



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado

CURSO 2018/19

*DISEÑO INGENIERIL Y MECÁNICO DE UN
RECUPERADOR DE CALOR EN EL PROCESO DE
PASTEURIZACIÓN DE LÁCTEOS*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNA

Andrea María Fernández García

TUTOR

Alberto Arce Ceinos

FECHA

FEBRERO 2019

TÍTULO Y RESUMEN

Diseño ingenieril y mecánico de un intercambiador de calor en el proceso de pasteurización de lácteos

En este proyecto se realiza el diseño ingenieril y mecánico de un intercambiador de calor, en concreto, un regenerador con el que se pretende operar con un caudal másico de agua de 0,4 kg/s en el proceso de pasteurización de lácteos.

El regenerador es un intercambiador de carcasa y tubos con un paso por carcasa y cuatro por tubo. La finalidad de su instalación es aprovechar el calor del agua caliente que sale del proceso de pasteurización proveniente de una caldera que opera a 80° C para precalentar el agua fría antes de volver a incorporarse a la caldera. Por la carcasa circula el agua caliente con un caudal másico de 0,2 kg/s y por los tubos el agua fría con un caudal másico de 0,4 kg/s.

Deseño enxeñeril e mecánico dun intercambiador de calor no proceso de pasteurización de lácteos

Neste proxecto realízase o deseño enxeñeril e mecánico dun intercambiador de calor, en particular, un rexenerador co que se pretende operar cun caudal másico de auga de 0,4 kg / s no proceso de pasteurización de lácteos. O rexenerador é un intercambiador de carcasa e tubos cun paso por carcasa e catro por tubo. O obxectivo da súa instalación é aproveitar a calor da auga quente que sae do proceso de pasteurización a partir dunha caldeira que opera a 80° C para precalentar a auga fría antes de volver á caldera. A auga quente circula pola carcasa cun caudal másico de 0,2 kg/s e polos tubos o auga fría cun caudal másico de 0,4 kg/s.

Engineering and mechanical design of a heat exchanger in the dairy pasteurization process

In this project the engineering and mechanical design of a heat exchanger is carried out, in particular, a regenerator with which it is intended to operate with a mass flow of water of 0.25 kg / s in the dairy pasteurization process.

The regenerator is a casing and tube exchanger with one passage per housing and four per tube. The purpose of its installation is to take advantage of the heat of the hot water that comes out of the pasteurization process from a boiler that operates at 80° C to preheat the cold water before returning to the boiler. The hot water circulates through the housing with a mass flow of 0.2 kg / s and cold water with a mass flow of 0.4 kg / s through the pipes.

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO I: MEMORIA

ANEJO I: CÁLCULOS DEL PROCESO

ANEJO II: CÁLCULOS DEL REGENERADOR

**ANEJO III: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD EN
LAS OBRAS**

DOCUMENTO II: PLANOS

DOCUMENTO III: PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO IV: PRESUPUESTO Y MEDICIONES



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2018/19**

*DISEÑO INGENIERIL Y MECÁNICO DE UN
RECUPERADOR DE CALOR EN EL PROCESO DE
PASTEURIZACIÓN DE LÁCTEOS*

Grado en Ingeniería Mecánica

Documento I

MEMORIA

ÍNDICE

- 1 Objeto
- 2 Alcance
- 3 Antecedentes
- 4 Normas y referencias
- 5 Requisitos de diseño
- 6 Análisis de soluciones
- 7 Resultados finales

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1 “Proceso de pasteurización”

Figura 2 “Intercambiador de calor de carcasa y tubos”

Figura 3 “Intercambiador de carcasa y tubos con un paso por carcasa y un paso por tubos”

Figura 4 “Intercambiador de carcasa y tubos con un paso por carcasa y dos pasos por tubos”

Figura 5 “Intercambiador de carcasa y tubos con dos pasos por carcasa y cuatro pasos por tubos”

TEMA” **Figura 6 “Principales configuraciones de los tubos según la normativa**

Figura 7 “Configuración de los baffles según norma TEMA”

1 OBJETO

El objetivo principal de este proyecto es el diseño ingenieril y mecánico de un tren de intercambiadores de calor empleado en un proceso de pasteurización de lácteos.

La pasteurización es el procedimiento que consiste en someter un alimento, generalmente líquido, a una temperatura aproximada de 80 grados durante unos segundos y después enfriarlo rápidamente, con la intención de reducir la presencia de agentes patógenos (como por ejemplo ciertas bacterias, protozoos, mohos, levaduras, etc.) que puedan contener y prolongar su conservación.

En este proyecto se ha decidido tomar como fuente de energía la contenida en un fluido (agua) que es calentado por medio de una caldera de biomasa y servirá para calentar por medio de un intercambiador de calor a otro fluido (agua) para volver a iniciar el proceso y así ahorrar costes de energía y económicos considerables.

Para llevar a cabo el diseño de estos intercambiadores será necesario realizar el estudio del proceso de pasteurización que defina las temperaturas de operación.

Una vez definidas las temperaturas, se llevará a cabo el diseño térmico con el que se hallará el área de transferencia de calor, necesaria para realizar el diseño mecánico en el que se calcularán los espesores y las dimensiones de los distintos elementos que conforman el intercambiador.

2 ALCANCE

El alcance del proyecto abarca el diseño ingenieril de los intercambiadores basado en los mecanismos responsables de la transmisión de calor dentro de los intercambiadores. Los datos de partida para el diseño serán el caudal másico, la naturaleza de los fluidos y los rangos de temperatura en los que operarán. Esto nos llevará al cálculo del área de transferencia de calor y pérdidas de carga. El alcance del proyecto también incluye el diseño mecánico basado en las normas TEMA (Tubular Exchangers Manufacture's Association) con el que se calcularán los tamaños y espesores de materiales en base a las condiciones de operación de presión y temperatura.

Por lo tanto se determinará:

- Área de transferencia de calor
- Pérdidas de carga:
 - Pérdidas de carga en carcasa
 - Pérdidas de carga en tubos

- Tamaños y espesores de:
 - Cabezales
 - Carcasa
 - Bidas
 - Baffles
 - Placa portatubos
 - Tubos
- Coste de los equipos

Además, se seleccionará el tipo de junta de las bridas y el tipo de soldadura de los distintos elementos del intercambiador.

3 ANTECEDENTES

En los sistemas mecánicos, químicos, nucleares y otros, ocurre que el calor debe ser transferido de un lugar a otro, o bien de un fluido a otro. Los intercambiadores de calor son los dispositivos que permiten realizar dicha tarea

Los intercambiadores de carcasa y tubos son los más ampliamente utilizados en la industria química y con las consideraciones de diseño mejor definidas. Consisten en una estructura de tubos pequeños colocados en el interior de un casco de mayor diámetro.

El papel de los intercambiadores térmicos es importante debido a la creciente necesidad de ahorrar energía. En consecuencia, se desea obtener equipos óptimos, no solo en función de un análisis térmico y rendimiento económico de lo invertido, sino también en función del aprovechamiento energético del sistema.

El desarrollo de este proyecto está basado en la aplicación de la normativa TEMA y ASME, lo cual permitirá que al momento de usar estos equipos el margen de error de los resultados que se obtengan sea mínimo.

Tal y como ha sido establecido en el objetivo y alcance del proyecto, el intercambiador se utilizará para ahorrar energía en el proceso de pasteurización de lácteos por lo que es necesario introducir el proceso y conceptos en los que se basa el proyecto.

3.1 Proceso de pasteurización

3.1.1 DEFINICIÓN

La pasteurización es el proceso de calentamiento de líquidos (generalmente alimentos) con el objeto de la reducción de los elementos patógenos, tales como bacterias, protozoos, mohos y levaduras, etc que puedan existir.

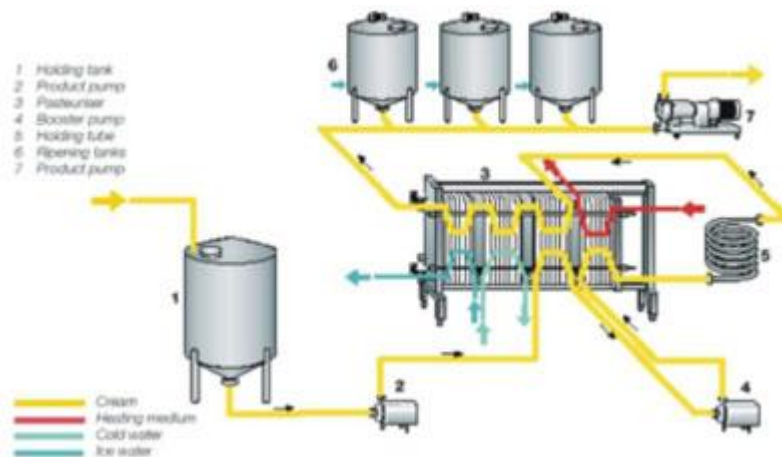


Figura 1 “Proceso de pasteurización”

El proceso recibe el nombre en honor de su descubridor, el científico francés Louis Pasteur (1822-1895). La primera pasteurización se completó el 20 de abril de 1882 y se realizó por Pasteur y Claude Bernard.

3.1.2 OBJETIVOS

Uno de los objetivos del tratamiento es la esterilización parcial de los líquidos alimenticios, alterando lo menos posible la estructura física y los componentes químicos de éste. Tras la operación de pasteurización los productos tratados se sellan herméticamente con fines de seguridad. A diferencia de la esterilización, la pasteurización no destruye las esporas de los microorganismos ni tampoco elimina todas las células de microorganismos termofílicos.

El avance científico de Pasteur mejoró la calidad de vida al permitir que productos como la leche pudieran transportarse sin descomponerse. En la pasteurización no es el objetivo primordial la "eliminación de los elementos patógenos" sino la disminución de sus poblaciones, hasta niveles que no causen intoxicaciones alimentarias (asumiendo que el producto pasteurizado se ha refrigerado correctamente y que se consume antes de la fecha de caducidad).

La pasteurización va siendo objeto de dudas en ciertas agrupaciones de consumidores a lo largo de todo el mundo debido a las dudas existentes sobre la destrucción de vitaminas y alteración de las propiedades organolépticas de (sabor y calidad) de los productos alimenticios tratados.

3.1.3 PROCESOS DE PASTEURIZACIÓN

La pasteurización emplea generalmente temperaturas por debajo del punto de ebullición ya que en la mayoría de los casos las temperaturas por encima de este valor afectan irreversiblemente a las características físicas y químicas del producto alimenticio, así es por ejemplo en la leche si se pasa el punto de ebullición las micelas de la caseína se agregan irreversiblemente (o dicho de otra forma se "cuajan").

Hoy en día existen dos tipos de procesos: pasteurización a altas temperaturas durante un breve periodo de tiempo (HTST del inglés: High Temperature/Short Time) y el proceso a ultra-altas temperaturas (UHT - igualmente de Ultra-High Temperature).

3.1.3.1 Proceso HTST

Este método es el empleado en los líquidos a granel: leche, zumos de fruta, cerveza, etc. Por regla general es la más conveniente ya que expone al alimento a altas temperaturas durante un periodo breve de tiempo y además la industria necesita poco equipamiento para poder realizarla, reduciendo de esta manera los costes de mantenimiento de equipos. Entre las desventajas está la necesidad de personal altamente calificado capaz de realizar controles intensos sobre la producción. Existen dos métodos distintos bajo la categoría de pasteurización HTST: en "batch" y en "flujo continuo".

En el proceso "batch" (denominado también como Vat Pasteurization o Pasteurización Vat) una gran cantidad de leche se calienta en un recipiente estanco (Autoclave) a una temperatura que llega de 63 °C a 68°C durante un intervalo de 30 minutos, seguido inmediatamente de un enfriamiento a 4 °C para evitar la proliferación de los organismos.

En el proceso de flujo continuo, la leche se mantiene entre dos placas de metal o también denominado intercambiador de calor a placas (PHE) o bien un intercambiador de calor de forma tubular.

3.1.3.2 Proceso UHT

El proceso UHT es de flujo continuo y mantiene la leche a temperatura superior más alta que la empleada en el proceso HTST y puede rondar los 138 °C durante un periodo de al menos dos segundos. Debido a este periodo de exposición, aunque breve, se produce una mínima degradación del alimento. La leche cuando se etiqueta como "pasteurizada" generalmente se ha tratado con el proceso HTST, mientras que la leche etiquetada como "ultra-pasteurizada" o simplemente "UHT" se debe entender que ha sido tratada por el método UHT.

El reto tecnológico en el siglo XXI es poder disminuir lo más posible el periodo de exposición a altas temperaturas de los alimentos, haciendo la transición lo más rápida posible y disminuir el impacto en la degradación de las propiedades organolépticas de los alimentos, es por esta razón por lo que se está intentando con tecnología basada en microondas. Este método es muy adecuado para los alimentos líquidos ligeramente ácidos, tal y como los zumos de frutas y zumos de verduras.

3.1.4 DINÁMICA DE LA PASTEURIZACIÓN

La pasteurización es un proceso que sigue la cinética química de primer orden. Si denominamos N como el número de microorganismos vivos a una temperatura dada T de exposición, N_0 a la población de microorganismos inicialmente y K_d es la constante cinética de muerte debido a la temperatura (velocidad de muerte de los microorganismos), la disminución de la población depende entonces de la siguiente fórmula:

$$N = N_0 \cdot e^{-K_d \cdot T} \quad (1)$$

Esta fórmula es fundamental para determinar la evolución de una población en función de la temperatura. Se puede ver en ella una gran dependencia con la temperatura T de exposición. La fórmula es el fundamento, además, de los denominados diagramas de supervivencia en la industria de la alimentación representando $\log(N/N_0)$ frente al tiempo de exposición a una temperatura T fija. Típicamente las gráficas de sobrevivencia de los microorganismos al calor aparecen como líneas rectas en una escala semi-logarítmica. La correlación existente entre la velocidad de muerte de microorganismos y la temperatura sigue la ecuación de Arrhenius. Un factor importante asignado a cada microorganismo es el denominado Tiempo de reducción decimal o también valor D de un microorganismo y se define como el tiempo necesario para que a una temperatura determinada, se pueda reducir el 90% su población en el producto tratado. Es una expresión de la resistencia de un microorganismo al efecto de la temperatura. Su expresión es:

$$D_T = \frac{\Delta t}{\log N_0 - \log N} \quad (2)$$

Donde t es el periodo de tiempo al que se expone la muestra y N_0 es la población inicial y N la final. Pueden obtenerse diferentes valores D_T para un microorganismo dado, o para un proceso particular de un alimento, determinando los sobrevivientes a diferentes temperaturas. Altos valores de D indican que el microorganismo es más resistente que otros que poseen un valor inferior. Existen otros valores como la "constante de resistencia termal", conocida frecuentemente como "valor z " y se define como la diferencia en temperaturas necesaria para causar una reducción de un 90% en el valor D .

3.2 Intercambiadores de calor de carcasa y tubos

3.2.1 INTRODUCCIÓN

Los intercambiadores de calor son dispositivos cuya función es transferir el calor de un fluido a otro de menor temperatura.

La transferencia de calor se produce a través de una placa metálica o tubo que favorezca el intercambio entre fluidos sin que estos se mezclen. Las aplicaciones a bordo son variadas y en función del objetivo para el cual están diseñados los intercambiadores de calor reciben distintas denominaciones:

- **Intercambiador de Calor:** Dispositivo que realiza una doble función; calentar un fluido y enfriar otro.
- **Condensador:** Dispositivo que tiene como objetivo condensar vapor o mezcla de vapores
- **Enfriador:** El objetivo de un enfriador como su propio nombre indica es disminuir la temperatura del fluido por medio de otro (aire, agua, aceite...)
- **Calentador:** Dispositivo enfocado a aportar calor sensible (sin cambio de fase) a un fluido
- **Vaporizador:** El objetivo de un Vaporizador es vaporizar parte de un líquido.

Los intercambiadores de calor de carcasa y tubos están compuestos por tubos cilíndricos, montados dentro de una carcasa también cilíndrica, con el eje de los tubos paralelos al eje de la carcasa. Un fluido circula por dentro de los tubos, y el otro por el exterior (fluido del lado de la carcasa). Son el tipo de intercambiadores de calor más usado en la industria.

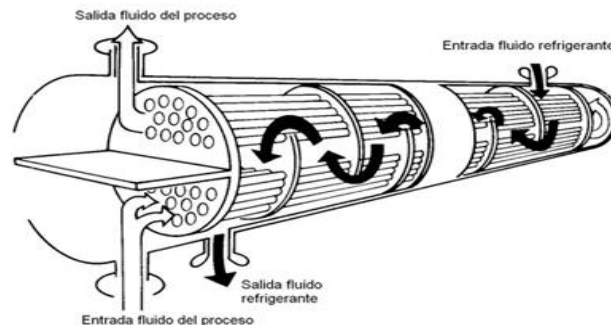


Figura 2 “Intercambiador de calor de carcasa y tubos”

En el caso de este tipo de intercambiadores, hay diferentes configuraciones posibles de acuerdo con el número de pasos por carcasa y por tubo, siendo la forma más simple la que implica tanto un paso por carcasa como por tubo que se muestra en la Figura 3. En la Figura 4 y Figura 5 se muestran intercambiadores de calor con un paso por carcasa y dos pasos por tubos y de dos pasos por carcasa y cuatro pasos por tubos respectivamente.

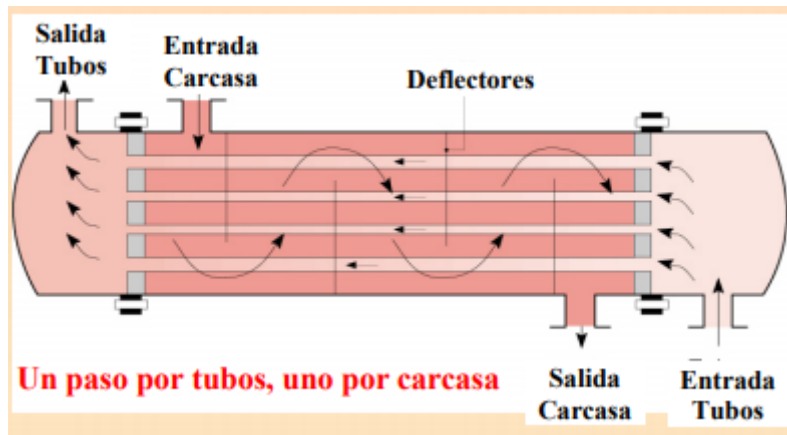


Figura 3 “Intercambiador de carcasa y tubos con un paso por carcasa y un paso por tubos”

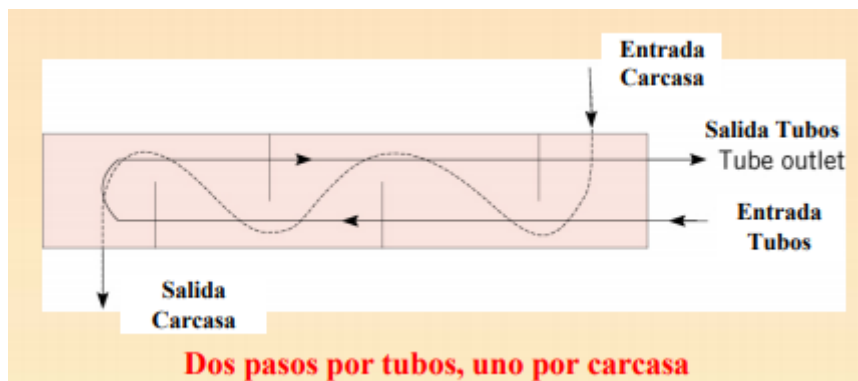


Figura 4 “Intercambiador de carcasa y tubos con un paso por carcasa y dos pasos por tubos”

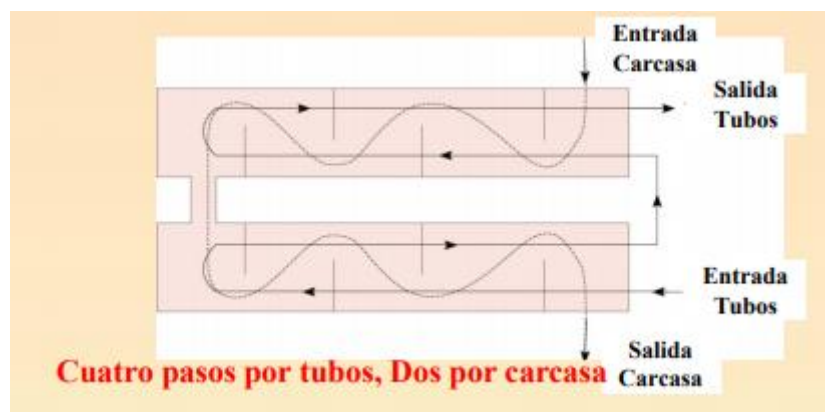


Figura 5 “Intercambiador de carcasa y tubos con dos pasos por carcasa y cuatro pasos por tubos”

3.2.2 PARTES DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR DE CARCASA Y TUBOS

A continuación se procede a explicar a modo resumen las distintas partes que conforman un intercambiador de calor de carcasa y tubos así como su función.

3.2.2.1 Tubos

La finalidad de los tubos será la de conducir un fluido por el interior de la carcasa para que se produzca el intercambio de calor entre el fluido que circula por el interior de la carcasa y el que circula por el interior del tubo evitando que estos lleguen a entrar en contacto. Proporcionan la superficie necesaria para que dicho intercambio de calor se pueda producir.

Según los requerimientos el intercambiador de calor de carcasa y tubos podrá poseer uno o varios pasos por tubos. Se define el número de pasos por tubo al número de veces que el tubo pasa por la carcasa, un mayor número de pasos por tubo permitirá disminuir la longitud del intercambiador.

Por otra parte, los tubos podrán ser aleteados o lisos. Las aletas proveen un área de transferencia de calor mayor que la que proporcionaría el tubo desnudo, permitiendo de esta forma reducir la longitud de los mismos manteniendo el área de transferencia de calor.

Los tubos pueden presentar distintos tipos de configuración en el interior del intercambiador, siendo las más comunes las representadas en la Figura 13:

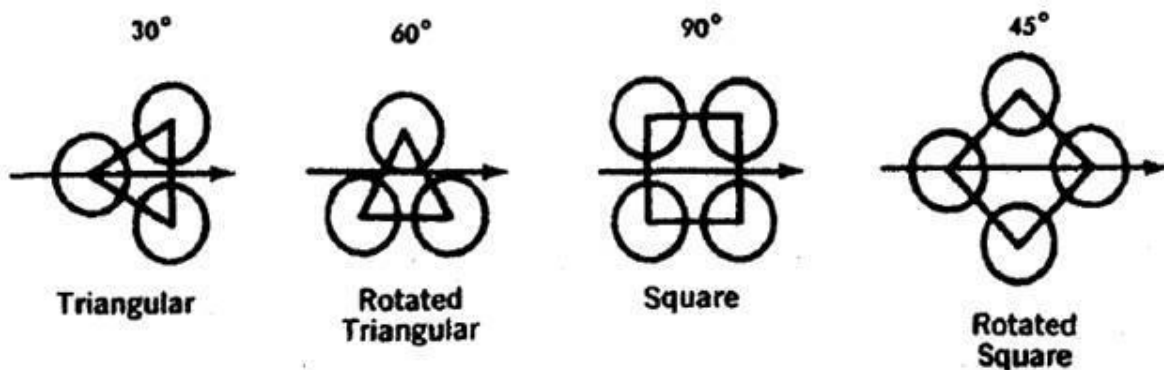


Figura 6 “Principales configuraciones de los tubos según la normativa TEMA”

3.2.2.2 Carcasa

La carcasa es la envolvente del segundo fluido, en este proyecto será de sección circular.

3.2.2.3 Baffles y placas de separación

Los baffles son placas de acero que se extienden por la carcasa, cuya finalidad es la de guiar al fluido que circula por la carcasa por un determinado recorrido.

Hay dos tipos de baffles: longitudinales y transversales.

Los baffles longitudinales se extienden a lo largo de la carcasa siendo su finalidad en este proyecto la de separar los distintos pasos de ésta.

Los baffles transversales se extienden por la carcasa perpendicularmente a ésta, hay diversos tipos de configuraciones de baffles, siendo las aconsejadas por la norma TEMA (*Tubular Exchanger Manufacturers Association, Inc.*) las representadas en la Figura 7:

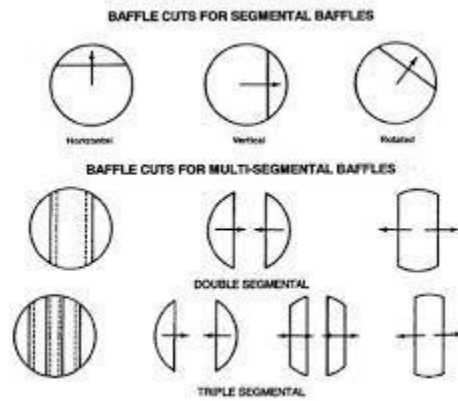


Figura 7 “Configuración de los baffles según norma TEMA”

Las placas de separación se sitúan en los cabezales frontales y su finalidad es la de conducir el fluido que circula por los tubos, de esta forma se generarán dos compartimentos separados en el cabezal frontal, por uno circulará el fluido entrante a los tubos y por otro el saliente.

3.2.2.4 Placa portatubos

La finalidad de la placa portatubos será la de sostener los tubos y las barras de soporte del intercambiador de calor.

3.2.2.5 Bridas

Habrán dos tipos de bridas en el intercambiador de calor: bridas de conexión y bridas de unión.

Las bridas de conexión servirán para unir al intercambiador con la fuente de fluido.

Las bridas de unión servirán para unir los distintos elementos del intercambiador entre sí.

4 NORMAS Y REFERENCIAS

4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas

Normas ASME

- Sección VIII División 1
- Sección II Parte D
- ASME B36.19M
- ASME B16.47
- ASME B16.5
- ASME B.31

Normas TEMA

4.2 Programas de cálculo

Para la realización de los cálculos descritos en los distintos Anejos de Cálculos se han empleado los siguientes programas:

- Engineering Equation Solver (EES)
- Microsoft Excel

4.3 Programas de diseño

Para la realización de los planos presentes en el Documento Planos se han empleado los siguientes programas:

- Software SolidWorks
- Software AutoCAD

5 REQUISITOS DE DISEÑO

Cliente: Escuela Politécnica Superior

El intercambiador de calor diseñado en este trabajo, tal y como se indica en apartados anteriores, operará con un caudal másico de agua de 0,4 kg/s en una planta de lácteos. Este sistema es externo al proyecto y fijará por tanto los rangos de temperatura de trabajo así como los fluidos de trabajo.

6 ANÁLISIS DE SOLUCIONES

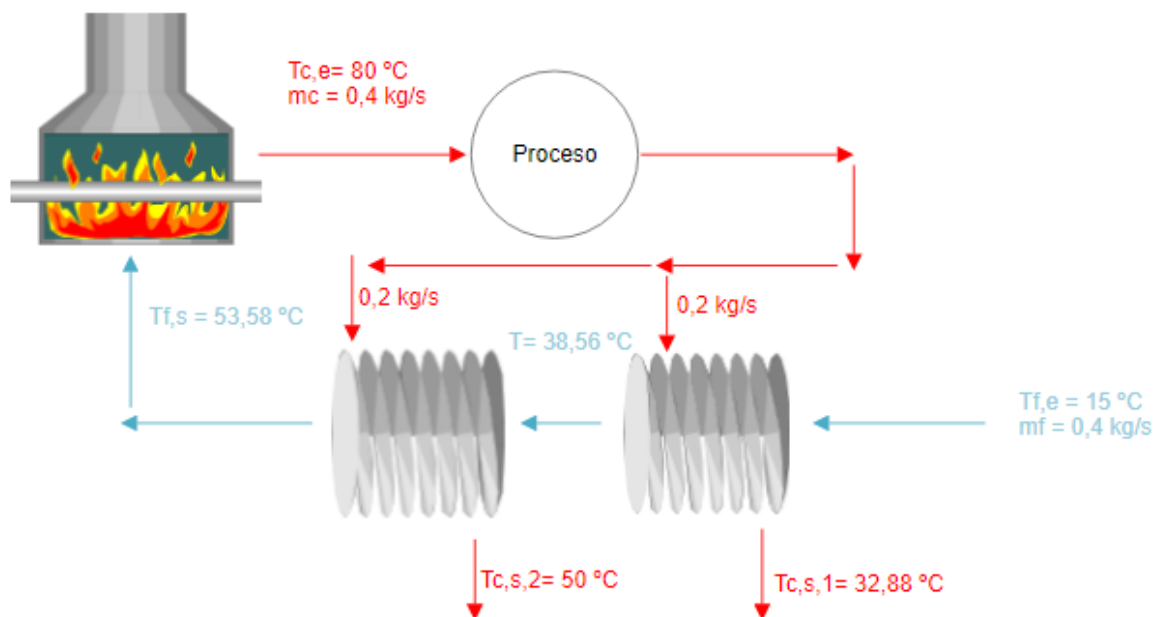
En este apartado se procederá a nombrar las distintas alternativas estudiadas para la realización del proyecto. También se justificará la elección de las opciones tomadas.

En el trabajo, se diseña tanto térmica como mecánicamente un regenerador de calor.

6.1 Regenerador

El regenerador será un tren de intercambiadores de calor de carcasa y tubos por el que circulará agua fría por el interior de los tubos y agua caliente por el interior de la carcasa. La finalidad de este tren será precalentar el fluido previa entrada de nuevo en la caldera aumentando de esta manera eficiencia del proceso de recuperación de calor.

En este trabajo se ha optado por el diseño de un tren de dos intercambiadores gemelos de carcasa y tubos en donde el fluido caliente circula en paralelo entre ambos intercambiadores y el fluido frío circula en serie. Unos intercambiadores de carcasa y tubos de un paso por carcasa y dos pasos por tubo resultaría en una longitud de tubo muy elevada. Por tanto, se ha optado por una configuración de un paso por carcasa y cuatro pasos por tubo.



7 RESULTADOS FINALES

7.1 Regenerador

El regenerador será un intercambiador de calor de carcasa y tubos de un paso por carcasa y cuatro pasos por tubo. Por los tubos circularán 0,4 kg/s de agua fría que se precalentará antes de su incorporación de nuevo al proceso gracias al calor cedido por el fluido que discurrirá por la carcasa, 0,2 kg/s de agua caliente provenientes de la caldera.

La carcasa será de acero inoxidable 316, con un diámetro interior de 172,6 mm, un espesor de 9,5 mm y una longitud de 2,44 m. A lo largo de la carcasa se distribuirán 24 baffles o deflectores de 3.2 mm de espesor separados entre sí 100 mm y todos ellos de acero inoxidable 316.

Los tubos serán de acero inoxidable 316, tendrán una longitud total de 9,77 m y de 2,44 m por paso, un diámetro externo de 16 mm y un diámetro interno de 10 mm. Habrá un total de 5 tubos.

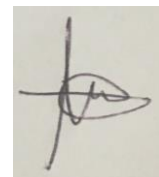
La placa portatubos tendrá un diámetro de 191,6 mm y 25,4 mm de espesor. Contará con 20 orificios de 16 mm de diámetro donde irán alojados los tubos y con 8 orificios de 9,5 mm de diámetro para las barras de soporte. Todos los elementos citados en este párrafo son de acero inoxidable 316.

El cabezal frontal y el posterior serán de acero inoxidable 316 con un espesor de 9,5 mm y un diámetro interior de 172,6 mm, con una longitud de 341,5 mm y 125 mm, respectivamente.

Los cabezales, la tapa del cabezal y la carcasa irán unidos por medio de bridas Welding Neck de 8", de acero inoxidable 316.

Las conexiones del cabezal frontal irán por medio de bridas Lap Joint de 1 1/4", mientras que las de la carcasa irán por medio de bridas Lap Joint de 3", ambas de acero inoxidable 316.

En Ferrol, a febrero de 2019



Fdo.:Andrea María Fernández García



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2018/19**

*DISEÑO INGENIERIL Y MECÁNICO DE UN
RECUPERADOR DE CALOR EN EL PROCESO DE
PASTEURIZACIÓN DE LÁCTEOS*

Grado en Ingeniería Mecánica

Anejo I

CÁLCULOS DEL PROCESO

ÍNDICE

- 1 Criterios de partida
- 2 Procedimientos de cálculo
- 3 Resultados

1 CRITERIOS DE PARTIDA

La finalidad de este apartado es la resolución del ciclo termodinámico que se plantea para este proyecto obteniendo de esta forma los parámetros necesarios para el posterior diseño ingenieril y mecánico del intercambiador de calor.

El esquema del proceso a resolver contará por tanto con dos recuperadores idénticos que aprovechan el calor del agua caliente proveniente de la caldera que posteriormente pasa al proceso de pasteurización para aumentar el rendimiento del ciclo.

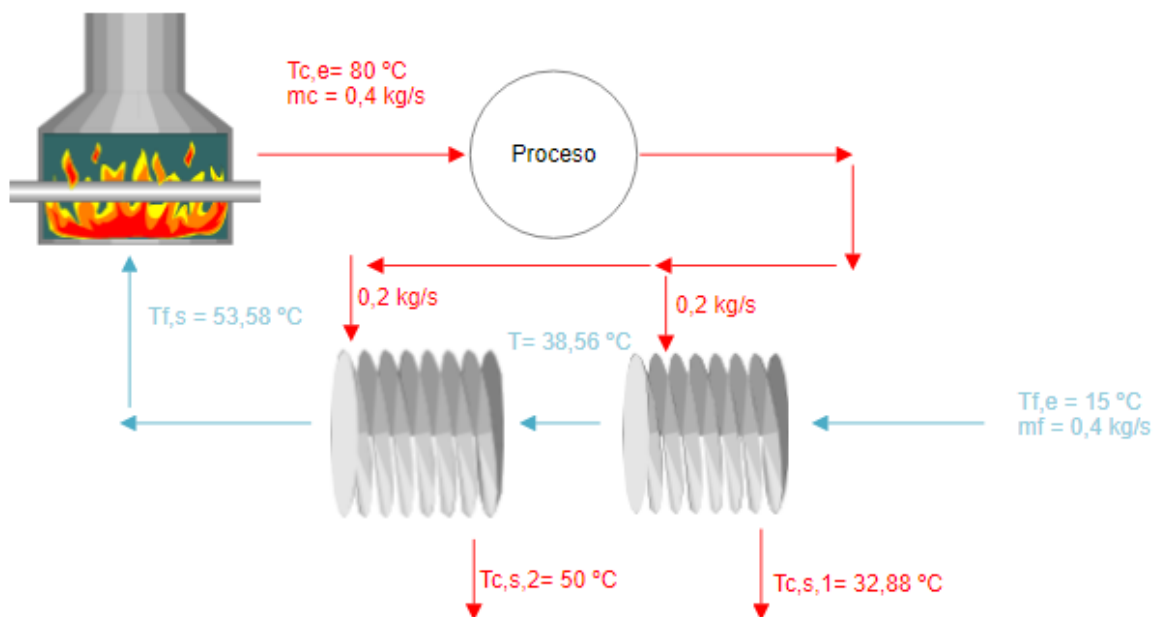


Figura 1 “Diagrama de flujo de tren de intercambiadores”

2 PROCEDIMIENTOS DE CÁLCULO

En este apartado se procederá a describir la metodología de cálculo utilizada

2.1 Temperatura de caliente a la entrada

Uno de los datos conocidos es la temperatura del fluido caliente a la entrada del regenerador, ya que es la temperatura con la que el fluido sale de la caldera y posterior salida del proceso de pasteurización

$$T_{c,e} = 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

2.2 Temperatura de frío a la entrada

La temperatura del fluido frío es conocida también ya que se incorpora externamente al ciclo.

$$T_{f,e} = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

2.3 Efectividad y relación de capacidades

Como se ha dicho anteriormente, el diseño más óptimo es el que incluye dos intercambiadores idénticos en propiedades y diseño colocados en serie. De esta forma se consigue que la efectividad tome su valor más alto posible en $\varepsilon = 0,725$.

Teniendo en cuenta esta distribución, el caudal másico de agua caliente se divide entre los dos intercambiadores, distribuyendo 0,2 kg/s de agua caliente a uno de ellos, y 0,2 kg/s de agua caliente al otro; por tanto si nos centramos en un solo intercambiador para la realización de este trabajo, la relación de capacidades, C_R , toma un valor de 0,5.

Con la efectividad y la relación de capacidades podemos sacar la temperatura de frío a la salida del primer intercambiador según la ecuación:

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{C_R} \cdot \frac{T - T_{fe}}{T_{ce} - T_{fe}} \quad (3)$$

De igual forma para el segundo intercambiador, obtenemos la temperatura de frío a la salida final,

$$\varepsilon_2 = \frac{1}{C_R} \cdot \frac{T_{fs} - T}{T_{ce} - T} \quad (4)$$

2.4 Estudio térmico del intercambiador

En la Figura 2 se puede observar el balance de energía en un intercambiador básico

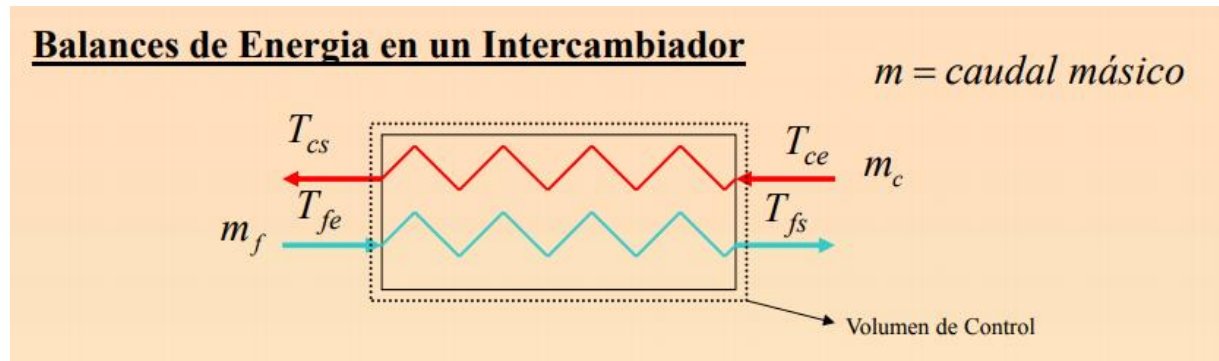


Figura 2 “Balances de energía en un intercambiador”

Siguiendo el balance de energía del intercambiador de la Figura 2, la ecuación obtenida para la transferencia de calor es:

$$Q = m_c \cdot (h_{ce} - h_{cs}) = m_f \cdot (h_{fs} - h_{fe}) \quad (5)$$

Si se introduce la aproximación

$$\Delta h \approx c_p \cdot \Delta T \quad (6)$$

Válida para líquidos y gases a baja presión sin cambio de fase, entonces

$$Q = m_c \cdot C_{pc} \cdot (T_{ce} - T_{cs}) = m_f \cdot C_{pf} \cdot (T_{fs} - T_{fe}) \quad (7)$$

Siendo

- “Q” el calor transferido por conducción
- “ m_c ” el caudal másico del fluido caliente
- “ m_f ” el caudal másico del fluido frío
- “ C_{pc} ” el calor específico del fluido caliente
- “ C_{pf} ” el calor específico del fluido frío
- “ T_{ce} ” la temperatura del fluido caliente a la entrada
- “ T_{cs} ” la temperatura del fluido caliente a la salida
- “ T_{fe} ” la temperatura del fluido frío a la entrada
- “ T_{fs} ” la temperatura del fluido frío a la salida

Aplicando la ecuación (7) a los dos regeneradores se obtienen las dos temperaturas restantes de fluido caliente a la salida.

3 RESULTADOS

A continuación, en la Tabla 1 se detallan los resultados que caracterizan al proceso

Tabla 1: Resultados del proceso

Variable	Valor	Unidad
Efectividad	0,725	-
Relación de capacidades	0,5	-
Flujo másico de agua caliente	0,2	kg/s
Flujo másico de agua fría	0,4	kg/s
Calor específico del agua caliente	4,186	J/g-K
Calor específico del agua fría	4,186	J/g-K
T _{c,e} : Temperatura de agua caliente a la entrada	80	°C
T _{f,e} : Temperatura de agua fría a la entrada	15	°C
T: Temperatura de agua fría a la salida del regenerador 1/ entrada regenerador 2	38,56	°C
T _{f,s} : Temperatura de agua fría a la salida del regenerador 2/entrada caldera	53,88	°C
T _{c,s,1} : Temperatura de agua caliente a la salida del regenerador 1	32,88	°C
T _{c,s,2} : Temperatura de agua caliente a la salida del regenerador 2	50	°C



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2018/19**

*DISEÑO INGENIERIL Y MECÁNICO DE UN
RECUPERADOR DE CALOR EN EL PROCESO DE
PASTEURIZACIÓN DE LÁCTEOS*

Grado en Ingeniería Mecánica

Anejo II

CÁLCULOS DEL REGENERADOR

1 DISEÑO INGENIERIL DEL REGENERADOR

En este apartado se describirá el proceso de cálculo del área de transferencia del regenerador así como el número de tubos, la longitud y el diámetro de los mismos y el número de pasos por tubo.

También se incluirá el cálculo de los coeficientes de transferencia de calor tanto para el flujo interno como para el flujo externo del regenerador.

El regenerador es un intercambiador de calor de carcasa y tubos, por el que circulará agua fría por el interior de los tubos y agua caliente por la carcasa. El agua caliente es el fluido encargado de ceder calor al agua fría para precalentarlo antes de su entrada a la caldera consiguiente así aumentar la efectividad del ciclo.

El diseño está basado en el método de Kern. Este método se basó en el trabajo experimental en intercambiadores comerciales con estándar tolerancias y dará una predicción razonablemente satisfactoria del coeficiente de transferencia de calor. Para diseños estándar, la predicción de caída de presión es menos satisfactoria, ya que la caída de presión se ve más afectado por las fugas y el bypass que la transferencia de calor. La transferencia de calor del lado de la carcasa y los factores de fricción se correlacionan de manera similar a los del flujo del lado del tubo utilizando una velocidad de carcasa hipotética y diámetro de carcasa

1.1 Cálculo del área de transferencia

El área de transferencia del regenerador se calculará por medio del método del número de unidades de transferencia, más conocido como NUT.

Se conocen los valores de la efectividad, ϵ , y de la relación de capacidades, C_r , por tanto es posible conocer el valor del número de unidades de transferencia de este trabajo. Se obtendrá a partir de una expresión específica para intercambiadores de un paso por carcasa y 2,4,etc pasos por tubos. Dicha expresión toma la siguiente forma:

$$E = \frac{\left(\frac{2}{\epsilon}\right) - \left(\frac{1}{Cr}\right)}{(1 + CR^2)^{\frac{1}{2}}} \quad (8)$$

$$NUT = -(1 + Cr^2)^{-\frac{1}{2}} \cdot \ln \frac{(E-1)}{(E+1)} \quad (9)$$

Siendo

- Parámetro “E”
- “ ϵ ” la efectividad
- “C” la relación de capacidades
- “NUT” el número de unidades de transferencia

Para calcular el área se empleará la siguiente ecuación:

$$NUT = \frac{U \cdot A}{C_{min}} \quad (10)$$

Siendo

- “U” el coeficiente global de transferencia de calor que tendrá un valor conocido
- “A” el área de transferencia de calor del intercambiador
- “C_{min}” es la capacidad calorífica del fluido caliente

Despejando A de la ecuación (10) obtenemos el área de transferencia de calor del regenerador.

1.2 Cálculo del diámetro interno de tubo

El número de tubos y la velocidad del fluido en el interior de los tubos son variables conocidas. A partir de la ecuación (11) y la ecuación (12) se podrá determinar el diámetro interno de tubo.

$$\dot{m}_{1tubo} = \frac{\dot{m}_f}{N_t} \quad (11)$$

$$\dot{m}_{1tubo} = u \cdot \rho \cdot \frac{\pi \cdot (D_i)^2}{4} \quad (12)$$

Siendo

- “ \dot{m}_{1tubo} ” el caudal másico de agua fría que circula por un tubo
- “ \dot{m}_f ” el caudal másico de agua fría total
- “u” la velocidad del fluido por el interior de los tubos
- “ D_i ” el diámetro interno de tubo
- “ ρ ” la densidad del fluido que circula por los tubos

1.3 Cálculo de la longitud de tubo

El espesor de tubo es conocido por tanto también es conocido el diámetro externo de tubo. A través de la ecuación (13) se obtendrá el valor de la longitud de tubo.

$$A = N_t \cdot \pi \cdot D_m \cdot L \quad (13)$$

Siendo

- “A” el área de transferencia de calor
- “ N_t ” el número de tubos
- “ D_m ” el diámetro promedio entre interior y exterior
- “L” longitud de tubo

A través de la ecuación (14) se obtendrá la longitud por paso de tubo

$$L_{paso} = \frac{L}{p} \quad (14)$$

1.4 Cálculo del diámetro interno de carcasa

Se puede obtener una estimación del diámetro de haz de tubos, D_b a partir de la ecuación (15) , que es una ecuación empírica basada en diseños de tubos estándar.

Las constantes para su uso en esta ecuación, para patrones triangulares y cuadrados, se da en la Tabla 1.

$$D_b = d_o \left(\frac{N_t}{K_1} \right)^{1/n_1} \quad (15)$$

Siendo

- “ N_t ” el número de tubos
- “ D_b ” diámetro del haz de tubos
- “ d_o ” diámetro externo de tubo

A continuación se muestran las constantes para su uso en la ecuación (15)

Tabla 1. Constantes para uso en la ecuación (15)

Triangular pitch, $p_t = 1.25d_o$					
No. passes	1	2	4	6	8
K_1	0.319	0.249	0.175	0.0743	0.0365
n_1	2.142	2.207	2.285	2.499	2.675
Square pitch, $p_t = 1.25d_o$					
No. passes	1	2	4	6	8
K_1	0.215	0.156	0.158	0.0402	0.0331
n_1	2.207	2.291	2.263	2.617	2.643

El número de tubos en la fila central, la fila en el ecuador de la carcasa, viene dado por:

$$\text{Tubos en fila central} = \frac{D_b}{p_t} \quad (16)$$

Siendo

- “ P_t ” la distancia entre centros de tubos. La normativa TEMA (Tubular Exchanger Manufacturers Association) especifica que su valor debe ser de 1,25 veces el diámetro externo de tubo.

A continuación, en la Figura 1 se muestra un ejemplo de pitch

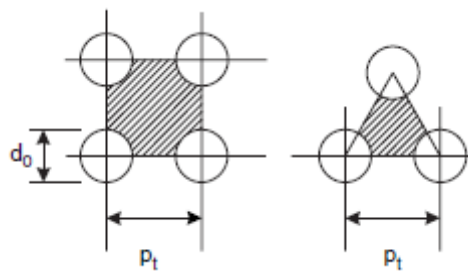


Figura 1 “Ejemplo de pitch para distintas configuraciones”

El diámetro interno de carcasa, D_s , es la suma del diámetro del haz de tubos, D_b y una holgura o clarancia que se haya a través de la gráfica de la Figura 2.

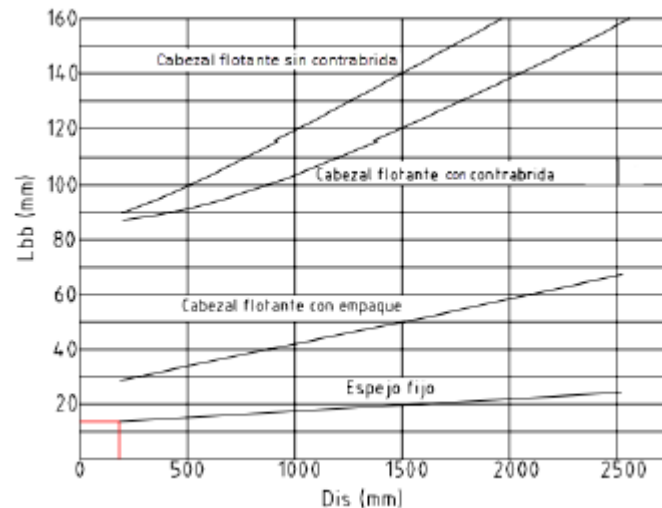


Figura 2 “Holgura o clarencia entre carcasa y haz de tubos”

1.5 Cálculo de área de carcasa

Según el procedimiento del método de Kern, el área transversal se calcula según la ecuación (17)

$$A_s = \frac{(p_t - d_o)D_s l_B}{p_t} \quad (17)$$

Siendo

- “ A_s ” el área de flujo cruzado
- “ P_t ” el pitch
- “ d_o ” el diámetro externo de tubo en milímetros
- “ D_s ” el diámetro interno de carcasa
- “ L_b ” la distancia entre baffles o deflectores transversales

1.6 Cálculo de densidad de flujo y velocidad lineal en la carcasa

Continuando con el método Kern se calculará la densidad de flujo y la velocidad que lleva el fluido en la carcasa según las ecuaciones (18) y (19)

$$G_s = \frac{W_s}{A_s} \quad (18)$$

$$u_s = \frac{G_s}{\rho} \quad (19)$$

Siendo

- “ G_s ” la densidad de flujo
- “ W_s ” el caudal másico de fluido que circula por la carcasa
- “ ρ ” la densidad del fluido que circula por la carcasa
- “ u_s ” la velocidad del fluido en la carcasa

1.7 Cálculo del diámetro equivalente (diámetro hidráulico)

El diámetro equivalente o diámetro hidráulico toma diferentes valores según el tipo de arreglo de tubos

La ecuación (20) es empleada para arreglos cuadrados y la ecuación (21), para arreglos triangulares.

$$d_e = \frac{4 \left(\frac{p_t^2 - \pi d_o^2}{4} \right)}{\pi d_o} = \frac{1.27}{d_o} (p_t^2 - 0.785 d_o^2) \quad (20)$$

$$d_e = \frac{4 \left(\frac{p_t}{2} \times 0.87 p_t - \frac{1}{2} \pi \frac{d_o^2}{4} \right)}{\frac{\pi d_o}{2}} = \frac{1.10}{d_o} (p_t^2 - 0.917 d_o^2) \quad (21)$$

Siendo

- “d_e” el diámetro equivalente

1.8 Cálculo del número de Reynolds del lado de la carcasa y factor de fricción

El número de Reynolds del lado de la carcasa viene dado por la ecuación (22)

$$Re = \frac{G_s d_e}{\mu} = \frac{u_s d_e \rho}{\mu} \quad (22)$$

1.9 Cálculo de número de Nusselt del lado de la carcasa

Para el número de Reynolds calculado, se obtendrá el valor de j_h de la Figura 3. Para eso, se debe seleccionar el corte del deflector y la disposición de los tubos.

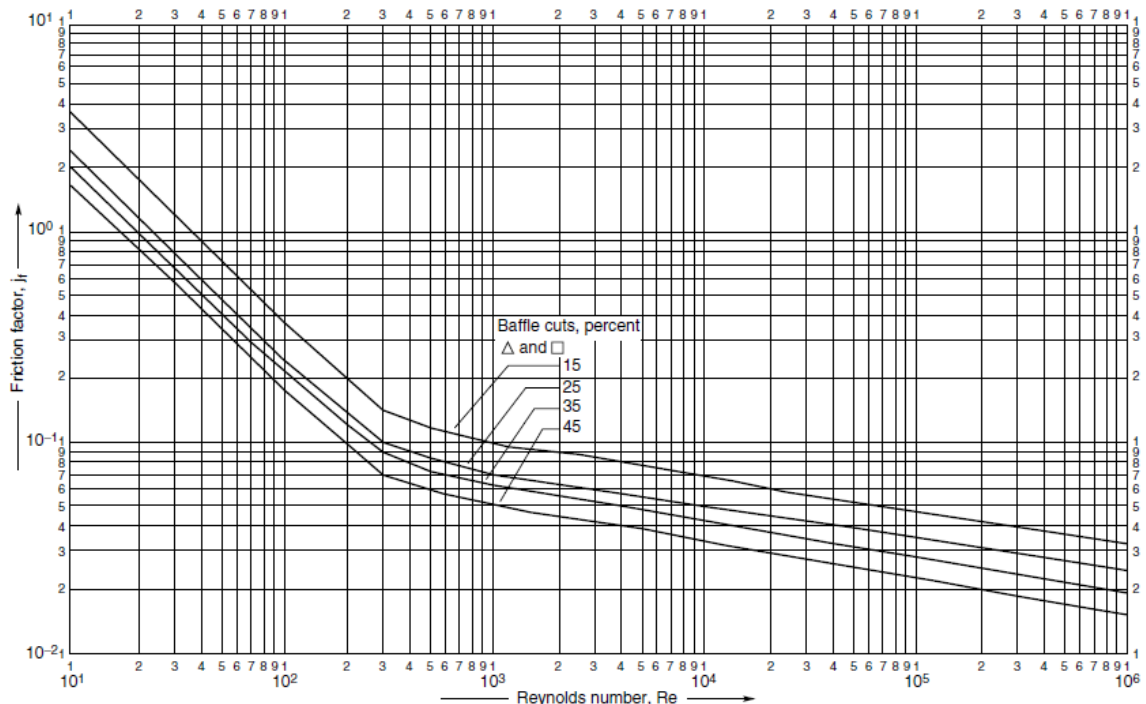


Figura 3 “Factor de fricción del lado de la carcasa, baffles”

El número de Nusselt se calcula según la expresión dada en la ecuación (23)

$$Nu = j_h \cdot Re \cdot Pr^{\left(\frac{1}{3}\right)} \quad (23)$$

Siendo

- “Nu” el número de Nusselt
- “j_h” el factor de fricción obtenido a través de la Figura 3
- “Re” el número de Reynolds
- “Pr” el número de Prandtl

1.10 Cálculo del coeficiente de transferencia de calor externo

El coeficiente de transferencia de calor del lado de la carcasa se obtiene a través de la ecuación (24)

$$h_e = \frac{Nu \cdot k}{d_e} \quad (24)$$

Siendo

- “h_e” el coeficiente de transferencia de calor externo
- “Nu” el número de Nusselt
- “k” la conductividad térmica del fluido caliente
- “d_e” el diámetro equivalente

1.11 Cálculo del número de Reynolds del lado de los tubos

El número de Reynolds del lado de los tubos se calcula a través de la ecuación (25)

$$Re_i = \frac{4 \cdot \dot{m}_{1 tubo}}{\pi \cdot D_i \cdot \mu} \quad (25)$$

Siendo

- “Re_i” el número de Reynolds en el interior de los tubos
- “*m*_{1 tubo}” el caudal másico de agua fría que circula por un tubo
- “D_i” el diámetro interior de tubo
- “μ” la viscosidad dinámica del agua fría

1.12 Cálculo del número de Nusselt del lado de los tubos

Para el cálculo del Nusselt se pueden utilizar distintas ecuaciones en función del tipo y de las condiciones del flujo siendo las más utilizadas las de la *Tabla 2*. Se utilizará para la determinación del valor del Nusselt la correlación de Dittus-Boelter dado que las condiciones de trabajo del regenerador en el flujo interno se encuentran entre los límites de dicha correlación:

$$Nu = 0.023 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^n \quad (26)$$

Siendo

- Re: Número de Reynolds.
- Pr: Número de Prandtl.

En este caso el parámetro n tomará un valor de 0,4 ya que el fluido frío se calienta. El valor del número de Prandtl, así como la conductividad térmica del fluido que circula por el interior de los tubos, la densidad y la viscosidad, se calcularán por medio de tablas pertenecientes al libro de Yunus A. Cengel “Transferencia de calor y masa. Un

enfoque práctico”, utilizando los valores de la temperatura media de entrada y salida del agua fría.

Tabla 2. Expresiones para el Nusselt en condiciones de flujo turbulento desarrollado en conductor de sección circular

Expresión	Condiciones	
$Nu = 0,023Re^{4/5}Pr^n$ (Dittus-Boelter)	$Pr > 0,6$ $Re > 10.000$	$n=0,3$ si se enfría $n=0,4$ si se calienta
$Nu = 0,022Re^{4/5}Pr^{0,5}$ (Kays-Crawford)	Gases; $0,5 < Pr < 1$	
$Nu = 0,27Re^{4/5}Pr^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_p} \right)^{0,14}$ (Sieder-Tate)	$0,7 < Pr < 16.700$ $Re > 10^4$	
$Nu = \frac{(C_f/2)Re \cdot Pr}{1,07 + 12,7(C_f/2)^{1/2}(Pr^{2/3} - 1)}$ (Petukhov-Krilov)	$0,5 < Pr < 2.000$ $10^4 < Re < 5 \cdot 10^6$	
$Nu = \frac{(C_f/2)(Re - 10^3)Pr}{1 + 12,7(C_f/2)^{1/2}(Pr^{2/3} - 1)}$ (Gnielinski)	$0,5 < Pr < 2.000$ $2300 < Re < 5 \cdot 10^6$	
$Nu = 4,82 + 0,0185Pe^{0,827}$	$10^2 < Pe < 10^4$ $3,6 \cdot 10^3 < Re < 9,05 \cdot 10^5$ Flujo de calor constante en la pared	
$Nu = 5,0 + 0,025Pe^{0,8}$	$Pe > 100$ T_p constante	

1.13 Cálculo del coeficiente de transferencia de calor interno

El coeficiente de transferencia de calor interno se obtendrá a partir de la ecuación (27)

$$h_i = \frac{Nu \cdot k}{D_i} \quad (27)$$

Siendo

- “ h_i ” el coeficiente de transferencia de calor interno
- “ Nu ” el número de Nusselt
- “ k ” la conductividad térmica del fluido que va por los tubos
- “ D_i ” el diámetro interno de tubo

2 PÉRDIDA DE CARGA

2.1 Pérdida de carga en los tubos

La pérdida de carga en los tubos podrá ser calculada sabiendo el número de pasos por tubo y la longitud del intercambiador de calor. La caída de presión vendrá determinada por la ecuación (28):

$$\Delta P_t = 4 \cdot f \cdot \frac{L \cdot p}{D_i} \cdot \rho \cdot \frac{u_{max}^2}{2} \quad (28)$$

Donde:

- "ΔP_t" la pérdida de carga en los tubos
- "f" el factor de fricción.
- "L" la longitud de los tubos.
- "p" el número de pasos por tubo.
- "D_i" el diámetro interior de los tubos.
- "ρ" la densidad del agua líquida.
- "u_{max}" la velocidad máxima.

Siendo el factor de fricción el que se obtiene del diagrama de Moody para tubos lisos, entrando con el número de Reynolds en el interior de los tubos.

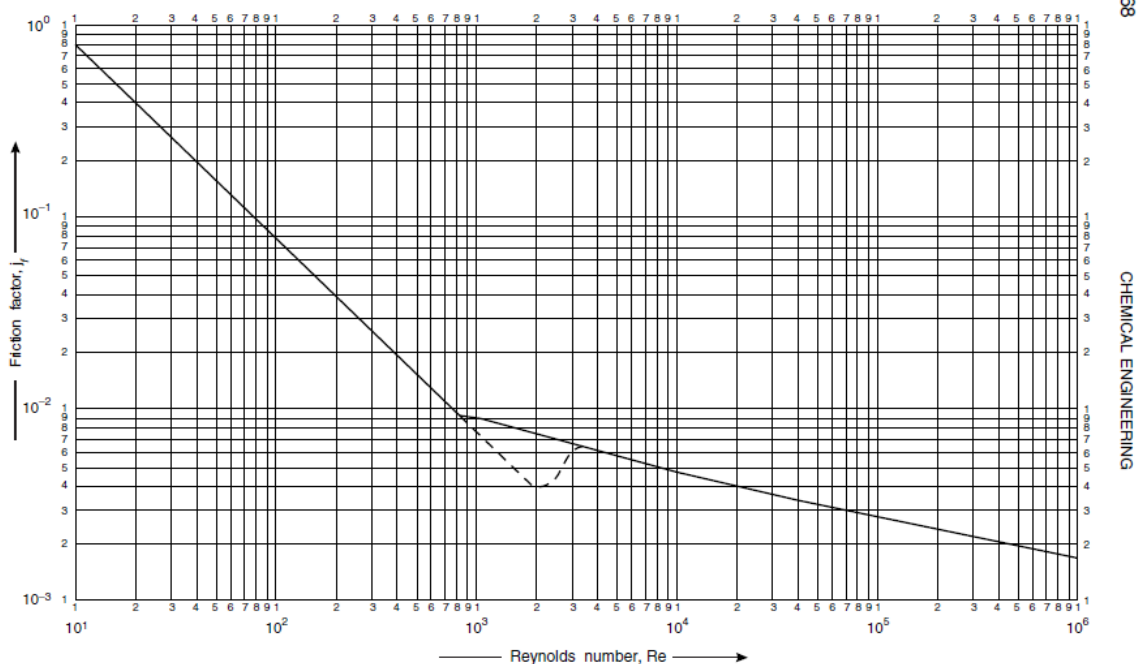


Figura 4. Factor de fricción del lado del tubo

2.2 Pérdida de carga en la carcasa

La pérdida de carga en la carcasa dependerá del número de tubos por el que el fluido pasa en el haz de tubos entre los baffles, así como de la longitud de cada paso. Si la longitud del haz de tubos está dividida por cuatro baffles, por ejemplo, todo el fluido pasará por el haz cinco veces.

La correlación ha sido obtenida usando el producto de la distancia a lo largo del haz, tomada como el diámetro interior de la carcasa, y el número de veces que el haz es cruzado.

La pérdida de carga en la carcasa se calculará con la ecuación (29)

$$\Delta P_s = 8j_f \left(\frac{D_s}{d_e} \right) \left(\frac{L}{l_B} \right) \frac{\rho u_s^2}{2} \quad (29)$$

Siendo

- “ ΔP_s ” la pérdida de presión en la carcasa
- “ j_f ” el factor de fricción
- “ D_s ” el diámetro interno de la carcasa
- “ d_e ” el diámetro equivalente
- “ L ” la longitud de tubo
- “ l_B ” la distancia entre baffles
- “ ρ ” la densidad del agua caliente
- “ u_s ” la velocidad del agua caliente en la carcasa.

El factor de fricción se obtiene de la Figura 3.

3 DISEÑO MECÁNICO

En este apartado se procede a realizar el diseño mecánico del intercambiador de calor de carcasa y tubos, para esto se siguen las normas y recomendaciones presentes en el código ASME (American Society of Mechanical Engineers) así como en las normas TEMA (Tubular Exchanger Manufacturers Association).

3.1 El código ASME

El código ASME contiene directrices sobre el diseño, construcción, inspección y pruebas para equipos, calderas y recipientes a presión.

Se encuentra dividido en numerosas secciones, se han utilizado la sección VIII División 1 y la sección II parte D con el fin de realizar el diseño mecánico de este proyecto.

La sección VIII División 1 trata los siguientes aspectos: materiales, temperaturas máximas y mínimas, presiones de diseño, cargas y esfuerzos máximos admisibles del material, diseño a condiciones de presión interna y diseño a condiciones de presión externa entre otros.

La sección II parte D establece las propiedades y resistencias a la tensión de cada uno de los materiales.

3.2 La norma TEMA

La norma TEMA recoge los estándares fijados por los fabricantes de intercambiadores de calor tubulares TEMA, estos estándares son seguidos en la mayor parte del mundo para su construcción y es aplicable a intercambiadores de calor de carcasa y tubos con un diámetro interior de carcasa máximo de 1524 mm, una presión máxima de 207 bar.

En la norma cada una de las secciones del intercambiador viene identificada por una letra, de tal forma que cada intercambiador estará identificado por un conjunto de tres letras junto con las dimensiones del mismo. La primera letra indica el tipo de cabezal frontal, la segunda el tipo de carcasa y la tercera el tipo de cabezal posterior.

TIPOS DE CABEZAL ESTACIONARIO, EXTREMO FRONTAL		TIPOS DE CORAZAS		TIPOS DE CABEZALES, EXTREMO POSTERIOR	
A	 CANAL Y CUBIERTA DESMONTABLE	E	 CORAZA DE UN PASO	L	 DE ESPEJO FLUJO COMO EL CABEZAL ESTACIONARIO 'A'
B	 CASQUETE (CUBIERTA INTEGRADA)	F	 CORAZA DE DOS PASOS CON DEFLECTOR LONGITUDINAL	M	 DE ESPEJO FLUJO COMO EL CABEZAL ESTACIONARIO 'B'
C	 SOLO HAZ DE TUBOS DESMONTABLE CANAL INTEGRADO CON ESPEJO Y CUBIERTA DESMONTABLE	G	 DE FLUJO PARTIDO	N	 DE ESPEJO FLUJO COMO EL CABEZAL ESTACIONARIO 'N'
N	 CANAL INTEGRADO CON ESPEJO Y CUBIERTA DESMONTABLE	H	 DE FLUJO PARTIDO DOBLE	P	 CABEZAL FLOTANTE CON EMPAQUE EXTERIOR
D	 CIERRE ESPECIAL A ALTA PRESIÓN	J	 DE FLUJO DIVIDIDO	S	 CABEZAL FLOTANTE CON DISPOSITIVO DE APOYO
		K	 REHERVIDOR DE CALDERA	T	 CABEZAL FLOTANTE SIN CONTRABRIDA
		X	 FLUJO CRUZADO	U	 HAZ DE TUBO EN U
				W	 ESPEJO FLOTANTE SELLADO EXTERNAMENTE

Figura 5 “Nomenclatura según norma TEMA de intercambiadores de calor”

3.3 Materiales

El material utilizado para el intercambiador de calor es acero inoxidable tipo 316. Se trata de un acero de cromo y níquel austenítico que contiene molibdeno, esta adición permite que aumente la resistencia a la corrosión del material, además de mejorar la resistencia a picaduras de soluciones de iones de cloruro. También proporciona mayor resistencia a altas temperaturas.

Sus propiedades son similares a las del tipo 304, excepto que esta aleación es un

poco más sólida a temperaturas elevadas. La resistencia a la corrosión es mejor, particularmente contra ácidos sulfúrico, hidrociorhídico, acético, fórmico y tartárico; sulfatos ácidos y cloruros alcalinos.

Entre sus principales aplicaciones se encuentran: cabezales de escape, piezas para hornos, intercambiadores térmicos, equipos farmacéuticos y fotográficos, recortes de válvulas y bombas, equipos químicos, digestores, tanques, evaporadores, equipos de celulosa, papel y procesamiento textil, piezas expuestas a atmósferas marinas y tuberías.

Los requerimientos de su composición química son los siguientes:

Tabla 3. Composición química del acero 316

Elemento	Porcentaje
Carbón	0,03 máximo
Manganeso	2,00 máximo
Fósforo	0,045 máximo
Azufre	0,030 máximo
Silicio	0,75 máximo
Cromo	16,00 a 18,00
Níquel	10,00 a 14,00
Nitrógeno	0,10 máximo
Molibdeno	2,00 a 3,00

A continuación, se muestra en la Tabla 4 las propiedades mecánicas del acero inoxidable 316, así como una comparativa con otros aceros:

Tabla 4: Comparativa de propiedades mecánicas de distintos tipos de aceros

	Acero al carbono	Tipo 304	Tipo 316
Resistencia a la tensión (Mpa)	448	620	860
Elasticidad (%)	30	50	60
Módulo elástico ($\times 10^3$ Mpa)	207	193	210
Densidad (kg/m^3)	7750	8027	7960
Conductividad térmica a 23°C (W/m-K)	52	16,09	16,3
Calor específico (J/kg-K)	512	512	502

3.4 Tubos

Los tubos del regenerador son de acero inoxidable tipo 316 y tienen dimensiones según ASME B36.19M.

3.4.1 CÁLCULO DEL DIÁMETRO

Para la determinación del diámetro del tubo el principal criterio que se ha tenido en cuenta ha sido la velocidad máxima del fluido en el interior del tubo, por lo tanto, dado el número de tubos seleccionado para el regenerador y el flujo másico total se procederá al cálculo del flujo másico de agua por un tubo:

$$\dot{m}_{1tubo} = \frac{\dot{m}}{N_t} \quad (30)$$

Donde:

- \dot{m}_{1tubo} : Caudal másico de agua por un tubo.
- \dot{m} : Caudal másico de agua líquida total.
- N_t : Número de tubos.

Determinado el caudal másico por un tubo, se procede a obtener el diámetro del tubo, teniendo en cuenta que la velocidad máxima del fluido por el interior de los tubos es de 2 m/s. Teniendo en cuenta estos factores, sacamos el diámetro interno a partir de la ecuación (31)

$$u = \frac{4 \cdot \dot{m}_{1tubo}}{\rho \cdot \pi \cdot D_i^2} \quad (31)$$

Donde:

- ρ es la densidad media del agua líquida.
- u es la velocidad del agua líquida.
- D_i es el diámetro interior de los tubos.

Una vez establecido el diámetro teórico que cumpla con las necesidades mecánicas y de velocidad se escogerá un diámetro de un catálogo comercial y se repetirán las comprobaciones hasta encontrar uno que cumpla con los requisitos mecánicos y de velocidad.

3.4.2 CÁLCULO DEL ESPESOR MÍNIMO

Se calcula el espesor mínimo siguiendo el código ASME para tuberías a presión, apartado B31.

$$t_{min} = \frac{P \cdot D}{2 \cdot (S \cdot E \cdot W + P \cdot Y)} \quad (32)$$

Siendo:

- P la presión de diseño en kPa.
- D el diámetro exterior en mm.
- S el valor del esfuerzo del material.
- E el factor de calidad.
- W el factor de reducción de la resistencia de la junta de la soldadura.
- Y el coeficiente que depende del material y de la temperatura de diseño.

El valor de S se obtiene de la tabla 2 y el valor de W es 1 ya que no está soldado.

3.5 Patrón de tubos

El patrón que seguirán los tubos será para el presente proyecto una distribución triangular a 30°.

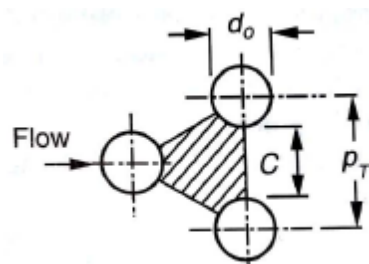


Figura 6. Patrón de tubos triangular.

En cualquier caso, según la norma TEMA la distancia entre centros de dos tubos contiguos, S_T , ha de ser siempre mayor o igual a 6,4mm y mayor o igual a 1.25 veces el De. En este caso se ha elegido una distancia de 1,25 veces el diámetro exterior de los tubos cumpliendo de esta forma con ambos requisitos.

3.6 Bridas

Las bridas escogidas para los diferentes elementos del regenerador están diseñadas según las directrices aportadas por la norma ASME B16.5.

3.6.1 BRIDAS DE UNIÓN

Se entenderá por bridas de unión a las bridas utilizadas para unir el cabezal frontal y el posterior a la carcasa, así como las bridas que unen la tapa al cabezal frontal. Serán necesarias por lo tanto seis bridas de unión.

La brida seleccionada para cumplir dicha función será una brida de tipo Welding Neck Serie-A Class 150 lbs, tal y como se observa en la Figura 7, según la norma ASME B16.47.

En este tipo de bridas el diámetro interior será especificado en base a las necesidades, siempre y cuando se mantenga un espesor mínimo de la brida que vendrá determinado en el catálogo comercial.

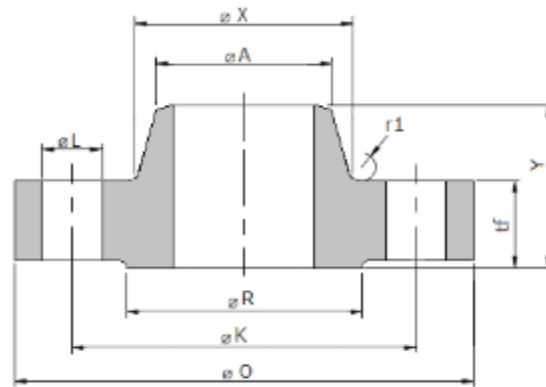


Figura 7 “Catálogo de brida Weldin Neck Serie- A según norma ASME B16.47

Tabla 5. Catálogo de la brida Welding Neck Serie-A según norma ASME B16.47

Dimensiones en pulgadas y (milímetros)

Tamaño Nominal Tubería	Ø exterior O	Mínimo espesor t _f	Longitud Hub Y	Ø Hub X	Ø Superior Hub A	Ø Raised Face R	Taladros			Ø Tornillo	Radio r1
							Ø K centro tal.	Nº tal	Ø tal. L		
26 (650)	34.25 (870)	2.63 (66.7)	4.69 (119)	26.62 (676)	26 (660.4)	29.5 (749)	31.75 (806.4)	24	1 3/8 (34.925)	1 1/4 (31.75)	0.38 (10)
28 (700)	36.5 (925)	2.75 (69.9)	4.88 (124)	28.62 (727)	28 (711.2)	31.5 (800)	34 (863.6)	28	1 3/8 (34.925)	1 1/4 (31.75)	0.44 (11)
30 (750)	38.75 (985)	2.88 (73.1)	5.32 (135)	30.75 (781)	30 (762)	33.75 (857)	36 (914.4)	28	1 3/8 (34.925)	1 1/4 (31.75)	0.44 (11)
32 (800)	41.75 (1060)	3.13 (79.4)	5.63 (143)	32.75 (832)	32 (812.8)	36 (914)	38.5 (977.9)	28	1 5/8 (41.275)	1 1/2 (38.1)	0.44 (11)
34 (850)	43.75 (1110)	3.19 (81)	5.82 (148)	34.75 (883)	34 (863.6)	38 (965)	40.5 (1028.7)	32	1 5/8 (41.275)	1 1/2 (38.1)	0.5 (13)
36 (900)	46 (1170)	3.5 (88.9)	6.13 (156)	36.75 (933)	36 (914.4)	40.25 (1022)	42.75 (1085.8)	32	1 5/8 (41.275)	1 1/2 (38.1)	0.5 (13)
38 (950)	48.75 (1240)	3.38 (85.8)	6.13 (156)	39 (991)	38 (965.2)	42.25 (1073)	45.25 (1149.4)	32	1 5/8 (41.275)	1 1/2 (38.1)	0.5 (13)
40 (1000)	50.75 (1290)	3.5 (88.9)	6.38 (162)	41 (1041)	40 (1016)	44.25 (1124)	47.25 (1200.2)	36	1 5/8 (41.275)	1 1/2 (38.1)	0.5 (13)
42 (1050)	53 (1345)	3.75 (95.3)	6.69 (170)	43 (1092)	42 (1066.8)	47 (1194)	49.5 (1257.3)	36	1 5/8 (41.275)	1 1/2 (38.1)	0.5 (13)
44 (1100)	55.25 (1405)	3.94 (100.1)	6.94 (176)	45 (1143)	44 (1117.6)	49 (1245)	51.75 (1314.4)	40	1 5/8 (41.275)	1 1/2 (38.1)	0.5 (13)
46 (1150)	57.25 (1455)	4 (101.6)	7.25 (184)	47.12 (1197)	46 (1168.4)	51 (1295)	53.75 (1365.2)	40	1 5/8 (41.275)	1 1/2 (38.1)	0.5 (13)
48 (1200)	59.5 (1510)	4.19 (106.4)	7.5 (191)	49.12 (1248)	48 (1219.2)	53.5 (1359)	56 (1422.4)	44	1 5/8 (41.275)	1 1/2 (38.1)	0.5 (13)

3.6.2 BRIDAS DE CONEXIÓN

Se entiende por bridas de conexión a las bridas que unen los tubos de distribución a la carcasa y al cabezal frontal permitiendo así la entrada de fluido en el regenerador. El criterio para la selección de estas bridas, dado que todas cumplen sobradamente con los requerimientos mecánicos al poder trabajar a unas presiones considerablemente mayores a las presiones de trabajo del regenerador, será la velocidad máxima del agua líquida a lo largo de su paso por las bridas, de tal forma que esta velocidad máxima será de 1 a 2 m/s. La ecuación de cálculo del diámetro será la siguiente:

$$u = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4}} \quad (33)$$

Donde:

- u : Velocidad del fluido durante su paso por la brida.
- \dot{m} : Flujo másico de agua.
- D : Diámetro de la brida.

El material de estas bridas será también un acero inoxidable B316. De esta forma se consigue que las dilataciones sean las mismas en todos los componentes del regenerador y así evitamos numerosos problemas.

Las bridas tipo 1 serán bridas Lap Joint Class 2500, tal y como se observa en la Figura 8, según la norma ASME B16.5.

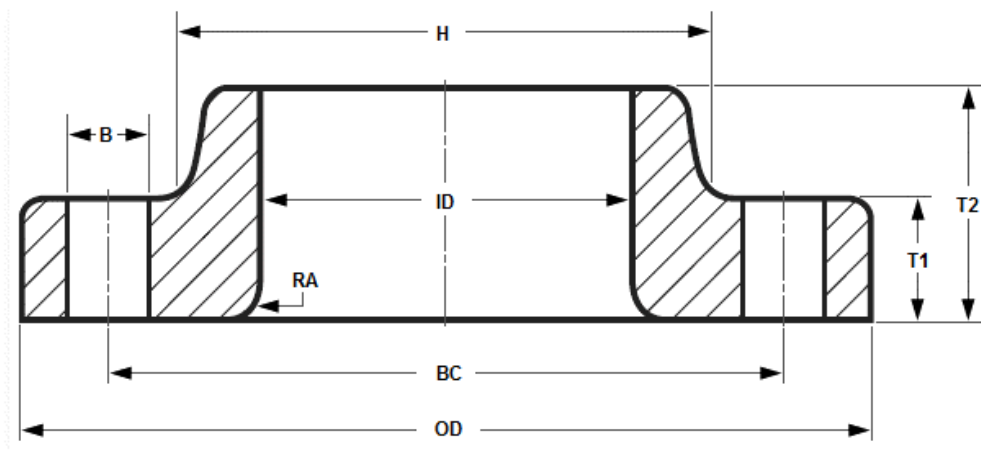


Figura 8 “Brida tipo Lap Joint Class 2500 según norma ASME B16.5”

Tabla 6. Catálogo brida tipo Lap Joint Class 2500 según norma ASME B16.5

SIZE	ID	OD	Bolt Circle (BC)	H	T1	T2	RA	Bolt Hole (B)	No. of Bolt Holes
1/2"	0.90"	5.25"	3.50"	1.69"	1.19"	1.56"	.12"	0.88"	4
3/4"	1.11"	5.50"	3.75"	2.00"	1.25"	1.69"	.12"	0.88"	4
1"	1.38"	6.25"	4.25"	2.25"	1.38"	1.88"	.12"	1.00"	4
1-1/4"	1.72"	7.25"	5.13"	2.88"	1.50"	2.06"	.19"	1.13"	4
1-1/2"	1.97"	8.00"	5.75"	3.13"	1.75"	2.38"	.25"	1.25"	4
2"	2.46"	9.25"	6.75"	3.75"	2.00"	2.75"	.31"	1.13"	8
2-1/2"	2.97"	10.50"	7.75"	4.50"	2.25"	3.13"	.31"	1.25"	8
3"	3.60"	12.00"	9.00"	5.25"	2.63"	3.63"	.38"	1.38"	8
4"	4.60"	14.00"	10.75"	6.50"	3.00"	4.25"	.44"	1.63"	8
5"	5.69"	16.50"	12.75"	8.00"	3.63"	5.13"	.44"	1.88"	8
6"	6.75"	19.00"	14.50"	9.25"	4.25"	6.00"	.50"	2.13"	8
8"	8.75"	21.75"	17.25"	12.00"	5.00"	7.00"	.50"	2.13"	12
10"	10.92"	26.50"	21.25"	14.75"	6.50"	9.00"	.50"	2.63"	12
12"	12.92"	30.00"	24.38"	17.38"	7.25"	10.00"	.50"	2.88"	12

3.6.3 JUNTAS

Las juntas de las bridas serán del tipo comercial DURLON FGM316 de acuerdo con la norma ASTM F38.

Estas juntas están formadas por una capa de grafito flexible impermeable unida por medio de un adhesivo a múltiples núcleos de acero 316 de 0,004" de espesor.

3.7 Baffles

3.7.1 Baffles transversales

El diseño de los baffles transversales se realizará siguiendo las indicaciones propuestas por la norma TEMA. Las principales configuraciones son las indicadas en la

Figura 9:

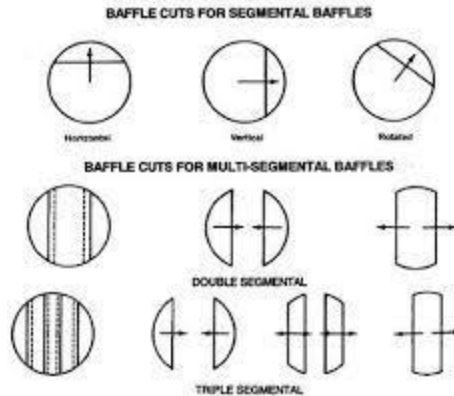


Figura 9 “ Principales configuraciones de baffles transversales según la norma TEMA”

Para el regenerador se seleccionará un tipo de baffles vertical. Dado que la longitud de tubo sin soportar es superior a 2m y el diámetro exterior de los tubos es inferior a 31.8mm los agujeros para los tubos tendrán que ser 0.4mm mayores que el diámetro exterior de los mismos tal y como viene establecido en la norma TEMA.

Además como la longitud de tubo sin soportar es inferior a 915mm y el diámetro exterior de los tubos es inferior a 31.8mm no es necesario tener en cuenta una tolerancia para el agujero de los tubos.

El espesor de los baffles se determina por medio de la Tabla 7:

Tabla 7: Espesor de baffles transversales.

Nominal Shell ID	Plate Thickness					
	Unsupported tube length between central baffles. End spaces between tubesheets and baffles are not a consideration.					
	12 (305) and Under	Over 12 (305) to 24 (610) Inclusive	Over 24 (610) to 36 (914) Inclusive	Over 36 (914) to 48 (1219) Inclusive	Over 48 (1219) to 60 (1524) Inclusive	Over 60 (1524)
8-28 (152-356)	1/16 (1.6)	1/8 (3.2)	3/16 (4.8)	1/4 (6.4)	3/8 (9.5)	3/8 (9.5)
9-38 (381-711)	1/8 (3.2)	3/16 (4.8)	1/4 (6.4)	3/8 (9.5)	3/8 (9.5)	1/2 (12.7)
9-38 (737-985)	3/16 (4.8)	1/4 (6.4)	5/16 (7.5)	3/8 (9.5)	1/2 (12.7)	5/8 (15.9)
9-60 (991-1524)	1/4 (6.4)	1/4 (6.4)	3/8 (9.5)	1/2 (12.7)	5/8 (15.9)	5/8 (15.9)
11-100 (1549-2540)	1/4 (6.4)	3/8 (9.5)	1/2 (12.7)	5/8 (15.9)	3/4 (19.1)	3/4 (19.1)

3.8 Barras de soporte

Las barras de soporte serán dimensionadas según la norma TEMA, que proporcionará los diámetros nominales y el número mínimo de barras de soporte tal y como se muestra en la Tabla 7

Tabla 8: Dimensiones estándar de las barras de soporte según la norma TEMA.

Nominal Shell Diameter	Tie Rod Diameter	Minimum Number of Tie Rods
6 - 15 (152-381)	3/8 (9.5)	4
16 - 27 (406-686)	3/8 (9.5)	6
28 - 33 (711-838)	1/2 (12.7)	6
34 - 48 (864-1219)	1/2 (12.7)	8
49 - 60 (1245-1524)	1/2 (12.7)	10
61-100 (1549-2540)	5/8 (15.9)	12

3.9 Placa de separación

En el regenerador habrá dos placas de partición situadas en el cabezal frontal de espesor 2 mm.

3.10 Cabezales

Habrà dos cabezales en el regenerador, uno frontal y otro posterior.

3.10.1 CABEZAL POSTERIOR

El cabezal posterior será diseñado según la norma TEMA. Los tipos de cabezales posteriores más comúnmente utilizados son los representados en la Figura 8:

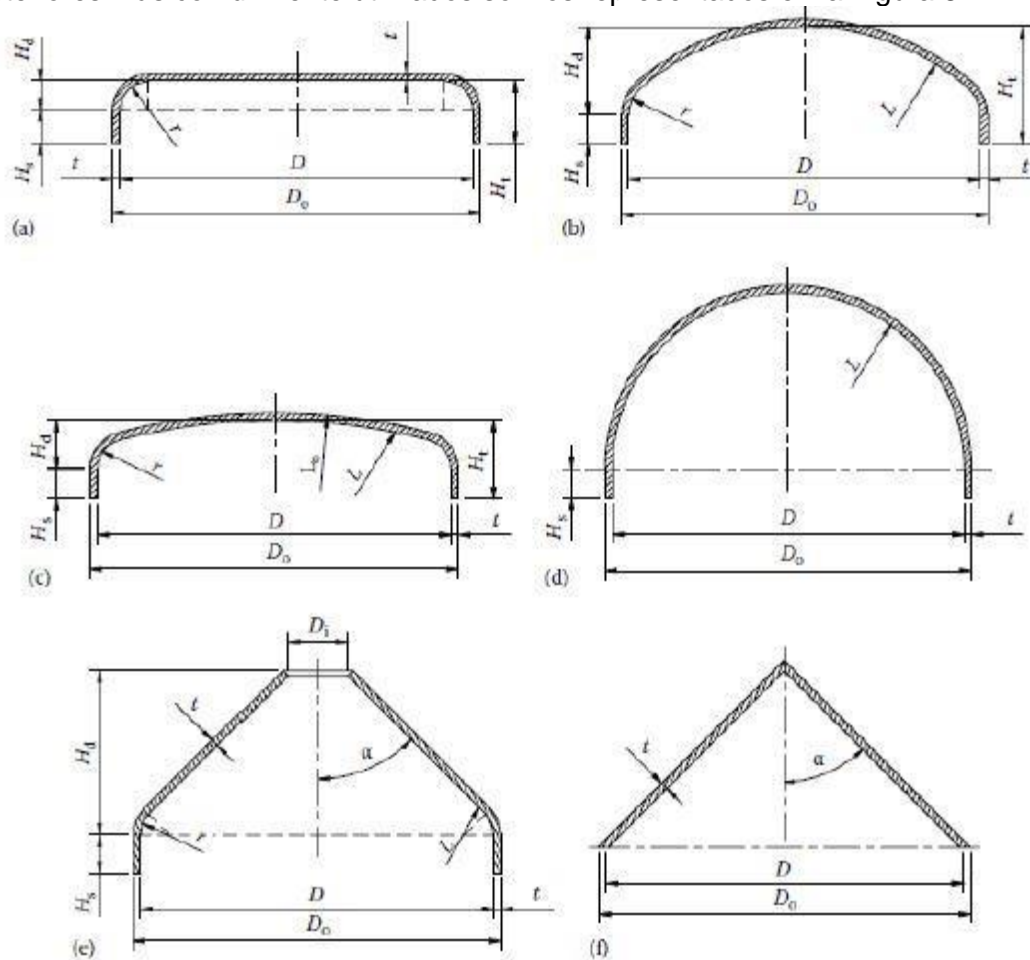


Figura 10 “Tipos de cabezales posteriores”

El tipo de cabezal posterior escogido para el diseño del regenerador será el tipo (a) de la Figura 10. El espesor mínimo de dicho cabezal vendrá determinado por la ecuación:

$$t = d \cdot \sqrt{\frac{C \cdot P}{S \cdot E}} \quad (34)$$

Donde

- “t” es el espesor mínimo de cabezal

- “d” el diámetro interno de cabezal
- “C” el coeficiente según la Figura 9.
- “P” la presión de diseño
- “S” la resistencia a la tensión del acero inoxidable 316
- “E” la eficiencia de la junta

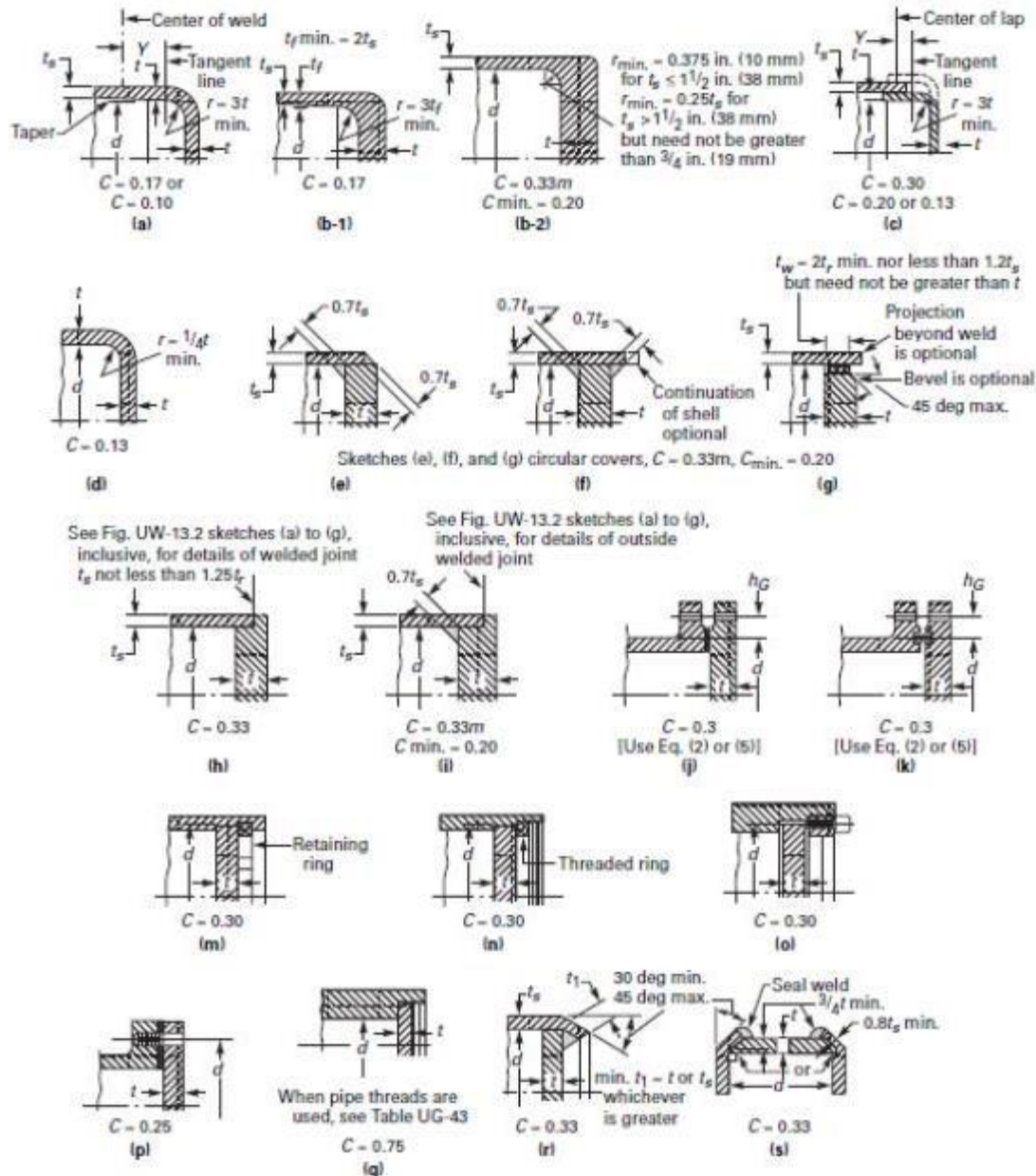


Figura 11 “ Valor del coeficiente S según cabezal”

3.11 Cabezales

3.11.1 LONGITUD DE LOS CABEZALES

La longitud de los cabezales vendrá determinada por la siguiente ecuación:

$$L_{\text{cabezal}} = 1,3 \cdot \frac{m}{D_s} \quad (35)$$

Siendo:

- $L_{cabezal}$: Longitud mínima del cabezal.
- m : Flujo másico que circula por los tubos.
- u : Velocidad del fluido por los tubos
- ρ : Densidad del fluido que circula por los tubos.
- D_s : Diámetro de la carcasa.

La longitud mínima de los cabezales es la calculada por medio de la ecuación según la norma TEMA, no obstante en este proyecto al ser dicha longitud inferior al ancho de las bridas, la longitud mínima de cabezal vendrá determinada por el ancho de las bridas, siendo siempre la longitud del cabezal igual o mayor que el ancho de las bridas.

3.12 Longitud del tubo de la brida

Se calcula esta longitud de forma que tengamos espacio suficiente entre la brida y la carcasa o el cabezal para poder introducir herramientas en dicho espacio y facilitar el atornillado de los pernos. Se calcula como:

$$\frac{L_{brida}}{D_{brida}} = 2 \quad (36)$$

Donde:

- L_{brida} : es la distancia que hay entre la brida y la carcasa
- D_{brida} : es el diámetro interior de la brida.

3.13 Placas portatubos

El diseño mecánico de las placas de tubos se realizará según la norma TEMA. Para determinar el espesor mínimo de la placa se entrará en la Tabla 11 con el valor del diámetro nominal de la carcasa que es conocido.

Tabla 9. Espesor mínimo de la placa portatubos en función del diámetro nominal de la carcasa

Nominal Shell Diameter		Espesor mínimo	
in	(mm)	in	(mm)
6	(152)	-	-
8-12	(203-205)	-	-
13-23	(330-584)	5/16	(7.9)
24-29	(610-737)	5/16	(7.9)
30-39	(762-991)	3/8	(9.5)
40-60	(1016-1524)	7/16	(11.1)
61-80	(1549-2032)	1/2	(12.7)
81-100	(2057-2540)	1/2	(12.7)

3.14 Soldaduras

Las soldaduras se llevarán a cabo por arco manual con electrodo revestido o SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*), para acero inoxidable 316. El material de aportación será el acero inoxidable 316.

4 RESULTADOS

En este apartado se detallarán los resultados obtenidos tras aplicar la metodología de cálculo descrita en este anejo.

4.1 Diseño ingenieril del regenerador

Tabla 10. Datos del diseño ingenieril del regenerador

Variable	Valor	Unidad
T _{c,e} : Temperatura de agua caliente a la entrada	80	°C
T _{c,s} : Temperatura de agua caliente a la salida	49,96	°C
T _{f,e} : Temperatura de agua fría a la entrada	15	°C
T _{f,s} : Temperatura de agua fría a la salida	53,58	°C
ε: efectividad	0,725	
NUT: Número de unidades de transferencia	2,529	
A: Área de transferencia de calor	1,996	m ²
U: Coeficiente global de transferencia de calor	1060	W/m ² ·K
D _i : Diámetro interno de tubo	10	mm
t: espesor tubos	3	mm
D _e : Diámetro externo de tubo	16	mm
L: longitud de tubo	9,77	m
L _p : longitud de paso por tubo	2,44	m
N _p : Número de pasos por tubo	4	
Número de pasos por carcasa	1	
N _t : Número de tubos	5	
A _i : Área interior total tubos	1,53	m ²
A _e : Área exterior total tubos	2,455	m ²
R _{total} : resistencia térmica total	0,000477	K/W
K _{acero} : conductividad térmica acero 316	16	W/m ² ·K
m _f : caudal másico de agua fría	0,4	kg/s
m _c : caudal másico de agua caliente	0,2	kg/s
P _t : distancia entre tubos	20	mm
Arreglo tubos	Triangular	

Tabla 11. Parámetros de cálculo del coeficiente de transferencia de calor exterior

Variable	Valor	Unidad
D _b : diámetro del haz de tubos	127,3	mm
Tubos en la fila central	7	
Barras de soporte requeridas	8	
D _b final	162,6	mm
Holgura o clarencia	5	mm
D _s : diámetro interno de carcasa	172,6	mm

Lb: longitud entre bafles o deflectores	100	mm
As: Área de carcasa	0,003452	m ²
Gs: densidad de flujo	57,94	kg/m ² ·s
us: velocidad del agua caliente en la carcasa	0,0579	m/s
de: diámetro equivalente	0,01136	m
Res: Reynols en la carcasa	1516,52	
μ: viscosidad dinámica del agua a 338 K	0,000434	kg/m·s
k: conductividad térmica del agua a 338 K	0,6427	W/m·K
Pr: número de Prandtl	2,954	
Nu: número de Nusselt	32,639	
jh: factor de fricción	0,015	
he: coeficiente de transferencia de calor externo	?1846,6	W/m ² ·K

Tabla 12. Parámetros para cálculo del coeficiente de transferencia de calor interno

Variable	Valor	Unidad
mf,1: caudal másico de agua fría en un tubo	0,08	kg/s
Rei: Reynolds en el interior	17382,11	
n	0,4	
μ: viscosidad dinámica del agua a 300 K	0,000586	kg/m·s
k: conductividad térmica del agua a 300 K	0,6405	W/m·K
Pr: número de Prandtl	4,14	
Nu: número de Nusselt	100,14	
hi: coeficiente de transferencia de calor interno	6414	W/m ² ·K

4.2 Diseño hidráulico del regenerador

Tabla 13. Parámetros para el cálculo de la pérdida de carga en carcasa

Variable	Valor	Unidad
ΔPs: pérdida de carga en carcasa	1438	Pa
jf: factor de fricción	0,068	
Ds: diámetro interno de carcasa	162,6	mm
de: diámetro equivalente	0,01136	mm
L: longitud de tubo	9,77	m
lb: distancia entre bafles	100	mm
ρ: densidad del agua	1000	kg/m ³
us: velocidad de flujo en carcasa	0,0597	m/s

Tabla 14. Parámetros para el cálculo de la pérdida de carga en tubos

Variable	Valor	Unidad
Δpi: pérdida de carga en tubos	21787,2	Pa
jf: factor de fricción	0,0043	
Np: número de pasos por tubo	4	
Lp: longitud de paso por tubo	2,44	m
Di: diámetro interno de tubo	10	mm

ρ : densidad del agua	1000	kg/m ³
u_t : velocidad de agua en tubos	1	m/s

4.3 Diseño mecánico del regenerador

Tabla 15. Resultados obtenidos en el diseño de los tubos

Variable	Valor	Unidad
$mf,1$: caudal másico de agua fría en un tubo	0,08	kg/s
mf : caudal másico de agua fría	0,4	kg/s
N_t : Número de tubos	5	
u_t : velocidad de agua en tubos	1	m/s
D_i : diámetro interno de tubo	10	mm
t : espesor tubos	3	mm
D_e : Diámetro externo de tubo	16	mm
P_t : distancia entre tubos	20	mm

Tabla 16. Resultados obtenidos en el diseño de la carcasa

Variable	Valor	Unidad
D_b final: diámetro de haz de tubos final	162,6	mm
Tubos en la fila central	7	
Barras de soporte requeridas	8	
D_b final: diámetro de haz de tubos final	162,6	mm
D_b : diámetro del haz de tubos	127,3	mm
Holgura o clarancia	5	mm
D_s : diámetro interno de carcasa	172,6	mm

Tabla 17. Resultados obtenidos en el diseño de las bridas

Variable	Valor	Unidad
Diámetro de la brida de conexión del cabezal frontal	115	mm
Velocidad del agua fría en la entrada al cabezal frontal	1	m/s
Densidad del agua fría a la entrada al cabezal frontal	1000	kg/m ³
Diámetro de la brida de conexión de la carcasa	190	mm
Diámetro de la brida de la brida de unión	345	mm

Tabla 18. Resultados obtenidos en el diseño de los bafles

Variable	Valor	Unidad
Espesor de bafle transversal	3,2	mm
corte del bafle	25%	

Tabla 19. Resultados del diseño de placas de separación y barras soporte

Variable	Valor	Unidad
Espesor mínimo de la placa de separación	0,36	mm
Espesor de la placa de separación	2	mm
Número de placas de separación	2	mm
Número de barras de soporte	8	
Diámetro de las barras de soporte	9,5	mm

Tabla 20. Resultados del diseño de los cabezales

Variable	Valor	Unidad
Dí: diámetro interno de cabezal	172,6	mm
C: coeficiente diseño cabezales	0,1	
Presion diseño	1000	KPa
S: resistencia a la tensión del acero 316	860000	KPa
E	1	
Lcabezal: longitud mínima de cabezal	4,14	
mf: caudal másico de agua fría	0,4	kg/s
mc: caudal másico de agua caliente	0,2	kg/s
ρ : densidad del agua	1000	kg/m ³
u: velocidad de agua en los tubos	1	m/s
Ds: diámetro interno de carcasa	172,6	mm



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2018/19**

*DISEÑO INGENIERIL Y MECÁNICO DE UN
RECUPERADOR DE CALOR EN EL PROCESO DE
PASTEURIZACIÓN DE LÁCTEOS*

Grado en Ingeniería Mecánica

Anejo III

ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS

ÍNDICE

1. Justificación
2. Objeto
3. Contenido
4. Actuaciones previas
5. Risgos laborales evitables
6. Medios de protección
 - 6.1 Protecciones individuales
 - 6.2 Protecciones colectivas
7. Puesta en obra de los elementos de protección
8. Revisiones de los elementos de protección
9. Análisis y prevención de riesgos catastróficos
10. Instalaciones provisionales de obra
 - 10.1 Instalación contra incendios
 - 10.2 Instalación eléctrica provisional
11. Riesgos derivados del emplazamiento de la obra y medidas de protección
12. Formación
13. Principios generales aplicables durante la ejecución de la obra
14. Disposiciones mínimas de seguridad y salud que deberán aplicarse durante la obra
15. Servicios de higiene y prevención
 - 15.1 Botiquín
 - 15.2 Vigilante de seguridad

1. JUSTIFICACIÓN DEL E.B.S.S.O.

El real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, establece en el Artículo 4, apartado 2, que en los proyectos de obra no incluidos en los supuestos previstos en el apartado 1 del mismo Artículo, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un Estudio Básico de Seguridad y Salud.

Por lo tanto, es necesario comprobar que se cumplen los siguientes supuestos:

1. Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 75 millones de pesetas (450.759,08 €). **En el presente proyecto, el presupuesto es menor de la cantidad especificada**
2. Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente. **La duración será de 90 días laborables, pero en ningún momento se superará la cantidad de 20 trabajadores.**
3. Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500. **El número de trabajadores será menor que 500**
4. Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas. **No se trata de una obra de ninguno de los tipos señalados.**

Como no se da ninguno de los supuestos previstos en el apartado 1 del artículo 4 del R.D.1627/1997, se redacta el presente ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

2. OBJETO

Este estudio Básico de Seguridad y Salud establece, durante la construcción de esta obra, las previsiones respecto a prevención de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, así como los derivados de los trabajos de reparación, conservación, entretenimiento y mantenimiento, y las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores.

Servirá para dar unas directrices básicas a la/s empresa/s contratista/s para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales, facilitando su desarrollo, bajo el control de la Dirección Facultativa, de acuerdo con el Real Decreto 1627/ 1997 de 24 de Octubre, por el que se regulan las Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.

Este Estudio se redacta considerando los riesgos detectables a surgir en el transcurso de esta obra. Otros riesgos no incluidos que pudieran surgir deberán ser estudiados en el "Plan de Seguridad y Salud" que el Contratista debe presentar para su aprobación por la Dirección Facultativa, antes del comienzo de los trabajos.

3. CONTENIDO DEL E.B.S.S.O.

El Estudio Básico de Seguridad y Salud precisa las normas de seguridad y salud aplicables a la obra, contemplando la identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello, así como la relación de los riesgos laborales que no puedan eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos y valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas, además de cualquier otro tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma.

En el Estudio Básico de Seguridad y Salud se contemplan también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores de reparación o mantenimiento, siempre dentro del marco de la Ley de Prevención de Riesgos Laborables.

4. ACTUACIONES PREVIAS

Para evitar el acceso a personas ajenas a la obra y, en consecuencia, evitar posibles accidentes de estas, se vallará la zona de obras.

En el vallado de la Obra, se realizarán accesos diferentes para trabajadores y para camiones y maquinaria. En este último se colocarán señales normalizadas de limitación de velocidad y “peligro salida de camiones”.

Se dispondrá en obra, para proporcionar, en cada caso, el equipo indispensable al operario, de una previsión de palancas, cuñas, barras, puntales, picos, tablonos, bridas, cables terminales, gazas o ganchos, y lonas o plásticos, y otros medios que puedan servir para eventualidades o socorrer a los trabajadores que puedan accidentarse.

5. RIESGOS LABORABLES EVITABLES

Teniendo en cuenta la tipología de la obra a realizar y considerando los datos característicos que condicionan la obra, en relación con su localización, emplazamiento, condiciones climáticas, urbanas, geológicas, etc., los riesgos generales previsible durante los trabajos son los habituales en este tipo de obras y consisten en esquema:

En el montaje de intercambiadores de calor

- Golpes de o contra objetos
- Cortes, pinchazos y golpes con maquinaria, herramientas y materiales • Caídas del personal a nivel o de altura, caídas al agua • Proyección de partículas a los ojos
- Atrapamientos
- Electrocutión, quemaduras.
- Trabajos realizados bajo condiciones meteorológicas adversas.

Riesgos eléctricos

- Contacto con líneas eléctricas. Electrocutión, quemaduras
- Derivados de máquinas e instalaciones eléctricas de obra

Riesgo de incendios

- En almacenes, oficinas y en campo
- En vehículos
- En instalaciones eléctricas
- En encofrados o acopios de madera
- En depósitos de combustible

Para la prevención de los riesgos citados los responsables de cada unidad de obra cumplirán y harán cumplir a los trabajadores las Normas básicas de seguridad colectiva y Normas de comportamiento para la prevención de accidentes que se recogen en los Anejos de este estudio de Seguridad y Salud.

Riesgos de daños a terceros:

- Atropellos.
- Incendios.
- Los derivados de la intromisión de terceras personas en el recinto de obra.
- Salida de vehículos y maquinaria a las vías públicas.
- Tráfico rodado en las proximidades.

6. MEDIOS DE PROTECCIÓN

6.1 Protecciones individuales

- **CASCO:** Será obligatorio su uso dentro del recinto de la obra para todas las personas que estén vinculadas a la obra y también para aquéllas que ocasionalmente estén en ella, tales como técnicos, mandos intermedios, trabajadores y visitas. Se preverá un acopio en obra en cantidad suficiente.
- **BOTAS:** Se dotará de las mismas a los trabajadores cuando el estado del terreno lo aconseje, serán altas e impermeables y cuando haya riesgo de caída de objetos pesados, serán con puntera reforzada y si hay posibilidad de pinchazos, estarán dotadas de plantilla metálica.
- **TRAJES DE AGUA:** Se proporcionará a cada trabajador un traje de agua para tiempo lluvioso cuando el estado del tiempo lo requiera.
- **CINTURÓN DE SEGURIDAD:** será obligatoria su utilización cuando se realicen trabajos en altura con riesgo, sin protección colectiva. Se amarrará a elementos fijos de manera que la caída libre no exceda de un metro.
- **GAFAS:** Si existe riesgo de proyección de partículas o polvo a los ojos, se protegerá a los trabajadores con gafas adecuadas que impidan las lesiones oculares.
- **GUANTES:** Se utilizarán en los trabajos con riesgo de heridas en las manos, alergias, edemas, etc.
- **MASCARILLAS:** Se utilizarán mascarillas antipolvo para los trabajos en los que se manejen sierras de corte circular, corte de piezas cerámicas o similares y, en general, en todo tipo de trabajo donde exista riesgo de ambientes pulverulentos.
- **MONO DE TRABAJO:** Se dotará a cada trabajador de un mono de trabajo y se tendrá en cuenta las reposiciones a lo largo de la obra según Convenio Colectivo.
- **VARIOS:** Se emplearán otras protecciones individuales, siempre que lo exijan las condiciones de trabajo, tales como mandiles de cuero, guantes dieléctricos, pantalla de soldador, botas aislantes, etc. Y cualquier otra no enumerada en este apartado, siempre que las condiciones de seguridad lo requieran.

6.2 Protecciones colectivas

- **Señalización general** Se instalarán los siguientes carteles indicativos de:

- PROHIBIDO EL PASO A TODA PERSONA AJENA A LA OBRA.
- USO OBLIGATORIO DEL CASCO.
- ENTRADA Y SALIDA DE VEHÍCULOS.

Se colocarán carteles indicativos de riesgos inherentes a cada tajo. Se dispondrá señal informativa para la localización del botiquín y extintores. Existirá acopio suficiente de cinta de balizamiento.

- **Zonas de paso y limpieza de obra** Cuando hubiese zonas con obstáculos y dificultades de paso, por las que tengan que circular

trabajadores, se establecerán zonas de paso limpias de obstáculos y claramente visibles y señalizadas. En general se procurará mantener la obra limpia de obstáculos, estando los materiales almacenados ordenadamente.

- Dispositivos de seguridad Todas las máquinas eléctricas o con parte eléctrica, se protegerán con tomas de tierra con una resistencia máxima de 10 ohmios, y protección diferencial individual. De existir relé diferencial, la toma de tierra tendrá una resistencia tal que la tensión de contacto no sea superior a 24 voltios.
- Elementos de protección colectiva o Andamios metálicos tubulares o Escaleras de mano o Puntales o Vallas o Cadenas o Eslingas o Elementos de anclaje o Pórtico limitador de gálibo

7. PUESTA EN OBRA DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

Los elementos de protección colectivos e individuales deberán estar disponibles en la obra con antelación al momento en que sea necesaria su utilización.

El planning de obra servirá para conocer el momento del inicio de los trabajos y por tanto el momento de necesidad de las protecciones.

Los elementos de protección se colocarán antes de que exista el riesgo y si es necesario quitar circunstancialmente la protección para alguna operación concreta, se adoptarán medidas de tipo individual para cada trabajador que se vea afectado por la mencionada situación de riesgo, informando a todo el personal de la obra de la nueva situación de riesgo y su temporalidad, así como cuando se vuelvan a instalar los elementos de protección colectiva, que se repondrán tan pronto como sea posible.

8. REVISIONES DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

Los elementos de protección se revisarán periódicamente, de manera que estén siempre en condiciones de cumplir su función.

Los elementos que en las revisiones se vean dañados de forma que no puedan cumplir su cometido, serán inutilizados para su servicio si no tienen arreglo y en caso de ser posible su reparación, se arreglarán por persona competente, de manera que se garantice su buen funcionamiento y que cumplan con su cometido, recomendándose que cuando estos elementos se vean dañados, sean retirados definitivamente de la obra, para prevenir posibles accidentes por culpa del deterioro de estos equipos que ya no cumplan al 100% su cometido, cambiándolos por unos nuevos

9. ANÁLISIS Y PREVENCIÓN DE RIESGOS CATASTRÓFICOS

Se especificarán en obra las medidas de prevención de riesgos catastróficos, tales como explosiones e incendios, mediante la implantación de; Medidas preventivas tales como el emplazamiento adecuado del almacenamiento de materiales peligrosos, mantenimiento de las instalaciones provisionales, etc.

Medidas protectoras tales como prohibiciones de fumar, hacer fuego, etc.

Dotar a la obra de las instalaciones adecuadas de protección.

Prohibir el hacer fuego dentro del recinto de la obra; en caso de necesitar calentarse algún trabajador, debe hacerse de forma controlada y siempre en recipientes, bidones, por ejemplo, en donde se mantendrán las ascuas.

10. INSTALACIONES PROVISIONALES DE OBRA

10.1 Instalación contraincendios

Las causas que propician la aparición de un incendio en una obra no son distintas de las que lo generan en otro lugar y entre las más frecuentes se destaca la existencia de una fuente de ignición (soldaduras, conexiones eléctricas, cigarrillos, etc.) junto a una sustancia combustible (aislamientos, carburantes, pinturas, etc.) puesto que el comburente (oxígeno) ya se encuentra en el medio.

Por todo ello, se realizará una revisión y comprobación periódica del correcto acopio de sustancias combustibles con los envases cerrados e identificados, a lo largo de la ejecución de la obra.

Los medios de extinción serán a base de extintores portátiles de CO₂ y polvo seco. Los caminos de evacuación estarán libres de obstáculos, de aquí la importancia del orden y limpieza de los trabajos, y fundamentalmente en las escaleras del edificio.

10.2 Instalación eléctrica provisional

Riesgos más frecuentes:

- Heridas punzantes en manos.
- Electrocutión: contactos eléctricos directos e indirectos derivados de:
 - o Trabajos con tensión.
 - o Intentar trabajar sin tensión, pero sin cerciorarse de que está efectivamente interrumpida o que no puede conectarse accidentalmente.
 - o Mal funcionamiento de los mecanismos o sistemas de protección.
 - o Usar equipos inadecuados o deteriorados.
 - o Mal comportamiento o incorrecta instalación del sistema de protección contra contactos eléctricos indirectos en general, y de la toma de tierra en particular.

Medidas preventivas

Sistema de protección contra contactos indirectos

Para la prevención de posibles contactos eléctricos indirectos, el sistema de protección es el de puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales).

Protecciones individuales

- Casco de seguridad.
- Guantes aislantes.
- Comprobador de tensión.
- Herramientas manuales con aislamiento.
- Botas aislantes.

11. RIESGOS DERIVADOS DEL EMPLAZAMIENTO DE LA OBRA Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN

Por su situación en y dado el entorno, no hay factores externos de riesgo que puedan afectar al desarrollo de esta obra.

12. FORMACIÓN

Todo el personal recibirá, al ingresar en la obra, una exposición de los métodos de trabajo y los riesgos que esto pudiera entrañar, juntamente con las medidas de seguridad que se deberán emplear. Al personal más cualificado se le impartirán enseñanzas de socorrismo y primeros auxilios.

13. PRINCIPIOS GENERALES APLICABLES DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA

De conformidad con lo dispuesto en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/95, de 8 de noviembre) y según el artículo 10 del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, se aplicarán durante la ejecución de la obra los principios generales de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley, y en particular las tareas y actividades siguientes:

- Se mantendrá la obra en buen estado de orden y limpieza.
- Se emplazarán las zonas de trabajo teniendo en cuenta sus condiciones de accesibilidad y se crearán vías expeditas para desplazamientos y circulación.
- La manipulación de cargas, medios auxiliares, etc., se realizará con seguridad y según los criterios expresados en los apartados anteriores.
- El uso de los medios auxiliares se llevará a cabo con las condiciones de seguridad descritas en los apartados correspondientes.
- Todas las instalaciones provisionales de obra se mantendrán en buen estado de servicio y se efectuará un control previo periódico de cada instalación, maquinaria, herramienta, etc., según los criterios expresados anteriormente, con objeto de corregir los defectos existentes, que pudieran afectar a la seguridad.
- Se crearán unas zonas de acopio y depósito de materiales y, en particular, aquellas sustancias o materiales peligrosos, que se recogerán en locales adecuados.
- Se ordenará la eliminación periódica de los escombros y residuos, trasladándolos a lugares destinados exclusivamente a tal efecto y transportándolos a vertederos periódicamente.
- En función del desarrollo de la obra, se programarán los tiempos efectivos de trabajo que habrá de dedicarse a cada tarea o fase de trabajo, adaptándolos en consecuencia según evolucionen.
- Se programará la cooperación e interacción entre los contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos que realicen tareas simultáneas en la obra.
- Se evaluarán las posibles incompatibilidades e interacciones entre la obra y cualquier otro tipo de trabajo o actividad que se realice en la obra o en sus proximidades.

14. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD QUE DEBERÁN APLICARSE DURANTE LA OBRA

En general, en las obras de maquinaria y manipulación de materiales, debe tenerse en cuenta:

- Los vehículos y maquinaria para manipulación de materiales deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica.
- En todo caso y, a salvo de disposiciones específicas de la normativa citada, los vehículos y maquinaria para movimiento de tierras y manipulación de materiales deberán satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos:
 - Estar bien proyectados y contruidos, teniendo en cuenta, en la medida de lo posible, los principios de la ergonomía.
 - Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
 - Utilizarse correctamente.
- Los conductores y personal encargado de vehículos y maquinaria para movimientos de tierra y manipulación de materiales deberán recibir una formación especial.
- Deberán adoptarse medidas preventivas para evitar que caigan en las excavaciones o en el agua vehículos o maquinaria para movimiento de tierras y manipulación de materiales.
- Cuando sea adecuado, la maquinaria para movimiento de tierras y manipulación de materiales 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.

15. SERVICIOS DE HIGIENE Y PREVENCIÓN

15.1 Botiquín

Existirá un botiquín de obra, con armario de pared y con la dotación necesaria para primeras curas, según define el artículo 43 de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. El botiquín, se revisará mensualmente y, se repondrá de inmediato lo consumido.

Habiéndose considerado un número reducido de operarios, no se prevén otras instalaciones especiales de higiene y prevención, lo que sí que de tener muy en cuenta ante posibles riesgos es el número de teléfono y ubicación del centro hospitalario más próximo. Además, se dispondrá de los teléfonos de servicio de ambulancias más próximos, para casos de emergencia.

15.2 Vigilante de seguridad

Cuando en la obra exista un número de obreros superior a cinco e inferior a treinta, se nombrará un vigilante de seguridad, de acuerdo con lo previsto en la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2018/19**

*DISEÑO INGENIERIL Y MECÁNICO DE UN
RECUPERADOR DE CALOR EN EL PROCESO DE
PASTEURIZACIÓN DE LÁCTEOS*

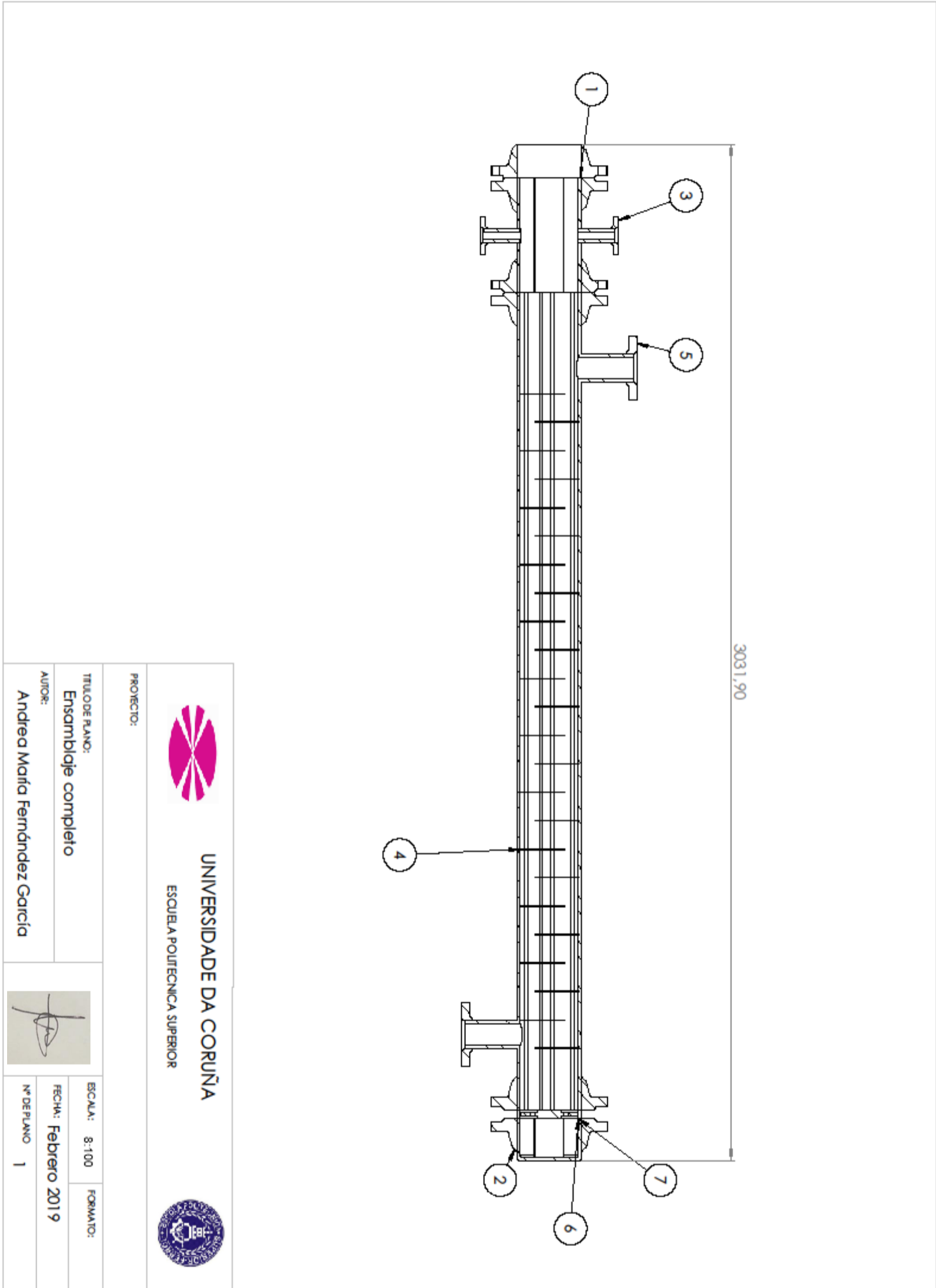
Grado en Ingeniería Mecánica

Documento II

PLANOS

ÍNDICE

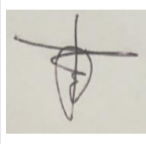
- 1. PLANO 1. ENSAMBLAJE COMPLETO**
- 2. PLANO 2. BRIDA WELDING NECK**
- 3. PLANO 3. BRIDA LAP JOINT CONEXIÓN CAEBZAL FRONTAL**
- 4. PLANO 4. BRIDA LAP JOINT CONEXIÓN CARCASA**
- 5. PLANO 5. CABEZAL FRONTAL**
- 6. PLANO 6. CARCASA**
- 7. PLANO 7. CABEZAL POSTERIOR**
- 8. PLANO 8. PLACA DE TUBOS**
- 9. PLANO 9. VISTA LATERAL PLACA TUBOS**

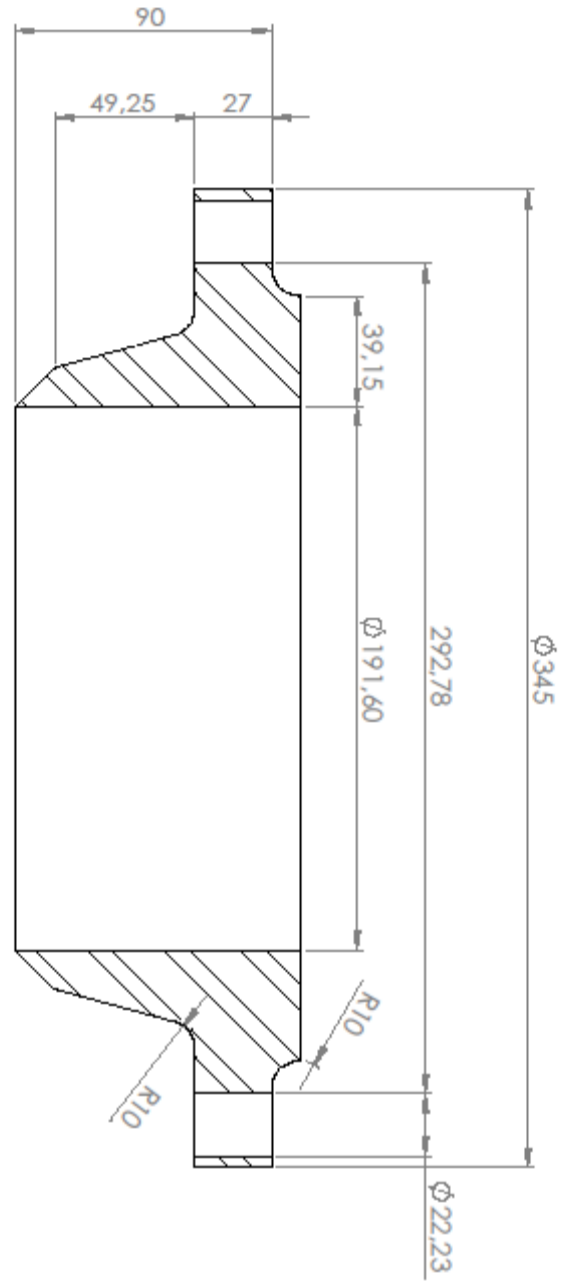


UNIVERSIDADE DA CORUÑA
ESQUELA POLITÉCNICA SUPERIOR



PROXECTO:			
TÍTULO DE PLANO:	Ensamblaje completo		
AUTOR:	Andrea María Fernández García		
ESCALA:	8:100	FORMATO:	
FECHA:	Febrero 2019	Nº DE PLANO:	1





ESPECIFICACIONES

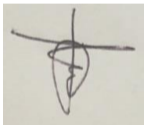
MANILLALLS	MANILLALLS
TALADROS	TALADROS
JUNTA	JUNTA



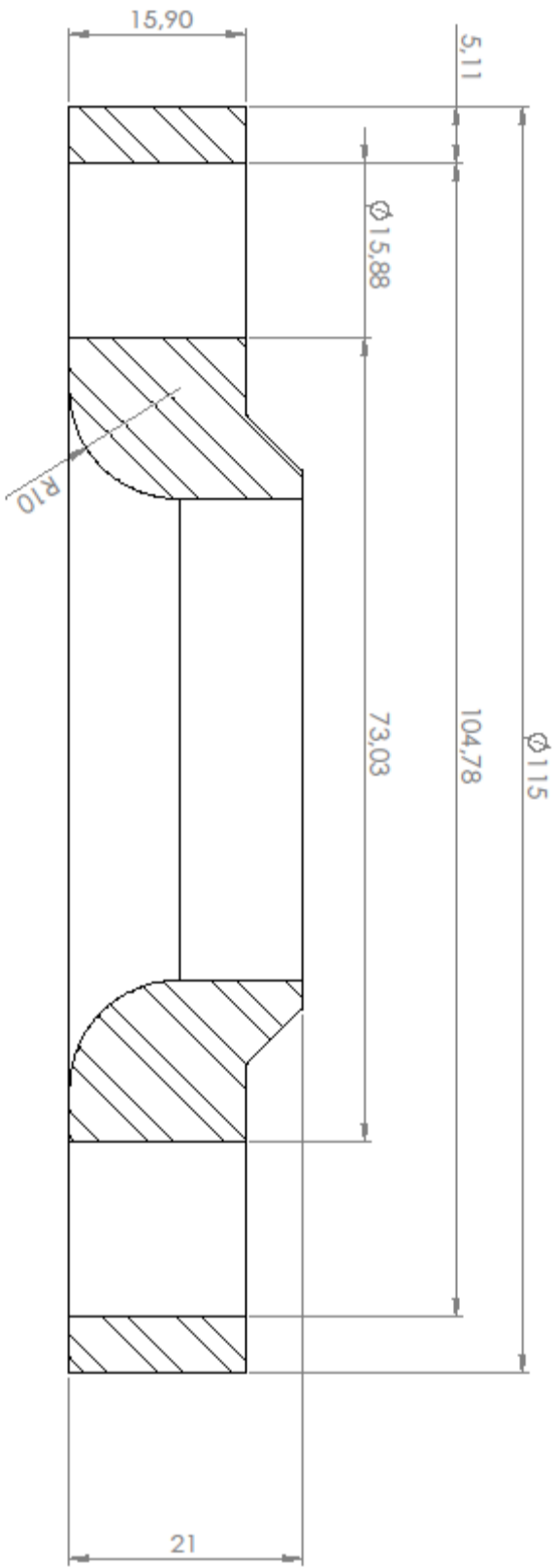
UNIVERSIDADE DA CORUÑA
 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR




PROYECTO:
 TÍTULO DE PLANO:
 welding neck
 AUTOR:
 Andrea María Fernández García

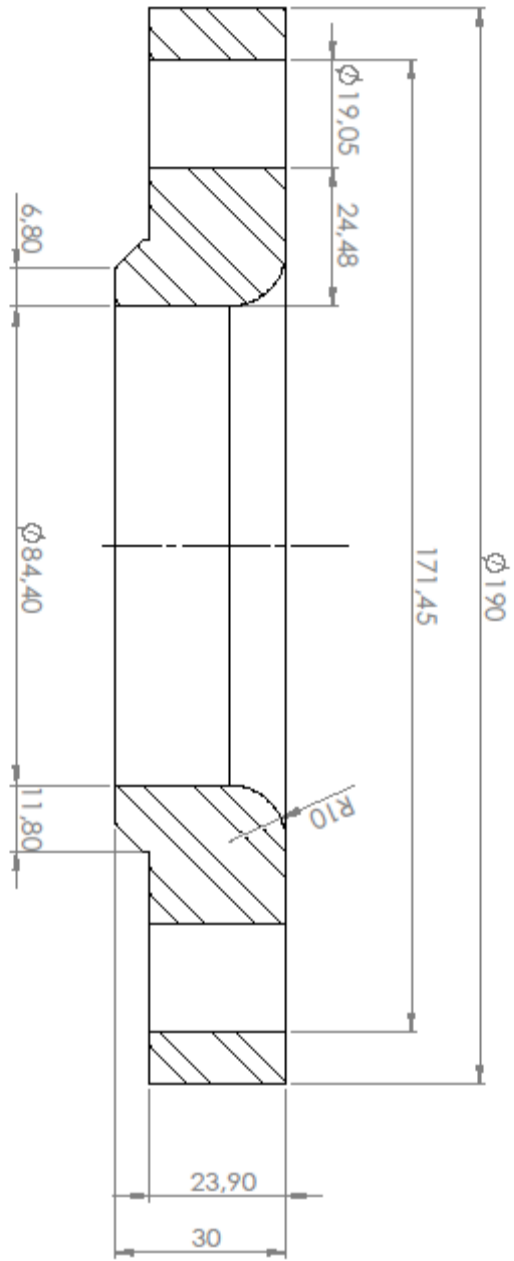


ESCALA: 20:100
 FECHA: Febrero 2019
 Nº DE PLANO: 2



ESPECIFICACIONES	
MATERIALES	LA BRIDA SERÁ DE ACERO INOXIDABLE 316
ORIFICIOS PARA PERNOS	LA BRIDA POSEERÁ 8 ORIFICIOS PARA PERNOS CON LOS DIÁMETROS ESPECIFICADOS EN EL PLANO DISTRIBUIDOS DE FORMA SIMÉTRICA
JUNTA	LA JUNTA SERÁ DE TIPO CONEJUNION 160316

	UNIVERSIDADE DA CORUÑA ESQUELA POLITÉCNICA SUPERIOR	
PROYECTO:		
TÍTULO DE PLANO:	Brida lap joint conexión cabezal	
AUTOR:	Andrea María Fernández García	
ESCALA:	20:100	FORMATO:
FECHA:	Febrero 2019	
Nº DE PLANO:	3	



ESPECIFICACIONES

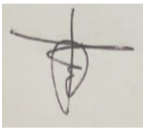
MATERIALES	LA BRIDA SEHA DE ACERO INOX DABLE 8 V
ORIFICIOS PARA PERNOS	LA BRIDA DEBEERAN 12 ORIFICIOS PARA PERNOS CON LOS CUALES SEHA ESPECIFICACIONES EN EL PLANO TANTO BRIDAS DE SERVICIO SUBTERRANEA
JUNTA	LA JUNTA SEHA DE SERVICIO SUBTERRANEA

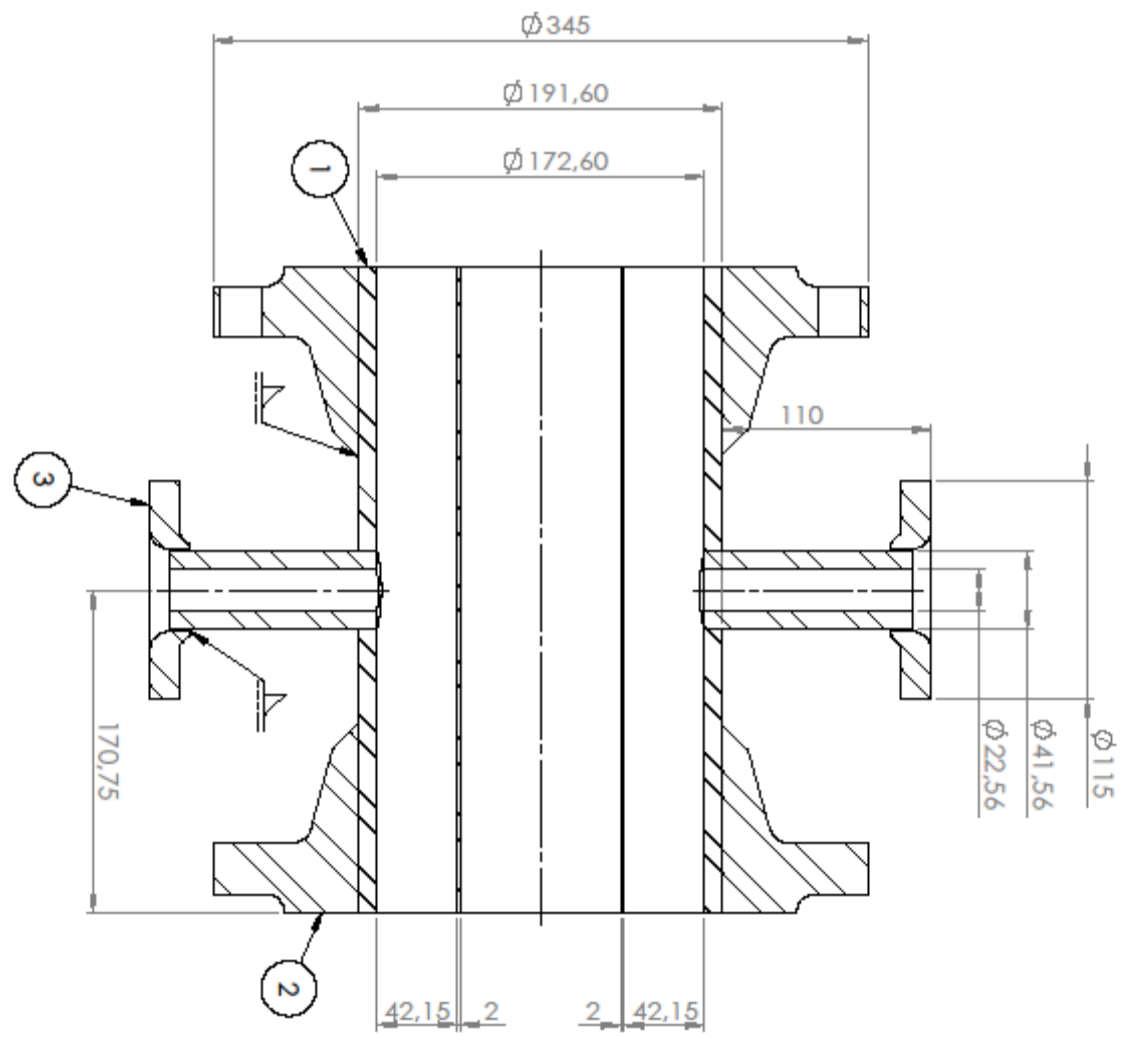


UNIVERSIDADE DA CORUÑA
 ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR





PROYECTO:	Brida lap joint conexión carcasa	
TITULO DE PLANO:	Brida lap joint conexión carcasa	
AUTOR:	Andrea María Fernández García	
ESCALA:	20:100	FORMATO:
FECHA:	Febrero 2019	
Nº DE PLANO:	4	

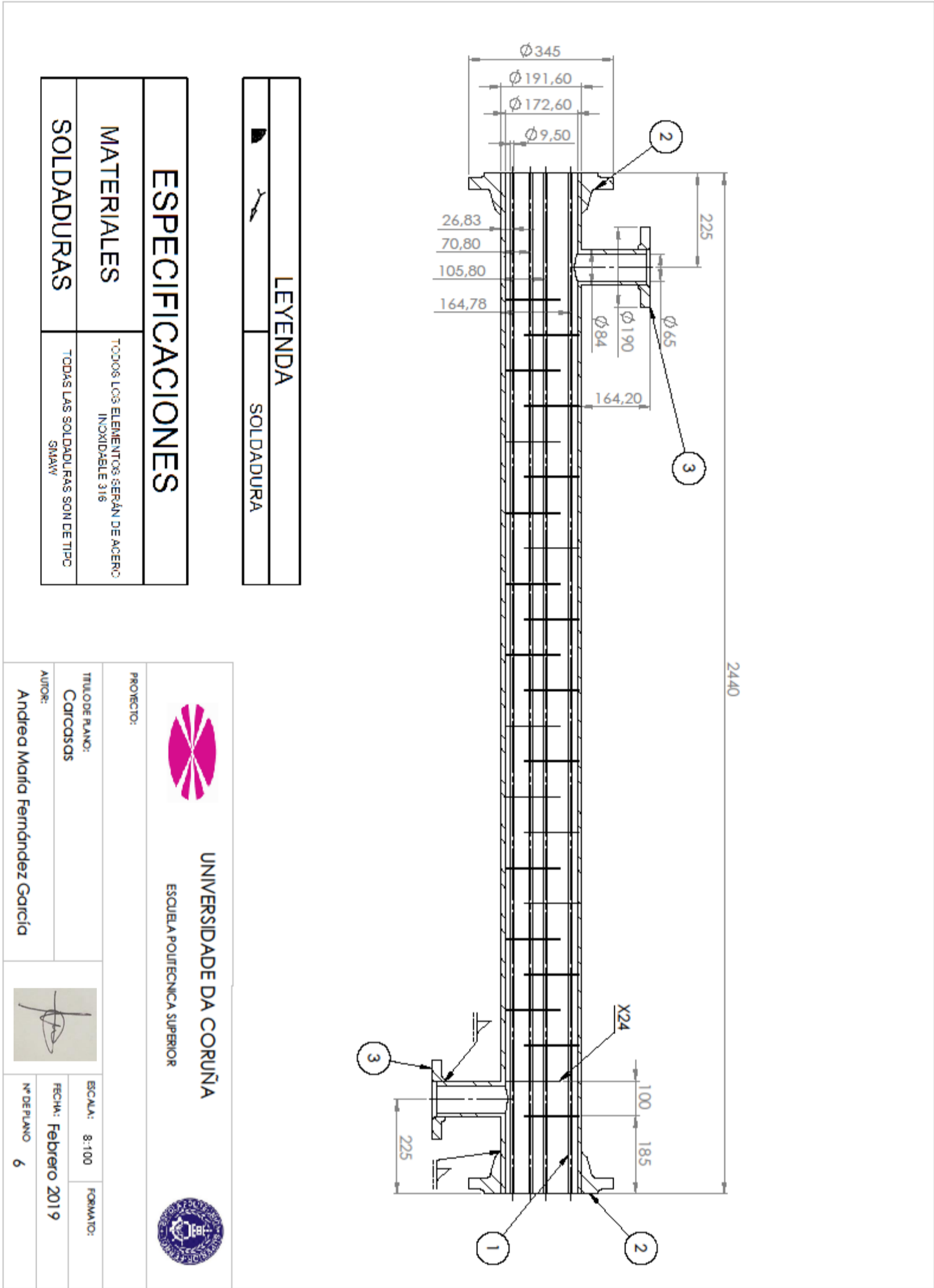


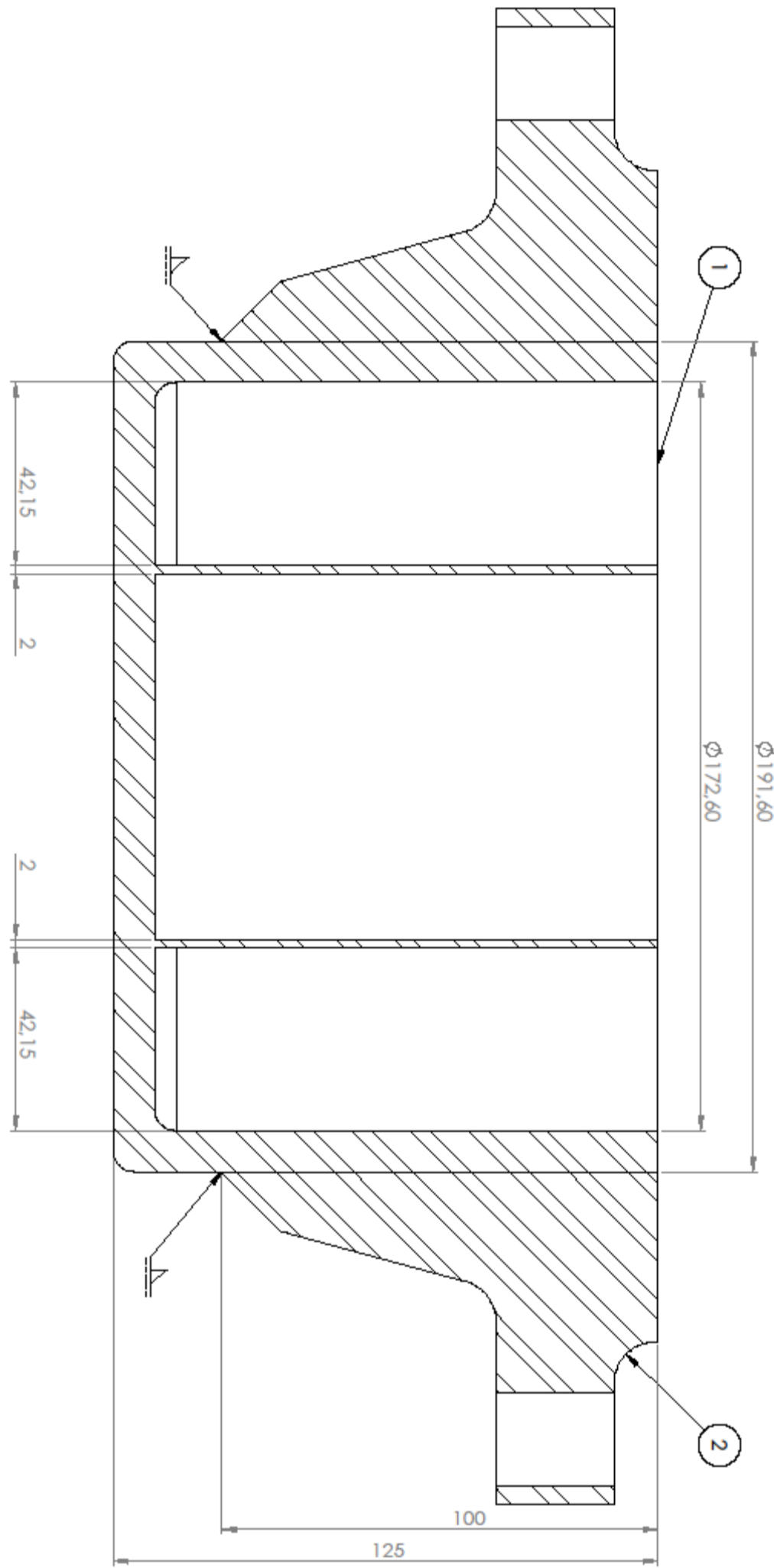


LEYENDA	
	SOLDADURA



ESPECIFICACIONES	
MATERIALES	TODOS LOS ELEMENTOS DEL CABEZAL FRONTAL SERÁN DE ACERO INOXIDABLE 316
SOLDADURAS	TODAS LAS SOLDADURAS SON DE TIPO SMAN

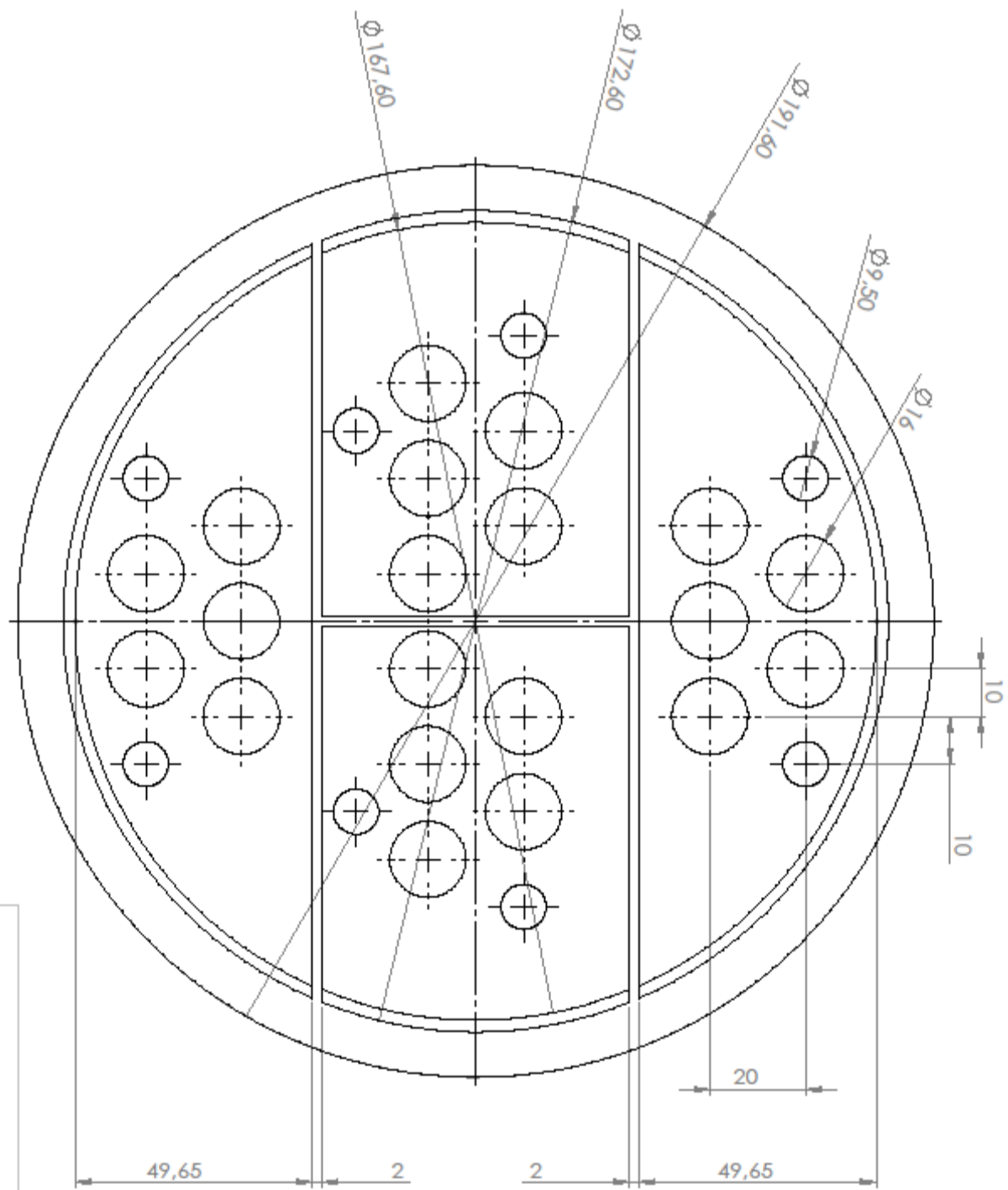
 UNIVERSIDADE DA CORUÑA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR			
PROYECTO:			
TÍTULO DE PLANO:		ESCALA:	
Cabeza frontal		20:100	
AUTOR:		FORMATO:	
Andrea María Fernández García		FECHA: Febrero 2019	
		Nº DE PLANO	
		5	







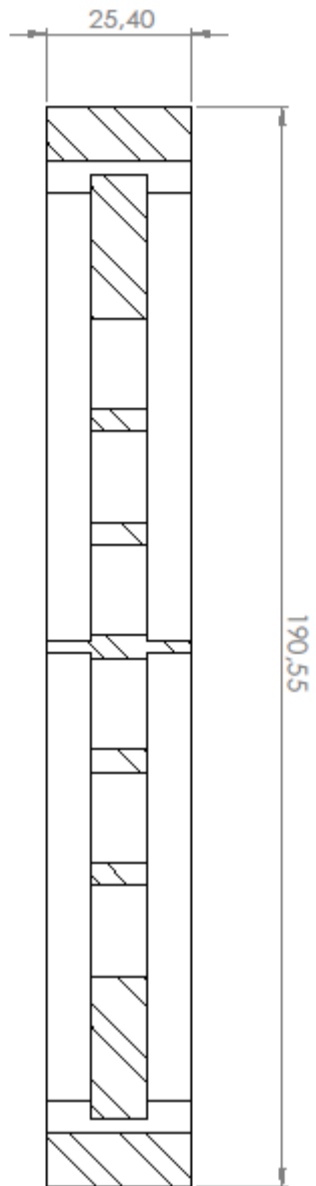
I FV/NINA SOLADURAS	
ESPECIFICACIONES	
MATERIALES (Material specifications)	SOLDADURAS (Welding specifications)

 <p>UNIVERSIDADE DA CORUÑA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR</p> 	
PROYECTO: Cabezal posterior	TÍTULO DE PLANO: Cabezal posterior
AUTOR: Andrea María Fernández García	ESCALA: 20:100
N.º DE PLANO: 7	FECHA: Febrero 2019





ESPECIFICACIONES	
MATERIALES	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CORUÑA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MATERIALES
NÚMERO DE TUBOS	16
NÚMERO DE BARRAS	8

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR			
PROYECTO:			
TÍTULO DE PLANO: Placa tubos		ESCALA: 10:100	
AUTOR: Andrea María Fernández García		FECHA: Febrero 2019	
		FORMATO:	
		Nº DE PLANO 8	



ESPECIFICACIONES	
MATERIALES	LA TUBERÍA DE LOS TUBOS ES ACERO INOXIDABLE 316L
NÚMERO DE TUBOS	LA TUBERÍA DE LOS TUBOS DEBE SER DE 1000 mm DE LONGITUD Y 25,40 mm DE DIÁMETRO
NÚMERO DE BARRAS	LA TUBERÍA DE LOS TUBOS DEBE SER DE 1000 mm DE LONGITUD Y 25,40 mm DE DIÁMETRO

		UNIVERSIDADE DA CORUÑA			
PROYECTO:					
TÍTULO DE PLANO: Placa tubos vista lateral					
AUTOR: Andrea María Fernández García					
ESCALA: 10:100		FORMATO:			
FECHA: Febrero 2019		Nº DE PLANO: 9			



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2018/19**

*DISEÑO INGENIERIL Y MECÁNICO DE UN
RECUPERADOR DE CALOR EN EL PROCESO DE
PASTEURIZACIÓN DE LÁCTEOS*

Grado en Ingeniería Mecánica

Documento III

PLIEGO DE CONDICIONES

Índice

- 1 Objeto
- 2 Condiciones generales
 - 2.1 Obras que se proyectan-disposiciones
 - 2.2 Definiciones
 - 2.2.1 Propietario
 - 2.2.2 Contratista
 - 2.2.3 Subcontratista
 - 2.2.4 Director de obra
 - 2.2.5 Dirección facultativa
 - 2.3 Dirección y ejecución de los trabajos
 - 2.4 Obligaciones y responsabilidad del contratista
 - 2.5 Personal y medios auxiliares
 - 2.6 Revisión de materiales
 - 2.7 Obras no previstas
 - 2.8 Calidad de los materiales
 - 2.9 Planos y esquemas
 - 2.10 Libro de órdenes
- 3 Condiciones técnicas
 - 3.1 Instalación mecánica
 - 3.1.1 Tubos
- 4 Condiciones legales
 - 4.1 Responsabilidades y seguridad laboral
 - 4.2 Capacidad para contratar
 - 4.3 Árbitros
- 5 Condiciones económicas
 - 5.1 Precios y revisión de precios
 - 5.1.1 Composición de los precios unitarios
 - 5.2 Métodos de pago
 - 5.2.1 Valoración y abono de los trabajos
 - 5.2.2 Abono de trabajos especiales no contratados
 - 5.2.3 Pago de árbitros
 - 5.3 Garantías, fianzas y avales
 - 5.4 Penalizaciones
 - 5.4.1 Penalizaciones por baja de calidad
 - 5.4.2 Desperfectos en la propiedad
 - 5.4.3 Replanteos

1 OBJETO

El objeto del presente Pliego de Condiciones es servir de base a la realización de las obras que se describen en la Memoria, sus anexos, Planos y Presupuesto de este Proyecto, así como cuanto ordene la Dirección Facultativa.

Asimismo, se ajustará a este documento todo cuanto se refiera a las condiciones económicas, legales o facultativas que deban seguirse en la obra.

2 CONDICIONES GENERALES

El presente Pliego de Condiciones Generales tiene por finalidad regular la ejecución de todas las obras e instalaciones que integran el proyecto en el que se incluye, así como aquellas que estime convenientes su realización la Dirección Facultativa del mismo, estableciendo los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando aquellas actuaciones que correspondan según el contrato y con arreglo a la legislación aplicable, al Propietario de la obra, al Contratista o constructor de la misma, sus técnicos y encargados, al Ingeniero, así como las relaciones entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones para el cumplimiento del contrato de obra.

El Contratista se atenderá en todo momento a lo expuesto en el mismo en cuanto a la calidad de los materiales empleados, ejecución, material de obra, precios, medición y abono de las distintas partes de obra.

En referencia a la interpretación del mismo, en caso de oscuridad o divergencia, se atenderá a lo dispuesto por la Dirección Facultativa, y en todo caso a las estipulaciones y cláusulas establecidas por las partes contratantes.

2.1 Obras que se proyectan-disposiciones

Las obras que se proyectan son las que se especifican en la Memoria y sus anexos, planos y presupuesto, y las necesarias para dejar totalmente terminadas las obras objeto de este proyecto.

Cualquier excepción o modificación de lo establecido en el Pliego requerirá la notificación por escrito y la aprobación correspondiente al propietario.

2.2 Definiciones

En el contexto de este Pliego, se establecen las siguientes definiciones:

2.2.1 Propietario

Se entenderá por Propietario a aquel para el que el Contratista (definido a continuación) ejecutará los trabajos. Esta definición se extiende a los apoderados del Propietario y a sus representantes legales.

2.2.2 Contratista

Es la persona natural o jurídica, cuya oferta fue aceptada por el Propietario, y con quien ha firmado el correspondiente contrato de ejecución. Comprende asimismo, a sus representantes legales, apoderados y sucesores expresamente aceptados por aquel.

2.2.3 Subcontratista

Es toda persona, natural o jurídica, que tiene una relación contractual no laboral con el Contratista para ejecutar cualquier trabajo o prestar algún servicio, suministro o aprovisionamiento en relación con las obras, sin vinculación alguna con el Propietario,

ante quien responderá por la actuación de aquel.

2.2.4 Director de obra

Es la persona natural o jurídica designada por el Propietario para realizar las funciones de dirección de obra previstas, cuyo nombramiento será notificado por escrito al Contratista.

2.2.5 Dirección facultativa

Estará formada por el Ingeniero-Director y por aquellas personas tituladas o no, que al objeto de auxiliar al Ingeniero-Director en la realización de su cometido, ejerzan, siempre bajo las órdenes directas de éste, funciones de control y vigilancia, así como las específicas por él encomendadas.

2.3 Dirección y ejecución de los trabajos

La dirección Facultativa podrá disponer la suspensión de la obra, al observar anomalías o considerar que los trabajos no se ajustan a lo proyectado, pudiendo la Dirección Facultativa ordenar la demolición y sustitución de la obra ejecutada, siendo todos los gastos que se originen por cuenta de la Empresas Instaladoras.

La propiedad y la Dirección Facultativa, se reservan el derecho de exigir la

sustitución en la obra del personal de la Empresas Instaladoras que diera lugar a quejas fundadas o que no reúna las condiciones de aptitud suficientes a juicio de la Dirección Facultativa.

2.4 Obligaciones y responsabilidad del contratista

El contratista queda sometido al cumplimiento de las prescripciones técnicas contenidas en este Pliego de Condiciones. Si los trabajos exigiesen su realización por personal especializado, la Dirección Facultativa, podrá en todo momento solicitar al contratista la presentación de los documentos necesarios que acrediten la adecuada titulación del personal.

En la ejecución de las obras que se hayan contratado, la empresa contratista será la única responsable, no teniendo en derecho a indemnización alguna por el mayor precio que pudiera costarle o por las erróneas maniobras que cometiese durante su construcción, siendo por su cuenta y riesgo e independiente de la inspección de la Dirección Facultativa.

Asimismo, el contratista será responsable de los accidentes que pudieran sobrevenir a todo el personal, debiendo atenerse a las disposiciones de la Policía Urbana y Leyes comunes sobre la materia, Reglamentación de Seguridad e Higiene en el trabajo, etc., y lo mismo para cualquier persona con autorización para entrar en la obra.

2.5 Personal y medios auxiliares

Será obligación de la Contrata disponer con la suficiente antelación de toda clase de personal cualificado, debiéndolo sustituir cuando, a juicio de la Dirección Facultativa, no reúna las características de trabajo que se le encomiende o carezca de las

condiciones precisas para la convivencia en el trabajo que le corresponda.

El personal estará dado de alta en la Seguridad Social y deberá disponer de los correspondientes equipos de protección individual.

2.6 Revisión de materiales

Todos los materiales empleados en las obras reunirán las características exigidas en este Pliego de Condiciones, sin que su examen de aprobación represente su recepción definitiva, ya que cualquier defecto observado después de su puesta en obra, obliga a su sustitución por otros en buenas condiciones, sin derecho a abono alguno. En caso de dudas siempre se deberá preguntar a la dirección facultativa.

2.7 Obras no previstas

Solamente son objeto de este contrato las obras comprendidas en los documentos de este Proyecto. No obstante, el contratista está obligado a ejecutar todas las reformas que ordene la Dirección Facultativa, como ampliación o mejoras.

2.8 Calidad de los materiales

En caso de que por alguna circunstancia, no pudieran encontrarse los materiales que figuran en presente Proyecto, estos podrán ser sustituidos por otros de igual calidad, previa aprobación de la Dirección Facultativa. En caso de ser de inferior calidad, se descontará la diferencia de precio que hubiera.

2.9 Planos y esquemas

Las obras se ajustarán en cuanto a dimensiones, cálculos, distribuciones y construcción a los planos de este proyecto, no pudiendo realizar ninguna variación sin el consentimiento de la Dirección Facultativa.

La ausencia o falta de mediciones de los planos se deben a criterios de confidencialidad del propietario que, una vez adjudicada la obra, el contratista deberá consultar y verificar con la dirección facultativa.

2.10 Libro de órdenes

Se dispondrá en la propia obra de un Libro de Órdenes, en donde se recogerán todas las incidencias, modificaciones, aclaraciones, etc., que surjan durante el desarrollo de los trabajos.

El Director de Obra, en ejercicio de sus atribuciones, velará por el cumplimiento de los requisitos especificados en proyecto, así como de las exigencias de las disposiciones legales que sean de aplicación, y en especial aquellas que afecten al buen funcionamiento de las instalaciones y a la seguridad de las personas.

El Libro de Órdenes, como instrumento destinado a garantizar estos extremos, dejará constancia del desarrollo de la obra, conteniendo las firmas de la Dirección Facultativa y de quienes ejerzan como promotores, empleando a tal efecto cuantas copias fueran necesarias.

3 CONDICIONES TÉCNICAS

El pliego de condiciones técnicas tiene por objeto determinar las calidades y características de los elementos que se utilizarán en el desmantelamiento de la instalación actual y en el montaje de la nueva.

En todo lo aquí no señalado regirá el Pliego de Condiciones general que figura en el proyecto de obra.

El Director de Obra deberá eliminar cualquier elemento que no cumpla con la presente especificación, tanto en lo referente a los materiales, como en normativa.

3.1 Instalación mecánica

3.1.1 Tubos

Las tuberías que forman parte de las instalaciones receptoras han de ser de acero inoxidable 316, seguir la norma ASME.

3.1.1.1 Características: diámetros, longitudes y espesores

Las medidas de los accesorios de inoxidable serán acordes con las características dimensionales del tubo al que se han de unirse. Los accesorios para realizar soldadura con orbital y los de soldadura manual deberán ser compatibles con el tubo al que han de soldarse.

3.1.1.2 Uniones

La unión de los tubos de acero inoxidable 316 se realizará por soldadura de aportación. En todos los casos posibles, se realizarán las soldaduras mediante orbital para garantizar las uniones. Cuando no sea posible, las soldaduras se realizarán de forma manual por arco eléctrico.

Los accesorios para la ejecución de uniones, derivaciones, codos, curvas, etc., mediante soldadura, estarán fabricados con inoxidable 316 de las mismas características que las del tubo al que han de unirse mediante soldadura manual o con orbital.

Las uniones de los tubos entre sí y de éstos con los accesorios, se harán de acuerdo con los materiales en contacto y de modo que la ejecución de las operaciones se lleve a cabo de forma que no se llegue a provocar pérdidas de estanqueidad en las uniones.

El procedimiento de la unión mediante soldadura por arco eléctrico, consiste en fundir un material de aporte con el calor aparecido de un arco eléctrico entre el electrodo (material de aporte) y las piezas a unir. En este tipo de soldadura las piezas a unir son de acero inoxidable.

La soldadura con orbital consiste en el proceso de soldar circularmente una pieza cilíndrica fija o fijada en un soporte (conductos, tuberías, etc). Para este propósito, la antorcha se desplaza sobre una guía y recorre la pieza de manera circular. Con esta técnica se esperan resultados reproducibles y de alta calidad, por esta razón normalmente se emplea el método de soldadura SMAW.

4 CONDICIONES LEGALES

En este apartado se describen las condiciones legales bajo las que se ejecutará el proyecto.

4.1 Responsabilidades y seguridad laboral

Todas las empresas subcontratadas deberán nombrar y certificar a una persona que será el recurso preventivo durante la realización y construcción de este proyecto. Dicha persona se encargará de revisión y divulgación de las normativas de seguridad relacionadas con el proyecto y de su cumplimiento y deberá disponer de los cursos que acrediten su función.

Además, toda persona que trabaje para éste queda sujeto a:

- La responsabilidad civil será exigible en forma personal e individualizada, tanto por actos u omisiones propios, como por actos u omisiones de personas por las que se deba responder.
 - No obstante, cuando pudiera individualizarse la causa de los daños materiales o quedase debidamente probada la concurrencia de culpas sin que pudiera precisarse el grado de intervención de cada agente en el daño producido, la responsabilidad se exigirá solidariamente.
- Cuando el proyecto haya sido contratado conjuntamente con más de un proyectista, los mismos responderán solidariamente.
- Los proyectistas que contraten los cálculos, estudios, dictámenes o informes de otros profesionales, serán directamente responsables de los daños que puedan derivarse de su insuficiencia, incorrección o inexactitud, sin perjuicio de la repetición que pudieran ejercer contra sus autores.
- Cuando el director facultativo subcontrate con otras personas físicas o jurídicas la ejecución de determinadas partes o instalaciones, será directamente responsable de los daños materiales por vicios o defectos de su ejecución, sin perjuicio de la repetición a que hubiere lugar.
- Quien acepte la dirección cuyo proyecto no haya elaborado él mismo, asumirá las responsabilidades derivadas de las omisiones, deficiencias o imperfecciones del proyecto, sin perjuicio de la repetición que pudiere corresponderle frente al proyectista.

4.2 Capacidad para contratar

- Podrán contratar las personas naturales o jurídicas, españolas o extranjeras que, teniendo plena capacidad de obrar, no se hallen privadas por parte del Estado ni tengan faltas pendientes con la justicia.
 - Las empresas deberán ser personas físicas o jurídicas cuya finalidad o actividad tenga relación directa con el objeto del contrato, según resulte de sus respectivos estatutos o reglas fundacionales y dispongan de una organización con elementos personales y materiales suficientes para la debida ejecución del contrato.
 - Las empresas no españolas de Estados miembros de la Unión Europea deberán acreditar su capacidad de obrar mediante certificación de inscripción. Las restantes empresas extranjeras deberán acreditar su capacidad de obrar mediante informe expedido por la Misión Diplomática Permanente u Oficina Consular de España del lugar del domicilio de la empresa, en la que se haga constar, previa acreditación por la empresa, que figuran inscritas en el Registro local profesional o comercial.
- Además de los requisitos reseñados, los licitadores deberán acreditar su solvencia económica, financiera y técnica a través de los medios que se reseñan a continuación:
- Económica y financiera:
 - Cuentas anuales presentadas en el Registro Mercantil o en el Registro oficial que corresponda. Los empresarios no obligados a presentar las

cuentas en Registros oficiales podrán aportar, como medio alternativo de acreditación, los libros de contabilidad debidamente legalizados.

- Declaración sobre el volumen global de negocios y, en su caso, sobre el volumen de negocios en el ámbito de actividades correspondiente al objeto del contrato, referido como máximo a los tres últimos ejercicios disponibles en función de la fecha de creación o de inicio de las actividades del empresario, en la medida en que se disponga de las referencias de dicho volumen de negocios.
- Si, por una razón justificada, el empresario no está en condiciones de presentar las referencias solicitadas, se le autorizará a acreditar su solvencia económica y financiera por medio de cualquier otro documento que se considere apropiado por el órgano de contratación
- Los empresarios que sean personas naturales deberán aportar, asimismo, copia o fotocopia legalizada de la Declaración del Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas de los dos últimos ejercicios presentados
- Técnica (por uno de los siguientes medios):
 - Relación de los principales suministros efectuados durante los tres últimos años, indicando su importe, fechas y destinatario público o privado de los mismos. Los suministros efectuados se acreditarán mediante certificados expedidos o visados por el órgano competente, cuando el destinatario sea una entidad del sector público o cuando el destinatario sea un comprador privado, mediante un certificado expedido por éste o, a falta de este certificado, mediante una declaración del empresario.
 - Indicación del personal técnico o unidades técnicas, integradas o no en la empresa, de los que se disponga para la ejecución del contrato, especialmente los encargados del control de calidad.
 - Descripción de las instalaciones técnicas, de las medidas empleadas para garantizar la calidad y de los medios de estudio e investigación de la empresa.
 - Control efectuado por la entidad del sector público contratante o, en su nombre, por un organismo oficial competente del Estado en el cual el empresario está establecido, siempre que medie acuerdo de dicho organismo, cuando los productos a suministrar sean complejos o cuando, excepcionalmente, deban responder a un fin particular. Este control versará sobre la capacidad de producción del empresario y, si fuera necesario, sobre los medios de estudio e investigación con que cuenta, así como sobre las medidas empleadas para controlar la calidad.
 - Muestras, descripciones y fotografías de los productos a suministrar, cuya autenticidad pueda certificarse a petición de la entidad del sector público contratante.
 - Certificados expedidos por los institutos o servicios oficiales encargados del control de calidad, de competencia reconocida, que acrediten la conformidad de productos perfectamente detallada mediante referencias a determinadas.

4.3 Árbitros

En caso de necesitar algún tipo de arbitrio, éste se llevará a cabo por la jurisprudencia municipal o comarcal en la que se sitúe la empresa constructora sometiéndose ésta a las leyes y normas del citado municipio o comarca.

5 CONDICIONES ECONÓMICAS

La finalidad es regular las relaciones económicas entre el contratista, los proveedores, los subcontratados y los clientes.

Todos los que intervienen en el proceso de construcción y proyección tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación, con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas.

El constructor y, en su caso, los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

5.1 Precios y revisión de precios

5.1.1 Composición de los precios unitarios

El cálculo de los precios de las distintas partes es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

5.1.1.1 Costes directos

La mano de obra, con sus pluses, cargas y seguros sociales, que interviene directamente en el proceso de fabricación

Los materiales, a los precios resultantes, que queden integrados en el proceso de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.

Los equipos y sistemas técnicos de seguridad y salud para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.

Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.

Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

5.1.1.2 Costes indirectos

Los gastos de almacenes, talleres de fabricación y preparación de moldes, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico, proyectistas y los imprevistos. Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.

5.1.1.3 Precio de ejecución material

Se denominará precio de ejecución material al resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos.

5.1.1.4 Precios contradictorios

Se producirán precios contradictorios sólo cuando por medio del ingeniero se decida introducir cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El constructor estará obligado a efectuar los cambios y hacerse cargo de ellos. A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el ingeniero y el constructor antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determine el pliego de condiciones particulares. Si subsiste la diferencia se acudirá, en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto, y en segundo lugar al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato.

5.2 Métodos de pago

5.2.1 Valoración y abono de los trabajos

Los proveedores y las empresas encargadas del transporte recibirán por adelantado el 20% del abono total, el cual estará concertado previamente en el pliego de condiciones o acordado entre proveedor y constructor. El valor del abono sólo se podrá ver modificado por penalizaciones causadas por incumplimientos en el plazo de entrega o por deficiencia de calidad del servicio otorgado.

Los empleados encargados del montaje, empaquetado y administración del producto recibirán la cifra estipulada mediante pago por vía bancaria y en un solo cobro realizado la última semana de cada mes.

5.2.2 Abono de trabajos especiales no contratados

Cuando fuese preciso efectuar otra clase de trabajos de cualquier índole especial u ordinaria, que por no estar contratados no sean de cuenta del constructor, y si no se contratasen con tercera persona, no tendrá el constructor la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos que estos ocasionen. En el caso que se haga cargo de estos gastos adicionales se le deberán ser restituidos en un plazo de 3 meses desde el momento que se produzca dicho pago.

5.2.3 Pago de arbitros

El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen correrán a cargo del constructor, siempre que en las condiciones particulares del proyecto no se estipule lo contrario.

5.3 Garantías, fianzas y avales

El constructor garantizará la instalación durante un período mínimo de 3 años, para todos los materiales utilizados y el procedimiento empleado en su montaje. Sin perjuicio de cualquier posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el procedimiento establecido.

La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la certificación de la instalación.

Si hubiera de interrumpirse la explotación del suministro debido a razones de las que es responsable el constructor, o a reparaciones que el constructor haya de realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

La garantía comprende la reparación o reposición, en su caso, de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, así como la mano de obra empleada en la reparación o reposición durante el plazo de vigencia de la garantía.

Quedan expresamente incluidos todos los demás gastos, tales como tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.

Asimismo se deben incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación. Si en un plazo razonable, el constructor incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación podrá, previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicho constructor cumpla con las mismas. Si el constructor no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del constructor, realizar por sí mismo o contratar a un tercero para realizar las oportunas reparaciones, sin perjuicio de la ejecución del aval prestado y de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido el constructor.

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo sea en parte, por personas ajenas al constructor o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el constructor.

Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación, lo comunicará fehacientemente al constructor. Cuando el constructor considere que es un defecto de fabricación de algún componente lo comunicará fehacientemente al fabricante.

5.4 Penalizaciones

5.4.1 Penalizaciones por baja de calidad

Si se advirtiese que los materiales, servicios o productos adquiridos no cumplen con los requisitos de calidad estipulados el constructor queda exento del pago de la

actividad realizada o de los elementos obtenidos. En el caso concreto de adquisición de piezas, si se detecta más de un 2% de piezas defectuosas el proveedor será sancionado con una multa de 10.000 euros, que serán abonados en un plazo máximo de 6 meses.

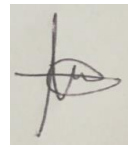
5.4.2 Desperfectos en la propiedad

Si el constructor causara algún desperfecto en la propiedad, tendrá que restaurarla a su cuenta, dejándola en el estado que las encontró al dar comienzo las obras de la instalación.

5.4.3 Replanteos

Todas las operaciones y medios auxiliares que se necesite para los replanteos serán de cuenta del contratista, no teniendo por este concepto derecho a indemnización de ninguna clase. El contratista será responsable de los errores que resulten de los replanteos con relación a los planos acotados que el director de la obra facilite a su debido tiempo.

En Ferrol, a febrero de 2019



Fdo.: Andrea María Fernández García



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2018/19**

*DISEÑO INGENIERIL Y MECÁNICO DE UN
RECUPERADOR DE CALOR EN EL PROCESO DE
PASTEURIZACIÓN DE LÁCTEOS*

Grado en Ingeniería Mecánica

Documento IV

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

ÍNDICE

1. Regenerador
2. Seguridad y salud
3. Ingeniería
4. Mano de obra
5. Resumen por capítulos e importe de ejecución material
6. Importe de ejecución e importe de contrata

1.Coste materiales del Regenerador

Resumen capítulo I:

Número	Concepto	Unidades	Precio unitario (€)	Importe (€)
1	Brida Welding Neck acero inoxidable UNS S31600	42,6	9,265	394,68
2	Barras de soporte acero inoxidable UNS S31600	20,6	4,296	88,49
3	Placa de tubos acero inoxidable UNS S31600	5,12	4,654	23,82
4	Tubos de acero inoxidable UNS S31600	18,88	10	94,4
5	Cabezal frontal de acero	156	3,938	614,32
6	Carcasa	344	3,938	1354,67
7	Cabezal posterior	58	4,654	269,93
8	Brida Lap Joint conexión carcasa	50	6,086	304,3
9	Brida Lap Joint conexión cabezal	37	6,265	231,80
10	Tornillo para taladro	64	1,5	96
	Importe total del capítulo I			3472,45€

2. Seguridad y salud en las obras

Resumen capítulo II:

Número	Concepto	Unidades	Precio unitario (€)	Importe (€)
1	Medidas para la seguridad y salud en las obras	1	2438.00	2.438,00 €
	Importe total capítulo II			2438

3.Ingeniería

Resumen capítulo III

Número	Concepto	Unidades	Precio unitario (€)	Importe (€)
1	Diseño del regenerador	240	40	9600
	Importe total capítulo III			9.600 €

4. Mano de obra

Resumen capítulo IV

Número	Concepto	Unidades	Precio unitario (€)	Importe (€)
1	Mano de obra	796,2	1,4	1114,68
	Importe total del capítulo IV			1114,68

5. Resumen por capítulos

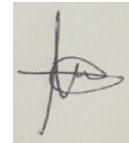
Resumen por capítulos	
Capítulo I: Coste de materiales del regenerador	3472,45 €
Capítulo II: Seguridad y salud	2438 €
Capítulo III: Ingeniería	9600 €
Capítulo IV: Mano de obra	1114,68 €
IMPORTE DE EJECUCIÓN MATERIAL	16625,13 €

6. IMPORTE DE EJECUCIÓN E IMPORTE DE CONTRATA

IMPORTE DE EJECUCIÓN MATERIAL	16625,13 €
Gastos generales (13 %)	2161,27 €
Beneficio Industrial (6%)	997,5 €
IMPORTE DE EJECUCIÓN	19783,91 €
IVA (21 %)	4154,62 €
IMPORTE DE CONTRATA	23938,53 €

El importe de contrata es de **VEINTITRÉS MIL NOVECIENTOS TREINTA Y OCHO EUROS CON CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS**

En Ferrol, a febrero de 2019.



Fdo.:Andrea María Fernández García