $(Hg)_{ent} = 0.005 \text{ Kg/Kg}$ Humedad crítica del sólido: $Mc = 0.372 \text{ Kg/Kg}$ base seca Humedad final del sólido: $Mf = 0.163 \text{ Kg/Kg}$ base seca Humedad absoluta del aire de secado: $Hf = 0.00433 \text{ Kg/Kg}$ aire seco
Superficie efectiva expuesta del material:	$A/A' = 18.95 \text{ m}^2/\text{m}^2$
Temperatura de bulbo húmedo, $T_{w,b}$	13.7°C
Temperatura de bulbo seco:	30°C
Calor específico del aire seco	$Ca = 1.05 \text{ KJ/(Kg}^\circ\text{C)}$
Calor específico medio del vapor de agua	$Cv = 1.84 \text{ KJ/(Kg}^\circ\text{C)}$
Calor latente de vaporización a $T_{w,b}$	$\lambda = 2469.02 \text{ KJ/Kg}$
Calor específico del aire a la temperatura de entrada	$Cg = 1.0029 \text{ KJ/(Kg}^\circ\text{C)}$
Relación de transferencia de masa en bulbo húmedo	$\frac{hc}{(K_H)_C} = 1.09 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}$
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
<b>TRAMO DE VELOCIDAD CONSTANTE</b>	
Humedad inicial del sólido en base seca	$Ms = 42.85\%$
Área de secado	$A = 5 \text{ m}^2$
Tiempo de secado en este tramo	$\theta_c = 3.49 \text{ min}$
Velocidad de secado	$Rc = 0.173 \text{ g/sm}^2$
Caída de temperatura del aire a su paso a través del secador	$\Delta T = 5.93^\circ\text{C}$
Temperatura de salida del aire	$(Tg)_{sal} = 24.07^\circ\text{C}$
Media logarítmica de la fuerza impulsora	$(Tg - Twb)_{ml} = 13.11^\circ\text{C}$
Coefficiente de transferencia de calor	$hc = 35.58 \text{ w/(m}^2\text{C)}$
Humedad de salida	$(Hg)_{sal} = 0.00741$
Presiones parciales del aire:	$(Pv)_{ent} = 0.00326 \text{ bar}$ $(Pv)_{sal} = 0.00757 \text{ bar}$ $(Pv)_{wb} = 0.0355 \text{ bar}$
Media logarítmica de la fuerza impulsora por presión parcial	$(Pwb - Pv)_{ml} = 0.03 \text{ bar}$
Coefficiente de secado	$(Kp)_C = 5.77 \text{ g/(s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{bar)}$
Media logarítmica de la fuerza impulsora de la humedad	$(Hsw - Hg)_{ml} = 0.0055 \text{ Kg/Kg}$
Cálculo del coeficiente de secado en base húmeda	$(K_H)_C = 31.45 \text{ g/(s} \cdot \text{m}^2)$

<i>TRAMO DE VELOCIDAD DECRECIENTE</i>	
Presiones	Ps = 0.0118 bar Pa = 0.00252 bar
Tiempo de secado en este tramo	t = 50.4 s
Tiempo total de secado	t <sub>s</sub> = 4.33 min
Pérdida de masa de la torta	4374.22 Kg
Velocidad de deshidratación	62.79 Kg/s
Potencia necesaria	P = 597.5 Kw

Los sólidos en placas de un espesor de 12 mm se colocan sobre una superficie de tamiz perforada a través de la cual se fuerza el paso de aire caliente, ya sea hacia arriba o hacia abajo. El secador consiste de diversas secciones en serie, cada una con un ventilador y serpentines de calentamiento. Un ventilador adicional extrae cierta cantidad de aire hacia la atmósfera.

#### 4.5. Silos – tolva

En estos silos se almacenan la materia prima acondicionada para entrar en la línea de proceso de extracción de la gelatina. Es un material que ya puede ser almacenado y no corre el riesgo en degradarse en poco tiempo.

<b>SILO TOLVA</b>	
Material	Acero galvanizado
Volumen silo – tolva	301.6 m <sup>3</sup>
Número de silo necesario	2 silo en trabajo continuo 1 silo de emergencia

#### 4.7. Extracciones sólido líquido

En el proceso de extracción sólido – líquido englobamos la desmineralización, que será en varias etapas a contracorriente y la extracción de gelatina de la oseína, en este caso será del tipo contacto simple en una sola etapa.

En el proceso de desmineralización se van a extraer los fosfatos de la matriz ósea dando lugar a un residuo sólido llamado oseína, siendo esto lo que nos interesa ya que es la precursora de la gelatina. El disolvente que se usa en la extracción es HCl concentrado.

Se produce una corriente de deshecho que contiene HCl y fosfatos. Esta corriente se derivará a la acometida que lleva hacia la EDAR.

Los resultados del proceso de cálculo se pueden ver en la siguiente tabla:

<b>DESMINERALIZACION</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Marca	Qi'E
Modelo	300T/D
Consumo de energía	15 Kwh/T
Caudal de alimentación	$Lo = 10052.42 \text{ Kg/h}$
Porcentaje de fosfatos que hay en el hueso	$x_{Ao} = 0.3528$
Porcentaje de sólidos	$x_{Bo} = 0.6472$
Caudal de HCl (disolvente)	$V_{n+1} = 5940.69 \text{ Kg/h}$
Retención	$P = 0.15$
Recuperación	96%
Concentración de fosfatos en la corriente de disolvente	$y_{A1} = 0.4$
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Caudal de salida de la alimentación	$Ln = 7481.82 \text{ Kg/h}$
Concentración de fosfato en la corriente de salida de la alimentación	$x_{An} = 0.019$
Número de etapas:	2

En esta etapa del proceso procederemos a la extracción de la gelatina con agua caliente en discontinuo de la oseína. El proceso constará de 4 etapas en donde se irá aumentando progresivamente la temperatura del agua para hacer más eficaz la extracción.

Las especificaciones se pueden ver en la siguiente tabla:

<b>EXTRACCION GELATINA 55°C</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Marca	AMISY
Modelo	AMSIM0124
Estilo	SS1000
Material	Acero Inoxidable
Voltaje	380 V, 50 Hz
Diámetro	1000 mm
Altura	400 mm
Revoluciones	1000 rpm
Energía del motor	7.5 Kw
Cantidad de alimentación	$L_0 = 156740.35 \text{ Kg}$
Porcentaje de gelatina	$x_{A0} = 11.03\%$
Porcentaje de sólidos	$x_{B0} = 87.25\%$
Porcentaje de disolvente en la alimentación	$x_{s0} = 1.72\%$
Caudal de Agua (disolvente)	$V_{n+1} = 200000 \text{ Kg}$
Temperatura disolvente	55°C
Retención	$P = 0.3$
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Salida de la alimentación	
Cantidad	$L_1 = 166678.04 \text{ Kg}$
Porcentaje de gelatina	$x_{A1} = 1.25\%$
Porcentaje de sólidos	$x_{B1} = 76.75\%$
Porcentaje de disolvente	$x_{s1} = 22\%$
Salida del disolvente	
Cantidad	$V_1 = 190062.31 \text{ Kg}$
Porcentaje de gelatina	$y_{A1} = 8\%$
Porcentaje de disolvente	$y_{s1} = 92\%$
Porcentaje de gelatina extraída	87.95%
Tiempo de operación	5.9 h

<b>EXTRACCION GELATINA 65°C</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Marca	AMISY
Modelo	AMSIM0124
Estilo	SS1000
Material	Acero Inoxidable
Voltaje	380 V, 50 Hz
Diámetro	1000 mm
Altura	400 mm
Revoluciones	1000 rpm
Energía del motor	7.5 Kw
Cantidad de alimentación	$L_0 = 166678.04 \text{ Kg}$
Porcentaje de gelatina	$x_{A0} = 2.5\%$
Porcentaje de sólidos	$x_{B0} = 76.75\%$
Porcentaje de disolvente en la alimentación	$x_{s0} = 22\%$
Caudal de Agua (disolvente)	$V_{n+1} = 25000 \text{ Kg}$
Temperatura disolvente	65°C
Retención	$P = 0.3$
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Salida de la alimentación	
Cantidad	$L_1 = 180565.03 \text{ Kg}$
Porcentaje de gelatina	$x_{A1} = 1\%$
Porcentaje de sólidos	$x_{B1} = 76.5\%$
Porcentaje de disolvente	$x_{s1} = 22.5\%$
Salida del disolvente	
Cantidad	$V_1 = 180565.03 \text{ Kg}$
Porcentaje de gelatina	$y_{A1} = 2.5\%$
Porcentaje de disolvente	$y_{s1} = 97.5\%$
Porcentaje de gelatina extraída	13.33%
Tiempo de operación	3.35 h



<b>EXTRACCION GELATINA 75°C</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Marca	AMISY
Modelo	AMSIM0124
Estilo	SS1000
Material	Acero Inoxidable
Voltaje	380 V, 50 Hz
Diámetro	1000 mm
Altura	400 mm
Revoluciones	1000 rpm
Energía del motor	7.5 Kw
Cantidad de alimentación	$L_0 = 180565.03 \text{ Kg}$
Porcentaje de gelatina	$x_{A0} = 1\%$
Porcentaje de sólidos	$x_{B0} = 76.5\%$
Porcentaje de disolvente en la alimentación	$x_{s0} = 22.5\%$
Caudal de Agua (disolvente)	$V_{n+1} = 100000 \text{ Kg}$
Temperatura disolvente	75°C
Retención	$P = 0.3$
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Salida de la alimentación	
Cantidad	$L_1 = 174868.18 \text{ Kg}$
Porcentaje de gelatina	$x_{A1} = 0.3\%$
Porcentaje de sólidos	$x_{B1} = 77.2\%$
Porcentaje de disolvente	$x_{s1} = 22.5\%$
Salida del disolvente	
Cantidad	$V_1 = 105696.85 \text{ Kg}$
Porcentaje de gelatina	$y_{A1} = 1.22\%$
Porcentaje de disolvente	$y_{s1} = 97.88\%$
Porcentaje de gelatina extraída	70.95%
Tiempo de operación	3.21 h

<b>EXTRACCION GELATINA 85°C</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Marca	AMISY
Modelo	AMSIM0124
Estilo	SS450
Material	Acero Inoxidable
Voltaje	380 V, 50 Hz
Diámetro	450 mm
Altura	220 mm
Revoluciones	1600 rpm
Energía del motor	0.75
Kw	
Cantidad de alimentación	Lo = 174868.18 Kg
Porcentaje de gelatina	$x_{Ao} = 0.3\%$
Porcentaje de sólidos	$x_{Bo} = 77.2\%$
Porcentaje de disolvente en la alimentación	$x_{so} = 22.5\%$
Caudal de Agua (disolvente)	$V_{n+1} = 20000$ Kg
Temperatura disolvente	85°C
Retención	P = 0.3
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Salida de la alimentación	
Cantidad	$L_1 = 187578.23$ Kg
Porcentaje de gelatina	$x_{A1} = 0.2\%$
Porcentaje de sólidos	$x_{B1} = 81.28\%$
Porcentaje de disolvente	$x_{s1} = 18.52\%$
Salida del disolvente	
Cantidad	$V_1 = 7289.93$ Kg
Porcentaje de gelatina	$y_{A1} = 2.05\%$
Porcentaje de disolvente	$y_{s1} = 97.5\%$
Porcentaje de gelatina extraída	28.49%
Tiempo de operación	58.68 min

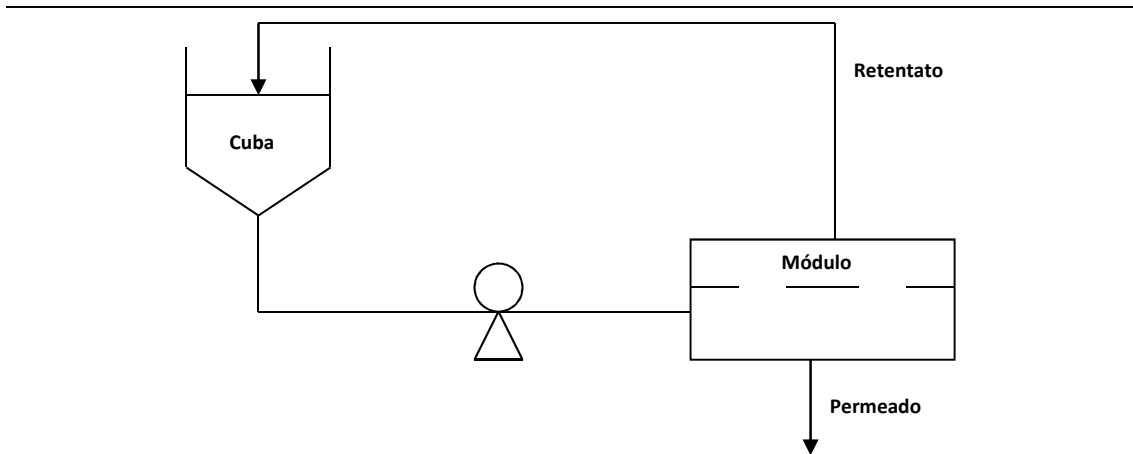
El porcentaje total extraído es del 97.83%

#### 4.7. Preconcentradores

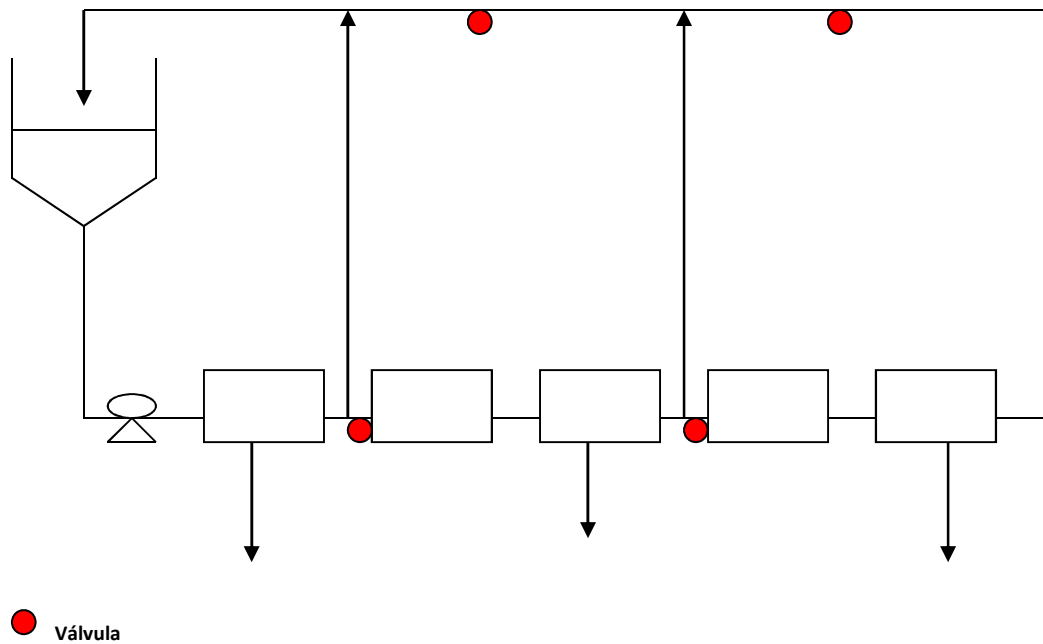
La operación unitaria que se utiliza en este procedimiento es la ultrafiltración. Se elimina parte del agua con la que llega la corriente de alimentación. El modo de operación será discontinuo y pasarán las corrientes obtenidas de la extracción centrífuga (de 55°C a 85°C).

Para que se mantenga la temperatura lo que haremos es tener térmicamente aislado el proceso.

El dibujo esquemático del proceso es:



La instalación constaría de una cuba y una serie de cartuchos en serie con un sistema de válvulas para usar el número de cartuchos necesarios en cada operación. El esquema de la instalación sería como el siguiente:



Las especificaciones del proceso se pueden ver en las siguientes tablas:

<b>PRECONCENTRACION CORRIENTE 55°C</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Marca	Qing Yuan
Modelo	QY2-10F
Material del cuerpo	Acero inoxidable
Tipo de membranas	Cerámicas
Área	$A = 100 \text{ m}^2$
Flujo de disolvente	$J_v = 0.205 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{dia})$
Presión transmembrana	$\Delta P = 10 \text{ atm}$
Coefficiente de permeabilidad	$L_p = 1.85 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{atm})$
Constante de los gases · temperatura absoluta	$RT = 0.026896 \text{ atm} \cdot \text{m}^3/\text{mol}$
Volumen inicial retenido	$V_o = 190.1 \text{ m}^3$
Concentración inicial de soluto	$C_o = 79984.1 \text{ g/m}^3$
Concentración final de soluto	$C_f = 400000 \text{ g/m}^3$
Volumen final retenido	$V = 38 \text{ m}^3$
Coefficiente de reflexión	$\phi' = 1$
Coefficiente de disociación	$i = 1$
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Alimentación	190062.31 Kg
Cantidad de gelatina	15204.98 Kg (8%)
Cantidad de Agua	174857.33 Kg (92%)
Permeato	
Cantidad de agua	152049.85 Kg
Retentato	
Cantidad de gelatina	15204.98 Kg (40%)
Cantidad de agua	22807.48 Kg (60%)
Número de moles	50.68 moles
Tiempo de proceso	$t = 2.63 \text{ h}$
Número de cartuchos	314 cartuchos

<b>PRECONCENTRACION CORRIENTE 65°C</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Tipo de membranas	Cerámicas
Área	A = 100 m <sup>2</sup>
Flujo de disolvente	Jv = 0.242 m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·dia)
Presión transmembra	ΔP = 10 atm
Coefficiente de permeabilidad	Lp = 9.47·10 <sup>-5</sup> m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h·atm)
Constante de los gases · temperatura absoluta	RT = 0.027716 atm·m <sup>3</sup> /mol
Volumen inicial retenido	Vo = 11.11 m <sup>3</sup>
Concentración inicial de soluto	Co = 25 Kg/m <sup>3</sup>
Concentración final de soluto	Cf = 400.33 Kg/m <sup>3</sup>
Volumen final retenido	V = 0.694 m <sup>3</sup>
Coefficiente de reflexión	φ' = 1
Coefficiente de disociación	i = 1
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Alimentación	11113.01 Kg
Cantidad de gelatina	277.83 Kg (2.5%)
Cantidad de Agua	10835.18 Kg (97.5%)
Permeato	
Cantidad de agua	10418.43 Kg
Retentato	
Cantidad de gelatina	277.83 Kg (40%)
Cantidad de agua	416.75 Kg (60%)
Número de moles	0.926 moles
Tiempo de proceso	t = 2.5 h
Número de cartuchos	45 cartuchos

<b>PRECONCENTRACION CORRIENTE 75°C</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Tipo de membranas	Cerámicas
Área	A = 100 m <sup>2</sup>
Presión transmembra	ΔP = 10 atm
Coefficiente de permeabilidad	Lp = 3.5·10 <sup>-4</sup> m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h·atm)
Constante de los gases · temperatura absoluta	RT = 0.028536 atm·m <sup>3</sup> /mol
Volumen inicial retenido	Vo = 105.7 m <sup>3</sup>
Concentración inicial de soluto	Co = 12.1 Kg/m <sup>3</sup>
Concentración final de soluto	Cf = 399.67 Kg/m <sup>3</sup>
Volumen final retenido	V = 3.2 m <sup>3</sup>
Coefficiente de reflexión	φ' = 1
Coefficiente de disociación	i = 1
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Alimentación	105696.85 Kg
Cantidad de gelatina	1278.93 Kg (1.21%)
Cantidad de Agua	104417.92 Kg (98.78%)
Permeato	
Cantidad de agua	102499.52 Kg
Retentato	
Cantidad de gelatina	1278.93 Kg (40%)
Cantidad de agua	1918.4 Kg (60%)
Número de moles	4.26 moles
Tiempo de proceso	t = 2.6 h
Número de cartuchos	113 cartuchos

<b>PRECONCENTRACION CORRIENTE 85°C</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Tipo de membranas	Cerámicas
Área	$A = 100 \text{ m}^2$
Presión transmembrana	$\Delta P = 10 \text{ atm}$
Coefficiente de permeabilidad	$L_p = 1.6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{atm})$
Constante de los gases · temperatura absoluta	$RT = 0.029356 \text{ atm} \cdot \text{m}^3/\text{mol}$
Volumen inicial retenido	$V_o = 7.3 \text{ m}^3$
Concentración inicial de soluto	$C_o = 24.97 \text{ Kg/m}^3$
Concentración final de soluto	$C_f = 394.15 \text{ Kg/m}^3$
Volumen final retenido	$V = 0.47 \text{ m}^3$
Coefficiente de reflexión	$\phi' = 1$
Coefficiente de disociación	$i = 1$
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Alimentación	7289.93 Kg
Cantidad de gelatina	182.25 Kg (2.5%)
Cantidad de Agua	7107.68 Kg (97.5%)
Permeato	
Cantidad de agua	6826.8 Kg
Retentato	
Cantidad de gelatina	185.25 Kg (40%)
Cantidad de agua	277.88 Kg (60%)
Número de moles	0.608 moles
Tiempo de proceso	$t = 1.04 \text{ h}$
Número de cartuchos	41 cartuchos

#### 4.8 Evaporadores

El tipo de evaporador que se va a utilizar es un evaporador a vacío, así conseguimos una concentración de la gelatina a menores temperaturas.

Se va a calcular un solo evaporador en donde se le va a cambiar el caudal de la corriente de vapor. Las dimensiones del evaporador será la correspondiente a la corriente de 55 °C. En este caso prescindiremos de precalentador de la corriente ya que las corrientes ya entran de por sí calientes.

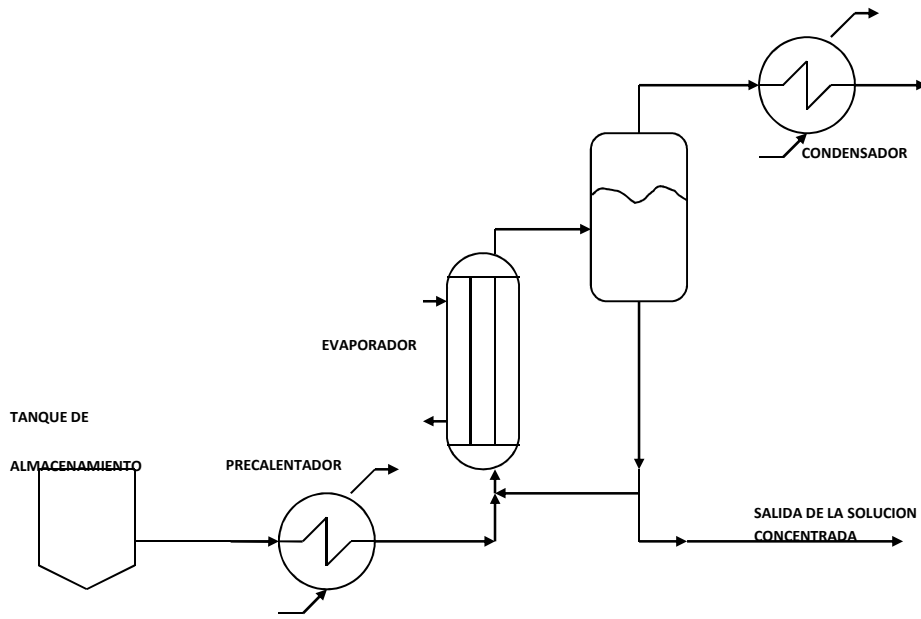


Fig 1. Esquema simplificado de un evaporador y sus equipos auxiliares.  
Las especificaciones del proceso se pueden ver en las siguientes tablas:

<b>EVAPORADORA CORRIENTE 55°C</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Marca	Taikang
Modelo	SJN-20000
Dimensiones (LxWxH)	1.5 x 3.5 x 7 m
Presión de la cámara de evaporación	120 mmHg
Presión del vapor de calefacción	1.7 atm
Entalpía del vapor de agua	$H_v = 2700.15 \text{ KJ/Kg}$
Entalpía del agua líquida	$h_v = 485.91 \text{ KJ/Kg}$
Calor latente	$\lambda = 528.86 \text{ Kcal/Kg}$
Temperatura	$T_v = 115.8^\circ\text{C}$
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Alimentación	11805.11 Kg/h
Caudal de gelatina	4722.04 Kg/h (40%)
Caudal de Agua	7083.07 Kg/h (60%)
Entalpía	$H_F = 55 \text{ Kcal/Kg}$
Vapor de agua	3935.04 Kg/h
Entalpía del vapor de agua	$H_E = 620.86 \text{ Kcal/Kg}$
Temperatura	$T_E = 54.08^\circ\text{C}$
Concentrado	
Caudal de gelatina	4722.04 Kg/h (60%)
Caudal de agua	3148.03 Kg/h (40%)
Entalpía	$H_C = 54.58 \text{ Kcal/Kg}$
Temperatura	$T_C = 54.08^\circ\text{C}$
Vapor de calefacción	$V = 4199.63 \text{ Kg/h}$
Área de intercambio	$A = 35.99 \text{ m}^2$
Tubería de salida del vapor	
Contracción gradual	
Angulo de estrechamiento	$\theta = 105^\circ$
Relación entre los diámetros	$D_A/D_B = 2$
Presión del vapor	$P_A = 16009.35 \text{ Pa}$
Presión de salida del estrechamiento	$P_B = 101325 \text{ Pa}$
Ambas partes de la tubería están a la misma altura	
Pérdida de carga	$h_L = 8.7 \text{ m}$
Velocidad después del estrechamiento	$v_B = 27.85 \text{ m/s}$
Factor K	$K = 0.22$
Diámetro del estrechamiento	$D_B = 0.71 \text{ cm}$
Diámetro antes del estrechamiento	$D_A = 1.42 \text{ cm}$
Temperatura de salida de la tubería	$T = 100^\circ\text{C}$



<b>EVAPORADORA CORRIENTE 65°C</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Marca	Taikang
Modelo	SJN-20000
Dimensiones (LxWxH)	1.5 x 3.5 x 7 m
Presión de la cámara de evaporación	120 mmHg
Presión del vapor de calefacción	1.7 atm
Entalpía del vapor de agua	$H_v = 622.27$ Kcal/Kg
Entalpía del agua líquida	$h_v = 55.2$ Kcal/Kg
Calor latente	$\lambda = 567.08$ Kcal/Kg
Temperatura	$T_v = 55.12^\circ\text{C}$
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Alimentación	209.84 Kg/h
Caudal de gelatina	83.94 Kg/h (40%)
Caudal de Agua	125.91 Kg/h (60%)
Entalpía	$H_F = 65$ Kcal/Kg
Vapor de agua	69.94 Kg/h
Entalpía del vapor de agua	$H_E = 620.86$ Kcal/Kg
Temperatura	$T_E = 54.08^\circ\text{C}$
Concentrado	
Caudal de gelatina	83.94 Kg/h (60%)
Caudal de agua	55.96 Kg/h (40%)
Entalpía	$H_C = 54.58$ Kcal/Kg
Temperatura	$T_C = 54.08^\circ\text{C}$
Vapor de calefacción	$V = 61.22$ Kg/h
Área de intercambio	$A = 35.99$ m <sup>2</sup>
Tubería de salida del vapor	
Contracción gradual	
Angulo de estrechamiento	$\theta = 105^\circ$
Relación entre los diámetros	$D_A/D_B = 2$
Presión del vapor	$P_A = 16009.35$ Pa
Presión de salida del estrechamiento	$P_B = 101325$ Pa
Ambas partes de la tubería están a la misma altura	
Pérdida de carga	$h_L = 8.7$ m
Velocidad después del estrechamiento	$v_B = 27.85$ m/s
Factor K	$K = 0.22$
Diámetro del estrechamiento	$D_B = 0.94$ mm
Diámetro antes del estrechamiento	$D_A = 1.88$ mm
Temperatura de salida de la tubería	$T = 100^\circ\text{C}$

<b>EVAPORADORA CORRIENTE 75°C</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Marca	Taikang
Modelo	SJN-20000
Dimensiones (LxWxH)	1.5 x 3.5 x 7 m
Presión de la cámara de evaporación	120 mmHg
Vapor de calefacción	
Entalpía del vapor de agua	$H_v = 625.61 \text{ Kcal/Kg}$
Entalpía del agua líquida	$h_v = 63.22 \text{ Kcal/Kg}$
Calor latente	$\lambda = 562.39 \text{ Kcal/Kg}$
Temperatura	$T_v = 63.14^\circ\text{C}$
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Alimentación	1937.78 Kg/h
Caudal de gelatina	775.11 Kg/h (40%)
Caudal de Agua	1162.67 Kg/h (60%)
Entalpía	$H_F = 75 \text{ Kcal/Kg}$
Vapor de agua	645.93 Kg/h
Entalpía del vapor de agua	$H_E = 620.86 \text{ Kcal/Kg}$
Temperatura	$T_E = 54.08^\circ\text{C}$
Concentrado	
Caudal de gelatina	775.11 Kg/h (60%)
Caudal de agua	516.74 Kg/h (40%)
Entalpía	$H_C = 54.58 \text{ Kcal/Kg}$
Temperatura	$T_C = 54.08^\circ\text{C}$
Vapor de calefacción	$V = 580.03 \text{ Kg/h}$
Área de intercambio	$A = 35.99 \text{ m}^2$
Tubería de salida del vapor	
Contracción gradual	
Angulo de estrechamiento	$\theta = 105^\circ$
Relación entre los diámetros	$D_A/D_B = 2$
Presión del vapor	$P_A = 16009.35 \text{ Pa}$
Presión de salida del estrechamiento	$P_B = 101325 \text{ Pa}$
Ambas partes de la tubería están a la misma altura	
Pérdida de carga	$h_L = 8.7 \text{ m}$
Velocidad después del estrechamiento	$v_B = 27.85 \text{ m/s}$
Factor K	$K = 0.22$
Diámetro del estrechamiento	$D_B = 2.86 \text{ mm}$
Diámetro antes del estrechamiento	$D_A = 5.72 \text{ mm}$
Temperatura de salida de la tubería	$T = 100^\circ\text{C}$

<b>EVAPORADORA CORRIENTE 85°C</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Marca	Taikang
Modelo	SJN-20000
Dimensiones (LxWxH)	1.5 x 3.5 x 7 m
Presión de la cámara de evaporación	120 mmHg
Vapor de calefacción	
Entalpía del vapor de agua	$H_v = 622.69 \text{ Kcal/Kg}$
Entalpía del agua líquida	$h_v = 56.2 \text{ Kcal/Kg}$
Calor latente	$\lambda = 566.49 \text{ Kcal/Kg}$
Temperatura	$T_v = 56.12^\circ\text{C}$
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Alimentación	463.13 Kg/h
Caudal de gelatina	185.25 Kg/h (40%)
Caudal de Agua	277.88 Kg/h (60%)
Entalpía	$H_F = 85 \text{ Kcal/Kg}$
Vapor de agua	154.38 Kg/h
Entalpía del vapor de agua	$H_E = 620.86 \text{ Kcal/Kg}$
Temperatura	$T_E = 54.08^\circ\text{C}$
Concentrado	
Caudal de gelatina	185.25 Kg/h (60%)
Caudal de agua	123.5 Kg/h (40%)
Entalpía	$H_C = 54.58 \text{ Kcal/Kg}$
Temperatura	$T_C = 54.08^\circ\text{C}$
Vapor de calefacción	$V = 129.45 \text{ Kg/h}$
Área de intercambio	$A = 35.99 \text{ m}^2$
Tubería de salida del vapor	
Contracción gradual	
Angulo de estrechamiento	$\theta = 105^\circ$
Relación entre los diámetros	$D_A/D_B = 2$
Presión del vapor	$P_A = 16009.35 \text{ Pa}$
Presión de salida del estrechamiento	$P_B = 101325 \text{ Pa}$
Ambas partes de la tubería están a la misma altura	
Pérdida de carga	$h_L = 8.7 \text{ m}$
Velocidad después del estrechamiento	$v_B = 27.85 \text{ m/s}$
Factor K	$K = 0.22$
Diámetro del estrechamiento	$D_B = 1.4 \text{ mm}$
Diámetro antes del estrechamiento	$D_A = 2.8 \text{ mm}$
Temperatura de salida de la tubería	$T = 100^\circ\text{C}$

#### 4.9. Esterilizadores

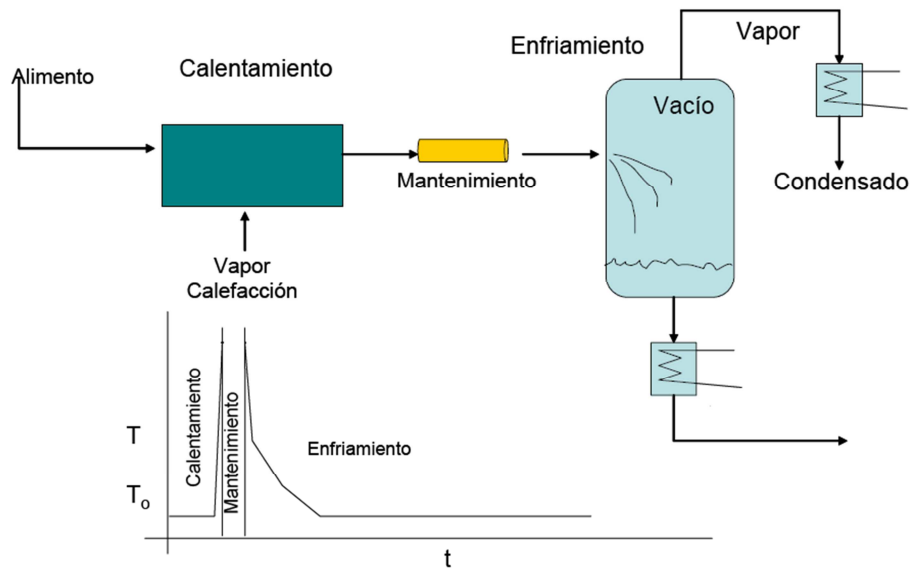
Los esterilizadores usados en este punto del proceso son los de inyección de vapor ya que producen calentamientos tan rápidos que pueden considerarse ciclos ideales. La corriente de vapor se inyecta a presión en la corriente de fluido a procesar. Para conseguir un enfriamiento rápido, se complementa con

---

una evaporación flash; este evaporador será el mismo para todas las corrientes.

Se usarán cuatro esterilizadores, uno por cada corriente generada en cada extracción centrífuga.

El esquema del proceso es el siguiente:



Según el reglamento (CE) N° 1243/2007 de la Comisión de 24 de Octubre de 2007 que modifica el anexo III del Reglamento (CE) n° 853/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, por el que se establecen normas específicas de higiene de los alimentos de origen animal se debe llevar a cabo una esterilización a una temperatura de 140°C durante 8 segundos.

Las especificaciones del proceso se pueden ver en las siguientes tablas:

<b>PRIMERA ESTERILIZACION</b>	
<b>PRECALENTADOR</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Marca	Changlong
Modelo	BRZ6-UHT-85B
Dimensiones (LxWxH)	2.8 x 2 x 2.2 m
Vapor de agua	
Presión	P = 15.54 bar
Temperatura	T <sub>v</sub> = 200°C
Entalpía del vapor de agua	H <sub>v</sub> = 667.14 Kcal/Kg
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Alimentación	A = 7870.07 Kg/h
Caudal de gelatina	4722.04 Kg/h (60%)
Caudal de Agua	3148.03 Kg/h (40%)
Entalpía	H <sub>A</sub> = 54.08 Kcal/Kg
Vapor de agua	V = 1282.76 Kg/h
Corriente de salida	S = 9152.83 Kg/h
Entalpía	H <sub>S</sub> = 140 Kcal/Kg
Concentración de gelatina	x <sub>s</sub> = 51.6%
Concentración de agua	y <sub>s</sub> = 48.4%
Calor transferido	Q = 5.62·10 <sup>5</sup> Kcal/h
Área de transferencia de calor	A = 9.37 m <sup>2</sup>
<b>EVAPORADOR</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Modelo	SJM-5000
Dimensiones (LxWxH)	8 x 2 x 4.5 m
Presión de la cámara de evaporación	0.2 bar
Vapor de calefacción	
Entalpía del vapor de agua	H <sub>v</sub> = 2700.15 KJ/Kg
Entalpía del agua líquida	h <sub>v</sub> = 485.91 KJ/Kg
Calor latente	λ = 529.72 Kcal/Kg
Temperatura	T <sub>v</sub> = 115.8°C
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Alimentación	9152.83 Kg/h
Caudal de gelatina	4722.86 Kg/h (51.6%)
Caudal de Agua	4429.97 Kg/h (48.4%)
Entalpía	H <sub>F</sub> = 140 Kcal/Kg
Vapor de agua	2405.89 Kg/h
Entalpía del vapor de agua	H <sub>E</sub> = 624.33 Kcal/Kg
Temperatura	T <sub>E</sub> = 60.06°C
Concentrado	
Caudal de gelatina	4722.86 Kg/h (70%)
Caudal de agua	2024.08 Kg/h (30%)
Entalpía	H <sub>C</sub> = 60.14 Kcal/Kg
Temperatura	T <sub>C</sub> = 60.06°C
Vapor de calefacción	V = 1182.58 Kg/h
Área de intercambio	A = 11.28 m <sup>2</sup>
Tubería de salida del vapor	
Contracción gradual	
Angulo de estrechamiento	θ = 150°
Relación entre los diámetros	D <sub>A</sub> /D <sub>B</sub> = 2
Presión del vapor	P <sub>A</sub> = 20004.14 Pa
Presión de salida del estrechamiento	P <sub>B</sub> = 101325 Pa
Ambas partes de la tubería están a la misma altura	

Pérdida de carga	$h_L = 8.29 \text{ m}$
Velocidad después del estrechamiento	$v_B = 22.37 \text{ m/s}$
Factor K	$K = 0.325$
Diámetro del estrechamiento	$D_B = 6.17 \text{ mm}$
Diámetro antes del estrechamiento	$D_A = 12.34 \text{ mm}$
Temperatura de salida de la tubería	$T = 100^\circ\text{C}$

## **SEGUNDA ESTERILIZACION**

### **PRECALENTADOR**

#### *ESPECIFICACIONES*

Modelo	BR26-UHT-10B
Dimensiones	1.5 x 1.5 x 1.8 m
Vapor de agua	
Presión	$P = 15.54 \text{ bar}$
Temperatura	$T_v = 200^\circ\text{C}$
Entalpía del vapor de agua	$H_v = 667.14 \text{ Kcal/Kg}$

#### *RESULTADOS DEL DISEÑO*

Alimentación	$A = 139.9 \text{ Kg/h}$
Caudal de gelatina	83.94 Kg/h (60%)
Caudal de Agua	55.96 Kg/h (40%)
Entalpía	$H_A = 54.08 \text{ Kcal/Kg}$
Vapor de agua	$V = 22.8 \text{ Kg/h}$
Corriente de salida	$S = 162.7 \text{ Kg/h}$
Entalpía	$H_S = 140 \text{ Kcal/Kg}$
Concentración de gelatina	$x_s = 34.4\%$
Concentración de agua	$y_s = 65.6\%$
Calor transferido	$Q = 4.18 \cdot 10^7 \text{ Kcal/h}$
Área de transferencia de calor	$A = 0.17 \text{ m}^2$

### **EVAPORADOR**

#### *ESPECIFICACIONES*

Modelo	SJN-5000
Dimensiones (LxWxH)	8 x 2 x 4.5 m
Presión de la cámara de evaporación	0.2 bar
Vapor de calefacción	
Entalpía del vapor de agua	$H_v = 2619.59 \text{ KJ/Kg}$
Entalpía del agua líquida	$h_v = 275.24 \text{ KJ/Kg}$
Calor latente	$\lambda = 2344.35 \text{ KJ/Kg}$
Temperatura	$T_v = 63.05^\circ\text{C}$

#### *RESULTADOS DEL DISEÑO*

Alimentación	162.7 Kg/h
Caudal de gelatina	55.97 Kg/h (34.4%)
Caudal de Agua	106.73 Kg/h (65.6%)
Entalpía	$H_F = 140 \text{ Kcal/Kg}$
Vapor de agua	82.75 Kg/h
Entalpía del vapor de agua	$H_E = 624.33 \text{ Kcal/Kg}$
Temperatura	$T_E = 60.06^\circ\text{C}$
Concentrado	
Caudal de gelatina	55.97 Kg/h (70%)
Caudal de agua	23.99 Kg/h (30%)
Entalpía	$H_C = 60.14 \text{ Kcal/Kg}$
Temperatura	$T_C = 60.06^\circ\text{C}$
Vapor de calefacción	$V = 59.91 \text{ Kg/h}$
Área de intercambio	$A = 11.28 \text{ m}^2$
Tubería de salida del vapor	

Contracción gradual	
Angulo de estrechamiento	$\theta = 150^\circ$
Relación entre los diámetros	$D_A/D_B = 2$
Presión del vapor	$P_A = 20004.14 \text{ Pa}$
Presión de salida del estrechamiento	$P_B = 101325 \text{ Pa}$
Ambas partes de la tubería están a la misma altura	
Pérdida de carga	$h_L = 8.29 \text{ m}$
Velocidad después del estrechamiento	$v_B = 22.37 \text{ m/s}$
Factor K	$K = 0.325$
Diámetro del estrechamiento	$D_B = 1.14 \text{ mm}$
Diámetro antes del estrechamiento	$D_A = 2.28 \text{ mm}$
Temperatura de salida de la tubería	$T = 100^\circ\text{C}$

<b>TERCERA ESTERILIZACION</b>	
<b>PRECALENTADOR</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Modelo	BR26-UHT-20B
Dimensiones	2.2 x 2 x 1.8 m
Vapor de agua	
Presión	$P = 15.54 \text{ bar}$
Temperatura	$T_v = 200^\circ\text{C}$
Entalpía del vapor de agua	$H_v = 667.14 \text{ Kcal/Kg}$
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Alimentación	$A = 1291.85 \text{ Kg/h}$
Caudal de gelatina	$775.11 \text{ Kg/h (60\%)}$
Caudal de Agua	$516.74 \text{ Kg/h (40\%)}$
Entalpía	$H_A = 54.08 \text{ Kcal/Kg}$
Vapor de agua	$V = 210.56 \text{ Kg/h}$
Corriente de salida	$S = 1502.41 \text{ Kg/h}$
Entalpía	$H_S = 140 \text{ Kcal/Kg}$
Concentración de gelatina	$x_s = 51.6\%$
Concentración de agua	$y_s = 48.4\%$
Calor transferido	$Q = 4.23 \cdot 10^4 \text{ Kcal/h}$
Área de transferencia de calor	$A = 1.54 \text{ m}^2$
<b>EVAPORADOR</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Modelo	SJN-5000
Dimensiones (LxWxH)	8 x 2 x 4.5 m
Presión de la cámara de evaporación	0.2 bar
Vapor de calefacción	
Entalpía del vapor de agua	$H_v = 2625.4 \text{ KJ/Kg}$
Entalpía del agua líquida	$h_v = 289.59 \text{ KJ/Kg}$
Calor latente	$\lambda = 2335.81 \text{ KJ/Kg}$
Temperatura	$T_v = 69.19^\circ\text{C}$
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Alimentación	1502.41 Kg/h
Caudal de gelatina	$775.11 \text{ Kg/h (51.6\%)}$
Caudal de Agua	$727.3 \text{ Kg/h (48.4\%)}$
Entalpía	$H_F = 140 \text{ Kcal/Kg}$
Vapor de agua	395.11 Kg/h
Entalpía del vapor de agua	$H_E = 624.33 \text{ Kcal/Kg}$
Temperatura	$T_E = 60.06^\circ\text{C}$
Concentrado	
Caudal de gelatina	$775.11 \text{ Kg/h (70\%)}$

Caudal de agua	332.19 Kg/h (30%)
Entalpía	$H_C = 60.14 \text{ Kcal/Kg}$
Temperatura	$T_C = 60.06^\circ\text{C}$
Vapor de calefacción	$V = 184.2 \text{ Kg/h}$
Área de intercambio	$A = 11.28 \text{ m}^2$
Tubería de salida del vapor	
Contracción gradual	
Angulo de estrechamiento	$\theta = 150^\circ$
Relación entre los diámetros	$D_A/D_B = 2$
Presión del vapor	$P_A = 20004.14 \text{ Pa}$
Presión de salida del estrechamiento	$P_B = 101325 \text{ Pa}$
Ambas partes de la tubería están a la misma altura	
Pérdida de carga	$h_L = 8.29 \text{ m}$
Velocidad después del estrechamiento	$v_B = 22.37 \text{ m/s}$
Factor K	$K = 0.325$
Diámetro del estrechamiento	$D_B = 2.5 \text{ mm}$
Diámetro antes del estrechamiento	$D_A = 5 \text{ mm}$
Temperatura de salida de la tubería	$T = 100^\circ\text{C}$

<b>CUARTA ESTERILIZACION</b>	
<b>PRECALENTADOR</b>	
<i>ESPECIFICACIONES</i>	
Modelo	BR26-UHT-10B
Dimensiones	1.5 x 1.5 x 1.8 m
Vapor de agua	
Presión	$P = 15.54 \text{ bar}$
Temperatura	$T_v = 200^\circ\text{C}$
Entalpía del vapor de agua	$H_v = 667.14 \text{ Kcal/Kg}$
<i>RESULTADOS DEL DISEÑO</i>	
Alimentación	$A = 308.75 \text{ Kg/h}$
Caudal de gelatina	$185.25 \text{ Kg/h (60\%)}$
Caudal de Agua	$123.5 \text{ Kg/h (40\%)}$
Entalpía	$H_A = 54.08 \text{ Kcal/Kg}$
Vapor de agua	$V = 50.32 \text{ Kg/h}$
Corriente de salida	$S = 359.07 \text{ Kg/h}$
Entalpía	$H_S = 140 \text{ Kcal/Kg}$
Concentración de gelatina	$x_s = 51.6\%$
Concentración de agua	$y_s = 48.4\%$
Calor transferido	$Q = 2.21 \cdot 10^4 \text{ Kcal/h}$
Área de transferencia de calor	$A = 0.37 \text{ m}^2$
<b>EVAPORADOR</b>	
<i>ESPECIFICACIONES</i>	
Modelo	SJN-5000
Dimensiones (LxWxH)	8 x 2 x 4.5 m
Presión de la cámara de evaporación	0.2 bar
Vapor de calefacción	
Entalpía del vapor de agua	$H_v = 2613.5 \text{ KJ/Kg}$
Entalpía del agua líquida	$h_v = 260.51 \text{ KJ/Kg}$
Calor latente	$\lambda = 2352.99 \text{ KJ/Kg}$
Temperatura	$T_v = 62.24^\circ\text{C}$



<i>RESULTADOS DEL DISEÑO</i>	
Alimentación	359.07 Kg/h
Caudal de gelatina	185.25 Kg/h (51.6%)
Caudal de Agua	173.82 Kg/h (48.4%)
Entalpía	$H_F = 140 \text{ Kcal/Kg}$
Vapor de agua	94.43 Kg/h
Entalpía del vapor de agua	$H_E = 624.33 \text{ Kcal/Kg}$
Temperatura	$T_E = 60.06^\circ\text{C}$
Concentrado	
Caudal de gelatina	185.25 Kg/h (70%)
Caudal de agua	79.39 Kg/h (30%)
Entalpía	$H_C = 60.14 \text{ Kcal/Kg}$
Temperatura	$T_C = 60.06^\circ\text{C}$
Vapor de calefacción	$V = 39.25 \text{ Kg/h}$
Área de intercambio	$A = 11.28 \text{ m}^2$
Tubería de salida del vapor	
Contracción gradual	
Angulo de estrechamiento	$\theta = 150^\circ$
Relación entre los diámetros	$D_A/D_B = 2$
Presión del vapor	$P_A = 20004.14 \text{ Pa}$
Presión de salida del estrechamiento	$P_B = 101325 \text{ Pa}$
Ambas partes de la tubería están a la misma altura	
Pérdida de carga	$h_L = 8.29 \text{ m}$
Velocidad después del estrechamiento	$v_B = 22.37 \text{ m/s}$
Factor K	$K = 0.325$
Diámetro del estrechamiento	$D_B = 1.22 \text{ mm}$
Diámetro antes del estrechamiento	$D_A = 2.44 \text{ mm}$
Temperatura de salida de la tubería	$T = 100^\circ\text{C}$

#### 4.10. Enfriadores

Son operaciones en las cuales se va a enfriar la línea correspondiente al producto a partir de ventiladores hasta una temperatura determinada. Estos procesos se realizarán en régimen discontinuo.

Se dispondrán de dos enfriadores; el primer enfriador bajará la temperatura de cada una de las corrientes de concentrados de los esterilizadores, se transformará un fluido viscoso en un sólido; el segundo enfriador reducirá la temperatura del producto final cuando sale del secadero 2.

La gelatina se dispondrá en placas que serán el soporte de la gelatina en este proceso.

Las especificaciones del proceso se pueden ver en las siguientes tablas:

<b>ENFRIADOR 1</b>	
<b>CORRIENTE PRIMERA ESTERILIZACION</b>	<b>CORRIENTE SEGUNDA ESTERILIZACION</b>
<p>Espesor <math>z = 12</math> mm  Densidad gelatina <math>\rho = 1.014</math> Kg/L  Volumen de gelatina <math>V = 21.43</math> m<sup>3</sup>  Número de placas de dimensiones  Anchura: 2 m  Largo: 10 m  89 placas</p> <p>Número de placas de dimensiones  Anchura: 2 m  Largo: 2.9 m  Profundidad: 0.012 m  1 placa</p> <p>Número de pastillas (1cm x1cm x1.2 cm)  17858000 pastillas</p> <p>Caudal de aire para el enfriador  78660.4 m<sup>3</sup>/h</p>	<p>Espesor <math>z = 12</math> mm  Densidad gelatina <math>\rho = 1.014</math> Kg/L  Volumen de gelatina <math>V = 0.079</math> m<sup>3</sup>  Número de placas de dimensiones  Anchura: 2 m  Largo: 3.29 m  1 placa</p> <p>Número de pastillas (1cm x1cm x1. cm)  65800 pastillas</p> <p>Caudal de aire para el enfriador  932.27 m<sup>3</sup>/h</p>
<b>CORRIENTE TERCERA ESTERILIZACION</b>	<b>CORRIENTE CUARTA ESTERILIZACION</b>
<p>Espesor <math>z = 12</math> mm  Densidad gelatina <math>\rho = 1.014</math> Kg/L  Volumen de gelatina <math>V = 1.802</math> m<sup>3</sup>  Número de placas de dimensiones  Anchura: 2 m  Largo: 10 m  7 placas</p> <p>Número de placas de dimensiones  Anchura: 2 m  Largo: 5.08 m  Profundidad: 0.012 m  1 placa</p> <p>Número de pastillas (1cm x1cm x1.2 cm)  1501600 pastillas</p> <p>Caudal de aire para el enfriador  12909.65 m<sup>3</sup>/h</p>	<p>Espesor <math>z = 12</math> mm  Densidad gelatina <math>\rho = 1.014</math> Kg/L  Volumen de gelatina <math>V = 0.26</math> m<sup>3</sup>  Número de placas de dimensiones  Anchura: 2 m  Largo: 0.83 m  1 placa</p> <p>Número de pastillas (1cm x1cm x1.2 cm)  16600 pastillas</p> <p>Caudal de aire para el enfriador  3082.55 m<sup>3</sup>/h</p>
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
<p>Marca</p> <p>Modelo</p> <p>Material</p> <p>Energía</p> <p>Temperatura de la placa</p> <p>Temperatura del aire</p> <p>Longitud característica</p> <p>Propiedades físicas de la gelatina</p> <p>Densidad</p> <p>Capacidad calorífica</p> <p>Conductividad térmica</p> <p>Coeficiente de difusividad</p> <p>Coeficiente de película</p> <p>Temperatura (x = 6 mm)</p> <p>Cambio de escala para <math>T_{superficie} = 0</math></p>	<p>Chao Yue</p> <p>Chao Yue 2-124</p> <p>Acero estructural al carbón</p> <p>1.5 – 4 Kw</p> <p><math>T' = 60.06^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>ts' = 17^{\circ}\text{C}</math></p> <p>0.012 m</p> <p><math>\rho = 1.014</math> Kg/m<sup>3</sup></p> <p><math>C_p = 0.76</math> Kcal/(Kg.°C)</p> <p><math>K = 0.356</math> w/m°C</p> <p><math>\alpha = 1.69 \cdot 10^{-4}</math> m<sup>2</sup>/s</p> <p><math>h = 8</math> Kcal/(h.m<sup>2</sup>.°C)</p> <p><math>tc' = 23^{\circ}\text{C}</math></p> <p><math>T = 43.06^{\circ}\text{C}; ts = 0^{\circ}\text{C}; tc = 6^{\circ}\text{C}</math></p>

Cálculo de las siguientes expresiones

$$t_c/T = 0.139; Bi = 0.157; 1/Bi = 6.37$$

Número de Fourier

$$Fo = 29$$

Tiempo de enfriamiento por cada placa

$$\tau = 6.18 \text{ s}$$

### **ENFRIADOR 2**

#### **RESULTADOS DEL DISEÑO**

Marca	Chao Yue
Modelo	Chao Yue 2-124
Material	Acero estructural al carbón
Energía	1.5 – 4 Kw
Temperatura de la placa	T' = 30°C
Temperatura del aire	ts' = 15°C
Longitud característica	0.012 m
Propiedades físicas de la gelatina	
Densidad	$\rho = 1.014 \text{ Kg/m}^3$
Capacidad calorífica	$C_p = 0.76 \text{ Kcal}/(\text{Kg}\cdot^\circ\text{C})$
Conductividad térmica	$K = 0.356 \text{ w/m}^\circ\text{C}$
Coeficiente de difusividad	$\alpha = 1.69 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
Coeficiente de película	$h = 8 \text{ Kcal}/(\text{h}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$
Temperatura (x = 6 mm)	tc' = 20°C
Cambio de escala para $T_{\text{superficie}} = 0$	
$T = 15^\circ\text{C}; ts = 0^\circ\text{C}; tc = 5^\circ\text{C}$	
Cálculo de las siguientes expresiones	
$t_c/T = 0.5; Bi = 0.157; 1/Bi = 6.37$	
Número de Fourier	$Fo = 3.5$
Tiempo de enfriamiento por cada placa	$\tau = 0.766 \text{ s}$
Caudal de aire	$25893.36 \text{ m}^3/\text{h}$

Los siguientes enfriadores son aerorefrigeradores. Su función será enfriar el vapor de agua y condensarlo.

<b>ENFRIADOR 3</b>	
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Marca	Chao Yue
Modelo	Chao Yue 2-124
Material	Acero estructural al carbón
Energía	1.5 – 4 Kw
Temperatura de la placa	T' = 100°C
Temperatura del aire	ts' = 17°C
Longitud característica	0.0071 m
Propiedades físicas del vapor de agua	
Densidad	$\rho = 958.4 \text{ Kg/m}^3$
Capacidad calorífica	$C_p = 4211 \text{ KJ/(Kg}\cdot\text{°C)}$
Conductividad térmica	$K = 0.682 \text{ w/m}^2\text{°C}$
Coeficiente de difusividad	$\alpha = 1.69\cdot 10^{-4} \text{ m}^2\text{/s}$
Coeficiente de película	$h = 8 \text{ Kcal/(h}\cdot\text{m}^2\cdot\text{°C)}$
Temperatura (x = 2.37 mm)	tc' = 21°C
Cambio de escala para $T_{\text{superficie}} = 0$ T = 83°C; ts = 0°C; tc = 4°C	
Cálculo de las siguientes expresiones	
$\frac{t_c}{T} = 0.048$ ; Bi = 0.033; 1/Bi = 29.89	
Número de Fourier	Fo = 97
Tiempo de enfriamiento por cada placa	$\tau = 3.22 \text{ s}$
Caudal de aire	790 m <sup>3</sup> /h

<b>ENFRIADOR 4</b>	
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Marca	Chao Yue
Modelo	Chao Yue 2-124
Material	Acero estructural al carbón
Energía	1.5 – 4 Kw
Temperatura de la placa	T' = 100°C
Temperatura del aire	ts' = 17°C
Longitud característica	0.00094 m
Propiedades físicas del vapor de agua	
Densidad	$\rho = 958.4 \text{ Kg/m}^3$
Capacidad calorífica	$C_p = 4211 \text{ KJ/(Kg}\cdot\text{°C)}$
Conductividad térmica	$K = 0.682 \text{ w/m}^2\text{°C}$
Coeficiente de difusividad	$\alpha = 1.69\cdot 10^{-4} \text{ m}^2\text{/s}$
Coeficiente de película	$h = 8 \text{ Kcal/(h}\cdot\text{m}^2\cdot\text{°C)}$
Temperatura (x = 0.47 mm)	tc' = 21°C
Cambio de escala para $T_{\text{superficie}} = 0$ T = 83°C; ts = 0°C; tc = 4°C	
Cálculo de las siguientes expresiones	
$\frac{t_c}{T} = 0.048$ ; Bi = 0.0128; 1/Bi = 78.1	
Número de Fourier	Fo = 250
Tiempo de enfriamiento por cada placa	$\tau = 1.31 \text{ s}$
Caudal de aire	50535.6 m <sup>3</sup> /h

<b>ENFRIADOR 5</b>	
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Temperatura de la placa	T' = 100°C
Temperatura del aire	ts' = 17°C
Longitud característica	0.00286 m
Propiedades físicas del vapor de agua	
Densidad	ρ = 958.4 Kg/m <sup>3</sup>
Capacidad calorífica	Cp = 4211 KJ/(Kg·°C)
Conductividad térmica	K = 0.682 w/m°C
Coeficiente de difusividad	α = 1.69·10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> /s
Coeficiente de película	h = 8 Kcal/(h·m <sup>2</sup> ·°C)
Temperatura (x = 0.00143 m)	tc' = 21°C
Cambio de escala para T <sub>superficie</sub> = 0	
T = 83°C; ts = 0°C; tc = 4°C	
Cálculo de las siguientes expresiones	
$t_c/T = 0.048$ ; Bi = 0.0195; 1/Bi = 51.34	
Número de Fourier	Fo = 140
Tiempo de enfriamiento por cada placa	τ = 1.7 s
Caudal de aire	466721.14 m <sup>3</sup> /h

<b>ENFRIADOR 6</b>	
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Marca	Chao Yue
Modelo	Chao Yue 2-124
Material	Acero estructural al carbón
Energía	1.5 – 4 Kw
Temperatura de la placa	T' = 100°C
Temperatura del aire	ts' = 17°C
Longitud característica	0.0014 m
Propiedades físicas del vapor de agua	
Densidad	ρ = 958.4 Kg/m <sup>3</sup>
Capacidad calorífica	Cp = 4211 KJ/(Kg·°C)
Conductividad térmica	K = 0.682 w/m°C
Coeficiente de difusividad	α = 1.69·10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> /s
Coeficiente de película	h = 8 Kcal/(h·m <sup>2</sup> ·°C)
Temperatura (x = 0.0007 m)	tc' = 21°C
Cambio de escala para T <sub>superficie</sub> = 0	
T = 83°C; ts = 0°C; tc = 4°C	
Cálculo de las siguientes expresiones	
$t_c/T = 0.048$ ; Bi = 0.0095; 1/Bi = 104.9	
Número de Fourier	Fo = 330
Tiempo de enfriamiento por cada placa	τ = 0.96 s
Caudal de aire	111490.52 m <sup>3</sup> /h

<b>ENFRIADOR 7</b>	
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Temperatura de la placa	T' = 100°C
Temperatura del aire	ts' = 17°C
Longitud característica	0.00617 m
Propiedades físicas del vapor de agua	
Densidad	ρ = 958.4 Kg/m <sup>3</sup>
Capacidad calorífica	Cp = 4211 KJ/(Kg·°C)
Conductividad térmica	K = 0.682 w/m°C
Coeficiente de difusividad	α = 1.69·10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> /s
Coeficiente de película	h = 8 Kcal/(h·m <sup>2</sup> ·°C)
Temperatura (x = 0.00309 m)	tc' = 21°C
Cambio de escala para T <sub>superficie</sub> = 0	
T = 83°C; ts = 0°C; tc = 4°C	
Cálculo de las siguientes expresiones	
$\frac{t_c}{T} = 0.048$ ; Bi = 0.042; 1/Bi = 23.76	
Número de Fourier	Fo = 70
Tiempo de enfriamiento por cada placa	τ = 3.95 s
Caudal de aire	1738392.3 m <sup>3</sup> /h

<b>ENFRIADOR 8</b>	
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Marca	Chao Yue
Modelo	Chao Yue 2-124
Material	Acero estructural al carbón
Energía	1.5 – 4 Kw
Temperatura de la placa	T' = 100°C
Temperatura del aire	ts' = 17°C
Longitud característica	0.00114 m
Propiedades físicas del vapor de agua	
Densidad	ρ = 958.4 Kg/m <sup>3</sup>
Capacidad calorífica	Cp = 4211 KJ/(Kg·°C)
Conductividad térmica	K = 0.682 w/m°C
Coeficiente de difusividad	α = 1.69·10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> /s
Coeficiente de película	h = 8 Kcal/(h·m <sup>2</sup> ·°C)
Temperatura (x = 0.00057 m)	tc' = 21°C
Cambio de escala para T <sub>superficie</sub> = 0	
T = 83°C; ts = 0°C; tc = 4°C	
Cálculo de las siguientes expresiones	
$\frac{t_c}{T} = 0.048$ ; Bi = 0.0078; 1/Bi = 128.81	
Número de Fourier	Fo = 400
Tiempo de enfriamiento por cada placa	τ = 0.77 s
Caudal de aire	59791.58 m <sup>3</sup> /h

<b>ENFRIADOR 9</b>	
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Marca	Chao Yue
Modelo	Chao Yue 2-124
Material	Acero estructural al carbón
Energía	1.5 – 4 Kw
Temperatura de la placa	T' = 100°C
Temperatura del aire	ts' = 17°C
Longitud característica	0.0025 m
Propiedades físicas del vapor de agua	
Densidad	$\rho = 958.4 \text{ Kg/m}^3$
Capacidad calorífica	$C_p = 4211 \text{ KJ}/(\text{Kg}\cdot^\circ\text{C})$
Conductividad térmica	$K = 0.682 \text{ w/m}^\circ\text{C}$
Coeficiente de difusividad	$\alpha = 1.69\cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
Coeficiente de película	$h = 8 \text{ Kcal}/(\text{h}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$
Temperatura (x = 0.00125 m)	tc' = 21°C
Cambio de escala para $T_{\text{superficie}} = 0$ T = 83°C; ts = 0°C; tc = 4°C	
Cálculo de las siguientes expresiones $t_c/T = 0.048$ ; Bi = 0.017; 1/Bi = 58.74	
Número de Fourier	Fo = 180
Tiempo de enfriamiento por cada placa	$\tau = 1.66 \text{ s}$
Caudal de aire	285489.4 m <sup>3</sup> /h

<b>ENFRIADOR 10</b>	
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Marca	Chao Yue
Modelo	Chao Yue 2-124
Material	Acero estructural al carbón
Energía	1.5 – 4 Kw
Temperatura de la placa	T' = 100°C
Temperatura del aire	ts' = 17°C
Longitud característica	0.00122 m
Propiedades físicas del vapor de agua	
Densidad	$\rho = 958.4 \text{ Kg/m}^3$
Capacidad calorífica	$C_p = 4211 \text{ KJ}/(\text{Kg}\cdot^\circ\text{C})$
Conductividad térmica	$K = 0.682 \text{ w/m}^\circ\text{C}$
Coeficiente de difusividad	$\alpha = 1.69\cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
Coeficiente de película	$h = 8 \text{ Kcal}/(\text{h}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$
Temperatura (x = 0.00061 m)	tc' = 21°C
Cambio de escala para $T_{\text{superficie}} = 0$ T = 83°C; ts = 0°C; tc = 4°C	
Cálculo de las siguientes expresiones $t_c/T = 0.048$ ; Bi = 0.008; 1/Bi = 120.36	
Número de Fourier	Fo = 390
Tiempo de enfriamiento por cada placa	$\tau = 0.86 \text{ s}$
Caudal de aire	68231.04 m <sup>3</sup> /h

#### 4.11. Reactores y tanques

Todos los reactores cumplen con la teoría de la membrana

##### 4.11.1. *Reactor de hidrólisis*

El reactor usado en este punto del proceso será uno de membrana; esta membrana asegura la recuperación de la enzima que será recirculada al reactor.

La temperatura del tanque de reacción se mantiene constante teniéndolo calorifugado con agua a 54°C que sale del precalentador 1.

El reactor es del tipo cilíndrico con cabezal y fondo semiesférico

<b>REACTOR DE HIDROLISIS</b>	
<b>DATOS NECESARIOS</b>	
Conversión	$x_A = 60\%$
Constante cinética	$k_c = 19.03 \text{ h}^{-1}$
Concentración inicial de sustrato	$[S_o] = 0.01992 \text{ Kg/L}$
Caudal de entrada	$v = 10000 \text{ Kg/h}$
Concentración inicial de alcalasa	$[E_o] = 0.98559 \text{ Kg/L}$
Constante de Michaelis – Menten	$k = 5 \cdot 10^{-4} \text{ Kg/L}$
Constante cinética de muerte	$k_d = 385 \text{ h}^{-1}$
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Tiempo de residencia	$t_R = 47.62 \text{ min}$
Volumen del reactor	$V_R = 80 \text{ m}^3$
Caudal de agua	$60 \text{ m}^3/\text{h}$
Caudal de alcalasa	$35.6 \text{ L/h}$
pH óptimo	8
Caudal NaOH	$16.1 \text{ L/h}$
<b>DIMENSIONES DEL REACTOR</b>	
Altura	$H = 6 \text{ m}$
Diámetro interno	$D = 4.12 \text{ m}$
Eficiencia de junta	$E_s = 0.75$
Presión al que está sometido	$P_{ext} = 3.41 \text{ psi}$
Presión de diseño	$P_c = 46.73 \text{ psi}$
Longitud máxima sin rigidizar	$L_s = 6.67 \text{ m}$
$L_s/Do = 1.619$	$Do/t = 164.8$
Factor geométrico A	$4 \cdot 10^{-4}$
Factor geométrico B	5776
Módulo de elasticidad	$E = 28.88 \cdot 10^6$
Material	Acero – 515 (Grado 60)
Esfuerzo tangencial	$\sigma_t = 15 \cdot 10^3 \text{ psi}$
Espesor de la carcasa	$t = 25 \text{ mm}$
Espesor de la camisa	3.38 mm
Diámetro externo	$Do = 4.2 \text{ m}$
Espesor del fondo semiesférico	1.34 mm



<b>AGITADOR REACTOR DE HIDROLISIS</b>	
<i>DATOS</i>	
Viscosidad máxima de la mezcla	$\mu_{\max} = 50 \text{ cp}$
Viscosidad mínima de la mezcla	$\mu_{\min} = 1 \text{ cp}$
Cociente de viscosidad extremas	$\mu_{\max} / \mu_{\min} = 50$
Volumen del tanque	$V = 80 \text{ m}^3$
Viscosidad media de la mezcla	$\mu_{\text{media}} = 25 \text{ cp}$
Número de potencia	$N_p = 1.7$
Diámetro del tanque	$T = 4.67 \text{ m}$
<i>VARIABLES CALCULADAS</i>	
Velocidad de agitación	$v = 0.045 \text{ m/s}$
Capacidad volumétrica de circulación	$Q = 0.77 \text{ m}^3/\text{s}$
Diámetro del agitador	$d = 1.87 \text{ m}$
Anchura de las palas del agitador	$w = 0.37 \text{ m}$
Factor de potencia	$f = 1$
Velocidad de giro del agitador	$N = 56 \text{ rev/min}$
Potencia del agitador	$P = 37.18 \text{ Kw}$
Nivel máximo	$Z/T = 1.17$
<i>RESULTADOS</i>	
Número de impulsores	1
Potencia de cada impulsor	31.6 Kw / impulsor
Potencia teórica de cada impulsor	37.2 Kw / impulsor
Factor de potencia	$f = 1$
Claro inferior del impulsor	1.6 m

#### 4.11.2. Reactor de tratamiento básico

Es una reacción heterogénea donde el colágeno se convierte en gelatina, ocurriendo todo ello dentro de la matriz ósea. El proceso dura 10 días según bibliografía.

Necesitamos 10 vasijas, una por cada día de proceso.

<b>REACTOR 2</b>	
<b>DATOS NECESARIOS</b>	
Conversión	$x_A = 80\%$
Colágeno inicial de colágeno Kg	21595.48
Hidróxido sódico 1 M inicial	14800 Kg
Ácido clorhídrico inicial	1003.7 Kg
Volumen del reactor	463 m <sup>3</sup>
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Cantidad de gelatina obtenida	17276.38 Kg
Cantidad de colágeno inicial	21595.48 Kg
Cantidad de CaCl <sub>2</sub> obtenido	13783.19 Kg
<b>DIMENSIONES DEL REACTOR</b>	
Recipientes paredes delgadas	
Tiempo de vida	$t_{vida} = 10$ años
Desgaste por corrosión	0.1 pulg/año
Material	Acero SA – 516 grado 70
Eficiencia de junta	$E_s = 0.8$
Presión interna	$P_i = 22.1$ psi
Espesor por corrosión	$t_{corrosion} = 1''$
Esfuerzo tangencial	$\sigma_t = 17500$ psi
Dominan los esfuerzos tangenciales	
Factor F	$F = 0.00158$
Diámetro interno	$D = 7.62$ m
Altura total	$H = 13.15$ m
Espesor de la carcasa	$t_{carcasa} = 0.237''$
Espesor total	$t = 3.14$ cm
Cabeza y fondo elipsoidal 2:1	
Espesor de la cabeza y fondo	4.8 mm
Dimensiones escaleras	
Altura	$h_e = 12.36$ m
Área	$A_e = 9.1$ m <sup>2</sup>
Dimensiones de la plataforma	
Altura	$h_p = 12.62$ m
Área	$A_e = 0.74$ m <sup>2</sup>
Altura de la camisa soporte	$h_t = 3$ m

#### 4.11.3. Reactor de neutralización

Reactor en el que se va a neutralizar el  $\text{Ca(OH)}_2$  con ácido sulfúrico concentrado.

<b>REACTOR 3</b>	
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Masa de $\text{Ca(OH)}_2$ inicial	689.16 Kg
Volumen de $\text{H}_2\text{SO}_4$ 1M	9312.97 L
Tiempo de residencia	$t_R = 18$ min
<b>DIMENSIONES DEL REACTOR</b>	
Tiempo de vida	$t_{\text{vida}} = 10$ años
Desgaste por corrosión	0.1 pulg/año
Material	Acero SA – 516 grado 70
Eficiencia de junta	$E_s = 0.8$
Presión interna	$P_i = 22.1$ psi
Espesor por corrosión	$t_{\text{corrosion}} = 1$ "
Esfuerzo tangencial	$\sigma_t = 17500$ psi
Dominan los esfuerzos tangenciales	
Factor F	$F = 0.00158$
Diámetro interno	$D = 6.1$ m
Altura total	$H = 7.2$ m
Espesor de la carcasa	$t_{\text{carcasa}} = 0.19$ "
Espesor total	$t = 3.02$ cm
Cabeza y fondo elipsoidal 2:1	
Espesor de la cabeza y fondo	3.02 cm
Dimensiones escaleras	
Altura	$h_e = 9.62$ m
Área	$A_e = 7$ m <sup>2</sup>
Dimensiones de la plataforma	
Altura	$h_p = 9.7$ m
Área	$A_e = 0.57$ m <sup>2</sup>
Altura de la camisa soporte	$h_t = 3$ m

<b>AGITADOR REACTOR DE NEUTRALIZACIÓN</b>	
<i>DATOS</i>	
Viscosidad máxima de la mezcla	$\mu_{\max} = 7.79 \text{ cp}$
Viscosidad mínima de la mezcla	$\mu_{\min} = 1 \text{ cp}$
Cociente de viscosidad extremas	$\mu_{\max}/\mu_{\min} = 7.79$
Volumen del tanque	$V = 210 \text{ m}^3$
Viscosidad media de la mezcla	$\mu_{\text{media}} = 3.4 \text{ cp}$
Número de potencia	$N_p = 1.7$
Diámetro del tanque	$T = 6.1 \text{ m}$
<i>VARIABLES CALCULADAS</i>	
Velocidad de agitación	$v = 0.045 \text{ m/s}$
Capacidad volumétrica de circulación	$Q = 2.38 \text{ m}^3/\text{s}$
Diámetro del agitador	$d = 2.58 \text{ m}$
Anchura de las palas del agitador	$w = 0.52 \text{ m}$
Factor de potencia	$f = 1$
Velocidad de giro del agitador	$N = 92.39 \text{ rev/min}$
Potencia del agitador	$P = 828.3 \text{ Kw}$
Nivel máximo	$Z/T = 0.94$
<i>RESULTADOS</i>	
Número de impulsores	1
Potencia de cada impulsor	704.04 Kw / impulsor
Potencia teórica de cada impulsor	828.3 Kw / impulsor
Factor de potencia	$f = 1$
Claro inferior del impulsor	1.92 m

#### 4.11.4. Tanque de almacenamiento de alcalasa

<b>TANQUE 1</b>	
<i>DIMENSIONES DEL TANQUE</i>	
Tiempo de vida	$t_{\text{vida}} = 10 \text{ años}$
Desgaste por corrosión	0.1 pulg/año
Material	Acero SA – 516 grado 70
Eficiencia de junta	$E_s = 0.8$
Presión interna	$P_i = 22.1 \text{ psi}$
Espesor por corrosión	$t_{\text{corrosion}} = 1''$
Esfuerzo tangencial	$\sigma_t = 17500 \text{ psi}$
Dominan los esfuerzos tangenciales	
Factor F	$F = 0.0016$
Diámetro interno	$D = 0.7 \text{ m}$
Altura total	$H = 2.75 \text{ m}$
Espesor de la carcasa	$t_{\text{carcasa}} = 1.12 \text{ mm}$
Espesor total	$t = 26.52 \text{ mm}$
Cabeza y fondo elipsoidal 2:1	
Espesor de la cabeza y fondo	0.55 mm
Altura de la camisa soporte	$h_t = 0.75 \text{ m}$
Peso del tanque	$W = 18938.6 \text{ Kg}$
Volumen del tanque	$V = 1060 \text{ L}$
Temperatura	20°C

#### 4.11.5. Tanque de almacenamiento de agua

<b>TANQUE 2</b>	
<b>DIMENSIONES DEL TANQUE</b>	
Tiempo de vida	$t_{vida} = 10$ años
Desgaste por corrosión	0.1 pulg/año
Material	Acero SA – 516 grado 70
Eficiencia de junta	$E_s = 0.8$
Presión interna	$P_i = 50$ psi
Espesor por corrosión	$t_{corrosion} = 1$ "
Esfuerzo tangencial	$\sigma_t = 17500$ psi
Dominan los esfuerzos tangenciales	
Factor F	$F = 0.0036$
Diámetro interno	$D = 10.67$ m
Altura total	$H = 10.16$ m
Espesor de la carcasa	$t_{carcasa} = 19.05$ mm
Espesor total	$t = 44.45$ mm
Cabeza y fondo elipsoidal 2:1	
Espesor de la cabeza y fondo	19.05 mm
Altura de la camisa soporte	$h_t = 3$ m
Peso del tanque	$W = 42422.46$ Kg
Volumen del tanque	$V = 550.6$ m <sup>3</sup>
Temperatura	20°C
Dimensiones escaleras	
Altura	$h_e = 9.56$ m
Área	$A_e = 7.03$ m <sup>2</sup>
Dimensiones de la plataforma	
Altura	$h_p = 9.75$ m
Área	$A_e = 0.57$ m <sup>2</sup>

#### 4.11.6. Tanque de almacenamiento de NaOH

<b>TANQUE 3</b>	
<b>DIMENSIONES DEL TANQUE</b>	
Tiempo de vida	$t_{vida} = 10$ años
Desgaste por corrosión	0.1 pulg/año
Material	Acero SA – 516 grado 70
Eficiencia de junta	$E_s = 0.8$
Presión interna	$P_i = 22.1$ psi
Espesor por corrosión	$t_{corrosion} = 1$ "
Esfuerzo tangencial	$\sigma_t = 17500$ psi
Dominan los esfuerzos tangenciales	
Factor F	$F = 0.0016$
Diámetro interno	$D = 0.85$ m
Altura total	$H = 0.84$ m
Espesor de la carcasa	$t_{carcasa} = 0.69$ mm
Espesor total	$t = 26.1$ mm
Cabeza y fondo elipsoidal 2:1	
Espesor de la cabeza y fondo	1.35 mm
Altura de la camisa soporte	$h_t = 0.2$ m
Peso del tanque	$W = 3507.4$ Kg
Volumen del tanque	$V = 383.3$ L
Temperatura	20°C

4.11.7. *Tanque de almacenamiento de Ca(OH)<sub>2</sub>*

<b>TANQUE 4</b>	
<b>DIMENSIONES DEL TANQUE</b>	
Tiempo de vida	$t_{vida} = 10$ años
Desgaste por corrosión	0.1 pulg/año
Material	Acero SA – 516 grado 70
Eficiencia de junta	$E_s = 0.8$
Presión interna	$P_i = 50$ psi
Espesor por corrosión	$t_{corrosion} = 1$ "
Esfuerzo tangencial	$\sigma_t = 17500$ psi
Dominan los esfuerzos tangenciales	
Factor F	$F = 0.0036$
Diámetro interno	$D = 8.23$ m
Altura total	$H = 14.1$ m
Espesor de la carcasa	$t_{carcasa} = 14.73$ mm
Espesor total	$t = 40.13$ mm
Cabeza y fondo elipsoidal 2:1	
Espesor de la cabeza y fondo	14.7 mm
Altura de la camisa soporte	$h_t = 3$ m
Peso del tanque	$W = 58874.2$ Kg
Volumen del tanque	$V = 750$ m <sup>3</sup>
Temperatura	20°C

4.11.8. *Tanque de almacenamiento de HCl*

<b>TANQUE 5</b>	
<b>DIMENSIONES DEL TANQUE</b>	
Tiempo de vida	$t_{vida} = 10$ años
Desgaste por corrosión	0.1 pulg/año
Material	Acero SA – 516 grado 70
Eficiencia de junta	$E_s = 0.8$
Presión interna	$P_i = 50$ psi
Espesor por corrosión	$t_{corrosion} = 1$ "
Esfuerzo tangencial	$\sigma_t = 17500$ psi
Dominan los esfuerzos tangenciales	
Factor F	$F = 0.0036$
Diámetro interno	$D = 5.94$ m
Altura total	$H = 10.81$ m
Espesor de la carcasa	$t_{carcasa} = 10.7$ mm
Espesor total	$t = 36.07$ mm
Cabeza y fondo elipsoidal 2:1	
Espesor de la cabeza y fondo	10.7 mm
Altura de la camisa soporte	$h_t = 3$ m
Peso del tanque	$W = 14562.1$ Kg
Volumen del tanque	$V = 6300$ L
Temperatura	20°C

#### 4.11.9. Tanque de almacenamiento de $H_2SO_4$

<b>TANQUE 6</b>	
<b>DIMENSIONES DEL TANQUE</b>	
Tiempo de vida	$t_{vida} = 10$ años
Desgaste por corrosión	0.1 pulg/año
Material	Acero SA – 516 grado 70
Eficiencia de junta	$E_s = 0.8$
Presión interna	$P_i = 50$ psi
Espesor por corrosión	$t_{corrosion} = 1$ "
Esfuerzo tangencial	$\sigma_t = 17500$ psi
Dominan los esfuerzos tangenciales	
Factor F	$F = 0.0036$
Diámetro interno	$D = 6$ m
Altura total	$H = 12.88$ m
Espesor de la carcasa	$t_{carcasa} = 10.7$ mm
Espesor total	$t = 36.1$ mm
Cabeza y fondo elipsoidal 2:1	
Espesor de la cabeza y fondo	10.7 mm
Altura de la camisa soporte	$h_t = 2$ m
Peso del tanque	$W = 17350.6$ Kg
Volumen del tanque	$V = 279.$ m <sup>3</sup>
Temperatura	20°C

#### 4.12. Caldera

Nuestro proceso tiene unas necesidades de vapor de agua de 69635.95 Kg/h para suministrar esa cantidad, vamos a utilizar en Circuito Cerrado de Calefacción constituido por calderas de vapor OVS de la Compañía Osaka Boiler Co, de tipo pirotubulares, de forma cilíndrica y situación vertical, de presión de diseño estándar de 1 MPa (9,87 Kg/cm<sup>2</sup>) y 1,8 MPa(17,77 Kg/cm<sup>2</sup>) donde transfieren el calor al agua que pasa a vapor ("generation tube") y salen a la atmósfera por la chimenea. El agua a calentar, rodea el hogar interno y los haces de tubos.

Veamos el **catálogo** de estos equipos:

Boiler Model		OVS-1250-26	OVS-1600-29	OVS-2000-31.5	OVS-2500-33	OVS-3000-36.5	OVS-3500-38
Steam Output	kg/h	12500	16000	20000	25000	30000	35000
Boiler Dia. (DB)	mm	2600	2900	3150	3300	3650	3800
Out Line	Boiler Height (HB)	mm	5845	6245	6695	7575	7925
	Total height (HT)	mm	6720	7120	7570	8450	8800
	Burner Fitting (L)	mm	2365	2515	2640	2735	2910
	Gas Duct (DS)	mm	800	900	1000	1200	1250
Boiler Weight (Dry)	ton	21,3	25,8	31,5	37,8	45,9	52,0
Water contents	m3	7,1	8,8	10,4	11,3	13,8	14,9

Vamos a necesitar 2 calderas OVS 3500-38 ya que:

$$\text{N}^{\circ} \text{Calderas} = \frac{69635.95 \text{ Kg/h}}{35000 \text{ Kg/h-caldera}} = 1.99 \cong 2$$

#### 4.13. Envasadoras

- Envasadora de producto polvoriento

Se van a preparar bolsas de plástico con una capacidad de 1 Kg. Estas bolsas se almacenarán listas para empacarlas y distribuir las.

La estructura de la maquina empacadora vertical de polvo con dosificador por tornillo sin fin es:

1. Máquina empacadora
2. Dosificador por tornillo sin fin
3. Transportador espiral
4. Transportador de producto acabado
5. Sistema de pesaje
6. Detector de metales
7. Plataforma giratoria de producto acabado.



---

Será una máquina de medición de tipo mediano (300 – 1000 gr) con una velocidad de empaque de 50 bolsas/min como máximo. La potencia de la fuente de alimentación 2,5 KW y el peso de la máquina de 150 Kg.

Marca: SIM

Modelo: SM520C

Dimensión (LxWxH): 1.75 x 1.05 x 1.5

Velocidad de embalaje: 20 – 70 bolsas/min

- Envasadora de tabletas

Se usará primero una máquina contadora ya que se envasará en cada bolsa unas 500 tabletas que corresponderá a 500 gramos aproximadamente. Acto seguido se embolsará y se almacenará lista para ser empacada para su distribución.

Marca: MINGYUE

Modelo: MY – 60P

Dimensiones (LxWxH): 0.6 x 0.7 x 1.5 m

Capacidad: 40 – 60 bolsas/min

## 5. BIBLIOGRAFIA

Páginas webs:

- F:\molienda\tamices\tamiz vibratorio (series S49), China Tamiz vibratorio (series S49), Tamiz vibratorio (series S49) fabricante.mht
- F:\molienda\tamices\tamices.htm
- F:\molienda\molino de bolas\ball\_mill.htm
- F:\molienda\tritadora-de-quijada\_files\tritadora-de-quijada.html
- F:\molienda\tritadora-de-quijada\_files\ChatButton.htm

Archivos pdf:

- Tritadora de mandíbulas de la empresa Zenith.  
[www.zenithcrusher.com](http://www.zenithcrusher.com)

- 
- Problema N°3, Agosto 2002, de ingeniería en minas de la Comisión Nacional de evaluación y acreditación universitaria (Ministerio de Educación, Argentina)
  - “Criterios para el diseño de una cinta transportadora”. Juan Carlos Santillán Mestanza.

Libros:

- “Manual del Ingeniero Químico”, Perry. 6ª edición.
- “Manual de trituración y cribado”. Metso Expect results. 3ª Edición
- Apuntes de Ingeniería Enzimática y de Fermentación
- Carlos Alberto Prieto Velasco, 2007. Tesis Doctoral: “Diseño y Optimización de un reactor de membrana discontinuo para la hidrólisis enzimática de proteínas”. Ed. De la Universidad de Granada.
- Antonio María Guadix Escobar, 2001. “Producción en reactores de membranas hidrolizados enzimáticos de proteínas lácteas para la producción enteral”. Ed. De la Universidad de Granada
- Estudio cinético de la hidrólisis
- Secados de sólidos.pdf
- Secado.pdf
- El secado de los sólidos en la industria química.pdf

---

# **ANEXO ESTUDIO TECNICO**

---

## INDICE ANEXO ESTUDIO TECNICO

Paginas

ANEXO I. BALANCES DE MATERIA	1
5.1.    Balances a la etapa 1	1
1.1.    Silo – tolva recepción de materia prima	2
1.2.    Molino de quijada	2
1.3.    Tamizado 1	3
1.4.    Molino de bolas	8
1.4.1. Características	8
1.4.2. Proceso de diseño	9
1.5.    Tamizado 2	11
1.6.    Reactor 1. Hidrólisis	14
1.6.1. Reacción de hidrólisis	14
1.6.2. Alcalase 2.5 L	15
1.6.3. Estudios cinéticos	16
1.6.4. Reactores de membrana. Reactores continuos	18
1.6.5. Diseño del reactor de membrana	18
1.6.6. Control de temperatura	19
1.6.7. Proceso de cálculo	19
1.7.    Filtración centrífuga 1. Lavado alcalasa	22
1.7.1. Características generales	22
1.7.2. Lavado de la torta del filtro	25
1.7.3. Cálculos de diseño	26
1.8.    Secado 1	28
1.8.1. Mecanismo de secado	28
1.8.2. Secadero de túnel	29
1.8.3. Diseño de un secadero continuo	29

---

1.9.	Silo – tolva 2. Almacenamiento del tejido óseo procesado	36
1.9.1.	Características silo – tolva	36
1.9.2.	Silo usado en el proyecto	36
6.	Balances a la etapa 2	37
2.1.	Extracción sólido – líquido 1. Desmineralización	37
2.1.1.	Extracción sólido – líquido	37
2.1.2.	Velocidad de extracción	38
2.1.3.	Contacto múltiple en contracorriente	38
2.2.	Filtración centrífuga 2. Lavado HCl	40
2.3.	Reactor 2. Tratamiento básico	42
2.4.	Filtración centrífuga 3. Lavado de $\text{Ca}(\text{OH})_2$	43
2.5.	Reactor 3. Neutralización.	44
2.6.	Filtración centrífuga 4. Lavado de sales	45
2.7.	Extracciones sólido – líquido. Extracción de gelatina	46
2.7.1.	Velocidad de extracción	46
2.7.2.	Proceso de cálculo	48
2.7.3.	Resultados de la extracción sólido – líquido	50
3.	Balances a la etapa 3	52
3.1.	Preconcentración. Ultrafiltración	52
4.1.4.	Introducción	52
4.1.5.	Ecuaciones de transporte	52
4.1.6.	Operaciones discontinuas	54
4.1.7.	Cálculo de cada preconcentración	56
4.1.8.	Conclusiones	58
3.2.	Evaporador	58

---

---

3.2.1. Introducción	58
3.2.2. Evaporador a vacío	60
3.2.3. Cálculo del evaporador	60
3.3. Esterilización	62
3.3.1. Definición de esterilización	62
3.3.2. Esterilización por inyección de vapor	63
3.3.3. Cálculo de los esterilizadores	64
3.4. Enfriamiento	67
3.4.1. Cálculo del módulo de enfriamiento	67
3.5. Secado de la gelatina. Secado 2	69
3.6. Empaquetamiento	76
3.6.1. Almacenaje	76
3.6.2. Proceso de molienda y tamizado	76
3.6.3. Tamizado	78
3.6.4. Envasado	81
3.7. Caldera de vapor	82

## ANEXO II. BALANCES DE ENERGIA

1. Balances entálpicos al circuito de calefacción	84
1.1. Pre calentador de la alimentación de agua y alcalasa del reactor 1 de hidrólisis. Pre calentador	84
1.2. Pre calentadores del agua de los extractores de gelatina	94
1.3. Evaporadores	97
1.4. Esterilizadores	100
2. Balances entálpicos al circuito de refrigeración	103
2.1. Enfriador del evaporador	103
2.2. Enfriador del esterilizador	106

---

---

2.3.	Enfriador de la línea de proceso	108
2.4.	Enfriamiento de la gelatina sólida	110
2.5.	Enfriamiento agua de preconcentración	111
<b>ANEXO III. DISEÑO DE LOS EQUIPOS</b>		
1.	Tanques de almacenamiento y premezcla	115
1.1.	Teoría general para su dimensionado	115
2.	Cálculo del espesor del tanque (t) para soportar la presión interna	116
3.	Teoría para el diseño de los agitadores	119
4.	Reactores tanques agitados	124
4.1.	Teoría general de un RCMP de hidrólisis enzimática	124
4.1.1.	Cálculo de las dimensiones del reactor	127
4.2.	Tanque de neutralización	128
4.2.1.	Cálculo de sus dimensiones	128
4.2.2.	Cálculo del espesor	129
4.2.3.	Cálculo del agitador	129

---

## ANEXO DEL ESTUDIO TECNICO

El presente documento tiene la sola intención de completar el Estudio Técnico mediante la descripción detallada de la metodología seguida para el cálculo del proceso.

### ANEXO I. BALANCES DE MATERIA

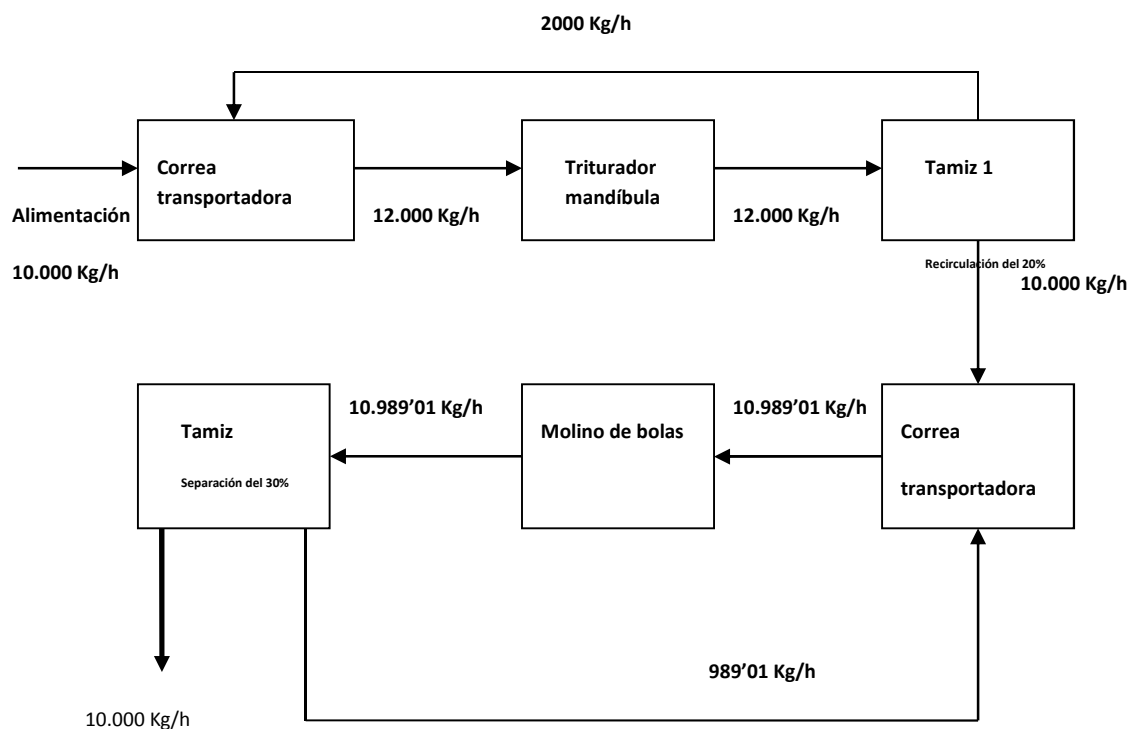
#### ESTIMACION PREVIA DE LAS CORRIENTES DE ALIMENTACIÓN

El cálculo analítico de los balances de materia se reduce a aplicar balances a los compuestos que intervienen en base másica (Kg/h) según la ecuación general siguiente:

$$\text{ENTRADA} + \text{SALIDA} = \text{GENERACION} + \text{REACCION}$$

#### 1. Balances a la etapa 1

Diagrama de bloques del proceso de molienda en la recepción del tejido óseo.





---

### 1.1. Silo – tolva recepción de materia prima

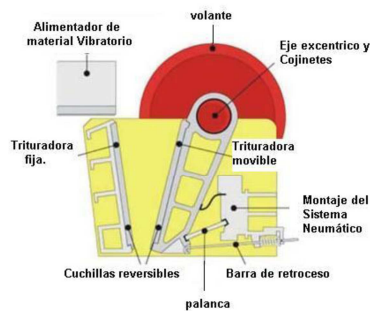
En este silo se almacenará la materia prima que se recibe, aunque no se puede mantener mucho tiempo ya que los tejidos blandos que aún llevaría el tejido óseo se descompondrían con rapidez generando malos olores.

El volumen sería de unos 300 m<sup>3</sup> tipo torre.

### 1.2. Molino de quijada

Para este caso usaremos el de mandíbulas o quijada para hacer una reducción primaria de los tejidos óseos del pescado.

Son molinos de estructura simple, fácil mantenimiento, capaces de soportar una intensidad resistente del material objeto de 320 MPa y fácil reparación en caso de avería. Las partículas finales son uniformes con una alta proporción de trituración.



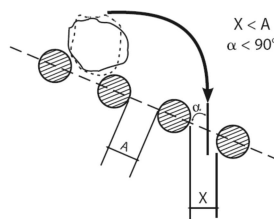
El tipo de trituradora de mandíbula que vamos a escoger es el modelo PE 250x400. Cuyos parámetros de funcionamiento son:

Modelo	Dimensión de boca para entrada (mm)	Tamaño de alimentador máxima (mm)	Capacidad (t/h)	Potencia de motor (KW)	Peso (t)
PE 250x400	440x250	200	5 - 20	15	1,5

### 1.3. Tamizado 1

Es una operación destinada a la separación mecánica o clasificación propiamente dicha, consiste en la distribución de una mezcla de partículas de diferente tamaño en dos o más fracciones, cada una de las cuales está formada por partículas de granulometría más uniforme que la mezcla ideal.

El tamizado es, en definitiva en una filtración sobre un soporte mucho más delgado que unas rejas a las que puede sustituir o complementar afinando su función. El tamiz consiste de una superficie con perforaciones uniformes por donde pasará parte del material y el resto será retenido por él. Para llevar a cabo el tamizado es requisito que exista vibración para permitir que el material más fino traspase el tamiz. Estos tipos de tamices vibran rápidamente con pequeñas amplitudes y se les llama *tamices vibratorios*.



En la tabla a continuación se presenta resumidamente el impacto de distintos parámetros. Los datos en la tabla son indicativos y están basados en parámetros estándar bajo condiciones normalmente de operación.

Efecto sobre... Parámetro	Eficiencia de cribado			Capacidad de alimentación	Eficiencia de la malla en obturación	Eficiencia de la malla en adherencia
	Malla fina	Malla media	Malla gruesa			
Velocidad de rotación incrementada	++	++	+	+	+	++
Longitud de carrera incrementada	-	+	++	++	++	+
Angulo de carrera incrementado	+	+	+	-	+	+
Inclinación incrementada	-	-	-	++	++	0

- ++ Efecto muy favorable
- + Efecto favorable
- Efecto desfavorable
- Ningún efecto significativo

---

✓ *Dimensionamiento*

Datos necesarios

a) Características de los materiales a ser cribados

- Densidad = 1,00086 t/m<sup>3</sup>
- Tamaño máximo de alimentación: 100 mm
- Granulometría del producto

Malla (mm)	100	25	10
% pasante	100	90	92.59

- Forma de la partícula: lajosa
- Contenido de humedad: Sin humedad
- Presencia o falta de material arcilloso: Sin presencia
- Temperatura: Temperatura ambiente: 25 °C
- Sin limitaciones de espacio
- Tipo de malla: Malla de goma

b) Eficiencia deseada: 90%

c) Tipo de tarea: Clasificación de materiales

d) Existencia o no de limitaciones de espacio y peso

e) Grado de conocimiento del material y del producto deseado: mayores de 25 mm, entre 10 y 25 mm, y menores de 10 mm.

Selección de cribas

Se seleccionan las cribas básicamente en conformidad con las características del material y tipo de tarea.

Tendremos un 90% del material pasante en el primer piso. Porcentaje que pasa a través del segundo piso (10 mm) y es del 92.59%.

---

Puesto que el porcentaje pasante en ambos pisos es alto, se recomienda usar la criba MF de inclinación variable.

La forma lajosa del material lleva a seleccionar una criba con malla de abertura cuadrada.

Se van a usar mallas de goma.

### Dimensionamiento

Se selecciona el tamaño de la criba basándose en el área de cribado y anchura de la criba.

La anchura de la criba se calcula para proporcionar el espesor de la capa de material sobre la criba compatible con la malla usada.

En los dos pisos se operan de la misma forma; el procedimiento es el siguiente:

Calculamos el área de cribado que corresponde a la siguiente fórmula:

$$Area = \frac{Q_U \cdot S}{Q_{espec}} \quad (m^2)$$

Donde:

$Q_U$ : Cantidad (t/h) de partículas subdimensionadas en la alimentación

S: Factor entre 1 – 1,4 siendo una función del conocimiento y confianza que se tenga en los datos disponibles sobre el material cribado.

$Q_{espec}$ : Capacidad específica de cribado

La cantidad de partículas subdimensionadas en la alimentación son las cantidades de partículas que pasan a través de la malla.

La capacidad específica de cribado se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$Q_{espec} = A \times B \times C \times D \times E \times F \times G \times H \times I \times J \times K \times L$$

A: Capacidad básica para la separación requerida en toneladas métricas por hora y metro cuadrado del área de la criba. Para ello miramos la figura 1.

---

B: Factor dependiente del porcentaje de material retenido. Miramos la figura 2; para el primer piso tenemos el 10% de sobredimensionamiento y para el segundo piso tenemos el 7.41% de dimensionamiento.

C: Factor relacionado con el porcentaje, en la alimentación, de material con tamaño inferior a la mitad del tamaño de separación requerido. Sacamos el dato mirando la figura 3.

D: Posición del piso. Miramos la tabla 1 teniendo en cuenta el piso en el que nos encontremos.

E: Cribado húmedo. Miramos la tabla 2 teniendo en cuenta que la humedad es despreciable.

F: Peso del material. Miramos la tabla 3 teniendo en cuenta que la densidad es de 1,0086 t/m<sup>3</sup>.

G: Área abierta de la superficie de cribado. Responde a la siguiente ecuación.

$$G = \frac{\text{Area\_relmente\_abierta\_}(\%)}{50\%}$$

H: Forma de la abertura de la malla. Teniendo en cuenta la tabla 4 y sabiendo que la abertura de la malla es cuadrada.

I: Forma de las partículas. Tenemos en cuenta de que tienen forma lajosa y miramos la tabla 5.

J: Eficiencia. Miramos la tabla 6 y tenemos en cuenta de que la eficiencia es del 90%.

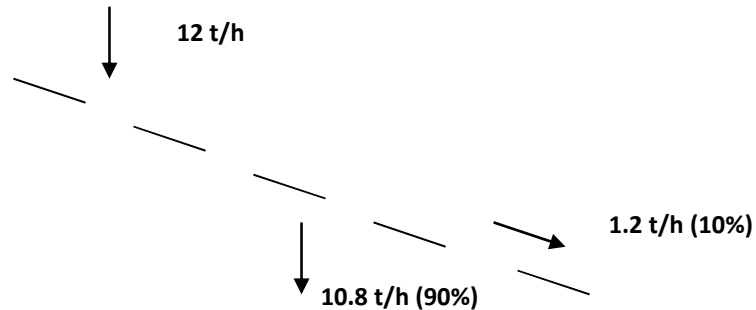
K: Tipo de criba. Miramos la tabla 7 sabiendo que la criba es de piso variable y vibración lineal.

L: Humedad. Miramos la tabla 8 teniendo en cuenta de que la humedad es despreciable.

---

Primer piso

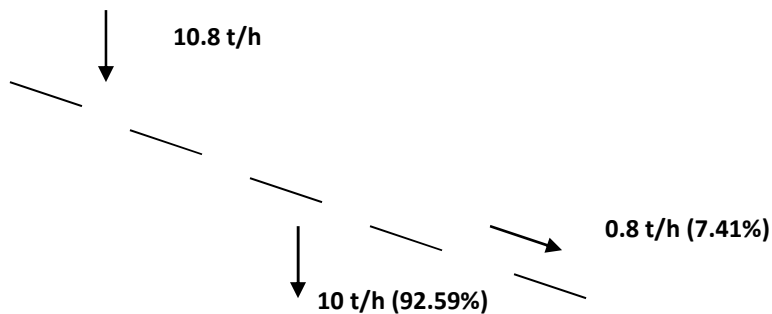
Diagrama de flujo:



Para obtener una separación de 25 mm usando una malla de goma con abertura cuadrada, el tamaño de la abertura debe ser de 33 mm. El área abierta de la criba con malla de goma con abertura de 33 mm es del 43%.

Segundo piso: separación de 10 mm

Diagrama de flujo:



Para obtener una separación de 10mm usando una malla de goma con abertura cuadrada, el tamaño de abertura debe ser 14,5 mm.

---

✓ *Resultados*

	<i>Piso 1</i>	<i>Piso 2</i>
<i>Alimentación t/h</i>	12	10.8
<i>A</i>	36.5	36
<i>B</i>	1,25	1.55
<i>C</i>	1.1	1,15
<i>D</i>	1	0,9
<i>E</i>	1	1
<i>F</i>	0,5	0,72
<i>G</i>	0.86	0,72
<i>H</i>	1	1
<i>I</i>	0,9	0,9
<i>J</i>	1	1
<i>K</i>	1,3	1,3
<i>L</i>	1	1
$Q_{espec}$	25.25	24.33
$Q_u, t/h$	10.8	10
<i>S</i>	1.2	1.2
<i>Area, m<sup>2</sup></i>	0.513	0,49

#### 1.4. Molino de bolas

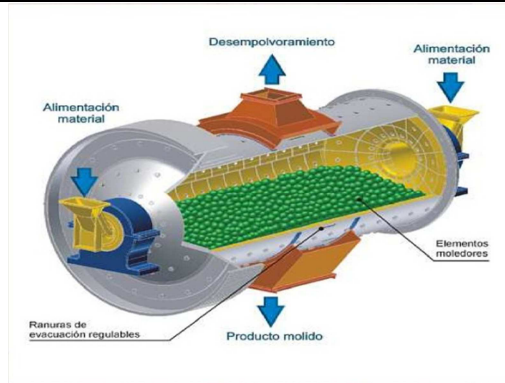
El diseño de este tipo de molino viene dado por la necesidad de aumentar el área expuesta para las sucesivas etapas del proceso.

##### 1.4.1. *Características*

Tras ser triturado el tejido óseo del pescado, el material sufrirá otro procedimiento de trituración. Puede usarse para triturar de forma seca o húmeda.

Sus principales características son:

- Función estable y buena calidad a prueba de fricción
- Productos de granulidad uniforme.
- Poca inversión y mucho ahorro energético.
- Fácil operación y uso con seguridad.



Consiste en una cámara horizontal o vertical con un motor que mueve un vástago central; este vástago mueve una serie de discos u otros elementos de agitación, que a su vez mueven las bolas de acero o vidrio, que son las responsables de la molienda.

#### 1.4.2. Proceso de diseño

El modelo elegido para el diseño es  $\Phi 1830 \times 6400$  mm cuyas características son:

Cantidad de llenado de bolas: 23 Tm

Tamaño de la alimentación:  $\leq 25$  mm

Granulación de descarga: 0,075 – 0,4 mm.

Producción: 6,5 – 15 T/h

Potencia motor: 210 Kw

Peso: 34 Tm

#### 1. Transferencia de calor

El principal problema de este proceso es disipar la energía.

La razón de disipación del calor es:

$$R = \frac{\text{Area.de.transferencia.de.calor}}{\text{Volumen.de.molino}} = \frac{\pi \cdot T \cdot L}{\frac{\pi \cdot T^2 \cdot L}{4}} = \frac{4}{T} = \frac{4}{1,83m} = 2,186m^{-1}$$

Siendo:

T: Diámetro de molino.

L: Largo del molino.



---

Esta razón disminuye cuando aumenta el diámetro.

## 2. Velocidad crítica de rotación, $V_c$ y velocidad de operación, $V_o$

La velocidad crítica de rotación del molino es la velocidad a partir de la cual la energía centrífuga no permite la molienda. En un molino a una velocidad angular baja, los medios de molienda, se elevan a una cierta altura, junto con el tambor, y luego resbalan o ruedan hacia abajo. Al aumentar la velocidad de rotación a partir de una velocidad llamada crítica, las bolas bajo el efecto de la fuerza centrífuga se adhieren a las paredes internas del molino y giran junto con él sin realizar ningún trabajo de molienda.

$$V_c = \frac{76,8}{\sqrt{D}} = \frac{76,8}{\sqrt{6,004}} = 31,34rpm$$

D: Diámetro (ft) del molino cuando el diámetro de bolas es pequeño en relación al del molino.

$$D = 1,83 \text{ m} = 6,004 \text{ ft}$$

La velocidad del molino debe mantenerse entre el 70% y el 85% de  $V_c$ .

$$V_o = 0,7 \times 31,34 = 21,94 \text{ rpm}$$

$$V_o = 0,85 \times 31,34 = 26,64 \text{ rpm}$$

La velocidad de operación oscila entre 21,94 rpm – 26,64 rpm.

La velocidad de operación es de 24,29 rpm

## 3. Cálculo del peso total de bolas del mundo

$$W = 80 \times D^2 \times L = 80 \times 6,004^2 \times 20,997 = 60552,02 \text{ lb} = \\ = 27523,65 \text{ Kg}$$

W: Peso total de las bolas (lb)

D: Diámetro de revestimientos en pies (ft): 1830 mm = 6,004 ft

L: Longitud del molino: 6400 mm = 20,997 ft

Usamos bolas de 3" de diámetro ( $\Phi$ ) sabiendo que pesa 1,817 Kg.

Calculamos el número de bolas iniciales:

$$60552,02lb \cdot \frac{1bola.3''\Phi}{1,817Kg} \cdot \frac{1Kg}{2,2lb} = 15147,85bolas$$

Aproximando el número de bolas iniciales: 15148 bolas

#### 4. Cálculo de la carga diaria de bolas de molino

Para la carga diaria de bolas al molino, se tiene que tener los siguientes datos:

➤ Mineral tratado en planta =

$$10989,01 \frac{Kg}{h} \times \frac{1T}{1000Kg} \times \frac{24h}{1dia} = 263,7T / dia$$

➤ Factor de consumo de bolas = 0,84 Kg/T

➤ Peso promedio de 1 bola de 3''Φ = 1,817 Kg

$$263,7T / dia \times 0,84 \frac{Kg}{T} \times \frac{1bola}{1,817Kg} = 121,91bolas / dia$$

Aproximando la carga diaria de bolas de 3''Φ = 122 bolas/día

#### 1.5. Tamizado 2

En este caso vamos a separar y clasificar los sólidos que salen del molino de bolas obteniéndose la cantidad de sólidos a tratar en la hidrólisis.

➤ *Dimensionamiento*

##### Datos necesarios

a) Características de los materiales a ser cribados

- Densidad = 1,0086 t/m<sup>3</sup>
- Tamaño máximo de alimentación: 2 mm
- Granulometría del producto

Malla (mm)	2	0,75	0,5
% pasante	100	95,55	95,24

➤ Forma de la partícula: lajosa

- 
- Contenido de humedad: Sin humedad
  - Presencia o falta de material arcilloso: Sin presencia
  - Temperatura: Temperatura ambiente: 25 °C
  - Sin limitaciones de espacio
  - Tipo de malla: Malla de goma
- b) Eficiencia deseada: 90%
- c) Tipo de tarea: Clasificación de materiales
- d) Existencia o no de limitaciones de espacio y peso
- e) Grado de conocimiento del material y del producto deseado: mayores de 2 mm, entre 0,5 y 0,75 mm, y menores de 0,5 mm.

#### Selección de cribas

Se seleccionan las cribas básicamente en conformidad con las características del material y tipo de tarea.

Tendremos un 95,55% del material pasante en el primer piso. Porcentaje que pasa a través del segundo piso (0,5 mm) y es del 95,24%.

Puesto que el porcentaje pasante en ambos pisos es alto, se recomienda usar la criba MF de inclinación variable.

La forma lajosa del material lleva a seleccionar una criba con malla de abertura cuadrada.

Se van a usar mallas de goma.

#### Dimensionamiento

Se selecciona el tamaño de la criba basándose en el área de cribado y anchura de la criba.

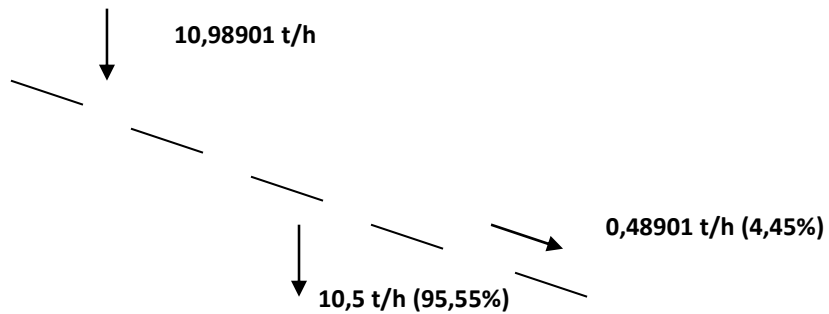
La anchura de la criba se calcula para proporcionar el espesor de la capa de material sobre la criba compatible con la malla usada.

El proceso de cálculo es el mismo que en el tamizado 1

---

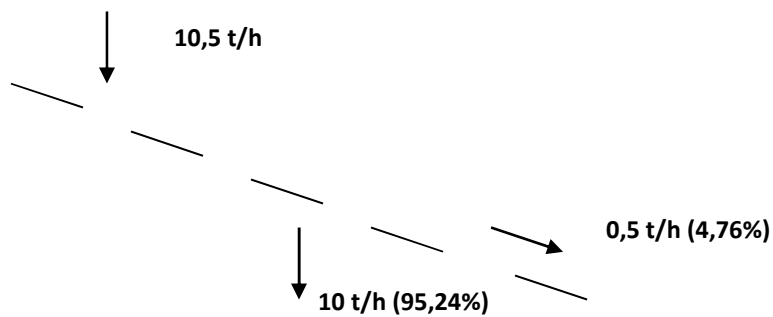
## Primer piso

Diagrama de flujo:



## Segundo piso: separación de 0,5 mm

Diagrama de flujo:



Para obtener una separación de 0,5 mm usando una malla de goma con abertura cuadrada, el tamaño de abertura debe ser 14,5 mm.

---

✓ Resultados

	<i>Piso 1</i>	<i>Piso 2</i>
<i>Alimentación t/h</i>	10.99	10.5
<i>A</i>	35	37
<i>B</i>	1,57	1.55
<i>C</i>	1.17	1,15
<i>D</i>	1	0,9
<i>E</i>	1	1
<i>F</i>	0,5	0,5
<i>G</i>	0.72	0,72
<i>H</i>	1	1
<i>I</i>	0,9	0,9
<i>J</i>	1	1
<i>K</i>	1,3	1,3
<i>L</i>	1	1
$Q_{espec}$	27.08	25
$Q_u, t/h$	10.5	10
<i>S</i>	1.2	1.2
<i>Area, m<sup>2</sup></i>	0.47	0,48

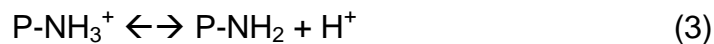
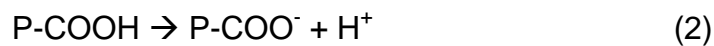
---

## 1.6. Reactor 1. Hidrólisis

### 1.6.1. *Reacción de hidrólisis*

La hidrólisis proteolítica no es una reacción única, sino que se trata de un conjunto de reacciones simultáneas de ruptura de enlaces, con distintas especies cargadas en equilibrio, lo que da una gran complejidad a este tipo de procesos.

Cuando se hidroliza un enlace peptídico (1) a pH alcalino, comprendido entre 7 y 10, el grupo carboxilo estará totalmente disociado (2) y el grupo amino parcialmente protonado (3), lo que conlleva a una bajada continuada del pH.



Por tanto, se concluye que por cada mol de enlaces peptídicos hidrolizados surge un mol de aniones monovalentes,  $\text{P-COO}^-$ , un mol de cationes monovalentes  $\text{H}^+$  y otro repartido entre las especies  $\text{P-NH}_3^+$  y  $\text{H}^+$ . Al producirse estos protones se va a acidificar el medio, por lo que es necesario controlar el pH para conseguir que la enzima trabaje en sus intervalos óptimos. Para ello se añade una base para neutralizar estos protones y así conseguir la estabilidad del pH. Los protones son sustituidos por el catión de la base, por tanto los moles de base añadida son equivalentes a los protones generados por la hidrólisis, que solo es una fracción de los enlaces amino hidrolizados. El equilibrio de (3), que puede considerarse como instantáneo, ya que solo implica el intercambio de un protón, permite calcular la fracción de los enlaces amino hidrolizados que debe ser neutralizada por la base para mantener el pH, y por lo tanto relacionar el consumo con el grado de hidrólisis.

### 1.6.2. *Alcalase 2.5 L*

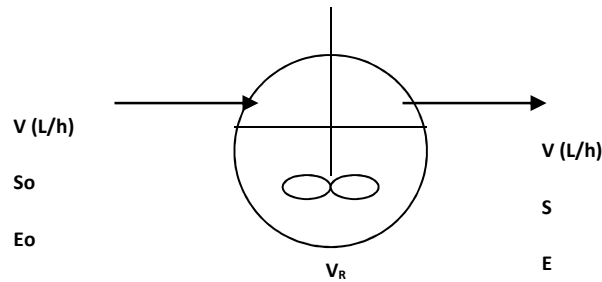
El preparado Alcalase 2.5 L contiene una enzima proteolítica preparada por fermentación sumergida de una cepa seleccionada del *Bacillus Licheniformis*. El principal componente enzimático de Alcalase 2.5L es Subtilisin A (Subtilisin Carlsberg), que es una endoproteinasa de tipo serínico.

---

### 1.6.3. Estudios cinéticos

El proceso puede explicarse como resultado de una competición entre el sustrato original y los péptidos que se van formando durante la hidrólisis.

Desarrollo de la cinética:



$$v_d = -k_d \cdot [E]$$
$$v_s = -\frac{k_c \cdot [E] \cdot S}{k + S}$$

Balance de enzima por unidad de tiempo:

$$v \cdot E_0 + v_d \cdot V_R = v \cdot E$$

Sustituyendo  $v_d$ :

$$v \cdot E_0 - k_d \cdot E \cdot V_R = v \cdot E$$

Balance de sustrato:

$$v \cdot S_0 + v_s \cdot V_R = v \cdot S$$

Sustituyendo  $v_s$ :

$$v \cdot S_0 - \frac{k_c \cdot E \cdot S}{k + S} \cdot V_R = v \cdot S$$

Dividiendo por  $V_R$ :

$$\frac{v \cdot S_0}{V_R} - \frac{k_c \cdot E \cdot S}{k + S} = \frac{v \cdot S}{V_R}$$

El cociente  $v/V_R$  se conoce como velocidad de dilución, y tiene unidades de  $t^{-1}$  y representa el caudal de alimentación que se trata en el reactor por unidad de volumen.

---

$$D(S_0 - S) = \frac{k_c \cdot E \cdot S}{k + S}$$

Teniendo en cuenta la velocidad de dilución el balance de enzima también se puede expresar como:

$$D \cdot E_0 - k_d \cdot E = D \cdot E$$

y despejando E:

$$E = \frac{D}{D + k_d} \cdot E_0$$

Esta ecuación proporciona la concentración de enzima activa en el reactor y en la salida.

Teniendo en cuenta que la conversión del sustrato viene dado por:

$$x = \frac{S_0 - S}{S_0}$$

el balance de sustrato se puede poner como:

$$D \cdot S_0 \cdot x = \frac{k_c \cdot (1 - x)}{(k + S_0 \cdot (1 + x))} \cdot \frac{D}{D + k_d} \cdot E_0$$

La ecuación anterior se puede reordenar de la forma:

$$\frac{D + k_d}{E_0} = \frac{k_c \cdot (1 - x)}{x(k + S_0 \cdot (1 + x))} \quad \text{ECUACION DE DISEÑO DEL REACTOR}$$

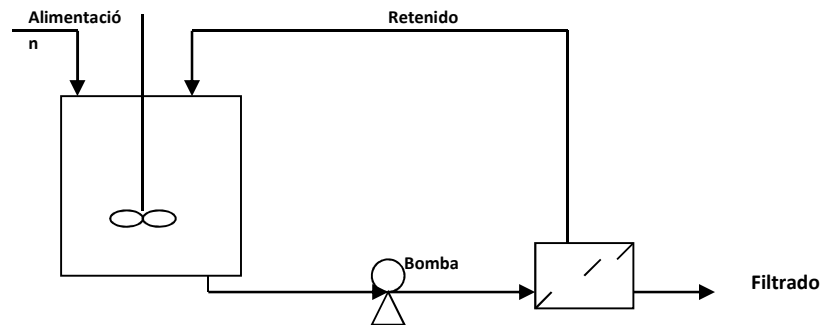
Para  $k_d$ ,  $k_c$  y  $k$  constantes y unas condiciones de operación fijas ( $S_0$  y  $x$ ),  $D$  y  $E_0$  son proporcionales.

Si aumentamos  $E_0$ , el caudal de alimentación,  $V$ , tiene que aumentar, o el volumen del reactor,  $V_R$ , tiene que disminuir.



---

#### 1.6.4. Reactores de membrana. Reactores continuos



Esta configuración, que utiliza la diferencia de peso molecular entre la enzima y el producto, solventa mucho de los problemas del proceso discontinuo y de la técnica de enzimas inmovilizadas e implica el uso de la tecnología de membranas. La enzima, en forma soluble, queda retenida a un lado de la membrana, donde es puesta en contacto con el sustrato, mientras que el producto debe ser lo suficientemente pequeño para permear a través de la membrana.

#### 1.6.5. Diseño del reactor de membrana

Puntos a tener en cuenta:

- Parámetros cinéticos de un reactor discontinuo.
- A pesar de la pérdida de actividad de la enzima, la alta conversión del sustrato (medida como concentración de producto en el permeado dividida entre concentración de sustrato en la alimentación) puede ser mantenida durante largos períodos de tiempo ajustando la relación enzima / sustrato y el tiempo de residencia (definido como volumen de mezcla de reacción entre el flujo de permeado).
- La caída de flujo puede ser minimizada controlando la concentración por polarización y la colmatación de la membrana, es decir, manteniendo altos caudales de recirculación.
- Selección cuidadosa de las características de la enzima.

- 
- El módulo de membrana de UF debe tener una alta relación área/volumen, bajo volumen muerto y un alto flujo para presiones transmembrana bajas.

Los parámetros importantes de diseño para el reactor de membranas son: tiempo de residencia (a veces denominado tiempo espacial), concentración de sustrato de entrada, actividad o concentración de la enzima, temperatura y pH de la mezcla de reacción y relación enzima/sustrato.

La ecuación de Michaelis – Menten ha sido usada para derivar ecuaciones cinéticas que describen la activación de los reactores enzimáticos. Esta ecuación es integrada respecto al tiempo y combinada con un balance másico de sustrato. Se usa para describir la relación entre conversión de sustrato y los parámetros del reactor.

#### 1.6.6. Control de la temperatura

La temperatura del tanque de reacción se mantiene constante haciéndole pasar agua a través de un tanque encamisado, éste agua se obtiene del evaporador 1 a 54°C.

#### 1.6.7. Proceso de cálculo

Los datos que necesitamos son:

$$x \text{ (conversión)} = 60\%$$

$$k_c = 19,03 \text{ h}^{-1}$$

$$[S_o] = 0,01992 \text{ Kg/L}$$

$$v = 10000 \text{ kg/h} = 9914,73 \text{ L/h}$$

$$[E_o] = 0,98559 \text{ Kg/L}$$

$$k = 5 \cdot 10^{-4} \text{ Kg/L}$$

$$k_d = 385 \text{ h}^{-1}$$

Obtención del volumen de reacción:

$$\frac{D + k_d}{E_o} = \frac{k_c \cdot (1 - x)}{x \cdot (k + S_o(1 + x))}$$

---


$$\frac{D + 385}{0,98559} = \frac{19,03 \cdot (1 - 0,6)}{0,6 \cdot (5 \cdot 10^{-4} + 0,01992(1 + 0,6))}$$

$$D = 1,26 \text{ h}^{-1}$$

$$D = v/V_R \rightarrow V_R = v/D$$

$$V_R = \frac{9914,73 \text{ L/h}}{1,26 \text{ h}^{-1}} = 7868,83 \text{ L}$$

Como estamos en un tanque agitado, para facilitar el contacto del sólido y la enzima añadimos agua al reactor. Calculamos el caudal de agua necesario este fin.

El sólido y la enzima solo ocupan el 10% del recipiente, por tanto el volumen del recipiente es:

$$V_{\text{reactor}} = \frac{7868,63 \text{ L} \times 100\%}{10\%} = 78686,63 \text{ L} \approx 80000 \text{ L}$$

Y el caudal de agua lo fijamos en:  $Q_{\text{agua}} = 60000 \text{ L/h}$

Calculamos la cantidad necesaria de enzima para conseguir un 60% de conversión de las proteínas a proteínas hidrolizadas. A partir de los cálculos de un estudio cinético de la enzima Alcalasa.

Se necesitan 4% (v/p) de enzima (4 ml E/1 gr S) para 0,45 g P/g Biomasa

En nuestro reactor tenemos:

$$\frac{2 \cdot 10^5 \text{ grP}}{10^7 \text{ grBiomasa}} = 0,02 \text{ grP/grB}$$

Por tanto necesitaremos 0,178% (v/p) de Alcalasa.

Con este dato hallamos el volumen necesario de enzima.

$$0,178 \text{ mlE/grS} \cdot 2 \cdot 10^5 \text{ grS} = 35555,6 \text{ ml} = 35,56 \text{ L. enzima}$$

Para que se mantenga el pH en 8 tenemos que añadir una base, la base que vamos a añadir es NaOH.

Partimos de 200 Kg de proteínas, como la hidrólisis libera un mol de  $\text{H}^+$  por cada mol de proteínas, calculamos los moles de proteínas que tenemos.

---


$$2 \cdot 10^5 \text{ g. Prot.} \frac{1 \text{ mol}_{-} \text{ prot}}{10^4 \text{ gr}_{-} \text{ prot}} = 20 \text{ mol}_{-} \text{ prot}$$

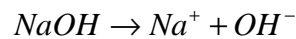
Obtenemos la concentración de proteínas:

$$20 \text{ mol} / 80000 \text{ L} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

Esta concentración es la misma que para  $\text{H}^+$ , por tanto el pH de la reacción inicial es:

$$\text{pH} = -\text{Log} [\text{H}^+] = -\text{Log} (2,5 \cdot 10^{-4}) = 3,6$$

Este pH hay que subirlo a 8, para ello usamos NaOH es base fuerte y por tanto está totalmente dissociada. Las reacciones que se dan son:



Ya se sabe que hay una concentración de  $[\text{H}^+]$  de  $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$ , por tanto se necesitará la misma cantidad de  $\text{OH}^-$  para neutralizar los hidronios, pero eso no es suficiente. Hay que elevar el pH, por tanto se necesitará mayor concentración de base.

$$\text{pH} = 8 \rightarrow \text{pOH} = 6$$

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] \rightarrow 6 = -\log [\text{OH}^-]$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-6} \text{ mol/L}$$

Por tanto la concentración de hidroxilos final es:

$$[\text{OH}^-]_f = 2,01 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

Por tanto se necesitan  $[\text{OH}^-]_f = 2,51 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$  de NaOH

Para ello vamos a usar una disolución 1 M de NaOH. Por tanto el caudal de NaOH necesario es:

$$2,51 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L} \times 80000 \text{ L} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}} \times \frac{1 \text{ L}}{1 \text{ mol}} = 16,1 \text{ L/h} - \text{NaOH}$$

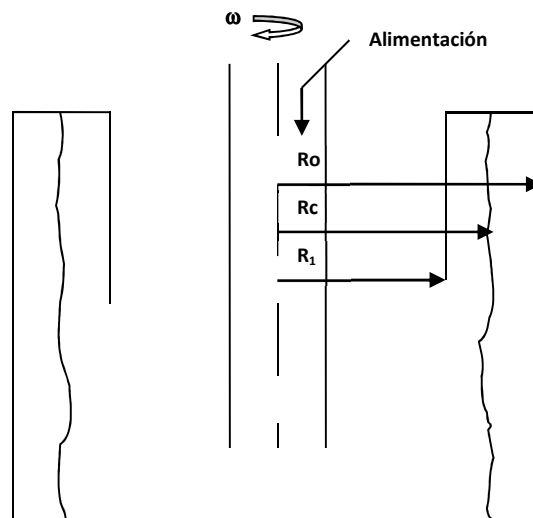
Por tanto queda el siguiente cuadro:

REACTOR 1. HIDRÓLISIS PROTEINAS				
Componentes	Corriente de entrada		Corriente de salida	
	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso
Alcalasa	0,0374	$5,34 \cdot 10^{-5}$	0,0374	$5,34 \cdot 10^{-5}$
NaOH	0,01004	$1,43 \cdot 10^{-5}$	0,01004	$1,43 \cdot 10^{-5}$
Proteínas Hidrolizadas	0	0,00	177,8	0,254
Agua	60000	85,71	60000	85,71
Fosfatos	0	0,00	0	0
HCl	0	0,00	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0,00	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0,00	0	0
Matriz ósea	10000	14,29	9822,2	14,03
Gelatina	0	0,00	0	0
Total, Kg/h	70000,04744		70000,04744	

## 1.7. Filtración centrífuga 1. Lavado alcalasa

### 1.7.1. Características generales.

Es la filtración realizada mediante una fuerza centrífuga. Se basa en considerar el flujo a través de una torta de sólidos; por lo que se fundamenta más en los principios de la filtración que en los de la centrifugación.



Consiste en un cilindro poroso en línea con un medio filtrante de baja resistencia al flujo (Radio  $R_o$ ),  $\beta \cong 0$ .

La superficie de la suspensión a un radio  $R_1$ , que se mantiene constante añadiendo alimento a medida que sale filtrado. Cuando el espesor de la torta aumenta, disminuye  $R_c$ .

Por simplicidad se supone que la torta es incompresible ( $\beta \cong 0$ ). Si fuera compresible habría que tener en cuenta la siguiente expresión:

---

$$\alpha = \alpha_0 \cdot \Delta P^n$$

siendo  $n$  el factor de compresibilidad.

Se basa en las siguientes ecuaciones:

*Ecuación de Karman – Kozeny:* Da la caída de presión a través de un lecho de partículas (torta de filtración) en régimen laminar (torta plana).

$$\frac{\Delta P}{l} = \frac{150 \cdot (1 - \varepsilon)^2}{\varepsilon^3 \cdot dp^2} \cdot \mu \cdot v$$

$\mu$ : Viscosidad del filtrado

$v$ : Velocidad superficial del fluido.

$l$ : Espesor de la torta

$\alpha$  es la resistencia específica de la torta; depende de la porosidad y tamaño de las partículas de la torta.

$$\alpha = \frac{150 \cdot (1 - \varepsilon)}{\varepsilon^3 dp^2 \cdot \rho_s}$$

Sustituyendo  $\alpha$  en la ecuación de Karman – Kozeny

$$\frac{\Delta P}{l} = \alpha \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \rho_s \cdot \mu \cdot v$$

$\rho_c$  es la densidad aparente de la torta

$$\rho_c = \frac{\text{masa\_de\_sólidos}}{\text{volumen\_de\_torta}} = \frac{\rho_s \cdot V_s}{V_t} = \frac{\rho_s \cdot (1 - \varepsilon) V_t}{V_t} = \rho_s \cdot (1 - \varepsilon)$$

$$\frac{\Delta P}{l} = \alpha \cdot \rho_c \cdot \mu \cdot v$$

Donde  $(1 - \varepsilon)$  es la fracción de sólidos en volumen.

$v$  (velocidad superficial) no es constante porque las superficies torta - centrífuga no son iguales, varía con el radio porque la torta no es plana, por tanto, para un caudal  $Q$  determinado:

$$v = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot L}$$

siendo L la altura de la centrífuga y  $2 \cdot \pi \cdot r \cdot L$  el área lateral de la torta o cilindro de radio r. El radio varía entre  $R_C$  y  $R_o$ .

Al no ser constante la velocidad superficial (v), tampoco lo será  $\Delta P$ , es decir  $\Delta P$  variará con el radio.

$$-\frac{dP}{dr} = \alpha \cdot \rho_c \cdot \mu \cdot \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot L}$$

Integrando entre  $R_o$  y  $R_c$  (todo el espesor de la torta) y suponiendo Q constante obtenemos la expresión de la caída de la presión de la torta:

$$\Delta P = \frac{Q \cdot \alpha \cdot \rho_c \cdot \mu}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \ln\left(\frac{R_o}{R_c}\right)$$

Si Q no es constante, ésta disminuye a medida que aumenta el espesor de la torta (disminuye  $R_c$ ). Q y  $R_c$  son función del tiempo.

$$Q = \frac{dV_f}{dt} = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot \Delta P}{\alpha \cdot \mu \cdot \rho_c \cdot \ln\left(\frac{R_o}{R_c}\right)}$$

La relación entre V y  $R_c$  es:

$$m = s \cdot V = \pi \cdot (R_o^2 - R_c^2) \cdot L \cdot \rho_c \Rightarrow V = \frac{\pi \cdot (R_o^2 - R_c^2) \cdot L \cdot \rho_c}{s}$$

$$dV = \frac{\pi \cdot L \cdot \rho_c}{s} \cdot (-2 \cdot R_c) \cdot \frac{dR_c}{dt}$$

Sustituimos en Q:

$$\frac{\pi \cdot L \cdot \rho_c}{s} \cdot (-2 \cdot R_c) \cdot \frac{dR_c}{dt} = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot \Delta P}{\alpha \cdot \mu \cdot \rho_c \cdot \ln\left(\frac{R_o}{R_c}\right)}$$

Separamos variables e integramos obtenemos el tiempo que tarda en obtenerse una torta de espesor  $R_o - R_c$ :

$$t = \frac{\alpha \cdot \mu \cdot \rho_c^2 \cdot R_c^2}{4 \cdot s \cdot \Delta P} \left[ \left(\frac{R_o}{R_c}\right)^2 - 2 \cdot \ln\left(\frac{R_o}{R_c}\right) - 1 \right]$$

La caída de presión debida a la fuerza centrífuga sobre el fluido se expresa con la siguiente formula:

---

$$\Delta P = \frac{\rho \cdot \omega^2 \cdot (R_o^2 - R_i^2)}{2}$$

La modelización de la filtración en centrífugas es compleja y los modelos teóricos no permiten predecir con precisión las características de la filtración. Esto debido a que el área para el flujo y la fuerza impulsora se incrementa con la distancia al eje y la resistencia específica de la torta también varía.

### *1.7.2. Lavado de la torta del filtro*

Al final del período de filtración, la torta del filtro se asemeja a un lecho empacado con espacios entre las partículas llenos de la solución. El volumen y la velocidad de flujo del líquido de lavado necesario para reducir el contenido de soluto de la torta hasta el grado deseado, son cantidades importantes a considerar en el diseño y la operación de un filtro.

El volumen de líquido de lavado que se requiere para la remoción casi completa del soluto es generalmente mucho mayor que el volumen de solución retenido en la torta después de la filtración. Durante la primera parte del período de lavado, llamado lavado de desplazamiento, el líquido pasa a través de la torta, empujando la solución delante de él, y la concentración de soluto en la corriente de salida se iguala a la concentración inicial de soluto en el filtrado.

El lavado de desplazamiento podría extraer todo el soluto con un mínimo de líquido de lavado si el lecho tuviese un tamaño uniforme de poros y un flujo tipo tapón ideal sin ninguna dispersión axial. La concentración del efluente permanecería constante hasta que toda la solución fuera desplazada y cayera luego abruptamente hasta cero. En la práctica, algunos de los espacios vacíos de la torta están en bolsas o canales laterales donde hay poco flujo o nada, y estos todavía retienen soluto cuando la solución ya ha sido desplazada de los canales principales, y hay una rápida caída en la concentración del efluente, similar a la de las curvas de penetración en las separaciones de lecho fijo. Esta etapa de difusión de lavado puede comenzar cuando de la mitad a dos tercios de la solución en la torta ha sido desplazada. Para una torta de partículas porosas, el producto adicional retenido en los poros y la baja difusividad efectiva prolonga la etapa de difusión y se requiere más volumen de lavado para un determinado porcentaje de remoción.



Además del tiempo de lavado se debe tener en cuenta que se precisa un tiempo adicional para la separación de la torta y la limpieza. Por tanto el tiempo total de ciclo es la suma de los tiempos de filtración, lavado, limpieza y los tiempos muertos entre estas operaciones.

### 1.7.3. Cálculos de diseño

En este proceso lo que nos interesa es la torta que contiene a los huesos desengrasados, los cuales en su matriz ósea contiene el colágeno. El filtrado se lleva a una ultrafiltración para la recuperación de la enzima Alcalasa.

Datos necesarios:

$R_c$	100 cm
$R_o$	102 cm
$h_t$ (Altura de la centrífuga)	100 cm
$t_c$ (Tiempo de ciclo)	1 h
$s$	0,0235 gr/cm <sup>3</sup>
$\Delta P$	1,919 atm
	19444426,75 din/cm <sup>2</sup>
$\rho_c$	1,00386 gr/cm <sup>3</sup>
$\mu\alpha$	$6,408 \cdot 10^7$
Caudal de entrada	70066,39 L/h
Eficiencia del lavado, $\delta$	80%
La torta retiene un 7% del	7%
La torta de be tener un 5% de la	cantidad total de Alcalasa
$\omega$	530 rpm
T de la corriente de entrada	50°C
Temperatura del agua de entrada	15 °C

#### 1. Cálculo del tiempo de filtrado.

El tiempo de filtrado para una filtración centrífuga corresponde a la siguiente expresión:

$$t = \frac{\alpha \cdot \mu \cdot \rho_c^2 \cdot R_c^2}{4 \cdot s \cdot \Delta P} \left[ \left( \frac{R_o}{R_c} \right)^2 - 2 \cdot \ln \left( \frac{R_o}{R_c} \right) - 1 \right]$$

Sustituimos los valores y obtenemos:

$$t_f = 280,78 \text{ s} = 4,68 \text{ min}$$

#### 2. Cálculo del tiempo de lavado

El tiempo de lavado corresponde a la expresión:

$$\frac{V_w}{t_w \cdot A} = \sqrt{\frac{\Delta P^{1-n}}{2 \cdot s \cdot \alpha \cdot \mu \cdot t_f}}$$

Calculamos el área de la centrífuga:  $A = 2 \cdot \pi \cdot R_o \cdot h_t$ .

$$A = 64088,49 \text{ cm}^2$$

Ante la imposibilidad de obtener el dato de compresibilidad de la torta, suponemos que la torta no es compresible,  $n = 0$ .

Calculo del volumen de lavado:

- Cálculo del volumen de filtrado:

$$V_f = V_{\text{total}} \cdot t_c = 70051700 \text{ cm}^3/\text{h} \cdot 1 \text{ h} = 70051700 \text{ cm}^3$$

- Obtención de m:

$$r = (1 - \delta)^m \Rightarrow m = \frac{\text{Log}(r)}{\text{Log}(1 - \delta)} \quad m = 1,652$$

- Cálculo del volumen de la torta:

$$V_{\text{torta}} = 70051700 \text{ cm}^3 \times 0,07 = 4903619 \text{ cm}^3$$

Por tanto el volumen de lavado es:

$$V_w = m \times V_{\text{torta}} = 4903619 \text{ cm}^3 \times 1,652 = 810778.588 \text{ cm}^3$$

Y sustituyendo en la expresión para el tiempo de lavado, obtenemos:

$$t_w = 833.57 \text{ s} = 13,89 \text{ min}$$

Al ser el tiempo de ciclo de 60 minutos, 41,69 min restantes perteneces a la carga, descarga y limpieza del filtro.

Para conseguir un proceso continuo necesitaremos 20 filtros.

### 3. Características de las corrientes de entrada y de salida

Componentes	FILTRACION CENTRIFUGA 1. LAVADO ALCALASA							
	Corriente de entrada 1		Agua de lavado 1		Filtrado 1		Torta 1	
	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso
Alcalasa	0,0374	5,34 · 10 <sup>-5</sup>	0	0	0,03553	5,58E-05	0,00187	1,30E-05
NaOH	0,01004	1,43 · 10 <sup>-5</sup>	0	0	0,01004	1,58E-05	0	0
Proteínas Hidrolizadas	177,8	0,254	0	0	177,8	0,279	0	0
Agua	60000	85,71	8100,78	100	63496,33	99,721	4604,45	31,92
Fosfatos	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	9822,2	14,03	0	0	0	0	9822,2	68,08
Gelatina	0	0	0	0	0	0	0	0
Total, Kg/h	70000,04744		8100,78		63674,1756		14426,652	

---

## 1.8. Secado 1.

El objetivo de este proceso es la prolongación de la vida útil del producto y la reducción de volumen y peso, lo cual reduce gastos de almacenamiento y transporte.

Para que tenga lugar el secado, la materia ósea absorbe calor del aire, teniendo lugar la evaporación del agua de la superficie.

### 1.8.1. *Mecanismos de secado*

Cuando se hace pasar aire caliente sobre un alimento húmedo, el vapor de agua difunde a través de una capa límite de aire que rodea el alimento, para posteriormente ser arrastrado por la corriente de aire. Se establece un gradiente de presiones de vapor desde el interior del alimento húmedo hasta el aire seco. Este gradiente constituye la fuerza impulsora para la eliminación del agua del alimento.

Las tres características que son necesarias para llevar a cabo un buen secado son:

1. Una temperatura de bulbo seco moderadamente elevada.
2. Una humedad relativa moderadamente baja.
3. Una velocidad de aire elevada.

---

### 1.8.2. Secadero de túnel

Este es el tipo de secadero que vamos a usar.

Los secaderos continuos de túnel suelen ser compartimientos de bandejas o de carretillas operando en serie. Los sólidos se colocan sobre bandejas o en carretillas que se mueven continuamente por un túnel con gases calientes pasando sobre la superficie de cada bandeja. El flujo de aire caliente o una combinación de ambas.

Cuando se desean secar partículas sólidas granulares, pueden utilizarse transportadores perforados o de fondo tamiz.

El secador consiste de diversas secciones en serie, cada una con un ventilador y serpentines de calentamiento. Un ventilador adicional extrae cierta cantidad de aire hacia la atmósfera. En algunos casos, los materiales en forma de pasta pueden preformarse y colocarse sobre el transportador para secarse.

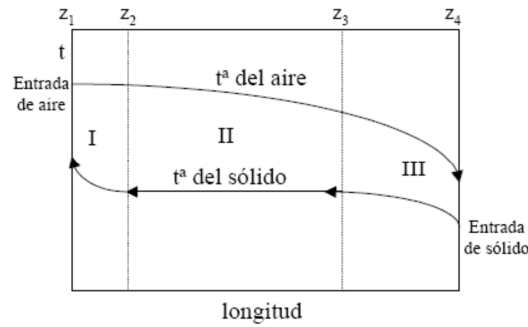
### 1.8.3. Diseño de un secadero continuo

Para poder aplicar las ecuaciones que vamos a determinar se debe cumplir:

1. El secadero no tiene intercambio de calor con el exterior, no hay pérdidas de calor. Se trabaja en condiciones adiabáticas.
2. La única fuente de calor es el aire.
3. Toda la humedad del sólido es no ligada (aunque no siempre e cumple)
4. Cuando entra el sólido en el secadero en la primera elevación de la temperatura sólo calentamiento del sólido (esto no es totalmente cierto)
5. El proceso de secado se efectúa a la temperatura del termómetro húmedo.
6. En la longitud final del secado, el sólido solamente se calienta pero no pierde humedad.

No perdamos de vista la complejidad y dificultad añadida en esta operación y que es que el alimento se comprime durante el proceso.

La longitud de un secadero sería la suma de tres zonas:



*Zona I* o de precalentamiento, en la que los sólidos se calientan hasta la temperatura de saturación adiabática (termómetro húmedo), no efectuándose secado en dicha zona.

*Zona II*, en la que se separa prácticamente toda la humedad del sólido, permaneciendo este a la temperatura de saturación adiabática, y

*Zona III*, en donde vuelve a elevarse la temperatura del sólido sin variar prácticamente su humedad.

Los datos experimentales son:

- Los granulos tienen forma esférica de radio 0,25 mm
- Forman una capa de espesor 1,5 cm.
- Carga del lecho es  $W/A' = 7 \text{ Kg/m}^2$  de material seco.
- Las dimensiones de la cinta son de 4 m de longitud y 0,75 m de anchura.
- El flujo de aire es  $G = 4880 \text{ Kg}/(\text{m}^2 \text{ h}) = 1,36 \text{ Kg}/(\text{s m}^2)$
- Condiciones del aire, temperatura de entrada  $(T_g)_{\text{ent}} = 70^\circ\text{C}$
- Humedad
  - Humedad de entrada  $(H_g)_{\text{ent}} = 0,005 \text{ Kg/Kg}$
  - Humedad crítica del sólido:  $M_c = 0,231 \text{ Kg/Kg}$  base seca
  - Humedad final del sólido:  $M_f = 0,023 \text{ Kg/Kg}$  base seca
  - Humedad absoluta del aire de secado:  $H_f = 0,165 \text{ Kg/Kg}$  aire seco
- Superficie efectiva expuesta del material:  $A/A' = 10,9 \text{ m}^2/\text{m}^2$

- Temperatura del bulbo húmedo: 26,7 °C
- Temperatura del bulbo seco: 71,1 °C
- Calor específico medio del aire seco:  $C_a = 1,05 \text{ KJ}/(\text{Kg } ^\circ\text{C})$
- Calor específico medio del vapor de agua:  $C_v = 1,84 \text{ KJ}/(\text{Kg } ^\circ\text{C})$
- Calor latente de vaporización a  $T_{w,b}$ ,  $\lambda = 2430 \text{ KJ}/\text{Kg}$
- Calor específico del aire a la temperatura de entrada:  $C_g = 1005 \text{ KJ}/(\text{Kg } ^\circ\text{C})$
- Relación de transferencia de masa en bulbo húmedo:

$$\frac{h_c}{(K_H)_C} = 1,09 \text{ KJ}/\text{Kg}^\circ\text{C}$$

1. Cuadro de balance de materia:

Componentes	SECADO 1.							
	Corriente de entrada		Corriente de aire seco		Corriente de aire		Corriente de salida	
	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso
Aire	0	0	14640	100	14640	76,99	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	0	0	0	0	0	0
Agua	4604,45	29,92	0	0	4374,23	23,01	230,22	2,29
Fosfatos	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	9822,20	70,08	0	0	0	0	9822,2	97,71
Gelatina	0	0	0	0	0	0	0	0
Total, Kg/h	14426,65		14640		19014,23		10052,42	

2. Cálculo de la humedad inicial del sólido en base seca (Ms):

Masa de sólido inicial:  $14426.65 \text{ Kg} \cdot 0,6808 = 9822.2 \text{ Kg}$

Masa de humedad inicial:  $14426.65 \text{ Kg} \cdot 0,3192 = 4604.45 \text{ Kg}$

$$M_s = \frac{4604.45}{9822.2} \times 100 = 46.88\%$$

3. Cálculo del tiempo de secado a velocidad constante,  $\theta_c$ :

$$\theta_c = \frac{M_s - M_c}{V_c}$$

$$V_c = \frac{h \cdot A \cdot \Delta T}{\lambda} = \frac{24,2 \cdot G^{0,37} \cdot A \cdot \Delta T}{\lambda}$$

Sabiendo que h depende si el flujo de aire es paralelo o perpendicular.

Si es perpendicular:  $h = 24,2 \cdot G^{0,37}$

---

Si es paralelo:  $h = 14,3 \cdot G^{0,8}$

Cálculo del área:  $A = 4 \text{ m} \times 0,75 \text{ m} = 3 \text{ m}^2$

Por tanto:

$$V_c = \frac{24,2 \cdot (1,36 \text{ Kg/s} \cdot \text{m}^2)^{0,37} \cdot 3 \text{ m}^2 \cdot (70 - 46,37)^\circ \text{C}}{2430000 \text{ J/Kg}} = 0,0006791$$

$$\theta_c = \frac{0,4688 - 0,231}{0,0006791} = 300,63 \text{ g} = 5,01 \text{ min}$$

*Cálculos en el tramo de velocidad cte*

4. Cálculo de la velocidad de secado constante:

$$R_c = \frac{10^3 (M_s - M_c) W}{A \theta_c}$$

Obtenemos W:

$$W/A' = 7 \rightarrow W = 7 \cdot A' = 7 \cdot A/10,9 = 7 \cdot 3/10,9 = 1,93 \text{ Kg}$$

$$R_c = \frac{10^3 \cdot (0,4688 - 0,231) \cdot 1,93}{3 \cdot 300,63} = 0,509 \text{ g/s} \cdot \text{m}^2$$

5. Cálculo de la caída de temperatura del aire a su paso a través del secador. Se obtiene del siguiente balance de calor:

Calor cedido por el aire durante la operación =  $G \cdot A' \cdot C_g \cdot \Delta T \cdot \theta_c$

De manera similar, calor absorbido al evaporar el agua =

$$= W(M_s - M_f) = R_c \cdot A \cdot \lambda \cdot \theta_c$$

$$\Delta T = \frac{R_c \cdot \lambda \cdot A}{G \cdot C_g \cdot A'}$$

$$\Delta T = \frac{0,509 \cdot 2430 \cdot 10,9}{1,36 \cdot 1005} = 9,86^\circ \text{C}$$

6. Obtención de la temperatura de salida del aire  $(T_g)_{\text{sal}}$ :

$$(T_g)_{\text{sal}} = 70 - 9,86 = 60,14^\circ \text{C}$$

---

### 7. Cálculo del coeficiente de transferencia de calor.

Para hallar el coeficiente de transferencia de calor es necesario calcular la media logarítmica de fuerza impulsora térmica para el período de velocidad constante.

$$(T_g - T_{wb})_{ml} = \frac{((T_g)_{ent} - T_{wb}) - ((T_g)_{sal} - T_{wb})}{2,303 \cdot \text{Log} \left( \frac{(T_g)_{ent} - T_{wb}}{(T_g)_{sal} - T_{wb}} \right)}$$
$$(T_g - T_{wb})_{ml} = \frac{(70 - 26,7) - (60,14 - 26,7)}{2,303 \cdot \text{Log} \left( \frac{70 - 26,7}{60,14 - 26,7} \right)} = 38,15^\circ \text{C}$$

El coeficiente de transferencia de calor resulta ser:

$$h_c = \frac{R_c \cdot \lambda}{(T_g - T_{wb})_{ml}} = \frac{0,509 \cdot 2430}{38,15} = 32,42 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ \text{C}$$

### 8. Obtención de la humedad en el período de velocidad $(H_g)_{sal}$

Para obtener la humedad en el período de velocidad constante  $(H_g)_{sal}$  en Kg/Kg es necesario agregar a la humedad del aire de entrada, la cantidad de agua evaporada durante el ciclo, por cada Kg de aire.

$$(H_g)_{sal} = (H_g)_{ent} + \frac{R_c \cdot 10^{-3}}{G} \cdot \frac{A}{A'} = 0,005 \text{ Kg/Kg} + \frac{0,509 \cdot 10^{-3} \cdot 10,9}{1,36} = 0,00908 \text{ Kg/Kg}$$

### 9. De las tablas psicométricas obtenemos:

$$(P_v)_{ent} = 0,0076 \text{ bar}$$

$$(P_v)_{sal} = 0,01777 \text{ bar}$$

$$P_{wb} = 0,0355 \text{ bar}$$

10. Cálculo de la media logarítmica de la fuerza impulsora por presión parcial

$$(P_{wb} - P_v)_{ml} = \frac{(P_{wb} - P_{vent}) - (P_{wb} - P_{vsal})}{\text{Ln} \left( \frac{P_{wb} - P_{vent}}{P_{wb} - P_{vsal}} \right)}$$
$$(P_{wb} - P_v)_{ml} = \frac{(0,0355 - 0,00796) - (0,0355 - 0,01777)}{\text{Ln} \left( \frac{0,0355 - 0,00796}{0,0355 - 0,01777} \right)} = 0,0224 \text{ bar}$$

---



---

## 11. Cálculo del coeficiente de secado

El coeficiente de secado para el secado a velocidad constante en base a las presiones parciales es:

$$(K_p)_c = \frac{10^3 \cdot h_c \cdot (T_g - T_{wb})_{ml}}{\lambda \cdot (P_{wb} - P_v)_{ml}} = \frac{10^3 \cdot 32.42 \cdot 38,15}{2400 \cdot 0,0224} = 23.006 \frac{\text{gr}}{\text{s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{bar}}$$

## 12. Cálculo del coeficiente de secado en base húmeda $(K_H) \cdot C_e$

El coeficiente  $(K_H) \cdot C_e$  para el secado a velocidad constante puede obtenerse a partir de las humedades.

Humedad de saturación a  $T_{wb}$ ,  $H_{sw} = 0,02308 \text{ Kg/Kg}$

La media logarítmica de la fuerza impulsora de la humedad es:

$$(H_{sw} - H_g) = \frac{(H_{sw} - H_{g_{ent}}) - (H_{sw} - H_{g_{sal}})}{\text{Ln} \left( \frac{H_{sw} - H_{g_{ent}}}{H_{sw} - H_{g_{sal}}} \right)}$$
$$(H_{sw} - H_g) = \frac{(0,02308 - 0,005) - (0,02308 - 0,00908)}{\text{Ln} \left( \frac{0,02308 - 0,005}{0,02308 - 0,00908} \right)} = 0,016 \text{ Kg/Kg}$$

El coeficiente de secado a velocidad constante en base se húmeda se calcula con la siguiente fórmula:

$$(K_H)_c = \frac{h_c \cdot (T_g - T_{wb})_{ml}}{\lambda \cdot (H_{sw} - H_g)_{ml}} = \frac{32.42 \cdot 38,15}{2430 \cdot 0,016} = 31.81 \frac{\text{g}}{\text{s} \cdot \text{m}^2}$$

*Cálculos en el tramo de velocidad decreciente*

13. Los contenidos en agua son:

$$M_c = 0,231$$

$$M_f = 0,023$$

$$M_e = 0,0211$$

14. Las presiones son:

$$P_s = 0,0355 \text{ bar} = 26,63 \text{ torr}$$

$$P_a = 0,0076 \text{ bar} = 5,7 \text{ torr}$$

---

15. Cálculo del tiempo de secado para este tramo:

Se calcula a partir de la fórmula:

$$t = \frac{\rho \cdot x \cdot (M_c - M_e)}{K_g \cdot (P_s - P_a)} \cdot \ln\left(\frac{M_c - M_e}{M_f - M_e}\right)$$

$$\rho = 1002,5 \text{ Kg/m}^3$$

x: espesor de la capa de alimento = 0,1 m

Kg: 20,02 Kg/(m<sup>2</sup> s bar)

$$t = \frac{1002,5 \cdot 0,1 \cdot (0,231 - 0,0211)}{20,02 \cdot (0,0355 - 0,0076)} \cdot \ln\left(\frac{0,231 - 0,0211}{0,023 - 0,0211}\right) = 177,24 \text{ s} = 2,95 \text{ min}$$

16. Tiempo total de secado:

$$t = t_{\text{vel cte}} + t_{\text{vel dec}} = 5,01 + 2,95 = 7,96 \text{ min}$$

17. Calculo de la potencia necesaria

17.1. Cálculo de la pérdida de masa.

La cantidad de agua final es el 5% de lo que había al principio.

Masa inicial de líquido: 4604.45 Kg

Masa final de líquido: 4604.45 Kg x 0,05 = 230.22 Kg

Masa total inicial: 14426.65 Kg

Masa total final: masa de solido + masa final de liquido =

$$= 9822,2 \text{ Kg} + 230,22 \text{ Kg} = 10052,42 \text{ Kg}$$

Pérdida de masa: masa total inicial – masa total final = 4374.22 Kg

17.2. Cálculo de la velocidad de deshidratación

$$4374,22 \text{ Kg} / 477,6 \text{ s} (7,96 \text{ min}) = 9,16 \text{ Kg/s}$$

17.3. Cálculo de la potencia necesaria

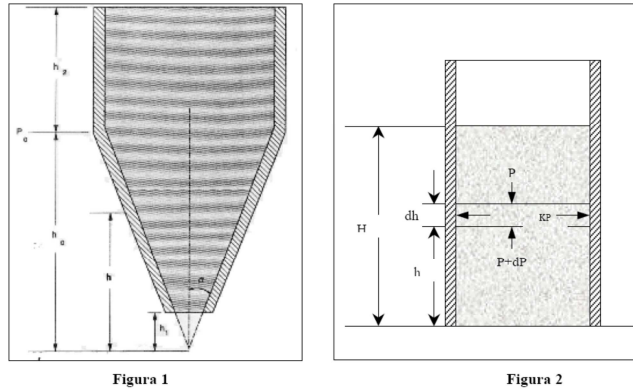
$$9,16 \text{ Kg/s} \cdot 2400 \text{ KJ/Kg} \cdot 1000\text{J/1 KJ} = 2,23 \cdot 10^7 \text{ J/s} = 2,23 \cdot 10^4 \text{ Kw}$$

---

## 1.9. Silo – tolva 2. Almacenamiento del tejido óseo procesado

### 1.9.1. Características silo - tolva

Básicamente una tolva consiste en un cilindro metálico cuya sección más habitual se muestra en las siguientes figuras:



El flujo másico en silos presenta un patrón de flujo “primero entrar – primero en salir” permitiendo que todo el material está en movimiento durante la descarga. Este tipo de flujo se caracteriza por ser uniforme y confiable; la densidad del alimento es independiente de la carga de sólidos en el cilindro; no existen regiones estancadas de material eliminando así la posibilidad de apelmazamiento o contaminación; la separación por tamaño de los componentes del material almacenado es minimizada; y por último, el tiempo de residencia es uniforme permitiendo la aireación efectiva de los materiales finos.

### 1.9.2. Silo usado en el proyecto

El silo usado en el proyecto tiene que ser capaz de almacenar lo producido en el secado durante un día.

Si se produce 10052.42 Kg/h, en una jornada se habrá producido 241258.08 Kg. Este volumen ocupa el 80% del recipiente siendo por tanto el volumen del silo de del tipo torre.

Tendremos 3 torres de almacenamiento de 301.6 m<sup>3</sup>, dos de uso continuo y otro para poder acumular excedente, si lo hubiera.

---

## 2. Balances a la etapa 2

### 2.1. Extracción Sólido – Líquido 1. Desmineralización

En este punto vamos a eliminar los fosfatos de la matriz ósea mediante un proceso de extracción sólido – líquido. El residuo sólido que queda es a lo que se llama oseína, siendo ésta la precursora de la gelatina.

Se produce una corriente de deshecho que contiene HCl y fosfatos. Esta corriente se derivará a la acometida que lleva hacia la EDAR.

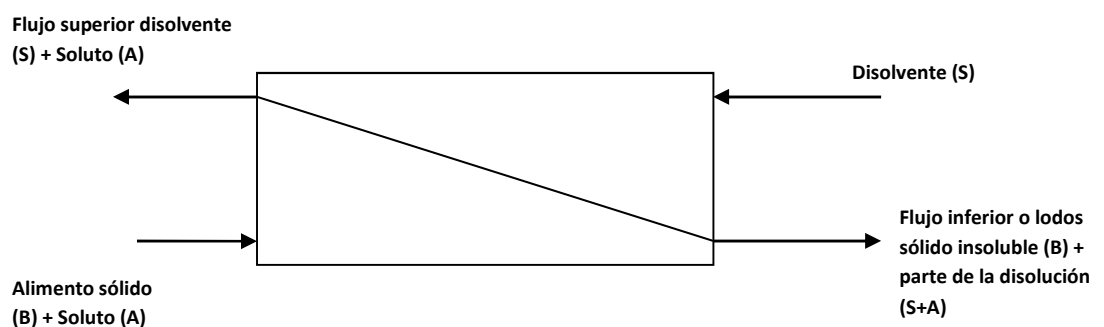
#### 2.1.1. Extracción sólido - líquido

La lixiviación o extracción sólido – líquido es la disolución preferente de uno o más componentes de una mezcla sólida por contacto con un disolvente líquido adecuado.

En el proceso de extracción pueden considerarse las siguientes etapas:

- Contacto del sólido que contiene el soluto con el líquido al cual se va a transferir.
- Separación de la disolución resultante y el sólido inerte.
- Lavado del sólido inerte para obtener mayor cantidad de soluto o para eliminar del sólido inerte todas las posibles impurezas.

Como consecuencia del contacto aparecen las siguientes corrientes:



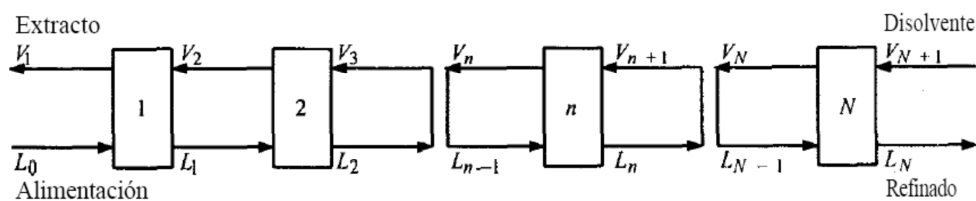
---

### 2.1.2. Velocidad de extracción

Los factores que influyen sobre la velocidad de extracción son:

- Tamaño de las partículas:* Cuanto más pequeñas sean mayor es el área interfacial (mayor área de contacto sólido – disolvente) y más cortos son los canales en el interior de las partículas.
- El disolvente debe ser muy selectivo, buen disolvente (alta solubilidad) para el soluto y de baja viscosidad para que pueda circular con facilidad.
- Una temperatura alta favorece la solubilidad y la difusión del soluto en el líquido.
- Agitación del líquido:* La velocidad de extracción aumenta con la velocidad de agitación debido a que aumentan los coeficientes de transferencia de materia entre la interfase sólido – líquido y seno del disolvente. Además se evita la sedimentación de las partículas sólidas si estas son finas.

### 2.1.3. Contacto múltiple en contracorriente



Este tipo de extracción es la que se usará en el proceso de desmineralización, ya que se consigue un porcentaje alto de agotamiento.

Calculamos el número de etapas.

Datos conocidos y los balances de materia:

Componentes	EXTRACCION S - L 1. DESMINERALIZACION							
	Corriente de entrada 1		Agente extractor 1		Fase ligera		Fase pesada	
	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso
Alcalasa	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	230,22	2,29	0	0	0	0	0	0
Agua	0	0	0	0	0	0	230,22	3,08
Fosfatos	3546,49	35,28	0	0	3404,63	40	142,15	1,9
HCl	0	0	5940,69	100	5106,95	60	833,74	11,14
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	6275,71	62,43	0	0	0	0	6275,71	83,88
Gelatina	0	0	0	0	0	0	0	0
Total, Kg/h	10052,42		5940,69		8511,58		7481,82	

$$L_0 = 10000 \text{ Kg/h}$$

$x_{A0}$  es el porcentaje de fosfatos que hay en el hueso

$x_{B0}$  es el porcentaje de matriz ósea

$$V_{n+1} = 5940.690 \text{ Kg/h}$$

$$P = 0,15 \text{ (Retención)}$$

Queremos recuperar el 96%.

Procederemos a una resolución gráfica a través de un diagrama triangular. Para ello tenemos que calcular  $L_n$  de la siguiente manera:

$$\text{- Todo B que entra sale: } x_{B0} \cdot L_0 = 0,6472 \cdot 10052.42 = 6505.93 \text{ Kg B}$$

$$\text{- \%A = 96\% por tanto sale el 4\% de A con } L_n:$$

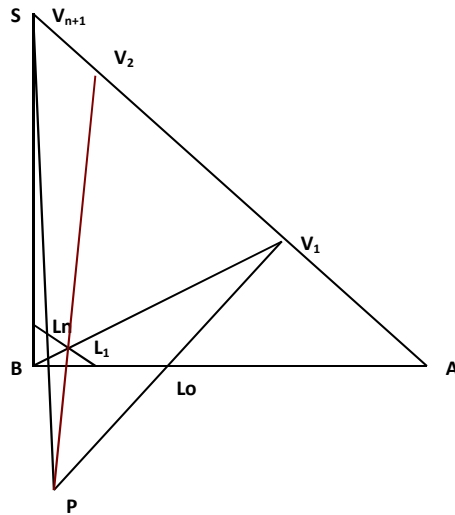
$$0,04 \cdot x_{A0} \cdot L_0 = x_{An} \cdot L_n = 0,04 \cdot 0,3528 \cdot 10052.42 = 141,86 \text{ Kg A}$$

$$0,15 \frac{\text{Kg}_{-(A+S)}}{\text{Kg}_{-B}} \cdot 6505.93 \text{ Kg B} = 975.89 \text{ Kg}_{-(A+S)}$$

$$L_n = 6505.93 \text{ Kg}_{-B} + 975.89 \text{ Kg}_{-(A+S)} = 7481.82 \text{ Kg}$$

$$x_{An} \cdot 7481.82 = 141,86 \text{ Kg}_{-A}$$

$$x_{An} = 0,019$$



Proceso de cálculo:

1. Situamos todo lo conocido:  $L_o, V_1, V_{n+1}, L_n$ .
2. Obtenemos P que es el punto de intersección de las líneas  $L_n-V_{n+1}$  y  $V_1-L_o$ .
3. Obtener  $L_1$  (con  $V_1-B$  en la línea de retención)
4. Obtener  $V_2$  (con  $P-L_1$ )
5. Obtener  $L_2$  (con  $V_2-B$  en la línea de retención)
6. Así hasta llegar a un L inferior a  $L_n$

Para este caso se obtiene que se necesitan **2 etapas**.

Vamos a usar extractores continuos de lecho móvil ya que la mayoría operan en contracorriente y algunos combinan circulación en contracorriente y en paralelo.

## 2.2. Filtración centrífuga 2. Lavado HCl

En la extracción sólido – líquido se han extraído los fosfatos quedando un residuo sólido llamado oseína. Esta oseína es el precursor de la gelatina, así que lavamos el HCl junto con los fosfatos interesándonos solamente el sólido.

Se operará de la misma forma que en la *filtración centrífuga 1. Lavado de alcalasa*, por tanto podemos ver los resultados en el siguiente cuadro:

$R_c$	35,5 cm
$R_o$	40 cm
$h_t$ (Altura de la centrifuga)	45 cm
$t_c$ (Tiempo de ciclo)	1 h
$s$	0,0235 gr/cm <sup>3</sup>
$\Delta P$	1,919 atm
	19444426,75 din/cm <sup>2</sup>
$\rho_c$	1,00386 gr/cm <sup>3</sup>
$\mu_a$	$6,408 \cdot 10^7$
Caudal de entrada	6759,33 L/h
Eficiencia del lavado, $\delta$	80%
La torta retiene un 7% del filtrado. $r$	
La torta de be tener un 5% de la cantidad total de Alcalasa	
$\omega$	530 rpm
Tiempo de filtrado	23,2 min
Área de filtrado	11309,73 cm <sup>2</sup>
$V_w/V_{retenido} = m$	1,652
Tiempo de ciclo	1 h
Volumen de filtrado	6759330 cm <sup>3</sup>
Volumen de torta	473153,1 cm <sup>3</sup>
Volumen de lavado	781648,92 cm <sup>3</sup>
Tiempo de lavado	11,96 min

Para que se tenga una producción en continuo se procederá de la siguiente manera: El filtro tarda 2 minutos en llenarse y se sabe que el tiempo de ciclo es de 1 hora, entonces se tendrá 30 filtros los cuales se irán llenando uno a uno, así cuando se llene el último, el primer filtro de todos ya a completado su ciclo pudiéndose entonces rellenar de nuevo.

El balance de materia queda:

Componentes	FILTRACION CENTRIFUGA 2. LAVADO HCl							
	Corriente de entrada 1		Agua de lavado 1		Filtrado 1		Torta 1	
	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso
Alcalasa	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	0	0	0	0	0	0
Agua	230,44	3,08	781,65	100	941,24	54,31	70,85	1,08
Fosfatos	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	833,47	11,14	0	0	791,8	45,69	41,67	0,64
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	6417,86	85,78	0	0	0	0	6417,86	98,28
Gelatina	0	0	0	0	0	0	0	0
Total, Kg/h	7481,77		781,65		1733,04		6530,38	



---

### 2.3. Reactor 2. Tratamiento básico

Es una reacción heterogénea donde el colágeno se convierte en gelatina, ocurriendo todo ello dentro de la matriz ósea. El proceso dura 10 días según bibliografía.

Cada filtro anterior tiene un volumen de 6402.33 L de torta que van vaciándose cada hora. Se vacían 30 recipientes cada hora, el volumen de cada hora se va recogiendo en un recipiente, teniendo, por tanto, al cabo de un día un volumen de 153656 L. El volumen del recipiente será de 463000 L (contando con el volumen del hidróxido de calcio)

Necesitamos 10 vasijas, una por cada día de proceso.

Al introducir  $\text{Ca(OH)}_2$  neutralizamos el HCl que quedó después del lavado en la torta. Por tanto la composición de salida es:

Extensión de la reacción: 80%

Colágeno inicial:  $0,9828 \times 0,1402 \times 156729,12 \text{ Kg} = 21595,48 \text{ Kg}$

Gelatina:  $21595,48 \times 0,8 = 17276,38 \text{ Kg}$

Colágeno final:  $21595,48 \text{ Kg} - 17276,38 \text{ Kg} = 4319,1 \text{ Kg}$

El balance de materia es el siguiente:

REACTOR 2. MACERACION						
Componentes	Corriente de entrada 1		Corriente de entrada 2		Corriente de salida	
	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso
CaCl <sub>2</sub>	0	0	0	0	1525,22	0,89
NaOH	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	0	0	0	0
Agua	1692,67	1,08	0	0	2187,33	1,28
Fosfatos	0	0	0	0	0	0
HCl	1003,07	0,64	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	14800	100	13783,19	8,04
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	154033,38	98,28	0	0	154033,38	89,80
Gelatina	0	0	0	0	0	0
Total, Kg/h	156729,12		14800		171529,12	

---

#### 2.4. Filtración centrífuga 3. Lavado de $\text{Ca}(\text{OH})_2$

En este punto del proceso se va a lavar el hidróxido de sodio mediante una filtración centrífuga. En este caso lo que nos interesa es la torta que es la que contiene en su matriz la gelatina producida en el proceso anterior.

Este proceso será en discontinuo y se contará con una sola unidad que trabajará una sola vez al día ya que el proceso anterior dura una semana y media (10 días).

De los procesos anteriores se iba arrastrando HCl que al entrar en contacto con el hidróxido de calcio forman una sal,  $\text{CaCl}_2$ .

Se operará de la misma forma que en la *filtración centrífuga 1. Lavado de alcalasa*, por tanto podemos ver los resultados en el siguiente cuadro:

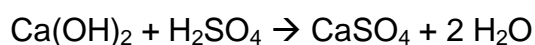
$R_c$	157 cm
$R_o$	160 cm
$h_t$ (Altura de la centrífuga)	150 cm
$t_c$ (Tiempo de ciclo)	1 h
$s$	0,0235 gr/cm <sup>3</sup>
$\Delta P$	1,919 atm
	19444426,75 din/cm <sup>2</sup>
$\rho_c$	1,00386 gr/cm <sup>3</sup>
$\mu\alpha$	$6,408 \cdot 10^7$
Caudal de entrada	232513,65 L/h
Eficiencia del lavado, $\delta$	80%
La torta retiene un 7% del filtrado. $r$	
La torta de be tener un 5% de la cantidad total de Alcalasa	
$\omega$	1655
Tiempo de filtrado	10,87 min
Área de filtrado	150796,45 cm <sup>2</sup>
$V_w/V_{\text{retenido}} = m$	1,652
Volumen de filtrado	232513650 cm <sup>3</sup>
Volumen de torta	16275955,5 cm <sup>3</sup>
Volumen de lavado	26887878,48 cm <sup>3</sup>
Tiempo de lavado	29,25 min

Los balances de materia quedan:

FILTRACION CENTRIFUGA 3. LAVADO Ca(OH) <sub>2</sub>								
Componentes	Corriente de entrada 1		Agua de lavado 1		Filtrado 1		Torta 1	
	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso
CaCl <sub>2</sub>	1525,22	0,89	0	0	1448,96	3,48	76,26	0,05
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	0	0	0	0	0	0
Agua	2187,33	1,28	26887,88	100	27039,95	65,03	2035,26	1,30
Fosfatos	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	13783,19	8,04	0	0	13094,03	31,49	689,16	0,44
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	154033,38	89,8	0	0	0	0	154033,38	98,21
Gelatina	0	0	0	0	0	0	0	0
Total, Kg/h	171529,12		26887,88		41582,94		156834,06	

### 2.5. Reactor 3. Neutralización

Para neutralizar el hidróxido sódico que la torta aun retiene lo neutralizamos con ácido sulfúrico concentrado formándose la sal sulfato de calcio; esto hace que el pH baje y por tanto estemos neutralizando.



El proceso de cálculo es el siguiente:

Inicialmente tenemos 689.16 Kg de hidróxido de calcio.

1. Cálculo de los moles de OH<sup>-</sup> a neutralizar por el ácido.

$$689160 \text{ _gr _Ca(OH)}_2 \cdot \frac{1 \text{ _mol _Ca(OH)}_2}{74 \text{ _gr _Ca(OH)}_2} = 9312.97 \text{ _mol _Ca(OH)}_2$$

2. De 1 mol de ácido sulfúrico se obtiene 2 moles de H<sup>+</sup> neutralizando 2 moles de OH<sup>-</sup>, se necesitan por tanto 9312.97 mol de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> de concentración 1 M.

$$\text{Molaridad} = \frac{\text{n}^\circ \text{ _de _moles}}{\text{V}} \Rightarrow \text{V} = \frac{9312.97 \text{ _moles}}{1 \text{ _M}} = 9312.97 \text{ _L}$$

Quedando el balance de materia:

REACTOR 3. NEUTRALIZACION						
Componentes	Corriente de entrada 1		Corriente de entrada 2		Corriente de salida	
	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso
CaCl <sub>2</sub>	76,26	0,05	0	0	76,26	0,05
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	0	11082,43	100	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	0	0	0	0
Agua	2035,26	1,3	0	0	12540,24	7,47
Fosfatos	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	689,16	0,44	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	1266,56	0,75
Matriz ósea	154033,38	98,21	0	0	154033,38	91,73
Gelatina	0	0	0	0	0	0
Total, Kg/h	156834,06		11082,43		167916,44	

3. El tiempo de residencia se tiene que calcular experimentalmente así que se ha recurrido a bibliografía obteniéndose que este tiempo es de 18 minutos.

#### 2.6. Filtración centrífuga 4. Lavado de sales

Vamos a lavar las sales y parte de las demás impurezas a través de un filtro centrífugo. Al igual que en las anteriores filtraciones, nos interesa la torta que es la que contiene la gelatina.

Se va a obtener una corriente de lavado que contiene sulfato de calcio (yeso). Como es un compuesto que tiene salida en el mercado, se procesa por decantación para recuperarlo y venderlo.

Se operará de la misma forma que en la *filtración centrífuga 1. Lavado de alcalasa*, por tanto podemos ver los resultados en el siguiente cuadro:

R <sub>C</sub>	34,54 cm
R <sub>o</sub>	40,1 cm
h <sub>t</sub> (Altura de la centrifuga)	200 cm
t <sub>C</sub> (Tiempo de ciclo)	1 h
s	0,0235 gr/cm <sup>3</sup>
ΔP	1,919 atm
	19444426,75 din/cm <sup>2</sup>
ρ <sub>C</sub>	1,00386 gr/cm <sup>3</sup>
μ <sub>o</sub>	6,408 · 10 <sup>7</sup>
Caudal de entrada	217881,86 L/h
Eficiencia del lavado, δ	80%
La torta retiene un 7% del filtrado. r	
La torta de be tener un 5% de la cantidad total de Alcalasa	
ω	355
Tiempo de filtrado	35,42 min
Área de filtrado	252643,27 cm <sup>2</sup>
V <sub>w</sub> /V <sub>retenido</sub> = m	1,652
Volumen de filtrado	217881860 cm <sup>3</sup>
Volumen de torta	15251730,2 cm <sup>3</sup>
Volumen de lavado	25195858,29 cm <sup>3</sup>
Tiempo de lavado	3,68 min

#### 4. El balance de materia queda

El agua es la suma del agua formada en la neutralización y del líquido acumulado de otros procesos con cantidades traza de NaOH, proteínas hidrolizadas, alcalasa...

FILTRACION CENTRIFUGA 4. LAVADO DE SALES								
Componentes	Corriente de entrada 1		Agua de lavado 1		Filtrado 1		Torta 1	
	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso
CaCl <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	0	0	0	0	0	0
Agua	12616,5	7,51	25195,86	100	35175,55	96,71	2636,81	1,68
Fosfatos	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	1266,56	0,75	0	0	1196,4	3,29	70,16	0,04
Matriz ósea	154033,38	91,73	0	0	0	0	154033,38	98,27
Gelatina	0	0	0	0	0	0	0	0
Total, Kg/h	167916,44		25195,86		36371,95		156740,35	

#### 2.7. Extracciones sólido – líquido. Extracción de gelatina.

En el proceso de extracción pueden considerarse las siguientes etapas:

- Contacto del sólido que contiene el soluto con el líquido al cual se va a transferir.
- Separación de la disolución resultante y el sólido inerte.
- Lavado del sólido inerte para obtener mayor cantidad de soluto o para eliminar del sólido inerte todas las posibles impurezas.

##### 2.7.1. Velocidad de extracción

En un proceso de extracción sólido – líquido el paso del soluto desde el sólido a la disolución tiene lugar mediante las siguientes etapas en serie:

- Disolución del soluto en el disolvente.
- Difusión del soluto a través del disolvente contenido en los poros hasta la superficie de partícula.
- Transferencia de soluto desde las inmediaciones de la interfase sólido – líquido hasta el seno de la masa principal del disolvente.

El primer fenómeno es casi instantáneo (si se ha elegido bien el disolvente), por lo que la disolución en torno al sólido estará saturada de soluto y el proceso está controlado por los dos últimos pasos. Por esto la máxima separación corresponderá a la homogeneidad, es decir, cuando la

---

concentración en soluto del líquido retenido en el sólido sea igual a la concentración de la disolución alejada del sólido (etapa teórica).

Es difícil evaluar de extracción teniendo en cuenta la influencia de estos factores. Los intentos realizados se basan en suponer que la velocidad con que pasa el soluto desde el sólido a la disolución viene dada por la expresión:

$$\frac{dm}{dt} = Ka(c_s - c)$$

$dm/dt$ : es la velocidad de transferencia de masa de soluto, Kg/s.

$a$ : Es el área de la interfase sólido – líquido,  $m^2$ .

$c_s$  y  $c$ : son las concentraciones de soluto en la superficie del sólido y en el conjunto de la disolución, respectivamente  $Kg/m^3$ .

$K$ : Es el coeficiente de transferencia de materia,  $m/s$ .

En una extracción de contacto simple en la que  $V$  sea el volumen total de la disolución (constante)  $dm = V \cdot dc$ .

$$V \cdot \frac{dc}{dt} = Ka \cdot (c_s - c)$$

e integrando entre los límites  $t = 0, c = c_0$  y  $t = t, c = c$ .

$$\text{Ln} \left( \frac{c_s - c_0}{c_s - c} \right) = \frac{Ka}{V} \cdot t$$

y para  $c_0 = 0$

$$\text{Ln} \left( \frac{c_s}{c_s - c} \right) = \frac{Ka}{V} \cdot t$$
$$c = c_s \cdot \left[ 1 - \exp \left( - \frac{Ka}{V} \cdot t \right) \right]$$

Esta ecuación pone de manifiesto que la concentración de soluto en un tanque agitado tiene a la saturación de forma exponencial. Estas ecuaciones se pueden utilizar para calcular experimentalmente  $Ka$ , por ejemplo representando gráficamente valores experimentales de  $\text{Ln} \left( \frac{c_s}{c_s - c} \right)$  frente al  $t$ .

---

El cálculo de K y a suele ser difícil, para ello se puede recurrir a la experimentación o bien utilizar alguna expresión de tipo empírico. Como por ejemplo, puede emplearse la ecuación de Hixon y Baum.

$$\frac{K \cdot d}{D_L} = 2,7 \cdot 10^{-5} \left( \frac{N \cdot d^2 \cdot \rho}{\mu} \right)^{1,4} \cdot \left( \frac{\mu}{\rho \cdot D_L} \right)^{0,5}$$

*Sherwood*      Reynolds      Smicht

Para Re < 67000

$$\frac{K \cdot d}{D_L} = 0,16 \left( \frac{N \cdot d^2 \cdot \rho}{\mu} \right)^{0,62} \cdot \left( \frac{\mu}{\rho \cdot D_L} \right)^{0,5}$$

*Sherwood*      Reynolds      Smicht

Para Re > 67000

N: Número de revolución / min del agitador.

d: Diámetro del tanque.

$D_L$ : Difusividad del soluto en el líquido.

Se observa que K aumenta con Re y  $D_L$ . Por tanto, cuanto más alta es la velocidad de flujo del disolvente y más turbulento es el flujo mayor es la velocidad de extracción. Un aumento de la temperatura también hace aumentar  $D_L$  y disminuir  $\mu$ , con lo que también aumenta K.

### 2.7.2. Proceso de cálculo

En esta etapa del proceso procederemos a la extracción de la gelatina con agua caliente en discontinuo. El proceso constará de 4 etapas en donde se irá aumentando progresivamente la temperatura del agua para hacer más eficaz la extracción. La alimentación de cada extracción será la fase pesada de la extracción anterior.

La forma de realizar el diseño de este proceso se tiene en cuenta los siguientes pasos:

- Se tiene en cuenta que:

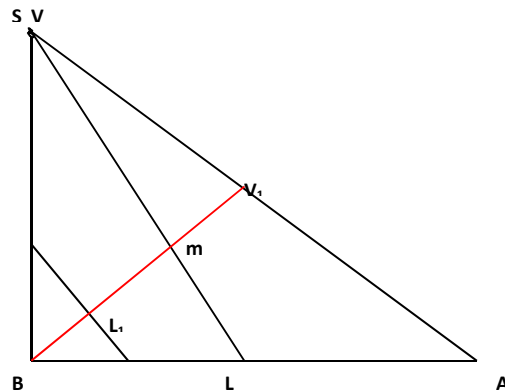
A: Gelatina

S: Agua

B: Sólidos inertes

Retención: P = 0.3

La resolución del problema será a través del diagrama triangular como se muestra a continuación:



- Colocamos lo conocido en el diagrama:  $L_0$ ,  $V_0$
- Situamos en el diagrama la línea de retención a  $P = \text{cte.}$

$$x_A = x_s = \frac{P}{1+P} = \frac{0,3}{1,3} = 0,23$$

- Balance a la etapa

$$L_0 + V_0 = L_1 + V_1 = m_1$$

$m_1$  está situado en la recta que une  $V_0$  y  $L_0$

Hacemos el balance al soluto A:

$$x_{A0} \cdot L_0 + y_{A0} \cdot V_0 = x_{A1} \cdot L_1 + y_{A1} \cdot V_1 = x_{Am1} \cdot m_1$$

$$x_{Am1} = \frac{x_{A0} \cdot L_0 + y_{A0} \cdot V_0}{L_0 + V_0}$$

- Aplicamos

$m_1 = L_1 + V_1$  están en equilibrio, esto ocurre ya que se aplica el concepto de etapa teórica. Se traza una línea que va desde B hasta la hipotenusa pasando por  $m_1$ .  $L_1$  está en la línea de retención y  $V_1$  está en la hipotenusa del triángulo.

- Leemos en el diagrama la composición de  $L_1$  ( $x_{A1}$ ,  $x_{s1}$ ) y de  $V_1$  ( $y_{A1}$ ,  $y_{s1}$ )



- Determinamos  $L_1$  y  $V_1$  mediante los balances totales y de A

$$L_0 + V_0 = L_1 + V_1$$

$$x_{A0}L_0 + y_{A0}V_0 = x_{A1}L_1 + y_{A1}V_1$$

- Cálculo del porcentaje de la gelatina recuperada

$$\%_A = \frac{y_{A1} \cdot V_1}{x_{A0} \cdot L_0} \times 100$$

- Cálculo del tiempo de residencia

$$-\frac{d[\text{Gelatina}]}{dt} = k \cdot [\text{Gelatina}]$$

### 2.7.3. Resultados de la extracción sólido – líquido

El resultado del diseño es el siguiente:

	Extracción a 55°C	Extracción a 65°C	Extracción a 75°C	Extracción a 85°C
Concentración de A en el punto m, $x_{Am}$	4,85%	1,09%	0,64%	0,27%
Cantidad de $V_1$ , Kg	190062,31	11113,01	105696,85	7289,93
Composición de $V_1$				
$y_{A1}$	0,08	0,025	0,1212	0,0205
$y_{S1}$	0,92	0,975	0,9788	0,975
Cantidad de $L_1$ , Kg	166678,04	180565,03	174868,18	187578,23
Composición de $L_1$				
$x_{S1}$	0,22	0,225	0,225	0,1852
$x_{A1}$	0,0125	0,01	0,003	0,002
Porcentaje de gelatina recuperada	87,95%	13,33%	70,95%	28,49%
Tiempo de proceso	5,9 h	3,35 h	3,21 h	58,68 min

Los balances de materia quedan:

EXTRACCION S - L 2. EXTRACCION GELATINA 55°C								
Componentes	Corriente de entrada 1		Disolvente extractor		Fase pesada		Fase ligera	
	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso
CaCl <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	200000	100	0	0	0	0
Agua	2695,93	1,72	0	0	36669,16	22,00	174857,33	92,00
Fosfatos	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	136762,4	87,25	0	0	127925,4	76,75	0	0
Gelatina	17282,02	11,03	0	0	2083,48	1,25	15204,98	8,00
Total, Kg/h	156740,35		200000		166678,04		190062,31	

EXTRACCION S - L 3. EXTRACCION GELATINA 65°C								
Componentes	Corriente de entrada 1		Disolvente extractor		Fase pesada		Fase ligera	
	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso
CaCl <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	25000	100	0	0	0	0
Agua	36669,17	22,00	0	0	40627,13	22,50	10835,18	97,50
Fosfatos	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	127925,40	76,75	0	0	138132,25	76,50	0	0
Gelatina	2083,48	1,25	0	0	1805,65	1,00	277,83	2,50
Total, Kg/h	166678,04		25000		180565,03		11113,01	

EXTRACCION S - L 4. EXTRACCION GELATINA 75°C								
Componentes	Corriente de entrada 1		Disolvente extractor		Fase pesada		Fase ligera	
	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso
CaCl <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	100000	100	0	0	0	0
Agua	40627,13	22,50	0	0	39345,34	22,50	104417,92	98,79
Fosfatos	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	138132,25	76,50	0	0	134998,24	77,20	0	0
Gelatina	1805,65	1,00	0	0	524,6	0,30	1278,93	1,21
Total, Kg/h	180565,03		100000		174868,18		105696,85	

EXTRACCION S - L 5. EXTRACCION GELATINA 85°C								
Componentes	Corriente de entrada		Disolvente extractor		Fase pesada		Fase ligera	
	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso	Kg	% peso
CaCl <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	20000	100	0	0	0	0
Agua	39345,34	22,50	0	0	34739,49	18,52	7107,68	97,50
Fosfatos	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	134998,24	77,20	0	0	152463,59	81,28	0	0
Gelatina	524,6	0,30	0	0	375,16	0,20	182,25	2,50
Total, Kg/h	174868,18		20000		187578,24		7289,93	

El porcentaje de gelatina extraído es de:

$$\%_A = \frac{17282.02 - 375.16}{17282.02} \times 100 = 97.83\%$$

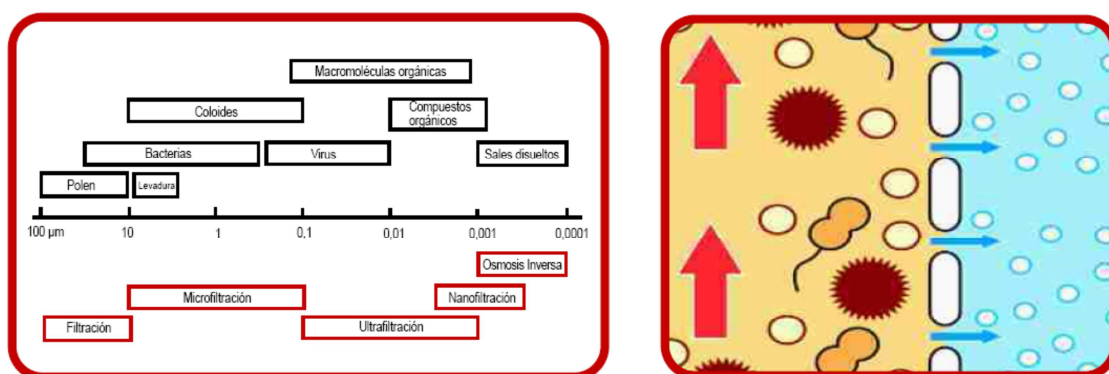
---

### 3. Balances a la etapa 3

#### 3.1. Preconcentración. Ultrafiltración

##### 3.1.1. Introducción

El principio de la ultrafiltración es la separación física. Es el tamaño de poro de la membrana lo que determina hasta qué punto son eliminados los sólidos disueltos, la turbidez y los microorganismos. Las sustancias de mayor tamaño que los poros de la membrana son retenidas totalmente. Las sustancias que son más pequeñas que los poros de la membrana son retenidas parcialmente, dependiendo de la construcción de una capa de rechazo de la membrana.



Una membrana es una lámina que permite el paso selectivo de sustancias a su través. El flujo de estas sustancias puede venir determinada por diferentes “fuerzas impulsoras”, principalmente: la presión, concentración y potencial eléctrico.

El alimento se introduce en un módulo donde existe una membrana. De este módulo emergen dos corrientes: el rechazado, que contendrá las sustancias que no han logrado pasar a través de la membrana y el permeado que contendrá las sustancias que sí pueden pasar a través de la membrana.

##### 3.1.2. Ecuaciones de transporte

La ecuación general para el flujo de transporte,  $J_v$  ( $m^3 / m^2s$ ) es

$$J_v = \frac{\Delta P - \Delta \pi}{\mu \cdot (\Sigma R)}$$

---

$\Sigma R = R_s + R_m$  (suma de resistencias = resistencia del soluto depositado + resistencia de la membrana)

$\Delta P$  es la presión transmembrana

$\Delta\pi$  es la presión osmótica

En ultrafiltración el término de presión osmótica se puede despreciar debido a que los solutos de pequeño peso molecular pasan a través de la membrana y los de gran peso molecular originan una presión osmótica pequeña.

$$J_v = \frac{\Delta P}{\mu \cdot (\Sigma R)} = L_p \cdot \Delta P$$

La resistencia que opone la membrana es proporcional a su espesor  $\delta_m$

$$R_m = \beta \cdot \delta_m$$

$\beta$  es la resistencia específica de la membrana.

La resistencia del depósito de soluto es proporcional a la cantidad de depósito por unidad de área de membrana,  $m_s$ .

$$R_s = \alpha_s \cdot m_s = \alpha_s \cdot \delta_s \cdot (1 - \varepsilon) \rho_s \approx \frac{180 \cdot (1 - \varepsilon)}{\rho_s \cdot d_s^2 \cdot \varepsilon^3} \cdot \delta_s \cdot (1 - \varepsilon) \rho_s$$

$\alpha_s$  es la resistencia específica de las especies depositadas en la membrana. Es muy sensible al tamaño de las especies y a la porosidad.

A veces la presión osmótica puede ser importante en algunas condiciones en la ultrafiltración. En este caso podría utilizarse la ecuación:

$$J_v = L_p \cdot (\Delta P - \phi' \cdot \Delta\pi)$$

$\phi'$  es un coeficiente de reflexión  $0 \leq \phi' \leq 1$ ; Si la membrana refleja todos los solutos,  $\phi' = 1$ ; si la membrana deja pasar libremente el disolvente y los solutos de bajo peso molecular que pueden ocasionar presión osmótica,  $\phi' = 0$ .

$\phi'$  es semejante a  $\sigma_r$  pero referido a todos los solutos que pueden causar aumento de la presión osmótica.

---

➤ Flujo de transporte

Predomina el flujo de soluto a través de los poros por convección o arrastre del disolvente:

$$J_s = J_v \cdot \phi \cdot c_{ss} = J_v \cdot c_p \quad (\text{Kg/m}^2 \text{ s})$$

$\phi = c_p/c_{ss}$  es el coeficiente de tamizado de la membrana para el soluto, medida de la fracción de ese soluto que deja pasar la membrana.

$c_{ss}$  es la concentración de soluto en la superficie de la membrana.

$c_p$  es la concentración de soluto en el permeado.

A partir de  $\phi$  se define el coeficiente de rechazo intrínseco de la membrana: rechazo teniendo en cuenta  $c_{ss}$  en lugar  $c_b$ :

$$\sigma_{rm} = 1 - \frac{c_p}{c_{ss}} = 1 - \phi$$

El rechazo observado es

$$\sigma_r = 1 - \frac{c_p}{c_b} = 1 - M\phi < \sigma_{rm}$$

donde M es el módulo de polarización  $M = c_{ss}/c_b > 1$ .

### 3.1.3. Operaciones discontinuas

El mismo tanque se emplea para alimentar el módulo y recoger el concentrado; el proceso finaliza cuando se alcanza el grado de concentración deseado.

La bomba debe lograr simultáneamente  $\Delta P$  suficientemente y caudal elevado.

En las instalaciones de mayor tamaño se introduce un bucle de recirculación: la bomba P1 (de alta presión) consigue dar la presión transmembrana necesaria y P2 impone un caudal elevado en el módulo.

➤ Cálculo del tiempo necesario para filtrar un volumen dado de alimentación

Se basa en:

$$J_v = L_p \cdot (\Delta P - \phi' \cdot \Delta \pi)$$

$$\Delta \pi = iRTc$$

c es la concentración en moles/L.

Se va a estimar el tiempo necesario para concentrar un volumen  $V_0$  suponiendo que la polarización por concentración es pequeña y por tanto  $c_b = c_{ss}$ .

En ultrafiltración la polarización es más importante, pero  $\Delta \pi$  es pequeña porque las concentraciones son bajas. La polarización afectará fundamentalmente a  $L_p$ , que puede disminuir con el tiempo.

Balance de disolvente al sistema anterior en el que la entrada de disolvente es nula.

Volumen retenido = Volumen que entra – volumen que sale.

$$\frac{dV}{dt} = 0 - J_v A$$

$$J_v = \frac{dV}{A dt} = L_p \cdot (\Delta P - \phi' \cdot \Delta \pi) = L_p \cdot \Delta P \left( 1 - \phi' \frac{\Delta \pi}{\Delta P} \right)$$

$$\frac{dV}{dt} = -A \cdot L_p \cdot \Delta P \cdot \left( 1 - \phi' \frac{iRTc_b}{\Delta P} \right)$$

$$c_b = \frac{n}{V}$$

V es el volumen retenido en todo el sistema en un instante dado.

n es el número de moles retenido que permanece constante.

$$\int_{V_0}^V \frac{dV}{1 - \phi' \frac{iRTn}{\Delta P \cdot V}} = -A \cdot L_p \cdot \Delta P \cdot \int_0^t dt$$

$$t = \frac{1}{A \cdot L_p \cdot \Delta P} \left[ (V_0 - V) + \left( \frac{i \cdot \phi' \cdot RTn}{\Delta P} \right) \cdot \ln \left( \frac{V_0 - \frac{i \cdot \phi' \cdot RTn}{\Delta P}}{V - \frac{i \cdot \phi' \cdot RTn}{\Delta P}} \right) \right]$$

---

### 3.1.4. Cálculo de cada preconcentración

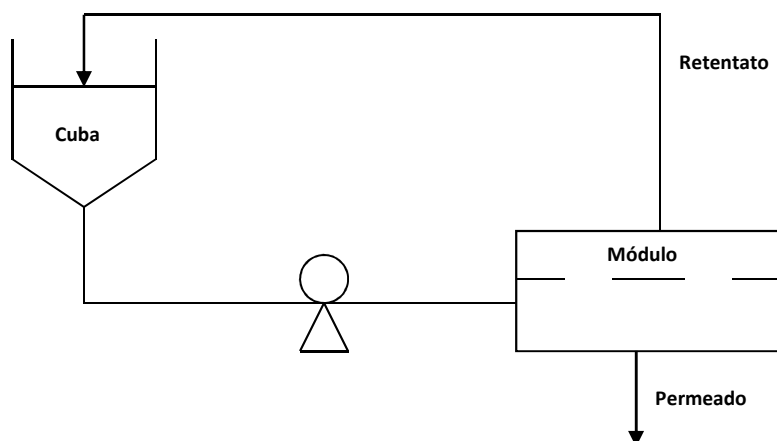
Vamos a obtener los tiempos y el número de cartuchos necesarios para cada preconcentración a cada temperatura.

En los mismos cartuchos van a pasar las corrientes entre 55 y 85 grados. Así que necesitamos membranas que soporten esas temperaturas; consultando bibliografía la membrana que cumple esta condición son las cerámicas.

El modo de operación va a ser discontinuo, tendremos dos cubas de alimentación ya que los procesos de las corrientes de 75°C y 85°C son al mismo tiempo. Dispondremos de una serie de cartuchos que se pondrán a disposición de cada línea de proceso por medio de válvulas. En las corrientes de 75°C y 85°C un lado del paquete de cartuchos funcionará para la preconcentración de 75°C y el otro lado funcionará para la preconcentración de 85°C.

Para que se mantenga la temperatura lo que haremos es tener térmicamente aislado el proceso y preconcentramos a una corriente con el 40% de gelatina.

El dibujo esquemático del proceso sería:



El proceso de cálculo sería el siguiente:

1. Realizamos los balances de materia para calcular las corrientes de permeado y retentato.

$$\text{Alimentación} = \text{Permeado} + \text{Retentato}$$

---

$$\text{Alimentación} \cdot x_A = \text{Retentato} \cdot x_R$$

Siendo  $x_A$  y  $x_R$  la concentración de gelatina en la corriente

- Obtenemos los parámetros de operación: Área de membrana, Permeabilidad ( $L_p$ ), Volumen inicial y final ( $V_o$  y  $V_f$ ), concentración de gelatina inicial y final ( $C_o$  y  $C_f$ ), coeficiente de reflexión ( $\phi'$ ) y coeficiente de disociación ( $i$ ).
- Cálculo del número de moles

$$n = \frac{V_o \cdot C_o}{PM}$$

- Cálculo del número de moles y del número de cartuchos necesarios

$$t = \frac{1}{A \cdot L_p \cdot \Delta P} \left[ (V_o - V) + \left( \frac{i \cdot \phi' \cdot R T n}{\Delta P} \right) \cdot \text{Ln} \left( \frac{V_o - \frac{i \cdot \phi' \cdot R T n}{\Delta P}}{V - \frac{i \cdot \phi' \cdot R T n}{\Delta P}} \right) \right]$$

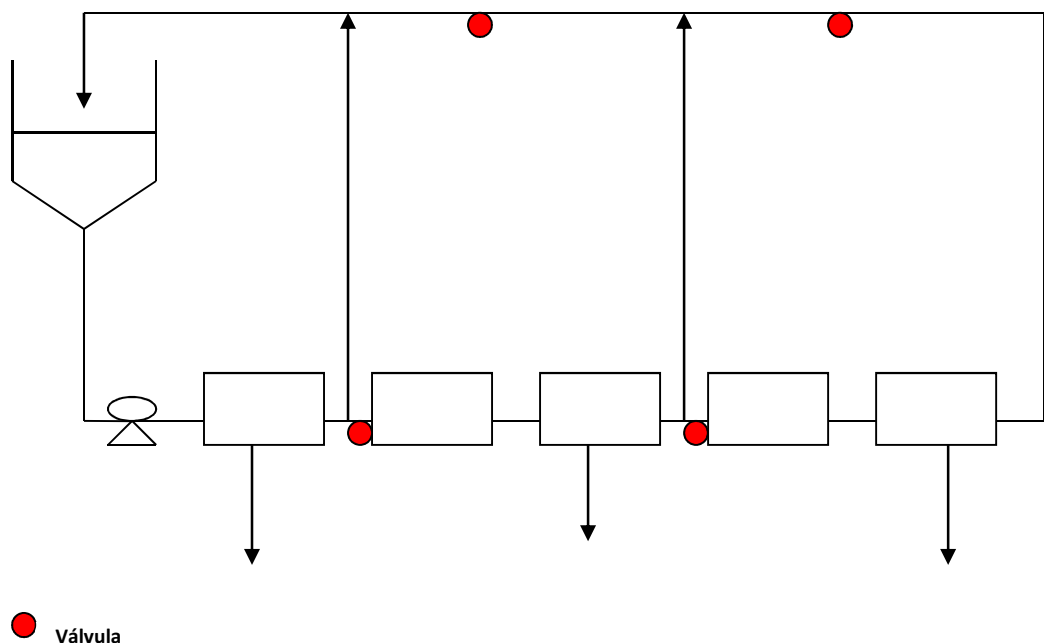


El resultado del diseño es el siguiente

	UF 1	UF 2	UF 3	UF 4
Alimentación, Kg	190062,31	11113,01	105696,85	7289,93
<i>Concentración de la Alimentación</i>				
Gelatina	8%	2,5%	1,21%	2,5%
Agua	92%	97,5%	98,79%	97,5%
Retentanto, Kg	152049,85	10418,43	102499,52	6826,8
Permeato, Kg	38012,46	694,58	3197,33	463,13
<i>Concentración del permeato</i>				
Gelatina	40%	40%	40%	40%
Agua	60%	60%	60%	60%
Area de membrana (A), m <sup>2</sup>	100	100	100	100
Pemeabilidad (Lp), m/(h·atm)	$1,85 \cdot 10^{-4}$	$9,47 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$
Volumen inicial (Vo), m <sup>3</sup>	190,1	11,11	105,7	7,3
Volumen final (Vf), m <sup>3</sup>	38	0,694	3,2	0,47
Concentración inicial (Co), Kg/m <sup>3</sup>	79,98	25	12,1	24,97
Concentración final (Cf), Kg/m <sup>3</sup>	400	400,33	399,67	394,15
Peso molecular de la gelatina, g/mol	$3 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$
Coefficiente de reflexión, $\phi$	1	1	1	1
Coefficiente de disociación, i	1	1	1	1
Número de moles, n	50,68	0,926	4,26	0,608
Tiempo de proceso	2,63 h	2,5 h	2,6 h	1,04 h
número de cartuchos	70	11	25	10

### 3.1.5. Conclusiones

La instalación constaría de una cuba y 70 cartuchos en serie con un sistema de válvulas para usar el número de cartuchos necesarios en cada operación. El esquema de la instalación sería como el siguiente:



---

## 3.2. Evaporador

### 3.2.1. Introducción

En general se entiende por evaporación a aquella operación unitaria que tiene por objeto concentrar una solución evaporando parte del solvente.

La evaporación como operación unitaria está involucrada en procesos como la deshumidificación, en la cual sin la presencia de ningún soluto se evaporan pequeñas cantidades de agua, hasta el secado donde se evapora la mayor parte del solvente (en general agua) para generar una masa predominantemente sólida. No obstante, se retiene el nombre de evaporación sólo para la concentración de soluciones líquidas.

Como fuente de calor para producir la evaporación se emplea, generalmente, vapor de agua que condensa (vapor de baja presión, inferior a 3 atm) o algún fluido con alta capacidad calorífica que no cambie de fase (agua o aceite).

En la figura 1 se muestra un esquema simplificado de un evaporador y un conjunto de equipos auxiliares.

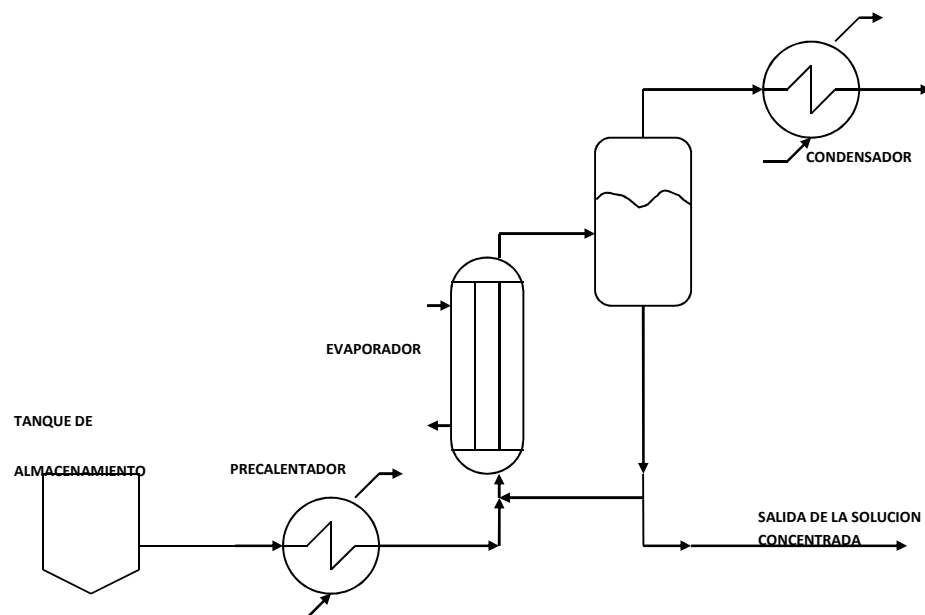


Fig 1. Esquema simplificado de un evaporador y sus equipos auxiliares.

---

### 3.2.2. Evaporador a vacío

La evaporación al vacío consiste en reducir la presión del interior de la caldera del evaporador por debajo de la presión atmosférica. Esto permite reducir la temperatura de ebullición del líquido a evaporar, lo que reduce la cantidad de calor a aportar/eliminar en el proceso de ebullición y de condensación.

### 3.2.3. Calculo del evaporador

El tipo de evaporador que se va a utilizar es un evaporador a vacío.

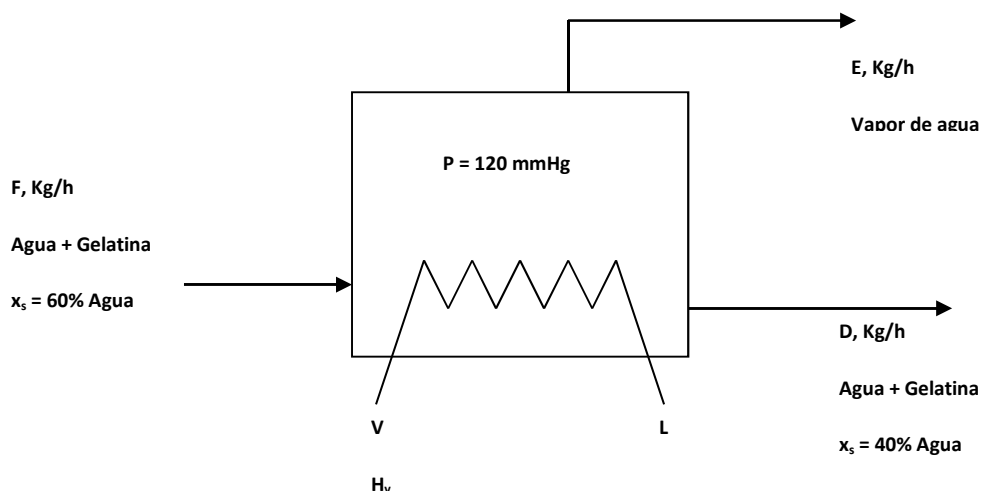
Se va a calcular un solo evaporador en donde se le va a cambiar el caudal de la corriente de vapor. Las dimensiones del evaporador será la correspondiente a la corriente de 55°C. En este caso prescindiremos de precalentador de la corriente ya que las corrientes ya entran de por sí calientes.

Se necesitarán dos evaporadores ya que las evaporaciones correspondientes a las líneas de 75°C y 85°C ocurren con simultaneidad

Las corrientes las concentraremos hasta el 60% de gelatina que nos asegura una viscosidad considerable.

Al final, la corriente de vapor generada se condensará y se acumulará en un recipiente.

En el proceso de cálculo realizamos el balance de materia según el siguiente dibujo y teniendo cuenta el tiempo que hay entre preconcentraciones.

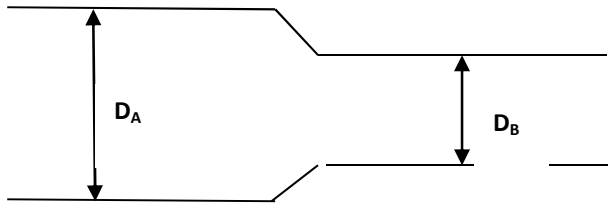


---

$$F = E + C$$

$$x_F F = x_C C$$

El vapor de agua sale a una presión muy baja, así que disminuimos la sección de la tubería aumentando, por tanto la presión, en nuestro caso lo aumentamos a la presión atmosférica. Al aumentar la presión aumentamos la temperatura a 100°C. El esquema del proceso sería el siguiente:



Con los datos conocidos (ángulo de contracción  $\theta$ , relación de diámetros  $D_A/D_B$ , Presión de la zona ancha  $P_A$ , presión de la zona estrecha  $P_B$ , caudal que pasa por la tubería  $Q$ ) realizamos los cálculos siguientes:

4.1. Cálculo de la pérdida de carga a partir de la ecuación de Bernoulli:

$$h_L = \frac{|P_A - P_B|}{\rho g}$$

4.2. Miramos el factor  $K$  en la gráfica de la figura 4

4.3. Calculamos la velocidad de la parte estrecha a partir de la siguiente expresión:

$$v_B = \sqrt{\frac{h_L \cdot 2 \cdot g}{K}}$$

4.4. Cálculo de  $D_B$  a partir de la ecuación de continuidad

$$D_B = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v_B}}$$

4.5. Cálculo de  $D_A$  con la relación de diámetros

➤ El resultado del diseño es el siguiente

	Evaporador 1	Evaporador 2	Evaporador 3	Evaporador 4
Alimentación, Kg/h	11805,11	694,58	3197,33	463,13
Composición alimentación				
Gelatina, $x_{A1}$	40%	40%	40%	40%
Agua, $x_{S1}$	60%	60%	60%	60%
Vapor de calentamiento, Kg/h	4199,63	61,22	580,03	129,45
Vapor de agua, Kg/h	3935,04	69,94	645,93	154,38
Concentrado, Kg/h	7870,07	139,9	1291,85	308,75
Composición concentrado				
Gelatina, $x_{A1}$	60%	60%	60%	60%
Agua, $x_{S1}$	40%	40%	40%	40%
Tiempo de proceso	3,22 h	3,31 h	1,65 h	1 h
<i>Contracción gradual</i>				
Angulo de contracción, $\theta$	105	105	105	105
Relación de diámetros, $D_A/D_B$	2	2	2	2
Presión de entrada, ( $P_A$ ), Pa	16009,35	16009,35	16009,35	16009,35
Presión de entrada, ( $P_B$ ), Pa	101325	101325	101325	101325
Pérdida de carga (hL), m	8,7	8,7	8,7	8,7
Factor K	0,22	0,22	0,22	0,22
Velocidad de salidad, ( $v_B$ ), m/s	27,85	27,85	27,85	27,85
Diámetro de la zona estrecha, $D_B$ , mm	7,1	0,94	2,86	1,4
Diámetro de la zona ancha, $D_A$ , mm	14,2	1,88	5,72	2,8
Temperatura de salida, °C	100	100	100	100

### 3.3. Esterilización

#### 3.3.1. *Definición de la esterilización*

La esterilización es un método de estabilización cuyo fundamento es provocar una elevación de la temperatura que provoca la destrucción de los agentes de deterioro, enzimas y especialmente, microorganismos como bacterias, hongos y levaduras. También destruye virus que son agentes infecciosos, aunque no deterioren el alimento.

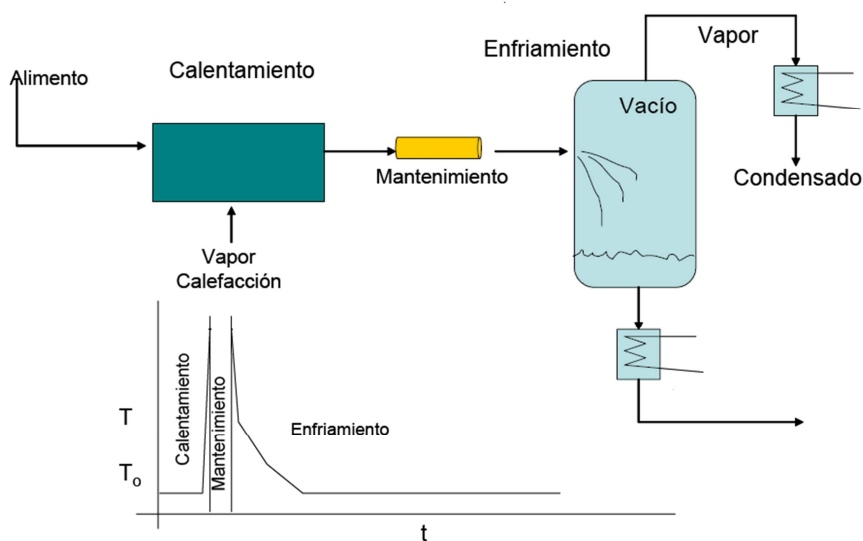
La esterilización se lleva a cabo a temperatura elevadas, de al menos 100°C, pero normalmente superiores. Produce alimentos con tiempos de vida altos llegando a muchos meses e incluso años, aunque en muchas ocasiones produce graves deterioros y pérdidas de nutrientes si no se es muy cuidadoso.

---

En la práctica el diseño de la esterilización conlleva diseñar tanto para producir la muerte térmica deseada como para preservar los nutrientes más susceptibles.

### 3.3.2. Esterilización por inyección de vapor

La inyección y la infusión de vapor son dos métodos que producen calentamientos tan rápidos que pueden considerarse ciclos ideales. La corriente de vapor se inyecta a presión en la corriente de fluido a procesar. Para conseguir un enfriamiento rápido, se complementa con una evaporación flash. El esquema del proceso es el siguiente:



Como el calentamiento es instantáneo, las ecuaciones de diseño son las del ciclo ideal y no hace falta obtener el perfil de temperatura.

El diseño consiste en elegir un vapor de características adecuadas, calcular el caudal de vapor necesario, calcular el tiempo de mantenimiento como en el caso ideal y calcular las condiciones en la cámara de evaporación para que se evapore la misma cantidad de vapor que se había aportado.

Son dispositivos muy compactos y eficientes.

La infusión de vapor consiste en una cámara llena de vapor en la que se inyecta el alimento en gotas o pulverizado. El alimento cae en el seno de vapor absorbiéndolo y calentándose con su calor latente. Son algo menos compactos que los de inyección a vapor pero se producen calentamientos más homogéneos.

---

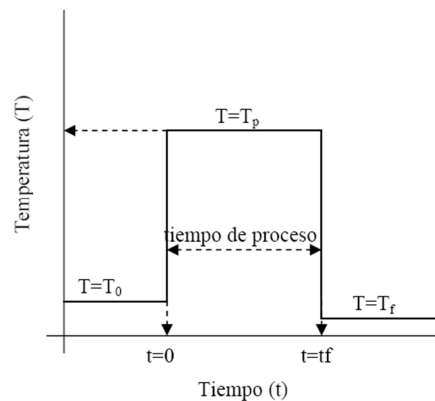
### 3.3.3. Cálculo de los esterilizadores

El esterilizador que vamos a usar son los de inyección a vapor con el cual podemos decir que estamos ante una esterilización de ciclo ideal. Hacemos 4 esterilizaciones, cada una correspondiente a las corrientes que se obtuvieron en las extracciones.

➤ Cálculo de una esterilización en ciclo ideal

En este caso los procesos de calentamiento y enfriamiento pueden considerarse instantáneos o, en cualquier caso, no significativos.

En este caso, puede considerarse que el proceso transcurre a temperatura constante tanto para la muerte térmica de los microorganismos como para la destrucción de nutrientes.



El cálculo sería:

- Para una reducción deseada  $N/N_0$ , se elige la temperatura de proceso  $T_p$  y se calcula el tiempo de exposición:

$$t = \frac{\ln\left(\frac{N_0}{N}\right)}{k_d(T)} = \frac{\ln\left(\frac{N_0}{N}\right)}{k_\infty \cdot e^{-\frac{E_a}{RT_p}}}$$

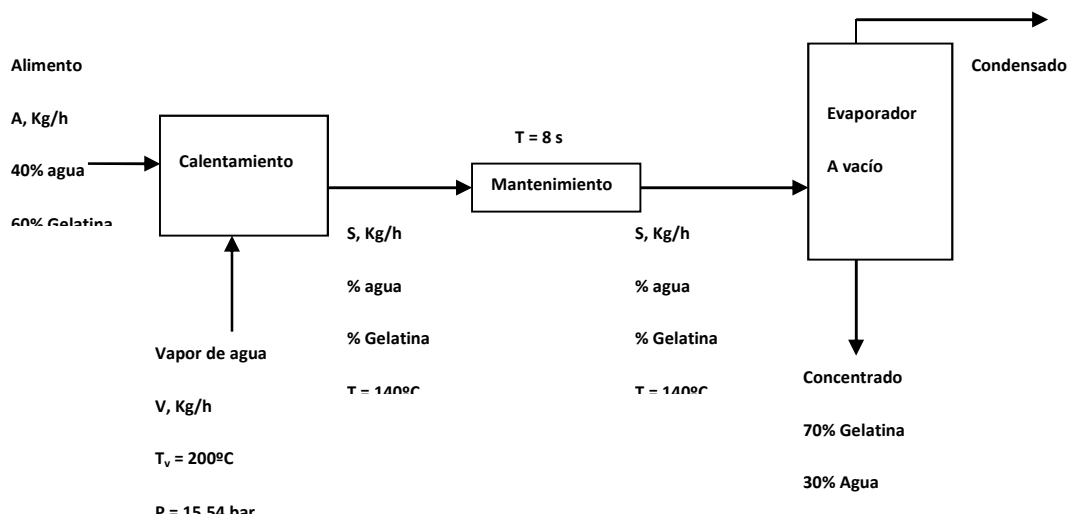
- Para una reducción deseada  $N/N_0$ , se fija el tiempo de proceso y se calcula la temperatura a la que se debe operar,  $T_p$ :

$$k_d(T) = \frac{\ln\left(\frac{N_0}{N}\right)}{t}; T = \frac{E_a}{R \cdot \ln\left(\frac{k_\infty}{k_d(T)}\right)}$$

Según el reglamento (CE) N° 1243/2007 de la Comisión de 24 de Octubre de 2007 que modifica el anexo III del Reglamento (CE) n° 853/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, por el que se establecen normas específicas de higiene de los alimentos de origen animal se debe llevar a cabo una esterilización a una temperatura de 140°C durante 8 segundos.

La resolución del balance de energía está unida al balance de energía.

El proceso de diseño sería según el esquema siguiente:



## 1. Cálculos referidos al calentamiento

### 1.1. Realizamos los balances de materia y energía

Balance de materia:

$$A + V = S$$

$$x_A \cdot A = x_S \cdot S$$

Balance de energía:

$$A \cdot H_A + V \cdot H_V = S \cdot H_S$$

Siendo las entalpías:

$$H_A = 1 \text{ Kcal/Kg} \cdot 54,08^\circ \text{C} = 54,08 \text{ Kcal/Kg}$$

$$H_S = 1 \text{ Kcal/Kg} \cdot 140^\circ \text{C} = 140 \text{ Kcal/Kg}$$



Para el vapor suponemos que entra a 200°C, por tanto con las tablas de vapor saturado tenemos:

$$H_v = 2793,2 \text{ KJ/Kg} = 667,14 \text{ Kcal/Kg}$$

$$P_v = 15,54 \text{ _bar}$$

Con la combinación de las tres ecuaciones calculamos V, S y  $x_s$ .

1.2. Cálculo del área necesaria para el intercambio a partir de las expresiones:

$$q = S \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

2. Cálculos referidos a la evaporación

Balances de materia en la cámara de ebullición

➤ El resultado del diseño es el siguiente

	Esterilización 1	Esterilización 2	Esterilización 3	Esterilización 3
<b>CALENTAMIENTO</b>				
Alimentación, Kg/h	7870,07	139,9	1291,85	308,75
Temperatura, °C	54,08	54,08	54,08	54,08
Entalpía, $H_A$ , Kcal/Kg	54,08	54,08	54,08	54,08
Composición				
Gelatina	60%	60%	60%	60%
Agua	40%	40%	40%	40%
Vapor de agua, V, Kg/h	1282,76	22,8	210,56	50,32
Temperatura $T_v$ , °C	200	200	200	200
Presión, Bar	15,54	15,54	15,54	15,54
Entalpía del vapor, $H_v$ , Kcal/Kg	667,14	667,14	667,14	667,14
Corriente de salida S, Kg/h	9152,83	162,7	1502,41	359,07
Composición				
Gelatina	51,6%	34,4%	51,6%	51,6%
Agua	48,4%	65,6%	48,4%	48,4%
Temperatura $T_s$ , °C	140	140	140	140
Entalpía, $H_s$ , Kcal/Kg	140	140	140	140
Calor intercambiado Q, Kcal/h	$5,62 \cdot 10^5$	9993	$9,23 \cdot 10^4$	$2,21 \cdot 10^4$
Coficiente global U, Kcal/(h°Cm <sup>2</sup> )	1000	1000	1000	1000
Area de intercambio, m <sup>2</sup>	9,37	0,17	1,54	0,37

En el caso del evaporador se actúa igual que en los evaporadores anteriores:

	Esterilización 1	Esterilización 2	Esterilización 3	Esterilización 3
<b>EVAPORADOR</b>				
Alimentación, Kg/h	9152,83	162,7	1502,41	359,07
Composición alimentación				
Gelatina, $x_{A1}$	51,6%	34,4%	51,6%	51,6%
Agua, $x_{S1}$	48,4%	65,6%	48,4%	48,4%
Vapor de calentamiento	1182,58	59,91	184,2	39,25
Vapor de agua, Kg/h	2405,89	82,75	395,11	94,43
Concentrado, Kg/h	6746,9	79,96	1107,3	264,64
Composición concentrado				
Gelatina, $x_{A1}$	70%	70%	70%	70%
Agua, $x_{S1}$	30%	30%	30%	30%
Temperatura de salida cámara, °C	60,06	60,06	60,06	60,06
<i>Contracción gradual</i>				
Angulo de contracción, $\theta$	150	150	150	150
Relación de diámetros, $D_A/D_B$	2	2	2	2
Presión de entrada, ( $P_A$ ), Pa	20004,94	20004,94	20004,94	20004,94
Presión de entrada, ( $P_B$ ), Pa	101325	101325	101325	101325
Pérdida de carga (hL), m	8,29	8,29	8,29	8,29
Factor K	0,325	0,325	0,325	0,325
Velocidad de salida, ( $v_B$ ), m/s	22,37	22,37	22,37	22,37
Diámetro de la zona estrecha, $D_B$ , mm	6,17	1,14	2,5	1,22
Diámetro de la zona ancha, $D_A$ , mm	12,34	2,28	5	2,44
Temperatura de salida, °C	100	100	100	100

### 3.4. Enfriamiento

#### 3.4.1. *Calculo del módulo de enfriamiento*

En esta operación lo que vamos a hacer es enfriar la corriente viscosa que sale después de cada esterilización. Va a ser un proceso discontinuo, por tanto la prioridad será calcular el tiempo necesario para que toda la masa que sale se enfríe a 25°C. A esa temperatura la placa pasará de fluido viscoso a sólido.

El proceso será el siguiente: el fluido viscoso lo colocamos en un molde y enfriamos con corriente de aire proporcionado por unos ventiladores en la parte de arriba, después desmoldamos y se corta en láminas de aproximadamente 1 cm<sup>2</sup>, para ello dispondremos cuchillas a través de una cinta transportadora a la distancia marcada para obtener las láminas que queremos.

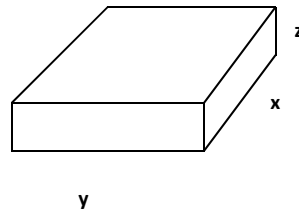
#### ➤ Cálculo de las dimensiones de las placas

El espesor de cada placa no debe ser más de 12 mm, por tanto calcularemos el ancho y el largo de la placa molde.

---

El marco molde va a ser de paredes extensibles para que se adapte a cada cantidad de masa que venga de cada esterilización.

El cálculo del número de placas que se obtendrían por cada línea de producción se realizará de la siguiente manera:



1. Observamos las condiciones iniciales (espesor z, caudal de entrada Q, tiempo t, densidad de gelatina  $\rho_{\text{gelatina}}$ )
2. Calculamos el volumen de gelatina con la que se cuenta en cada línea

$$\text{Volumen} = Q \cdot \rho_{\text{gelatina}}$$

3. Cálculo del número de placas y su dimensión

Las dimensiones estándar de cada placa será de 2 m de ancho, 10 metros de largo y 12 mm de espesor, por tanto el volumen de la placa es de  $0.24 \text{ m}^3$ .

El número de placas se calcula con la siguiente expresión

$$\text{Número de placas} = \text{Volumen disponible} / \text{volumen por placa}$$

La cantidad sobrante que no llega para rellenar una placa estándar se recalcula para obtener otra placa con otras dimensiones respetando el largo y el espesor anterior, por tanto solo hay que calcular el largo.

$$\text{Volumen sobrante} = \text{largo} \times 2 \text{ m} \times 0.012 \text{ m}$$

*El resultado del dimensionamiento se puede ver en la siguiente tabla*

	Enfriamiento 1	Enfriamiento 2	Enfriamiento 3	Enfriamiento 4
Espesor, mm	12	12	12	12
Volumen de gelatina disponible, m <sup>3</sup>	21,43	0,079	1,802	0,26
Densidad gelatina, Kg/L	1,014	1,014	1,014	1,014
Nº placas estándar	89	0	7	0
Nº de placas no estándar	1	1	1	1
Dimensiones de la placa no estándar				
Largo, m	2,9	3,29	5,08	0,83
Ancho, m	2	2	2	2
Espesor, mm	12	12	12	12
Número de tabletas	17858000	65800	1501600	16600

### Conclusiones

Se va a usar un único enfriador de unas dimensiones 7 metros de ancho, 1 metro de alto y 10,5 m de largo. Se va a dividir en dos zonas de colocación de placas, cada zona estará ocupada por 45 placas.

### 3.5. Secado de la gelatina. Secado 2

Se va a usar el mismo tipo de secadero que en el secado 1, en donde los sólidos en placas de un espesor de 12 mm se colocan sobre una superficie de tamiz perforada a través de la cual se fuerza el paso de aire caliente, ya sea hacia arriba o hacia abajo.

#### Proceso de diseño del secado

Los datos experimentales son:

- Las placas son de dimensiones  $(1 \times 1) \text{ cm}^2 = 1 \text{ cm}^2$
- La línea procedente de la primera esterilización esta compuesta por 89 placas de 2 m x 10 m, por tanto en cada placa hay 200 pastillas en horizontal, cada placa se va a dividir en 4 líneas con 50 pastillas en horizontal cada una, así conseguimos líneas más asequibles en tanto en el montaje como en el mantenimiento.
- Las placas de diferentes dimensiones se van acoplando a las líneas de secado adecuadas.
- Calculo de una línea de producción siendo las restantes placas iguales
- Forman una capa de de espesor 12 mm.
- Carga del lecho es  $W/A' = 12,17 \text{ Kg/m}^2$  de material seco.

- 
- Las dimensiones de la cinta son de 11 m de longitud y 0,7 m de anchura.
  - El flujo de aire es  $G = 4880 \text{ Kg}/(\text{m}^2 \text{ h}) = 1,36 \text{ Kg}/(\text{s m}^2)$
  - Condiciones del aire, temperatura de entrada  $(T_g)_{\text{ent}} = 30^\circ\text{C}$
  - Humedad
    - Humedad de entrada  $(H_g)_{\text{ent}} = 0,005 \text{ Kg}/\text{Kg}$
    - Humedad crítica del sólido:  $M_c = 0,372 \text{ Kg}/\text{Kg}$  base seca
    - Humedad final del sólido:  $M_f = 0,163 \text{ Kg}/\text{Kg}$  base seca
    - Humedad absoluta del aire de secado:  $H_f = 0,00433 \text{ Kg}/\text{Kg}$  aire seco
  - Superficie efectiva expuesta del material:  $A/A' = 18,95 \text{ m}^2/\text{m}^2$
  - Temperatura del bulbo húmedo:  $13,7^\circ\text{C}$
  - Temperatura del bulbo seco:  $30^\circ\text{C}$
  - Calor específico medio del aire seco:  $C_a = 1,05 \text{ KJ}/(\text{Kg } ^\circ\text{C})$
  - Calor específico medio del vapor de agua:  $C_v = 1,84 \text{ KJ}/(\text{Kg } ^\circ\text{C})$
  - Calor latente de vaporización a  $T_{w,b}$ ,  $\lambda = 2469,02 \text{ KJ}/\text{Kg}$
  - Calor específico del aire a la temperatura de entrada:  $C_g = 1,0029 \text{ KJ}/(\text{Kg } ^\circ\text{C})$
  - Relación de transferencia de masa en bulbo húmedo:
 
$$\frac{h_c}{(K_H)_C} = 1,09 \text{ KJ}/\text{Kg } ^\circ\text{C}$$
  - La salida de cada placa del enfriador se realiza en 3 minutos, por tanto la velocidad másica a la entrada del secadero es de 4867.2 Kg/h.

1. El balance de materia queda:

Componentes	SECADO 2.							
	Corriente de entrada		Corriente de aire seco		Corriente de aire		Corriente de salida	
	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso	Kg/h	% peso
Aire	0	0	30554,16	100	30554,16	97,12	0	0
NaOH	0	0	0	0	0	0	0	0
Proteínas Hidrolizadas	0	0	0	0	0	0	0	0
Agua	1460,00	30,00	0	0	905,43	2,88	554,57	14,00
Fosfatos	0	0	0	0	0	0	0	0
HCl	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca(OH) <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
CaSO <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
Matriz ósea	0	0	0	0	0	0	0	0
Gelatina	3406,66	70,00	0	0	0	0	3406,66	86,00
Total, Kg/h	4866,66		30554,16		31459,59		3961,23	

2. Cálculo de la humedad inicial del sólido en base seca (Ms):

Masa de sólido inicial: 240 L x 1.014 Kg/L x 0,7 = 170.352 Kg

Masa de humedad inicial: 4866.66 Kg/h x 0,05 h x 0.3 = 73 Kg

$$M_s = \frac{73}{170.352} \times 100 = 42,85\%$$

3. Cálculo del tiempo de secado a velocidad constante,  $\theta_c$ :

$$\theta_c = \frac{M_s - M_c}{V_c}$$

$$V_c = \frac{h \cdot A \cdot \Delta T}{\lambda} = \frac{24,2 \cdot G^{0,37} \cdot A \cdot \Delta T}{\lambda}$$

Sabiendo que h depende si el flujo de aire es paralelo o perpendicular.

Si es perpendicular:  $h = 24,2 \cdot G^{0,37}$

Si es paralelo:  $h = 14,3 \cdot G^{0,8}$

Cálculo del área (referida al bloque de tabletas):

$$A = 0,5 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 5 \text{ m}^2$$

Por tanto:

$$V_c = \frac{24,2 \cdot (1,36 \text{ Kg} / \text{s} \cdot \text{m}^2)^{0,37} \cdot 2,5 \text{ m}^2 \cdot 5^\circ \text{C}}{2469020 \text{ J} / \text{Kg}} = 0,00027$$

$$\theta_c = \frac{0,4285 - 0,372}{0,00027} = 209.26 \text{ _sg} = 3.49 \text{ _min}$$

---

*Cálculos en el tramo de velocidad cte*

4. Cálculo de la velocidad de secado constante:

$$R_C = \frac{10^3(M_s - M_C)W}{A\theta_C}$$

Obtenemos W:

$$\begin{aligned} W/A' &= 12,17 \rightarrow W = 12,17 \cdot A' = 12,17 \cdot A/18,95 = 12,17 \cdot 5/18,95 = \\ &= 3.21 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$R_C = \frac{10^3 \cdot (0,4285 - 0,372) \cdot 3.21}{5 \cdot 209.26} = 0,173 \text{ g/s}\cdot\text{m}^2$$

5. Cálculo de la caída de temperatura del aire a su paso a través del secador. Se obtiene del siguiente balance de calor:

$$\text{Calor cedido por el aire durante la operación} = G \cdot A' \cdot C_g \cdot \Delta T \cdot \theta_C$$

De manera similar, calor absorbido al evaporar el agua =

$$= W(M_s - M_f) = R_C \cdot A \cdot \lambda \cdot \theta_C$$

$$\Delta T = \frac{R_C \cdot \lambda \cdot A}{G \cdot C_g \cdot A'}$$

$$\Delta T = \frac{0,173 \cdot 2469,02 \cdot 18,95}{1360 \cdot 1,0029} = 5.93 \text{ } ^\circ\text{C}$$

6. Obtención de la temperatura de salida del aire  $(Tg)_{\text{sal}}$ :

$$(Tg)_{\text{sal}} = 30 - 5.93 = 24.07 \text{ } ^\circ\text{C}$$

7. Calculo del coeficiente de transferencia de calor.

Para hallar el coeficiente de transferencia de calor es necesario calcular la media logarítmica de fuerza impulsora térmica para el período de velocidad constante.

$$(T_g - T_{wb})_{ml} = \frac{((T_g)_{ent} - T_{wb}) - ((T_g)_{sal} - T_{wb})}{2,303 \cdot \text{Log} \left( \frac{(T_g)_{ent} - T_{wb}}{(T_g)_{sal} - T_{wb}} \right)}$$

$$(T_g - T_{wb})_{ml} = \frac{(30 - 13,7) - (24,07 - 13,7)}{2,303 \cdot \text{Log} \left( \frac{30 - 13,7}{24,07 - 13,7} \right)} = 13,11^\circ\text{C}$$

El coeficiente de transferencia de calor resulta ser:

$$h_c = \frac{R_c \cdot \lambda}{(T_g - T_{wb})_{ml}} = \frac{0,173 \cdot 2469,02}{13,11} = 32,58 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

#### 8. Obtención de la humedad en el período de velocidad ( $(H_g)_{sal}$ )

Para obtener la humedad en el período de velocidad constante  $(H_g)_{sal}$  en Kg/Kg es necesario agregar a la humedad del aire de entrada, la cantidad de agua evaporada durante el ciclo, por cada Kg de aire.

$$(H_g)_{sal} = (H_g)_{ent} + \frac{R_c \cdot 10^{-3}}{G} \cdot \frac{A}{A'} = 0,005 \text{ Kg/Kg} + \frac{0,173 \cdot 10^{-3} \cdot 18,95}{1,36} = 0,00741 \text{ Kg/Kg}$$

#### 9. De las tablas psicométricas obtenemos:

$$(P_v)_{ent} = 0,00326 \text{ bar}$$

$$(P_v)_{sal} = 0,00757 \text{ bar}$$

$$P_{wb} = 0,0355 \text{ bar}$$

#### 10. Cálculo de la media logarítmica de la fuerza impulsora por presión parcial

$$(P_{wb} - P_v)_{ml} = \frac{(P_{wb} - P_{vent}) - (P_{wb} - P_{vsal})}{\text{Ln} \left( \frac{P_{wb} - P_{vent}}{P_{wb} - P_{vsal}} \right)}$$

$$(P_{wb} - P_v)_{ml} = \frac{(0,0355 - 0,00326) - (0,0355 - 0,00757)}{\text{Ln} \left( \frac{0,0355 - 0,00326}{0,0355 - 0,00757} \right)} = 0,03 \text{ bar}$$

#### 11. Cálculo del coeficiente de secado

El coeficiente de secado para el secado a velocidad constante en base a las presiones parciales es:



---


$$(K_P)_C = \frac{10^3 \cdot h_C \cdot (T_g - T_{wb})_{ml}}{\lambda \cdot (P_{wb} - P_v)_{ml}} = \frac{10^3 \cdot 32.58 \cdot 13.11}{2469,02 \cdot 0,03} = 5.77 \text{ gr/s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{bar}$$

12. Cálculo del coeficiente de secado en base húmeda  $(K_H) \cdot C_e$

El coeficiente  $(K_H) \cdot C_e$  para el secado a velocidad constante puede obtenerse a partir de las humedades.

Humedad de saturación a  $T_{wb}$ ,  $H_{sw} = 0,0118 \text{ Kg/Kg}$

La media logarítmica de la fuerza impulsora de la humedad es:

$$(H_{sw} - H_g)_{ml} = \frac{(H_{sw} - H_{g_{ent}}) - (H_{sw} - H_{g_{sal}})}{\text{Ln} \left( \frac{H_{sw} - H_{g_{ent}}}{H_{sw} - H_{g_{sal}}} \right)}$$

$$(H_{sw} - H_g)_{ml} = \frac{(0,0118 - 0,005) - (0,0118 - 0,00741)}{\text{Ln} \left( \frac{0,0118 - 0,005}{0,0118 - 0,00741} \right)} = 0.0055 \text{ Kg/Kg}$$

El coeficiente de secado a velocidad constante en base húmeda se calcula con la siguiente fórmula:

$$(K_H)_C = \frac{h_C \cdot (T_g - T_{wb})_{ml}}{\lambda \cdot (H_{sw} - H_g)_{ml}} = \frac{32.58 \cdot 13.11}{2469,02 \cdot 0,0055} = 31.45 \text{ g/s} \cdot \text{m}^2$$

*Cálculos en el tramo de velocidad decreciente*

13. Los contenidos en agua son:

$$M_c = 0,372$$

$$M_f = 0,163$$

$$M_e = 0,157$$

14. Las presiones son:

$$P_s = 0,0118 \text{ bar}$$

$$P_a = 0,00252 \text{ bar}$$

15. Cálculo del tiempo de secado para este tramo:

Se calcula a partir de la fórmula:

---


$$t = \frac{\rho \cdot x \cdot (M_c - M_e)}{K_g \cdot (P_s - P_a)} \cdot \ln\left(\frac{M_c - M_e}{M_f - M_e}\right)$$

$$\rho = 1014 \text{ Kg/m}^3$$

x: espesor de la capa de alimento = 0,012 m

Kg: 20,02 Kg/(m<sup>2</sup> s bar)

$$t = \frac{1014 \cdot 0,012 \cdot (0,372 - 0,157)}{20,02 \cdot (0,0118 - 0,00252)} \cdot \ln\left(\frac{0,372 - 0,157}{0,163 - 0,157}\right) = 50,4 \text{ s}$$

16. Tiempo total de secado:

$$t = t_{\text{vel cte}} + t_{\text{vel dec}} = 209,26 \text{ s} + 50,4 \text{ s} = 259,66 \text{ s} = 4,33 \text{ min}$$

17. Cálculo de la potencia necesaria

17.1. Cálculo de la pérdida de masa.

La cantidad de agua final es del 14%.

Masa inicial de líquido: 73 Kg

Masa final de líquido: 10,22 Kg

Masa total inicial: 243,36 Kg

Masa total final: masa de sólido + masa final de líquido = 180,57 Kg

Pérdida de masa: masa total inicial – masa total final = 62,79 Kg

17.2. Cálculo de la velocidad de deshidratación

$$62,78 \text{ Kg} / 259,66 \text{ s} = 0,242 \text{ Kg/s}$$

17.3. Cálculo de la potencia necesaria

$$0,242 \text{ Kg/s} \cdot 2469,02 \text{ KJ/Kg} \cdot 1000 \text{ J/1 KJ} = 597502,84 \text{ J/s} = 587,5 \text{ Kw}$$

### ➤ Conclusiones

Cada placa tarda en enfriarse 4,33 min, así que para optimizar el tiempo y los recursos se dispondrán de 2 secaderos en los cuales caben 50 lejas.

---

### 3.6. Empaquetamiento

#### 3.6.1. *Almacenaje*

Se almacenará lo producido en todas las líneas, que son un total de 19659,14 Kg distribuidas en 19.442.000 tabletas de dimensiones (1 x 1 x 1,2) cm<sup>3</sup>, en bandejas en ambiente seco. Este almacenaje se hace así para no alterar las propiedades de la gelatina.

Esta gelatina está lista para prepararla según requerimientos del mercado, ya sea molida, en escamas o en la misma forma en la que la almacenamos.

Cuando la gelatina en tabletas sale del enfriado se deposita en una nave de almacenamiento.

Esta zona será un lugar fresco, seco, con buena ventilación y protegida de la luz. También para proteger del daño físico las bandejas serán cerradas sobre tarimas. No deberá almacenarse en lugar donde halla cerca operaciones que generen excesivo calor, que puedan entrar en contacto con el agua, con productos químicos, venenos, etc.

Los 19659,14 Kg/día se reparten de la siguiente manera: El 25% del producto lo mantendremos en su forma original y se comercializará así, en bolsas de 500 gramos; el 75% será molido y tamizado y comercializado en bolsas de 1 Kg. Por tanto produciremos 14744.36 Kg/día (14744 bolsas) de gelatina pulverizada y 4914.78 Kg/día de gelatina en pastillas (9829 bolsas). La capacidad extractora final de la planta es del 98.34%

#### 3.6.2. *Proceso de molienda y tamizado*

##### ➤ Molienda

El modelo elegido para el diseño es  $\Phi 2200 \times 7500$  mm cuyas características son:

Cantidad de llenado de bolas: 33 T

Tamaño de la alimentación:  $\leq 25$  mm

Granulación de descarga: 0,07 – 0,4 mm.

Producción: 14744.36 Kg

Potencia motor: 380 Kw

---

---

Peso: 56000 Kg

1. Transferencia de calor

El principal problema de este proceso es disipar la energía.

La razón de disipación del calor es:

$$R = \frac{\text{Area.de.transferencia.de.calor}}{\text{Volumen.de.molino}} = \frac{\pi \cdot T \cdot L}{\frac{\pi \cdot T^2 \cdot L}{4}} = \frac{4}{T} = \frac{4}{2.2\_m} = 1.82\_m^{-1}$$

Siendo:

T: Diámetro de molino.

L: Largo del molino.

Esta razón disminuye cuando aumenta el diámetro.

2. Velocidad crítica de rotación, Vc y velocidad de operación, Vo

La velocidad crítica de rotación del molino es la velocidad a partir de la cual la energía centrífuga no permite la molienda.

$$V_c = \frac{76,8}{\sqrt{D}} = \frac{76,8}{\sqrt{7.22}} = 28.58\text{rpm}$$

D: Diámetro (ft) del molino cuando el diámetro de bolas es pequeño en relación al del molino.

$$D = 2.2 \text{ m} = 7.22 \text{ ft}$$

La velocidad del molino debe mantenerse entre el 70% y el 85% de Vc.

$$V_o = 0,7 \times 28.58 = 20.006 \text{ rpm}$$

$$V_o = 0,85 \times 28.58 = 24.297 \text{ rpm}$$

La velocidad de operación oscila entre 20.006 rpm – 24.297 rpm.

La velocidad de operación es de 22.15 rpm

3. Cálculo del peso total de bolas del mundo

$$W = 80 \times D^2 \times L = 80 \times 7.22^2 \times 24.61 = 102630.39 \text{ lb} = \\ = 46650.18 \text{ Kg}$$

W: Peso total de las bolas (lb)

---

---

D: Diámetro de revestimientos en pies (ft):

L: Longitud del molino

Usamos bolas de 3" de diámetro ( $\Phi$ ) sabiendo que pesa 1,817 Kg.

Calculamos el número de bolas iniciales:

$$102630.39 \text{ lb} \cdot \frac{1 \text{ bola} \cdot 3" \Phi \cdot 1 \text{ Kg}}{1,817 \text{ Kg} \cdot 2,2 \text{ lb}} = 25558.11 \text{ _bolas}$$

Aproximando el número de bolas iniciales: 25559 bolas

#### 4. Cálculo de la carga diaria de bolas de molino

Para la carga diaria de bolas al molino, se tiene que tener los siguientes datos:

➤ Mineral tratado en planta =

$$14744.36 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}} \times \frac{1 \text{ T}}{1000 \text{ Kg}} = 14.74 \text{ _ T / dia}$$

➤ Factor de consumo de bolas = 0,84 Kg/T

➤ Peso promedio de 1 bola de 3"  $\Phi$  = 1,817 Kg

$$14.74 \frac{\text{T}}{\text{dia}} \times 0,84 \frac{\text{Kg}}{\text{T}} \times \frac{1 \text{ bola}}{1,817 \text{ Kg}} = 6.81 \frac{\text{bolas}}{\text{dia}}$$

Aproximando la carga diaria de bolas de 3"  $\Phi$  = 7 bolas/día

#### 3.6.3. Tamizado

En este caso vamos a separar y clasificar los sólidos que salen del molino de bolas obteniéndose la cantidad de sólidos para empaquetar.

Se va a operar igual que en el tamizado 1.

En este caso vamos a separar y clasificar los sólidos que salen del molino de bolas obteniéndose la cantidad de sólidos a tratar en la hidrólisis.

#### Datos necesarios

a) Características de los materiales a ser cribados

➤ Densidad = 1,014 t/m<sup>3</sup>

➤ Tamaño máximo de alimentación: 2 mm

---

➤ Granulometría del producto

Malla (mm)	2	0,75	0,5
% pasante	100	95,55	95,24

- Forma de la partícula: redondeada
- Contenido de humedad: 14%
- Temperatura: Temperatura ambiente: 20 °C
- Sin limitaciones de espacio
- Tipo de malla: Malla de goma

b) Eficiencia deseada: 90%

c) Tipo de tarea: Clasificación de materiales

d) Existencia o no de limitaciones de espacio y peso

e) Grado de conocimiento del material y del producto deseado: mayores de 2 mm, entre 0,5 y 0,75 mm, y menores de 0,5 mm.

### Selección de cribas

Tendremos un 95,55% del material pasante en el primer piso. Porcentaje que pasa a través del segundo piso (0,5 mm) y es del 95,24%.

Puesto que el porcentaje pasante en ambos pisos es alto, se recomienda usar la criba MF de inclinación variable.

La forma redondeada del material lleva a seleccionar una criba con malla de abertura redondeada.

Se van a usar mallas de goma.

### Dimensionamiento

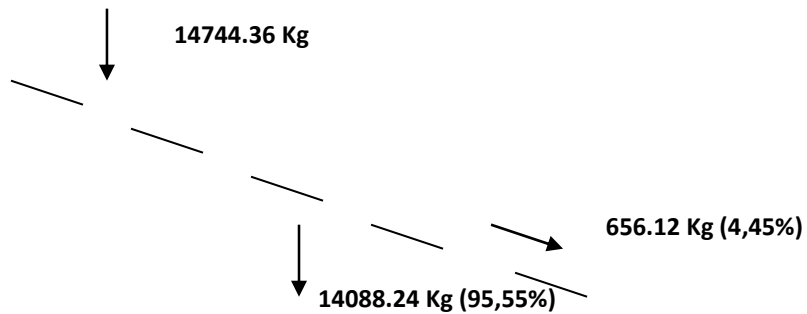
Se selecciona el tamaño de la criba basándose en el área de cribado y anchura de la criba.

La anchura de la criba se calcula para proporcionar el espesor de la capa de material sobre la criba compatible con la malla usada.

---

## Primer piso

Diagrama de flujo:



## Segundo piso: separación de 0,5 mm

Diagrama de flujo:



Para obtener una separación de 0,5 mm usando una malla de goma con abertura cuadrada, el tamaño de abertura debe ser 14,5 mm.

---

✓ *Resultados*

	<i>Piso 1</i>	<i>Piso 2</i>
<i>Alimentación Kg</i>	14744.36	13417.61
<i>A</i>	41	37
<i>B</i>	1,25	1.25
<i>C</i>	1.15	1,15
<i>D</i>	1	0,9
<i>E</i>	1	1
<i>F</i>	0,5	0,5
<i>G</i>	0.72	0,364
<i>H</i>	0.9	0.9
<i>I</i>	0,9	0,9
<i>J</i>	1	1
<i>K</i>	1,3	1,3
<i>L</i>	0.7	0.7
<i>Q<sub>espec</sub></i>	15.64	6.42
<i>Qu, t/h</i>	14.09	13.42
<i>S</i>	1.2	1.2
<i>Area, m<sup>2</sup></i>	1.08	2.51

#### 3.6.4. *Envasado*

- Envasadora de producto polvoriento



Se van a preparar bolsas de plástico con una capacidad de 1 Kg. Estas bolsas se almacenarán listas para empacarlas y distribuirlas.

La estructura de la maquina empacadora vertical de polvo con dosificador por tornillo sin fin es:

8. Máquina empacadora
9. Dosificador por tornillo sin fin



- 
10. Transportador espiral
  11. Transportador de producto acabado
  12. Sistema de pesaje
  13. Detector de metales
  14. Plataforma giratoria de producto acabado.

Rendimiento principal y característica estructural:

- Se utiliza para la medición de materiales en polvo.
- Se completan los procesos de medición, llenado, alimentación automáticamente. Dosificador por tornillo sin fin está impulsado por el servomotor, se usa para medir y alimentar materiales.
- Caja de alimentación de materiales de acero inoxidable: limpieza fácil.
- Utiliza tornillo rotativo para alimentar materiales, sistema de mezcla independiente. Se caracteriza por movimiento ágil, velocidad rápida de medición, alta precisión, rendimiento estable y así sucesivamente.

Será una máquina de medición de tipo mediano (300 – 1000 gr) con una velocidad de empaque de 50 bolsas/min como máximo. La potencia de la fuente de alimentación 2,5 KW y el peso de la máquina de 150 Kg

- Envasadora de tabletas

Se usará primero una máquina contadora ya que se envasará en cada bolsa unas 500 tabletas que corresponderá a 500 gramos aproximadamente. Acto seguido se embolsará y se almacenará lista para ser empacada para su distribución.

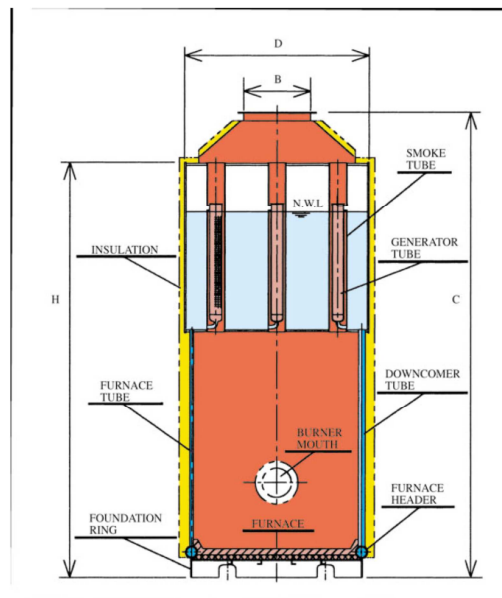
### 3.7. Caldera de vapor

Nuestro proceso tiene unas necesidades de vapor de agua de 69635.95 Kg/h para suministrar esa cantidad, vamos a utilizar en Circuito Cerrado de Calefacción constituido por calderas de vapor OVS de la Compañía Osaka

Boiler Co, de tipo pirotubulares, de forma cilíndrica y situación vertical, de presión de diseño estándar de 1 MPa (9,87 Kg/cm<sup>2</sup>) y 1,8 MPa(17,77 Kg/cm<sup>2</sup>)

Veamos a continuación su **funcionamiento**: en las calderas de tubos de humo o Pirotubulares, la combustión se produce dentro del horno (“furnace”) y los humos resultantes o productos de la combustión en su ascenso (a través de “smoke tube”), atraviesan el haz tubular donde transfieren el calor al agua que pasa a vapor (“generation tube”) y salen a la atmósfera por la chimenea. El agua a calentar, rodea el hogar interno y los haces de tubos.

Además, para aumentar el contacto del agua con el horno existen unos tubos de bajada (“downcomer tube”).



Veamos el **catálogo** de estos equipos:

Boiler Model		OVS-1250-26	OVS-1600-29	OVS-2000-31.5	OVS-2500-33	OVS-3000-36.5	OVS-3500-38	
Steam Output	kg/h	12500	16000	20000	25000	30000	35000	
Boiler Dia. (DB)	mm	2600	2900	3150	3300	3650	3800	
Out Line	Boiler Height (HB)	mm	5845	6245	6695	7575	7925	8525
	Total height (HT)	mm	6720	7120	7570	8450	8800	9400
	Burner Fitting (L)	mm	2365	2515	2640	2735	2910	3085
	Gas Duct (DS)	mm	800	900	1000	1200	1250	1400
Boiler Weight (Dry)	ton	21,3	25,8	31,5	37,8	45,9	52,0	
Water contents	m <sup>3</sup>	7,1	8,8	10,4	11,3	13,8	14,9	

---

Vamos a necesitar 4 calderas OVS 3500-38 ya que:

$$\text{N}^{\circ} \text{Calderas} = \frac{69635.95 \text{ Kg/h}}{35000 \text{ Kg/h-caldera}} = 1.99 \cong 2$$

## **ANEXO II. BALANCES DE ENERGIA**

El cálculo analítico de los balances de energía se reduce a aplicar balances entálpicos (en MJ/h) según la ecuación general siguiente:

$$\text{ENTRADA} - \text{SALIDA} + \text{GENERACION} = \text{ACUMULACION}$$

Podemos clasificar los balances de energía en dos clases: los referidos al circuito de refrigeración y los referidos al circuito de calefacción:

### **1. BALANCES ENTALPICOS AL CIRCUITO DE CALEFACCION**

En primer lugar vamos a calcular los balances a los equipos implicados en la calefacción mediante el vapor de agua a 15.54 bar y 200°C que produce la caldera, instalación ésta que permite la reutilización de dicho fluido calefactor. En este caso, los equipos implicados son alimentados de forma independiente, o sea, en una distribución en paralelo.

#### **1.1. Precalentador de la alimentación de agua y alcalasa del reactor 1 de hidrólisis. Precalentador 1**

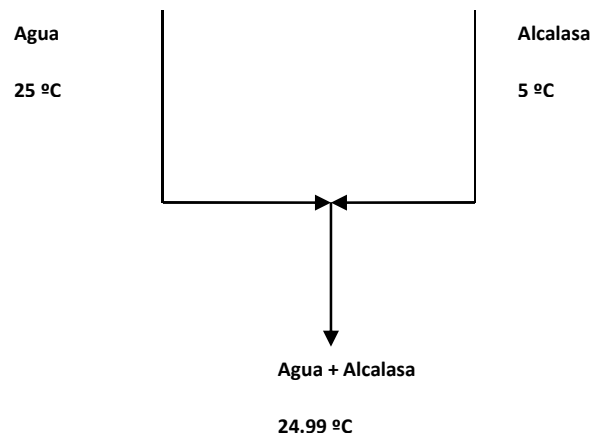
Juntamos las corrientes de alcalasa y de agua teniendo en cuenta de que el agua está a temperatura ambiente, 25 °C y la alcalasa está a 5 °C que es la temperatura a la que debe estar para conservarla.

La corriente de NaOH la mantenemos a temperatura ambiente ya que no afecta prácticamente a la temperatura global de entrada del agua y de la alcalasa.

Para que se mantenga los 50 °C en el recipiente lo que se hará es un encamisado por donde circulará agua a esa temperatura continuamente.

El precalentador que se va a usar será de carcasa y tubos y calentará la corriente de agua y alcalasa.

El proceso de cálculo sería el siguiente:



Balance de energía en la mezcla de corrientes:

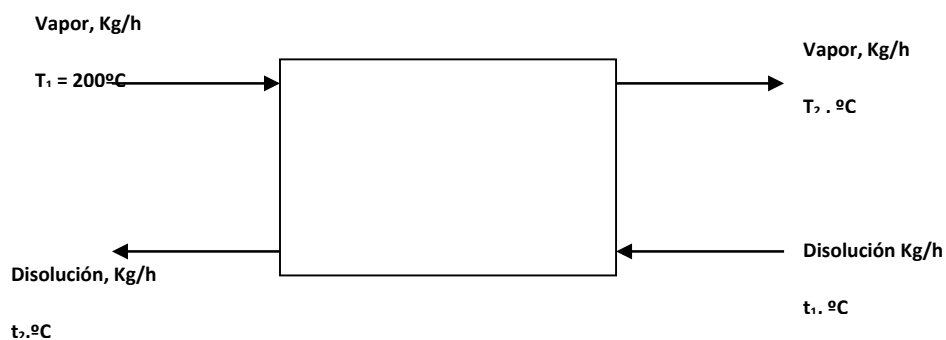
$$m_{\text{agua}} \cdot C_{p_{\text{agua}}} \cdot (25 - T_s) = m_{\text{alcalasa}} \cdot C_{p_{\text{alcalasa}}} \cdot (T_s - 5)$$

$$60000 \text{ Kg/h} \cdot 4181 \text{ J/(kg } ^\circ\text{C)} \cdot (25 - T_s) = 0,0374 \text{ Kg/h} \cdot 4215 \cdot (T_s - 5)$$

$$T_s = 24,99 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La temperatura de salida de la mezcla de las dos corrientes en el equilibrio es de 24,99 °C.

El diseño del intercambiador de calor sería de la siguiente forma



1. Especificaciones. Hacer balances de energía para calcular los flujos, temperaturas y velocidades de transmisión de calor (Q) no especificados.

$$m_{\text{agua}} \cdot C_{p_{\text{vapor}}} \cdot (T_1 - T_2) = m_{\text{agua}} \cdot C_{p_{\text{agua}}} \cdot (t_2 - t_1) = Q$$

---

2. Determinar las propiedades físicas de la corriente de vapor y de la disolución de la tabla 9: Cp, ρ, μ, kf.

3. Suponer un valor para el coeficiente global, Usup.

Fluido caliente: Vapor de agua

Fluido frío: Disolución

Aplicamos la ecuación:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T_m \Rightarrow \frac{Q}{\Delta T_m} = U \cdot A$$

$Q/\Delta T_m$  es constante, por tanto, para un área baja interesa un coeficiente de calor alto.

4. Decidir el número de pases por la carcasa y por los tubos, calcular el  $\Delta T_{ml}$ , el factor de corrección,  $F_t$  e  $\Delta T_m$

4.1. Cálculo de  $\Delta T_{ml}$

Por dentro de los tubos: Vapor ( $T_1, T_2$ )

Por la carcasa: Disolución ( $t_1, t_2$ )

$$\Delta T_{ml} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln\left(\frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}\right)}$$

$T_1$ : Temperatura de entrada del fluido en los tubos.

$T_2$ : Temperatura de salida del fluido en los tubos.

$t_1$ : Temperatura de entrada del fluido en la carcasa.

$t_2$ : Temperatura de salida del fluido en los tubos.

4.2. Cálculo de R

R: Relación de capacidad. Descenso de temperatura del fluido caliente / ascenso de temperatura del fluido frío-

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1}$$

---

#### 4.3. Cálculo de S.

S: Eficiencia en la modificación de temperaturas del intercambiador de calor. Aumento real de la T del fluido frío / máximo aumento de T alcanzable

$$S = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1}$$

#### 4.4. Cálculo de $F_t$ , factor de corrección.

$$F_t = \frac{\sqrt{R^2 + 1} \cdot \ln\left(\frac{1 - S}{1 - R \cdot S}\right)}{(R - 1) \cdot \ln\left(\frac{2 - S \cdot [R + 1 - \sqrt{R^2 + 1}]}{2 - S \cdot [R + 1 + \sqrt{R^2 + 1}]}\right)}$$

#### 4.5. Cálculo de $\Delta T_m$ . Diferencia de temperatura verdadera.

$$\Delta T_m = F_t \cdot \Delta T_{ml}$$

#### 5. Determinar el área de transmisión de calor:

$$A = \frac{Q}{U_{sup} \cdot \Delta T_m}$$

#### 6. Decidir el diámetro externo, espesor, longitud y disposición de los tubos, materiales; asignar fluidos a la carcasa y a los tubos

##### 6.1. Localización de los tubos

Interesa que quepan muchos tubos y estrechos (baratos)

##### 6.2. Diámetro externo

Se escogen valores pequeños para diseñar el cambiador más barato y compacto. Lo habitual es entre 19mm y 25,4 mm

$$d_o = 20 \text{ mm}$$

##### 6.3. Espesor de los tubos (Tabla 10)

Los tubos deben soportar la presión interna y dar una vida adecuada frente a la corrosión.

---

#### 6.4. Diámetro interno

$$d_i = d_o - 2t$$

#### 6.5. Longitud de los tubos.

Medidas estándar: 16, 29 y 24 ft

#### 6.6. El espesor de la placa tubular es siempre 25 mm.

#### 6.7. Longitud útil de los tubos.

Hay que quitar el espesor de dos placas tubulares de 25 mm.

$$L_t = \text{Long. Tubos} - 2 \cdot \text{espesor de los tubos}$$

#### 6.8. Disposición de los tubos.

Como se trata de fluidos limpios empleamos la disposición triangular que ofrece mayor empaquetamiento. Si el fluido de la carcasa fuese sucio la disposición sería cuadrada.

$$P_t = 1,25 \cdot d_o$$

P<sub>t</sub>: Es la mínima distancia en el paso por los tubos

#### 6.9. Elegir el material de los tubos y obtener sus conductividades térmicas.

Buscamos metales con altas conductividades y resistentes a la corrosión del agua (tabla 11)

### 7. Calcular el número de tubos, N<sub>t</sub>

$$N_t = \frac{A_{\text{total}}}{A_{\text{tubo}}} = \frac{\text{Area de intercambio total}}{\text{Area de intercambio de cada tubo}}$$
$$A_{\text{tubo}} = \pi \cdot d_o \cdot l_t$$

### 8. Cálculo del diámetro de la carcasa, D<sub>s</sub>.

#### 8.1. Diámetro del haz de tubos

$$D_b = d_o \cdot \left( \frac{N_t}{k_1} \right)^{1/n_1}$$

K<sub>1</sub> y n<sub>1</sub> son constantes dependientes del número de pases (Tabla 12)

---

## 8.2. Obtención de D<sub>s</sub> – D<sub>b</sub> de la figura 4

Consideramos que tenemos un cabezal tipo S (splits ring floating head).

## 8.3. Cálculo de D<sub>s</sub>

$$D_s = x + D_b$$

## 9. Estimar el coeficiente de transmisión de calor del lado de los tubos

$$\frac{h_i \cdot d_i}{k_f} = j_h \cdot \text{Re} \cdot \text{Pr}^{0,33} \cdot \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

### 9.1. Cálculo del número equivalente (o diámetro medio hidráulico), de.

$$de = \frac{4 \times \text{área de la sección para el flujo}}{\text{perímetro mojado}} = d_i \text{ para tubos}$$

### 9.2 Número de tubos por paso = $\frac{N_t}{n^\circ \text{ de pasos}}$

### 9.3. Sección de un tubo = $\frac{\pi}{4} \cdot d_i^2$

9.4. Sección por pasos: tubos/pasos x Sección de un tubo

### 9.5. Cálculo de la velocidad másica (Gs)

$$Gs = \frac{Ws}{\text{Sección}_{\text{por}_{\text{pasos}}}}$$

### 9.6. Cálculo de la velocidad (U<sub>t</sub>)

$$U_t = \frac{Gs}{\rho_{L_{\text{tubos}}}}$$

### 9.7. Cálculo del Re

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot U_t \cdot de}{\mu}$$

### 9.8. Cálculo del Pr

$$\text{Pr} = \frac{C_p \cdot \mu}{k_f}$$



---

9.9. Obtención del factor de transmisión de calor de la figura 5.

9.10. Cálculo de  $h_i$

$$h_i = \frac{j_h \cdot \text{Re} \cdot \text{Pr}^{0,33} \cdot k_f}{d_i} \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

10. Decidir la separación de los diagramas y estimar el coeficiente de transmisión de calor en el lado de la carcasa.

10.1. Diafragma

El diafragma que se usa es segmental – horizontal.

La distancia óptima entre diafragmas está comprendida entre  $D_s/5$  y  $D_s$ . Un espacio pequeño da altos coeficientes de transmisión de calor, pero producen altas pérdidas de carga. La distancia óptima ( $l_B$ ) está entre  $0,2 \cdot D_s$  y  $0,5 \cdot D_s$ .

$l_B$  = Distancia entre diafragmas. Se coge de primeras la mínima separación para obtener mayor velocidad y mayor caída de presión. Con la máxima separación se obtienen menores caídas de presión.

10.2. Estimación del coeficiente de transmisión de calor en el lado de la carcasa por el método de Kern.

10.2.1. Cálculo del área para el flujo cruzado,  $A_s$ .

$$A_s = \frac{(p_t - d_o) D_s l_B}{p_t}$$

$p_t$ : Paso de tubos (distancia entre ejes)

$d_o$ : Diámetro externo del tubo

$D_s$ : Diámetro interno de la carcasa

$l_B$ : Distancia entre diafragmas

10.2.2. Cálculo de la velocidad másica en el lado de la carcasa,  $G_s$ , y de la velocidad lineal,  $U_s$ .

$$G_s = W_s/A_s \quad U_s = G_s/\rho$$

$W_s$ : Velocidad másica del fluido en la carcasa, Kg/s

---

$\rho$ : Densidad del fluido en la carcasa, Kg/m<sup>3</sup>

10.2.3. Cálculo del diámetro equivalente ( $d_e$ ) de la carcasa (diámetro hidráulico). Disposición triangular.

$$d_e = \frac{4 \cdot \left[ \frac{p_t \cdot 0,87 \cdot p_t}{4} - \frac{\pi \cdot d_o^2}{2 \cdot 4} \right]}{\pi \cdot \frac{d_o}{4}} = \frac{1,10 \cdot (p_t^2 - 0,917 \cdot d_o^2)}{d_o}$$

10.2.4. Cálculo del Re del lado de la carcasa

$$Re = \frac{G_s \cdot d_e}{\mu} = \frac{U_s \cdot d_e \cdot \rho}{\mu}$$

Estamos ante régimen turbulento

10.2.5. Calcular el valor de  $j_h$  de la figura a partir del Re para el corte del diafragma seleccionado y calcular el coeficiente de transmisión de calor,  $h_s$ , para el lado de la carcasa.

10.2.5.1. Obtención de  $j_h$

Se coge el 25% del diámetro de la carcasa de la figura 6.

10.2.5.2. Obtención del Pr

$$Pr = \frac{C_p \cdot \mu}{k_f}$$

10.2.5.3. Obtención del coeficiente de transmisión de calor,  $h_s$

$$h_s = \frac{j_h \cdot Re \cdot Pr^{1/3} \cdot k_f}{d_e} \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

10.3. Cálculo de  $\mu/\mu_w$

T: Temperatura media del fluido caliente

t: Temperatura media del fluido frío

$$U_{sup} \cdot (T - t) = h_s \cdot (T - T_w)$$

Con la tabla 9 obtenemos  $\mu$

---

11. Calcular el coeficiente global de transmisión de calor, incluyendo los factores de ensuciamiento,  $U_{calc}$

$$\frac{1}{U_{calc}} = \frac{1}{h_s} + \frac{1}{h_{od}} + \frac{d_o \cdot \ln\left(\frac{d_o}{d_i}\right)}{2 \cdot k_w} + \frac{d_o}{d_i \cdot h_{id}} + \frac{d_o}{d_i \cdot h_i}$$

$U_{calc}$ : Coeficiente global basado en el área externa del tubo,  $w/(m^2 \cdot ^\circ C)$

$h_s$ : Coeficiente individual del fluido externo del tubo,  $w/(m^2 \cdot ^\circ C)$

$h_{od}$ : Coeficiente externo de ensuciamiento,  $w/(m^2 \cdot ^\circ C)$

$h_{id}$ : Coeficiente interno de ensuciamiento,  $w/(m^2 \cdot ^\circ C)$

$d_i$ : Diámetro interno del tubo, m

$d_o$ : Diámetro externo del tubo, m

$k_w$ : Conductividad térmica del material de la pared del tubo,  $w/(m \cdot ^\circ C)$

11.1. Obtención de los coeficientes de ensuciamiento.

$h_{od}$  (disolución),  $w/(m^2 \cdot ^\circ C)$

$h_{id}$  (vapor),  $w/(m^2 \cdot ^\circ C)$

11.2. Cálculo de  $U_{calc}$

11.3. Comprobamos que cumple la siguiente condición para poder continuar

$$0 \leq \frac{U_{calc} - U_{sup}}{U_{sup}} \leq 30\%$$

12. Estimar las caídas de presión en los tubos y en la carcasa.

12.1. Caída de presión dentro de los tubos,  $\Delta P_t$

$$\Delta P_t = N_p \cdot \left[ 8 \cdot j_f \cdot \left(\frac{L}{d_i}\right) \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{-m} + 2,5 \right] \frac{\rho U_t^2}{2}$$

$N_p$ : Número de pasos por el lado de los tubos

$L$ : Longitud de los tubos

$U_t$ : Velocidad por el lado de los tubos

$d_i$ : diámetro interno

$\rho$ : densidad del vapor

$j_f$ : Factor de fricción obtenido de la figura 7.

$m = 0,14$  ( $Re > 2100$ )

## 12.2. Caída de presión en el lado de la carcasa, $\Delta P_s$

$$\Delta P_t = 8 \cdot j_f \cdot \left( \frac{D_s}{de} \right) \cdot \left( \frac{L}{l_B} \right) \cdot \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0,14} \cdot \frac{\rho \cdot U_s^2}{2}$$

$j_f$ : Factor de fricción obtenido de la figura 8

Según las normas el  $\Delta P$  en la carcasa es de 0,5 – 0,7 bares. Cuando el  $\Delta P$  en la carcasa es demasiado alta lo que se suele hacer es aumentar  $l_B$  (separación entre los diafragmas), lo que también supone una disminución de  $h$  y un aumento de velocidad en los tubos.

### Resultados del diseño del intercambiador de calor de carcasa y tubos

1. Especificaciones	
Te vapor, °C	200
Ts vapor, °C	100,00
te agua, °C	24,99
ts agua, °C	50
m disolución, Kg/s	16,67
m vapor, Kg/s	2,78
Q, J/s	$1,74 \cdot 10^6$

2. Propiedades físicas	
<i>Disolución</i>	
Viscosidad, kg/(sm)	0,0006967
Cp, J/(Kg °C)	4178,5
Densidad, Kg/m <sup>3</sup>	993,03
kf, w/(m °C)	0,6285
<i>Vapor</i>	
Viscosidad, kg/(sm)	0,000187
Cp, J/(Kg °C)	4244,5
Densidad, Kg/m <sup>3</sup>	916,325
kf, w/(m °C)	0,68475

3. Usup, w/(m <sup>2</sup> °C)	
	1000

4. Pases, temperaturas	
Intercambiador	1:02
$\Delta T_{ml}$ , °C	108,2
R	3,998
S	0,1429
Ft	0,962
$\Delta T_m$ , °C	104,14

		<b>6. Distancias</b>	
		do, mm	20
		t, mm	2
		di, mm	16
		L, m	4,88
		Lt, m	4,83
		Disposición tubos	Triangular
		Pt, mm	25
		kw, w/(m °C)	Niquel
			59
<b>5. A total, m<sup>2</sup></b>		16,73	
<b>7. Número de tubos</b>			
A tubos, m <sup>2</sup>	0,303		
Nt	56		
<b>9. Calculo tubos</b>			
de = di, mm	16		
Nº pasos por tubo	28		
Sección de un tubo, mm <sup>2</sup>	201,06		
Sección por pasos, mm <sup>2</sup>	5629,73		
Gs, Kg/(s m <sup>2</sup> )	493,41		
Ut, (m/s)	0,538		
Re	42200		
Pr	0,92		
jh	0,0033		
hi, w/(m <sup>2</sup> °C)	8686,57		
<b>11. Ucalc, w/(m<sup>2</sup> °C)</b>		1141,47	
		<b>8. Calculo Ds</b>	
		Db, mm	232,66
		Ds, mm	283,66
		<b>10. Calculo carcasa</b>	
		Lb, mm	0,8 · Ds
			226,93
		As, mm <sup>2</sup>	12874,23
		Gs, Kg/(s m <sup>2</sup> )	1294,58
		Us, m/s	1,304
		de, mm	14,201
		Re	26400
		jh	0,0039
		Pr	4,634
		hs, w/(m <sup>2</sup> °C)	9008,36
		<b>12. Caidas de presion</b>	
		ΔPt, bar	0,026
		ΔPs, bar	0,687

### 1.2. Pre calentadores del agua de los extractores de gelatina.

Vamos a usar intercambiadores de carcasas y tubos para calentar corrientes de agua hasta la temperatura adecuada para la extracción, pasando por los tubos el vapor y por la carcasa el agua.

El proceso de cálculo es el mismo que en el pre calentador 1. Los resultados se pueden ver en el siguiente cuadro:

	Precalentador 2	Precalentador 3	Precalentador 4	Precalentador 5
<b>1. Especificaciones</b>				
Te vapor, °C	200	200	200	200
Ts vapor, °C	100,04	190,81	141,19	120,96
te agua, °C	25	25	25	25
ts agua, °C	55	65	75	85
m agua, Kg/s	18,52	2,31	9,26	1,85
m vapor, Kg/s	5,49	9,95	7,78	1,39
Q, J/s	23220000	387000	1930000	464000
<b>2. Propiedades físicas</b>				
<i>Agua</i>				
Viscosidad, kg/(sm)	0,000653	0,000607	0,000562	0,000514
Cp, J/(Kg °C)	4178	4180	4179	4180
Densidad, Kg/m <sup>3</sup>	992,3	990,025	987,75	985,48
kf, w/(m °C)	0,684	0,639	0,68	0,674
<i>Vapor</i>				
Viscosidad, kg/(sm)	0,000187	0,000142	0,000164	0,000175
Cp, J/(Kg °C)	4312,57	4487,31	4381,51	4367,61
Densidad, Kg/m <sup>3</sup>	916,31	869,1	896,19	906,08
kf, w/(m °C)	0,685	0,67	0,68	0,682
<b>3. Usup, w/(m<sup>2</sup> °C)</b>	1000	1100	1150	1200
<b>4. Pases, temperaturas</b>				
Intercambiador	1:04	1:02	1:04	1:02
ΔTml, °C	106,21	149,88	120,54	105,2
R	3,332	0,23	1,18	1,32
S	0,171	0,229	0,286	0,343
Ft	0,953	0,997	0,965	0,924
ΔTm, °C	101,21	149,47	116,36	97,18
<b>5. A total, m<sup>2</sup></b>	22,94	2,35	14,46	3,98
<b>6. Distancias</b>				
do, mm	20	16	20	20
t, mm	2	1,6	2	2
di, mm	16	12,8	16	16
L, m	4,88	4,88	4,88	4,88
Lt, m	4,83	4,83	4,83	4,83
Disposición tubos	Triangular	Triangular	Triangular	Triangular
Pt, mm	25	20	25	25
kw, w/(m °C)	Níquel	Níquel	Níquel	Níquel
	59	59	59	59

<b>7. Número de tubos</b>				
A tubos, m <sup>2</sup>	0,303	0,243	0,303	0,303
Nt	76	10	48	14
<b>8. Calculo Ds</b>				
Db, mm	285,38	85,27	233,39	124,15
Ds, mm	338,38	128,27	284,39	170,15
<b>9. Calculo tubos</b>				
de = di, mm	16	12,8	16	16
Nº pasos por tubo	57	5	12	7
Sección de un tubo, mm <sup>2</sup>	201,06	128,68	201,062	201,062
Sección por pasos, mm <sup>2</sup>	3820,17	643,4	2412,74	1407,43
Gs, Kg/(s m <sup>2</sup> )	1437,3	15470,35	3223,63	986,82
Ut, (m/s)	1,63	17,8	3,6	1,09
Re	152000	1390000	314000	90100
Pr	0,99	0,951	1,06	1,12
jh	0,002	0,0028	0,0024	0,0028
hi, w/(m <sup>2</sup> °C)	14468,79	233021,49	37581,25	12681,81
<b>10. Calculo carcasa</b>				
Lb, mm	0,8 · Ds	0,8 · Ds	0,6 · Ds	0,4 · Ds
	270,7	102,62	170,63	68,06
As, mm <sup>2</sup>	18319,74	2632,61	9705,14	2315,95
Gs, Kg/(s m <sup>2</sup> )	1010,85	879,29	954,06	799,61
Us, m/s	1,02	0,89	0,966	0,811
de, mm	14,201	11,36	14,201	14,201
Re	22000	16500	24100	22000
jh	0,003	0,0024	0,003	0,003
Pr	3,99	3,7	3,45	3,2
hs, w/(m <sup>2</sup> °C)	5688,95	3684,69	3022,07	5252,88
<b>11. Ucalc, w/(m<sup>2</sup> °C)</b>	1132,08	1172,22	1218,81	1287,4
<b>12. Caídas de presión</b>				
ΔPt, bar	0,502	17,84	1,719	0,092
ΔPs, bar	0,656	0,669	0,516	0,571

---

### 1.3. Evaporadores

Se van a realizar los balances de energía de energía de los evaporadores para conseguir una concentración determinada de gelatina en la corriente de concentrado. Estos cálculos nos van a servir para conocer el caudal de vapor de calefacción necesario y el área de la zona de intercambio de calor en el serpentín.

Se va a calcular el área del primer evaporador y éste va a ser el que se va a usar para las sucesivas evaporaciones. Se van a necesitar 2 evaporadores ya que las corrientes provenientes de la preconcentración 3 y preconcentración 4 se realizan de manera simultánea.

El vapor de calefacción se consigue en la caldera.

El proceso de cálculo para estas unidades es el siguiente:

Para el evaporador 1 y 4:

1. Cálculo de la entalpía de la corriente de alimentación:

$$H_F = C_{pF} \cdot (T_F - T_{ref})$$

2. Con el uso de las tablas de vapor saturado miramos las entalpías y la temperatura de las corrientes de salida de la cámara del evaporador ya que se sabe a la presión con la que salen
3. Con el uso de las tablas de vapor saturado miramos las entalpías de vapor, de líquido, el calor latente y la temperatura del vapor de calefacción.
4. Calculamos el caudal de vapor a partir del balance de energía:

$$V(H_v - h_v) = E \cdot H_E + C \cdot H_c - F \cdot H_F$$
$$V = \frac{E \cdot H_E + C \cdot H_c - F \cdot H_F}{(H_v - h_v)}$$

5. Calculamos el área necesaria.

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T = U \cdot A \cdot (T_v - T_E)$$
$$q = V \cdot \lambda$$



---

Para el evaporador 2 y 3:

1. Cálculo de la entalpía de la corriente de alimentación:

$$H_F = C_{pF} \cdot (T_F - T_{ref})$$

2. Con el uso de las tablas de vapor saturado miramos las entalpías y la temperatura de las corrientes de salida de la cámara del evaporador ya que se sabe a la presión con la que salen
3. Cálculo de la temperatura del vapor de calefacción,  $T_v$ :

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T = U \cdot A \cdot (T_v - T_E)$$

$$q = V \cdot \lambda$$

Igualando:

$$U \cdot A \cdot (T_v - T_E) = V \cdot \lambda$$

Por otro lado:

$$V \cdot \lambda = E \cdot H_E + C \cdot H_c - F \cdot H_F$$

Igualando las dos últimas expresiones tenemos:

$$U \cdot A \cdot (T_v - T_E) = E \cdot H_E + C \cdot H_c - F \cdot H_F$$

4. De las tablas de vapor saturado las entalpías de vapor, de líquido, el calor latente y la temperatura del vapor de calefacción.
5. Cálculo del caudal de calefacción teniendo en cuenta que se usará el área del evaporador 1.

El resultado de estos cálculos se pueden ver en los siguientes cuadros:

<b>EVAPORADOR 1</b>	
Entalpía de la corriente de alimentación	$H_F = 55 \text{ Kcal/Kg}$
Entalpías de las corrientes de salida del evaporador	
Entalpía del vapor de agua	$H_E = 620.86 \text{ Kcal/Kg}$
Entalpía del concentrado	$H_C = 54.58 \text{ Kcal/Kg}$
Temperaturas de las corrientes de salida	$T_E = T_C = 54.08^\circ\text{C}$
Entalpías del vapor de calefacción a $P = 1.7 \text{ atm}$ :	
Entalpía de vapor	$H_V = 2700.15 \text{ KJ/Kg}$
Entalpía de líquido	$h_V = 485.91 \text{ KJ/Kg}$
Calor latente	$\lambda = 528.86 \text{ Kcal/Kg}$
Temperatura de vapor	$T_V = 115.8 \text{ }^\circ\text{C}$
Caudal de vapor de calefacción	$V = 4199.63 \text{ Kg/h}$
Coefficiente global	$U = 1000 \text{ Kcal}/(\text{h}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$
Área de intercambio	$A = 35.99 \text{ m}^2$

<b>EVAPORADOR 2</b>	
Entalpía de la corriente de alimentación	$H_F = 65 \text{ Kcal/Kg}$
Entalpías de las corrientes de salida del evaporador	
Entalpía del vapor de agua	$H_E = 620.86 \text{ Kcal/Kg}$
Entalpía del concentrado	$H_C = 54.58 \text{ Kcal/Kg}$
Temperaturas de las corrientes de salida	$T_E = T_C = 54.08^\circ\text{C}$
Entalpías del vapor de calefacción a $P = 0.16 \text{ bar}$ :	
Entalpía de vapor	$H_V = 2601.11 \text{ KJ/Kg}$
Entalpía de líquido	$h_V = 230.73 \text{ KJ/Kg}$
Calor latente	$\lambda = 567.08 \text{ Kcal/Kg}$
Temperatura de vapor	$T_V = 55.12 \text{ }^\circ\text{C}$
Caudal de vapor de calefacción	$V = 61.22 \text{ Kg/h}$
Coefficiente global	$U = 1000 \text{ Kcal}/(\text{h}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$
Área de intercambio	$A = 35.99 \text{ m}^2$

<b>EVAPORADOR 3</b>	
Entalpía de la corriente de alimentación	$H_F = 75 \text{ Kcal/Kg}$
Entalpías de las corrientes de salida del evaporador	
Entalpía del vapor de agua	$H_E = 620.86 \text{ Kcal/Kg}$
Entalpía del concentrado	$H_C = 54.58 \text{ Kcal/Kg}$
Temperaturas de las corrientes de salida	$T_E = T_C = 54.08^\circ\text{C}$
Entalpías del vapor de calefacción a $P = 0.23 \text{ bar}$ :	
Entalpía de vapor	$H_V = 2615.06 \text{ KJ/Kg}$
Entalpía de líquido	$h_V = 264.27 \text{ KJ/Kg}$
Calor latente	$\lambda = 562.39 \text{ Kcal/Kg}$
Temperatura de vapor	$T_V = 63.14 \text{ }^\circ\text{C}$
Caudal de vapor de calefacción	$V = 580.03 \text{ Kg/h}$
Coefficiente global	$U = 1000 \text{ Kcal}/(\text{h}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$
Área de intercambio	$A = 35.99 \text{ m}^2$

<b>EVAPORADOR 4</b>	
Entalpía de la corriente de alimentación	$H_F = 85 \text{ Kcal/Kg}$
Entalpías de las corrientes de salida del evaporador	
Entalpía del vapor de agua	$H_E = 620.86 \text{ Kcal/Kg}$
Entalpía del concentrado	$H_C = 54.58 \text{ Kcal/Kg}$
Temperaturas de las corrientes de salida	$T_E = T_C = 54.08^\circ\text{C}$
Entalpías del vapor de calefacción a $P = 1.7 \text{ atm}$ :	
Entalpía de vapor	$H_V = 2700.15 \text{ KJ/Kg}$
Entalpía de líquido	$h_V = 485.91 \text{ KJ/Kg}$
Calor latente	$\lambda = 528.86 \text{ Kcal/Kg}$
Temperatura de vapor	$T_V = 115.8^\circ\text{C}$
Caudal de vapor de calefacción	$V = 138.66 \text{ Kg/h}$
Coefficiente global	$U = 1000 \text{ Kcal}/(\text{h}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$
Área de intercambio	$A = 1.2 \text{ m}^2$

#### 1.4. Esterilizadores

Se van a esterilizar las corrientes de concentrado que salen de los evaporadores. Los esterilizadores calientan estas corrientes a  $140^\circ\text{C}$ , lo mantienen a esa temperatura durante 8 s y después se llevan a un evaporador a vacío haciendo que la gelatina se concentre un poco más.

El proceso de cálculo es el siguiente:

##### 1. Cálculos referidos al calentamiento

##### 1.1. Realizamos los balances de materia y energía

Balance de materia:

$$A + V = S$$

$$x_A \cdot A = x_S \cdot S$$

Balance de energía:

$$A \cdot H_A + V \cdot H_V = S \cdot H_S$$

Siendo las entalpías:

$$H_A = 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \cdot 54,08^\circ\text{C} = 54,08 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

$$H_S = 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \cdot 140^\circ\text{C} = 140 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

Para el vapor suponemos que entra a  $200^\circ\text{C}$ , por tanto con las tablas de vapor saturado tenemos:

---

$$H_v = 2793,2 \frac{KJ}{Kg} = 667,14 \frac{Kcal}{Kg}$$

$$P_v = 15,54 \text{ _bar}$$

Con la combinación de las tres ecuaciones calculamos V, S y  $x_s$ .

- 1.2. Cálculo del área necesaria para el intercambio a partir de las expresiones:

$$q = S \cdot Cp \cdot \Delta T$$

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

## 2. Cálculos referidos a la evaporación

Para el evaporador de la primera y cuarta esterilización:

- 2.1. Cálculo de la entalpía de la corriente de alimentación:

$$H_F = Cp_F \cdot (T_F - T_{ref})$$

- 2.2. Con el uso de las tablas de vapor saturado miramos las entalpías y la temperatura de las corrientes de salida de la cámara del evaporador ya que se sabe a la presión con la que salen

- 2.3. Con el uso de las tablas de vapor saturado miramos las entalpías de vapor, de líquido, el calor latente y la temperatura del vapor de calefacción.

- 2.4. Calculamos el caudal de vapor a partir del balance de energía:

$$V(H_v - h_v) = E \cdot H_E + C \cdot H_c - F \cdot H_F$$
$$V = \frac{E \cdot H_E + C \cdot H_c - F \cdot H_F}{(H_v - h_v)}$$

- 2.5. Calculamos el área necesaria.

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T = U \cdot A \cdot (T_v - T_E)$$

$$q = V \cdot \lambda$$

Para los evaporadores de la segunda y tercera esterilización:

---

3.1. Cálculo de la entalpía de la corriente de alimentación:

$$H_F = C_{pF} \cdot (T_F - T_{ref})$$

3.2. Con el uso de las tablas de vapor saturado miramos las entalpías y la temperatura de las corrientes de salida de la cámara del evaporador ya que se sabe a la presión con la que salen

3.3. Cálculo de la temperatura del vapor de calefacción,  $T_v$ :

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T = U \cdot A \cdot (T_v - T_E)$$

$$q = V \cdot \lambda$$

Igualando:

$$U \cdot A \cdot (T_v - T_E) = V \cdot \lambda$$

Por otro lado:

$$V \cdot \lambda = E \cdot H_E + C \cdot H_C - F \cdot H_F$$

Igualando las dos últimas expresiones tenemos:

$$U \cdot A \cdot (T_v - T_E) = E \cdot H_E + C \cdot H_C - F \cdot H_F$$

3.4. De las tablas de vapor saturado las entalpías de vapor, de líquido, el calor latente y la temperatura del vapor de calefacción.

3.5. Cálculo del caudal de calefacción teniendo en cuenta que se usará el área del evaporador 1.

El resultado de estos cálculos se pueden ver en los siguientes cuadros:

	Esterilización 1	Esterilización 2	Esterilización 3	Esterilización 3
<b>CALENTAMIENTO</b>				
<i>Alimentación</i>				
Temperatura, °C	54,08	54,08	54,08	54,08
Entalpía, H <sub>A</sub> , Kcal/Kg	54,08	54,08	54,08	54,08
Vapor de agua, V, Kg/h	1282,76	22,8	210,56	50,32
Temperatura T <sub>v</sub> , °C	200	200	200	200
Presión, Bar	15,54	15,54	15,54	15,54
Entalpía del vapor, H <sub>v</sub> , Kcal/Kg	667,14	667,14	667,14	667,14
<i>Corriente de salida S</i>				
Temperatura T <sub>s</sub> , °C	140	140	140	140
Entalpía, H <sub>s</sub> , Kcal/Kg	140	140	140	140
Calor intercambiado Q, Kcal/h	5,62·10 <sup>5</sup>	9993	9,23·10 <sup>4</sup>	2,21·10 <sup>4</sup>
Coefficiente global U, Kcal/(h·°C·m <sup>2</sup> )	1000	1000	1000	1000
Area de intercambio, m <sup>2</sup>	9,37	0,17	1,54	0,37

	Esterilización 1	Esterilización 2	Esterilización 3	Esterilización 4
<b>EVAPORADOR</b>				
Entalpía alimentación, H <sub>F</sub> , Kcal/Kg	140	140	140	140
<i>Entalpías de salida de la cámara</i>				
Vapor de agua, H <sub>E</sub> , Kcal/Kg	624,33	624,33	624,33	624,33
Concentrado, H <sub>C</sub> , Kcal/Kg	60,14	60,14	60,14	60,14
Temperatura de salida, T <sub>E</sub> , T <sub>C</sub> , °C	60,06	60,06	60,06	60,06
<i>Entalpías vapor de calefacción</i>				
Presión, bar	1,7	0,26	0,31	1,7
Entalpía de vapor, H <sub>v</sub> , Kcal/Kg	645,97	625,58	628,09	645,25
Entalpía de líquido h <sub>v</sub> , Kcal/Kg	116,25	63,14	62,28	116,25
Calor latente, λ, Kcal/Kg	529,72	562,43	558,81	529,72
Temperatura de vapor, T <sub>v</sub>	115,8	65,76	69,19	115,8
Caudal de vapor de calefacción, V, Kg/h	1182,58	59,91	184,2	46,44
Coefficiente global, U, Kcal/(h·°C·m <sup>2</sup> )	1000	1000	1000	1000
Area de intercambio, A, m <sup>2</sup>	11,28	11,28	11,28	0,44

## 2. BALANCES ENTALPICOS AL CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN

### 2.1. Enfriador del evaporador

Vamos a enfriar las corrientes de vapor que salen de los evaporadores después del estrechamiento de la tubería hasta una temperatura de 20°C por medio de aerorefrigeradores.

Estos aerorefrigeradores disponen de ventiladores que producen aire que incide directamente en la tubería haciendo que se enfríe el fluido que circula por él.

---

El proceso de cálculo es el siguiente:

1. Definir la temperatura a la que se quiere enfriar el fluido
2. Tener en cuenta las características físicas del fluido y el radio de la tubería por la que pasa (Longitud característica)
3. Hacemos un cambio de escala para que la temperatura de la superficie sea igual a 0.
4. Calculamos los siguiente parámetros:

$$t_c/T; \quad Bi = \frac{hL}{k}; \quad 1/Bi$$

5. Miramos el número de Fourier en la figura 9
6. Calculamos el tiempo de enfriamiento con la siguiente expresión:

$$\tau = \frac{Fo \cdot L^2}{\alpha}$$

7. Cálculo del caudal de aire necesario:

$$Q = m_{\text{vapor}} \cdot C_{p_{\text{vapor}}} \cdot (100 - 21) \text{ } ^\circ\text{C} = m_{\text{aire}} \cdot C_{p_{\text{aire}}} \cdot (20 - 17) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\rho_{\text{aire}} = 1,18 \text{ Kg/m}^3$$

El resultado del diseño se puede ver en el siguiente cuadro:

<b>ENFRIADORES DE LOS EVAPORADORES</b>	
<b>ENFRIADOR 3</b>	<b>ENFRIADOR 4</b>
Temperatura de la placa $T' = 100^{\circ}\text{C}$	Temperatura de la placa $T' = 100^{\circ}\text{C}$
Temperatura del aire $ts' = 17^{\circ}\text{C}$	Temperatura del aire $ts' = 17^{\circ}\text{C}$
Longitud característica $0.0071 \text{ m}$	Longitud característica $0.00094 \text{ m}$
Propiedades físicas del vapor de agua	Propiedades físicas del vapor de agua
Densidad $\rho = 958.4 \text{ Kg/m}^3$	Densidad $\rho = 958.4 \text{ Kg/m}^3$
Capacidad calorífica $C_p = 4211 \text{ KJ}/(\text{Kg}\cdot^{\circ}\text{C})$	Capacidad calorífica $C_p = 4211 \text{ KJ}/(\text{Kg}\cdot^{\circ}\text{C})$
Conductividad térmica $K = 0.682 \text{ w/m}^{\circ}\text{C}$	Conductividad térmica $K = 0.682 \text{ w/m}^{\circ}\text{C}$
Coeficiente de difusividad $\alpha = 1.69\cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$	Coeficiente de difusividad $\alpha = 1.69\cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
Coeficiente de película $h = 8 \text{ Kcal}/(\text{h}\cdot\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})$	Coeficiente de película $h = 8 \text{ Kcal}/(\text{h}\cdot\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})$
Temperatura ( $x = 2.37 \text{ mm}$ ) $tc' = 21^{\circ}\text{C}$	Temperatura ( $x = 0.47 \text{ mm}$ ) $tc' = 21^{\circ}\text{C}$
Cambio de escala para $T_{\text{superficie}} = 0$ $T = 83^{\circ}\text{C}; ts = 0^{\circ}\text{C}; tc = 4^{\circ}\text{C}$	Cambio de escala para $T_{\text{superficie}} = 0$ $T = 83^{\circ}\text{C}; ts = 0^{\circ}\text{C}; tc = 4^{\circ}\text{C}$
Cálculo de las siguientes expresiones $t_c/T = 0.048; Bi = 0.033; 1/Bi = 29.89$	Cálculo de las siguientes expresiones $t_c/T = 0.048; Bi = 0.0128; 1/Bi = 78.1$
Número de Fourier $Fo = 97$	Número de Fourier $Fo = 250$
Tiempo de enfriamiento por cada placa $\tau = 3.22 \text{ s}$	Tiempo de enfriamiento por cada placa $\tau = 1.31 \text{ s}$
Caudal de aire $790 \text{ m}^3/\text{h}$	Caudal de aire $50535.6 \text{ m}^3/\text{h}$
<b>ENFRIADOR 5</b>	<b>ENFRIADOR 6</b>
Temperatura de la placa $T' = 100^{\circ}\text{C}$	Temperatura de la placa $T' = 100^{\circ}\text{C}$
Temperatura del aire $ts' = 17^{\circ}\text{C}$	Temperatura del aire $ts' = 17^{\circ}\text{C}$
Longitud característica $0.00286 \text{ m}$	Longitud característica $0.0014 \text{ m}$
Propiedades físicas del vapor de agua	Propiedades físicas del vapor de agua
Densidad $\rho = 958.4 \text{ Kg/m}^3$	Densidad $\rho = 958.4 \text{ Kg/m}^3$
Capacidad calorífica $C_p = 4211 \text{ KJ}/(\text{Kg}\cdot^{\circ}\text{C})$	Capacidad calorífica $C_p = 4211 \text{ KJ}/(\text{Kg}\cdot^{\circ}\text{C})$
Conductividad térmica $K = 0.682 \text{ w/m}^{\circ}\text{C}$	Conductividad térmica $K = 0.682 \text{ w/m}^{\circ}\text{C}$
Coeficiente de difusividad $\alpha = 1.69\cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$	Coeficiente de difusividad $\alpha = 1.69\cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
Coeficiente de película $h = 8 \text{ Kcal}/(\text{h}\cdot\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})$	Coeficiente de película $h = 8 \text{ Kcal}/(\text{h}\cdot\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})$
Temperatura ( $x = 0.00143 \text{ m}$ ) $tc' = 21^{\circ}\text{C}$	Temperatura ( $x = 0.0007 \text{ m}$ ) $tc' = 21^{\circ}\text{C}$
Cambio de escala para $T_{\text{superficie}} = 0$ $T = 83^{\circ}\text{C}; ts = 0^{\circ}\text{C}; tc = 4^{\circ}\text{C}$	Cambio de escala para $T_{\text{superficie}} = 0$ $T = 83^{\circ}\text{C}; ts = 0^{\circ}\text{C}; tc = 4^{\circ}\text{C}$
Cálculo de las siguientes expresiones $t_c/T = 0.048; Bi = 0.0195; 1/Bi = 51.34$	Cálculo de las siguientes expresiones $t_c/T = 0.048; Bi = 0.0095; 1/Bi = 104.9$
Número de Fourier $Fo = 140$	Número de Fourier $Fo = 330$
Tiempo de enfriamiento por cada placa $\tau = 1.7 \text{ s}$	Tiempo de enfriamiento por cada placa $\tau = 0.96 \text{ s}$
Caudal de aire $466721.14 \text{ m}^3/\text{h}$	Caudal de aire $111490.52 \text{ m}^3/\text{h}$



---

## 2.2. Enfriador del esterilizador

Vamos a enfriar las corrientes de vapor que salen de los evaporadores de la esterilización después del estrechamiento de la tubería hasta una temperatura de 20°C por medio de aerorefrigeradores.

El proceso de cálculo de es el mismo que en los enfriadores de los evaporadores.

El resultado se puede en el siguiente cuadro:

<b>ENFRIADORES DE LOS ESTERILIZACIONES</b>	
<b>ENFRIADOR 7</b>	<b>ENFRIADOR 8</b>
Temperatura de la placa $T' = 100^{\circ}\text{C}$	Temperatura de la placa $T' = 100^{\circ}\text{C}$
Temperatura del aire $ts' = 17^{\circ}\text{C}$	Temperatura del aire $ts' = 17^{\circ}\text{C}$
Longitud característica $0.00617 \text{ m}$	Longitud característica $0.00114 \text{ m}$
Propiedades físicas del vapor de agua	
Densidad $\rho = 958.4 \text{ Kg/m}^3$	Densidad $\rho = 958.4 \text{ Kg/m}^3$
Capacidad calorífica $C_p = 4211 \text{ KJ/(Kg}\cdot^{\circ}\text{C)}$	Capacidad calorífica $C_p = 4211 \text{ KJ/(Kg}\cdot^{\circ}\text{C)}$
Conductividad térmica $K = 0.682 \text{ w/m}^{\circ}\text{C}$	Conductividad térmica $K = 0.682 \text{ w/m}^{\circ}\text{C}$
Coeficiente de difusividad $\alpha = 1.69\cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$	Coeficiente de difusividad $\alpha = 1.69\cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
Coeficiente de película $h = 8 \text{ Kcal/(h}\cdot\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C)}$	Coeficiente de película $h = 8 \text{ Kcal/(h}\cdot\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C)}$
Temperatura ( $x = 2.37 \text{ mm}$ ) $tc' = 21^{\circ}\text{C}$	Temperatura ( $x = 0.47 \text{ mm}$ ) $tc' = 21^{\circ}\text{C}$
Cambio de escala para $T_{\text{superficie}} = 0$ $T = 83^{\circ}\text{C}; ts = 0^{\circ}\text{C}; tc = 4^{\circ}\text{C}$	Cambio de escala para $T_{\text{superficie}} = 0$ $T = 83^{\circ}\text{C}; ts = 0^{\circ}\text{C}; tc = 4^{\circ}\text{C}$
Cálculo de las siguientes expresiones	
$t_c/T = 0.048$ ; $Bi = 0.042$ ; $1/Bi = 23.76$	$t_c/T = 0.048$ ; $Bi = 0.0078$ ; $1/Bi = 128.1$
Número de Fourier $Fo = 70$	Número de Fourier $Fo = 400$
Tiempo de enfriamiento por cada placa $\tau = 3.95 \text{ s}$	Tiempo de enfriamiento por cada placa $\tau = 0.77 \text{ s}$
Caudal de aire $1738392.3 \text{ m}^3/\text{h}$	Caudal de aire $59791.58 \text{ m}^3/\text{h}$
<b>ENFRIADOR 9</b>	<b>ENFRIADOR 10</b>
Temperatura de la placa $T' = 100^{\circ}\text{C}$	Temperatura de la placa $T' = 100^{\circ}\text{C}$
Temperatura del aire $ts' = 17^{\circ}\text{C}$	Temperatura del aire $ts' = 17^{\circ}\text{C}$
Longitud característica $0.0025 \text{ m}$	Longitud característica $0.00122 \text{ m}$
Propiedades físicas del vapor de agua	
Densidad $\rho = 958.4 \text{ Kg/m}^3$	Densidad $\rho = 958.4 \text{ Kg/m}^3$
Capacidad calorífica $C_p = 4211 \text{ KJ/(Kg}\cdot^{\circ}\text{C)}$	Capacidad calorífica $C_p = 4211 \text{ KJ/(Kg}\cdot^{\circ}\text{C)}$
Conductividad térmica $K = 0.682 \text{ w/m}^{\circ}\text{C}$	Conductividad térmica $K = 0.682 \text{ w/m}^{\circ}\text{C}$
Coeficiente de difusividad $\alpha = 1.69\cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$	Coeficiente de difusividad $\alpha = 1.69\cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
Coeficiente de película $h = 8 \text{ Kcal/(h}\cdot\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C)}$	Coeficiente de película $h = 8 \text{ Kcal/(h}\cdot\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C)}$
Temperatura ( $x = 0.00125 \text{ m}$ ) $tc' = 21^{\circ}\text{C}$	Temperatura ( $x = 0.00061 \text{ m}$ ) $tc' = 21^{\circ}\text{C}$
Cambio de escala para $T_{\text{superficie}} = 0$ $T = 83^{\circ}\text{C}; ts = 0^{\circ}\text{C}; tc = 4^{\circ}\text{C}$	Cambio de escala para $T_{\text{superficie}} = 0$ $T = 83^{\circ}\text{C}; ts = 0^{\circ}\text{C}; tc = 4^{\circ}\text{C}$
Cálculo de las siguientes expresiones	
$t_c/T = 0.048$ ; $Bi = 0.017$ ; $1/Bi = 58.74$	$t_c/T = 0.048$ ; $Bi = 0.008$ ; $1/Bi = 120.36$
Número de Fourier $Fo = 180$	Número de Fourier $Fo = 390$
Tiempo de enfriamiento por cada placa $\tau = 1.66 \text{ s}$	Tiempo de enfriamiento por cada placa $\tau = 0.86 \text{ s}$
Caudal de aire $285489.4 \text{ m}^3/\text{h}$	Caudal de aire $68231.04 \text{ m}^3/\text{h}$

---

### 2.3. Enfriador de la línea de proceso

Se va a operar igual que en el enfriamiento del vapor de salida del evaporador. El único cambio es en el cálculo del caudal de aire necesario, el balance de energía queda:

$$Q = m_{\text{gelatina}} \cdot C_{p_{\text{gelatina}}} \cdot (60.06 - 25) \text{ }^{\circ}\text{C} = m_{\text{aire}} \cdot C_{p_{\text{aire}}} \cdot (25 - 17) \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\rho_{\text{aire}} = 1,18 \text{ Kg/m}^3$$

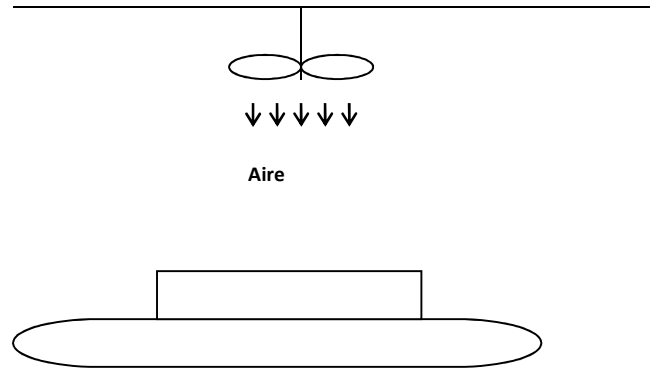
El enfriador va a operar de manera discontinua y será un cerrado de 1 m de alto, 7 m de ancho y 11 m de largo. Con estas dimensiones dispondremos de dos lejas y en cada leja caben 45 placas, así nos aseguramos que entren todas las bandejas en el pico de producción.

El resultado del diseño se puede ver en el siguiente cuadro:

<b>ENFRIADOR 1</b>	
<b>CORRIENTE PRIMERA ESTERILIZACION</b>	<b>CORRIENTE SEGUNDA ESTERILIZACION</b>
<p>Espesor <math>z = 12 \text{ mm}</math>  Densidad gelatina <math>\rho = 1.014 \text{ Kg/L}</math>  Volumen de gelatina <math>V = 21.43 \text{ m}^3</math>  Número de placas de dimensiones  Anchura: 2 m  Largo: 10 m <span style="float:right">89 placas</span>  Número de placas de dimensiones  Anchura: 2 m  Largo: 2.9 m  Profundidad: 0.012 m  <span style="float:right">1 placa</span>  Número de pastillas (1cm x1cm x1.2 cm)  17858000 pastillas  Caudal de aire para el enfriador  78660.4 <math>\text{m}^3/\text{h}</math></p>	<p>Espesor <math>z = 12 \text{ mm}</math>  Densidad gelatina <math>\rho = 1.014 \text{ Kg/L}</math>  Volumen de gelatina <math>V = 0.079 \text{ m}^3</math>  Número de placas de dimensiones  Anchura: 2 m  Largo: 3.29 m <span style="float:right">1 placa</span>  Número de pastillas (1cm x1cm x1. cm)  65800 pastillas  Caudal de aire para el enfriador  932.27 <math>\text{m}^3/\text{h}</math></p>
<b>CORRIENTE TERCERA ESTERILIZACION</b>	<b>CORRIENTE CUARTA ESTERILIZACION</b>
<p>Espesor <math>z = 12 \text{ mm}</math>  Densidad gelatina <math>\rho = 1.014 \text{ Kg/L}</math>  Volumen de gelatina <math>V = 1.802 \text{ m}^3</math>  Número de placas de dimensiones  Anchura: 2 m  Largo: 10 m  <span style="float:right">7 placas</span>  Número de placas de dimensiones  Anchura: 2 m  Largo: 5.08 m  Profundidad: 0.012 m  <span style="float:right">1 placa</span>  Número de pastillas (1cm x1cm x1.2 cm)  1501600 pastillas  Caudal de aire para el enfriador  12909.65 <math>\text{m}^3/\text{h}</math></p>	<p>Espesor <math>z = 12 \text{ mm}</math>  Densidad gelatina <math>\rho = 1.014 \text{ Kg/L}</math>  Volumen de gelatina <math>V = 0.26 \text{ m}^3</math>  Número de placas de dimensiones  Anchura: 2 m  Largo: 0.83 m  <span style="float:right">1 placa</span>  Número de pastillas (1cm x1cm x1.2 cm)  16600 pastillas  Caudal de aire para el enfriador  3082.55 <math>\text{m}^3/\text{h}</math></p>
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
<p>Temperatura de la placa <span style="float:right"><math>T' = 60.06^\circ\text{C}</math></span>  Temperatura del aire <span style="float:right"><math>ts' = 17^\circ\text{C}</math></span>  Longitud característica <span style="float:right">0.012 m</span>  Propiedades físicas de la gelatina  Densidad <span style="float:right"><math>\rho = 1.014 \text{ Kg/m}^3</math></span>  Capacidad calorífica <span style="float:right"><math>Cp = 0.76 \text{ Kcal}/(\text{Kg}\cdot^\circ\text{C})</math></span>  Conductividad térmica <span style="float:right"><math>K = 0.356 \text{ w}/\text{m}^\circ\text{C}</math></span>  Coeficiente de difusividad <span style="float:right"><math>\alpha = 1.69 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}</math></span>  Coeficiente de película <span style="float:right"><math>h = 8 \text{ Kcal}/(\text{h}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})</math></span>  Temperatura (<math>x = 6 \text{ mm}</math>) <span style="float:right"><math>tc' = 23^\circ\text{C}</math></span>  Cambio de escala para <math>T_{\text{superficie}} = 0</math>  <span style="float:right"><math>T = 43.06^\circ\text{C}; ts = 0^\circ\text{C}; tc = 6^\circ\text{C}</math></span>  Cálculo de las siguientes expresiones  <math display="block">\frac{t_c}{T} = 0.139; Bi = 0.157; 1/Bi = 6.37</math>  Número de Fourier <span style="float:right">Fo = 29</span>  Tiempo de enfriamiento por cada placa <span style="float:right"><math>\tau = 6.18 \text{ s}</math></span></p>	

## 2.4. Enfriamiento de la gelatina sólida

Cada placa está a 30 °C y la queremos enfriar hasta los 20 °C, para ello la metemos en contacto con una corriente de aire a 15°C. En el dibujo siguiente se puede ver un esquema del diseño:



El proceso de cálculo es el mismo que en el enfriamiento 1. El resultado se puede ver en el cuadro siguiente:

<b>ENFRIADOR 2</b>	
<b>RESULTADOS DEL DISEÑO</b>	
Temperatura de la placa	$T' = 30^{\circ}\text{C}$
Temperatura del aire	$ts' = 15^{\circ}\text{C}$
Longitud característica	0.012 m
Propiedades físicas de la gelatina	
Densidad	$\rho = 1.014 \text{ Kg/m}^3$
Capacidad calorífica	$Cp = 0.76 \text{ Kcal}/(\text{Kg}\cdot^{\circ}\text{C})$
Conductividad térmica	$K = 0.356 \text{ w/m}^{\circ}\text{C}$
Coefficiente de difusividad	$\alpha = 1.69 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
Coefficiente de película	$h = 8 \text{ Kcal}/(\text{h}\cdot\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})$
Temperatura ( $x = 6 \text{ mm}$ )	$tc' = 20^{\circ}\text{C}$
Cambio de escala para $T_{\text{superficie}} = 0$	
$T = 15^{\circ}\text{C}; ts = 0^{\circ}\text{C}; tc = 5^{\circ}\text{C}$	
Cálculo de las siguientes expresiones	
$\frac{tc}{T} = 0.5; Bi = 0.157; 1/Bi = 6.37$	
Número de Fourier	$Fo = 3.5$
Tiempo de enfriamiento por cada placa	$\tau = 0.766 \text{ s}$
Caudal de aire	$25893.36 \text{ m}^3/\text{h}$

---

### 2.5. Enfriamiento agua de preconcentración

Enfriaremos el agua que sale como residuo en el proceso de preconcentración a las cuatro temperaturas del proceso. Esta bajada de temperatura se realiza con un intercambiador de carcasa y tubos. El proceso de cálculo es el mismo que en el de los precalentadores, viéndose los resultados en los siguientes cuadros:

<b>ENFRIADOR AGUA PRECONCENTRACION 55°C. ENFRIADOR 11</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>PROPIEDADES FISICAS</b>
Temperatura de entrada del agua fría $T_e = 15^\circ\text{C}$	<b>AGUA FRIA</b>
Temperatura de salida del agua fría $T_s = 19^\circ\text{C}$	$C_p = 4188.6 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$ $\rho = 998.46 \text{ Kg/m}^3$ $\mu = 1122.5 \cdot 10^{-6} \text{ Kg/(m}\cdot\text{s)}$ $k_f = 0.591 \text{ w/}(\text{}^\circ\text{C}\cdot\text{m)}$
Temperatura de entrada agua caliente $t_e = 55^\circ\text{C}$	<b>AGUA CALIENTE</b>
Temperatura de salida agua caliente $t_s = 20^\circ\text{C}$	$C_p = 4178.5 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$ $\rho = 993.04 \text{ Kg/m}^3$ $\mu = 696.86 \cdot 10^{-6} \text{ Kg/(m}\cdot\text{s)}$ $k_f = 0.629 \text{ w/}(\text{}^\circ\text{C}\cdot\text{m)}$
Caudal másico del agua caliente $m_v = 57813.63 \text{ Kg/h}$	<b>AREA DE TRANSMISION DE CALOR</b>
Caudal másico de agua fría $m_a = 5000000 \text{ Kg/h}$	$A = 143.38 \text{ m}^2$
Calor transferido $Q = -8456.11 \text{ MJ/h}$	<b>COEFICIENTE GLOBAL SUPUESTO</b>
<b>DISTANCIAS</b>	$U_{\text{sup}} = 1200 \text{ w/}(\text{}^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2)$
Localización de los tubos Tubos: Agua caliente Carcasa: Agua fría	<b>TIPO DE INTERCAMBIADOR. CALCULOS REFERIDOS A LA TEMPERATURA</b>
Diámetro externo $d_o = 20 \text{ mm}$	Tipo de intercambiador 1:4
Espesor de los tubos $t = 2 \text{ mm}$	Temperatura media logarítmica $\Delta T_{\text{ml}} = -15.704 \text{ }^\circ\text{C}$
Diámetro interno $d_i = 16 \text{ mm}$	Relación de capacidad $R = 0.114$
Longitud de los tubos $L = 4.88 \text{ m}$	Eficiencia en la modificación de temperaturas $S = 0.875$
Espesor de la placa tubular 25 mm	Factor de corrección $F_t = 0.869$
Longitud útil de los tubos $L_t = 4.83 \text{ m}$	Diferencia de temperatura verdadera $\Delta T_m = -13.652 \text{ }^\circ\text{C}$
Disposición triangular	
Paso de los tubos $p_t = 25 \text{ mm}$	
Material de los tubos Níquel	
Conductividad térmica del níquel $k_w = 59 \text{ w/m}^\circ\text{C}$	
<b>NUMERO DE TUBOS</b>	<b>CALCULO DIAMETRO CARCASA</b>
Área de tubo $A_{\text{tubo}} = 0.303 \text{ m}^2$	Diámetro del haz de tubos $D_b = 636.98 \text{ mm}$
Número de tubos $N_t = 476 \text{ tubos}$	Cabezal tipos S
	Diámetro carcasa $D_s = 699.98 \text{ mm}$
<b>CALCULO LADO TUBOS</b>	<b>CALCULO LADO CARCASA</b>
Diámetro equivalente $d_e = 16 \text{ mm}$	Distancia entre diafragmas $l_B = 0.3 \cdot D_s = 209.99 \text{ mm}^2$
Tubos por paso 119 tubos/paso	Área flujo cruzado $A_s = 29398.05 \text{ mm}^2$
Sección por tubo $201.06 \text{ mm}^2$	Velocidad másica $G_s = 546.27 \text{ Kg/(s}\cdot\text{m}^2)$
Sección por paso $23926.37 \text{ mm}^2$	Velocidad $U_s = 0.547 \text{ m/s}$
Velocidad másica $G_s = 5804.85 \text{ Kg/s}\cdot\text{m}^2$	Diámetro equivalente $d_e = 14.2 \text{ mm}$
Velocidad $U_t = 5.846 \text{ m/s}$	Reynold $Re = 6.91 \cdot 10^3$
Reynold $Re = 1.33 \cdot 10^5$	Prandtl $Pr = 7.956$
Prandtl $Pr = 4.63$	Coeficiente de transmisión de calor $h_s = 4293.39 \text{ w/}(\text{m}^\circ\text{C)}$
Factor de fricción $j_h = 0.0028$	
Coeficiente de transmisión de calor $h_t = 25986.26 \text{ w/}(\text{m}^\circ\text{C)}$	
<b>COEFICIENTE GLOBAL CALCULADO</b>	<b>CAIDA PRESION TUBOS</b>
$U_{\text{calc}} = 1300.66 \text{ w/}(\text{}^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2)$	$\Delta P_t = 6.066 \text{ bar}$
8.39% Error VALIDO	<b>CAIDA PRESION CARCASA</b>
	$\Delta P_s = 0.644 \text{ bar}$

<b>ENFRIADOR AGUA PRECONCENTRACION 65°C. ENFRIADOR 12</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>PROPIEDADES FISICAS</b>
Temperatura de entrada del agua fría Te = 15°C	<b>AGUA FRIA</b>
Temperatura de salida del agua fría Ts = 18.31°C	Cp = 4184.37 J/Kg°C ρ = 998.31 Kg/m <sup>3</sup> μ = 1136.33·10 <sup>-6</sup> Kg/(m·s) kf = 0.590 w/(°C·m)
Temperatura de entrada agua caliente te = 65°C	<b>AGUA CALIENTE</b>
Temperatura de salida agua caliente ts = 20°C	Cp = 4178.38 J/Kg°C ρ = 991.16 Kg/m <sup>3</sup> μ = 630.13·10 <sup>-6</sup> Kg/(m·s) kf = 0.636 w/(°C·m)
Caudal másico del agua caliente mv = 4167.37 Kg/h	<b>AREA DE TRANSMISION DE CALOR</b>
Caudal másico de agua fría ma = 56000 Kg/h	A = 12.98 m <sup>2</sup>
Calor transferido Q = -783.69 MJ/h	<b>COEFICIENTE GLOBAL SUPUESTO</b>
<b>DISTANCIAS</b>	U <sub>sup</sub> = 1000 w/(°C·m <sup>2</sup> )
Localización de los tubos Tubos: Agua caliente Carcasa: Agua fría	<b>TIPO DE INTERCAMBIADOR. CALCULOS REFERIDOS A LA TEMPERATURA</b>
Diámetro externo do = 20 mm	Tipo de intercambiador 1:4
Espesor de los tubos t = 2 mm	Temperatura media logarítmica ΔT <sub>ml</sub> = -18.661 °C
Diámetro interno di = 16 mm	Relación de capacidad R = 0.074
Longitud de los tubos L = 4.88 m	Eficiencia en la modificación de temperaturas S = 0.9
Espesor de la placa tubular 25 mm	Factor de corrección F <sub>t</sub> = 0.899
Longitud útil de los tubos Lt = 4.83 m	Diferencia de temperatura verdadera ΔT <sub>m</sub> = -16.772 °C
Disposición triangular	
Paso de los tubos pt = 25 mm	
Material de los tubos Níquel	
Conductividad térmica del níquel kw = 59 w/m°C	
<b>NUMERO DE TUBOS</b>	<b>CALCULO DIAMETRO CARCASA</b>
Área de tubo A <sub>tubo</sub> = 0.303 m <sup>2</sup>	Diámetro del haz de tubos Db = 224.67 mm
Número de tubos N <sub>t</sub> = 44 tubos	Cabezal tipos S Diámetro carcasa Ds = 275.67 mm
<b>CALCULO LADO TUBOS</b>	<b>CALCULO LADO CARCASA</b>
Diámetro equivalente de = 16 mm	Distancia entre diafragmas lb = 0.4·Ds = 110.27 mm <sup>2</sup>
Tubos por paso 11 tubos/paso	Área flujo cruzado As = 6079.4 mm <sup>2</sup>
Sección por tubo 201.06 mm <sup>2</sup>	Velocidad másica Gs = 190.41 Kg/(s·m <sup>2</sup> )
Sección por paso 2211.68 mm <sup>2</sup>	Velocidad Us = 0.191 m/s
Velocidad másica Gs = 7033.36 Kg/s·m <sup>2</sup>	Diámetro equivalente de = 14.2 mm
Velocidad Ut = 7.096m/s	Reynold Re = 2.38·10 <sup>3</sup>
Reynold Re = 1.79·10 <sup>5</sup>	Prandtl Pr = 8.059
Prandtl Pr = 4.14	Coeficiente de transmisión de calor hs = 2268.61 w/(m°C)
Factor de fricción jh = 0.0026	
Coeficiente de transmisión de calor hi = 30689.24 w/(m°C)	
<b>COEFICIENTE GLOBAL CALCULADO</b>	<b>CAIDA PRESION TUBOS</b>
U <sub>calc</sub> = 1031.62 w/(°C·m <sup>2</sup> ) 3.16% Error VALIDO	ΔPt = 8.153 bar
	<b>CAIDA PRESION CARCASA</b>
	ΔPs = 0.632 bar



<b>ENFRIADOR AGUA PRECONCENTRACION 75°C. ENFRIADOR 13</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>PROPIEDADES FISICAS</b>
Temperatura de entrada del agua fría $T_e = 15^{\circ}\text{C}$	<b>AGUA FRÍA</b>
Temperatura de salida del agua fría $T_s = 19.28^{\circ}\text{C}$	$C_p = 4188.29 \text{ J/Kg}^{\circ}\text{C}$ $\rho = 998.42 \text{ Kg/m}^3$ $\mu = 1116.97 \cdot 10^{-6} \text{ Kg/(m}\cdot\text{s)}$ $k_f = 0.591 \text{ w/}^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}$
Temperatura de entrada agua caliente $t_e = 75^{\circ}\text{C}$	<b>AGUA CALIENTE</b>
Temperatura de salida agua caliente $t_s = 20^{\circ}\text{C}$	$C_p = 4179.13 \text{ J/Kg}^{\circ}\text{C}$ $\rho = 988.89 \text{ Kg/m}^3$ $\mu = 584.38 \cdot 10^{-6} \text{ Kg/(m}\cdot\text{s)}$ $k_f = 0.642 \text{ w/}^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}$
Caudal másico del agua caliente $m_v = 39422.89 \text{ Kg/h}$	<b>AREA DE TRANSMISION DE CALOR</b>
Caudal másico de agua fría $m_a = 500000 \text{ Kg/h}$	$A = 138.65 \text{ m}^2$
Calor transferido $Q = -9061.15 \text{ MJ/h}$	<b>COEFICIENTE GLOBAL SUPUESTO</b>
<b>DISTANCIAS</b>	$U_{\text{sup}} = 1200 \text{ w/}^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2$
Localización de los tubos Tubos: Agua caliente Carcasa: Agua fría	<b>TIPO DE INTERCAMBIADOR. CALCULOS REFERIDOS A LA TEMPERATURA</b>
Diámetro externo $d_o = 20 \text{ mm}$	Tipo de intercambiador 1:4
Espesor de los tubos $t = 2 \text{ mm}$	Temperatura media logarítmica $\Delta T_{\text{ml}} = -21.037^{\circ}\text{C}$
Diámetro interno $d_i = 16 \text{ mm}$	Relación de capacidad $R = 0.078$
Longitud de los tubos $L = 4.88 \text{ m}$	Eficiencia en la modificación de temperaturas $S = 0.917$
Espesor de la placa tubular 25 mm	Factor de corrección $F_t = 0.863$
Longitud útil de los tubos $L_t = 4.83 \text{ m}$	Diferencia de temperatura verdadera $\Delta T_m = -18.153^{\circ}\text{C}$
Disposición triangular	
Paso de los tubos $p_t = 25 \text{ mm}$	
Material de los tubos Níquel	
Conductividad térmica del níquel $k_w = 59 \text{ w/m}^{\circ}\text{C}$	
<b>NUMERO DE TUBOS</b>	<b>CALCULO DIAMETRO CARCASA</b>
Área de tubo $A_{\text{tubo}} = 0.303 \text{ m}^2$	Diámetro del haz de tubos $D_b = 627.52 \text{ mm}$
Número de tubos $N_t = 460 \text{ tubos}$	Cabezal tipos S
	Diámetro carcasa $D_s = 690.52 \text{ mm}$
<b>CALCULO LADO TUBOS</b>	<b>CALCULO LADO CARCASA</b>
Diámetro equivalente $d_e = 16 \text{ mm}$	Distancia entre diafragmas $l_B = 0.5 \cdot D_s = 345.26 \text{ mm}^2$
Tubos por paso 115 tubos/paso	Área flujo cruzado $A_s = 47681.29 \text{ mm}^2$
Sección por tubo $201.06 \text{ mm}^2$	Velocidad másica $G_s = 229.67 \text{ Kg/(s}\cdot\text{m}^2)$
Sección por paso $23122.12 \text{ mm}^2$	Velocidad $U_s = 0.23 \text{ m/s}$
Velocidad másica $G_s = 6006.75 \text{ Kg/s}\cdot\text{m}^2$	Diámetro equivalente $d_e = 14.2 \text{ mm}$
Velocidad $U_t = 6.074 \text{ m/s}$	Reynold $Re = 2.92 \cdot 10^3$
Reynold $Re = 1.64 \cdot 10^5$	Prandtl $Pr = 7.916$
Prandtl $Pr = 3.8$	Coeficiente de transmisión de calor $h_s = 2763.04 \text{ w/}^{\circ}\text{C}$
Factor de fricción $j_h = 0.0026$	
Coeficiente de transmisión de calor $h_t = 27665.89 \text{ w/}^{\circ}\text{C}$	
<b>COEFICIENTE GLOBAL CALCULADO</b>	<b>CAIDA PRESION TUBOS</b>
$U_{\text{calc}} = 117.39 \text{ w/}^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2$	$\Delta P_t = 6.318 \text{ bar}$
11.74% Error VALIDO	<b>CAIDA PRESION CARCASA</b>
	$\Delta P_s = 0.612 \text{ bar}$

<b>ENFRIADOR AGUA PRECONCENTRACION 85°C. ENFRIADOR 14</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>PROPIEDADES FISICAS</b>
Temperatura de entrada del agua fría $T_e = 15^\circ\text{C}$	<b>AGUA FRIA</b>
Temperatura de salida del agua fría $T_s = 18.38^\circ\text{C}$	$C_p = 4218.72\text{J/Kg}^\circ\text{C}$ $\rho = 998.48\text{ Kg/m}^3$ $\mu = 1134.75 \cdot 10^{-6}\text{ Kg/(m}\cdot\text{s)}$ $k_f = 0.591\text{ w/}(\text{}^\circ\text{C}\cdot\text{m)}$
Temperatura de entrada agua caliente $t_e = 85^\circ\text{C}$	<b>AGUA CALIENTE</b>
Temperatura de salida agua caliente $t_s = 20^\circ\text{C}$	$C_p = 4179.86\text{J/Kg}^\circ\text{C}$ $\rho = 986.61\text{ Kg/m}^3$ $\mu = 538.63 \cdot 10^{-6}\text{ Kg/(m}\cdot\text{s)}$ $k_f = 0.649\text{ w/}(\text{}^\circ\text{C}\cdot\text{m)}$
Caudal másico del agua caliente $m_v = 6564.23\text{ Kg/h}$	<b>AREA DE TRANSMISION DE CALOR</b>
Caudal másico de agua fría $m_a = 125000\text{ Kg/h}$	$A = 21.13\text{ m}^2$
Calor transferido $Q = -1783.7\text{ MJ/h}$	<b>COEFICIENTE GLOBAL SUPUESTO</b>
<b>DISTANCIAS</b>	$U_{\text{sup}} = 1000\text{ w/}(\text{}^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2)$
Localización de los tubos Tubos: Agua caliente Carcasa: Agua fría	<b>TIPO DE INTERCAMBIADOR. CALCULOS REFERIDOS A LA TEMPERATURA</b>
Diámetro externo $d_o = 20\text{ mm}$	Tipo de intercambiador 1:4 Temperatura media logarítmica $\Delta T_{\text{ml}} = -23.797^\circ\text{C}$
Espesor de los tubos $t = 2\text{ mm}$	Relación de capacidad $R = 0.052$
Diámetro interno $d_i = 16\text{ mm}$	Eficiencia en la modificación de temperaturas $S = 0.929$
Longitud de los tubos $L = 4.88\text{ m}$	Factor de corrección $F_t = 0.9$
Espesor de la placa tubular 25 mm	Diferencia de temperatura verdadera $\Delta T_m = -21.41\text{ }^\circ\text{C}$
Longitud útil de los tubos $L_t = 4.83\text{ m}$	
Disposición triangular	
Paso de los tubos $p_t = 25\text{ mm}$	
Material de los tubos Níquel	
Conductividad térmica del níquel $k_w = 59\text{ w/m}^\circ\text{C}$	
<b>NUMERO DE TUBOS</b>	<b>CALCULO DIAMETRO CARCASA</b>
Área de tubo $A_{\text{tubo}} = 0.303\text{ m}^2$	Diámetro del haz de tubos $D_b = 291.86\text{ mm}$
Número de tubos $N_t = 80\text{ tubos}$	Cabezal tipos S Diámetro carcasa $D_s = 344.85\text{ mm}$
<b>CALCULO LADO TUBOS</b>	<b>CALCULO LADO CARCASA</b>
Diámetro equivalente $d_e = 16\text{ mm}$	Distancia entre diafragmas $l_b = 0.4 \cdot D_s = 137.94\text{ mm}^2$
Tubos por paso 20 tubos/paso	Área flujo cruzado $A_s = 9513.97\text{ mm}^2$
Sección por tubo $201.06\text{ mm}^2$	Velocidad másica $G_s = 191.65\text{ Kg/(s}\cdot\text{m}^2)$
Sección por paso $4021.24\text{ mm}^2$	Velocidad $U_s = 0.192\text{ m/s}$
Velocidad másica $G_s = 8634.71\text{ Kg/s}\cdot\text{m}^2$	Diámetro equivalente $d_e = 14.2\text{ mm}$
Velocidad $U_t = 8.75\text{ m/s}$	Reynold $Re = 2.4 \cdot 10^3$
Reynold $Re = 12.56 \cdot 10^5$	Prandtl $Pr = 8.1$
Prandtl $Pr = 3.47$	Coeficiente de transmisión de calor $h_s = 2119.66\text{ w/}(\text{m}^\circ\text{C)}$
Factor de fricción $j_h = 0.0024$	
Coeficiente de transmisión de calor $h_i = 39802.38\text{ w/}(\text{m}^\circ\text{C)}$	
<b>COEFICIENTE GLOBAL CALCULADO</b>	<b>CAIDA PRESION TUBOS</b>
$U_{\text{calc}} = 1009.08\text{ w/}(\text{}^\circ\text{C}\cdot\text{m}^2)$	$\Delta P_t = 12.21\text{ bar}$
0.91% Error VALIDO	<b>CAIDA PRESION CARCASA</b>
	$\Delta P_s = 0.626\text{ bar}$

---

## **ANEXO III. DISEÑO DE LOS EQUIPOS**

### **1. Tanques de almacenamiento y pre – mezcla**

A continuación vamos a desarrollar una metodología general para el diseño de los tanques almacenamiento, así como el procedimiento de cálculo de los agitadores necesarios.

#### *1.1. Teoría general para su dimensionado*

##### *1) Cálculo del volumen (V) y el diámetro del tanque (D)*

A partir del caudal volumétrico que atraviesa el tanque y sabiendo que los tanques, ya sean de reactivos o de productos, se tienen en cuenta el tiempo en el que se vacía al 80% de capacidad, el volumen del tanque será:

$$V(m^3) = Q(m^3/h) \cdot t \cdot \frac{1}{0.8}$$

Suponiendo una relación altura (H) / diámetro del tanque (D) la unidad, típico en tanques de almacenamiento para así mejorar el grado de mezcla, podemos obtener el diámetro:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H = \frac{\pi}{4} \cdot D^3 \Rightarrow D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{\pi}}$$

### **2. Cálculo del espesor del tanque (t) para soportar la presión interna.**

Podemos distinguir tres grupos de ecuaciones en función del espesor de las paredes del recipiente:

- Recipientes de paredes delgadas, ( $0 < t < 10$ ) mm, aprox.
- Recipientes de paredes intermedias, ( $1 < t < 50$ ) cm, aprox.
- Recipientes de paredes gruesas, ( $1/2 < t < 1$ ) m, aprox.

Cada uno de estos grupos cumple unas condiciones, de manera que empezaremos calculando el espesor suponiendo que el recipiente es de paredes delgadas. Si no cumple las condiciones, aplicaremos las ecuaciones establecidas para paredes intermedias; y así sucesivamente hasta llegar a calcular un espesor con una ecuación válida que cumpla con las condiciones establecidas.

Al espesor calculado, deberá de sumarse finalmente el término de desgaste por corrosión, que no podrá ser menor de 1 mm. Finalmente el espesor será:

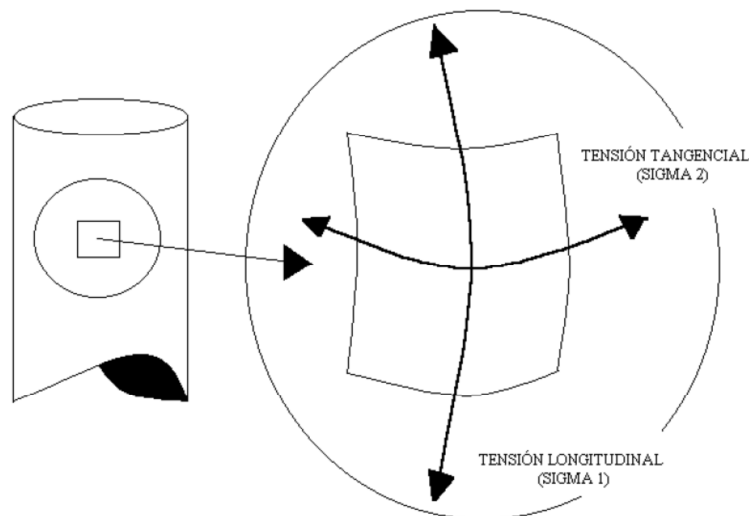
$$t_{final} = t + t_c$$

✓ *Recipientes de paredes delgadas*

Para esta clase de recipientes de recipientes vamos a deducir la ecuación del espesor para depósitos cilíndricos de líquidos a partir de la teoría de la membrana, que dice lo siguiente:

$$\frac{\sigma_1}{r_1} + \frac{\sigma_2}{r_2} = \frac{P}{t}; \forall t/r \leq 0,1$$

Donde  $\sigma_{1max}$  y  $\sigma_{2max}$ , de manera que el esfuerzo controlante o de mayor valor nos definirá la expresión a utilizar en el cálculo del espesor. A continuación, si nos guiamos del siguiente dibujo:



Como  $r_1 \rightarrow \infty \Rightarrow \frac{1}{r_1} = 0 \Rightarrow \sigma_{2max} = \frac{P_{max} \cdot r}{t}$

Desde  $P_{max}$  es la presión interna en la base del cilindro (supuesto vertical), ya que esta varía con la altura del mismo.

El esfuerzo longitudinal se calcula realizando un balance de fuerzas verticales, que me dice que este esfuerzo debe soportar el peso del fluido para tener el recipiente en equilibrio.

---

$$\text{Peso} = P_{\text{max}} \cdot \pi \cdot r^2 = \sigma_{1\text{vertical}} = \sigma_1 \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot t \Rightarrow \sigma_1 = \frac{P_{\text{max}} \cdot r}{2 \cdot t}$$

$$\text{Y como } \sigma_2 = 2 \cdot \sigma_1 \Rightarrow \sigma_2 \text{ controlantes} \Rightarrow t = \frac{P_{\text{max}} \cdot r}{\sigma}$$

Y como el recipiente se compone de piezas soldadas, habrá que introducir el concepto de eficiencia de junta ( $E_s$ ) y de tensión máxima admisible o tensión de trabajo ( $\sigma_T$ ):

$$\sigma = E_s \cdot \sigma_T$$

Además, la expresión de la máxima se define como la presión en el tope (atmosférica) más el aumento de presión al descender la altura del tanque:

$$P_{\text{max}} = P_{\text{atm}} + \rho \cdot g \cdot H$$

Y entonces:

$$t = \frac{D/2 \cdot P_{\text{max}}}{E_s \cdot \sigma_T}; \forall t/r \leq 0.1$$

Tomaremos una eficiencia de junta de 0.8.

Donde  $\sigma_T$  es la tensión de trabajo o tensión máxima que podrá soportar el material, Hemos escogido como material el acero que soporta temperaturas de hasta 200°C, cuya tensión de diseño es 17500 psi (datos ASME).

Para la densidad del líquido en el tanque, vamos a tomar el valor del compuesto que esté en mayor proporción y si esto no es posible utilizaremos el valor medio siguiente:

$$\rho_m = \sum \rho_i \cdot x_i$$

Donde  $x_i$  se refiere a la fracción molar o volumétrica del componente  $i$ .

En este caso, el espesor de las cabezas será el mismo que el del recipiente ya que normalmente es algo menor y entonces la expresión que veremos a continuación para paredes intermedias no cumplirá con las condiciones.

---

✓ *Recipientes de paredes intermedias*

La expresión utilizada en este caso, viene establecida por el código API-ASME y es la siguiente:

$$t = \frac{P \cdot r}{\sigma_T \cdot ES - 0,6 \cdot P}; \forall t / \{t \leq 0,5 \cdot r; P \leq 0,385 \cdot \sigma_T \cdot ES\}$$

También establece una expresión para calcular el espesor de las cabezas elipsoidales 2:1 para recipientes de paredes intermedias:

$$t = \frac{P \cdot D}{2 \cdot \sigma_T \cdot ES - 0,2 \cdot P}; \forall t / \frac{t}{D} > 0,07$$

✓ *Recipientes de paredes gruesas*

Finalmente, si no cumplimos ninguna de las condiciones anteriores, y por tanto no podemos utilizar las ecuaciones dadas; entonces se puede aplicar lo siguiente:

$$t = r \cdot \left( \sqrt{\frac{P + \sigma_T \cdot ES}{\sigma_T \cdot ES - P}} - 1 \right)$$

### 3. Teoría para el diseño de los agitadores

Vamos a seguir un procedimiento de cálculo secuencial que consta de 7 etapas:

1) *Cálculo de la velocidad de agitación*

La velocidad de agitación se determina a partir del cociente de las viscosidades extremas de la mezcla, utilizando la siguiente tabla:

Velocidad de Agitación (v), m/s	$\mu_{\max}/\mu_{\min}$
0.03-0.06	<100
0.09-0.18	<10000
0.21-0.30	<100000

2) *Cálculo de la capacidad volumétrica de circulación estableciendo H=T*

La capacidad volumétrica es el caudal volumétrico de la mezcla que el agitador es capaz de impulsar o bombear a su alrededor. Es decir, podríamos

---

decir que la cantidad de fluido que el agitador mueve, axial o radialmente desde el impulsor a la superficie o a la periferia de rotación.

Se determina suponiendo que la altura del tanque H es igual a su diámetro T (ya que d es el diámetro del agitador) y que este cubre todo el volumen de disolución. Por tanto, el nuevo diámetro del tanque T (¡ojo, no confundir con  $T_{real}$ ! T es sólo válido para los cálculos) será:

$$V = H \cdot \frac{\pi}{4} \cdot T^2 = \frac{\pi}{4} \cdot T^3 \Rightarrow T = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{\pi}}$$

A continuación, conocido el diámetro del tanque T y la velocidad de agitación antes calculada:

$$Q_c = v \cdot \frac{\pi}{4} \cdot T^2$$

### 3) Elección del agitador y cálculo de sus dimensiones

Vamos a escoger un agitador tipo paletas (“paddle”) de flujo radial que se caracteriza por cubrir anchos rangos de viscosidad, elevada resistencia mecánica en operación, difícil ensuciamiento y costo relativamente bajo. Además la capacidad volumétrica o de flujo puede ser muy alta si se usan múltiples paletas (que es nuestro caso).

Vamos a suponer una relación diámetro agitador (d) a diámetro del tanque (T) de 0.4, y una configuración de seis álabes inclinados (P – 6) donde la relación anchura (w) a diámetro del impulsor es 1/5. Entonces:

$$d = 0,4 \cdot T \Rightarrow w = \frac{1}{5} \cdot d$$

### 4) Cálculo iterativo de las revoluciones por minuto del agitador (N)

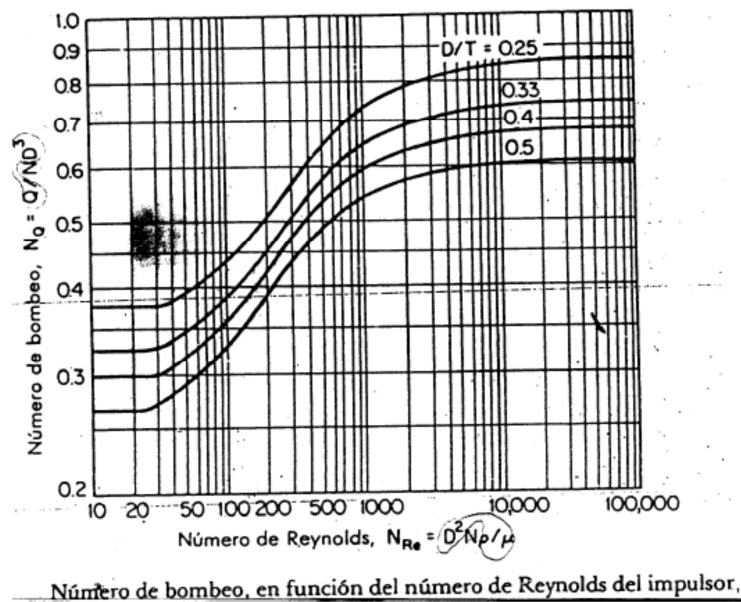
Vamos a utilizar dos números adimensionales: el número de Reynolds (Re) y el número de bombeo ( $N_Q$ ). En el primero buscamos  $Re = f(N)$  y en el segundo  $N = f(N_Q)$

$$(1) Re = \frac{d^2 \cdot N \cdot \rho_m}{\mu_m} = \frac{d(m)^2 \cdot \rho_m(Kg/m^3) \cdot N(rev / min)}{\mu_m(Pa \cdot s) \cdot 60}$$

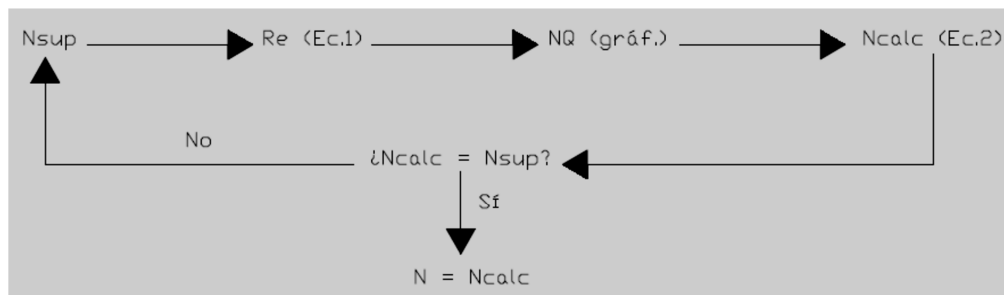
Para la densidad y viscosidad media vamos a tomar el valor del compuesto que esté en mayor proporción.

$$(2) N_Q = \frac{Q_c}{N \cdot d^3} \Rightarrow N(\text{rev/min}) = \frac{Q_c (\text{m}^3/\text{min})}{N_Q \cdot d(\text{m})^3}$$

Y además, vamos a necesitar un gráfico de  $N_Q$  frente a  $Re$  que se muestra a continuación:



El procedimiento iterativo a seguir consiste en suponer un  $N$  (rev/min), calcular  $Re$  mediante la ecuación (1), determinar  $N_Q$  en el gráfico y finalmente, obtener otro  $N$  con la ecuación (2) que compararemos con el supuesto. En resumen se sigue así:



### 5) Cálculo de la potencia del agitador (P)

Es una magnitud que ha de determinarse necesariamente para elegir un motor apropiado para el agitador y para poder evaluar las necesidades energéticas de la instalación.



Vamos a utilizar otro número adimensional llamado número de bombeo o de potencia ( $N_p$ ), que conocido según el tipo de agitador (en nuestro caso es 1.7). Si despejamos de él la potencia:

$$(3) N_p = \frac{P}{\rho \cdot N^3 \cdot d^5} \Rightarrow P(\text{wattios}) = N_p \cdot \rho(\text{Kg/m}^3) \cdot \left(\frac{N(\text{rev/min})}{60}\right)^3 \cdot d(\text{m})^5$$

Donde se debe cumplir que  $N \geq N_{\min} = 56 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$

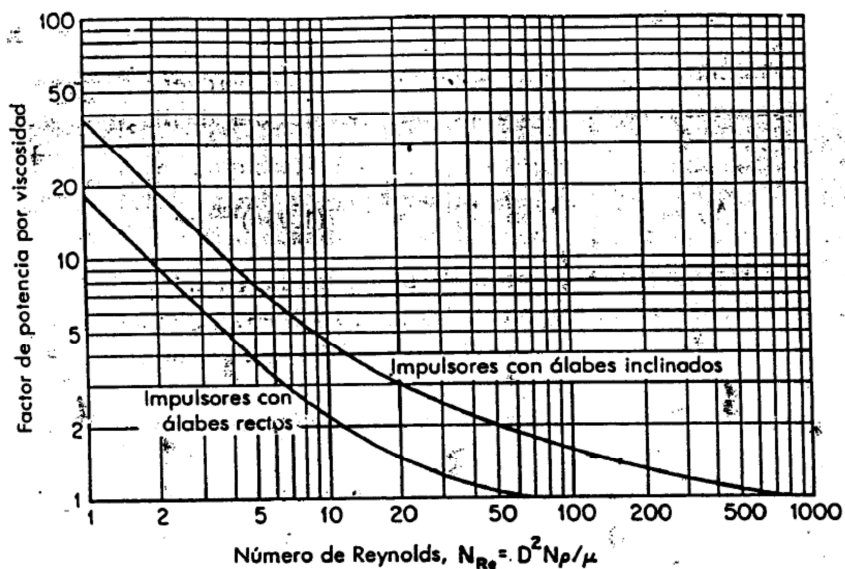
Para una eficiencia del agitador del 85%, la potencia teórica desarrollada será:

$$P_{\text{teórica}} = \frac{P_{\text{real}}}{0.85}$$

En realidad el número de potencia debe corregirse.

$$(4) N_{Pc} = N_p \cdot f$$

Donde el facto de potencia  $f$  se relaciona con el número de Reynolds según el gráfico siguiente:



Pero como se puede observar en el gráfico, si el número de Reynolds es mayor de 1000 el facto  $f$  es la unidad; luego en régimen turbulento (que deberemos procurar para un mejor grado de mezcla) no hay que corregir el número de potencia.

## 6) Cálculo del número y la ubicación de los impulsores

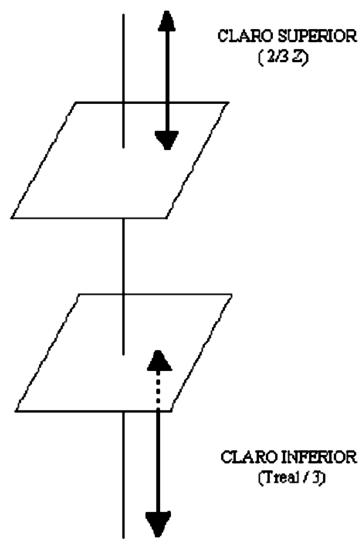
El número y la ubicación de los impulsores viene dado por el cociente altura del líquido en el tanque ( $Z$ ) / diámetro real del tanque ( $T_{real}$ ), que se conoce como nivel máximo. Donde la altura del líquido en el tanque se define como un 80% de su altura ( $H$ ). Por tanto:

$$\frac{Z}{T_{real}} = \frac{0.8 \cdot H}{T_{real}}$$

Y utilizando la tabla siguiente:

Nivel máximo, $Z/T_{real}$	Número de impulsores	Claro del impulsor	
		Inferior	Superior
0.8	1	$Z/3$	-
1.4	1	$Z/3$	-
1.6	2	$T_{real}/3$	$(2/3)Z$
2.1	2	$T_{real}/3$	$(2/3)Z$

Cuando tengamos dos impulsores la ubicación quedará:

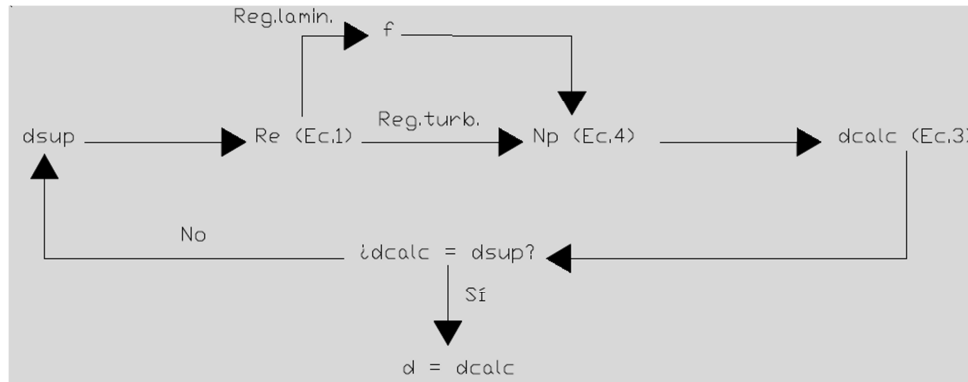


## 7) Redimensionamiento si son necesarios más impulsores

Cuando sean necesarios más impulsores, se reparte la potencia total entre el número de agitadores se redimensionan de nuevo mediante un procedimiento iterativo. Esto va a ocurrir cuando la relación altura / diámetro del tanque sea mayor que 1.75 ya que entonces  $Z/T_{real} > 1.4$ .

El procedimiento iterativo se describe a continuación: se supone el mismo diámetro para el impulsor, se calcula el  $Re$  utilizando la ecuación (1), si no es turbulento se calcula  $f$  en el gráfico del paso 5, se obtiene  $N_p$  mediante la

ecuación (4) y; finalmente se calcula  $d$  despejando en la ecuación (3) y se compara con el supuesto.



#### 4. Reactores tanques agitados

Vamos a utilizar reactores tanques continuos mezcla perfecta enzimáticos e isotermos; para la recuperación de la enzima se añade un proceso de ultrafiltración recirculándola al reactor. Para ello vamos a introducir un agitador que logre la mezcla homogénea.

##### 4.1. Teoría general de un RCMP de hidrólisis enzimática

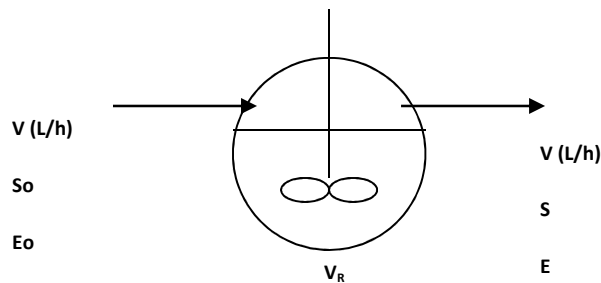
Los trabajos publicados sobre el mecanismo y la cinética de la hidrólisis enzimática de proteínas son escasos debidos a dos razones: la complejidad de la reacción (rotura simultánea de distinta reactividad, productos que son a su vez sustrato para el proceso, fenómenos de inhibición, desactivación de la enzima) y su importancia económica, que determina un mayor interés por el desarrollo y patentado de procesos comerciales.

En la hidrólisis de proteínas, un modelo cinético demasiado simple no es adecuado para representar el mecanismo real, lo que limita su aplicabilidad. Por otro lado, un modelo complejo no puede ser analizado estadísticamente con suficiente precisión. Por ello a veces se utilizan ecuaciones cinéticas empíricas que explican los resultados obtenidos y que son útiles para el diseño y optimización del reactor enzimático de hidrólisis, aunque no sugieran posibles mecanismos de reacción.

Se apuntó la presencia de inhibidores de la reacción enzimática a altos grados de hidrólisis que estarían presentes en las primeras etapas del proceso. Puede ser que a lo largo del proceso se produzcan péptidos inhibidores de

resultado de la transpeptidación, que da lugar a la formación de secuencias de aminoácidos no presentes en el sustrato original. Los péptidos que se van formando actúan como sustratos competitivos con la proteína original no hidrolizada, lo que explica en la práctica sea imposible llegar al 100% de la hidrólisis, con el uso exclusivo de endopeptidasas. Como conclusión, el proceso puede explicarse como resultado de una competición entre el sustrato original y los péptidos que se van formando durante la hidrólisis.

Desarrollo de la cinética:



$$v_d = -k_d \cdot [E]$$

$$v_s = -\frac{k_c \cdot [E] \cdot S}{k + S}$$

Balance de enzima por unidad de tiempo (1 hora)

$$v \cdot E_o + v_d \cdot V_R = V \cdot E$$

Sustituyendo  $v_d$ :

$$v \cdot E_o - k_d \cdot E \cdot V_R = v \cdot E$$

Balance de sustrato:

$$v \cdot S_o + v_s \cdot V_R = v \cdot S$$

Sustituyendo  $v_s$ :

$$v \cdot S_o - \frac{k_c \cdot E \cdot S}{k + S} \cdot V_R = v \cdot S$$

Dividiendo por  $V_R$ :

---


$$\frac{v \cdot S_0}{V_R} - \frac{k_c \cdot E \cdot S}{k + S} = \frac{v \cdot S}{V_R}$$

El cociente  $v/V_R$  se conoce como velocidad de dilución, y tiene unidades de  $t^{-1}$  y representa el caudal de alimentación que se trata en el reactor por unidad de volumen.

$$D \cdot (S_0 - S) = \frac{k_c \cdot E \cdot S}{k + S}$$

Teniendo en cuenta la velocidad de dilución el balance de enzima también se puede expresar como:

$$D \cdot E_0 - k_d \cdot E = D \cdot E$$

y despejando E:

$$E = \frac{D}{D + k_d} E_0$$

Esta ecuación proporciona la concentración de enzima activa en el reactor y en la salida.

Teniendo en cuenta que la conversión del sustrato viene dado por:

$$x = \frac{S_0 - S}{S_0}$$

el balance de sustrato se puede poner como:

$$D \cdot S_0 \cdot x = \frac{k_c \cdot (1 - x)}{(k + S_0 \cdot (1 + x))} \cdot \frac{D}{D + k_d} \cdot E_0$$

La ecuación anterior se puede reordenar de la forma:

$$\frac{D + k_d}{E_0} = \frac{k_c \cdot (1 - x)}{x(k + S_0 \cdot (1 + x))} \quad \text{ECUACION DE DISEÑO DEL REACTOR}$$

Para  $k_d$ ,  $k_c$  y  $k$  constantes y unas condiciones de operación fijas ( $S_0$  y  $x$ ),  $D$  y  $E_0$  son proporcionales.

Si aumentamos  $E_0$ , el caudal de alimentación,  $V$ , tiene que aumentar, o el volumen del reactor,  $V_R$ , tiene que disminuir.

Puntos a tener en cuenta en el diseño del reactor son:

- 
- Parámetros cinéticos de un reactor discontinuo.
  - A pesar de la pérdida de actividad de la enzima, la alta conversión del sustrato (medida como concentración de producto en el permeado dividida entre concentración de sustrato en la alimentación) puede ser mantenida durante largos períodos de tiempo ajustando la relación enzima / sustrato y el tiempo de residencia (definido como volumen de mezcla de reacción entre el flujo de permeado).
  - La caída de flujo puede ser minimizada controlando la concentración por polarización y la colmatación de la membrana, es decir, manteniendo altos caudales de recirculación.
  - Selección cuidadosa de las características de la enzima.
  - El módulo de membrana de UF debe tener una alta relación área/volumen, bajo volumen muerto y un alto flujo para presiones transmembrana bajas.

Los parámetros importantes de diseño para el reactor de membranas son: tiempo de residencia (a veces denominado tiempo espacial), concentración de sustrato de entrada, actividad o concentración de la enzima, temperatura y pH de la mezcla de reacción y relación enzima/sustrato.

La ecuación de Michaelis – Menten ha sido usada para derivar ecuaciones cinéticas que describen la activación de los reactores enzimáticos. Esta ecuación es integrada respecto al tiempo y combinada con un balance másico de sustrato. Se usa para describir la relación entre conversión de sustrato y los parámetros del reactor.

Los parámetros cinéticos se obtienen de la bibliografía sobre el diseño del proceso.

#### *4.1.1. Cálculo de las dimensiones del reactor*

El volumen del reactor viene dado por la expresión del tiempo de residencia donde Q es el caudal que atraviesa el reactor:

---


$$\tau = \frac{V(l)}{Q\left(\frac{l}{h}\right)} \Rightarrow V_{100\%} = \tau \cdot Q$$

Al 80% de capacidad:

$$V = \frac{V_{100\%}}{0.8}$$

Suponiendo la relación altura / diámetro de 3, y sabiendo que se trata de un reactor cilíndrico, finalmente queda:

$$H = 3 \cdot D$$

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot 3 \cdot D = \frac{3}{4} \cdot D^3 \cdot \pi \Rightarrow D = \left( \frac{4 \cdot V}{3 \cdot \pi} \right)^{\frac{1}{3}}$$

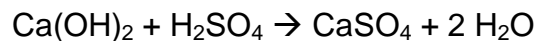
A partir de Q (valor conocido) calculamos V, a continuación D, y finalmente H.

## 4.2. Tanque de neutralización

### 4.2.1. Cálculo de sus dimensiones

La neutralización de hidróxido sódico es fundamental para poder continuar con la extracción de la gelatina, ya que estas sales interfieren en el proceso. Para ello, se va a diseñar en este proyecto un tanque de mezcla agitado y adiabático.

Para el diseño tenemos en cuenta el tiempo de residencia dado en bibliografía para la reacción siguiente:



A partir del tiempo de residencia:

$$\tau = \frac{V(m^3)}{Q\left(\frac{m^3}{h}\right)} \Rightarrow V_{100\%} = \tau \cdot Q$$

Al 80% de capacidad:

$$V = \frac{V_{100\%}}{0,8}$$

---

Y suponiendo una relación de altura (H) / diámetro del tanque (D) la unidad, típico para así mejorar el grado de mezcla, podemos obtener el diámetro:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H = \frac{\pi}{4} \cdot D^3 \Rightarrow D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{\pi}}$$

#### 4.2.2. Cálculo del espesor

Usamos la teoría de los tanques de almacenamiento a cerca del cálculo del espesor necesario para soportar la presión interna.

#### 4.2.3. Cálculo del agitador

El procedimiento de cálculo que se usará ya ha sido señalado anteriormente.



---

## **CAPITULO III**

# **ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL**

---

# ÍNDICE

páginas

## ESTUDIO DEL IMPACTO MEDIO AMBIENTAL

1. DEFINICIÓN	1
2. METODOLOGÍA EN LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	1
3. ANÁLISIS GENERAL DEL PROYECTO	
3.1. Definición de la planta	3
3.2. Localización	3
3.3. Descripción de trabajos a realizar durante la construcción de la planta	4
3.4. Descripción de la maquinaria a utilizar en la fase de construcción	5
3.5. Descripción de materias primas y productos	6
3.6. Descripción del proceso	6
3.7. Vertido de residuos	
3.7.1. Usos del agua	6
3.7.2. Características de los residuos	7
4. DEFINICIÓN DEL ENTORNO DEL PROYECTO	7
5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ENTORNO	
5.1. Medio físico	8
5.2. Medio socio- económico	9
6. IDENTIFICACIÓN DE EFECTOS	9
7. ESTABLECIMIENTO DE MEDIDAS CORRECTORAS	

---

7.1. Corrección por emisión de polvo	14
7.2. Corrección de la erosión del suelo	14
7.3. Corrección de aguas residuales	14
7.4. Corrección de vertidos de líquidos	16
7.5. Corrección de ruidos	17
7.6. Incendios y explosiones	17
8. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL	
8.1. Efluentes líquidos	18
8.2. Ruidos	18
8.3. Monitorización en continuo	18
8.4. Libro de registro	18
9. DOCUMENTO DE SÍNTESIS	18

---

## **ESTUDIO DEL IMPACTO MEDIO AMBIENTAL**

### **1. DEFINICION**

El término impacto se aplica a la alteración que introduce una actividad humana en su “entorno”; este último concepto identifica la parte del medio ambiente afectada por la actividad, o más ampliamente, que interacciona con ella. Por tanto el impacto ambiental se origina en una acción humana y se manifiesta según tres facetas sucesivas:

- La modificación de los factores ambientales o del conjunto del sistema ambiental
- La modificación del valor del factor alterado o del conjunto del sistema ambiental
- La interpretación o significado ambiental de dichas modificaciones, y en último término, para la salud y bienestar humano. Esta tercera faceta está íntimamente relacionada con la anterior ya que el significado ambiental de la modificación del valor puede desligarse del significado ambiental del valor que se parte.

Por tanto, las evaluaciones de impacto ambiental son estudios realizados para identificar, predecir e interpretar, así como para prevenir, las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones, planes, programas o proyectos pueden causar a la salud y al bienestar humano, y al entorno.

### **2. METODOLOGIA EN LA ELABORACION DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

Desde su inicio, todo proyecto pasa por una serie de fases, desde la generación de la idea hasta la realización del proyecto, a lo largo de las cuales se va profundizando en la idea hasta su concreción en el proyecto de ingeniería. Durante este proceso, la integración ambiental del proyecto exige ir

---

incorporando sensibilidad y criterios ambientales desde el comienzo del proceso, en todas las fases.

Este proceso queda recogido en el R.D.L. 9/2000, en el cual se hace referencia a la necesidad de evaluar el impacto ambiental en un grupo de proyectos, englobados en dos anexos. La PLANTA DE PRODUCCION DE GELATINA A PARTIR DEL TEJIDO OSEO DEL PESCADO, que es objeto del estudio, se justifica en el Informe Ambiental que se realiza a continuación.

El Reglamento de *Evaluación del Impacto Ambiental (E.I.A.)* señala un contenido para los estudios de impacto ambiental que define la estructura del estudio y señala las pautas para la elaboración de la metodología; es el siguiente.

- Análisis de proyectos y sus acciones
- Examen de alternativas técnicamente viables y justificación de la solución adoptada.
- Definición del entorno del proyecto y posterior descripción y estudio del mismo
- Previsiones de los efectos que el proyecto generará sobre el medio
- Identificación de las acciones del proyecto potencialmente impactantes.
- Identificación de los factores del medio potencialmente impactados.
- Establecimiento de medidas protectoras y correctoras
- Programa de vigilancia ambiental
- Documento de síntesis

Como marco de referencia, el estudio adoptará las exigencias del *Reglamento de E.I.A.*, el cual señala que “la evaluación de impacto ambiental – y por tanto, el estudio de impacto ambiental que la soporta – debe comprender,

---

al menos, la estimación de los efectos sobre la población humana, la fauna, la flora, la vegetación, la geografía, el suelo, el agua, el aire, el clima, el paisaje y la estructura y función de los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada. Asimismo, debe comprender la estimación de la incidencia que el proyecto, obra o actividad tiene sobre los elementos que componen el Patrimonio Histórico español, sobre las relaciones sociales y las condiciones de sosiego público, tales como ruidos, vibraciones, olores y emisiones luminosas, y la de cualquiera otra incidencia ambiental derivada de su ejecución".g

### **3. ANALISIS GENERAL DEL PROYECTO**

#### **3.1. Definición de la planta**

La PLANTA DE FABRICACION DE GELATINA A PARTIR DE MATERIAL OSEO DE PESCADO ha sido proyectada para la producción de 212916.45 Tn/año.

Habrà que tener en cuenta todas las actividades que se van a desarrollar desde la fase de construcción de la planta hasta la fase de puesta en funcionamiento de la misma, considerando todo el tipo de material, maquinaria y equipo que se vaya a utilizar, así como los riesgos de accidentes, la contaminación y otros parámetros de interés que surjan durante el proceso de construcción hasta la puesta en funcionamiento de la planta.

#### **3.2. Localización**

La planta estará localizada en el Término Municipal de Viator (Almería), en concreto el polígono industrial La Juaida

---

### 3.3. Descripción de trabajos a realizar durante la construcción de la planta

Los trabajos que se van a realizar durante la fase de construcción de la planta serán los siguientes:

- Desbroce por medios mecánicos
- Movimiento de tierras
- Defensa de hundimientos y desprendimientos de terrenos
- Excavación mecánica. Zanjas.
- Hormigonado de cimientos por vertido directo.
- Estructura de hormigón armado y en masa. Cubilote
- Estructuras metálicas. Colocación de perfiles.
- Estructuras metálicas. Colocación de cercas y correas
- Muros de carga
- Zunchos perimetrales y jácenas
- Forjados de viguetas y bovedillas
- Albañilería
- Carpintería metálica y barandillas
- Pintura
- Falsos techos

- 
- Formación de cubiertas
  
  - Cubiertas con placas
  
  - Solados
  
  - Fontanería y bajantes
  
  - Saneamientos
  
  - Instalación eléctrica
  
  - Alumbrado

#### 3.4. Descripción de la maquinaria a utilizar en la fase de construcción

Durante el transcurso de la fase de construcción de la planta está previsto que se utilice la siguiente maquinaria:

- Movimiento de tierras: retroexcavadoras, pala cargadora, excavadora de draga de arrastre, zanjadora continua.
  
- Transporte horizontal: Carretilla transportadora, motovolquete (dúmpер pequeño), camión basculante, camión cisterna, dúmpер.
  
- Maquinaria de elevación: grúa torre.
  
- Maquinaria para hormigones: hormigonera, bomba de hormigón, camión hormigonera, vibrador de agujas.
  
- Maquinaria de elevación: grúa torre.



- 
- Maquinaria para hormigones: hormigonera, bomba de hormigón, camión hormigonera, vibrador de agujas.
  - Maquinaria para compactación y pavimentación: extendedora, compactadora, explanadora, camión bituminador, pisón mecánico.
  - Maquinaria transformadora de energía: grupo electrógeno, motor eléctrico, compresor.
  - Maquinarias herramientas: martillo neumático, taladro columna, esmeriladora de pie, tronzadora de metal, tronzadora de cerámica, tronzadora de madera, ingleteadora, tupí, sierra de cinta, amasadora, pulidora, fresadora.
  - Herramientas: taladro percutor, martillo rotativo, pistola clavadora, lijadora, disco radial, máquina de cortar terrazo y azulejo, rozadora, herramientas manuales

### 3.5. Descripción de materias primas y productos

Véase Memoria Descriptiva

### 3.6. Descripción del proceso

Véase Memoria Descriptiva

### 3.7. Vertido de residuos

El principal problema de la planta es la evacuación de los residuos líquidos. A continuación se ve de forma más detallada los usos del agua, las características y de dónde provienen los residuos.

---

### 3.7.1. Usos del agua

El agua se usa como agua de calefacción y refrigeración de corrientes para los distintos equipos del proceso de producción y como agua de lavado en diferentes fases del proceso y en las operaciones de limpieza.

### 3.7.2. Características de los residuos

Los residuos que se producen en la planta son de distintos tipos:

- Aguas residuales: Se pueden clasificar en dos tipos, una como los efluentes del proceso de fabricación, y otra como las aguas que provienen del saneamiento de la planta, de la duchas y aseos, laboratorio y procesos de limpieza de equipos y de la planta propiamente dicha.
- Vertidos líquidos: son los vertidos que provienen de posibles escapes, fugas y roturas de los tanques de almacenamiento de los líquidos combustibles y comburentes, de las líneas de proceso o de algún equipo de la planta.

También se incluyen los vertidos provenientes de los procesos de carga, descarga y trasiego de las materias primas desde los camiones a los tanques de almacenamiento.

## 4. DEFINICION DEL ENTORNO DEL PROYECTO

La delimitación geográfica del ámbito afectado se puede reducir básicamente a la ocupación que se va a producir del terreno por la construcción de la planta, ya que el posible impacto que se pueda producir por los efluentes del proceso sobre los acuíferos subterráneos queda eliminado

---

previo tratamiento de los efluentes en la Estación de Tratamiento de Aguas Residuales, y su posterior vertido a vías fluviales.

El posible impacto producido por ruidos, olores, incendios y riegos de explosiones puede hacer que este entorno se vea aumentado, pero se tomarán todas las medidas posibles para su minimización.

## **5. DESCRIPCION GENERAL DEL ENTORNO**

Aquí se va a evaluar el medio receptor del proyecto, con objeto de definir el estado preoperacional de referencia que permita determinar las alteraciones potenciales que ocasionará la puesta en marcha del proyecto, estableciendo las características de ese medio receptor y su capacidad de acogida.

### **5.1. Medio físico**

El entorno donde se va a situar el proyecto es de clima mediterráneo, con temperaturas suaves durante todo el año que oscilan entre 17 y 9º de enero y los 33 y 24º de agosto. A veces en los meses de verano sube la temperatura hasta superar los 38ºC. Los inviernos son suaves y los veranos calurosos.

Con una media de 2.965 horas de sol y 106 días despejados al año, es una de las ciudades más soleadas de Europa. La temperatura media anual es de 19,7ºC y la de sus aguas en los meses de invierno es más cálida que la del aire. La humedad media es del 66% con un promedio de 26 días de lluvia anuales, siendo noviembre el mes más lluvioso. Esto resulta en una pluviometría media de 196 mm, una de las más bajas de España y de Europa.

La cercanía de la Estación de Tratamiento de Aguas Residuales facilitará el vertido de los efluentes del proceso.

La flora del entorno es del tipo mediterráneo, mientras que la fauna no tiene relevancia, ya que al situarse cerca de varias poblaciones ésta es casi inexistente.

El paisaje que va a ser afectado por la construcción y funcionamiento de la planta es mínimo, ya que las construcciones van a estar cerca de varias

---

poblaciones y autovía A-7, por lo que no van a modificar de forma importante el paisaje ya existente.

## 5.2. Medio Socio – económico

El medio socio – económico del entorno va a ser afectado medianamente.

La repercusión que va a tener la implantación de la planta será positiva, ya que proporcionará trabajo temporal a empresas de la zona durante la fase de construcción y trabajo a personas y empresas durante el funcionamiento de la planta.

## 6. IDENTIFICACION DE EFECTOS

Una vez que se conoce el proyecto, el entorno que le rodea y la capacidad de acogida de este sobre aquel, se desarrolla una primera aproximación al estudio de acciones y efectos, de forma que una primera visión de los efectos que se producirán sobre el medio, se podrá prever qué consecuencias acarrearán las acciones emprendidas para la consecución del proyecto, sobre los parámetros medioambientales, así como vislumbrar aquellos factores que serán los más afectados.

Se distingue entre fase de construcción y fase de funcionamiento de la planta; de acuerdo con esto, se observa la siguiente clasificación:

### 1. Acciones impactantes

#### 1.1. Fase de construcción

1.1.1. A<sub>1</sub>: Accesos y viales

1.1.2. A<sub>2</sub>: Desbroce y tala

1.1.3. A<sub>3</sub>: Movimiento de tierras

1.1.4. A<sub>4</sub>: Infraestructuras

1.1.5. A<sub>5</sub>: Vertidos

1.1.6. A<sub>6</sub>: Pavimentos o recubrimientos de superficie

---

1.1.7. A<sub>7</sub>: Acopio de materiales

1.1.8. A<sub>1</sub>: Accesos y viales

1.1.9. A<sub>2</sub>: Desbroce y tala

1.1.10. A<sub>3</sub>: Movimiento de tierras

1.1.11. A<sub>4</sub>: Infraestructuras

1.1.12. A<sub>5</sub>: Vertidos

1.1.13. A<sub>6</sub>: Pavimentos o recubrimientos de superficie

1.1.14. A<sub>8</sub>: Maquinaria pesada y utillaje productor de ruidos y vibraciones

1.1.15. A<sub>9</sub>: Emisión de polvo

1.1.16. A<sub>10</sub>: Tráfico de vehículos

1.1.17. A<sub>11</sub>: Desmonte y rellenos

1.1.18. A<sub>12</sub>: Excavaciones

1.1.19. A<sub>13</sub>: Instalaciones provisionales

1.1.20. A<sub>14</sub>: Construcción propiamente dicha

1.1.21. A<sub>15</sub>: Señalización y vallas

1.1.22. A<sub>16</sub>: Incremento de la mano de obra

1.1.23. A<sub>17</sub>: Presupuesto

## 1.2. Fase de funcionamiento

1.2.1. A<sub>18</sub>: Nivel de ocupación

1.2.2. A<sub>19</sub>: Infraestructuras

1.2.3. A<sub>20</sub>: Inversión

---

1.2.4. A<sub>21</sub>: Maquinaria

1.2.5. A<sub>22</sub>: Transporte de líquidos inflamables y combustibles. Descarga de camiones cisterna

1.2.6. A<sub>23</sub>: Alimentación a los tanques

1.2.7. A<sub>24</sub>: Tanques de almacenamiento

1.2.8. A<sub>25</sub>: Circulación de vehículos pesados y tráfico

1.2.9. A<sub>26</sub>: Producción anual prevista

1.2.10. A<sub>27</sub>: Producción diaria prevista

1.2.11. A<sub>28</sub>: Utilización y consumo de materias primas

1.2.12. A<sub>29</sub>: Humos

1.2.13. A<sub>30</sub>: Subestaciones de transformación

1.2.14. A<sub>31</sub>: Ruido y vibraciones

1.2.15. A<sub>32</sub>: Emisión de polvo

1.2.16. A<sub>33</sub>: Tráfico

1.2.17. A<sub>34</sub>: Barreras y vallados

1.2.18. A<sub>35</sub>: Explosiones

1.2.19. A<sub>36</sub>: Incendios

1.2.20. A<sub>37</sub>: Escapes y fugas

1.2.21. A<sub>38</sub>: Fallos de funcionamiento

1.2.22. A<sub>39</sub>: Vertido de efluentes

1.2.23. A<sub>40</sub>: Impermeabilización

---

1.2.24. A<sub>41</sub>: Dirección más frecuente en el transporte de contaminantes atmosféricos

1.2.25. A<sub>42</sub>: Red de vigilancia y control

1.2.26. A<sub>43</sub>: Características meteorológicas de la zona

1.2.27. A<sub>44</sub>: Coste de funcionamiento

## 2. Factores impactados

### 2.1. Medio natural

#### 2.1.1. Aire

- Calidad del aire
- Microclima
- Contaminación sonora

#### 2.1.2. Tierra y suelo

- Erosión
- Contaminación
- Suelo

#### 2.1.3. Agua

- Recursos hídricos
- Calidad del agua
- Temperatura

#### 2.1.4. Flora

- Especies endémicas
- Especies interesantes

---

### 2.1.5. Fauna

- Especies endémicas
- Aves migratorias
- Insectos
- Especies interesantes

### 2.1.6. Medio perceptual

- Vistas
- Naturalidad
- Singularidad

## 2.2. Medio socioeconómico

### 2.2.1. Uso del territorio

- Actividades industriales

### 2.2.2. Valores culturales y humanos

- Bienestar
- Salud y seguridad
- Calidad de vida

### 2.2.3. Infraestructuras

- Transportes y comunicaciones
- Red de abastecimiento
- Red de saneamiento
- Equipamiento



---

#### 2.2.4. Economía y población

- Dependencia energética
- Consumo energético
- Costes e inversiones
- Beneficios
- Economía local

### **7. ESTABLECIMIENTO DE MEDIDAS CORRECTORAS**

#### *7.1. Corrección por emisión de polvo*

La emisión de polvo producida durante la fase de construcción de la planta es inevitable, pero se minimizará regando la zona para aplacarlo en la medida de lo posible.

#### *7.2. Corrección de la erosión del suelo*

Los movimientos de tierra, excavaciones, desmontes y rellenos serán los estrictamente necesarios para la construcción de la planta, procurando que la superficie alterada sea la mínima.

#### *7.3. Corrección de aguas residuales*

Las aguas residuales producidas en la planta, tanto como efluentes del proceso así como de proceso de lavado y tratamiento serán conducidas a la planta de tratamiento de aguas residuales (T.A.R.) asegurándose así su completa depuración antes de su vertido.

Para ello se ha contemplado previamente en el diseño la evacuación de los efluentes residuales según su tipología mediante redes independientes, así como la conexión de las aguas de lavado y residuales con la red general. Finalmente, cabe señalar que las obras de urbanización del área de proceso también están previstas para recoger las aguas pluviales y realizar su evacuación.

---

La incidencia sobre el vertido final quedará vigilada y controlada a través de las acciones de vigilancia que se siguen en la actualidad y que consisten en lo siguiente:

a) Se dispone de analizadores en continuo:

- Caudal
- pH

b) Se dispone de analizadores en continuo. También se analizan periódicamente:

- 
- Demanda química de oxígeno (DQO)
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

La normativa aplicable es extensa, aunque se considerará especialmente el R.D. 509/1996, de 15 de marzo de desarrollo del R.D.L. 11 – 1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas. En su artículo 8 (necesidad de tratamiento previo del vertido de las aguas residuales industriales), se establecen las condiciones que han de cumplir los vertidos de las aguas residuales en los sistemas de alcantarillado, sistemas colectores o en las instalaciones de depuración de aguas residuales urbanas. Esta agua habrán de tratarse previamente (si fuera necesario) para:

- Garantizar que los sistemas colectores, las instalaciones de tratamientos y los equipos correspondientes no se deterioren
- Proteger la salud del personal que trabaje en los sistemas colectores y en las instalaciones de tratamiento.
- Garantizar que no se obstaculice el funcionamiento de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales

- Garantizar que los vertidos de las instalaciones de tratamiento no tengan efectos nocivos sobre el medio ambiente y no impidan que las aguas receptoras cumplan los objetivos de calidad de la normativa vigente.
- Garantizar que los fangos puedan evacuarse con completa seguridad de forma aceptable desde la perspectiva medioambiental. En ningún caso se autorizará su evacuación al alcantarillado o al sistema colector.

Para ello los vertidos realizados en las instalaciones de aguas residuales han de cumplir los siguientes parámetros:

<i>Parámetro</i>	<i>Concentración</i>
<b>DBO5</b> (a 20°C, sin nitrificación)	25 mg O <sub>2</sub> /l
<b>DQO</b>	125 mg O <sub>2</sub> /l
<b>Sólidos en suspensión</b>	35mg/l (10.000-100.000 h.e.); 1mg/l (más de 100.000 h.e.)

En cuanto a las medidas correctoras, como la composición media de las aguas de vertido a la red pública de alcantarillado se encuentra dentro de los valores especificados, no es necesario tomar ninguna medida correctora.

#### 7.4. Corrección de vertidos de líquidos

Los vertidos líquidos que se produzcan en la planta debido a escapes, fugas o roturas de los tanques de almacenamiento se verterán a los cubetos de retención, diseñados para su control y recuperación de los líquidos vertidos.

El parque de almacenamiento de las corrientes de residuos líquidos consta de una red de saneamiento paralela a la general de la planta para conducir a la planta de tratamiento de aguas residuales (T.A.R.) los pequeños escapes producidos previo control y análisis de los mismos.

De este modo, las medidas correctoras están orientadas a la etapa de diseño, previendo instalaciones que permiten la recogida y evacuación de los posibles vertidos.

---

### 7.5. Corrección de ruidos

Durante la fase de construcción de la planta el ruido emitido por la maquinaria es inevitable, pero al ser un impacto temporal, puntual, reversible y de baja intensidad, no es muy impactante, pero siempre intentando reducirlo y evitando producir ruidos en exceso.

Siguiendo la normativa vigente, se dotará a los equipos que lo precisen (válvulas de control, maquinaria...) de elementos aislantes acústicos.

Será necesario establecer un programa de medidas acústicas en el periodo nocturno, siguiendo los criterios fijados en el Decreto 74/1996.

El objetivo a cumplir es la verificación de los niveles sonoros previstos tras la puesta en marcha de las instalaciones proyectadas y adoptar, en su caso, medidas correctoras específicas.

Como objetivo de control se fija el cumplimiento de los niveles máximos de emisión sonora al exterior en zonas industriales, fijado en 70 dB (A) en el período nocturno, siendo el terreno de ubicación y de alrededores de la planta el sistema afectado y el valor límite el indicado.

Los datos a obtener deberán condicionarse en función del tipo de ruido existente tras la puesta e marcha, actuando según lo establecido en el Decreto 74/966 y en la orden de 23 de febrero de 1996. Esta misma normativa deberá dar respuesta al resto de exigencias contenidas en el Decreto 292/1995 en cuanto al Plan Detallado de Vigilancia Ambiental referido al control de ruidos.

### 7.6. Incendios y explosiones

Se dotará a la planta de los sistemas suficientes de vigilancia contra incendios y explosiones para impedir éstos en lo posible.

---

## **8. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL**

### **8.1. Efluentes líquidos**

Para el control de los efluentes líquidos, se hace un análisis de las aguas en los puntos de vertido de la estación de tratamiento de aguas residuales (T.A.R), de forma periódica y sistemática.

### **8.2. Ruidos**

Para el control de los ruidos, se harán un seguimiento periódico y sistemático de los niveles de ruido tanto dentro como en los alrededores de la planta.

### **8.3. Monitorización en continuo**

La monitorización en continuo permite al momento detectar posibles escapes y fugas en los distintos equipos y tanques de almacenamiento, así como detectar posibles fallos de funcionamiento.

### **8.4. Libro de registro**

En el libro de registro se hará constar todos los controles que se llevan a cabo, con todas las especificaciones y valores que la normativa vigente específica, para de esta forma llevar un perfecto control de la situación ambiental que rodea la planta.

## **9. DOCUMENTO DE SINTESIS**

El presente documento del impacto ambiental forma parte del proyecto para la construcción de una planta para la obtención de gelatina a partir de tejido óseo de pescado.

La planta trabaja con líquidos y productos combustibles y comburentes, por lo que se deberá tener especial precaución en su manejo durante su transporte, almacenamiento, trasiego y procesando para evitar posibles incendios o explosiones.

---

Durante el proceso de producción se obtienen efluentes líquidos, tanto por la tubería de salida del agua usada para el proceso como en operaciones de limpieza, purgado y posibles escapes y fugas. Estos vertidos se eliminarán previo tratamiento en una estación de tratamiento de aguas residuales (T.A.R.)

La planta se ubicará en Viator. Como el carácter contaminante de la planta es mínimo, es lógico suponer que los cambios en el entorno ambiental de la zona serán insignificantes en el global. De esta forma se verán afectador, aunque de forma mínima, factores tales como la población, la fauna, la flora, la geografía, la luz y los ecosistemas locales, además del nivel de ruidos, el suelo y el paisaje, la producción de olores y calidad del aire y el nivel hídrico.

Los impactos esperados serán los siguientes:

- Incremento en el consumo de agua del complejo
- Aumento en la producción de aguas residuales del polígono industrial
- Riesgo de vertidos líquidos debido a escapes o fugas
- Modificación de suelos paisaje
- Aumento del nivel de ruido
- Descenso de la calidad del aire y producción de olores
- Riesgo de incendio o explosiones debido al carácter inflamable de las sustancias que se manejarán.

Para minimizar estos impactos se tomarán distintas medidas correctoras:

- ◇ Depuración de las aguas residuales en la unidad de tratamiento industrial del polígono
- ◇ Utilización de una superficie mínima
- ◇ Se instalarán instrumentos de control que hagan más operativa la planta y reduzcan los riesgos de fallos y accidentes

- 
- ◇ Control de los posibles vertidos líquidos y fugas mediante el diseño del parque de almacenamiento
  - ◇ Control de incendios y explosiones con el diseño de un plan e instalaciones contra incendios

En lo que se refiere al programa de vigilancia ambiental, éste utilizará los equipos necesarios para su desarrollo y control.

---

## **CAPITULO IV**

# **ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**



---

# ÍNDICE

páginas

## ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

### 1. OBJETIVOS Y ALCANCE

1.1. Objeto del estudio de seguridad y salud	1-2
1.2. Aplicación de aplicación	2
1.3. Variaciones del estudio de seguridad y salud	2-3
1.4. Datos de interés para la prevención de riesgos previos al comienzo de las obras	3-6

### 2. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA Y DATOS GENERALES

2.1. Tipo de obra	6-7
2.2. Unidades constructivas que componen la obra	7-9
2.3. Medios previstos para la ejecución	10
2.4. Personal previsto	10-11
2.5. Implantaciones provisionales de higiene y bienestar	11-12
2.6. Características de las instalaciones de higiene y bienestar	13-14
2.7. Seguridad en los alrededores de la obra	14

### 3. EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES

3.1. Riesgos y prevención derivados de las acciones constructivas	14-38
3.2. Riesgos y prevención derivados de los medios de ejecución	38-69
3.3. Riesgos y prevención en instalaciones y medios Auxiliares	69-73
3.4. Prevención de riesgos de daños a terceros	74

---

4. SISTEMAS DE CONTROL DE LA PREVENCIÓN DE LA OBRA	
4.1. Control del nivel de seguridad	74
4.2. Medicina preventiva y primeros auxilios planificados	74-75
4.3. Formación prevista de seguridad y salud	75-76
5. PLAN DE ACTUACIÓN EN CASO DE ACCIDENTE O EMERGENCIA	
5.1. Accidente	76-78
5.2. Emergencia	78-80

---

# ESTUDIA DE SEGURIDAD Y SALUD

## 1. OBJETIVOS Y ALCANCE

### 1.1. Objeto del estudio de seguridad y salud

Se redacta el presente estudio de Seguridad y Salud en los trabajos de edificación a fin de analizar, estudiar y planificar, en función del propio sistema de ejecución, las previsiones respecto a la prevención de riesgo de accidentes profesionales, la evaluación de los riesgos, las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar y demás prescripciones reglamentarias durante el proyecto de ejecución material de la PLANTA DE GELATINA.

La Dirección Técnica de la Empresa Constructora en la obra efectuará su desarrollo y ejecución, con la aprobación expresa y bajo el control del Coordinador en materia de Seguridad y Salud en fase de ejecución, de acuerdo con el R.D. 1627/98 de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras.

Consta de los siguientes apartados, cuyo orden es indiferente al considerarlos todos como parte de un conjunto global y de iguales rangos:

- a) Conocer el Proyecto y, en colaboración con el autor de este, definir la tecnología más adecuada para la realización de la obra, con el fin de conocer los posibles riesgos que de ello se desprenda.
- b) Analizar las unidades de obra del Proyecto en función de sus factores formales y de ubicación en coherencia con la tecnología y métodos constructivos a desarrollar
- c) Definir todos los riesgos detectable a priori que puedan aparecer a lo largo de la realización de los trabajos

- 
- d) Diseñar las líneas preventivas en función de una determinada metodología a seguir y su implantación durante el proceso de construcción
  - e) Divulgar la prevención entre todos los que intervienen en el proceso de construcción, interesando a los sujetos en su práctica con el fin de lograr su mejor y más razonable colaboración. Así, éste documento se redacta fundamentalmente hacia la propia empresa constructora y a sus trabajadores, debiendo llegar a todos ellos sin distinción alguna (propios, subcontratistas, autónomos,...) en las partes que les interese y, en su medida, mediante los mecanismos previstos en las disposiciones vigentes.
  - f) Crear un marco de salud laboral en el que la prevención de las enfermedades sea eficaz.
  - g) Definir las actuaciones a seguir en el caso de que fracase la intención técnica y se produzca el accidente, de tal forma que la asistencia al accidentado sea la adecuada y aplicada con la máxima celeridad y atenciones posibles.
  - h) Diseñar la línea formativa, para prevenir por medio del método de trabajo correcto los accidentes

### 1.2. Aplicación de aplicación

La vigencia del Estudio de Seguridad y Vida se inicia desde la fecha en que se produzca la aprobación del presente documento por la Dirección Facultativa responsable de su control y aprobación.

Su aplicación debe ser vinculante para todo el personal propio y el de otras empresas subcontratadas por ésta para realizar los trabajos en el interior del recinto de la obra, con independencia de las condiciones contractuales que regulen su intervención en la misma.

---

### 1.3. Variaciones del estudio de seguridad y salud

El Estudio de Seguridad y Salud puede ser modificado en función del proceso de ejecución de la obra y de las posibles incidencias o modificaciones de proyecto que puedan surgir a lo largo de la misma, previa aprobación expresa de la Dirección Facultativa, siguiéndose la necesaria información y comunicación a los representantes legales de los trabajadores.

### 1.4. Datos de interés para la prevención de riesgos previos al comienzo de las obras

#### *1.4.1. Interferencias, servicios afectados y antiguas instalaciones*

No se prevé la existencia de ningún servicio afectado en la zona de actuación.

#### *1.4.2. Linderos y edificios colindantes*

Las zonas donde se van a realizar los trabajos no presentan medianería.

#### *1.4.3. Circulación de personas ajenas a la obra*

La obra estará convenientemente señalizada, estableciéndose los accesos y vías de circulación de vehículos y personal de la obra, e indicándose la prohibición de acceso a la zona de obras a personas ajenas a ésta.

Durante la ejecución de las obras, se cuidará de la conservación de las señales, vallas, etc, de tal forma que se mantengan en perfecto estado. Así mismo, toda señal o valla deteriorada deberá ser reparada o sustituida de inmediato.

Las señales colocadas sobre las vías no permanecerán más tiempo del necesario, siendo retiradas de inmediato una vez finalizado el trabajo.

Cuando se realice la descarga de material de un vehículo de obras destinado a ejecución o señalización, nunca se dejará ningún objeto depositado en las calzadas abiertas al tráfico, aunque sólo sea momentáneamente con la intención de retirarlo a continuación.

---

#### *1.4.4. Areas auxiliares*

Dado que la actividad a desarrollar consiste en la construcción de varias naves industriales y edificios, de un parque de almacenamiento y todos los accesos y vías auxiliares a la planta industrial, se prevé la existencia en obra de zonas destinadas a acopio de material.

Además, se prevé el estacionamiento en obra sólo de la maquinaria necesaria para el desarrollo de las obras, y al finalizar la jornada de trabajo se estacionarán de forma que quede inmovilizada y convenientemente señalizada, no obstaculizando nunca las vías en las que se mantenga el tráfico rodado.

#### *1.4.5. Orden y limpieza*

El mantenimiento del orden y limpieza en la obra se considera fundamental para conseguir un alto grado de seguridad, por lo que se realizarán periódicamente repasos generales de orden y limpieza.

Las zonas de paso, salidas y vías de circulación previstas para la evacuación en casos de emergencia permanecerán libres de obstáculos, de forma que sea posible utilizarlas sin dificultades en todo momento.

Los lugares de trabajo, y en particular sus instalaciones, deberán ser objeto de un mantenimiento periódico, de forma que sus condiciones de funcionamiento satisfagan siempre las especificaciones establecidas en el proyecto.

Los lugares de trabajo, incluidos los locales de servicio y las instalaciones de higiene y bienestar, se limpiarán periódicamente y siempre que sea necesario para mantenerlos en todo momento en condiciones higiénicas adecuadas.

A tal fin, las características de los suelos, techos y paredes serán tales que permitan dicha limpieza y mantenimiento.

Las operaciones de limpieza no deberán constituir por sí mismas una fuente de riesgo para los trabajadores que las efectúen, propios o por terceros; por consiguiente, se llevarán a cabo en los momentos, en la forma y con los medios adecuados.

---

#### 1.4.6. Vías de circulación

Se delimitarán las vías de circulación en la obra, de común acuerdo con la Dirección Facultativa. Los vehículos y maquinaria que circulen por la obra deberán cumplir las condiciones de seguridad propias para estos vehículos y en especial al uso de las señales acústicas y visuales de movimiento. Del mismo modo, se inspeccionarán periódicamente los estados de los accesos tanto para vehículos como para personal a la obra.

Las vías de circulación y zonas de trabajo estarán convenientemente iluminadas.

#### 1.4.7. Señalización

Se efectuará la señalización exterior y en los distintos accesos a la zona de obra:

- ◇ Señales de advertencia y peligro
  - Caídas al mismo / distinto nivel
  - Caída de objetos
  - Riesgo eléctrico
  - Peligro en general
  - Cargas suspendidas
  - Maquinaria en movimiento
- ◇ Señales de obligación
  - Uso obligatorio del casco de seguridad
  - Uso obligatorio de guantes
  - Uso obligatorio de calzado de seguridad
  - Protección de vías respiratorias

- 
- Protección de ojos y cara

- ◇ Señales de prohibición

- Prohibida la entrada a toda persona ajena a la obra
- Prohibido aparcar. Salida y entrada de vehículos
- Prohibido permanecer bajo cargas suspendidas

La señalización provisional de la obra se llevará a cabo de acuerdo con la normativa vigente.

#### *1.4.8. Climatología*

La climatología en la provincia de Almería es la propia de la Comunidad Andaluza, por lo que no se prevé que incida sobre la ejecución de la obra.

No obstante, se presentará especial atención a los regímenes de vientos fuertes que puedan provocar desprendimiento de materiales, estructuras provisionales, etc.

## **2. IDENTIFICACION DE LA OBRA Y DATOS GENERALES**

### *2.1. Tipo de obra*

La obra objeto de este Estudio de Seguridad y Salud consiste en la realización de los siguientes trabajos de edificación:

- ◇ Desbroce por medios mecánicos
- ◇ Movimiento de tierras
- ◇ Defensa de hundimientos y desprendimientos de terrenos
- ◇ Excavación mecánica. Zanjas
- ◇ Hormigonado de cimientos por vertido directo
- ◇ Estructura de hormigón armado y en masa. Cubilote



- 
- ◇ Estructura metálicas. Colocación de perfiles
  - ◇ Estructuras metálicas. Colocación de cerchas y correas
  - ◇ Muros de carga
  - ◇ Zunchos perimetrales y jácenas
  - ◇ Forjado de viguetas y bovedillas
  - ◇ Albañilería
  - ◇ Carpintería metálica y barandillas
  - ◇ Pintura
  - ◇ Falsos techos
  - ◇ Formación de cubiertas
  - ◇ Cubiertas con placas
  - ◇ Solados
  - ◇ Fontanería y bajantes
  - ◇ Saneamientos
  - ◇ Instalación eléctrica
  - ◇ Iluminación

## 2.2. Unidades constructivas que componen la obra

Durante el transcurso de la obra está previsto que se realicen las siguientes actividades:

- ◇ Rehabilitación
- ◇ Demoliciones

- 
- ◇ Vaciado
  - ◇ Terraplenes y desmontes
  - ◇ Drenajes
  - ◇ Cimentaciones superficiales
  - ◇ Muros de contención
  - ◇ Estructura de hormigón en masa
  - ◇ Estructura de hormigón armado
  - ◇ Estructuras de hormigón pretensado
  - ◇ Estructura de acero
  - ◇ Estructuras mixtas
  - ◇ Estructuras de fábrica
  - ◇ Tabiques fijos
  - ◇ Carpintería metálica
  - ◇ Carpintería de madera
  - ◇ Vidriería
  - ◇ Persianas
  - ◇ Barandillas
  - ◇ Claraboyas
  - ◇ Aplacados
  - ◇ Alicatados y mosaicos
  - ◇ Revestimientos continuos
-

- 
- ◇ Pinturas
  - ◇ Falsos techos
  - ◇ Formación de cubiertas
  - ◇ Impermeabilización de cubiertas con tejas y placas
  - ◇ Solados
  - ◇ Escaleras y rampas
  - ◇ Fontanería
  - ◇ Saneamientos
  - ◇ Calefacción
  - ◇ Aire acondicionado
  - ◇ Instalaciones eléctricas
  - ◇ Iluminación
  - ◇ Aparato elevadores
  - ◇ Antenas y cableado
  - ◇ Protección contra el rayo
  - ◇ Red viaria
  - ◇ Alcantarillado
  - ◇ Abastecimiento de aguas
  - ◇ Distribución eléctrica
  - ◇ Alumbrado

---

### 2.3. Medios previstos para la ejecución

Durante el transcurso de la obra está previsto que se utilice la siguiente maquinaria:

- ◇ Movimiento de tierras: Retroexcavadora, pala cargadora, excavadora de draga de arrastre, zanjadora continua.
- ◇ Transporte horizontal: Carretilla transportadora, motovolquete (dúmper pequeño), camión basculante, camión cisterna, dúmper (grande).
- ◇ Maquinaria de elevación: Grúa torre.
- ◇ Maquinaria para hormigones: Hormigonera, bomba de hormigón, camión hormigonera, vibrador de agujas.
- ◇ Maquinaria para compactación y pavimentación: Extendedora, compactadora, explanadora, camión bituminador, pisón mecánico.
- ◇ Maquinaria transformadora de energía: Grupo electrógeno, motor eléctrico, compresor.
- ◇ Máquinas herramientas: Martillo neumático, taladro columna, esmeriladora de pie, tronzadora de metal, tronzadora de cerámica, tronzadora de madera, ingleteadora, tupí, sierra de cinta, desbrozador, amasadora, pulidora, fresadora.
- ◇ Herramientas: Taladro percutor, martillo rotativo, pistola clavadora, lijadora, disco radial, máquina de cortar terrazo y azulejo, rozadora, herramientas manuales.

### 2.7. Personal previsto

Dadas las características de la obra, se prevé un número máximo de personas en la obra de 60, constituido por:

- 
- ◇ 1 Jefe de Obra
  
  - ◇ 1 Encargado General
  
  - ◇ Oficiales albañiles, yeseros, alicatadores, cerrajeros, instaladores y otros oficios con sus respectivos ayudantes y peones

## 2.5. Implantaciones provisionales de higiene y bienestar

### *2.5.1. Abastecimiento de agua*

La empresa constructora facilitará a su personal y al de las empresas subcontratadas, en los lugares de trabajo, agua potable.

### *2.5.2. Vestuarios y aseos*

La empresa constructora dispondrá en el centro de trabajo de cuartos vestuarios y aseos para uso personal.

Estarán provistos de asientos y de armarios metálicos o de madera individuales para que los trabajadores puedan cambiarse y dejar además sus efectos personales.

Cercanos a estos lugares estarán los aseos, que dispondrán de las siguientes dotaciones:

- ◇ Lavabos: el número de grifos será, por lo menos, de uno para cada diez trabajadores; por tanto, en esta obra se dispondrá de al menos seis grifos, dado el número de trabajadores previsto.
  
- ◇ Retretes: el número de retretes será de uno por cada 25 trabajadores; por lo que dispondrá de al menos dos retretes.
  
- ◇ Duchas: El número de duchas será de una ducha por cada 10 trabajadores, con agua fría y caliente, luego se dispondrá de al menos seis duchas.

---

Los vehículos auxiliares irán dotados de material higiénico, llevando como mínimo: papel higiénico, toallas de papel, bidón – contenedor con grifo con capacidad para veinticinco litros de agua potable y aplicador de jabón pH neutro para uso humano.

### *2.5.3. Botiquines*

En los centros de trabajo se dispondrá de un botiquín con los medios necesarios para efectuar las curas de urgencia en caso de accidente, y estará a cargo de él una persona capacitada designada por la empresa constructora.

El botiquín estará dotado de frasco de agua oxigenada, frasco con tintura de yodo, frasco con mercurocromo, caja con gasa esterilizada, caja con algodón hidrófilo estéril, rollo de esparadrapo, torniquete, bolsa para agua o hielo, bolsa con guantes esterilizados, termómetro clínico, caja con apósitos autoadhesivos y analgésicos.

### *2.5.4. Comedor*

El comedor estará dotado de bancos, sillas y mesas, y se mantendrá en perfecto estado de limpieza.

La empresa constructora pondrá las instalaciones anteriormente mencionadas a disposición de sus trabajadores y los de las empresas subcontratadas.

Se prevé como mejor solución para resolver las zonas de aseos, vestuarios y comedores el empleo de módulos metálicos prefabricados y móviles.

Este sistema permitirá, según las necesidades de la obra y el número de trabajadores en la misma, ampliar o mover las dotaciones modulares existentes.

---

## 2.6. Características de las instalaciones de higiene y bienestar

### 2.6.1. Dotación de aseos

Cada módulo para 10 trabajadores, o fracción, estará equipado como mínimo con:

- ◇ Lavabo, con agua corriente caliente y fría.
- ◇ Ducha, equipada con agua caliente o fría (en cabinas individuales), con perchas y jaboneras.
- ◇ Inodoro con carga y descarga automática de agua corriente, con puerta, pestillo interior, papel higiénico y perchas, en cabinas aisladas con unas dimensiones de 1.20x1.00x2.30 m.
- ◇ Calentador de agua de 100 L
- ◇ 2 espejos de dimensiones 0,6x0,6 metros

### 2.6.2. Dotación de vestuarios

Cada módulo para 10 trabajadores, o fracción, estará equipado con:

- ◇ 2 m<sup>2</sup> de superficie por trabajador
- ◇ 2 bancos de madera corridos
- ◇ 1 taquilla metálica provista de llave, por trabajador
- ◇ 2 espejos de dimensiones 0,60x0,60 metros

### 2.6.3. Dotación de comedor

Cada módulo para 10 trabajadores, o fracción, estará equipado con:

- ◇ De 1 a 1,20 m<sup>2</sup> de superficie por trabajador.
- ◇ Mesa recorrida y dos bancos del mismo tipo, en madera
- ◇ Calienta comidas

- 
- ◇ Depósito con cierre, para el vertido de desperdicios

Los suelos, paredes y techos de los aseos, vestuarios y comedores serán continuos, lisos, e impermeables, enlucidos en tonos claros y con materiales que permitan el lavado con líquidos desinfectantes o antisépticos y con la frecuencia necesaria de todos sus elementos.

Los elementos que conforman estos módulos estarán permanentemente en perfecto estado de conservación y aptos para su utilización

### 2.7. Seguridad en los alrededores de la obra

Se consideran las siguientes medidas de protección para cubrir el riesgo de las personas que transiten en las inmediaciones de la obra:

- ◇ Montaje de la valla a base de elementos prefabricados, separando la zona de obra de la zona de tránsito exterior.
- ◇ Si fuese necesario ocupar la acera durante el acopio de material en la obra, mientras dure la maniobra de descarga se canalizará el tránsito de peatones por el exterior de la acera, con protección con vallas metálicas de separación de áreas, y se colocarán señales de tráfico que avisen a los automovilistas de la situación de peligro.

## **3. EVALUACION Y PREVENCION DE RIESGOS PROFESIONALES**

### 3.1. Riesgos y prevención derivados de las acciones constructivas

#### 3.1.1. Desbroce por medios mecánicos

##### 3.1.1.1. Análisis de riesgos detectados

- ◇ Golpes y cortes en las extremidades inferiores (pies)
- ◇ Golpes y cortes en las extremidades superiores (manos)
- ◇ Atrapamiento de dedos y manos



---

- ◇ Proyección de pequeñas partículas

- ◇ Ruido excesivo

- ◇ Vibraciones

#### 3.1.1.2. Equipos de protección individual

Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirán con lo establecido en el RD 773/1997 y dispondrán de marcado CE.

- ◇ Calzado de seguridad

- ◇ Guantes protectores

- ◇ Gafas o pantalla de protección contra proyección de partículas

- ◇ Protectores auditivos

#### 3.1.2. *Movimiento de tierras*

##### 3.1.2.1. Análisis de riesgos detectados

- ◇ Caídas de personas a mismo nivel / distinto nivel

- ◇ Caídas de maquinaria a mismo nivel / distinto nivel

- ◇ Vuelcos de maquinaria

- ◇ Golpes con elementos fijos de la obra

- ◇ Golpes contra vehículos

- ◇ Atropellos

- ◇ Sepultamiento por desprendimiento de tierras

- ◇ Irrupción de agua y/o anegamientos

---

### 3.1.2.2. Medidas preventivas a adoptar

- ◇ Antes de comenzar los trabajos de movimientos de tierras, deberán tomarse medidas para localizar y reducir al mínimo los peligros debidos a cables subterráneos y demás sistemas de distribución.
- ◇ Las acumulaciones de tierras, escombros o materiales y los vehículos en movimiento deberán mantenerse alejados de las excavaciones o deberán tomarse las medidas adecuadas en su caso, mediante la construcción de barreras, para evitar su caída en las mismas o en el derrumbamiento del terreno.
- ◇ Los conductores y personal encargado de vehículos y maquinarias deberán recibir una formación especial
- ◇ Nadie permanecerá en la zona de movimientos de tierras, salvo las personas encargadas del manejo de los vehículos y maquinaria necesaria.
- ◇ Se consolidarán todos los movimientos de tierras mediante sistemas de entibación, blindaje, apeo taludes u otras medidas adecuadas para prevenir riesgos de desprendimientos o sepultamiento.
- ◇ Se señalará de forma adecuada todos los posibles peligros, zonas a distinto nivel, zanjas, taludes, etc.
- ◇ Cuando sea adecuado, las maquinarias para movimientos de tierras deberán estar equipadas con estructuras concebidas para proteger al conductor contra el aplastamiento, en caso de vuelco de la máquina, y contra la caída de objetos.

### 3.1.2.3. Sistemas de protección colectiva

- ◇ Señal óptico – acústica en la maquinaria y vehículos
  - ◇ Cita de señalización y delimitación de la zona de trabajo
-

- 
- ◇ Señalización de seguridad
  
  - ◇ Si los vehículos o maquinaria se acercan a las proximidades de alguna zanja o desnivel, se garantizará a la distancia de un metro mediante topes o balizamiento.

#### 3.1.2.4. Equipos de protección personal

Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirán con lo establecido en el RD 773/1997 y dispondrán de marcado CE.

- ◇ Casco de seguridad para protección de cabeza, siempre que se baje de los vehículos o maquinaria
  
- ◇ Ropa de trabajo adecuada
  
- ◇ Calzado de seguridad con puntera y suela metálica
  
- ◇ Guantes de trabajo

#### 3.1.3. *Defensa de hundimientos y desprendimientos del terreno*

##### 3.1.3.1. Análisis de riesgos detectados

- ◇ Sepultamientos por movimiento del terreno
  
- ◇ Caída de estructuras o andamios por cargas excesivas o movimiento del terreno
  
- ◇ Caídas a mismo / distinto nivel
  
- ◇ Golpes / cortes en los trabajos de colocación de estructuras.

##### 3.1.3.2. Medidas preventivas a adoptar

- ◇ Los trabajos de defensa y hundimiento de terrenos han de planificarse de forma cuidadosa antes de llevarse a cabo y deben ser dirigidos por una persona cualificada.

- 
- ◇ Las estructuras que se coloquen han de ajustarse a las condiciones para las que han sido diseñadas.
  - ◇ Nadie permanecerá en la zona de los trabajos salvo las personas encargadas de las obras y durante el tiempo estrictamente necesario.
  - ◇ Se señalará de forma adecuada todos los posibles peligros, zonas a distinto nivel, zanjas, taludes, etc.

#### 3.1.3.3. Sistemas de protección colectiva

- ◇ Cinta de señalización y delimitación de la zona de trabajo
- ◇ Señalización de seguridad
- ◇ Estructuras de defensa, provisionales o permanentes

#### 3.1.3.4. Equipos de protección personal

Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirán con lo establecido en el RD 773/1997 y dispondrán de marcado CE:

- ◇ Casco de seguridad para protección de la cabeza, siempre que se baje de los vehículos o maquinaria
- ◇ Ropa de trabajo adecuada
- ◇ Calzado de seguridad con puntera y suela metálica
- ◇ Guantes de trabajo

---

### 3.1.4. *Excavación mecánica. Zanjas*

Idem que 3.1.3.

### 3.1.5. *Hormigonado de cimientos por vertido directo*

#### 3.1.5.1. Análisis de riesgos detectados

- ◇ Caídas de personas a mismo / distintos nivel
- ◇ Caídas y vuelcos de maquinaria
- ◇ Atropellos de personas por maquinaria
- ◇ Desprendimientos del terreno
- ◇ Sepultamientos
- ◇ Golpes en extremidades y cabeza
- ◇ Proyección de hormigón

#### 3.1.5.2. Medidas preventivas a adoptar

- ◇ El hormigonado debe realizarse por los operarios encargados para tal efecto, no permaneciendo en ningún caso ninguna persona ajena a los trabajos.
- ◇ La maquinaria necesaria para los trabajos de hormigonado sólo será manejada por el personal encargado
- ◇ Se señalará de forma adecuada todos los posibles peligros, zonas a distinto nivel, zanjas, taludes, etc.
- ◇ Si los vehículos o maquinaria se acercan a las proximidades de alguna zanja o desnivel a una distancia mínima de un metro, se garantizará ésta mediante topes o balizamiento.

---

### 3.1.5.3. Sistemas de protección colectiva

- ◇ Cinta de señalización y delimitación de la zona de trabajo.
- ◇ Señalización de seguridad
- ◇ Señales óptico – acústicas en maquinaria

### 3.1.5.4. Equipos de protección individual

Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirán con lo establecido en el RD 773/1997 y dispondrán de marcado CE:

- ◇ Casco de seguridad para protección de la cabeza.
- ◇ Ropa de trabajo adecuada.
- ◇ Calzado de seguridad con puntera y suela metálica
- ◇ Guantes de trabajo

### 3.1.6. *Estructura de hormigón armado y en masa. Cubilote*

Ídem que 3.1.5.

### 3.1.7. *Estructuras metálicas. Colocación de perfiles*

#### 3.1.7.1. Análisis de riesgos detectados

- ◇ Caídas a mismo / distintos nivel de personas
- ◇ Caída de alturas de personas
- ◇ Caída de altura de objeto y estructuras
- ◇ Atrapamiento / aplastamiento de personas por estructuras metálicas.
- ◇ Atrapamiento / aplastamiento de extremidades superiores e inferiores

- 
- ◇ Cortes e hincamiento en extremidades superiores e inferiores.
  - ◇ Quemaduras
  - ◇ Proyección de partículas y daños a los ojos por soldadura

#### 3.1.7.2. Medidas preventivas a adoptar

- ◇ La colocación de estructuras debe realizarse por los operarios encargados para tal efecto, y sólo se podrán montar o desmontar bajo vigilancia, control, y dirección de una persona competente.
- ◇ No permanecerá en ningún caso, ninguna persona bajo la maquinaria o las estructuras durante la colocación de aquéllas.
- ◇ No permanecerá ninguna persona ajena a los trabajos en el área de éstos.
- ◇ La maquinaria necesaria para la colocación y movimiento de las estructuras metálicas solo será manejada por el personal encargado.
- ◇ Los materiales de acopio, equipos y herramientas de trabajo deberán colocarse o almacenarse de forma que se evite su desplome, caída o vuelco.
- ◇ Si es necesario, se proyectarán pasos cubiertos o se prohibirá el paso de personas mientras duren los trabajos

#### 3.1.7.3. Sistemas de protección colectiva

- ◇ Señalización de seguridad
- ◇ Barandillas
- ◇ Redes de seguridad
- ◇ Plataformas de señalización y delimitación de la zona de trabajo

---

#### 3.1.7.4. Equipos de protección individual

Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirán con lo establecido en el RD 773/1997 y dispondrán de marcado CE:

- ◇ Casco de seguridad para protección de la cabeza
- ◇ Ropa de trabajo adecuada
- ◇ Calzado de seguridad con puntera y suela metálica
- ◇ Guantes de trabajo
- ◇ Arnés de seguridad
- ◇ Eslingas de cadena, de cable, etc
- ◇ Gafas protectoras
- ◇ Pantalla facial antisoldadura

#### 3.1.8. *Estructuras metálicas. Colocación de cerchas y correas*

Ídem que 3.1.7.

#### 3.1.9. *Muros de carga*

##### 3.1.9.1. Análisis de riesgos detectados

- ◇ Caída de personas a mismo / distinto nivel.
- ◇ Caída de altura de personas
- ◇ Atrapamiento de personan por caída de muros
- ◇ Atrapamiento de extremidades superiores e inferiores por caída de muros
- ◇ Golpes y cortes en extremidades superiores e inferiores
- ◇ Caída de altura de objetos y estructuras



---

### 3.1.9.2. Medidas preventivas a adoptar

- ◇ La colocación de los muros debe realizarse por los operarios encargados para tal efecto, y sólo se podrán montar o desmontar bajo vigilancia, control, y dirección de una persona competente.
- ◇ No permanecerá en ningún caso ninguna persona bajo los muros o maquinaria durante la colocación de aquellos.
- ◇ No permanecerá ninguna persona ajena a los trabajos en el área de éstos
- ◇ La maquinaria necesaria para la colocación y movimiento de los muros sólo será manejada por el personal encargado
- ◇ Los materiales de acopio, equipos y herramientas de trabajo deberán colocarse o almacenarse de forma que se evite su desplome, caída o vuelco.

### 3.1.9.3. Sistemas de protección colectiva

- ◇ Señalización de seguridad
- ◇ Barandillas
- ◇ Redes de seguridad
- ◇ Plataformas
- ◇ Cinta de señalización y delimitación de la zona de trabajo.

### 3.1.9.4. Equipos de protección individual

Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirán con lo establecido en el RD 773/1997 y dispondrán de marcado CE:

- ◇ Casco de seguridad para la protección de la cabeza

- 
- ◇ Ropa de trabajo adecuada
  - ◇ Calzado de seguridad con puntera y suela metálica
  - ◇ Guantes de trabajo
  - ◇ Arnés de seguridad
  - ◇ Eslingas de cadena, de cable, etc

### 3.1.10. Zunchos perimetrales y jácenas

#### 3.1.10.1. Análisis de riesgos detectados

- ◇ Caída de personas a mismo / distinto nivel
- ◇ Caída de altura de personas
- ◇ Caída de altura de herramientas y materiales
- ◇ Golpes, cortes y torceduras en extremidades superiores e inferiores
- ◇ Hundimientos

#### 3.1.10.2. Medidas preventivas a adoptar

- ◇ Los trabajos serán desarrollados por las personas designadas para ellos, bajo la supervisión de una persona competente
- ◇ No permanecerá ninguna persona ajena a los trabajos en el área de éstos
- ◇ La maquinaria necesaria para el desarrollo de los trabajos sólo será manejada por el personal encargado
- ◇ Los materiales de acopio, equipos y herramientas de trabajo deberán colocarse o almacenarse de forma que se evite su desplome, caída o vuelco.

- 
- ◇ No se deberá permanecer bajo las estructuras de altura hasta que no queden perfectamente consolidadas

#### 3.1.10.3. Sistemas de prevención colectiva

- ◇ Señalización de seguridad
- ◇ Barandillas
- ◇ Redes de seguridad
- ◇ Plataformas
- ◇ Cinta de señalización y delimitación de la zona de trabajo

#### 3.1.10.4. Equipos de protección individual

Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirán con lo establecido en el RD 773/1997 y dispondrán de marcado CE:

- ◇ Casco de seguridad para la protección de la cabeza
- ◇ Ropa de trabajo adecuada
- ◇ Calzado de seguridad con puntera y suela metálica
- ◇ Guantes de trabajo
- ◇ Arnés de seguridad
- ◇ Eslingas de cadena, de cable, etc

#### 3.1.11. *Forjado de viguetas y bovedillas*

Ídem que 3.1.10

---

### 3.1.12. Albañilería

#### 3.1.12.1. Análisis de riesgos detectados

- ◇ Caída de personas a mismo / distinto nivel
- ◇ Caída de altura de personas
- ◇ Caída de altura de herramientas y materiales
- ◇ Hundimientos de estructuras
- ◇ Golpes, cortes y torceduras en extremidades superiores e inferiores
- ◇ Sobrecarga en el manejo manual de cargas
- ◇ Proyección de partículas
- ◇ Inhalación de polvo y pequeñas partículas

#### 3.1.12.1. Medidas preventivas a adoptar

- ◇ Los trabajos serán desarrollados por las personas designadas para ellos bajo la supervisión de una persona competente
- ◇ No permanecerá ninguna persona ajena a los trabajos en el área de éstos
- ◇ La maquinaria necesaria para el desarrollo de los trabajos será manejada por el personal encargado
- ◇ El manejo de carretillas se hará con precaución y siempre por los lugares indicados para ello, no accediendo con ellas a huecos y taludes
- ◇ Los materiales de acopio, equipos y herramientas de trabajo deberán colocarse o almacenarse de forma que se evite su desplome, caída o vuelco

- 
- ◇ Las cargas se manipularán mediante la utilización de medios mecánicos, y sólo cuando el método de trabajo no lo permita se manejarán cargas de manera manual.
  - ◇ Cuando se manejen las cargas manualmente los trabajadores conocerán las técnicas correctas en el manejo manual de cargas
  - ◇ Cuando se manejen herramientas eléctricas de tipo manual se deberán dejar desconectadas una vez usadas, y nunca emplearlas en presencia de agua

#### 3.1.12.3. Sistemas de protección colectiva

- ◇ Señalización de seguridad
- ◇ Barandillas
- ◇ Redes de seguridad
- ◇ Plataformas
- ◇ Cinta de señalización y delimitación de la zona de trabajo

#### 3.1.12.4. Equipos de protección individual

Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirán con lo establecido en el RD 773/1997 y dispondrán de marcado CE:

- ◇ Casco de seguridad para protección de la cabeza
- ◇ Ropa de trabajo adecuada
- ◇ Calzado de seguridad con puntera y suela metálica
- ◇ Guantes de trabajo
- ◇ Arnés de seguridad
- ◇ Eslingas de cadena, cable, etc.

- 
- ◇ Gafas o pantalla facial para protección ocular
  - ◇ Mascarilla de protección de las vías respiratorias

### 3.1.13. *Carpintería metálica y barandillas*

#### 3.1.13.1. Análisis de riesgos detectados

- ◇ Caídas de altura
- ◇ Caídas a mismo nivel
- ◇ Cortes y golpes en extremidades superiores
- ◇ Cortes y golpes en extremidades inferiores
- ◇ Caída de altura de objetos y herramientas

#### 3.1.13.2. Medidas preventivas a adoptar

- ◇ Los trabajos sólo serán realizados por los operarios encargados para ello.
- ◇ Los andamios, escaleras, etc. deben estar en perfecto estado de funcionamiento e inspección
- ◇ Los materiales de acopio, equipos y herramientas de trabajo deberán colocarse o almacenarse de forma que se evite su desplome, caída o vuelco

#### 3.1.13.3. Sistemas de protección colectiva

- ◇ Señalización de seguridad
- ◇ Barandillas
- ◇ Redes de seguridad
- ◇ Plataformas
- ◇ Cinta de señalización y delimitación de la zona de trabajo

---

#### 3.1.13.4. Equipos de protección individual

Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirán con lo establecido en el RD 773/1997 y dispondrán de marcado CE:

- ◇ Casco de seguridad para protección de la cabeza siempre que se baje de los vehículos o maquinaria
- ◇ Ropa de trabajo adecuada
- ◇ Calzado de seguridad con puntera y suela metálica
- ◇ Guantes de trabajo

#### 3.1.14. *Pintura*

##### 3.1.14.1. Análisis de riesgos detectados

- ◇ Caídas de altura
- ◇ Caídas a mismo nivel
- ◇ Inhalación de productos tóxicos
- ◇ Inhalación de polvo
- ◇ Introducción de objetos extraños en ojos
- ◇ Caída de altura de objetos y materiales

##### 3.1.14.2. Medidas preventivas a adoptar

- ◇ Los trabajos sólo serán realizados por los operarios encargados para ello
- ◇ Los andamios, escaleras, etc. deben estar en perfecto estado de funcionamiento e inspección

- 
- ◇ Los materiales de acopio, equipos y herramientas de trabajo deberán colocarse o almacenarse de forma que se evite su desplome, caída o vuelco.
  - ◇ No pintar en atmósferas cerradas ni en lugares donde no haya ventilación

#### 3.1.14.3. Sistemas de protección colectiva

- ◇ Cinta de señalización y delimitación de la zona de trabajo
- ◇ Señalización de seguridad
- ◇ Estructuras de defensa, provisionales o permanentes

#### 3.1.14.4. Equipos de protección individual

Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirán con lo establecido en el RD 773/1997 y dispondrán de marcado CE:

- ◇ Casco de seguridad para la protección de la cabeza
- ◇ Ropa de trabajo adecuada
- ◇ Calzado de seguridad con puntera y suela metálica
- ◇ Guantes de trabajo
- ◇ Protección de ojos y vías respiratorias
- ◇ Arnés de seguridad
- ◇ Eslingas de cadena, de cable, etc

#### 3.1.15. *Falsos techos*

##### 3.1.15.1. Análisis de riesgos detectados

- ◇ Caídas de personas a mismo / distinto nivel
- ◇ Caídas de altura de personas



- 
- ◇ Caída de altura de objetos y materiales
  - ◇ Desprendimiento de materiales
  - ◇ Cortes y golpes en extremidades
  - ◇ Introducción de objetos extraños en los ojos
  - ◇ Inhalación de polvo

#### 3.1.15.2. Medidas preventivas a adoptar

- ◇ Los trabajos solo serán realizados por los operarios encargados para ello
- ◇ Los andamios, escaleras, etc. deben estar en perfecto estado de funcionamiento e inspección.
- ◇ Los materiales de acopio, equipos y herramientas de trabajo deberán colocarse o almacenarse de forma que se evite su desplome, caída o vuelco
- ◇ Los sistemas de apuntalamiento no deberán ser retirados hasta que la estructura quede perfectamente consolidada

#### 3.1.15.3. Sistemas de protección colectiva

- ◇ Cinta de señalización y delimitación de la zona de trabajo
- ◇ Señalización de seguridad
- ◇ Estructuras de defensa, provisionales o permanentes

#### 3.1.15.4. Equipos de protección individual

Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirán con lo establecido en el RD 773/1997 y dispondrán de marcado CE:

- ◇ Casco de seguridad para la protección de la cabeza

- 
- ◇ Ropa de trabajo adecuada
  - ◇ Calzado de seguridad con puntera y suela metálica
  - ◇ Guantes de trabajo
  - ◇ Protección de ojos y vías respiratorias
  - ◇ Arnés de seguridad
  - ◇ Eslingas de cadena, de cable, etc

### 3.1.16. *Formación de cubiertas*

#### 3.1.16.1. Análisis de riesgos detectados

- ◇ Caídas de personas a mismo / distinto nivel
- ◇ Caídas de altura de personas
- ◇ Caída de altura de objetos y materiales
- ◇ Desprendimiento de materiales
- ◇ Cortes y golpes en extremidades

#### 3.1.16.2. Medidas preventivas a adoptar

- ◇ Los trabajos sólo serán realizados por los operarios encargados para ello.
- ◇ Los trabajos se detendrán cuando existan condiciones meteorológicas adversas que puedan provocar caídas, desprendimientos, vuelcos, etc
- ◇ Los andamios, escaleras, etc. deben estar en perfecto estado de funcionamiento e inspección

- 
- ◇ Los materiales de acopio, equipos y herramientas de trabajo deberán colocarse o almacenarse de forma que se evite su desplome, caída o vuelco
  - ◇ Los sistemas de apuntalamiento no deberán ser retirados hasta que la estructura quede perfectamente consolidada

#### 3.1.16.3. Sistemas de protección colectiva

- ◇ Cinta de señalización y delimitación de la zona de trabajo
- ◇ Señalización de seguridad
- ◇ Estructuras de defensa, provisionales o permanentes

#### 3.1.16.4. Equipos de protección individual

Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirán con lo establecido en el RD 773/1997 y dispondrán de marcado CE:

- ◇ Casco de seguridad para la protección de la cabeza
- ◇ Ropa de trabajo adecuada
- ◇ Calzado de seguridad con puntera y suela metálica
- ◇ Guantes de trabajo
- ◇ Protección de ojos y vías respiratorias
- ◇ Arnés de seguridad
- ◇ Eslingas de cadena, de cable, etc.

#### 3.1.17. *Cubierta con placas*

Ídem que 3.1.16.

---

### 3.1.18. Solados

#### 3.1.18.1. Análisis de riesgos detectados

- ◇ Caída de personas a mismo / distinto nivel
- ◇ Cortes, golpes y torceduras en extremidades superiores e inferiores
- ◇ Cortes, golpes y atrapamiento con la maquinaria utilizada

#### 3.1.18.2. Medidas preventivas a adoptar

- ◇ Los trabajos sólo serán realizados por los operarios encargados para ello
- ◇ La maquinaria necesaria para los trabajos sólo será manejada por el personal encargado
- ◇ No permanecerá ninguna persona ajena a los trabajos en el área donde se desarrollan éstos
- ◇ No pasar por la zona solada hasta que todos los trabajos estén terminados y consolidados

#### 3.1.18.3. Sistema de protección colectiva

- ◇ Señalización de seguridad
- ◇ Cinta de señalización y delimitación de la zona de trabajo

#### 3.1.18.4. Equipos de protección individual

Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirán con lo establecido en el RD 773/1997 y dispondrán de marcado CE:

- ◇ Casco de seguridad para protección de la cabeza
- ◇ Ropa de trabajo adecuada

---

- ◇ Calzado de seguridad con puntera y suela metálica

- ◇ Guantes de trabajo

### 3.1.19. Fontanería y bajantes

#### 3.1.19.1. Análisis de riesgos detectados

- ◇ Caídas de personas a mismo / distinto nivel

- ◇ Caídas de altura de personas

- ◇ Caída de altura de objetos y materiales

- ◇ Cortes y golpes en extremidades superiores

- ◇ Proyección de partículas

- ◇ Quemaduras

#### 3.1.19.2. Medidas preventivas a adoptar

- ◇ Los trabajos sólo serán realizados por los operarios encargados para ello.

- ◇ Los andamios, escaleras, etc. deben estar en perfecto estado de funcionamiento e inspección

- ◇ Los materiales de acopio, equipos y herramientas de trabajo deberán colocarse o almacenarse de forma que se evite su desplome, caída o vuelco

#### 3.1.19.3. Sistemas de protección colectiva

- ◇ Señalización de seguridad

- ◇ Cinta de señalización y delimitación de la zona de trabajo

---

#### 3.1.19.4. Equipos de protección individual

Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirán con lo establecido en el RD 773/1997 y dispondrán de marcado CE:

- ◇ Casco de seguridad para protección de la cabeza
- ◇ Ropa de trabajo adecuada
- ◇ Calzado de seguridad con puntera y suela metálica
- ◇ Guantes de trabajo
- ◇ Protección de ojos y vías respiratorias
- ◇ Arnés de seguridad
- ◇ Eslingas de cadena, de cable, etc.

#### 3.1.20. *Sanearios*

##### 3.1.20.1. Análisis de riesgos detectados

- ◇ Caídas de personas a mismo / distinto nivel
- ◇ Cortes y golpes en extremidades superiores e inferiores
- ◇ Golpes en cabeza
- ◇ Sepultamiento por movimientos de terreno

##### 3.1.20.2. Medidas preventivas a adoptar

- ◇ Los trabajos sólo serán realizados por los operarios encargados para ello.
- ◇ Los trabajos no se llevarán a cabo si las zanjas no están aseguradas con las estructuras correspondientes en el caso que sea necesario

---

### 3.1.20.3. Sistemas de protección colectiva

- ◇ Cinta de señalización y delimitación de la zona de trabajo
- ◇ Señalización de seguridad
- ◇ Estructuras de defensa, provisionales o permanentes

### 3.1.20.4. Equipos de protección individual

Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirán con lo establecido en el RD 773/1997 y dispondrán de marcado CE:

- ◇ Casco de seguridad para protección de la cabeza, siempre que se baje de los vehículos o maquinaria
- ◇ Ropa de trabajo adecuada
- ◇ Calzado de seguridad con puntera y suela metálica
- ◇ Guantes de trabajo

### 3.1.21. *Instalación eléctrica*

#### 3.1.21.1. Análisis de riesgos detectados

- ◇ Caída de personas a mismo / distinto nivel
- ◇ Caídas de altura de personas
- ◇ Caída de altura de objetos y materiales
- ◇ Descargas eléctricas
- ◇ Quemaduras

#### 3.1.21.2. Medidas preventivas a adoptar

- ◇ Los trabajos solo serán realizados por los operarios encargados de ello

- 
- ◇ Nunca se accederá o se manipulará la instalación eléctrica sin corte previo del suministro eléctrico
  - ◇ Nunca se llevará a cabo trabajos en presencia de agua o con herramientas no adecuadas

#### 3.1.21.3. Sistemas de protección colectiva

- ◇ Señalización de seguridad
- ◇ Interruptores magnetotérmicos de seguridad

#### 3.1.21.4. Equipos de protección individual

Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirán con lo establecido en el RD 773/1997 y dispondrán de marcado CE:

- ◇ Casco de seguridad para protección de la cabeza
- ◇ Ropa de trabajo adecuada
- ◇ Calzado de seguridad y suela aislante
- ◇ Guantes aislantes

#### 3.1.22. *Iluminación*

Ídem que 3.1.21.

#### 3.2. Riesgos y prevención derivados de los medios de ejecución

Como norma general, toda la maquinaria que transite por el interior de la obra dispondrá de señal luminosa de movimiento, así como dispositivo acústico de movimiento de marcha atrás. Cualquier operario que abandone la cabina de la máquina debe hacer uso del casco de seguridad.

Además, la maquinaria móvil llevará un botiquín de primeros auxilios y un extintor de incendios del tipo que especifique el fabricante de la máquina



---

### 3.2.1. *Movimiento de tierras*

#### 3.2.1.1. Retroexcavadora

- **Análisis de riesgos detectados**
  - Caída de la propia máquina
  - Caída en altura del operador, por ausencia de elementos de protección
  - Golpes debidos al movimiento de la pala
  - Atrapamientos
  - Atropellos
  - Choques contra vehículos
  - Proyección de partículas
  - Vuelcos
  - Incendios
  - Explosiones
  
- **Medidas preventivas a adoptar**
  - Todas las máquinas estarán dotadas de extintor de incendios en condiciones de uso y botiquín de primeros auxilios
  - El maquinista tendrá en todo momento a su disposición las normas de uso y mantenimiento de la máquina
  - La señalización colocada en la máquina estará limpia y será perfectamente legible
  - El manejo de la máquina quedará limitado al personal encargado al respecto

- 
- Queda prohibido el manejo de la máquina sin los elementos de seguridad: resguardos, parada de emergencia, etc
  - El mantenimiento y reparación de la máquina se hará por personal especializado
  - Antes de poner en marcha la máquina hay que comprobar la ausencia de personas alrededor de la misma y que puedan correr peligro
  - La máquina se mantendrá a distancia suficiente de bordes de terraplenes y vaciados para evitar su vuelco al ceder terreno.
  - No transitar por pendientes en sentido transversal
  - El equipo de trabajo y el material de carga hay que llevarlo en todo caso cerca del suelo, especialmente al bajar pendientes
  - Al abandonar la cabina del operador, la máquina debe quedar de tal forma que no pueda deslizarse por sí misma, ni ser usada por personal no autorizado
  - No se permite la permanencia sobre la máquina a otra persona que no sea el conductor
  - No trabajar en pendientes excesivas
  - Utilizar los peldaños antideslizantes, los pasamanos y los escalones para subir o bajar
  - Mantener limpios los peldaños antideslizantes
  - Estando en funcionamiento, la distancia mínima de seguridad es de tres metros alrededor de la máquina
  - No abandonar nunca el puesto de conducción con el motor en marcha

- 
- Cuidado al conectar y desconectar los enchufes rápidos. El líquido hidráulico, los tubos, racores y enchufes rápidos pueden calentarse al funcionar la máquina
  - Sistema de protección colectiva
    - No permanecerá nadie en las proximidades de la retroexcavadora, en el momento de realizar éste, maniobras
    - Si la descarga material en las proximidades de alguna zanja o desnivel, hay que garantizar una distancia mínima de un metro alrededor mediante topes o balizamiento
  - Equipos de protección personal

Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirá, con lo establecido en el RD 773/1997 y dispondrá de marcado CE:

- Casco de protección de la cabeza siempre que baje de la retroexcavadora y exista riesgo de golpes o caídas de objetos
- Guantes de trabajo
- Ropa adecuada
- Calzado de seguridad

#### 3.2.1.2. Pala excavadora

Ídem que 3.2.1.1.

#### 3.2.1.3. Excavadora de draga de arrastre

Ídem que 3.2.1.1.

#### 3.2.1.4. Zanjadora continua

Ídem que 3.2.1.1.

---

### 3.2.2. Transporte horizontal

#### 3.2.2.1. Carretilla transportadora

- Análisis de riesgos detectados
  - Caída a distinto nivel
  - Caídas a mismo nivel
  - Aprisionamiento
  - Vuelcos
  - Sobreesfuerzos
- Medidas preventivas a adoptar
  - Si se descarga material en las proximidades de alguna zanja o desnivel, se garantizará una distancia mínima de un metro mediante topes o deslizamiento
  - Si se ha de circular a una altura, se hará guardando todas las medidas de seguridad indicadas
  - Se evitará, en la medida de lo posible, sobrecargas y cargas que por su naturaleza presentan peligrosidad
- Sistema de protección colectiva
  - No permanecerá nadie por debajo del nivel de la carretilla transportadora en el momento de la descarga
- Equipos de protección personal

Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirá, con lo establecido en el RD 773/1997 y dispondrá de marcado CE:

- Casco de protección de la cabeza
- Guantes protectores

- 
- Ropa adecuada
  - Calzado de seguridad con plantilla y puntera de acero
  - Gafas de protección contra polvo
  - Botas de agua con puntera y plantilla de acero

### 3.2.2.2. Motovolquete (dúmpster pequeño)

- Análisis de riesgos detectados
  - Choques con elementos fijos de la obra
  - Atropellos
  - Aprisionamiento de personas en maniobras y operaciones de mantenimiento
  - Vuelcos
- Medidas preventivas a adoptar
  - Todas las máquinas estarán dotadas de extintor de incendios en condiciones de uso y botiquín de primeros auxilios
  - La caja será bajada inmediatamente después de efectuada la descarga y antes de emprender la marcha
  - Al realizar entradas o salidas de la zona de obras lo hará con precaución, auxiliado por las señales de un miembro de la obra
  - Si por cualquier circunstancia tuviera que parar en pendiente, el vehículo quedará frenado y calzado con topes. No obstante, se debe evitar estacionar el vehículo en superficies inclinadas
  - Respetará en todo momento la señalización de la obra

- 
- Las maniobras dentro del recinto de obra se harán sin brusquedades, anunciando con antelación las mismas, auxiliándose del personal de obra
  - La velocidad de circulación estará en consonancia con la carga transportadora, la visibilidad y las condiciones del terreno
- Sistemas de protección colectiva
- No permanecerá nadie en las proximidades del camión en el momento de realizar maniobras
  - Si descarga material en las proximidades de alguna zanja o desnivel, se garantizará una distancia mínima de un metro mediante topes o balizamiento
- Equipos de protección personal

Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirán con lo establecido en el RD 773/1997 y dispondrán de marcado CE.

- ◇ Casco de seguridad para protección de la cabeza, siempre que baje del camión
- ◇ Ropa de trabajo adecuada
- ◇ Calzado de seguridad

### 3.2.2.3. Camión basculante

Ídem que 3.2.1.1.

### 3.2.2.4. Camión cisterna

Ídem que 3.2.1.1.

### 3.2.2.5. Dúmper (grande)

Ídem que 3.2.1.1.

---

### 3.2.3. Maquinaria de elevación

#### 3.2.3.1. Grúa torre

- Análisis de riesgos detectados
  - Caída de cargas suspendidas
  - Caída de contrapesos
  - Golpes
  - Choques de la propia grúa contra elementos fijos
  - Choques de la carga suspendida contra elementos fijos
  - Caída de la propia grúa por sobrepeso
  - Descargas eléctricas
  
- Medidas preventivas a adoptar
  - El mantenimiento y reparación de la grúa se hará por personal especializado
  - Antes de poner en marcha la grúa hay que comprobar la ausencia de personas alrededor de la misma y que puedan correr peligro
  - El manejo de la máquina quedará limitado al personal encargado al respecto. No podrá ser usada por personal no autorizado
  - No trabajar nunca con cargas superiores a la indicadas por el fabricante
  - Estando en funcionamiento, no deberá permanecer nunca ninguna persona bajo el radio de funcionamiento de la grúa.

- 
- El maquinista tendrá en todo momento a su disposición las normas de uso y mantenimiento de la máquina
  - La señalización colocada en la máquina estará limpia y será perfectamente legible
  - Una vez terminado el trabajo, la grúa deberá ser desconectada.
- Sistemas de protección colectiva
    - Nadie permanecerá bajo el radio de acción de la grúa torre cuando se encuentre en funcionamiento
  - Equipos de protección individual

Los equipos de protección individual deben cumplir con los requisitos establecidos en el R.D. 773/1997 y dispondrán de marcado CE:

- Casco de seguridad para protección de la cabeza
- Guantes de cuero
- Calzado de seguridad con puntera y plantilla metálicas

### 3.2.4. *Maquinaria para hormigones*

#### 3.2.4.1. Hormigonera

- Análisis de riesgos detectado
  - Atrapamientos manos y extremidades superiores
  - Atrapamientos debidos al uso de ropa inadecuada
  - Proyecciones de partículas
  - Vuelcos de la máquina
  - Descargas eléctricas



---

➤ Medidas preventivas a adaptar

- No cargar la hormigonera en funcionamiento
- No introducir las manos cuando esté en funcionamiento
- No permanecer en el radio de giro de la hormigonera
- Usar ropa adecuada (no se permite el uso de ropa holgada, cadenas, etc, que puedan provocar atrapamientos).
- El manejo de la máquina quedará limitado al personal encargado al respecto. No podrá ser usada por el personal no autorizado
- Desconectar la máquina cuando se sea utilizada

➤ Equipos de protección colectiva

➤ Equipos de protección individual

Los equipos de protección individual deben cumplir con los requisitos establecidos en el R.D. 773/1997 y dispondrán de marcado CE.

- Casco para protección de la cabeza
- Guantes de cuero
- Calzado de seguridad con puntera y plantillas metálicas
- Ropa de trabajo adecuada

3.2.4.2. Bomba de hormigón

➤ Análisis de riesgos detectados

- Golpeo de estructuras al desplegar el brazo – bomba
- Caída por fallo del brazo – bomba
- Golpeo de personas al desplegar el brazo – bomba

- 
- Choques, vuelcos y atropellos
  - Atrapamiento al bajar las patas niveladoras
  - Proyección de hormigón y partículas

➤ Medidas preventivas a adoptar

- El maquinista tendrá en todo momento a su disposición las normas de uso y mantenimiento de la máquina
- La señalización de seguridad colocada en la máquina estará limpia y legible
- El manejo de la máquina quedará limitado al personal encargado al respecto.
- Queda prohibido el manejo de la máquina sin los elementos de seguridad
- El mantenimiento y reparación de la máquina se llevará a cabo por el personal especializado
- Antes de poner en marcha la máquina hay que comprobar la ausencia de personas alrededor de la misma y que puedan correr peligro
- La máquina se mantendrá a distancia suficiente de bordes de terraplenes y vaciados para evitar su vuelco al ceder el terreno
- La máquina debe posicionarse para su funcionamiento en posición horizontal, y si no es posible, perfectamente nivelada mediante las patas niveladoras

- 
- Al abandonar la cabina el operador, la máquina debe quedar de tal forma que no pueda deslizarse por sí misma ni usarse por personas no autorizadas
  - Sistemas de protección colectiva
    - No permanecer bajo el brazo – bomba durante su desplegado y funcionamiento
    - No permanecerá nadie en las proximidades de la bomba de hormigón en el momento de su puesta en funcionamiento
  - Equipos de protección individual

Los equipos de protección individual deben cumplir con los requisitos establecidos en el R.D. 773/1997 y dispondrán de marcado CE

- Usar casco para protección de la cabeza, siempre que haya riesgo de caída de objetos
- Guantes de protección
- Calzado de seguridad con puntera y plantillas metálicas

#### 3.2.4.3. Camión hormigonera

- Análisis de riesgos detectados
  - Choque con elementos fijos de la obra
  - Aprisionamiento de personas en maniobras y operaciones de mantenimiento
  - Vuelcos
  - Atrapamiento con la hormigonera giratoria
- Medidas preventivas a adoptar

- 
- Todas las máquinas estarán dotadas de extintor de incendios en condiciones de uso y botiquín de primeros auxilios
  - Al realizar entradas o salidas de la zona de obras lo hará con precaución, auxiliado por las señales de un miembro de la obra
  - Si por cualquier circunstancia tuviera que parar en pendiente, el vehículo quedará frenada y calzado con topes. No obstante, se debe evitar estacionar el vehículo en superficies inclinadas
  - Respetará en todos momento la señalización de la obra
  - Las maniobras dentro del recinto de la obra se harán sin brusquedades, anunciando con antelación las mismas auxiliándose del personal de obra
  - La velocidad de circulación estará en consonancia con la carga transportada, la visibilidad y las condiciones del terreno
- Sistemas de protección colectivas
- No permanecerá nadie en las proximidades del camión en el momento de realizar éste maniobras
  - Nadie permanecerá sobre el camión ni en el radio de giro de la hormigonera
  - Si descarga material en las proximidades de alguna zanja o desnivel, se asegurará una distancia mínima de un metro alrededor mediante topes o balizamiento
- Equipos de protección individual

- 
- Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirán con lo establecido en el RD 773/1997 y dispondrán de marcado CE
  - Casco de seguridad para protección de la cabeza, siempre que baje del camión
  - Ropa de trabajo adecuada
  - Vibrador de seguridad

#### 3.2.4.4. Vibrador de agujas

- Análisis de riesgos detectados
  - Golpes
  - Proyección de objetos
  - Vibraciones
  - Atrapamientos
  - Caídas a distinto / mismo nivel
  - Exposición a condiciones meteorológicas adversas
- Medidas preventivas a adoptar
  - El vibrador sólo será usado por la persona autorizada, quedando desconectado inmediatamente tras su uso
  - No usar ropa holgada ni complementos que pueda provocar atrapamientos
  - No deberá permanecer ninguna persona bajo el área de acción de la máquina cuando esté en funcionamiento
- Equipos de protección individual

---

Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirán con lo establecido en RD 773/1997 y dispondrán de marcado CE

- Casco protector de la cabeza
- Calzado de seguridad con puntera y suela metálicas
- Guantes protectores
- Cinturón antivibración
- Gafas protectoras

### 3.2.5. *Maquinaria para compactación y pavimentación*

#### 3.2.5.1. Entendedora

- Análisis de riesgos detectados
  - Caída de la propia máquina
  - Caída en altura del operador por ausencia de elementos de protección
  - Atrapamientos
  - Atropellos
  - Choques contra vehículos
  - Proyección de partículas
  - Incendios
  - Explosiones
  - Sobreesfuerzos
  - Descargas eléctricas por contacto directo o indirecto
- Medidas preventivas a adoptar

- 
- Todas las máquinas estarán dotadas de extintor de incendios en condiciones de uso y botiquín de primeros auxilios
  - El maquinista tendrá en todo momento a su disposición las normas de uso y mantenimiento de la máquina
  - El personal no debe llevar ropa holgada, cabellos largos sin recoger, joyas, anillos, etc., para evitar el riesgo de atrapamientos
  - La señalización colocada en la máquina estará limpia y será perfectamente legible
  - El manejo de la máquina quedará limitado al personal encargado al respecto
  - Queda prohibido el manejo de la máquina sin los elementos de seguridad: resguardos, parada de emergencia, etc
  - El mantenimiento y reparación de la máquina se hará por personal especializado
  - Antes de poner en marcha la máquina hay que comprobar la ausencia de personas alrededor de la misma y que puedan correr peligro
  - La máquina se mantendrá a distancia suficiente de bordes de terraplenes y vaciados para evitar su vuelco al ceder el terreno
  - No transitar por pendientes en sentido transversal
  - El equipo de trabajo y el material de carga hay que llevarlo en todo caso cerca del suelo, especialmente a bajar pendientes

- 
- Al abandonar la cabina el operador, la máquina debe quedar de tal forma que no pueda deslizar por sí misma ni ser usada por el personal no autorizado
  - No se permite la permanencia sobre la máquina a otra persona que no sea el conductor
  - No trabajar en pendientes excesivas
  - Utilizar los peldaños antideslizantes, los pasamanos y los escalones para subir o bajar
  - Mantener limpios los peldaños antideslizantes
  - Estando en funcionamiento, la distancia mínima de seguridad es de tres metros alrededor de la máquina
  - No abandonar nunca el puesto de conducción con el motor en marcha
  - Cuidado al conectar y desconectar los enchufes rápidos. El líquido hidráulico, los tubos, racores y enchufes rápidos suelen calentarse al funcionar la máquina
- Sistemas de protección colectiva
    - Pórticos limitadores de altura
    - Señalización
    - Vallas de limitación
    - Extintores
  - Equipo de protección individual

Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirán con lo establecido en el RD 773/1997 y dispondrán de marcado CE



- 
- Casco de protección de la cabeza, siempre que baje de la extendidora y exista riesgo de golpes o caídas de objetos
  - Guantes de trabajo
  - Ropa adecuada
  - Calzado de seguridad con puntera y suela metálica

### 3.2.5.2. Compactadora

- Análisis de riesgos detectados
  - Atropello (por mala visibilidad, velocidad inadecuada, etc.).
  - Máquina en marcha fuera de control
  - Vuelvo (por fallo del terreno o inclinación excesiva)
  - Caída por pendiente
  - Choque contra otros vehículos
  - Incendio (mantenimiento)
  - Quemaduras (mantenimiento)
  - Caídas de personas al subir o bajar de la máquina
  - Exposición a ruido
  - Vibraciones
  - Los derivados de trabajos continuados y monótonos
  - Los derivados del trabajo realizado en condiciones meteorológicas adversas
- Medidas preventivas

- 
- Las compactadoras estarán dotadas de cabinas antivuelco y antiimpactos
  - No se abandonará el compactador con el motor en marcha
  - Se prohíbe el transporte de personas ajenas a la conducción sobre el compactador
  - No se accederá a la máquina con vestimentas sin ceñir, cadenas, pulseras, anillos, relojes, porque pueden engancharse en los salientes o en los controles
  - Se prohíbe la permanencia de operarios en el tajo de compactadores, en prevención de atropellos
  - Para subir y bajar de la cabina se utilizarán los peldaños y asideros dispuestos para tal menester
  - No se accederá a la máquina encaramándose por los rodillos
  - No se saltará directamente al suelo si no es por peligro inminente para su persona, ya que esto puede ocasionar una fractura de los talones
  - No se realizarán ajustes con la máquina en movimiento o con el motor en marcha
  - No se permitirá el acceso a la compactadora de personas ajenas, y menos a su manejo
  - No se trabajará con la compactadora en situación de avería o semiavería. Habrá que repararla primero
  - La máquina se inmovilizará utilizando su freno cuando no esté siendo utilizada

- 
- No se levantará la tapa del radiador en caliente, ya que los gases despididos de forma incontrolada pueden provocar quemaduras graves
  - Si por alguna causa se ha de tocar el líquido anticorrosión, se protegerán previamente las manos con guantes. Utilice además gafas antiproyecciones
  - El cambio del aceite del motor del sistema hidráulico se hará siempre en frío
  - Puesto que la batería desprende gases inflamables, no se fumará en las proximidades de la misma ni se la colocará cerca de alguna fuente de calor
  - No se debe tocar el electrolito de la batería dada su naturaleza corrosiva. Si por alguna razón hubiera que hacerlo se protegerán las manos con guantes
  - Si se ha de manipular el sistema eléctrico del compactador, se interrumpirá el contacto del mismo. Además se extraerá la llave
  - En caso de tener que realizar alguna operación de soldadura en el circuito de aceite del motor se limpiarán previamente las tuberías, ya que el aceite es inflamable
  - No se liberarán los frenos en posición de parada si antes no se han instalado los tacos de inmovilización de rodillos
  - Antes de iniciar el turno de trabajo se comprobarán con maniobras lentas el correcto funcionamiento de los mandos del compactador

- 
- El asiento siempre se ajustará a las necesidades del conductor de forma que se acceda a los mandos de control sin dificultad. De esta forma, el conductor se cansará menos
  - El conductor del compactador utilizará siempre los equipos de protección individual que le recomiende el responsable de seguridad de la obra
  - Las reparaciones y operaciones de mantenimiento de mayor complejidad deben ser llevadas a cabo por personal especializado

➤ Protecciones individuales

Los equipos de protección individual deben cumplir con los requisitos establecidos en el RD 773/1997 y dispondrán de marcado CE

- Casco de seguridad para protección de la cabeza
- Protectores auditivos
- Gafas de seguridad antiproyecciones y polvo
- Ropa de trabajo adecuada, con elementos reflectantes si permanece fuera de la cabina
- Traje impermeable
- Zapatos para conducción de vehículo
- Guantes de acero (mantenimiento)
- Mandil de cuero (mantenimiento)
- Polainas de cuero (mantenimiento)

### 3.2.5.3. Explanadora

Ídem que 3.2.1.1.

---

#### 3.2.5.4. Camión bituminador

- Análisis de riesgos detectados
  - Caída del personal al mismo nivel
  - Caída del personal a distinto nivel
  - Coque y golpes con objetos o herramientas
  - Atrapamientos
  - Incendios y explosiones
  - Contactos térmicos
  - Sobreesfuerzos
  - Choques, vuelcos y atropellos
  
- Medidas preventivas a adoptar
  - El maquinista tendrá en todo momento a su disposición las normas de uso y mantenimiento de la máquina
  - El personal no debe llevar ropa holgada, cabellos largos sin recoger, joyas, anillos, etc. para evitar riesgo de atrapamientos
  - La señalización de seguridad colocada en la máquina estará limpia y legible
  - El manejo de la máquina quedará limitado al personal encargado al respecto
  - Queda prohibido el manejo de la máquina sin los elementos de seguridad, tales como, resguardos, limitadores, etc.
  - El mantenimiento y reparación de la máquina se llevará a cabo por personal especializado

- 
- Antes de poner en marcha la máquina hay que comprobar la ausencia de personas alrededor de la misma y que puedan correr peligro
  - La máquina se mantendrá a distancia suficiente de bordes de terraplenes y vaciados para evitar su vuelco al ceder el terreno
  - No transitar por pendientes en sentido transversal
  - Al abandonar la cabina el operador, la máquina debe quedar de tal forma que pueda deslizarse por sí misma, ni usarse por personas no autorizadas
  - Sistemas de protección colectiva
    - No permanecerá nadie en las proximidades del camión en el momento de realizar éstas maniobras
  - Equipos de protección personal

Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirán con lo establecido en el RD 773/1997 y dispondrán de marcado CE

- Usar casco para protección de la cabeza, siempre que haya riesgo de caída de objetos
- Guantes de cuero
- Calzado de seguridad con puntera y plantilla metálicas
- Ropa de trabajo adecuada (con elementos reflectantes para cuando se esté fuera de la cabina)

#### 3.2.5.5. Pisón mecánico

- Análisis de riesgos detectados
  - Exposición al ruido

- 
- Atrapamientos
  - Golpes
  - Explosión
  - Máquina en marcha fuera de control
  - Proyección de objetos
  - Vibraciones
  - Caídas a distinto / mismo nivel
  - Exposición a condiciones meteorológicas adversa
  - Trabajos en ambiente pulvígeno
- Medidas preventivas a adoptar
- Antes de poner en marcha el compactador, habrá que asegurarse de que están montadas todas las tapas y carcasas protectoras
  - El compactador se guiará en avance frontal, evitando desplazamientos laterales
  - Antes de iniciar el proceso se debe regar la zona a compactar para evitar la formación de nubes de polvo
- Sistemas de protección colectiva
- Ningún trabajador permanecerá en la zona peligrosa de la máquina si no es absolutamente necesario
- Equipos de protección individual

Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirán con lo establecido en el RD 773/1997 y dispondrán de marcado CE

- Casco con protectores auditivos incorporados

- 
- Calzado de seguridad
  - Mascarilla antipolvo
  - Guantes
  - Cinturón antivibración

### 3.2.6. *Maquinaria transformadora de energía*

#### 3.2.6.1. Grupo electrógeno

- Análisis de riesgos detectados
  - Exposición al ruido
  - Descargas eléctricas
  - Quemaduras
  - Incendios y/o explosiones
- Medidas preventivas a adoptar
  - El grupo electrógeno a utilizar será de los denominados “silenciosos” en la intención de disminuir la contaminación acústica
  - Las carcasas protectoras del grupo electrógeno estarán siempre instaladas, y no se deberá manipular el grupo electrógeno estando en marcha
  - Las operaciones de abastecimiento de combustible se efectuarán con el motor parado en prevención de incendios o explosión
- Sistemas de protección colectiva
  - Nadie permanecerá junto al grupo electrógeno cuando esté en funcionamiento



---

➤ Equipos de protección individual

Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirán con lo establecido en el RD 773/1997 y dispondrán de marcado CE

- Protectores auditivos
- Calzado de seguridad con puntera y plantilla de acero
- Guantes

### 3.2.6.2. Motor eléctrico

➤ Análisis de riesgos detectados

- Descargas eléctricas
- Quemaduras
- Incendios y/o explosiones

➤ Medidas preventivas a adoptar

- Las carcasas protectoras del motor eléctrico estarán siempre instaladas, y no se deberá manipular el motor eléctrico estando en marcha
- No se deberá manipular el motor eléctrico en presencia de agua

➤ Sistemas de protección colectiva

- Nadie permanecerá junto al grupo electrógeno cuando esté en funcionamiento

➤ Equipos de protección individual

- Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirán con lo establecido en el RD 773/1997 y dispondrán de marcado CE

- 
- Calzado de seguridad con plantilla de goma
  - Guantes

### 3.2.6.3. Compresor

- Análisis de riesgos detectados
  - Exposición a ruido
  - Rotura de la manguera de presión
- Medidas preventivas a adoptar
  - El compresor(res) se ubicarán en los lugares señalados para ello en prevención de riesgos por imprevisión o creación de atmósferas ruidosas
  - El transporte en suspensión se efectuará mediante un esligado a cuatro puntos del compresor, de tal forma que quede garantizada la seguridad de la carga
  - El compresor a utilizar quedará en estación con la lanza de arrastre en posición horizontal, de este modo el equipo en su totalidad estará nivelado sobre la horizontal, con las ruedas sujetas mediante tacos antideslizamientos. Si la lanza de arrastre carece de rueda o pivote de nivelación, se adaptará mediante un suplemento firme y seguro.
  - El compresor a utilizar será de los denominados “silenciosos” en la intención de disminuir la contaminación acústica
  - Las carcasas protectoras de los compresores estarán siempre instaladas en posición de cerradas, en prevención de posibles atrapamientos y ruido.
  - Las operaciones de abastecimiento de combustible se efectuarán con el motor parado, en prevención de incendios o de explosión

- 
- Las mangueras a utilizar estarán siempre en perfectas condiciones de uso, es decir, sin grietas o desgastes para evitar un reventón
  - Los mecanismos de conexión o de empalme estarán recibidos a las mangueras mediante rácores de presión según cálculo
  - Las mangueras de presión se mantendrán elevadas o protegidas en los cruces de caminos de los vehículos ya que pueden deteriorarla
- Sistemas de protección colectiva
    - Nadie permanecerá en las proximidades de esta máquina
  - Sistemas de protección individual

Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirán con lo establecido en el RD 773/1997 y dispondrán de marcado CE

- Casco de seguridad para protección de la cabeza
- Protectores auditivos
- Gafas antipartículas
- Calzado de seguridad, con puntera y plantilla de acero
- Guantes

### *3.2.7. Máquina herramientas*

En este grupo se incluyen las siguientes: martillo neumático, taladro columna, esmeriladote de pie, tronzadora de metal, tronzadora de cerámica, tronzadora de madera, ingleteadora, tupí, sierra de cinta, amasadora, pulidora y fresadora.

- Análisis de riesgos detectados
  - Proyección de objetos, partículas y polvo

- 
- Rotura del disco, sierra de cortar, etc
  - Cortes y amputaciones
  - Vibraciones en órganos y en miembros internos del cuerpo
  - Exposición a ruido
  - Trabajos en ambiente pulvígeno
  - Proyecciones por rotura de manguera bajo presión
  - Contactos con la energía eléctrica
- Medidas preventivas a adoptar
- Las máquinas tendrán en todo momento colocadas la protección de las partes móviles (disco, hojas de sierra, transmisión...)
  - Nunca se dejarán conectadas las máquinas cuando se hayan finalizado los trabajos correspondientes
  - Antes de comenzar el trabajo se comprobará el estado de los discos, hojas de sierra, etc., y si éstos estuvieran desgastados o resquebrajados, se procedería a su inmediata sustitución
  - No se dejará el martillo neumático conectado y clavado en el suelo
  - Se comprobará que las mangueras del martillo neumático están en perfecto estado
  - Antes del inicio de los trabajos con martillo, se inspeccionará el terreno colindante para detectar posibles desprendimientos por las vibraciones transmitidas
- Sistemas de protección colectiva

- 
- Las máquinas estarán colocadas en zonas que no sean de paso y nunca se dejarán conectadas

➤ Equipos de protección individual

Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirán con lo establecido en el RD 773/1997 y dispondrán de marcado CE

- Casco de seguridad para protección de la cabeza
- Mascarilla con filtro y gafas de protección contra partículas
- Protectores auditivos
- Calzado de seguridad resistente al corte, con suela y puntera de acero
- Guantes de seguridad
- Ropa adecuada

### 3.2.8. Herramientas

En este grupo se incluyen las siguientes: taladro percutor, martillo rotativo, pistola clavadora, lijadora, disco radial, máquina de cortar terrazo y azulejo, rozadora y herramientas manuales.

- Análisis de riesgos detectados
- Descargas eléctricas
  - Proyección de partículas
  - Caídas en altura
  - Ambiente ruidoso
  - Generación de polvo
  - Proyección de partículas

- 
- Explosiones e incendios
  - Cortes, golpes y torceduras en extremidades superiores e inferiores
  - Medidas preventivas a adoptar
    - Todas las herramientas eléctricas estarán dotadas de doble aislamiento de seguridad
    - El personal que utiliza estas herramientas ha de conocer las instrucciones de uso
    - Las herramientas serán revisadas periódicamente, de manera que se cumplan las instrucciones de conservación del fabricante
    - Estarán acopiadas en el almacén de obra, llevándolas al mismo una vez se haya finalizado el trabajo, colocando las herramientas más pesadas en las baldas más próximas al suelo.
    - La desconexión de la herramientas no se hará con un tirón brusco
    - No se empleará una herramienta eléctrica sin enchufe; si hubiera necesidad de utilizar mangueras de extensión, éstas se harán de la herramienta al enchufe y nunca a la inversa
    - Los trabajos con estas herramientas se realizarán siempre en posición estable
  - Sistemas de protección colectiva
    - Zonas de trabajo limpias y ordenadas
    - Las mangueras de alimentación a herramientas estarán en buen uso

- 
- Los huecos estarán protegidos con barandillas

➤ Equipos de protección individual

Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirán con lo establecido en el RD 773/1997 y dispondrán de marcado CE

- Casco de seguridad para protección de la cabeza
- Protectores auditivos
- Gafas antipartículas
- Pantallas faciales
- Calzado de seguridad, con puntera y plantilla de acero
- Guantes de cuero
- Protecciones auditivas y oculares en el empleo de la pistola clavadora
- Cinturón de seguridad, para trabajos en altura

### 3.3. Riesgos y prevención en instalaciones y medios auxiliares

#### *3.3.1. Riesgo eléctrico*

La instalación eléctrica de los lugares de trabajo en las obras deberá ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica.

En todo caso las instalaciones deberán proyectarse, realizarse y utilizarse de manera que no entrañen peligro de incendio ni de explosión y de modo que las personas estén debidamente protegidas contra los riesgos de electrocución por contacto directo o indirecto.

El proyecto, la realización y la elección del material y de los dispositivos de protección deberán tener en cuenta el tipo y la potencia de la energía suministrada, las condiciones de los factores externos y la competencia de las personas que tengan acceso a partes de la instalación

---

### 3.3.2. Protección frente a las caídas en altura

Las protecciones, tanto colectivas como individuales, adoptadas para prevenir el riesgo de caída en altura se utilizarán y mantendrán en la forma adecuada, controlando periódicamente el estado de las mismas, de acuerdo con las instrucciones de sus fabricantes y con la propia experiencia del explotador.

Según el artículo 15 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, se antepondrán las protecciones colectivas a las individuales, utilizándose estas últimas cuando las colectivas no puedan instalarse por cuestiones técnicas o cuando resulten insuficientes.

De igual modo, si por razones técnicas se han de retirar las protecciones colectivas momentáneamente se repondrán de inmediato, utilizando de mientras tantos equipos de protección individual como sean necesarios.

#### 3.3.2.1. Equipos de protección individual

Todos los equipos de protección individual serán homologados y cumplirán con lo establecido en el RD 773/1997 y dispondrán de marcado CE

- Casco de seguridad para protección de la cabeza
- Protectores auditivos
- Gafas antipartículas
- Pantallas faciales
- Calzado de seguridad, con puntera y plantilla de acero
- Guantes de acero
- Protecciones auditivas y oculares en el empleo de la pistola clavadora
- Cinturón de seguridad, para trabajos en altura, exterior para evitar la aparición de grietas y pérdidas de elasticidad y flexibilidad



- 
- Cuando el cinturón deje de utilizarse y haya de ser almacenado, debe limpiarse adecuadamente sin emplear agresivos químicos o mecánicos
  - Cuando se trate de arnés fabricado con fibras naturales o sintéticas, se limpiará con cepillos suaves para eliminar el polvo y restos de materiales de obra adheridos
  - Una vez cepillados, se lavarán con jabón neutro o detergentes suaves, se enjuagarán y se acercarán al aire, nunca al sol o estufa. De igual forma habrá que proceder con los arneses que hayan estado expuestos a la lluvia
  - Una vez limpios, se guardarán en locales de ambiente seco, con temperaturas moderadas, procurando mantenerlos suspendidos, sin enrollar, ni que estén en contacto con líquidos corrosivos, aceites, detergentes u objetos cortantes
  - La caducidad de un arnés de seguridad viene determinada por el tiempo en que se conserva su función protectora. En este sentido, se sustituirá el arnés de seguridad cuando:
    - Haya sufrido los efectos de una caída desde una altura, aunque no se manifiesten roturas o deformaciones
    - Se produzca la pérdida de flexibilidad de los materiales que constituyen el mismo
    - Existan cortes en el arnés, faja o bandas
    - Se rompa o deforme algún elemento metálico principal del cinturón (hebilla)
    - Se produzcan descosidos de las costuras principales
    - Exista rotura de los hilos de la cuerda o elementos de amarre, debiendo sustituir dicho elemento por otro de las mismas que características que el desehechado

- 
- Aparezcan marcas que denoten la cristalización y fragilidad de las fibras, disminuyendo notablemente la resistencia de los mismos a la sujeción e impacto de caída del usuario

### 3.3.3. Instalaciones de oficinas en obra

En las oficinas de obra se dispondrá de un tablón de anuncios donde se colocarán los teléfonos de emergencia y el recorrido al centro asistencial más próximo al lugar de trabajo.

Las oficinas de obra se mantendrán en condiciones óptimas de orden y limpieza, de forma que las zonas de trabajo y paso estén libres de obstáculos que puedan ocasionar accidente.

#### ➤ Riesgos más frecuentes

- Caídas al mismo nivel en superficies y zonas de trabajo
- Golpes con el mobiliario y elementos de oficina (estanterías, archivadores y armarios)
- Contactos eléctricos directos e indirectos por defecto de aislante de los equipos de trabajos eléctricos (ordenador, fotocopiadora, etc)
- Caída de objetos desprendidos (carpetas y archivadores) de estanterías y armarios
- Caída de objetos (grapadora, taladradora, y material de uso habitual en oficinas) en su manipulación

#### ➤ Medidas preventivas

- Las zonas de trabajo estarán limpias de obstáculos que dificulten el paso
- Se evitará que los cables de ordenadores, teléfonos... estén situados en las zonas de paso cuando los cables atraviesan

---

pasillos, y se utilizarán regletas sobre los mismos para evitar su deterioro.

- Las estanterías se llenarán aprovechando toda su profundidad, cargándolas por los niveles inferiores con el fin de evitar el vuelco
- Los cajones de las mesas y estanterías permanecerán cerrados con el fin de evitar golpes contra ellos
- Las bases de enchufe de la instalación eléctrica dispondrá del mismo número de contactos de conexión que el equipo a utilizar
- Los equipos eléctricos se desconectarán tirando de la clavija, nunca del cable de alimentación.
- No se manipularán los equipos eléctricos; por tanto, las reparaciones serán llevadas a cabo por un servicio técnico especializado

#### *3.3.4. Iluminación*

La iluminación en los tajos será siempre la adecuada para realizar los trabajos de seguridad, con un nivel de iluminación de 200 lux.

La iluminación mediante portátiles se hará mediante portalámparas estancos de seguridad con mango aislante, rejilla protectora de bombilla dotada de gancho de cuelgue, manguera antihumedad, clavija de conexión normalizada estanca de seguridad alimentada a 24 V.

Las zonas de paso de la obra estarán convenientemente iluminadas, evitando zonas oscuras, con un mínimo de 20 lux.

En las oficinas de obra se dispondrá de una iluminación mínima de 500 lux.

---

### 3.4. Prevención de riesgos de daños a terceros

Los riesgos de daños a terceros en la ejecución de la obra pueden venir producidos por la circulación de terceras personas a la misma vez iniciados los trabajos.

Por ello, se considerará zona de trabajo aquella donde se desenvuelvan máquinas, vehículos y operarios trabajando, y zona de peligro una franja de cinco metros alrededor de la zona.

Se impedirá el acceso de terceros ajenos, protegiendo la zona de peligro por medio de cinta de balizamiento reflectante.

Los riesgos de daños a terceros, por tanto, serán los que siguen:

- ▣ Arrollamiento por máquinas y vehículos
- ▣ Caídas de personas a distinto nivel
- ▣ Caída al mismo nivel
- ▣ Caída de objetos y materiales

## **4. SISTEMAS DE CONTROL DE LA PREVENCIÓN DE LA OBRA**

### 4.1. Control del nivel de seguridad

El control y seguimiento del plan de seguridad y su aplicación a la obra será responsabilidad directa del Jefe de Obra y de la Unidad de Prevención. Los integrantes de dicha unidad tendrán formación específica en prevención. Los componentes de dicha unidad se nombrarán por escrito al comienzo de la obra, y de cualquier modificación que haya en su composición se realizará a través del mismo medio.

### 4.2. Medicina preventiva y primeros auxilios planificados

La empresa constructora y los subcontratistas dispondrán de un servicio médico de empresa propio o mancomunado. Los trabajadores accidentados serán atendidos en:

- 
- ◇ El Centro Asistencial más próximo a la obra se encuentra en el interior de la propia edificación
  - ◇ En caso de gravedad, serán trasladados en los Centros Asistenciales concertados por cada empresa que interviene en la obra, para el tratamiento de las posibles lesiones producidas

Todo el personal que trabaje en la obra debe disponer de un certificado médico de aptitud que le valide para llevar a cabo la ejecución de los trabajos.

Será necesario programar el trayecto al centro de socorro más próximo o acordado y quedará a la vista dentro de la obra.

Tal y como se ha indicado en el apartado 3.3.2., cada máquina debe disponer de un botiquín portátil con el equipamiento necesario para atender una cura. Igualmente, en las instalaciones con el equipamiento necesario para atender una cura. Igualmente, en las instalaciones de higiene y bienestar se dispondrá de un botiquín más completo, que al igual que los portátiles en la máquina se revisará y repondrá convenientemente.

#### 4.3. Formación prevista de seguridad y salud

Se impartirá formación en materia de Seguridad y Salud en el trabajo al personal de la obra, haciendo una exposición de los métodos de trabajo, los riesgos que pueden entrañar y las medidas de seguridad que se deberán emplear. Se fijará con el Jefe de Obra la necesidad y frecuencia de estas enseñanzas.

Antes del comienzo de cada fase de la obra se le entregará una copia del apartado del Estudio de Seguridad y Salud que se elabore por la empresa constructora, referido a su trabajo a cada subcontratista, quedando éste en el compromiso de informar de todo su personal de los riesgos, normas preventivas y protecciones personales a tener en cuenta. Otra copia de cada fase de obra se colocará en el “Cartel de seguridad” de la obra, a la vista de todos los operarios. En éste se indicarán las direcciones de Urgencias, Bomberos, Policía, Inspección Provincial, etc., además del recorrido al Centro

---

Hospitalario, y todas las actas de reunión del Comité de Seguridad, así como los distintos nombramientos, amonestaciones, etc.

## **5. PLAN DE ACTUACION EN CASO DE ACCIDENTE O EMERGENCIA**

### *5.1. Accidente*

#### *5.1.1. Actuación previa a accidentes*

Previo a la entrada de cualquier trabajador en la obra se entregará el impreso de Normas de Actuación en caso de accidente.

Se instalará un cartel en la obra con los teléfonos de interés en caso de accidente, así como las direcciones y recorrido al centro asistencial más próximo. Se dispondrá en obra de un botiquín de primeros auxilios.

Deberá asegurarse la adecuada administración de los primeros auxilios y/o el adecuado y rápido transporte del trabajador a un centro de asistencia médica para los supuestos en los que el daño producido así lo requiera.

El empresario deberá organizar las necesarias relaciones con los servicios externos a la empresa que puedan realizar actividades en materia de primeros auxilios, asistencia médica de urgencia, salvamento, lucha contra incendios y evacuación de personas.

En lugar bien visible de la obra deberán figurar las indicaciones escritas sobre las medidas que habrán de ser tomadas en casos de emergencia

#### *5.1.2. Actuación en el momento del accidente*

En el caso de que ocurra un accidente grave o muy grave de un trabajador de la empresa constructora, se una subcontrata o trabajador autónomo, la actuación consistirá en:

1. De forma inmediata se ordenará la supresión, si persisten, de las causas del accidente (asfixia, aplastamiento, explosión, incendio, electrocución, etc.), al objeto de apartar rápidamente a la víctima del peligro y salvaguardar la integridad de los socorristas,

---

recurriendo, si es preciso, a la intervención de bomberos, patrullas, servicios especializados, etc. Así mismo, apartará a todo aquel personal no necesario del entorno.

2. Se atenderá a la víctima aplicándole o mandando aplicar los primeros auxilios. Requerirá la ayuda para atender a las víctimas ordenando la solicitud urgente de un médico, ambulancia, etc., o el traslado en medios propios de los heridos, siempre que ello pueda realizarse sin agravar su estado
3. Se trasladará, si fuese necesario, al accidentado al centro hospitalario más cercano, (los teléfonos de servicios de ambulancia, y la dirección de los Centros de Asistencia Médica estarán visibles en el Tablón de anuncios de la Obra). Le acompañará el Jefe de Obra o el encargado.

Se pueden utilizar los servicios de ambulancia y médicos de la mutua

### *5.1.3. Comunicaciones*

Poner en conocimiento, inmediatamente, del Jefe de Prevención de la zona y el Jefe del Departamento de Prevención de las características y su gravedad del accidente. Seguir las indicaciones de éstos.

En caso de ser considerado como grave, muy grave, mortal o haya afectado a 4 ó más trabajadores, sean o no de la empresa constructora, deberá comunicarse a la Autoridad Laborar, previa consulta al Departamento de Prevención.

En caso de accidente mortal, comunicarlo inmediatamente al Delegado, al Director de zona, Jefe de prevención, al Jefe del Departamento de Prevención y al Director de la Organización.

Comunicar, en colaboración con el Jefe de Prevención de Zona y de acuerdo con las instrucciones recibidas del Jefe del Departamento de Prevención de Riesgos Laborales y/o del Director de Organización, el accidente a:

- 
- ◇ A la **Autoridad Gubernativa**. En zona urbana el 091; en zona rural a la Guardia Civil
  - ◇ A la **Dirección Facultativa**
  - ◇ A la **Autoridad Laboral** (Dirección Provincial de Trabajo) mediante envío de telegrama, en el plazo máximo de 24 horas. En caso de que el accidentado pertenezca a una subcontrata se comunicará a ésta por fax, guardando copia, la obligación de enviar notificación a la Autoridad Laboral, diciéndoles el texto a disponer
  - ◇ A la **Compañía de Seguros** a través del Departamento de Administración de Personal y Relaciones Laborales.

En caso de que la víctima sea de la empresa constructora, el Jefe del Departamento de Administración de Personal Y Relaciones Laborales determinará la forma y la persona más adecuada para comunicar el suceso a los familiares de la víctima.

### 5.2. Emergencia

La Unidad de Prevención será la encargada de actuar en las situaciones de emergencia que se produzcan en la obra.

Todos los trabajadores recibirán las normas de actuación en caso de accidente establecidas en la obra, donde se incluyen los números de teléfono de urgencia.

En caso de peligro, todos los lugares de trabajo deberán poder ser evacuados rápidamente y en las condiciones de máxima seguridad para los trabajadores.

El número, distribución y dimensiones de las vías y salidas de emergencia que habrán de disponerse se determinarán en función de: uso, equipos, dimensiones, configuración de las obras, fase de ejecución en que se encuentren las obras y número máximo de personas que puedan estar presentes.



---

Las vías de evacuación no deberán estar obstruidas por obstáculos de cualquier tipo, de modo que puedan ser utilizadas sin trabas en cualquier momento.

### 5.2.1. Incendio

Se realizará una revisión y comprobación periódica de las zonas utilizadas como acopio de sustancias combustibles a lo largo de la ejecución de la obra. Se seguirán las siguientes medidas de seguridad:

- ◇ El teléfono de Bomberos figurará también en el cartel de oficina de obra
- ◇ Cortar la corriente desde el cuadro general para evitar cortacircuitos una vez acabada la jornada laboral
- ◇ Prohibir fumar en las zonas de trabajo donde haya un peligro evidente de incendio a causa de los materiales que se manejen
- ◇ Uso del agua: en incendios que afecten a instalaciones eléctricas con tensión, se prohibirá el empleo de extintores con espuma química, soda ácida o agua.
- ◇ Extintores portátiles: en la proximidad de los puestos de trabajo con mayor riesgo de incendio y colocados en sitio visible y de fácil acceso se dispondrán extintores portátiles o móviles sobre ruedas, de espuma física o química, mezcla de ambas o polvos secos, anhídrido carbónico o agua, según convenga a la posible causa que determinante del fuego a extinguir

Cuando se empleen distintos tipo de extintores serán rotulados con carteles indicadores del lugar y clase de incendio en que deben emplearse

---

Los extintores serán revisados periódicamente y cargados, según los fabricantes, inmediatamente después de usarlos. Esta tarea será realizada por empresas autorizadas.

- ◇ Se prohibirá igualmente al personal introducir o emplear útiles de trabajo no autorizados por la empresa y que puedan ocasionar chispas por contacto o proximidad a sustancias inflamables

Todas estas medidas han sido consideradas para que el personal extinga el fuego en la fase inicial si es posible, o disminuye sus efectos hasta la llegada de los bomberos, los cuales en todos los casos, será, avisador inmediatamente.

---

## **CAPITULO V**

# **ESTUDIO ECONOMICO**

---

## ÍNDICE

1	Listado de precios simples o unitarios	1
2	Capital fijo por año	7
3	Costes directos de producción.	8
4	Viabilidad del proyecto.	9
	4.1. Valor actual neto (VAN).	9
	4.2. Tasa interna de rendimiento (TIR).	9
	4.3. Tasa de valor actual.	10
	4.4. Plazo de recuperación o pay-back.	10
	4.5. Análisis de rentabilidad o sensibilidad.	10
5	Bibliografía.	13

En el siguiente anejo se detalla el balance económico para el proceso de elaboración de gelatina industrial.

## 1. LISTADO DE PRECIOS SIMPLES O UNITARIOS (MATERIALES)

CODIGO	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO, €
E1001.1	h	CARGADORA S/NEUMATICOS C = 1,30 m3	45,24
E1003.1	h	RETROEXCAVADORA S/NEUMATICA 117 cv	46,83
E1005.1	h	MOTONIVELADORA C/ESCARIF. 110 cv	48,36
E1005.2	h	CAMION BASCULANTE 10 Tn	32,81
E2001.1	h	MOTONIVELADORA DE GASOLINA A = 30 cm	56,45
E2001.2	h	PISON MOTOR DE GASOLINA A = 30 cm	3,55
E2002.1	m3	HORMIGON H - 200/40 elab. Obra	69,97
E2003.1	m3	MORTERO CEMENTO 1/6 M - 40	61,79
E4001.1	m3	HORMIGON H - 125/20 elab. Obra	65,69
E4001.2	m3	ZAHORRA ARTIFICIAL EN SUBBASE	14,70
E4001.3	m2	IMPER. DEPÓS. PINT. EPOXY PREPOXY - AL	18,21
E6001.1	m	TUBERIA DE HORM. CENTRIF. D = 25	14,81
E6011.1	m3	MORTERO CEMENTO 1/2	83,97
E6013.1	m3	HORM. HM - 25/P/40/ I CENTRAL	66,91
E6013.2	m3	EXCAV. MECAN. POZOS T. FLOJOS	9,93
E6014.1	m3	HORMIGON R - 75/P/20 CENTRAL	54,00
E6025	u	Codo OVC 87,5º D = 110	3,86
E6026	Kg	Acero corrú. Elabor. y colocado	0,63
M1001	h	Bulldozer de 80 cv	40,56
M1003	m3	Transporte a 1Km de distancia	0,77
M1004	h	RETROPALA S/NEUMATICA. ARTIC 102 cv	45,72
M1008	h	Rulo autropopulsado 10 a 12 T	36,06
M1009	h	Excavadora 2 M3	53,64
M1010	h	Grupo motobomba de 6 cv	6,61
M2004	h	regla vibradora	1,45
M3001	u	Reactor D = 4.12 m; H = 9.6 m	19000
M3002	u	Reactor D = 7.62 m; H = 13.15 m	80000
M3004	u	Neutralizador D = 6.1 m; H = 7.2 m	14200
M3005	u	Cambiador calor de carcasa y tubos D = 28,37 cm; L = 4,88 m	10626
M3006	u	Cambiador calor de carcasa y tubos D = 33,84 cm; L = 4,88 m	10699.2
M3007	u	Cambiador calor de carcasa y tubos D = 24,87 cm; L = 4,88 m	10260
M3008	u	Cambiador calor de carcasa y tubos D = 28,44 cm; L = 4,88 m	10589.4
M3009	u	Cambiador calor de carcasa y tubos D = 17,02 cm; L = 4,88 m	10312.2
M3010	u	Cambiador calor de carcasa y tubos D = 70 cm; L = 4,88 m	12078
M3011	u	Cambiador calor de carcasa y tubos D = 27.57 cm; L = 4,88 m	10592.04
M3012	u	Cambiador calor de carcasa y tubos D = 69.05 cm; L = 4,88 m	12004.8
M3013	u	Cambiador calor de carcasa y tubos D = 34.49 cm; L = 4,88 m	10980
M3031	u	Caldera de vapor D = 3,8 m; H = 8,53 m (2)	754261.05
M3032	u	Correa transportadora L = 58,5 m	5000
M3065	u	Molino triturador 440 x 250 mm	3000
M3034	u	Tamizado A = 0.636 m2 (2)	8000
M3035	u	Tamizado A = 2.27 m2	9000
M3036		Correa transportadora L = 8 m (3)	1000
M3037	u	Molino de bolas D = 1830 mm; H = 6400 mm	10000
M3064	u	Molino de bolas D = 2200 mm; H = 7500 mm	16964.3

M3038	u	Filtración centrífuga R = 40 cm; H = 45 cm (30)	705.88
M3039	u	Filtración centrífuga R = 102 cm; H = 100 cm (20)	4000
M3040	u	Filtración centrífuga R = 160 cm; H = 150 cm	9411.76
M3041	u	Filtración centrífuga R = 40,1 cm; H = 200 cm	3145.12
M3042	u	Secado de cinta L = 4 m; Ancho = 0,75 m	4000
M3043	u	Secado de cinta L = 11 m; Ancho = 0,7 m (2x4)	4000
M3044	u	Silo V = 301.6 m <sup>3</sup>	2431.27
M3045	u	Extracción sólido líquido contracorriente	135000
M3046	u	Extracción sólido líquido 1 etapa 1m x 0.4 m (3)	31296.42
M3047	u	Extracción sólido líquido 1 etapa 0.45 m x 0.22 m (1)	1997.76
M3048	u	Ultrafiltración A = 100 m <sup>2</sup> (315 cartuchos)	12585.9
M3049	u	Evaporador a vacío A = 15,57 m <sup>2</sup> (2)	3196.42
M3051	u	Tanque de condensados H = 10.67 m; D = 10.16 m	83016.46
M3053	u	1º esterilización A cal = 9.37 m <sup>2</sup> ; A ev = 11.28 m <sup>2</sup>	23172.05
M3054	u	2º esterilización A cal = 0.17 m <sup>2</sup> ; A ev = 11.28 m <sup>2</sup>	19649.99
M3055	u	3º esterilización A cal = 1.54 m <sup>2</sup> ; A ev = 11.28 m <sup>2</sup>	21000
M3056	u	4º esterilización A cal = 0,37 m <sup>2</sup> ; A ev = 11.28 m <sup>2</sup>	19649.99
M3057	u	Enfriador esterilización	18000
M3058	u	Envasadoras bolsas 0.5 Kg	2956.69
M3064	u	Envasadora bolsas 1 Kg	5593.74
M3059	u	Tanque almacenamiento D = 0.7 m; H = 2.75 m	1598.21
M3060	u	Tanque almacenamiento D = 0.85 m; H = 0.84 m	577.92
M3061	u	Tanque almacenamiento D = 8.23 m; H = 14.1 m	113080.9
M3062	u	Tanque almacenamiento D = 5.94 m; H = 10.81 m	9498.8
M3063	u	Tanque almacenamiento D = 6 m; H = 12.88 m	42066.1
M3021	u	Soplante 3/4 HP	8360,42
M3022	u	Soplante 1 HP	8779,42
M3023	u	Bomba centrífuga 2SS:1 ¼ X 1 ¼ -5	9405,97
M3024	u	Bomba centrífuga 1SS:1 X 1 ¼ -5	8360,42
M3025	u	Bomba centrífuga 3SS:1 ½ X 2-6	11235.23
M3026	u	Bomba centrífuga 4SS:2 X 3-7	14980.31
M3033	u	Válvula de estrangulamiento	20000,00
M5201	h	Grúa automóvil	20,07
M6002	h	Martillo compresor 2000 L/min	3,82
O1002	h	Peón ordinario	11,11
O1003	h	Peón especializado	11,23
O1004	h	Peón ordinario jardinero	9,66
O11001	h	Oficial primera fontanero	11,42
O11002	h	Cuadrilla oficiales segunda y peón especializado	23,16
O2001	h	Mano de obra coloc. Losa	5,37
O2002	h	Cuadrilla A	30,14
O2003	h	Jardinero especialista	12,87
O2004	h	Jardinero	11,95
O3001	h	Oficial primera especialista	18,34
O3002	h	Peón ayudante	10,65
O3004	h	Oficial 2ª fontanero	12,45
O3005	h	Ayudante fontanero	11,90
O5101	h	Oficial 1ª fontanero	13,21
O5102	h	Ayudante fontanero	13,21
O5201	h	Oficial primera	12,80
O5202	h	Ayudante	11,78
O5203	h	Cuadrilla A	30,14
O5204	h	Cuadrilla B	29,16
O6001	h	Peón ordinario	11,11

O6002	h	Cuadrilla E	23,91
O6003	h	Mano de obra realiz, pozo	20,34
O7001	h	Oficial primera electricista	15,03
O7001	h	Ayudante electricista	12,02
O8001	h	Oficial primera especialista	11,42
O8002	h	Peón ayudante	10,82
P1001	m3	Agua	0,55
P1002	m3	Zahorra natural	9,29
P1101	m2	Calorifugado tuberías	27,85
P11002	m	Tubería de acero al carbono AISI 333, DN 1" - SCH40S	4,28
P11003	m	Tubería de acero al carbono AISI 333, DN 1 1/2" - SCH40S	8,25
P11004	m	Tubería de acero al carbono AISI 333, DN 2" - SCH40S	9,50
P11005	m	Tubería de acero al carbono AISI 333, DN 2 1/2" - SCH40S	13,04
P11006	m	Tubería de acero al carbono AISI 333, DN 4" - SCH40S	18,69
P11007	m	Tubería de acero al carbono AISI 333, DN 5" - SCH40S	22,59
P11008	m	Tubería de acero al carbono AISI 333, DN 6" - SCH40S	28,15
P11009	m	Tubería de acero al carbono AISI 333, DN 1/8" - SCH40S	0,40
P11010	m	Tubería de acero al carbono AISI 333, DN 3" - SCH40S	14,58
P11011	m	Tubería de acero al carbono AISI 333, DN 3 1/2" - SCH40S	16,85
P11012	m	Tubería de acero al carbono AISI 333, DN 1 1/4" - SCH40S	6,20
P11013	m	Tubería de acero al carbono AISI 333, DN 1/2" - SCH40S	2,37
P11014	m	Tubería de acero al carbono AISI 333, DN 3/4" - SCH40S	3,67
P11015	m	Tubería de acero al carbono AISI 333, DN 3/8" - SCH40S	1,72
P11016	m	Tubería de acero al carbono AISI 333, DN 1/4" - SCH40S	1,06
P11017	m	Tubería de acero al carbono AISI 333, DN 10" - SCH40S	42,70
P2001	t	Arena de río (0 - 5 mm)	10,52
P2002	t	Arena de miga cribada	4,88
P2005	m3	Arena de río (0 - 5 mm)	16,83
P2006	m2	Losera FACOSA lisa 15x15x4 gris	6,18
P2007	m	Bordillo hormigón recto 14x20	3,50
P2008	m2	Malla contra mala hierba HORSOI	1,19
P2009	m3	Corteza de pino nac. (pinocha)	16,11
P2010	u	Bordillo pref. Horm. Jard.	4,89
P4004	u	Soporte equipo vertical	10000,00
P4005	u	Cuna de acero HPN - 250	2000,00
P4006	u	Bancada soporte bomba	4500,00
P4007	u	Bancada soporte soplante	10000,00
P4008	u	Soporte antivibratorio	40000,00
P4012	m3	HORMIGON H - 125/40 elab. Obra	63,22
P5101	u	Codo acero galv. 90° 1"	1,65
P5103	u	Enlace recto polietileno 32 mm	1,68
P5104	u	Llave de esfera de 1"	5,18
P5105	u	Contador de agua de 1"	83,24
P5106	u	Válvula antirretorno 4"	18,15
P5107	u	Grifo ratón rosca 2 1/2"	16,50
P5108	m	Tub. Polietileno 10 atm 32 mm	0,99
P5109	m	Tubería de cobre de 10*12 mm	0,99
P5110	u	Codo cobre 12 mm	0,18
P5111	u	Te cobre 12 mm UNE 37	0,15
P5112	m	Tubo corrugado D = 13 mm	0,13
P5113	m	Tubería de cobre de 13*15 mm	1,17
P5114	u	Codo cobre de 15 mm	0,15
P5115	u	Te cobre de 15 mm UNE 37	0,18
P5116	m	Tubo corrugado D = 16 mm	0,15

P5117	m	Tubería de cobre de 16*18 mm	1,41
P5118	u	Codo cobre de 18 mm	0,18
P5119	u	Te cobre de 18 mm UNE 37	0,39
P5121	m	Tubería de cobre de 20*22 mm	1,76
P5122	u	Codo cobre de 22 mm	0,33
P5123	u	Te cobre de 22 mm UNE 37	0,66
P5124	m	Tubo corrugado D = 23 mm	0,24
P5125	m	Tubería de cobre de 26*28 mm	2,58
P5126	u	Codo cobre de 28 mm	0,57
P5127	u	Plato ducha 80x80 cm Ideal Std	89,25
P5128	u	Monomando emp. Ducha Idyll	54,51
P5129	u	Válvula desagüe ducha diam. 60	9,77
P5130	u	Lav. Encastrar 56x44,5 Eurolyn	42,64
P5131	u	Florón cadenilla tapón	2,12
P5132	u	Llave de escuadra 1/2 " cromada	2,31
P5133	u	Monomando lavabo Ceraplan	53,79
P5134	u	Latiguillo flexible 20 cm	2,77
P5135	u	Válv. Recta lavabo7bide c/tap	2,09
P5136	u	Sifón tubular s/horizontal	1,88
P5137	u	Lavamanos Ibis de 44x31 blanco	16,35
P5138	u	Monobloc lavabo Monolux cro.	68,67
P5139	u	Inodoro Munich t. bajo banco	108,84
P5140	m	Tub. PVC evac. 90 mm UNE 53114	3,37
P5141	u	Empalme simple PVC evac. 90 mm	2,77
P5142	u	Term. Electr. 50 1 HS 50 JUNKERS	153,26
P5143	u	Llave esfera 3/4"	3,55
P5144	m	Tubería de cobre de 7*9 mm	0,80
P5145	u	Codo cobre 9 mm	0,15
P5146	u	te cobre de 9 mm UNE 37	0,12
P5147	m	Tubo corrugado D = 10 mm	0,11
P5201	u	Codo acero galv. 90° 12"	61,25
P5202	u	Collarín de toma de fundición	11,03
P5203	u	Enlace recto polietileno 250 mm	42,29
P5204	u	Llave de esfera de 12"	128,20
P5205	u	Cantador de agua de 12"	1385,82
P5206	m	Tub. Polietileno AD 250 10 ATM	58,09
P5207	m3	Arena de río (0 - 5 mm)	16,83
P5208	m	Tub. Polietil. AD25,4/10 ATM	0,37
P5209	m	Tub. Polietil. AD127/10 ATM	1,42
P5210	m	Tub. Duper Metallit D = 25,4 mm	12,43
P5211	m	Tub. Fundición dúctil D = 127 mm	156,67
P5212	u	Boca riego "Madrid" D = 40	84,89
P5213	u	Collarín de toma oara D = 80 mm	8,40
P5214	u	Racor de latón para D = 40 mm	17,02
P5215	m	Tubo polietileno D = 1/2"	0,45
P6001	u	Ladrillo cerámico 24x12x7	0,08
P6002	m	Tub. PVC evac. 32 mm UNE 53114	1,18
P6003	u	Codo-87 h-h PVC evac. 32 mm	0,51
P6004	u	Empalme simple PVC evac. 32 mm	0,83
P6005	Kg	Pegamento para PVC	15,78
P6006	m	Tub. PVC evac. 40 mm UNE 53114	1,52
P6007	u	Codo-87 h-h PVC evac. 40 mm	0,57
P6008	u	Empalme simple PVC evac. 40 mm	0,93
P6009	m	Tub. PVC evac. 75 mm UNE 53114	2,78



P6010	u	Codo-87 m-h PVC evac. 75 mm	1,52
P6011	u	Empalme simple PVC evac. 75 mm	1,92
P6012	m	Tub. PVC evac. 120 mm UNE 53114	4,74
P6013	u	Codo-87 m-h PVC evac. 120 mm	4,14
P6014	u	Empalme simple PVC evac. 120 mm	3,90
P6015	m	Tub. PVC evac. 135 mm UNE 53114	5,12
P6016	u	Codo-87 h-h PVC evac. 135 mm	4,66
P6017	u	empalme simple PVC evac. 135 mm	4,39
P6018	m	Tub. PVC evac. 40 mm UNE 53114	6,11
P6019	u	Codo-87 h-h PVC evac. 40 mm	6,89
P6020	u	Empalme simple PVC evac. 40 mm	15,83
P6024	u	Sumidero sifónico PVC D=75 mm	26,51
P6026	Kg	Acero corru. Elabor. y colocado	0,63
P6027	u	Tapa H-A y cerco met. 70x70x6	11,45
P6028	u	Pate. Poliprop. 25x32 D=30	6,04
P6030	u	Imbornal hormigón 60x30x50	34,38
P6032	m	Tubería PVC-F pluv. 150 mm	6,38
P6033	u	Sujección bajantes PVC 150 mm	1,96
P6034	u	Codo-87 m-h PVC evac. 150 mm	6,11
P6035	u	Empalme simple PVC evac. 150 mm	6,89
P6036	m	Canalón PVC D=12,5 cm	3,16
P6037	u	Gafa canalón PVC D=12,5 cm	1,17
P6038	m	Canalón Cu Semicircular D=280 mm	13,16
P6039	u	Palomilla redonda para D=250 mm	4,43
P6040	m	Tubo PVC corrugado 200	5,87
P6041	m	Tub. PVC corrugada 250	9,15
P6042	m	Tub. PVC corrugada 300	13,86
P6043	m	Tubo PVC corrugado 125	3,67
P6044	m	Tubo PVC corrugado 150	4,40
P7001	u	Centro de transformación 20 kV	7512,65
P7002	u	Caja general de protección 500 A (trifásica-neutro)	1442,95
P7003	u	Cuadro general de distribución de baja tensión	1321,01
P7004	u	Diferencial 500A/4p/30mA	187,09
P7005	u	PIA 25-32 A (III+N)	81,23
P7006	u	Contador 40A/2 polos/220V	49,40
P7007	u	Cuadro de distribución	1145,32
P7008	u	Fusible	0,73
P7009	u	Interruptor	2,74
P7010	u	Conj. Lum. Estanca 2x30 W SYLVAN	34,26
P7011	u	Lámpara fluorescente TRIF. 30 W	3,13
P7012	u	Pr. Est. i/lam- sodio AP 400 W	218,77
P7013	m	Tubo PVC corrug. D=13/20 ext.	0,51
P7014	m	Conductor rígido 740 V; 1,5 (Cu)	0,13
P7015	u	Bloque emerg. s/450 DAISALUX HYDRA	65,09
P7016	u	Cjto. Etiquetas y peg. Material	3,07
P7017	u	Pica de tierra 2000/14,3 i/bri	7,69
P7018	m	Conductor cobre desnudo 35 mm <sup>2</sup>	1,43
P7019	m	Conductor 4x1,5 (Cu)	0,85
P7020	m	Conductor 4x2,5 (Cu)	0,98
P7022	m	Conductor 4x6 (Cu)	2,21
P7034	m	Conductor 1,5 + 1,5 (Cu)	0,68
P7035	m	Conductor 4+4 (Cu)	1,00
P7036	m2	Conductor 6+6 (Cu)	1,28
P7037	m	Conductor 10+10 (Cu)	2,09

P7038	m2	Conductor 25+25 (Cu)	3,50
P8001	u	Válvula de control	1578,00
P8002	u	Transmisor de presión	420,71
P8003	u	Indicador controlador de presión	570,96
P8004	u	Registrador de presión	270,46
P8005	u	Trasmisor de temperatura	452,95
P8006	u	Indicador controlador de temperatura	570,96
P8007	u	Registrador de temperatura	300,51
P8008	u	Transmisor de tiempo	540,91
P8009	u	Indicador controlador de tiempo	904,00
P8010	u	Registrador de tiempo	300,51
P8011	u	Transmisor de caudal	480,81
P8012	u	Indicador controlador de caudal	510,86
P8013	u	Registrador de caudal	330,56
P8014	u	Transmisor de nivel	490,5
P8015	u	Indicador controlador de nivel	520,55
P8016	u	Registrador de nivel	340,25
P8017	u	Transmisor de composición	462,64
P8018	u	Indicador controlador de composición	580,65
P8019	u	Registrador de composición	310,20
P8021	u	Controlador programable	14150,00
P9020	u	Indicador de temperatura	601,01
V7001	u	Acometida de instalación eléctrica	1245,00

## 2. CAPITAL FIJO POR AÑO.

En la siguiente tabla se muestran los precios de los principales equipos empleados en la planta:

Tabla 1: Coste de equipos principales.

MAQUINARIA EMPLEADA	COSTE, €	COSTE, %
Cinta transportadora	8000	0,23%
Triturador de mandíbula	3000	0,09%
Tamizado	25000	0,73%
Evaporador	6392,84	0,19%
Ultrafiltración	122585,9	3,6%
Reactor tratamiento básico	80000	2,35%
Neutralizador	14200	0,42%
Tanque de condensados	83016,46	2,44%
Molino de bolas	26964,3	0,79%
Filtración centrífuga	516084,88	15,16%
Reactor hidrólisis	19000	0,56%
Intercambiador de calor	98141,64	2,88%
Esterilizador	83472,03	2,45%
Tanques almacenamiento	124755,83	3,66%
Envasado	8550,43	0,25%
Enfriador	18000	0,53%
Calderas de vapor	1508522,1	44,31%
Extracción sólido – líquido	230887,02	6,78%
Secadero de túnel	96000	2,82%
Silo – tolva	2431,27	0,07%

Accesorios empleados	330005,41	9,69%
<b>TOTAL</b>	<b>3.405.010,11 €</b>	

Se determina el capital fijo inmovilizado:

Tabla 2: Capital fijo inmovilizado.

<b>CAPITAL DE INVERSIÓN FIJO</b>	<b>COSTE TOTAL €</b>
Equipo principal adquirido	3.405.010,11
Costes de instalación	681002,02
Instrumentación y control	510751,52
Tuberías	681002,02
Electricidad	340501,01
Edificios	170250,51
Acondicionamiento del terreno	1702505,06
Servicios y utilidades	681002,02
Terreno	204300,61
Ingeniería y supervisión	681002,02
Construcción	204300,61
<b>TOTAL</b>	<b>9.261.627,51 €</b>

La amortización del capital fijo se llevará a cabo durante el periodo de funcionamiento de la planta. Se estima una vida útil para la misma de 15 años; luego, en la siguiente tabla se muestra el capital fijo por año:

Tabla 3: Capital fijo por año.

<b>CAPITAL FIJO TOTAL POR AÑO</b>	<b>COSTE TOTAL €</b>
Depreciación (15 años)	1.157.703,44
Impuesto de la propiedad	11577,03
Seguros	6946,22
Impuestos de compra	243117,72
<b>TOTAL</b>	<b>1.419.344,41 €</b>

### 3. COSTES DIRECTOS DE PRODUCCIÓN.

Además del capital fijo, cada año se tienen unos costes debidos al proceso productivo. Los costes directos de producción se desglosan en los debidos a materias primas, utilidades y otros costes relacionados con el proceso de producción que se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 4: Costes directos de producción por año.

<b>COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCIÓN</b>			
<b>Materias primas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Coste unitario, €</b>	<b>Coste total, €</b>
Tejido óseo de pescado, kg	87.600.000	0,20	17.520.000,00 €
Agua, l	32.561.500,4	0,1	3.256.150,04 €
Alcalase, l	10312,9	748	7.714.049,2 €
Hidróxido sódico, l	4663,98	14,60	68.094,14 €
Acido clorhídrico, l	2.168.351,85	17,44	32.047.485,89 €
Hidróxido cálcico, Kg	540.200	31,24	16.875.848 €
Acido sulfúrico, l	767	32,3	24.235,63 €
Envases de plástico	5.874.675,00	0,09	528720,75 €
<b>TOTAL</b>			<b>78.034.583,7 €</b>
<b>Utilidades</b>	<b>Potencia KWh</b>	<b>Coste unitario</b>	<b>Coste Total €</b>
Energía autoconsumo	8.127.582,75	0,07	568930,8 €
<b>TOTAL</b>			<b>568.930,8 €</b>
<b>Mano de obra</b>		<b>Coste unitario</b>	<b>Coste total €</b>
Operario	0,1	576.000	57.600 €
Supervisión	0,200		11.520,00 €
Precios nóminas	0,250		17280,00 €
Mantenimiento	0,040		370.465,1 €
Suministro operación	0,004		312.138,33 €
Revisiones de planta	0,550		241.771,81 €
Impuestos	0,210		16.506.738,05 €
Contingencias	0,050		3.930.175,73 €
Marketing	0,050		3.965.107,57 €
<b>TOTAL</b>			<b>25.412.796,59 €</b>

Los costes totales de producción por año son la suma de los costes directos de producción y el capital fijo por año. Por tanto, se obtiene lo siguiente:

Tabla 5: Costes totales de producción.

<b>TOTAL COSTES DIRECTOS PRODUCCIÓN</b>	<b>104.016.311,1 €</b>
<b>TOTAL COSTES DE PRODUCCIÓN</b>	<b>105.435.655,5 €</b>
<b>COSTE UNITARIO POR Kg DE GELATINA</b>	<b>0,69 €</b>

---

#### 4. VIABILIDAD DEL PROYECTO.

Para acreditar la viabilidad del proyecto, se utilizan cuatro índices de valoración:

##### 4.1. Valor actual neto (VAN):

Se define como la cantidad, expresada en unidades monetarias, resultante de restar, a la suma de flujos netos anuales actualizados que se producen como consecuencia de la explotación del proyecto, el valor de la inversión. Cuando:

- VAN > 0, la inversión será aceptada, ya que aumenta la riqueza de la empresa.
- VAN < 0, la inversión será rechazada, por disminuir la riqueza de la empresa.
- VAN = 0, será indiferente la realización o no de la inversión.

El VAN se calcula mediante:

$$VAN = \sum_{j=1}^n \frac{R_j}{(1+i)^j} - K \quad [1]$$

$R_j$ , es el flujo neto de caja en el año  $j$  (beneficios netos en el año  $j$ ).

$i$ , es la tasa de actualización (interés).

$K$ , es la inversión inicial.

$n$ , es el periodo de análisis del proyecto.

##### 4.2. Tasa interna de rendimiento (TIR):

Se define como el tipo de interés o tasa de actualización que haría que el VAN resultara nulo ( $VAN=0$ ), calculado para dicha tasa. La inversión será rentable cuando el valor del TIR sea superior al interés porque se incrementa la riqueza de la empresa.

$$K = \sum_{j=1}^n \frac{R_j}{(1+\lambda)^j} \quad [2]$$

$\lambda$ , es la tasa de rendimiento.

$K$ , es la inversión inicial.

---

Un proyecto es viable si  $\lambda > 1$ .

4.3. Tasa de valor actual:

Es un cociente que indica la ganancia neta generada por el proyecto por cada unidad monetaria invertida. Una inversión será recomendable cuando su TVA sea mayor de cero.

$$TVA = \frac{VAN}{K} \quad [3]$$

VAN, es el valor actual neto.

K, es la inversión inicial.

4.4. Plazo de recuperación o pay-back:

Se entiende por plazo de recuperación de una inversión el número de años que transcurre desde el inicio del proyecto hasta que la suma de los cobros actualizados se hace exactamente igual que la suma de los pagos actualizados. Según este criterio, interesan más las inversiones que tengan menor plazo de recuperación.

$$PB = \frac{K}{R_j} \quad [4]$$

$R_j$ , es el flujo neto de carga en el año  $j$  (beneficios netos en el año  $j$ ).

K, es la inversión inicial.

4.5. Análisis de rentabilidad o sensibilidad:

Dados los costes de producción anuales, el capital fijo de inversión, el tiempo de vida útil ( $n$ ) esperada para la planta de 15 años y siendo el precio de mercado de 60 €/Kg, a continuación se muestran los resultados del análisis de la rentabilidad del mismo:

Tabla 6: Estudio de la viabilidad del proceso.

<b>ESTUDIO DE VIABILIDAD</b>	
<b>GELATINA</b>	
Coste por unidad de producción, €	0,69
Tasa de producción, Kg/año	7.175.586,1
Precio de venta, €	30,00
Ventas generadas, €	215.267.583
<b>Ingresos producción gelatina</b>	<b>148.534.632,3 €</b>
<b>TRATAMIENTO DE RESIDUOS</b>	
Coste por eliminación de residuos, €/kg	0,7000
Cantidad de residuos generados, Tm/año	198.782,04
<b>Ingresos eliminación residuos</b>	<b>139.147.428 €</b>
<b>TOTAL</b>	<b>287.682.060,3 €</b>
Cantidad de bolsas de gelatina generada en un año, Tm/año	8969,71
Coste por unidad de producción, €/kg	0,69
<b>CAPITAL INMOVILIZADO €</b>	<b>9.261.627,51 €</b>
<b>VENTAS €/año</b>	<b>287.682.060,3 €</b>
<b>COSTOS €/año</b>	<b>105.435.655,5 €</b>
<b>BENEFICIOS BRUTOS €/año</b>	<b>182.246.404,8 €</b>
<b>BENEFICIOS NETOS €/año</b>	<b>134.862.339,6 €</b>

En la siguiente tabla se muestran los resultados de los parámetros descritos anteriormente para un tipo de interés del 0,05%:

<b>PLAZO RECUPERACIÓN años</b>	1,13
<b>TIPO INTERES %</b>	0,05%
<b>VAN</b>	55.609.463,73 €
<b>TIR</b>	6,85%

En vista de los valores que se obtienen, se concluye con que, el proceso de elaboración de gelatina es un proyecto viable de realizar, que da beneficios a corto tiempo, ya que en 11 meses se recupera el capital invertido para su realización.

---

## 5. BIBLIOGRAFÍA.

- Economía y Organización Industrial. 5º de Ingeniería Química (Plan 1999). Universidad de Almería.
- Perry Robert H. and Green Don W. *Perry's chemical engineers' handbook*. Mc Graw-Hill 7<sup>th</sup> Edition, 1999.
- Programa:
  - Superpro Designer 5.0.



---

## **CAPITULO VI**

# **PLIEGO DE CONDICIONES**

---

## ÍNDICE

páginas

### **PLIEGO DE CONDICIONES:**

<b><u>1.- CAPITULO I: DISPOSICIONES GENERALES</u></b>	<b>1</b>
Artículo 1.1.- OBRAS OBJETO DEL PRESENTE PROYECTO.	1
Artículo 1.2.- Obras accesorias no especificadas.	1
Artículo 1.3.- Documentos que definen las obras.	2
Artículo 1.4.- Compatibilidad y relación entre los documentos.	2
Artículo 1.5.- Dirección de las obras.	2
Artículo 1.6.- Disposiciones a tener en cuenta.	3
<b><u>2.-CAPÍTULO II: PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA:</u></b>	<b>3</b>
Artículo 2.1.- Replanteo.	3
Artículo 2.2.- Movimiento de tierras.	3
Artículo 2.3.- Red horizontal de saneamiento.	5
Artículo 2.4.- Cimentaciones.	5
Artículo 2.5.- Forjados.	5
Artículo 2.6.- Hormigones.	6
Artículo 2.7.- Acero laminado.	8
Artículo 2.8.- Cubiertas y parámetros metálicos.	9
Artículo 2.9.- Albañilería.	10
Artículo 2.10.- Solera.	11
Artículo 2.11.- Carpintería y cerrajería.	12
Artículo 2.12.- Aislamientos.	12

Artículo 2.13.- Red vertical de saneamiento.	13
Artículo 2.14.- Instalación eléctrica.	13
Artículo 2.15.- Instalación de fontanería.	14
Artículo 2.16.- Instalación de climatización.	14
Artículo 2.17.- Instalaciones de protección contra incendios.	14
Artículo 2.18.- Obras o instalaciones no especificadas.	15
<b><u>CAPÍTULO III: PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA:</u></b>	15
22	
<b>EPÍGRAFE I: OBLIGACIONES Y DERECHOS DEL CONTRATISTA.</b>	15
Artículo 3.1.- Emisión de solicitud de ofertas.	15
Artículo 3.2.- Subcontratas.	15
Artículo 3.3.- Residencia del contratista.	16
Artículo 3.4.- Reclamaciones contra las órdenes de dirección.	16
Artículo 3.5.- Despido por insubordinación, incapacidad y mala fe.	16
Artículo 3.6.- Copia de los documentos.	17
<b>EPÍGRAFE II: TRABAJO, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES.</b>	17
Artículo 3.7.- Libro de órdenes.	17
Artículo 3.8.- Comienzo de los trabajos y plazo de ejecución.	17
Artículo 3.9.- Condiciones generales de ejecución de los trabajos.	18
Artículo 3.10.- Trabajos defectuosos.	18
Artículo 3.11.- Obras y vicios ocultos.	18
Artículo 3.12.- Materiales utilizables o defectuosos.	19
Artículo 3.13.- Medios auxiliares.	19
<b>EPÍGRAFE III: RECEPCIÓN Y LIQUIDACIÓN.</b>	20
Artículo 3.14.- Recepciones profesionales.	20

Artículo 3.15.- Plazo de garantía.	20
Artículo 3.16.- Conservación de los trabajos recibidos provisionalmente.	21
Artículo 2.17.- recepción definitiva.	21
Artículo 3.18.- Liquidación final.	22
Artículo 3.19.- Liquidación en caso de cesión.	22
<b>EPÍGRAFE IV: FACULTADES DE LA DIRECCIÓN DE OBRAS.</b>	
Artículo 3.20.- Facultades de la dirección de obras.	22
<b><u>CAPÍTULO IV: PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA.</u></b>	
<b>EPÍGRAFE I: BASE FUNDAMENTAL:</b>	
Artículo 4.1.- Base fundamental.	23
<b>EPÍGRAFE II: GARANTÍA DEL CUMPLIMIENTO Y FINANZAS.</b>	
Artículo 4.2.- Garantías.	23
Artículo 4.3.- Finanzas.	23
Artículo 4.4.- Ejecución de los trabajos con cargo a la finanza.	23
Artículo 4.5.- Devolución de la finanza.	23
<b>EPÍGRAFE III: PRECIOS Y REVISIONES.</b>	
Artículo 4.6.- precios contradictorios.	24
Artículo 4.7.- Reclamaciones de aumento de precios.	24
Artículo 4.8.- Revisión de precios.	25
Artículo 4.9.- Elementos comprendidos en el presupuesto.	26
<b>EPÍGRAFE IV: VALORACIÓN Y ABONADO DE LOS TRABAJOS.</b>	
Artículo 4.10.- Valoración de la obra.	27
Artículo 4.11.- Mediciones parciales finales.	27
Artículo 4.12.- Equivocaciones en el presupuesto.	27
Artículo 4.13.- Valoración de obras incompletas.	28

---

Artículo 4.14.- Carácter provisional de las liquidaciones parciales.	28
Artículo 4.15.- Pagos.	28
Artículo 4.16.- Suspensión por retraso de pagos.	28
Artículo 4.17.- Indemnización por retraso de los trabajos.	29
Artículo 4.18.- Indemnización por daños de causa mayor al contratista.	29
<b>EPÍGRAFE V: VARIOS.</b>	30
Artículo 4.19.- Mejoras de obra.	30
Artículo 4.20.- Seguro a los trabajos.	30
<b><u>CAPÍTULO V: PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL.</u></b>	31
Artículo 5.1.- Jurisdicción.	31
Artículo 5.2.- Accidentes de trabajo y daños a terceros.	32
Artículo 5.3.- Pago de arbitrios.	32
Artículo 5.4.- Causas de rescisión de contrato.	33
<b><u>CAPITULO VI: CONDICIONES EN LOS EQUIPOS DE INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS.</u></b>	34
Artículo 6.1.- Condiciones generales.	34
Artículo 6.2.- Especificaciones particulares de los equipos.	36
6.2.1.- Tuberías de proceso.	36
6.2.1.1.- Tuberías de acero al carbono en superficie.	38
6.2.2.- Válvulas.	39
6.2.3.- Juntas de desmontaje.	39
6.2.4.- Intercambiadores de calor.	39
6.2.5.- Recipientes a presión: reactores mezcla perfecta, tanque neutralizador.	39

---

6.2.6.- Motores eléctricos.	42
6.2.7.- Instalación de instrumentación y control.	42
6.2.8.- Tornillerías.	42
6.2.9.- Bombas y soplantes centrifugas.	42
6.2.10.- Prueba hidrostática.	43
6.2.11.- Aislamiento técnico.	43
6.2.12.- Depósitos de almacenamiento y de pre-mezcla.	43
6.2.12.1. Fase de construcción y pruebas hidrostáticas.	44
6.2.12.2. Especificaciones mecánicas y químicas de los materiales.	48
6.2.12.3. Especificaciones de depósitos.	49
Artículo 6.3.- Características de seguridad del equipo, motores y máquinas no eléctricas, contra incendios y explosiones.	50
Artículo 6.4.- Ventilación de locales.	51
Artículo 6.5.- Medios generales de lucha contra incendios.	51
6.5.1.- Utilización de extintores.	51
6.5.2.- Utilización de materia móvil de gran potencia.	52
Artículo 6.6.- Protección e instalaciones para la lucha contra incendios.	52
6.6.1.- Protección personal.	52
6.6.2.- protección de las unidades.	53
6.6.3.- Mando de instalaciones fijas.	53
Artículo 6.7.- Sistema de alarma.	53
Artículo 6.8.- Redes de drenaje.	54
Artículo 6.9.- Normas de explotación.	55
6.9.1.- Manual de seguridad.	55
6.9.2.- Normas particulares.	56

---

---

6.9.3.- Normas particulares para las empresas de servicios.	56
6.9.4.- Observaciones de las normas.	57
6.9.5.- Normas de seguridad de operación.	57
6.9.6.- Inspecciones.	57
<b><u>CAPÍTULO VII: CONDICIONES DE EQUIPOS ELÉCTRICOS.</u></b>	<b>58</b>
Artículo 7.1.- Instalaciones, materiales y equipos eléctricos.	58
Artículo 7.2.- Alumbrado.	58
<b><u>CAPÍTULO VIII: NORMATIVA APLICADA.</u></b>	<b>58</b>
<b><u>CAPÍTULO IX: CONDICIONES DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.</u></b>	<b>61</b>
<b>EPÍGRAFE I: CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA.</b>	<b>61</b>
<b>EPÍGRAFE II: CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA.</b>	<b>68</b>
<b>EPÍGRAFE III: CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA.</b>	<b>69</b>
<b>EPÍGRAFE IV: CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL.</b>	<b>70</b>

---

# PLIEGO DE CONDICIONES

## 1. CAPITULO I. DISPOSICIONES GENERALES

### *ARTICULO 1.1. Obras objeto del presente proyecto*

Se consideran sujetas a las condiciones de este Pliego, todas las obras cuyas características, planos y presupuestos, se adjuntan en las partes correspondientes del presente Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION DE GELATINA A PARTIR DE TEJIDO OSEO DE PESCADO, así como todas las obras necesarias para dejar completamente terminados los edificios e instalaciones con arreglo a los planos y documentos adjuntos.

Se entiende por obra accesorias, aquellas que por naturaleza, no puedan ser previstas en todos sus detalles, sino a medida que avanza la ejecución de los trabajos. Las obras accesorias, se construirán según se vaya conociendo su necesidad. Cuando la importancia lo exija se construirán en base a los proyectos adicionales que se redacten. En los casos de menor importancia se llevarán a cabo conforme a la propuesta que formule el Ingeniero Director de la Obra.

### *ARTICULO 1.2. Obras accesorias no especificadas*

Si en el transcurso de los trabajos se hiciese necesario ejecutar cualquier clase de obras o instalaciones que no se encuentren descritas en este Pliego de Condiciones, el Adjudicatario estará obligado a realizarlas con estricta sujeción de las órdenes que, al efecto, reciba del Ingeniero Director de Obra.

El Ingeniero Director de Obra tendrá plenas atribuciones para sancionar la idoneidad de los sistemas empleados, los cuales estarán expuestos para su aprobación de forma que, a su juicio, las obras o instalaciones que resulten defectuosas total o parcialmente, deberán ser demolidas, desmontadas o recibidas en su totalidad o en parte, sin que ello dé derecho a ningún tipo de reclamación por parte del Adjudicatario.



---

### ARTICULO 1.3. Documentos que definen las obras

Los documentos que definen las obras y que la propiedad entregue al contratista pueden tener carácter contractual o meramente informativo.

Son documentos contractuales los planos, pliego de condiciones, cuadros de precios y presupuestos parcial y total, que se incluyen en el presente proyecto.

Los datos incluidos en la memoria y anexos, así como la justificación de precios tienen carácter meramente informativo.

Cualquier cambio en el planeamiento de la obra que implique un cambio sustancial respecto de lo proyectado deberá ponerse en conocimiento de la dirección técnica para que lo apruebe, si procede, y redacte el oportuno proyecto reformado.

### ARTICULO 1.4. Compatibilidad y relación entre los documentos

En caso de contradicción entre los planos y el Pliego de Condiciones, prevalecerá lo prescrito en este último. Lo mencionado en los planos y omitido en el Pliego de Condiciones o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos.

### ARTICULO 1.5. Dirección de las obras

El contratista deberá seguir las instrucciones del director de la obra en todo lo referente a calidad y acopio de materiales, ejecución de la obra, modificaciones del Proyecto, programa de trabajo y precauciones a adoptar.

La propiedad nombrará en su representación a un Ingeniero Químico, en quien recaerán las labores de dirección, control y vigilancia de las obras del presente Proyecto. El Contratista proporcionará toda clase de facilidades para que el Ingeniero Director o sus subalternos puedan llevar a cabo su trabajo con el máximo de eficacia.

No será responsable ante la propiedad de la tardanza de los Organismos competentes en la tramitación del Proyecto. La tramitación es ajena al

---

Ingeniero Director quien una vez conseguidos todos los permisos, dará la orden de comenzar la obra.

**ARTICULO 1.6. Disposiciones a tener en cuenta**

- ◇ Ley 7/1998, de 13 de Abril sobre condiciones generales de contratación
- ◇ Real Decreto Legislativo 931/1986, de 2 de Mayo, por el que se modifica la Ley de Contratos del Estado para adaptarla a las Directivas de la Comunidad economica europea
- ◇ Pliegos de Prescripciones Generales vigentes del M.O.P.U.
- ◇ Normas básicas (NBE) y Tecnologías de Edificación (NTE)
- ◇ Instrucción EH – 91 para el proyecto y ejecución de obras de hormigón en masa o armado
- ◇ RD 1247/2008, de 18 de Julio, por lo que se aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE – 08)
- ◇ Instrucción EP – 80 para el proyecto y la ejecución de obras en hormigón pretensado
- ◇ Métodos y normas de Ensayo del Laboratorio General del M.O.P.U.
- ◇ Normativa MIE – APQ sobre Almacenamiento de Líquidos Inflamables y combustibles
- ◇ Reglamento sobre recipiente y aparatos a presión (Código ASME Sección VIII)
- ◇ Resolución General de Instrucciones para la Construcción, del 31 de Octubre de 1996.

---

## CAPITULO II. PLIEGO DE CONDICIONES DE INDOLE TECNICA

### *ARTICULO 2.1. Replanteo*

Antes de dar comienzo a las obras, el ingeniero director auxiliado del personal subalterno necesario y con presencia del contratista o de su representante, procederá al replanteo general de la obra. Una vez finalizado el mismo se levantará acta de comprobación.

Los replanteos de detalle se llevarán a cabo de acuerdo con las instrucciones y ordenes del ingeniero director de la obra, quien realizará las comprobaciones necesarias en presencia del contratista o de su representante.

El contratista se hará cargo de las estacas, señales y referencias que se dejen en el terreno como consecuencia del replanteo.

### *ARTICULO 2.2. Movimiento de tierras*

Se refiere el presente artículo a los desmontes y terraplenes para dar al terreno la rasante de explanación, la excavación a cielo abierto realizada con medios anuales y/o mecánicos y a la excavación de zanjas y pozos. Todas las excavaciones permanecerán secas mientras duren los trabajos, debiéndose prever todos los elementos necesarios para garantizar la seguridad y protección del personal, incluidas las entibaciones necesarias. Se evitará la formación de polvo que pueda afectar a las instalaciones próximas.

Todos los materiales procedentes de la excavación, que no sean aprobados para rellenos, se llevarán a vertedero adecuado, dentro o fuera del recinto de la fábrica.

La excavación se ajustará a lo previsto en los planos. En caso de exceso de excavación se computará a efectos de medición y abono.

Se adoptan las condiciones de seguridad en el trabajo, así como las condiciones relativas a los materiales, control de la ejecución, valoración y mantenimiento que especifican las normas:

◇ NTE – AD “Acondicionamiento del terreno”

- 
- ◇ NTE – AD “Explicaciones”
  - ◇ NTE – AD V “Vaciados”
  - ◇ NTE – ADZ “Zanjas y pozos”

#### *ARTICULO 2.3. Red horizontal de saneamiento*

Contempla el presente artículo las condiciones relativas a los diferentes aspectos relacionados con los sistemas de captación y conducción de aguas del subsuelo para protección de la obra contra la humedad, se adoptan las condiciones generales de ejecución y seguridad en el trabajo, condiciones relativas a los materiales y equipos de origen industrial, control de ejecución, criterios relativos a las pruebas de servicio, criterios de valoración y normas para el mantenimiento del terreno, establecidas en la NTE “Saneamientos, drenajes y avenamientos”, así como lo establecido en la orden de 15 de septiembre de 1986, del M.O.P.U.

#### *ARTICULO 2.4. Cimentaciones*

Las secciones y cotas de profundidad serán las que el Ingeniero Director señale, con independencia de lo señalado en el Proyecto, que tienen carácter meramente informativo. No se rellenarán los cimientos hasta que lo ordene el Director.

El Ingeniero Director queda facultado para introducir las cimentaciones especiales o modificaciones que juzgue oportuno en función de las características particulares que presente el terreno.

Se adoptan las condiciones relativas a materiales, control, valoración, mantenimiento y seguridad especificados en las normas:

- ◇ NTE – CSZ. “Cimentaciones superficiales. Zapatas”
- ◇ NTE – CSC. “Cimentaciones superficiales corridas”
- ◇ NTE – CSL. “Cimentaciones superficiales. Losas”

---

### *ARTICULO 2.5. Forjados*

Regula el presente artículo los aspectos relacionados con la ejecución de forjados presentados autorresistentes armados de acero o de cualquier otro tipo con bovedillas cerámicas de hormigón y fabricado en obra o prefabricado bajo cualquier patente.

Las condiciones de ejecución, de seguridad en el trabajo, de control de ejecución, de valoración y de mantenimiento, son las establecidas en las normas NTE – EHU y NTE – EHR así como en el R.D. 1630/198 de 18 de Julio en la NTE – EAF.

### *ARTICULO 2.6. Hormigones*

Se refiere el presente artículo a las condiciones relativas a los materiales y equipos de origen industrial relacionados con la ejecución de las obras de hormigón en masa o armado o pretensado fabricados en obra o prefabricados, así como las condiciones generales de ejecución, criterios de medición, valoración y mantenimiento.

Regirá lo prescrito en el Código Técnico de Edificación para las obras de hormigón en masa o armado y la instrucción EP – 93 para las obras de hormigón pretensado. Asimismo se adopta lo establecido en las normas NTE – EH “Estructuras de hormigón”, y NTE – EME “Estructura de madera Encofrados”.

Los ensayos serán los necesarios para su control Normal y se determinarán antes de comenzar estas unidades, el número de ensayos y dónde, el coste y la casa de ensayos que los va a realizar. El resultado de los ensayos los recibirá por separado la Dirección, la Propiedad y la Contrata.

Los encofrados serán lo suficientemente herméticos como para impedir que se escape la lechada de cemento.

La Fabricación de los Hormigones de resistencia H – 200 o superior se realizará en central con dosificación con peso automatizada.

---

El Transporte se realizará mediante Camión – Hormigonera Giratorio, con un tiempo máximo entre carga y descarga de 1 hora y media.

El vertido de hormigón será continuo, no debiendo transcurrir más de 30 minutos entre dos camiones para impedir el fraguado del Hormigón colocado.

La máxima caída libre de las masas, en cualquier punto de su recorrido no excederá de un metro y medio (1,50 m).

En losas y vigas el extendido del hormigón se ejecutará de modo que el avance se realiza en todo su espesor.

La Compactación del Hormigón se realizará mediante vibración, con vibraciones de frecuencia inferior a seis mil ciclos por minuto.

Se suspenderá el Hormigonado siempre que se prevea que dentro de las cuarenta y ocho (48 h.) siguientes puede descender la temperatura por debajo de los 0°C.

Se suspenderá el Hormigonado en caso de lluvia.

El Proceso de curado deberá prolongarse hasta que el Hormigonado alcance el 70% de su resistencia de Proyecto. Para el curado se mantendrá húmeda la superficie mediante riego directo.

El Control se realizará midiendo la consistencia y la resistencia característica.

Tipo de Consistencia	Tolerancia en cm
Plástica	± 1
Blanda	± 1

Para la resistencia se exigirá un control normal.

Se consideran partes sucesivas a Controlar al menor de los límites:

Tipo de elemento estructural

Límite Superior	Lineal	Superficial	Macizo
Volumen	100	200	50
Superficie	500	500	-
Tiempo Homologado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Nº plantas	1	1	1

Para los resultados se tendrá en cuenta lo enunciado en el Código Técnico de Edificación concretando las penalizaciones de la siguiente forma afectando a la parte de obra defectuosa en cuanto a resistencia.

$$P_1 = \left( 2,05 - 2 \cdot \frac{Em}{Ep} \right) \cdot P$$

Siendo  $P_1$  la penalización en €/m<sup>3</sup>, P el precio unitario, Em el espesor medio real y Ep el espesor del proyecto.

Las Armaduras de Acero empleadas se abonarán por su peso en Kg. Deducido de los planos. Las Mermas, Despunte, Alambre de Atar, Tolerancia y Barras Auxiliares estarán incluidas en el precio contratado. El Hormigón presupuestado por m<sup>3</sup> se abonará midiendo sobre plano.

#### ARTICULO 2.7. Acero laminado

Se establecen en el presente artículo las condiciones relativas a los materiales y equipos industriales relacionados con los aceros laminados utilizados en las estructuras de edificación, tanto en sus elementos estructurales, como en sus elementos de unión. Asimismo se fija las condiciones relativas a la ejecución, seguridad en el trabajo, control de la ejecución, valoración y mantenimiento.

Los materiales se ajustarán a la Norma MV – 102 para el acero laminado en estructuras de Edificación.

Las soldaduras se harán de acuerdo con la Norma MV – 104

Cada pieza individual se puede considerar a plomo, nivel o en línea, si el error no excede de 1/500 de la luz

---

Todos los pilares tubulares que se utilicen en la estructura metálica irán cerrados herméticamente en sus extremos mediante chapas de espesor no inferior a los 3 mm. No se montarán sin cerrar.

La medición de la estructura metálica será sobre pesos teóricos. Para las chapas se aplicará una densidad de 7.850 Kg/m<sup>3</sup>. Las tolerancias, despuntes, soldaduras, pinturas, etc. se consideran incluidas en el precio ofertado.

Se efectuará, Inspecciones Sistemáticas y Ensayos no destructivos en el orden al control de: Estado de los Perfiles de soldar, procedimiento empleado, capacitación de los soldadores y cordones de soldadura efectuados.

Se debe aportar certificado de materiales e hilos de soldadura. Se adoptan lo establecido en las normas:

- ◇ NBE – MV – 102: “Ejecución de la estructuras de acero laminado en edificación”. Se fijan los tipos de uniones, la ejecución en el taller, el montaje en obra, las tolerancias y las protecciones.
- ◇ NBE – MV – 103: “Acero laminado para estructuras de edificaciones”, donde se fijan las características del acero laminado, la determinación de sus características y los productos laminados actualmente utilizados.
- ◇ NBE – MV – 105: “Roblones de acero”
- ◇ NBE – MV – 106: “Tornillos ordinarios calibrados para estructuras de acero”.
- ◇ NTE – EA: “Estructuras de acero”.

#### **ARTICULO 2.8. Cubiertas y parámetros metálicos**

Se refiere el presente artículo a la cobertura de edificios con tejas, plaquetas de fibrocemento, tejas cerámicas o de cemento y paramentos metálicos en el que el propio elemento proporciona la estanqueidad.



---

Las condiciones funcionales y de calidad relativa a los materiales y equipos de origen industrial y de control de la ejecución, condiciones generales de ejecución y seguridad en el trabajo, así como los criterios de valoración y mantenimiento son los especificados en las siguientes normas:

- ◇ NTE – QTF. “Cubiertas. Tejados de fibrocemento”.
- ◇ NBE – MV – 301/1970 sobre impermeabilización de cubiertas con materiales bituminosos. (Modificada por R.D. 3085/86 de 12 septiembre)
- ◇ NTE – QTG: “Cubiertas. Paneles de doble chapa de acero”.

#### *ARTICULO 2.9. Albañilería*

Se refiere el presente artículo a la fábrica de bloques de hormigón o ladrillo, a tabiques de ladrillo o prefabricado y revestimiento de parámetros, suelos, escalera y techos.

Las condiciones funcionales y de calidad relativa a los materiales y equipo de origen industrial, control de ejecución y seguridad en el trabajo, así como los criterios de valoración y mantenimiento son las que especifican las normas:

- ◇ NTE – FFL: “Fachada de ladrillo”
- ◇ NTE – EFL: “Estructura de fábrica de ladrillo”
- ◇ NTE – RPA: “Revestimiento de paramentos. Alicatados”
- ◇ NTE – RPE: “Revestimientos de paramentos. Enfoscado”
- ◇ NTE – RPG: “Revestimiento de parámetros. Guarnecidos y enlucidos”.

- 
- ◇ NTE – RPP: “Revestimiento de paramentos. Pintadas”.
  - ◇ NTE – RPR: “Revestimiento de paramentos. Revocos”
  - ◇ NTE – RSP. “Revestimiento de suelos y escaleras. Placas”
  - ◇ NTE – RTC: “Revestimiento de techos. Continuos”
  - ◇ NTE – PTL. “Tabiques de ladrillo”.

#### *ARTICULO 2.10. Solera*

Sobre la zahorra artificial, compactada y nivelada, se colocará el mallazo con solape adecuado, que luego se levantará hasta queda a 5 cm de la superficie.

La tolerancia de acabado de la solera de 5 mm con una regla de 3 m. La solera irá tratada con revestimiento de estas características:

- ◇ Resistente a ácidos y Disolventes. DIN 51091
- ◇ Antideslizante. Norma NLT -. 175/73
- ◇ Resistente a Tráfico pesado. NTE
- ◇ Resistente a la Abrasión. Norma CRD – C52 -50, USA
- ◇ Resistente al Impacto. Norma UNE 74040
- ◇ Resistente al Fuego (MI). Norma UNE 23727 – 80

Es un revestimiento a base de Resinas Epoxi, sin disolventes, con un consumo total mínimo de 500 g/m<sup>2</sup>.

#### *ARTICULO 2.11. Carpintería y cerrajería*

---

---

Se refiere el presente artículo a las condiciones de funcionalidad y calidad que han de reunir los materiales y equipos industriales relacionados con la ejecución y montaje de puertas, ventanas y demás elementos utilizados en particiones y accesos interiores.

Asimismo, regula el presente artículo las condiciones de ejecución, medición, valoración y criterios de mantenimiento.

Se adoptará lo establecido en las normas:

Se adoptará lo establecido en las normas:

◇ NTE – PPA: “Puertas de acero”

◇ NTE – PPM: “Puertas de madera”

#### *ARTICULO 2.12. Aislamientos*

Los materiales a emplear y la ejecución de la instalación de aislamiento estarán de acuerdo con lo prescrito en la norma NBE – CB/79 sobre condiciones térmicas de los edificios que en su anexo 5 establece las condiciones de los materiales empleados para aislamiento térmico así como control, recepción y ensayos de dichos materiales, y en el anexo nº6 establece diferentes recomendaciones para la ejecución de este tipo de instalaciones.

La medición y valoración de la instalación de aislamiento se llevará a cabo en la forma prevista en el presente proyecto.

---

#### *ARTICULO 2.13. Red vertical de saneamiento*

Se refiere el presente artículo a la red de evacuación de aguas pluviales y residuos desde los puntos donde se recogen, hasta la acometida de la red de alcantarillado, fosa aséptica, pozo de filtración o equipo de depuración así como a estos medios de evacuación.

Las condiciones de ejecución, condiciones funcionales de los materiales y equipos industriales, control de ejecución, seguridad en el trabajo, medición, valoración y mantenimiento son las establecidas en las normas:

- ◇ NTE – ISS: “Instalaciones de salubridad y saneamiento”
- ◇ NTE – ISD: “Depuración y vertido”
- ◇ NTE – ISA: “Alcantarillado”

#### *ARTICULO 2.14. Instalación eléctrica*

Los materiales y ejecución de la instalación eléctrica cumplirán lo establecido en el Reglamento de Alta y Baja Tensión y Normas complementarias. Asimismo se adoptarán las diferentes condiciones previstas en las normas:

- ◇ NTE – IEB: “Instalación eléctrica de baja tensión”.
- ◇ NTE – IEE: “Alumbrado exterior”
- ◇ NTE – IEI: “Alumbrado interior”
- ◇ NTE - IEP: “Puesta a tierra”
- ◇ NTE – IER: “Instalaciones de electricidad red exterior”

---

**ARTICULO 2.15. Instalaciones de fontanería**

Regula el presente artículo las condiciones relativas a la ejecución, materiales y equipos industriales, control de la ejecución, seguridad en el trabajo, valoración y mantenimiento de las instalaciones de abastecimiento y distribución de agua.

Se adopta lo establecido en las normas:

- ◇ NTE – IFA: “Instalaciones de fontanería”
- ◇ NTE – IFC: “Instalaciones de fontanería. Agua caliente”
- ◇ NTE – IFF: “Instalaciones de fontanería. Agua fría”

**ARTICULO 2.16. Instalación de climatización**

Se refiere el presente artículo a las instalaciones de ventilación, refrigeración y calefacción. Se adoptarán las condiciones relativas a funcionalidad y calidad de materiales, ejecución, control, seguridad en el trabajo, pruebas de servicio, medición, valoración y mantenimiento, establecidas en las normas:

- ◇ NTE – ID: “Instalaciones de depósitos”
- ◇ Reglamento de instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria (R.D. 1618/1980 de 4 de julio)

**ARTICULO 2.17. Instalaciones de protección contra incendios**

Se refiere el presente artículo a las condiciones de ejecución de los materiales, de control de la ejecución, seguridad en el trabajo, medición, valoración y mantenimiento, relativas a las instalaciones de protección contra fuego.

Se cumplirá con lo prescrito en la norma NBE – CPI – 81 sobre condiciones de protección contra incendios y se adoptará lo establecido en la norma NTE. IPP: “Protección contra el fuego”, y anejo de la EH.82.

---

**ARTICULO 2.18. Obras o instalaciones no especificadas**

Si en el transcurso de los trabajos fuera necesario ejecutar alguna clase de obra no regulada en el presente Pliego de Condiciones, el Contratista queda obligado a ejecutarla con arreglo a las instrucciones que reciba del Ingeniero Director quien a su vez ,cumplirá la normativa vigente sobre el particular. El Contratista no tendrá derecho a reclamación alguna.

**CAPITULO III. PLIEGO DE CONDICIONES DE INDOLE FACULTATIVA**

**Epígrafe I: Obligaciones y derechos del contratista**

**ARTICULO 3.1. Remisión de solicitud de ofertas**

Por la dirección técnica se solicitarán ofertas a las empresas especializadas del sector, para la realización de las instalaciones especificadas en el presente proyecto o un extracto con los datos suficientes. En el caso de que el ofertante lo estime de interés deberá presentar además de la mencionada, la o las soluciones que recomiende para resolver la instalación.

El plazo máximo fijado para la recepción de las ofertas será de un mes.

**ARTICULO 3.2. Subcontratas**

Ninguna parte de la obra podrá ser subcontratada sin consentimiento previo, solicitado por escrito, del Director de la obra. Dicha solicitud incluirá los datos precisos para garantizar que el subcontratista posee la capacidad suficiente para hacerse cargo de los trabajos en cuestión.

La aceptación del subcontrato no relevará al Contratista de su responsabilidad contractual. El Director de la obra está facultado para decidir la exclusión de aquellos sub contratistas que no demuestren durante los trabajos poseer las condiciones requeridas para la ejecución de los mismos. El contratista deberá adoptar las medidas precisas e inmediatas para la rescisión de dichos contratos.

---

### ARTICULO 3.3. Residencia del contratista

Desde que se dé principio a las obras, hasta su recepción definitiva, el Contratista o un representante suyo autorizado deberá residir en un punto próximo al de la ejecución de los trabajos y no podrá ausentarse sin previo conocimiento del Ingeniero Director y notificándole expresamente, la persona que, durante su ausencia le ha de representar en todas sus funciones.

Cuando se falte a lo anteriormente prescrito, se considerarán válidas las notificaciones que se efectúen al individuo más caracterizado o de mayor categoría técnica de los empleados u operarios de cualquier ramo que, como dependientes de la contrata, intervengan en las obras y, en ausencia de ellos, las depositadas en la residencia.

Designada como oficial, de la Contrata en los documentos del proyecto, aún en ausencia o negativa de recibo por parte de los dependientes de la Contrata.

### ARTICULO 3.4. Reclamaciones contra las órdenes de Dirección

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes emanadas del Ingeniero Director solo podrá presentarlas a través del mismo ante la propiedad, si ellas son del orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes, contra disposiciones de orden técnico o facultativo del Ingeniero Director, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada, dirigida al Ingeniero Director, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo que, en todo caso, será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

### ARTICULO 3.5. Despido por insubordinación, incapacidad y mala fé

Por falta del cumplimiento de las instrucciones del Ingeniero Director o sus subalternos de cualquier clase de encargados de la vigilancia de las obras; por manifiesta incapacidad o por actos que comprometan y perturben la marcha de los trabajos, el Contratista tendrá obligación de sustituir a sus dependientes y operarios, cuando el Ingeniero Director lo reclame.

---

**ARTICULO 3.6. Copia de los documentos**

El Contratista tiene derecho a sacar copias a su costa, de los Pliegos de Condiciones, Presupuesto y demás documentos de la contrata. El Ingeniero Director de la Obra, si el Contratista solicita éstos, autorizará las copias después de contratadas las obras.

**Epígrafe II: Trabajo, materiales y medios auxiliares**

**ARTICULO 3.7. Libro de órdenes**

En la casilla y oficina de la obra, tendrá el contratista el libro de órdenes, en el que se anotarán las que el Ingeniero Director de obra precise dar en el transcurso de la obra. El cumplimiento de las órdenes expresadas en dicho libro es tan obligatoria para el contratista como las que figuran en el pliego de condiciones.

**ARTICULO 3.8. Comienzo de los trabajos y plazo de ejecución**

Obligatoriamente y por escrito, deberá el contratista dar cuenta al Ingeniero Director del comienzo de los trabajos, antes de transcurrir veinticuatro horas de su iniciación: previamente se habrá suscrito el acta de replanteo en las condiciones establecidas en el artículo 7.

El Adjudicatario comenzará las obras dentro del plazo de 15 días desde la fecha de adjudicación. Dará cuenta al Ingeniero Director, mediante oficio, del día en que se propone iniciar los trabajos, debiendo este dar acuse de recibo.

Las obras quedarán terminadas dentro del plazo establecido en el contrato.

El Contratista está obligado al cumplimiento de todo cuanto se dispone en la Reglamentación Oficial del Trabajo.

**ARTICULO 3.9. Condiciones generales de ejecución de los trabajos**

El Contratista, como es natural, debe emplear los materiales y mano de obra que cumplan las condiciones exigidas en las “Condiciones Generales de Indole Técnica” del “Pliego General de Condiciones Varias de la Edificación” y



---

realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho momento.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definida de la obra, el Contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en estos puedan existir, por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que pueda servirle de excusa ni le otorgue derecho alguno, la circunstancia de que el Ingeniero Director o su subalterno no la hayan llamado la atención sobre el particular, ni tampoco el hecho de que hayan sido valorados en las certificaciones parciales de la obra que siempre se supone que se extienden y abonan a buena cuenta.

#### *ARTICULO 3.10. Trabajos defectuosos*

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Ingeniero Director o su representante en la obra adviertan vicios o defectos en los trabajos efectuados, o que los materiales empleados, o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de ejecución de los trabajos, o finalizados éstos y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrán disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruídas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata. Si ésta no estimase justa resolución y se negase a la demolición y reconstrucción ordenadas, se procederá con lo establecido en el art. 3.12.

#### *ARTICULO 3.11. Obras y servicios ocultos*

Si el Ingeniero Director tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas ordenará efectuar en cualquier tiempo y antes de la recepción definitiva, las demoliciones que crea necesarias para reconocer los trabajos que suponga defectuosos.

Los gastos de la demolición y de la reconstrucción que se ocasionen, serán a cuenta del contratista, siempre que los vicios existan realmente; en caso contrario correrán a cargo del propietario.

---

### *ARTICULO 3.12. Materiales no utilizables o defectuosos*

No se procederá al empleo y colocación de los materiales y de los aparatos son que antes sean examinados y aceptados por el Ingeniero Director, en los términos que prescriben los Pliegos de Condiciones, depositando al efecto el Contratista, las muestras y modelos necesarios, previamente contraseñados, para efectuar con ellos comprobaciones, ensayos o pruebas preceptuadas en el Pliego de Condiciones, vigente en la obra.

Los gastos que ocasionen los ensayos, análisis, pruebas, etc. antes indicados correrán a cargo del Contratista.

Cuando los materiales o aparatos no fueran de la calidad requerida o no estuviesen perfectamente preparados, el Ingeniero Director dará orden al Contratista para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas en los Pliegos o, a falta de éstos, a las órdenes del Ingeniero Director.

### *ARTICULO 3.13. Medios auxiliares*

Es obligación de la contrata el ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras aún cuando no se halle expresamente estipulado en los Pliegos de Condiciones, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Ingeniero Director y dentro de los límites de posibilidad que los Presupuestos determinen para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

Serán de cuenta y riesgo del Contratista, los andamios, cimbras, máquinas y demás medios auxiliares que para la debida marcha y ejecución de los trabajos se necesiten, no cabiendo por tanto, al Propietario responsabilidad alguna por cualquier avería o accidente personal que pueda ocurrir en las obras por insuficiencia de dichos medios auxiliares.

Serán asimismo de cuenta del Contratista, los medios auxiliares de protección y señalización de la obra, tales como vallado, elementos de protección provisionales, señales de tráfico adecuadas, señales luminosas nocturnas, etc.

---

Y todas las necesarias para evitar accidentes previsibles en función del estado de la obra y de acuerdo con la legislación vigente.ç

### **Epígrafe III: Recepción y liquidación**

#### *ARTICULO 3.14. Recepciones provisionales*

Para proceder a la recepción provisional de las obras será necesaria la asistencia del Propietario, del Ingeniero Director de la obra y del Contratista o su representante autorizado.

Si las obras se encuentran en buen estado y han sido ejecutadas con arreglo a las condiciones establecidas, se darán por percibidas provisionalmente y comenzando a correr en dicha fecha el plazo de garantía que se considerará de tres meses.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas se hará constar en el acta y se especificarán en la misma las precisas y detalladas instrucciones que el Ingeniero Director debe señalar al Contratista para remediar los defectos observados, fijando un plazo para subsanarlos, expirado el cual, se efectuará un nuevo reconocimiento en idénticas condiciones a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Después de realizar un escrupuloso reconocimiento de la obra y se estuviese conforme con las condiciones de este Pliego, se levantará un acta por duplicado, a la que acompañarán los documentos justificantes de la liquidación final. Una de las actas quedará en poder de la propiedad y la otra se le entregará al contratista.

#### *ARTICULO 3.15. Plazo de garantía*

Desde la fecha en que la recepción provisional quede hecha, comienza a contarse el plazo de garantía que será de un año. Durante este período, el Contratista se hará cargo de todas aquellas reparaciones de desperfectos imputables a defectos y vicios ocultos.

---

**ARTICULO 3.16. Conservación de los trabajos recibidos provisionalmente**

Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de la obra durante el plazo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el Propietario, procederá a disponer todo lo que se precise para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuere menester para su buena conservación, abonándose todo aquello por cuenta de la contrata.

Al abandonar el Contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como en el caso de rescisión de contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que el Ingeniero Director fije.

Después de la recepción provisional del edificio y en el caso de que la conservación del mismo corra a cargo del Contratista, no deberá haber en él más herramientas, útiles, materiales, muebles, etc., que los indispensables para su guardería y limpieza y para los trabajos que fuere preciso realizar.

En todo caso, ocupado o no el edificio, está obligado el Contratista a revisar y reparar la obra durante el plazo expresado, procedimiento en la forma prevista en el presente "Pliego de Condiciones Económicas".

El Contratista se obliga destinar a su costa a un vigilante de las obras que prestará su servicio de acuerdo con las órdenes recibidas de la Directiva Facultativa.

**ARTICULO 3.17. Recepción definitiva**

Terminado el plazo de garantía, se verificará la recepción definitiva con las mismas condiciones que la provisional, y si las obras están bien conservadas y en perfectas condiciones, el Contratista quedará relevado de toda responsabilidad económica, en caso contrario se retrasará la recepción definitiva hasta que, a juicio del Ingeniero Director de la Obra, y dentro del plazo que se marque, queden las obras del modo y forma que se determinen en este Pliego.

---

Si el nuevo reconocimiento resultase que el Contratista no hubiese cumplido, se declarará rescindida la contrata con pérdida de fianza, a no ser que la propiedad crea convenientemente conceder un nuevo plazo.

*ARTICULO 3.18. Liquidación final*

Terminadas las obras, se procederá a la liquidación fijada, que incluirá el importe de las unidades de obra realizadas y las que constituyen modificaciones del Proyecto siempre y cuando hayan sido previamente aprobadas por la Dirección Técnica con sus precios.

De ninguna manera tendrá derecho el Contratista a formular reclamaciones por aumentos de obra que no estuviesen autorizadas a la Entidad propietaria con el visto bueno del Ingeniero Director.

*ARTICULO 3.19. Liquidación en caso de rescisión*

En este caso, la liquidación se hará mediante un contrato liquidatorio, que se redactará de acuerdo por ambas partes. Incluirá el importe de las unidades de obra realizadas hasta la fecha de la rescisión.

**Epígrafe IV: Facultades de la dirección de obras**

Además de todas las facultades particulares, que corresponden al Ingeniero Director, expresadas en los artículos precedentes, es misión suya la dirección y vigilancia de los trabajos que en las obras se realicen bien por si o por medio de sus representantes técnicos y ello con autoridad técnica legal, completa e indiscutible, incluso en todo lo no previsto específicamente en el “Pliego General de Condiciones Varias de la Edificación” sobre las personas y cosas situadas en la obra y en relación con los trabajos que para la ejecución de los edificios y obras anejas se lleven a cabo, pudiendo incluso, pero con causa justificada, recusar al Contratista, si considera que el adoptar esta resolución es útil y necesaria para la debida marcha de la obra.

---

## **CAPITULO IV. PLIEGO DE CONDICIONES DE INDOLE ECONOMICA**

### **Epígrafe I. Base fundamental**

#### *ARTICULO 4.1. Base fundamental*

Como base fundamental de estas “Condiciones Generales de Índole Económica”, se establece el principio de que el Contratista debe percibir el importe de todos los trabajos ejecutados, siempre que estos se hayan realizado con arreglo y sujeción al Proyecto y Condiciones Generales y particulares que rijan la construcción del edificio y obra aneja contratada.

### **Epígrafe II. Garantías de cumplimiento y finanzas**

#### *ARTICULO 4.2. Garantías*

El Ingeniero Director podrá exigir al Contratista la presentación de referencias bancarias o de otras entidades o personal, al objeto de cerciorarse de si este reúne todas las condiciones requeridas para el exacto cumplimiento del contrato, dichas referencias las presentará el Contratista antes de la firma del contrato.

#### *ARTICULO 4.3. Fianzas*

Se podrá exigir al Contratista, para que responda del cumplimiento de lo contratado, una fianza del 10% del presupuesto de las obras adjudicadas.

#### *ARTICULO 4.4. Ejecución de los trabajos con cargo a la fianza*

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para utilizar la obra en las condiciones contratadas, el Ingeniero Director, en nombre y representación del Propietario, los ordenará ejecutar a un tercero, o directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho el propietario en el caso de que el importe de la fianza no baste para abonar el importe de los gastos efectuados en las unidades que no fueran de recibo.

---

*ARTICULO 4.5. Devolución de la fianza.*

La fianza depositada será devuelta al Contratista en un plazo que no excederá de 8 días, una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra, siempre que el Contratista haya acreditado, por medio de certificado del Alcalde del Distrito Municipal en cuyo término se halla emplazada la obra contratada, que no existe reclamación alguna contra él por los daños y perjuicios que sean de su cuenta o por deudas de los jornales o materiales, ni por indemnizaciones derivadas de accidentes ocurridos en el trabajo.

**Epígrafe III. Precios y revisiones**

*ARTICULO 4.6. Precios contradictorios*

Si ocurriese algún caso por virtud del cual fuese necesario fijar un nuevo precio, se procederá a estudiarlo y convenirlo contradictoriamente de la siguiente forma:

El Adjudicatario formulará por escrito, bajo su firma, el precio que, a su juicio, debe aplicarse a la nueva unidad. La dirección técnica estudiará el que, según criterio, deba utilizarse. Si ambos son coincidentes se formulará por la Dirección Técnica el acta de avenencia, igual que si cualquier pequeña diferencia o error fuesen salvados por simple exposición y convicción de una de las partes, quedando así formalizado el precio contradictorio. Si no fuera posible conciliar por simple discusión los resultados, el Sr. Director propondrá a la propiedad que adopte la resolución que estime conveniente, que podrá ser aprobatoria del precio exigido por el Adjudicatario o, en otro caso, la segregación de la obra o instalación nueva, para ser ejecutada por administración o por otro adjudicatario distinto.

La fijación del precio contradictorio habrá de proceder necesariamente al comienzo de la nueva unidad, puesto que, si por cualquier motivo, ya se hubiese comenzado, el Adjudicatario estará obligado a aceptar el que buenamente quiera fijarle el Sr. Director, y a concluirla a satisfacción de éste.

---

#### ARTICULO 4.7. Reclamaciones de aumento de precios

Si el Contratista, antes de la firma del contrato no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error y omisión reclamar un aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del Presupuesto que sirve de base para la ejecución de las obras.

Tampoco se le admitirá reclamación de ninguna especie fundada en Indicaciones que, sobre las obras, se hagan en la Memoria, por no servir este documento de base a la Contrata. Las equivocaciones materiales o errores aritméticos en las unidades de obra o en su importe, se corregirán en cualquier época que se observen, pero no se tendrán en cuenta a los efectos de la rescisión de contrato, señalados en los documentos relativos a las "Condiciones Generales o Particulares de Índole Facultativa", sino en el caso de que el Ingeniero Director o el Contratista los hubieran hecho notar dentro del plazo de cuatro meses contados desde la fecha de adjudicación. Las equivocaciones materiales no alterarán la baja proporcional hecha en la Contrata, respecto del importe del presupuesto que ha de servir de base a la misma, pues esta baja se fijará siempre por la relación entre las cifras de dicho presupuesto, antes de las correcciones y la cantidad ofrecida.

#### ARTICULO 4.8. Revisión de precios

Contratándose las obras a riesgo y ventura, es natural por ello, que no se debe admitir la revisión de los precios contratados. No obstante y dada la variabilidad continua de los precios de los jornales y sus cargas sociales, así como la de los materiales y transportes, que es característica de determinadas épocas anormales, se admite, durante ellas, la revisión de los precios contratados, bien en alza o en baja y en anomalía con las oscilaciones de los precios en el mercado.

Por ello y en los casos de revisión en alza, el Contratista puede solicitarla del Propietario, en cuanto se produzca cualquier alteración de precio, que repercuta, aumentando los contratos. Ambas partes convendrán el nuevo precio unitario antes de comenzar o de continuar la ejecución de la unidad de obra en que intervenga el elemento cuyo precio en el mercado, y por causa



---

justificada, especificándose y acordándose, también previamente, la fecha a partir de la cual se aplicará el precio revisado y elevado, para lo cual se tendrá en cuenta y cuando así proceda, el acopio de materiales de obra, en el caso de que estuviesen total o parcialmente abonados por el propietario.

Si el Propietario o el Ingeniero Director, en su representación no estuviese conforme con los nuevos precios de los materiales, transportes, etc., que el Contratista desea percibir como normales en el mercado, aquel tiene la facultad de proponer al Contratista, y éste la obligación de aceptarlos, los materiales, transportes, etc., a precios inferiores a los pedidos por el Contratista, en cuyo caso lógico y natural, se tendrán en cuenta para la revisión, los precios de los materiales, transportes, etc. adquiridos por el Contratista merced a la información del Propietario.

Cuando el Propietario o el Ingeniero Director, en su representación, no estuviese conforme con los nuevos precios de los materiales, transportes, etc. Concertará entre las dos partes la baja a realizar en los precios unitarios vigentes en la obra, en equidad por la experimentada por cualquiera de los elementos constitutivos de la unidad de obra y la fecha en que empezarán a regir los precios revisados.

Cuando, entre los documentos aprobados por ambas partes, figurase el relativo a los precios unitarios contratados descompuestos, se seguirá un procedimiento similar al perpetuado en los casos de revisión por alza de precios.

#### *ARTICULO 4.9. Elementos comprendidos en el presupuesto*

Al fijar los precios de las diferentes unidades de obra en el Presupuesto, se ha tenido en cuenta el importe de andamios, vallas, elevación y transporte del material, es decir, todos los correspondientes a medios auxiliares de la construcción, así como toda clase de indemnizaciones, impuestos, multas o pagos que tengan que hacerse por cualquier concepto, con los que se hallen gravados o se graven los materiales o las obras por el Estado, Provincia o Municipio.

---

Por esta razón no se abonará al contratista cantidad alguna por dichos conceptos.

En el precio de cada unidad de obra también van comprendidos los materiales accesorios y operaciones necesarias para dejar la obra completamente terminada y en disposición de recibirse.

#### **Epígrafe IV. Valoración y abonado de los trabajos**

##### *ARTICULO 4.10. Valoración de la obra*

La medición de la obra concluida se hará por el tipo de unidad fija en correspondiente Presupuesto.

La valoración deberá obtenerse aplicando a las diversas unidades de obra, el precio que tuviese asignado en el Presupuesto, añadiendo a este importe el de los tantos por ciento que correspondan al beneficio industrial y descontando el tanto por ciento que corresponda a la baja en la subasta hecha por el Contratista.

##### *ARTICULO 4.11. Mediciones parciales finales*

Las mediciones parciales se verificarán en presencia del Contratista, de cuyo acto se levantará acta por duplicado, que será firmada por ambas partes. La medición final se hará después de terminada las obras con precisa asistencia del Contratista.

En el acta que se extienda, de haberse verificado la medición en los documentos que le acompañan, deberá aparecer la conformidad del Contratista o de su representación legal. En caso de no haber conformidad, lo expondrá sumariamente y a reserva de ampliar las razones que a ello obliga.

---

*ARTÍCULO 4.12. Equivocaciones en el presupuesto*

Se supone que el Contratista ha hecho detenido estudio de los documentos que componen el Proyecto, y por tanto al no haber hecho ninguna observación sobre posible errores o equivocaciones en el mismo, se entiende que no hay lugar a disposición alguna en cuanto afecta a medidas o precios de tal suerte, que la obra ejecutada con arreglo al Proyecto contiene mayor número de unidades de las previstas, no tiene derecho a reclamación alguna.

Si por el contrario, el número de unidades fuera inferior, se descontará del presupuesto.

*ARTÍCULO 4.13. Valoración de obras incompletas*

Cuando por consecuencia de rescisión u otras causas fuera preciso valorar las obras incompletas, se aplicarán los precios del Presupuesto, sin que pueda pretenderse hacer la valoración de la unidad de obra fraccionándola en forma distinta a la establecida en los cuadros de descomposición de precios.

*ARTÍCULO 4.14. carácter provisional de las liquidaciones parciales*

Las liquidaciones parciales tienen carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a certificaciones y variaciones que resulte de la liquidación final. No suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

La propiedad se reserva en todo documento, y especialmente al hacer efectivas las liquidaciones parciales el derecho de comprobar que el Contratista ha cumplido los compromisos referentes al pago de jornales y materiales intervenidos en la obra, a cuyo efecto deberá presente el Contratista los comprobantes que se exigen.

*ARTICULO 4.15. Pagos*

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos y su importe corresponderá, precisamente, al de las

---

Certificaciones de obra expedidas por el Ingeniero Director, en virtud de las cuales se verifican aquellos.

*ARTICULO 4.16. Suspensión por retraso de pagos*

En ningún caso podrá el Contratista, alegando retraso en los pagos, suspender trabajos, ni ejecutarlos a menor ritmo del que corresponda, con arreglo al plazo en que deben terminarse.

*ARTICULO 4.17. Indemnización por retraso de los trabajos*

El importe de la indemnización que debe abonar el Contratista pro causas de retraso no justificado, en el plazo de terminación de las obras contratadas, será: el importe de la suma de perjuicios materiales causados por imposibilidad de ocupación del inmueble, debidamente justificados.

*ARTICULO 4.18. Indemnización por daños de causa mayor al contratista*

El Contratista no tendrá derecho a indemnización por causas de pérdidas, averías o perjuicio ocasionados en las obras, sino en los casos de fuerza mayor. Para los efectos de este artículo, se consideran como tales casos únicamente los que siguen:

1. Los incendios causados por electricidad atmosférica.
2. Los daños producidos por terremotos y maremotos.
3. Los producidos por vientos huracanados, mares y crecida de los ríos superiores a las que se sean de prever el país, y siempre que exista constancia inequívoca de que el contratista tomó las medidas posibles, dentro de sus medios, para evitar o atenuar daños.
4. Los que provengan de movimientos del terreno en que estén construidas las obras.
5. Los destrozos ocasionados violentamente, a mano armada, en tiempo de guerra, movimientos sediciosos populares o robos tumultuosos.

---

La indemnización se referirá exclusivamente, al abono de las unidades de obra ya ejecutadas o materiales acopiados a pie de obra; en ningún caso comprenderá medios auxiliares, maquinaria o instalaciones, etc., propiedad de la Contrata.

### **Epígrafe V. Varios**

#### *ARTICULO 4.19. Mejoras de la obra*

No se admitirán mejoras de obra, más que en el caso en que el Ingeniero Director haya ordenado por escrito la ejecución de los trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el Contrato. Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del Proyecto, a menos que el Ingeniero Director ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

#### *ARTICULO 4.20. Seguro de los trabajadores*

El Contratista está obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en todo momento, con el valor que tengan, por Contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en caso de siniestro, se ingresará a cuenta, a nombre del Propietario para que con cargo a ella, se abone la obra que se construya y a medida que estase vaya realizando.

El reintegro de la cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción. En ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista, hecha en documento público, el Propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres ajenos a los de la construcción de la parte siniestrada. La infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el Contratista pueda rescindir la contrata, con devolución de la fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc. y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al Contratista por el siniestro y que no le hubiesen abonado, pero eso en proporción equivalente

---

a lo que suponga la indemnización abonada por la Compañía Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el Ingeniero Director.

En las obras de reforma o reparación se fijará, previamente, la proporción de edificio que se debe asegurar y su cuantía, y si nada se previese, se entenderá que el seguro ha de comprender toda parte de edificio afectado por la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuran en la póliza de seguros, los pondrá el contratista antes de contratarlos en conocimiento del propietario, al objeto de recabar de este su previa conformidad o reparos.

## **CAPITULO V. PLIEGO DE CONDICIONES DE INDOLE LEGAL**

### *ARTICULO V. Jurisdicción*

Para cuantas cuestiones, litigios o diferencias pudieran surgir durante o después de los trabajos, las partes se someterán a juicio de amigables componedores nombrados en número igual por ellas y presidido por el Ingeniero Director de la Obra y en último término, a los Tribunales de Justicia del lugar en que radique la propiedad, con expresa renuncia del fuero domiciliario.

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el proyecto. (La Memoria no tendrá consideración de documento del Proyecto).

El Contratista se obliga a lo establecido en la Ley de Contratos de Trabajo y además a lo dispuesto por la de accidentes de trabajo, subsidio familiar y seguros sociales.

Serán de cargo y cuenta del Contratista el vallado y la vigilancia del solar, cuidando de la conservación de sus líneas de lindeo y vigilando que, por los poseedores de las fincas contiguas, si las hubiese, no se realizan durante las obras actos que mermen o modifiquen la propiedad.

---

Toda observación referente a este punto será puesta inmediatamente en conocimiento del ingeniero director.

El Contratista es responsable de toda falta relativa a la política urbana y a las ordenanzas municipales estos aspectos vigentes en la localidad en que la edificación esté emplazada.

*ARTICULO 5.2. Accidentes de trabajo y daños a terceros*

En caso de accidentes ocurridos con motivo en el ejercicio de los trabajos para la ejecución de las obras, el Contratista se atenderá a lo dispuesto a estos respectos en la legislación vigente, y siendo, en todo caso, único responsable de su cumplimiento y sin que por ningún concepto, pueda quedar afectada la Propiedad por responsabilidades en cualquier aspecto.

El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes preceptúan para evitar, en lo posible, accidentes a los obreros o viandantes, no sólo en los andamios, sino en todos los lugares peligrosos de la obra.

De los accidentes o perjuicios de todo género que, por no cumplir el contratista lo legislado sobre la materia, pudieran acaecer o sobrevenir, será este el único responsable, o sus representantes en la obra, ya que se considera que en los precios contratados están incluidos todos los gastos precisos para cumplimentar dichas disposiciones legales.

El Contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la edificación donde se efectúen las obras como en las contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiera lugar, de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de las obras.

El contratista cumplirá los requisitos que prescriben las disposiciones vigentes sobre la materia, debiendo exhibir, cuando a ello fuera requerido, el justificante de tal cumplimiento.

---

### ARTICULO 5.3. Pago de arbitrios

El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen, sobre vallas, alumbrado, etc., cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras por concepto inherente a los propios trabajos que se realizan correrá a cargo de la Contrata, siempre que en las condiciones particulares del Proyecto no se estipule lo contrario. No obstante, el Contratista deberá ser reintegrado del importe de todos aquellos conceptos que el Ingeniero Director considere justo hacerlo.

### ARTICULO 5.4. Causas de rescisión de contrato

Se consideran causas suficientes de rescisión las que a continuación se señalan:

1. La muerte o incapacidad del contratista.
2. La quiebra del contratista.

En los casos anteriores, si los herederos o síndicos ofrecieran llevar a cabo las obras, bajo las mismas condiciones estipuladas en el contrato, el Propietario puede admitir o rechazar el ofrecimiento, sin que en este último caso tengan aquellos derecho a indemnización alguna.

3. Las alteraciones del contrato por las causas siguientes:

- ◇ La modificación del Proyecto en forma tal que presente alteraciones fundamentales de mismo, a juicio del Ingeniero Director y, en cualquier caso siempre que la variación del presupuesto de ejecución, como consecuencia de estas modificaciones, represente en más o menos del 40 por 100, como mínimo, de algunas unidades del proyecto modificadas.
- ◇ La modificación de unidades de obra, siempre que estas modificaciones representen variaciones en más o en menos del 40 por 100, como mínimo de las unidades del proyecto modificadas.



---

4. La suspensión de la obra comenzada, y en todo caso siempre que, por causas ajenas a la contrata, no se de comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses, a partir de la adjudicación, en este caso, la devolución de la fianza será automática.

5. La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año.

6. El no dar comienzo la contrata a los trabajos dentro del plazo señalado en las condiciones particulares del Proyecto.

7. El cumplimiento de las condiciones del contrato, cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de la obra.

8. La terminación del plazo de ejecución de la obra, sin haberse llegado a ésta.

9. El abonado de la obra sin causa justificada.

10. La mala fe en la ejecución de los trabajos.

## **CAPITULO VI. CONDICIONES EN LOS EQUIPOS E INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS**

### *ARTICULO 6.1. Condiciones generales*

Los equipos deberán respetar las distancias de seguridad mínima, siempre en la medida de lo posible, que en el caso del reactor y agitadores es de un radio de 5 m a su alrededor.

Si es preciso la inclusión de equipos adicionales dentro de este espacio, se considerarán estos equipos como parte de los cambiadores, reactores y columnas existentes, tomando para ellos las mismas medidas de prevención y seguridad.

Los demás equipos de la planta de proceso y equipos de servicios auxiliares se implantarán de acuerdo con la experiencia en el diseño, y se intentará dejar 1 m libre a su alrededor para su acceso y mantenimiento.

---

Dado que en la planta se tratan líquidos a alta temperatura, los equipos, y en general la planta de proceso estarán diseñados en base a que se puedan aislar contra el calor y cortar el flujo entre los equipos y distintas secciones entre sí, de forma que su contenido pueda ser rápidamente evacuado, en caso de necesidad, hacia zonas no peligrosas y disponer de adecuados sistemas de protección y lucha contra incendios.

Las tuberías de servicios auxiliares estarán eficazmente protegidas contra el posible aumento de temperatura.

Las estructuras metálicas de equipos y tuberías estarán constituidas por elementos de tubo de acero o perfil estructural de acero laminado unidos por roblones, tornillos o soldadura, y estarán protegidos contra la corrosión y el ambiente específico que las rodee.

En general, los soportes metálicos de los haces de tuberías elevadas y las estructuras metálicas que soporten equipos de proceso de capacidad superior a 500 litros, o de un peso total superior a 2.500 Kg, deberán ser protegidos mediante una capa resistente al fuego. La capa de protección ignífuga podrá ser:

- Hormigón de 150 Kg/cm<sup>2</sup> de resistencia característica a la compresión, aplicado manualmente en una capa de 5 cm de espesor.
- Mortero de cemento en la proporción de 13, aplicado por el sistema de proyección neumática hasta obtener una capa de 4 cm de espesor.
- Otros materiales ignífugos de eficacia reconocida con el espesor y modo de aplicación especificado por el fabricante para obtener un grado de resistencia al fuego de dos horas como mínimo (RF-120).

El armado y anclaje del ignifugado, la selección de los agregados al hormigón o mortero y, en general, la aplicación de la protección ignífuga se realizará de acuerdo con la buena práctica propia de los materiales utilizados en cada caso.

---

Los soportes metálicos de los haces de tuberías serán protegidos hasta una altura de 4,5 m desde el suelo, pero podrá interrumpirse la protección 0,30 m por debajo de la viga transversal más baja.

Los soportes de los haces de tuberías elevadas, en pórtico o no, asegurarán una altura libre mínima de 2,20 m en las zonas reservadas a pasos de personas, y de 3,50 m en los pasos reservados a vehículos.

La seguridad en las instalaciones debe garantizarse por la utilización de aparatos de control, así como por la instalación de válvulas de seguridad, juntas de expansión, bocas contra incendios equipadas, extintores o dispositivos análogos.

Se preverán dispositivos de seguridad para cortar en el mínimo tiempo la formación accidental de atmósferas explosivas e inflamables en el interior de los equipos, tal como interrupción rápida de la alimentación a los equipos e inyección de vapor ahogo.

Todos los equipos y accesorios que se instalen se construirán de acuerdo con la reglamentación particular que les sea aplicable, teniendo siempre en cuenta las condiciones extremas de servicio y las máximas alcanzables en situaciones anormales que puedan esperarse razonablemente.

Se dedicará especial atención a los puntos débiles de la instalación, tales como cierres de bombas, juntas de bridas, válvulas, etc. El material de que estén fabricados será el adecuado a los líquidos inflamables y combustibles con que tenga contacto para las condiciones extremas de presión y temperatura.

Los equipos utilizados en el proceso de producción de gelatina a partir de material óseo de pescado, reúnen las características y están contruidos con los materiales que se refieren a continuación.

---

## ARTICULO 6.2. Tuberías de proceso

### 6.2.1. Tuberías de proceso

Las tuberías para transporte y trasiego de líquidos y productos químicos se montarán en haces paralelos, dejando entre ellas una distancia tal que anule la posible influencia mutua entre ellas.

Se estudiarán y preverán los movimientos por dilatación y contracción térmicas de las tuberías, las cuales se dispondrán de modo que tales movimientos sean absorbidos por su configuración, por los cambios de dirección y por la selección de los puntos de anclaje. Donde sea preciso se instalarán liras de dilatación, evitándose en lo posible, las juntas de expansión.

Los haces de tuberías pueden ser aéreos, apoyados sobre durmientes en el suelo, enterrados o alojados en fosos.

Los haces de tuberías aéreas se apoyarán sobre pilares o pórticos construidos de hormigón armado o con perfiles estructurales de acero laminado unidos por soldadura, tornillos o roblones. Su altura mínima será de 2.20 metros en zonas de paso de peatones y de 4.50 metros en los cruces de calles interiores.

Las tuberías apoyadas en durmientes sobre el terreno se mantendrán limpias de maleza de modo que haya siempre espacio libre entre ellas y el suelo. Asimismo, se dejará una zona de un metro a ambos lados del haz de tuberías exenta de maleza y materias combustibles para evitar que un posible incendio de éstas afecte a las tuberías.

Las tuberías enterradas se tendrán de forma que la profundidad entre la generatriz superior de los tubos y la superficie del suelo sea al menos de 60 centímetros y en cualquier caso la suficiente para proteger la canalización de los esfuerzos mecánicos exteriores a que se encuentren sometidas, teniendo en cuenta la constitución del suelo y las protecciones adicionales utilizadas. Cuando la zanja se excave en el suelo rocoso, se hará un lecho de material blando, no corrosivo, para que no se dañen los tubos o su revestimiento. Las tuberías de acero enterradas serán protegidas contra la corrosión galvánica o por la humedad del terreno mediante revestimientos o protección catódica.

---

---

Cuando la tubería o haz de ellas atraviesa un manto acuífero bajo el nivel freático, se tomarán todas las precauciones necesarias para que no se modifiquen las condiciones exigidas por la seguridad de las tuberías, y se sujetarán éstas convenientemente para evitar su desplazamiento en cualquier sentido.

En el tendido de los haces de tuberías de líquidos inflamables y combustibles en las proximidades o cruces de líneas eléctricas de alta tensión, líneas de telégrafos, ferrocarriles, carreteras o análogas, deberán adoptarse las precauciones suplementarias adecuadas, a juicio del órgano competente de la correspondiente Comunidad Autónoma, procurando que se puedan tender, reparar o sustituir las tuberías sin interrumpir el otro servicio, y reduciendo al mínimo los riesgos que puedan existir en tales operaciones.

Se prohíbe la utilización durante más de un mes de mangueras flexibles en instalaciones donde sea posible montar tuberías rígidas. Se excluyen de esta prohibición los dispositivos de carga y descarga a granel, la alimentación de combustibles a calderas, y los conductos de distribución de productos especiales. La longitud de las mangueras utilizadas en estos casos será la más corta posible.

#### 6.2.1.1. Tuberías de acero al carbono en superficie

Según los casos se aplicará a ó b.

a) Galvanizado en caliente por inmersión, previo tratamiento químico, según UNE 37501. Dos capas de pintura de acabado al cloro-caucho puro, INTA 164704 de 30 micras de espesor cada capa.

b) Limpieza exterior mediante chorreado de arena SA 2<sub>1/2</sub>. Imprimación rico en zinc hasta 50 micras, INTA 164705. Acabado poliuretano, de 35 micras de espesor cada capa, INTA 164704 A.

La instalación de las tuberías de proceso se hace según el Código ASME B31.8: "Sistemas de tuberías de conducción y distribución de gas. Los tipos de tuberías seleccionadas y sus propiedades aparecen en ASTM A-53 y ASTM A-105.

---

### 6.2.2. Válvulas

El Contratista incluirá las especificaciones del tratamiento aplicado por el fabricante.

### 6.2.3. Juntas de desmontaje

Llevarán el mismo tipo de tratamiento que la tubería correspondiente

### 6.2.4. Intercambiadores de calor

Los cambiadores de calor deben instalarse y someterse a las pruebas hidráulicas indicadas por el fabricante antes de su puesta en marcha.

Los cambiadores de carcasa y tubos van asentados sobre dos cunas de faldón cilíndrico sujetadas al suelo de forma adecuada.

### 6.2.5. Recipientes a presión: reactores mezcla perfecta, tanque neutralizador

Las condiciones que deben cumplir estos equipos en su fase de construcción y en su instalación debe regirse por lo expuesto en el Código ASME, Sección VIII: "Recipientes a Presión". En cualquier caso prevalecerán indicaciones especiales que pueda realizar el fabricante del equipo.

Para prevenir que las presiones en el equipo alcancen niveles que puedan producir roturas o fallos mecánicos, se diseñarán sistemas de alivio de sobrepresión, normalmente llamados de seguridad, hasta que la presión en el equipo o circuito que deban proteger, caiga de nuevo dentro de los límites normales de funcionamiento.

Las instalaciones de alivio de sobrepresión y las de evacuación pueden ser comunes en cuanto al trasiego y la retirada de los fluidos evacuados. Los destinos de estos fluidos pueden ser:

- ◇ Sistema especial de evacuación.
- ◇ Retorno al proceso.

- 
- ◇ Un colector de drenajes, según el carácter de los fluidos y las condiciones bajo las que se evacuan.

Los sistemas que pueden utilizarse según los casos son:

- ◇ Válvulas de seguridad para líquidos y para vapores.
- ◇ Portezuelas de seguridad o de explosión.

Las válvulas de seguridad se instalarán de acuerdo con los requisitos del Reglamento de aparatos a presión. Como norma general se instalará una válvula de seguridad si hay alguna posibilidad de que se sobrepase la presión de diseño en algún punto de la planta.

Las tuberías de descarga directa a la atmósfera que requieran un dispersante llevarán acoplado en su salida un anillo de distribución provisto de orificios para favorecer el arrastre ascendente de los vapores de proceso.

Las válvulas de seguridad cumplirán alguna de las normas API, ASNM, NFPA.

Se preverá poder efectuar la descarga intencionada de vapor o líquidos, por presión autogenerada en el equipo, con uno o varios de los siguientes propósitos:

- \_ Reducir o controlar la presión no usual, tal como la que pueda producir una reacción química.
- \_ Vaciar el sistema de su contenido en situaciones de emergencia.
- \_ Efectuar las purgas previas a los trabajos de mantenimiento.
- \_ Por otras razones.

Las instalaciones de evacuación complementarán sin reemplazarlas, a las válvulas de

seguridad y consistirán especialmente en válvulas de evacuación de conexión entre la unidad y

---

las líneas de evacuación a los recipientes receptores desde los que se dispondrá de manera

segura de los productos recibidos.

Las válvulas de evacuación estarán instaladas de modo que les sea posible operar bajo

condiciones de emergencia.

Los puntos de conexión del sistema a la unidad se estudiarán cuidadosamente, considerando:

- ◇ La cantidad de emergencia.
- ◇ La velocidad de reducción de presión.
- ◇ La posibilidad de obstrucciones del fluido en los tubos por depósitos de herrumbre, carbón o similares.

Puesto que uno de los requisitos más importantes de los sistemas de evacuación es la reducción rápida de la presión, las líneas del sistema no limitarán esta función.

Cuando varias fuentes de líquido o de vapores descarguen en una línea de evacuación común, ésta deberá estar prevista para la máxima circulación que pueda esperarse y teniendo en cuenta las condiciones en que sea más urgente la reducción de la presión y la evacuación de los fluidos contenidos en recipientes, como por ejemplo, cuando una parte de la unidad, está envuelta en llamas.

Las instalaciones de evacuación deben preverse para reducir la presión en los equipos con la suficiente rapidez compatible con la seguridad del equipo, suponiendo que toda la presión se alivie por el propio sistema de evacuación.

Los circuitos de evacuación para depresionar los equipos que están sometidos a presión, estarán conformes con los requisitos del Reglamento de aparatos a presión.



---

Se tendrá en cuenta el que los circuitos de evacuación de las distintas instalaciones no se interfieran entre sí, en evicción de que puedan surgir problemas en la parada de las plantas o que afecten de algún modo su seguridad.

#### *6.2.6. Motores eléctricos*

Según norma del fabricante. Carcasa y ventilador con pintura anticorrosiva previo chorreado de arena SA 21/2. Dos capas de pintura de acabado al clorocaucho puro de 30 micras de espesor cada capa.

#### *6.2.7. Instalación de instrumentación y control*

Deben cumplirse las normas internacionales IEEE-1118, IEC-1131-2, ANSI/ISAS72.01 y IEEE-802.2, debiendo en cualquier caso seguir cualquier indicación especial dada por el fabricante.

#### *6.2.8. Tornillerías*

La totalidad de la tornillería empleada en la construcción y montaje de estas instalaciones, es como mínimo cadmiada y en caso de estar sumergida será de calidad AISI 304.

#### *6.2.9. Bombas y soplantes centrífugas*

Su disposición estará de acuerdo con la norma DIN 24256. Las bocas de conexión estarán de acuerdo con la norma DIN 2502-PN 10.

La disposición y dimensiones de los motores eléctricos acoplados a estos equipos seguirán las normas IEC, MEC, y DIN 42673.

El fabricante deberá suministrar las curvas de rendimiento, potencia, caudal y MPS para todos estos equipos instalados.

Para suavizar el arranque y evitar derrames de líquidos al parar el motor, deberá instalarse, en la tubería de impulsión, una válvula de retención.

Hay que asegurarse de que el sentido de giro del motor sea el correcto, en la instalación. En caso contrario el caudal disminuye notablemente.

---

La magnitud de cualquier vibración, con el equipo funcionando en su caballete soporte, no debe sobrepasar 0,05 mm, doble amplitud, medida en el soporte del cojinete.

#### *6.2.10. Prueba hidrostática*

La prueba hidrostática de las columnas, depósitos, y de toda la instalación es efectuada en presencia de un representante de la Consejería de Industria de la Junta de Andalucía, en conformidad con lo preceptuado en el Reglamento de Recipientes a Presión vigente.

Donde sea posible, todas las líneas se probarán hidrostáticamente en campo. Las líneas de drenaje o venteo a la atmósfera no deben ser probadas.

#### *6.2.11. Aislamiento térmico*

En general, la aplicación de calorifugado al conjunto de equipos y conducciones de este proyecto se realiza según las especificaciones de los fabricantes de los equipos. El fabricante del material aislante garantizará las características de conductividad, densidad aparente, permeabilidad al vapor de agua y todas las demás, antes mencionadas mediante etiquetas o marcas.

El material de aislamiento no sufrirá deformaciones como consecuencia de las temperaturas ni debido a la formación de condensaciones. Será compatible con el material de fabricación del equipo, sin que pueda provocar corrosión.

#### *6.2.12. Depósitos de almacenamiento y de pre-mezcla*

Los tanques de almacenamiento de líquidos estarán diseñados acordes al código API-ASME Specification 12D.

El material de los accesorios y equipos de los tanques de almacenamiento debe tener características mecánicas al menos iguales a las del propio tanque, y debe proyectarse y montarse de tal modo que no exista riesgo de estar sometida a tensiones anormales en caso de dilatación o asentamiento del suelo.

---

No obstante, los accesorios situados sobre el techo podrán ser de materiales ligeros, siempre que no estén sometidos a esfuerzos que exijan el requisito anterior.

Las válvulas acopladas a los tanques de líquidos a alta temperatura serán de acero e irán conectadas mediante tubuladuras soldadas directamente al tanque.

Las tubuladuras o conexiones entre el tanque y sus válvulas serán rígidas y su diseño corresponderá a las normas utilizadas para el tanque.

El cuerpo inferior del tanque no llevará más aberturas que las correspondientes a las bocas de inspección, limpieza, entrada y salida de productos, purga y drenaje y, si se requiere, para la línea de calentamiento. En su cubierta irán instalados los venteos abiertos de presión producida por la aspiración o impulsión del fluido que lo contenga al bombearse éste y las bocas de inspección, sondeo y niveles.

Los tanques serán sometidos a prueba hidrostática, llenos de agua, a la temperatura ambiente, la prueba se mantendrá durante el tiempo necesario para examinar el tanque y observar si existen fugas o se producen deformaciones o asentamientos del terreno que puedan suponer un riesgo en su utilización.

#### 6.2.12.1. Fase de construcción y pruebas hidrostáticas

Por mediación de la Autoridad Inspectora, durante la construcción del aparato, se comprobará:

- ◇ Que el fabricante dispone del correspondiente Reglamento Tipo y a su vez proporciona a la Autoridad Inspectora, los documentos, dibujos, planos debidamente registrados, para que durante la construcción del aparato, pueda éste ser inspeccionado cuantas veces se considere necesario, antes de efectuar la prueba de presión hidrostática definitiva.
- ◇ Que los grados, nombre y espesores de los materiales.

- 
- ◇ Que el acabado, especialmente las soldaduras u otras uniones, es correcto mediante inspección visual.
  - ◇ Que el aparato dispone de la correspondiente placa de características o placa timbre.
  - ◇ Cuando sean necesarios, los certificados correspondientes a los tratamientos térmicos y pruebas de producción y cuando se apliquen, se efectuará el control de los materiales después de su conformación y tratamiento térmico.
  - ◇ Los certificados correspondientes a las pruebas de cualificación de soldadores.
  - ◇ En el caso de una construcción parcial previa, la correspondencia entre los certificados y los elementos estructurales.

Las pruebas de presión se realizan en la mayoría de los casos, con agua u otros líquidos no peligrosos, a temperaturas inferiores a 40°C. En el caso de recipientes con varios compartimentos a presión, cada uno de ellos debe someterse a la correspondiente prueba individual de presión.

El requisito anterior puede dispensarse sólo en el caso de que la pared se encuentre entre los dos espacios a presión, se haya calculado para presión diferencial y las condiciones de manejo, aseguren que ningún espacio pueda encontrarse bajo presión, independientemente del otro espacio.

Se comprobará que la presión indicada por el medidor de presión, coincide con la presión real a que está sometido el recipiente. Esta comprobación deberá efectuarse por los medios más adecuados.

Se comprobará que el fabricante emplea personal experto y de confianza, en la preparación y ejecución de las pruebas de presión. En el caso de efectuar una prueba de presión hidrostática, se comprobará antes de efectuar el correspondiente control, que el recipiente se encuentre lleno de líquido prueba. Para ello es necesario dejar abierta durante el proceso de llenado del

---

recipiente, alguna abertura superior del mismo, para permitir la salida de todo el aire e impedir que queden en su interior bolsas de agua y aire.

Se comprobará a su vez, que el recipiente está soportado y arriostrado de forma tal que, las personas que vayan a efectuar la prueba hidrostática, quedan protegidas de todo peligro y el propio recipiente no puede sufrir ningún daño.

Se comprobará que las paredes exteriores del recipiente se mantienen secas durante la prueba hidrostática.

En el caso de que se efectúe la prueba hidrostática a temperatura inferior a 0°C, se comprobará si se han tomado las precauciones necesarias para estar seguro de que el contenido del recipiente, el medidor de presión y las tuberías de suministro, están perfectamente protegidas de las heladas.

El recipiente debe encontrarse lleno de líquido y a la presión de timbre, antes de la llegada de la Autoridad Inspectora. Una vez llega ésta, se irá incrementando el valor de presión de prueba. La presión de prueba se mantendrá durante el tiempo necesario para examinar el recipiente y observará si existen fugas o se producen deformaciones, especialmente en las juntas soldadas y sus zonas próximas y si las deformaciones producidas, en el caso de que las hubiera, son permanentes, especialmente en las superficies planas. Para ello es imprescindible, que durante esta prueba estén al descubierto y sin pintura todas las tuberías y juntas.

En el caso de que la presión de prueba, se realice en un lugar distinto del lugar donde debe ir instalado el recipiente, debe indicarse en los documentos de aprobación correspondiente.

En el caso de que los elementos de cierre proyectados para el recipiente, no hayan sido todavía suministrados en el momento de efectuar la correspondiente prueba de presión, pueden adaptarse materiales auxiliares, tales como bridas, tapas, cubiertas, tornillos, pernos, juntas, juntas soldadas suplementarias, etc.

Los materiales auxiliares y sus dimensiones, deben ser suficientes para soportar las tensiones a que será sometidas durante la prueba. Todos los

---

---

materiales auxiliares desmontables, deben quitarse una vez efectuada la prueba de presión, para eliminar la posibilidad de un uso incorrecto de los mismos, durante el funcionamiento del recipiente.

Se emplearán los pernos más adecuados a cada tipo de tapas de cierre. Los pernos deberán adaptarse con cuidado, uniformemente y no más de lo que sea necesario para los propósitos de cierre. En la operación de apriete de los pernos, solamente se usarán llaves dinamométricas o herramientas adecuadas. Quedará prohibido el uso de tubos, palancas, llaves de aletas y cierres compuestos por pernos en U.

En las pruebas hidrostática, con presiones de prueba superiores a 100 bar y en pruebas neumáticas, debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- ◇ Las pruebas de presión deberán realizarse en dependencias o lugares a los que sólo tenga acceso el personal de prueba durante el transcurso de la misma.
- ◇ En el caso de que no exista una dependencia o lugar adecuado, se tomarán las medidas de protección pertinentes para mantener la seguridad.
- ◇ Si es posible observar las variaciones de presión en el recipiente desde una distancia de seguridad o desde un punto protegido.
- ◇ Una inspección directa, solo deberá realizarse cuando el recipiente haya permanecido bajo la presión de prueba durante el tiempo suficiente.
- ◇ No está permitido pegar martillazos al recipiente mientras éste permanezca bajo presión.

Se comprobará que el aparato va provisto de la correspondiente placa timbre, donde irán grabadas la presión de timbre, el número de registro del aparato y la fecha de la primera prueba.

---

Se comprobará además que el aparato lleva una placa de identificación, en la que consten los siguientes datos:

- ◇ Nombre y/o razón social.
- ◇ Número de fabricación.
- ◇ Características principales.

#### 6.2.12.2. Especificaciones mecánicas y químicas de los materiales

En el presente caso no se precisan tratamientos térmicos.

Dado que el material utilizado para la construcción es acero inoxidable AISI 301, en los cálculos se han tenido en cuenta un sobreespesor por corrosión de 1,5 mm, que compensan los posibles efectos de la corrosión.

Las uniones por soldadura se efectuarán por pasadas simples o múltiples, según espesores de las juntas, a ser posible por ambas caras.

Las soldaduras se realizarán con electrodos recubiertos y equipados de soldadura manual o bien equipos automáticos para virolas o fondos. Las superficies a soldar, se preparan por cizallamiento con martillo neumático, con cortafríos y máquinas de fresa circular y amoladoras.

Las soldaduras se realizarán según la secuencia del diseño de la junta, que se incluye en el cuadro y fichas técnicas con las intensidades de corriente, comprendidas entre los límites recomendados por el fabricante seleccionado.

Todas las escorias o residuos de fundente de cualquier cordón de soldadura, serán eliminados antes de efectuar el siguiente cordón. Las partes adyacentes se limpiarán por amolado para quitar las salpicaduras.

Todas las grietas, poros o cualquier defecto que se pueda detectar visualmente en la superficie de algún cordón de soldadura durante la misma, serán eliminados por esmerilado antes de depositar el siguiente cordón de soldadura.

---

Tanto el proceso de soldadura de las diversas partes, como los operarios soldadores, estarán debidamente homologados según la norma de diseño y construcción.

Para ello se dispondrán de los oportunos certificados de soldadura y de calificación de operarios, extendidos por las Entidades de Inspección y Control de la Administración.

Se efectuarán análisis radiográficos estadísticos de las soldaduras por la Entidad de Inspección y Control de la Administración, de acuerdo con la Norma anteriormente citada.

Se solicitarán al fabricante suministrador los correspondientes certificados en la construcción.

#### 6.2.12.3. Especificaciones de los depósitos

En este apartado se entrará a estudiar las normas y reglas relativas a los materiales, diseños, fabricación, montaje y pruebas de los depósitos de acero inoxidable cilíndricos que se estimaron necesarios en la Memoria del presente Proyecto.

En el pedido del depósito se deberá indicar:

- ◇ Emplazamiento del depósito geográficamente, y clasificación sísmica.
- ◇ Diámetro y altura o capacidad del depósito.
- ◇ Tipo de techo.
- ◇ Propiedades dignas de tener en cuenta sobre el fluido contenido, peso específico, etc.
- ◇ Presión de diseño y temperatura de diseño.
- ◇ Tamaño, número y tipo de todos los montajes y conexiones indicando los emplazamientos.



- 
- ◇ Especificación sobre el aislamiento a aplicar.
  - ◇ Accesorios propios del depósito.

Las escaleras y pasarelas son de construcción, y la anchura de paso mínima en las mismas es de 600 mm.

El ángulo de las escaleras respecto a la horizontal no deberá exceder de 45°.

No se admitirán escaleras verticales en depósitos de más de cinco metros de altura. A partir de esta altura se dispondrán escaleras en forma helicoidal a lo largo de la generatriz del depósito.

Los peldaños de la escalera se hacen de tipo antideslizante capaces de soportar 2,4 N/m<sup>2</sup>. Cada 6 metros se dispondrá de un descansillo intermedio.

Las barandillas de los techos de los depósitos, escaleras y pasarelas serán de perfiles de acero adecuado. En todos los tanques de más de 5 metros de altura, todo el perímetro del tanque irá provisto de una barandilla.

Todas las superficies mecanizadas, al igual que los pernos y tuercas se dejarán sin pintar y se revestirán con una mano de inhibidor de la corrosión antes de su expedición.

Todos los depósitos están provistos de unas conexiones a tierra adecuadas según la legislación vigente (UNE 62004).

Se prueba el depósito llenándolo con agua hasta el borde superior. A lo largo de todo el periodo de llenado se mantendrá una inspección continua. Se repararán todas las fugas que se encuentren, con el nivel de agua a 300 mm. como mínimo por debajo del punto que se repara.

**ARTÍCULO 6.3. Características de seguridad del equipo, motores y máquinas no eléctricos, contra incendios y explosiones**

Se consideraran sin riesgo de producir incendio los materiales, motores y maquinas no eléctricos siguientes:

- ◇ Los motores accionados por fluidos a presión no inflamables.
-

---

◇ Los motores de explosión cuando reúnan los siguientes requisitos:

- Uno o varios conductos aislados térmicamente y estancos, evacuando los gases de escape al exterior de las zonas de almacenamiento y proceso.
- La alimentación del aire al motor se verifica a través de un conducto estanco que aspira fuera de las zonas de almacenamiento y proceso.
- Un dispositivo de paro en caso de sobrevelocidad.
- Una instalación eléctrica de acuerdo con el artículo 7.1.

En caso de existir un sistema de arranque eléctrico deberá estar de acuerdo con el Art. 6.11.

#### *ARTÍCULO 6.4. Ventilación de locales*

Sección 1.02. Todos los locales con presencia de personas y que puedan contener contaminantes gaseosos deberán estar dotados de unos dispositivos eficaces de control de atmósfera o de una ventilación adecuada, natural o forzada, a fin de mantener las concentraciones en aire por debajo de los niveles máximos permitidos por la legislación vigente.

Si dicha presencia es ocasional, no será necesario el requisito anterior permanentemente, pero se deberá posibilitar su actuación.

En aquellos locales en que se almacenen productos inflamables y combustibles y susceptibles de producir vapores deberán colocarse chimeneas de ventilación en la parte alta del techo.

---

## ARTÍCULO 6.5. Medios generales de lucha contra incendios

### *1. Utilización de extintores*

En todas las instalaciones se preverá la instalación de extintores de polvo portátiles o sobre ruedas. Se prestara especial atención a:

- Unidades de proceso, en las que se colocaran extintores portátiles o sobre ruedas para cubrir en cualquier momento los riesgos que pueda derivarse de reactor, agitadores, bombas, niveles de seguridad etc. Su distribución en la planta asegurara una rápida intervención del personal, hacia puntos de posible peligro.
- Postes de carga a granel en cargaderos de vehículos cisterna. En su proximidad y sitio seguro se situara al menos un extintor en polvo seco sobre ruedas de 100 Kg. ó 2 de 50 Kg. o de otro tipo de capacidad de extinción equivalente.
- Otros puntos de peligro, tendrán como mínimo dos extintores portátiles de 10 ó 12 Kilogramos.

Los extintores se revisaran periódicamente de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, pero como mínimo una vez al año. También se realizaran pruebas de presión hidráulica de acuerdo con lo perpetuado en el reglamento de aparatos de presión.

### *2. Utilización de materia móvil de gran potencia*

Estos medios permitirán completar la protección suministrada por las diferentes instalaciones fijas. Podrán estar constituidos por cualquiera de los siguientes medios:

- Motobombas transportables.
- Monitores transportables sobre ruedas.

---

## ARTÍCULO 6.6. *Protección e instalaciones para la lucha contra incendios*

### *1. Protección personal*

En la planta de proceso, nave de almacenamiento, centros de bombeo, cargaderos y en cuantos puntos pueda existir el peligro de quemaduras de personal, existirán mantas ignífugas debidamente repartidas.

En un lugar adecuado de la planta existirán, para el personal encargado de la lucha contra incendios, trajes de aproximación al fuego, equipos respiratorios, pantallas anticalóricas, guantes, gafas y demás elementos protectores.

### *2. Protección de las unidades*

Se asegurara por medio de dispositivos fijos o móviles que proyecten uno o varios productos extintores apropiados, tales como agua pulverizada, espuma, vapor, polvo, etc...

Las instalaciones de protección fijas de accionamiento automático, deberán de poderse accionar igualmente de manera manual, situados los mandos en un lugar debidamente alejado de la instalación que protegen.

### *3. Mando de instalaciones fijas*

Los mandos de todas las instalaciones fijas de lucha contra incendios, comprendidas las válvulas de evacuación de agua fuera de los cubetos de retención, deberán estar señalizados.

Estos mandos deberán poder utilizarse en todas las circunstancias. A este efecto, deberán encontrarse al exterior de los cubetos de retención y a una distancia mínima de 25 metros de la pared del tanque que protegen.

Esta distancia podrá reducirse si los mandos están colocados al abrigo de una pantalla cortafuegos fija y eficaz, y si el personal encargado de su manejo dispone de equipos apropiados de protección contra el fuego. La pantalla cortafuego podrá estar constituida por un obstáculo incombustible.

---

#### *ARTÍCULO 6.7. Sistema de alarma*

Puntos de alarma, para en caso de incendio avisar al servicio de seguridad, estarán repartidos de tal manera que, en ningún caso, la distancia a recorrer para alcanzar un punto superior a 25 metros, a partir de un elemento conteniendo líquidos inflamables y combustibles, excepto tuberías. Caso de no existir puntos de alarma deberán sustituirse por transmisores portátiles de radio en poder de vigilantes o personal de servicio.

#### *ARTÍCULO 6.8. Redes de drenaje*

Las redes de drenaje se diseñaran para proporcionar una adecuada evacuación de los fluidos residuales, aguas de lluvia, de proceso y del servicio contra incendios.

Los materiales de las conducciones y accesorios serán adecuados para resistir el posible ataque químico de los productos que deban transportar.

El tamaño mínimo de las tuberías subterráneas será de 100 milímetros y la profundidad mínima de enterramiento, sin protección mecánica, debe ser de 600 milímetros medidos desde la generatriz superior de la tubería de drenaje hasta el nivel del terreno.

En los cruces de las calles o zonas donde circulen vehículos pesados, las tuberías de drenaje se situaran a una profundidad mayor o se protegerán adecuadamente para evitar su posible rotura. La protección podrá realizarse con manguitos.

Las redes de drenaje permitirán separar, por una parte, las aguas contaminadas, las cuales deben sufrir un tratamiento de depuración, y por otra, las aguas no contaminadas. Las aguas de proceso que vayan acompañadas de ciertos productos químicos contaminantes nocivos deberán sufrir un tratamiento previo antes de pasar al sistema de drenaje.

La entrada de los líquidos contaminados a las redes de drenaje se efectuara a través de sumideros. Las redes de drenaje de aguas contaminadas deberán

---

disponer de sifones para evitar la salida de gases y verterán a las instalaciones de depuración.

Las redes de aguas no contaminadas deberán poder aislarse de su punto de vertido normal y conectarse bien a un estanque de reserva, bien a una instalación de depuración cuando estas aguas puedan estar accidentalmente contaminadas.

Los drenajes deberán construirse de manera que no se produzcan filtraciones al suelo y su diseño debe permitir una limpieza fácil de depósitos y sedimentos.

La red deberá ser accesible para su limpieza con arquetas espaciadas, como máximo, cada 30 metros, para permitir la limpieza de la línea. En todos los cambios de dirección y conexiones con ángulos mayores de 45° existirán arquetas.

Todas ellas tendrán cierre hidráulico por salida a nivel superior que la entrada para evitar la posible propagación de fuego y poseerán tubos de ventilación que descargaran como mínimo a tres metros por encima de la superficie, evitando interfieran con instalaciones o pasos de circulación.

Se preverán puntos de limpieza en la cabeza de todos los ramales de la red para facilitar la limpieza de la misma.

Los drenajes de los tanques de almacenamiento irán conectados a la red de drenaje de aguas residuales, y deberán disponer de válvulas de bloqueo exteriores al cubeto del tanque.

#### **ARTÍCULO 6.9. Normas de explotación**

##### **1. *Manual de Seguridad***

Sin perjuicio de las disposiciones reglamentarias correspondientes a la higiene y seguridad de los trabajadores, se establecerá un manual general de seguridad para la planta.

Dicho manual de seguridad incluirá:

- 
- Normas básicas de seguridad.
  - Protección contra incendios.
  - Normas generales de seguridad en trabajos de mantenimiento y conservación.
  - Normas generales de seguridad para trabajos de operación de unidades.
  - Normas generales de seguridad para el manejo de productos químicos, líquidos inflamables y combustibles y otros, tales como materias auxiliares.

El citado manual fijará el comportamiento a observar en el recinto de la planta. Tratará en especial del material de protección individual y de las normas generales que deberán seguirse en caso de accidente o incendio.

Este manual deberá entregarse al personal, quien dará cuenta por escrito de su recepción. Los visitantes recibirán, igualmente, una nota-extracto de las cláusulas del mismo, que deberán seguir durante su estancia en el recinto de la refinería.

## *2. Normas particulares*

Independientemente de las normas generales incluidas en el manual de seguridad, se prepararan normas particulares de actuación correspondientes a una operación o trabajo bien definido, indicando el objeto y naturaleza del trabajo a realizar, lugar, atmósfera, ambiente, etc. Se referirá en especial a las operaciones y maniobras que, no pudiendo ser ejecutadas con autorizaciones especiales para su ejecución.

Estas autorizaciones se extenderán por escrito en impresos en los que se precise el trabajo a efectuar y las precauciones a tomar para garantizar la seguridad. Deberán ir firmadas por las personas responsables designadas por el director del centro de trabajo, y podrán ser suspendidas si se produjese algún cambio en las condiciones de trabajo previstas.

---

### *3. Normas particulares para las empresas de servicios*

El personal de empresas de servicios trabajando en el recinto de la planta se someterá a las normas de seguridad en vigor en la misma.

Un resumen de las normas se remitirá contra recibo al representante de la empresa de servicios, así como a todos los capataces y encargados de las mismas, los cuales deberán informar a su personal sobre dichas normas, exigiendo su estricto cumplimiento y aplicación, así como seguir cualquier indicación de la dirección del centro de trabajo.

### *4. Observaciones de las normas*

Las normas deberán ser mantenidas al día. Las normas permanentes estarán a disposición del personal en los locales de trabajo, talleres, salas de control de unidades de producción, oficinas, etc. Todo el personal de la empresa velará por su aplicación.

Las normas provisionales se fijarán en los tableros de anuncios del centro de trabajo. Las normas particulares se remitirán al personal afectado, el cual dará cuenta, por escrito, de su recepción.

### *5. Normas de seguridad de operación*

Para la planta de proceso o instalación auxiliar existirá un "manual de operación" con las normas que describan detalladamente la forma de realizar con seguridad las siguientes operaciones:

- Puesta en marcha de la instalación.
- Marcha normal.
- Paradas.
- Instrucciones para dejar la instalación, total o parcialmente, en condiciones de seguridad para su inspección y mantenimiento.



---

## 6. Inspecciones

La planta dispondrá de un plan de inspecciones periódicas, que se expresarán en el proyecto y que será objeto de aprobación específica por el órgano competente de la correspondiente CCAA, en el que se tendrán en cuenta la respectivas Reglamentaciones existentes para los aparatos, equipos e instalaciones incluidas en las mismas y sus características.

## **CAPÍTULO VII. CONDICIONES DE EQUIPOS ELÉCTRICOS**

### *ARTÍCULO 7.1. Instalaciones, materiales y equipos eléctricos*

Todas las instalaciones, materiales y equipos eléctricos cumplirán las exigencias de los reglamentos electrotécnicos de alta y baja tensión que les afecten.

La acometida general para el suministro de energía eléctrica podrá ser una línea eléctrica aérea, siempre que no atraviesen ninguna "área de instalación" de las definidas con anterioridad. La protección contra efectos de la electricidad estática y las corrientes que puedan producirse por alguna anomalía se establecerá mediante las puestas a tierra de todas las masas metálicas.

Para la protección contra el rayo y las corrientes de circulación las puestas a tierra deberán cumplir lo establecido en la normativa vigente.

### *ARTÍCULO 7.2. Alumbrado*

La iluminación general de las instalaciones cumplirá las exigencias de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. El sistema de alumbrado se diseñará de forma que proporcione una distribución y un nivel de iluminación razonablemente uniforme.

En las unidades de proceso, en la sala de control, en la nave de compresores y turbinas, taller y almacén, edificio de oficinas y sala de irradiación se instalarán un sistema de alumbrado de emergencia.

---

## **CAPÍTULO VIII. NORMATIVA APLICADA**

- Ley de Prevención de Riesgos Laborales 31/1995, de 8 de noviembre, publicada en el B.O.E. nº 269, de 10 de noviembre de 1995.
- R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- R.D. 485/1997, de 14 de abril, sobre las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- R.D. 486/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- R.D. 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- R.D. 1215/1997 de 18 de julio, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- R.D. 1644/2008, de 10 de Octubre, por el que se establecen las normas de comercialización y puesta en servicio de las máquinas (BOE num 246, de 11 de Octubre de 2008)
- R.D. 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- R.D. 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido (BOE num 60, de 11 de marzo de 2006)
- Decreto 3565/1972 del 23 de diciembre por el que se establecen las Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE).
- Decreto por el que se establecen las Normas Básicas en la Edificación (NBE). Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

- 
- Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE-08). (BOE. núm. 203, de 22 de agosto de 2008).
  - Normativa U.N.E.
  - Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
  - Real Decreto 1244/1979 del 4 de abril por el que se aprueba el Reglamento de aparatos a Presión.
  - Real Decreto 379/2001, de 6 de abril por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE APQ-1, MIE APQ-2, MIE APQ-3, MIE APQ-4, MIE APQ-5, MIE APQ-6 y MIE APQ-7. (BOE. núm. 112, de 10 de mayo de 2001).
  - Instrucción técnica complementaria MIE-APQ 1 sobre "Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles".
  - Orden del 31 de mayo de 1982 por la que se aprueba la ITC MIE-AP5 sobre extintores de incendios.
  - R.D. 2267/2004 de 3 de Diciembre por el que se aprueba el nuevo Reglamento de Seguridad contra Incendios en los establecimientos industriales.
  - Real Decreto 786/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. Vigente hasta el 8 de diciembre de 2003, fecha de entrada en vigor de la Sentencia de 27 de octubre de 2003, de la Sala Tercera del Tribunal Supremo, por la que este Real Decreto se declara nulo por ser contrario a Derecho. (BOE nº 293, de 8 de diciembre de 2003).
  - Real Decreto Legislativo 5/2000, de 4 de agosto, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Infracciones de Orden Social.
  - Convenio colectivo Provincial de la construcción.
  - Ordenanzas municipales en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo.

---

## **CAPÍTULO IX. CONDICIONES DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

El Pliego de Condiciones forma parte de la documentación del Estudio de Seguridad y Salud y regirá en las obras que son objeto de la realización del mismo, definidas en el Artículo 4, apartado 1 del R.D. 1627/97 de 24 de octubre.

Este Pliego consta de los siguientes apartados:

- Condiciones de Índole Técnica
- Condiciones de Índole Facultativa
- Condiciones de Índole Económica
- Condiciones de Índole Legal

### **Epígrafe I. Condiciones de índole técnica.**

#### **Equipos de protección individual (EPI)**

o Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo. Establece en el marco de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales, en sus Artículos 5, 6 y 7, las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud para la elección, utilización por los trabajadores en el trabajo y mantenimiento de los equipos de protección individual (EPI).

o En el Anexo I del R.D. 773/1997 se detalla una "Lista indicativa y no exhaustiva de equipos de protección individual".

o En el Anexo IV del R.D. 773/1997 se exponen las "Indicaciones no exhaustivas para la evaluación de equipos de protección individual" respecto a:

- Riesgos.
- Origen y forma de los riesgos.
- Factores que se deben tener en cuenta desde el punto de vista de la seguridad para la elección y utilización del equipo.

- 
- En el Anexo III del R.D. 773/1997 se describe una "Lista indicativa y no exhaustiva de actividades y sectores de actividades que pueden requerir la utilización de equipos de protección individual".

o El Real Decreto 1407/1992 de 20 de noviembre establece las condiciones mínimas que deben cumplir los EPI, el procedimiento mediante el cual el Organismo de Control comprueba y certifica que el modelo tipo de EPI cumple las exigencias esenciales de seguridad requeridas en este Real Decreto y el control por el fabricante de los EPI fabricados, todo ello en los Capítulos II, V y VI de este Real Decreto. El Real Decreto 159/1995 modifica algunos artículos del Real Decreto anterior.

o La Orden General de Seguridad e Higiene en el Trabajo de 9 de marzo de 1971 regula las características y condiciones de los siguientes elementos:

- Artículo 142. Ropa de trabajo.
- Artículo 143. Protección de la cabeza.
- Artículo 144. Protección de la cara.
- Artículo 145. Protección de la vista.
- Artículo 146. Cristales de protección.
- Artículo 147. Protección de los oídos.
- Artículo 148. Protección de las extremidades inferiores.
- Artículo 149. Protección de las extremidades superiores.
- Artículo 150. Protección del aparato respiratorio.
- Artículo 151. Cinturones de seguridad.

o Los EPI deberán utilizarse cuando existen riesgos para la Seguridad o Salud de los trabajadores que no hayan podido evitarse o limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo.

---

### Elementos de protección colectiva

o El R.D. 1627/97 de 24 de octubre en su Anexo IV regula las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud que deberán aplicarse en las obras, dentro de tres apartados:

- Disposiciones mínimas generales relativas a los lugares de trabajo en las obras.
- Disposiciones mínimas específicas a los puestos de trabajo en las obras en el interior de los locales.
- Disposiciones mínimas específicas relativas a los puestos de trabajo en las obras en el exterior de los locales.

o Redes perimetrales. Las mallas que conformen las redes serán de poliamida trenzada en rombo de 0,5 mm y malla de 7x7 cm. Llevarán cuerda perimetral de cerco anudado a la malla y para realizar los empalmes, así como para el arriostamiento de los tramos de malla a las pértigas, será mayor de 8 mm.

o Los tramos de malla se coserán entre ellos con el mismo tipo de cuerda de poliamida y nunca con alambres o cable, de forma que no dejen huecos.

o La Norma UNE 81-65-80 establece las características y requisitos generales que han de satisfacer las redes de seguridad utilizadas en determinados lugares de trabajo para proteger a las personas expuestas a los riesgos derivados de caída de altura.

o Directiva 89/392/CEE modificada por la 91/1368/CEE para la elevación de cargas y por la 93/44/CEE para la elevación de personas de obligado cumplimiento sobre los andamios suspendidos.

o Las protecciones colectivas requieren de una vigilancia en su mantenimiento que garantice la idoneidad de su funcionamiento para el fin que fueron instaladas. Esta tarea debe de ser realizada por el Delegado de Prevención, apartado "d", artículo 36 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, quien

---

revisará la situación de estos elementos con la periodicidad que se determine en cada caso y que como pauta general se indica a continuación:

- Elementos de redes y protecciones exteriores en general, así como barandillas, antepechos, etc. (semanalmente).
- Elementos de andamiaje, apoyos, anclajes, arristramientos, plataformas, etc. (semanalmente).
- Estado del cable de las grúas-torre independientemente de la revisión diaria del conductor de la grúa (semanalmente).
- Instalación provisional de electricidad, situación de cuadros auxiliares de plantas, cuadros secundarios, clavijas, etc. (semanalmente).
- Extintores, almacén de medios de protección personal, botiquín, etc. (semanalmente).
- Limpieza de dotaciones de las casetas de servicios higiénicos, vestuarios, etc. (semanalmente).

o La Orden General de Seguridad e Higiene en el Trabajo de 9 de marzo de 1971 regula las características y condiciones de los siguientes elementos:

- Artículo 17. Escaleras fijas y de servicio.
- Artículo 18. Escaleras fijas de servicio.
- Artículo 19. Escaleras de mano.
- Artículo 20. Plataformas de trabajo.
- Artículo 21. Aberturas de pisos.
- Artículo 22. Aberturas en las paredes.
- Artículo 23. Barandillas y plintos.

---

o La Ordenanza de Trabajo de Construcción, Vidrio y Cerámica de 28 de agosto de 1970 regula las características y condiciones de los andamios en los Artículos 196 a 245.

#### Útiles y herramientas portátiles

- Los Reales Decretos 1644/2008 y 1644/2008 sobre seguridad en máquinas.
- El R.D. 1215/1997 de 18 de julio establece las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- La Orden General de Seguridad e Higiene en el Trabajo de 9 de marzo de 1971 regula las características y condiciones de estos elementos en sus Artículos 94 a 99.

#### Maquinaria de elevación y transporte

- Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención de los mismos, R.D. 2291/85 de 8 de noviembre (Grúas-torre).
- Instrucción Técnica Complementaria MIE-AEM-2 del Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención referente a grúas-torre desmontables para las obras, aprobada por Orden de 28 de junio de 1988 y 16 de abril de 1990.
- Instrucción Técnica Complementaria ITC-MIE-AEM-3 del Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención referente a carretillas automotoras aprobada por Orden de 26 de mayo de 1989.
- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas (BOE. núm. 246, de 11 de octubre de 2008).



- 
- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas (BOE. núm. 246, de 11 de octubre de 2008).
  - Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura. (BOE. núm. 274, de 13 de noviembre de 2004).
  - La Orden General de Seguridad e Higiene en el Trabajo de 9 de marzo de 1971 regula las características y condiciones de estos elementos en sus Artículos 100 a 124.

- 
- Real Decreto 1849/2000, de 10 de noviembre, por el que se derogan diferentes disposiciones en materia de normalización y homologación de productos industriales.

#### Instalaciones provisionales

- Se atenderán a lo dispuesto en el R.D. 1627/97 de 24 de octubre en su Anexo IV.
- La Orden General de Seguridad e Higiene en el Trabajo de 9 de marzo de 1971 regula sus características y condiciones en los siguientes artículos:
  - ❖ Servicios higiénicos: artículos 38 a 42.
  - ❖ Locales provisionales y trabajos al aire libre: artículos 44 a 50.
  - ❖ Electricidad: artículos 51 a 70.

- 
- ❖ Prevención y Extinción de Incendios: artículos 71 a 82.
  - ❖ Instalaciones Sanitarias de Urgencia: artículo 43.

### Medios auxiliares

- En el ANEXO IV, punto 5, de la Parte C del R.D. 1627/1997 se establecen las condiciones que deben cumplir las escaleras de mano y andamios a emplear en la obra.
- Directiva 89/382/CEE modificada por la 91/368/CEE para la elevación de cargas y por la 93/44/CEE para la elevación de personas de obligado cumplimiento sobre los andamios suspendidos.

### Otras reglamentaciones aplicables

Será de aplicación cualquier normativa técnica con contenidos que afecten a la prevención de riesgos laborales. Entre otras, serán también de aplicación:

- Real Decreto 413/1997, de 21 de marzo sobre protección radiológica operacional de los trabajadores externos.
- Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- R.D. 664/1997 y Orden 25/3/98 sobre "Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo".
- R.D. 665/1997 "Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo".
- Ley 10/1998 "Residuos".

- 
- Orden 18/7/91 "Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles".
  - Orden 21/7/92 sobre "Almacenamiento de botellas de gases a presión".
  - R.D. 1495/1991 sobre "Aparatos a presión simple".
  - R.D. 1513/1991 sobre "Certificados y marcas de cables, cadenas y ganchos".
  - R.D. 216/1999 "Seguridad y Salud en el ámbito de las empresas de trabajo temporal".

## **Epígrafe II. Condiciones de índole facultativa**

### **Coordinador de Seguridad y Salud**

Esta figura de la seguridad y salud fue creada mediante los Artículos 3, 4, 5 y 6 de la Directiva 92/57 C.E.E. "Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud que deben aplicarse a las obras de construcciones temporales o móviles". El R.D. 1627/97 de 24 de octubre transpone a nuestro Derecho Nacional esta normativa, incluyendo en su ámbito de aplicación cualquier obra pública o privada en la que se realicen trabajos de construcción o ingeniería civil.

En el Artículo 3 del R.D. 1627/97 se regula la figura de los Coordinadores en materia de Seguridad y Salud.

En el artículo 8 del R.D. 1627/97 refleja los principios generales aplicables al proyecto de obra.

### **Estudio de Seguridad y Salud y Estudio Básico de Seguridad y Salud**

Los Artículos 5 y 6 del R.D. 1627/97 regulan el contenido mínimo de los documentos que forman parte de dichos estudios, así como por quién deben de ser elaborados.

### **Plan de Seguridad y Salud en el trabajo**

---

El Artículo 7 del R.D. 1627/97 indica que cada contratista elaborará un Plan de Seguridad y

Salud en el trabajo. Este Plan deberá ser aprobado, antes del inicio de la obra, por el Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra. Cuando no sea necesaria la designación de Coordinador, las funciones indicadas anteriormente serán asumidas por la Dirección Facultativa.

El Artículo 9 del R.D. 1627/97 regula las obligaciones del Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

El Artículo 10 del R.D. 1627/97 refleja los principios generales aplicables durante la ejecución de la obra.

#### Libro de incidencias

El Artículo 13 del R.D. 1627/97 regula las funciones de este documento.

#### Aprobación de las certificaciones

El Coordinador de Seguridad y Salud o la Dirección Facultativa, en su caso, serán los encargados de revisar y aprobar las certificaciones correspondientes al Plan de Seguridad y Salud y serán presentadas a la propiedad para su abono.

#### Precios contradictorios

En el supuesto de aparición de riesgos no evaluados previamente en el Plan de Seguridad y Salud, que precisarán medidas de prevención con precios contradictorios para su puesta en la obra, deberán previamente ser autorizados por parte del Coordinador de Seguridad y Salud o por la Dirección Facultativa en su caso.

### **Epígrafe III. Condiciones de índole económica**

- Una vez al mes la Constructora extenderá la valoración de las partidas que en materia de seguridad se hubiesen realizado en la

---

obra; la valoración se hará conforme al Plan y de acuerdo con los precios contratados por la propiedad.

- El abono de las certificaciones expuestas en el párrafo anterior se hará conforme se estipule en el contrato de la obra.
- Se tendrá en cuenta a la hora de redactar el presupuesto del Estudio o Plan sólo las partidas que intervienen como medidas de Seguridad y Salud, haciendo omisión de medios auxiliares sin los cuales la obra no se podría realizar.
- En caso de ejecutar en la obra unidades no previstas en el presupuesto del Plan, se definirán total y correctamente las mismas, y se les adjudicará el precio correspondiente, procediéndose para su abono tal como se indica en los apartados anteriores.
- En caso de plantearse una revisión de precios el Contratista comunicará esta proposición a la propiedad por escrito, procediéndose seguidamente a lo estipulado en el apartado 2.2.6 de las Condiciones de Índole Facultativa.

#### **Epígrafe IV. Condiciones de índole legal**

##### **Normativa legal de aplicación**

La ejecución de la obra, objeto del Estudio de Seguridad y Salud, estará regulada por la Normativa de obligada aplicación que a continuación se cita.

Esta relación de dichos textos legales no es exclusiva ni excluyente respecto de otra Normativa específica que pudiera encontrarse en vigor, y de la que se haría mención en las correspondientes condiciones particulares de un determinado proyecto.

**a) Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre** por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción en el

---

marco de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.

Este Real Decreto define las obligaciones del Promotor, Proyectista, Contratista, Subcontratista y Trabajadores Autónomos e introduce las figuras del Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la elaboración del proyecto y durante la ejecución de las obras.

El Real Decreto establece mecanismos específicos para la aplicación de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y del R.D. 39/1997 de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

**b) Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales** que tiene por objeto promover la Seguridad y la Salud de los trabajadores, mediante la aplicación de medidas y el desarrollo de las actividades necesarias para la prevención de riesgos derivados del trabajo. El art. 36 de la Ley 50/1998 de acompañamiento a los presupuestos modifica los arts. 45, 47, 48 y 49 de la LPRL.

A tales efectos, esta Ley establece los principios generales relativos a la prevención de los riesgos profesionales para la protección de la Seguridad y Salud, la eliminación o disminución de los riesgos derivados del trabajo, la información, la consulta, la participación equilibrada y la formación de los trabajadores en materia preventiva en los términos señalados en la presente disposición.

Para el cumplimiento de dichos fines, la presente Ley regula las actuaciones a desarrollar por las Administraciones Públicas, así como por los empresarios, los trabajadores y sus respectivas organizaciones representativas.

**c) Real Decreto 39/1997 de 17 de enero** por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención en su nueva óptica en torno a la planificación de la misma, a partir de la evaluación inicial de los riesgos inherentes al trabajo y la consiguiente adopción de las medidas adecuadas a la naturaleza de los riesgos detectados. La necesidad de que tales aspectos reciban tratamiento

---

específico por la vía normativa adecuada aparece prevista en el Artículo 6 apartado 1, párrafos d y e de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

**d) Orden del 27 de junio de 1997** por la que se desarrolla el R.D. 39/1997 de 17 de enero, en relación con las condiciones de acreditación de las entidades especializadas como Servicios de Prevención ajenos a la Empresa; condiciones de autorización de las personas o entidades especializadas que pretendan desarrollar la actividad de auditoría del sistema de prevención de las empresas; condiciones de autorización de las entidades Públicas o privadas para desarrollar y certificar actividades formativas en materia de Prevención de Riesgos Laborales.

En todo lo que no se oponga a la Legislación anteriormente mencionada:

- **Convenio Colectivo General del Sector de la Construcción** aprobado por resolución del 4 de mayo de 1992 de la Dirección General de Trabajo, en todo lo referente a Seguridad e Higiene en el trabajo.
- **Pliego General de Condiciones Técnicas de la Dirección General de Arquitectura.**
- **Real Decreto 485/1997 de 14 de abril** sobre disposiciones mínimas en materia de señalización en Seguridad y Salud en el trabajo.
- **Real Decreto 486/1997 de 14 de abril** sobre disposiciones mínimas sobre Seguridad y Salud en los lugares de trabajo (Anexo 1, Apdo. A, punto 9 sobre escaleras de mano) según Real Decreto 1627/97 de 24 de octubre Anexo IV.
- **Real Decreto 487/1997 de 14 de abril** sobre manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular, dorso-lumbares para los trabajadores.
- **Real Decreto 949/1997 de 20 de junio** sobre certificado profesional para los prevencionistas de riesgos laborales.

- 
- **Real Decreto 952/1997** sobre residuos tóxicos y peligrosos.
  - **Real Decreto 773/1997** sobre utilización de Equipos de Protección Individual.
  - **Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio** sobre la utilización por los trabajadores de equipos de trabajo.
  - **Estatuto de los Trabajadores.** Real Decreto Legislativo 1/1995.
  - **Reglamento Electrotécnico para Alta Tensión. REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto** por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus instrucciones complementarias que lo desarrollan.
  - **Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre**, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.

- 
- **Real Decreto de 8 de junio** sobre disposiciones mínimas para la Salud y Seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
  - **Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo**, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
  - **Decreto 3565/1972 del 23 de diciembre** por el que se establecen las Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE).
  - **Real Decreto 1244/1979 del 4 de abril** por el que se aprueba el Reglamento de Aparatos a Presión.
  - **Real Decreto 836/2003, de 27 de junio**, por el que se aprueba una nueva Instrucción técnica complementaria MIE-AEM-2 del Reglamento de aparatos de elevación y manutención, referente a grúas torre para obras u otras aplicaciones.



- 
- **Real Decreto 379/2001, de 6 de abril** por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE APQ-1, MIE APQ-2, MIE APQ-3, MIE APQ-4, MIE APQ-5, MIE APQ-6 y MIE APQ-7.
  - **Instrucción técnica complementaria MIE-APQ 1** sobre "Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles".
  - **Orden del 31 de mayo de 1982** por la que se aprueba la ITC MIE-AP5 sobre extintores de incendios
  - **Orden de 16 de abril de 1998** del Ministerio de Industria sobre normas de procedimientos y desarrollo del R.D. 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios y se revisa el anexo I y los apéndices del mismo.
  - **Real Decreto Legislativo 5/2000 de 4 de agosto** por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Infracciones de Orden Social
  - **Convenio Colectivo Provincial de la Construcción.**
  - **Ley de Seguridad Vial (1990)** y modificaciones (1997) sobre regulación del tráfico rodado.
  - **Resto de disposiciones técnicas ministeriales cuyo contenido o parte del mismo esté relacionado con la Seguridad y Salud.**
  - **Ordenanzas municipales que sean de aplicación.**

#### Obligaciones de las partes implicadas

El R.D. 1627/97 de 24 de octubre se ocupa de las obligaciones del Promotor, reflejadas en los Artículos 3 y 4, Contratista, en los Artículos 7, 11, 15 y 16, Subcontratistas, en el Artículo 11, 15 y 16 y Trabajadores Autónomos en el Artículo 112. Para aplicar los principios de la acción preventiva, el Empresario designará uno o varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad,

---

constituirá un Servicio de Prevención o concertará dicho servicio a una entidad especializada ajena a la Empresa.

La definición de estos Servicios, así como la dependencia de determinar una de las opciones que hemos indicado para su desarrollo, está regulado en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales 31/95 en sus artículos 30 y 31, así como en la Orden del 27 de junio de 1997 y R.D. 39/1997 de 17 de enero.

El incumplimiento por los empresarios de sus obligaciones en materia de prevención de riesgos laborales dará lugar a las responsabilidades que están reguladas en el artículo 42 de dicha ley.

El Empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la documentación establecida en el Artículo 23 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales 31/95.

El empresario deberá consultar a los Trabajadores la adopción de las decisiones relacionadas en el Artículo 33 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales 31/95.

La obligación de los Trabajadores en materia de prevención de riesgos está regulada en el Artículo 29 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales 31/95.

Los Trabajadores estarán representados por los Delegados de Prevención ateniéndose a los Artículos 35 y 36 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Se deberá constituir un Comité de Seguridad y Salud según se dispone en los Artículos 38 y 39 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

La Propiedad abonará a la empresa constructora, previa certificación de la Dirección Facultativa de Seguridad, las partidas incluidas en el documento Presupuesto del Estudio de Seguridad y Salud. Si se implantasen elementos de Seguridad no incluidos en el Presupuesto durante la realización de la obra, estos se abonarán igualmente a la empresa constructora, previa autorización del Coordinador de Seguridad y Salud.

---

La empresa constructora cumplirá las estipulaciones preventivas del Estudio de Seguridad y Salud, respondiendo solidariamente de los daños que se deriven de la infracción del mismo por su parte o de los posibles subcontratistas y empleados.

Al Coordinador de Seguridad y Salud le corresponde el control y supervisión de la ejecución del Estudio de Seguridad y Salud, autorizando previamente cualquier modificación de éste, dejando constancia escrita en el Libro de Incidencias. Periódicamente, según lo pactado, se realizarán las pertinentes certificaciones del Presupuesto de Seguridad y Salud, poniendo en conocimiento de la propiedad y de los organismos competentes el incumplimiento, por parte de la empresa constructora, de las medidas de seguridad contenidas en el Estudio de Seguridad y Salud.

*Seguro de responsabilidad civil y todo riesgo de construcción y montaje*

Será preceptivo en la obra que los técnicos responsables dispongan de cobertura de responsabilidad civil profesional; de igual forma, el contratista debe disponer de cobertura de responsabilidad civil en el ejercicio de su actividad industrial, cubriendo el riesgo inherente a su actividad como constructor por los daños a terceras personas de los que pueda resultar responsabilidad civil extracontractual a su cargo, por hechos nacidos de culpa o negligencia, imputables al mismo o a personas de las que debe responder; se entiende que esta responsabilidad civil debe quedar ampliada al campo de la responsabilidad civil patronal.

El Contratista viene obligado a la contratación de su cargo en la modalidad de todo riesgo a la construcción durante el plazo de ejecución de la obra con ampliación de un periodo de mantenimiento de un año, contado a partir de la fecha de terminación definitiva de la obra.

---

Se considera el presente pliego de condiciones concluido y sujeto a la reglamentación vigente sobre PLANTAS PRODUCTORAS DE GELATINA.

Almería, 6 de Septiembre del 2012 .

LA PROYECTISTA, Isabel López Alarcón

---

# **FIGURAS Y TABLAS**

## 1. FIGURAS

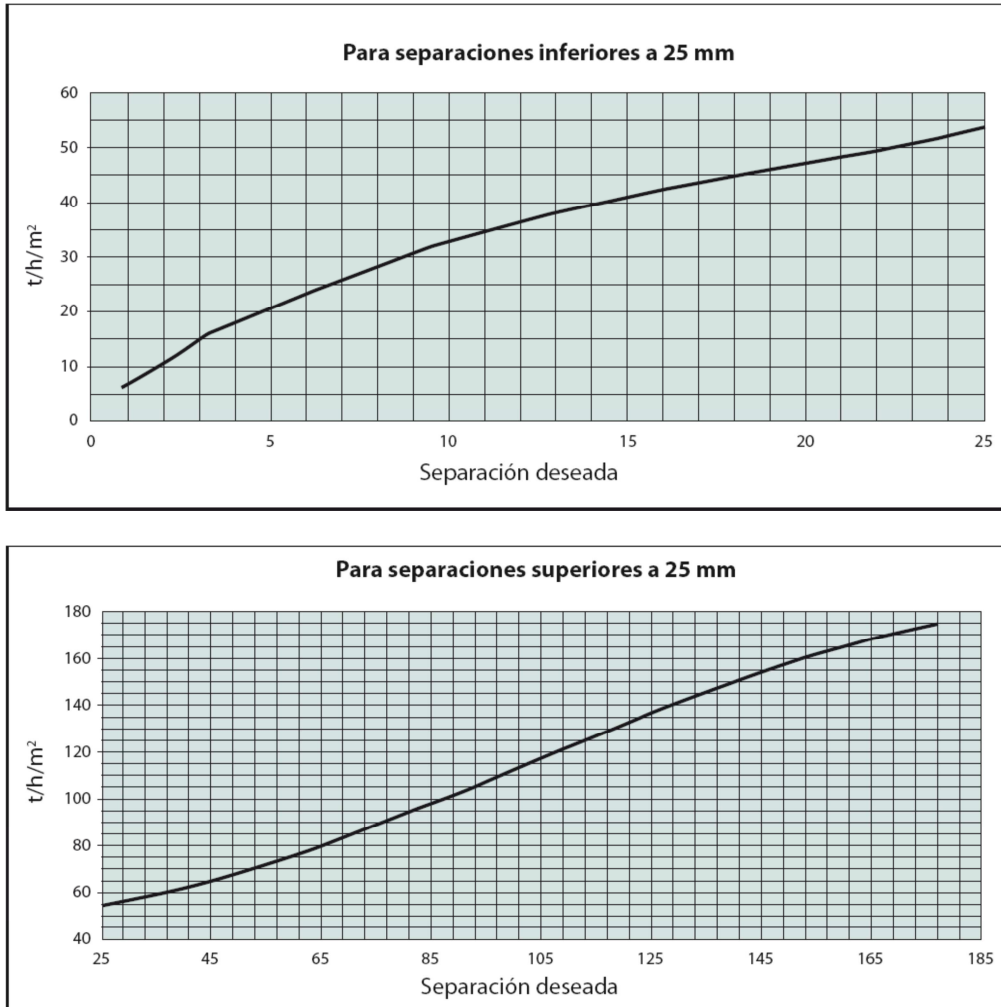


Figura 1

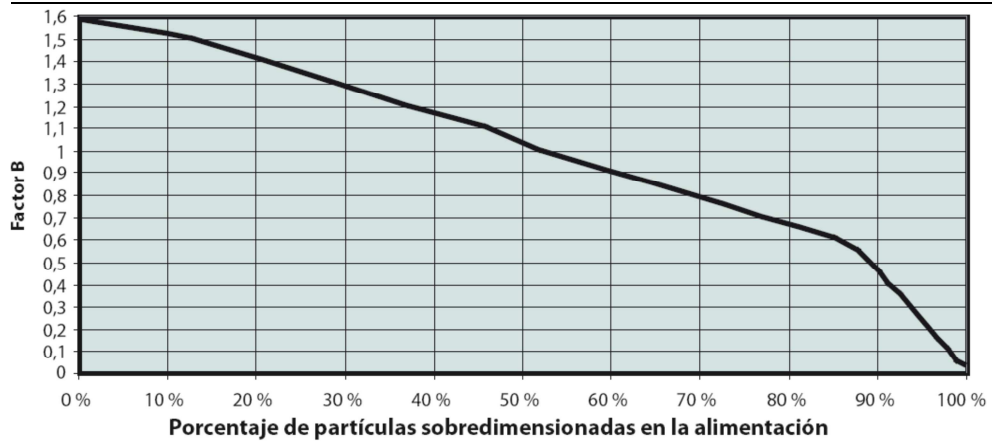


Figura 2

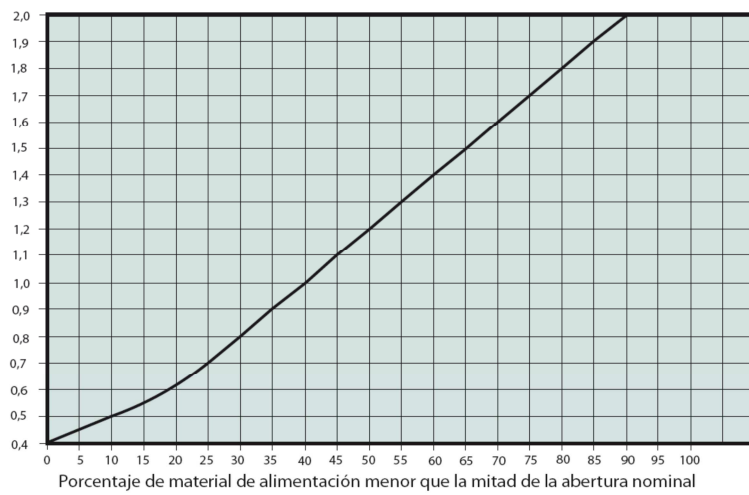


Figura 3

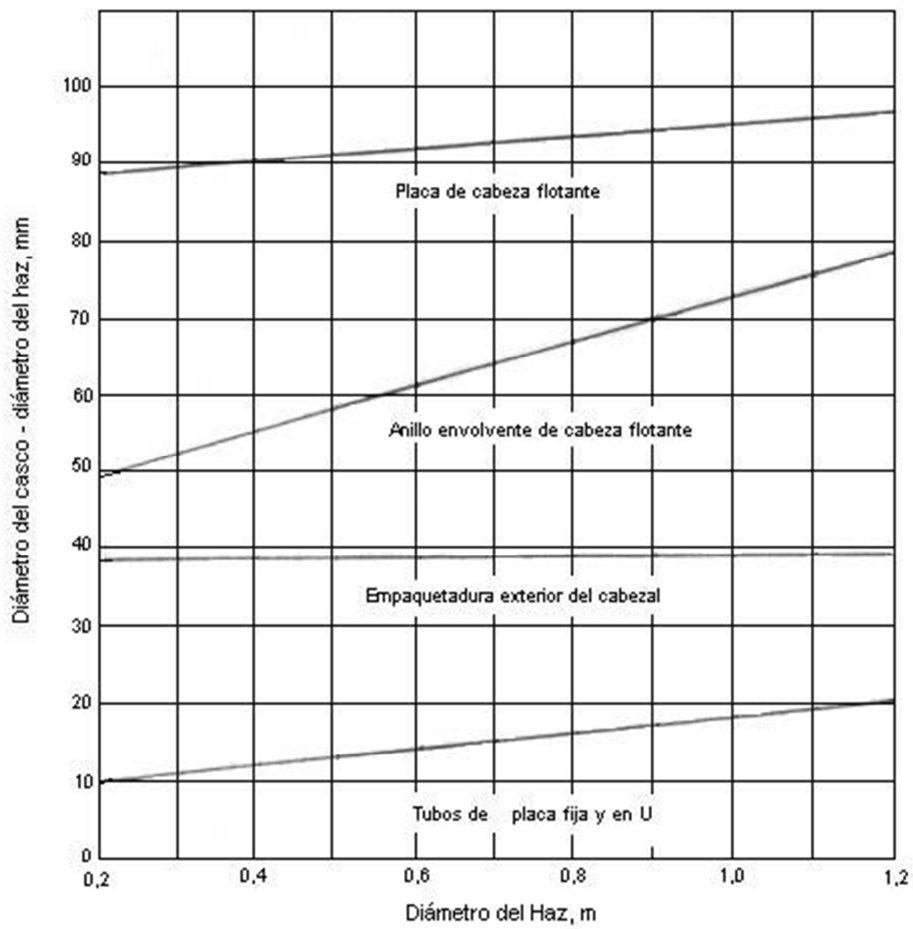


Figura 4



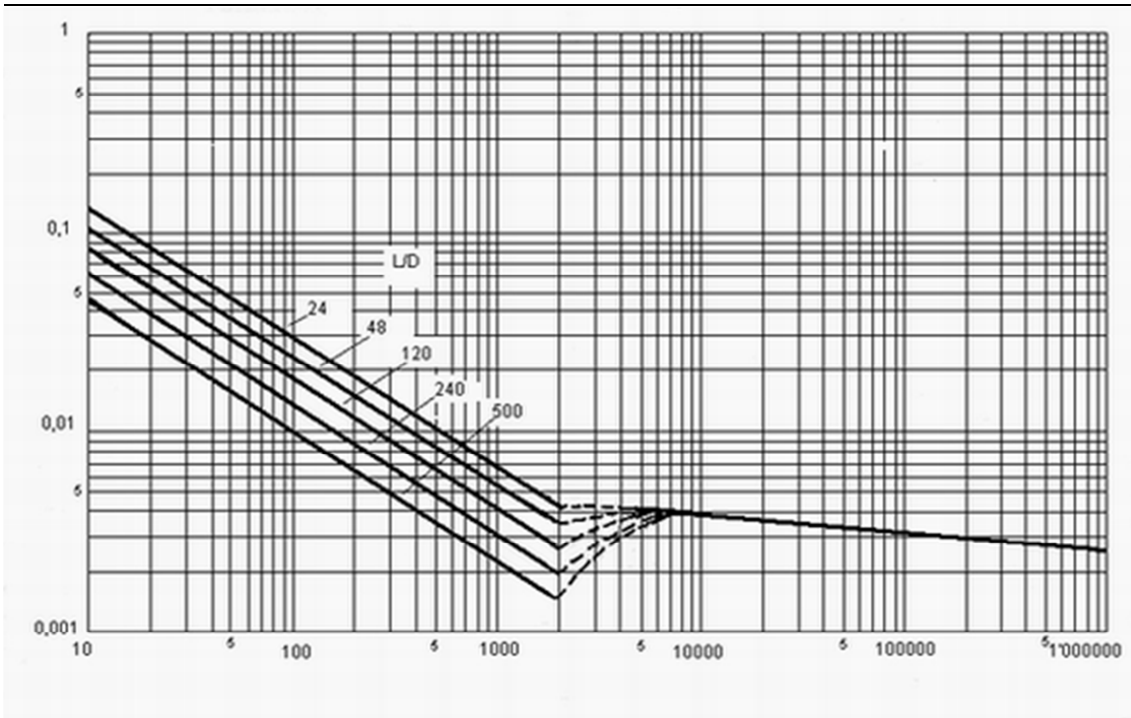


Figura 5

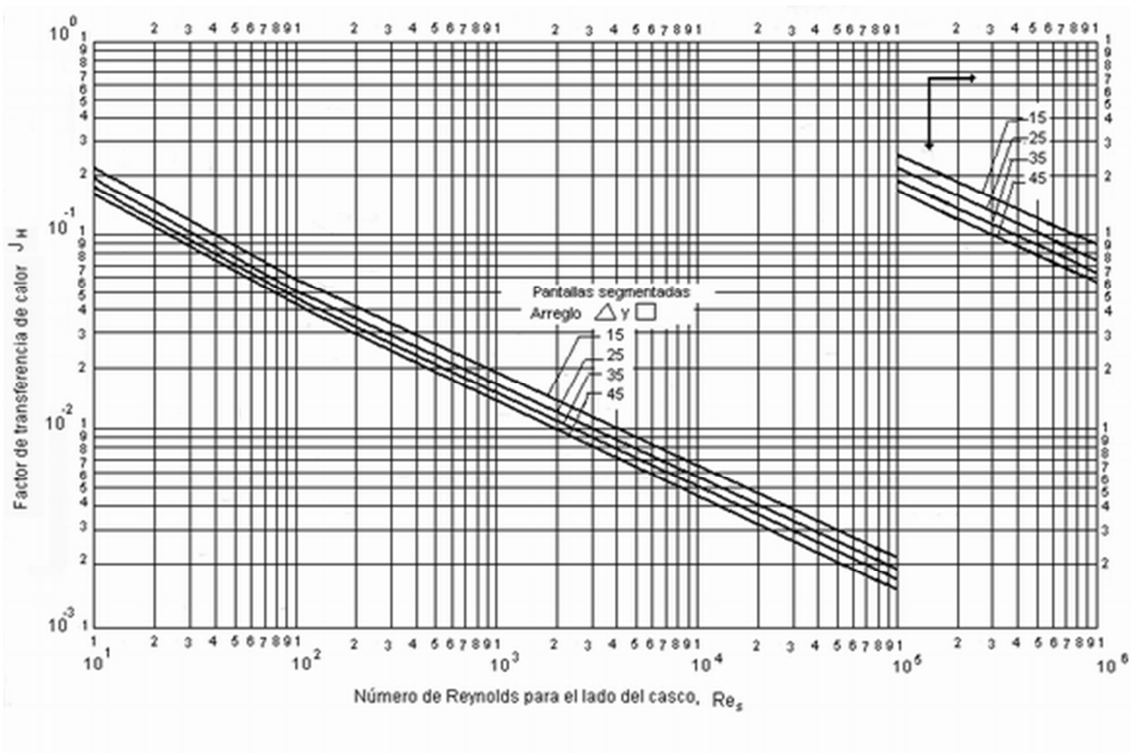


Figura 6

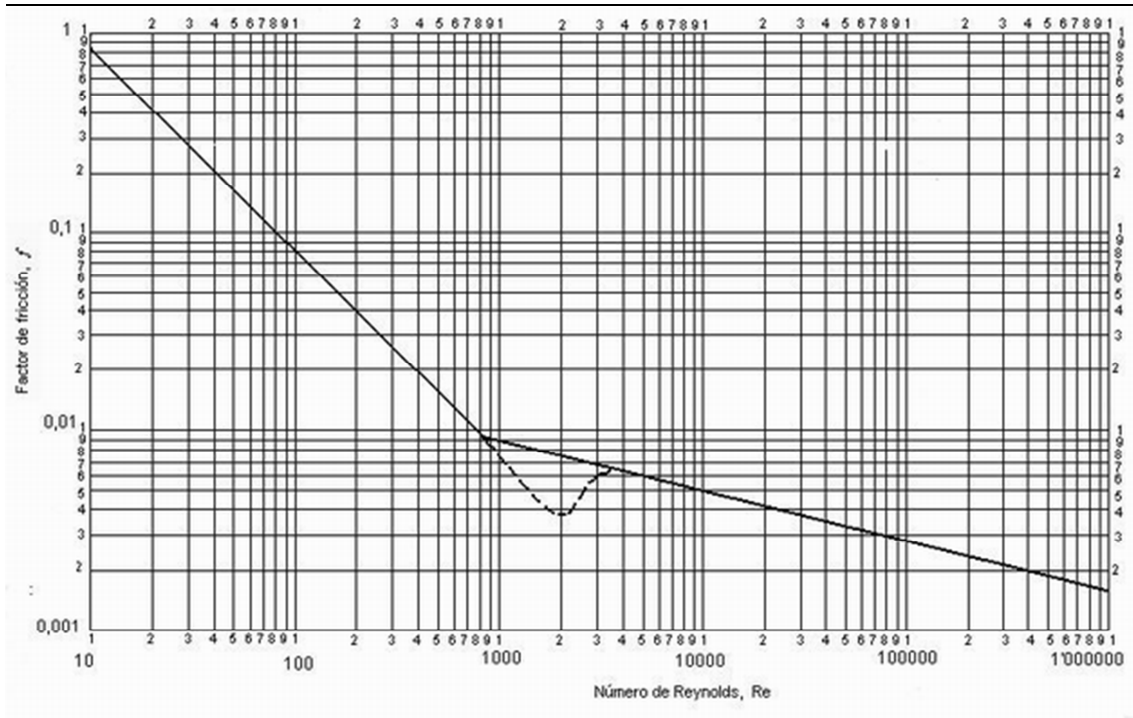


Figura 7

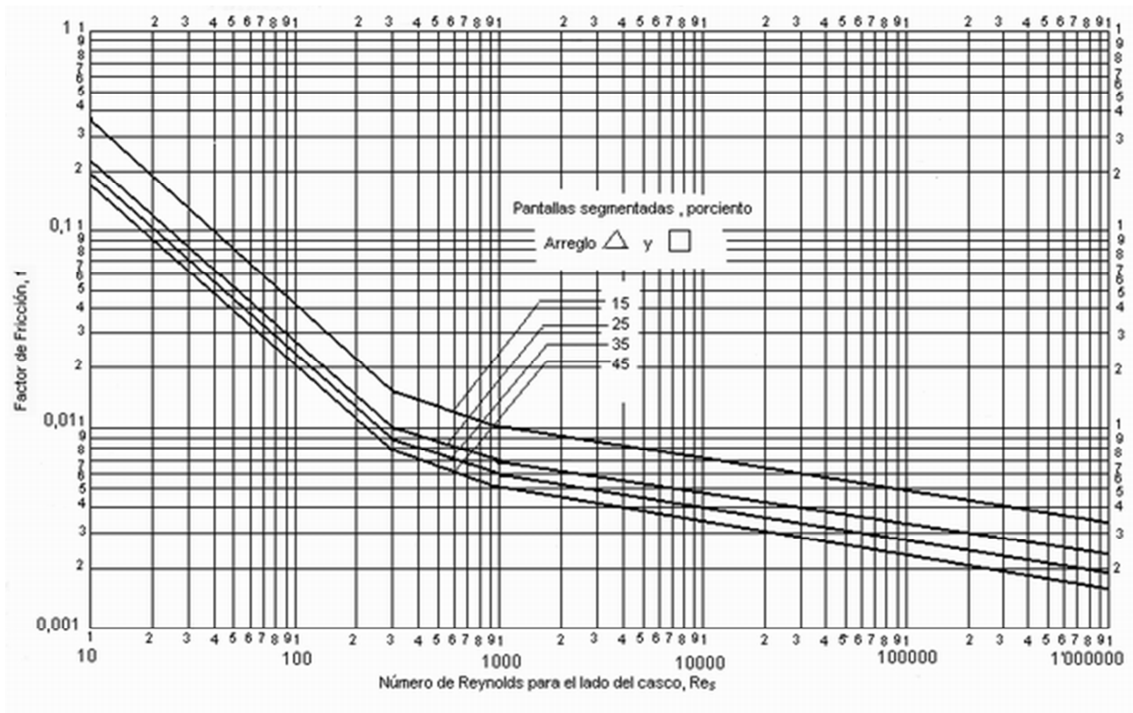


Figura 8

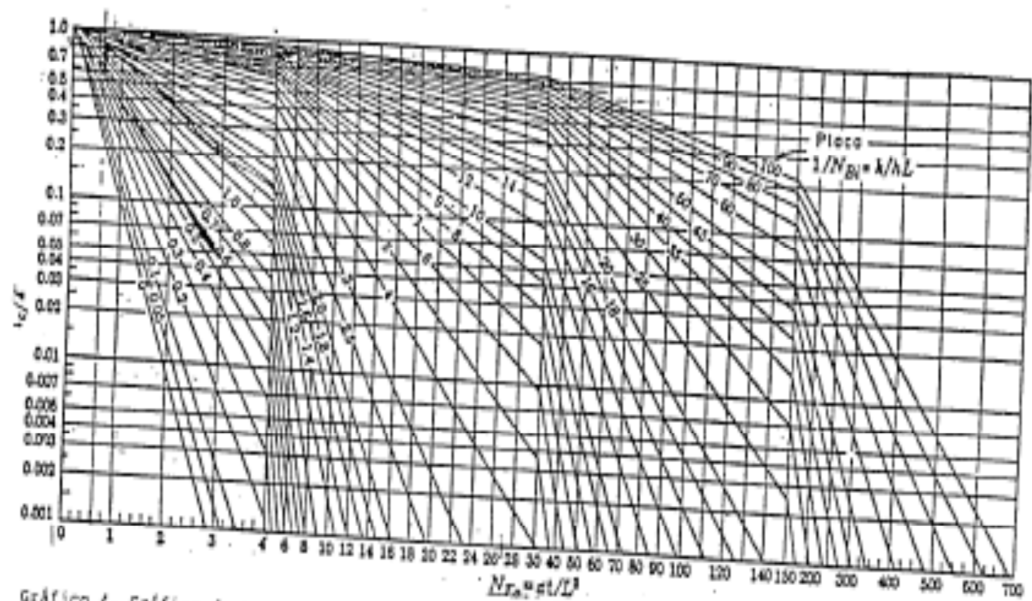


Gráfico 4. Gráfico de temperatura-tiempo, de Heisler, en el centro de una placa infinita que, encontrándose a la temperatura T, se le coloca en un medio a temperatura de cero grados.

Figura 9

**2. TABLAS**

Posición del piso	1	2	3	4
D	1	0,9	0,8	0,7

Tabla 1

Separación (mm)	1 - 6	6 - 12	12 - 25	26 - 40	41 - 50	51 - 75	+75
E	1,4	1,3	1,25	1,2	1,15	1,1	1

Tabla 2

Densidad sólida [t/m <sup>3</sup> ]	1,35	2,7	5,4
F	0,5	1	2

Tabla 3

---

<b>Abertura</b>	Circular	Cuadrada	Rectangular
<b>H</b>	0,9	1	1,05

Tabla 4

<b>Forma</b>	Redondeada	Cúbica	Lajosa
<b>I</b>	1,2	1	0,9

Tabla 5

<b>Eficiencia [%]</b>	70	75	80	85	90	92	94	96
<b>J</b>	1,4	1,25	1,1	1,05	1	0,98	0,95	0,9

Tabla 6

	Horizontal		Inclinado			Inclinación variable			
<b>Piso</b>	Recto	Recto	Recto	Recto	Recto	Inclinación variable	Inclinación triple	Inclinación doble	Inclinación doble
<b>Vibración</b>	Linear	Elíptica constante	Circular	Elíptica variable	Linear	Linear	Elíptica variable	Linear	Elíptica variable
<b>K</b>	0,9	1,1	1	1,1	1	1,3	1,4	1,1	1,3

Tabla 7

<b>Humedad [%]</b>	- 3	3 – 5	6 – 8
<b>L</b>	1	0,85	0,7

Tabla 8

Temperatura (°C)	Densidad $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Calor Específico $c_p$ (J/kg°C)	Conductiv. térmica $k$ (W/m°C)	Visc. dinám. $\eta \cdot 10^6$ (N.seg/m <sup>2</sup> )	Visc. cinem. $\nu \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /seg)
0	999,9	4226	0,558	1794	1,789
20	998,2	4182	0,597	1004	1,006
40	992,3	4178	0,633	653,0	0,658
60	983,2	4181	0,658	470,0	0,478
80	971,8	4194	0,673	353,7	0,364
100	958,4	4211	0,682	281,0	0,294
140	926,1	4279	0,687	198,2	0,214
180	887,0	4413	0,678	153,5	0,173
220	840,5	4606	0,656	126,0	0,150
260	784,0	4944	0,614	107,5	0,137
300	712,5	6594	0,543	94,1	0,132

Tabla 9

do, mm	t, mm				
16	1,2	1,6	2	--	--
20	--	1,6	2	2,6	--
25	--	1,6	2	2,6	3,2
30	--	1,6	2	2,6	3,2
38	--	--	2	2,6	3,2
50	--	--	2	2,6	3,2

Tabla 10

	2	4	6	8
<b>k1</b>	0,249	0,175	0,0743	0,0365
<b>n1</b>	2,207	2,285	2,499	2,675

Tabla 12

