



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR PARA LA  
INDUSTRIA ALIMENTARIA

MEMORIA

Alumno: Sergio Varea Pérez

Tutor: Eduardo Pérez de Eulate Arzoz

Pamplona, 8 de Abril de 2011

<u>Índice</u>	página:
<b><u>1. OBJETO DEL PROYECTO</u></b>	4
<b><u>2. ANTECEDENTES</u></b>	4
<u>2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO</u>	4
2.1.1 DATOS DE PARTIDA: EXIGENCIAS DEL PROCESO	6
2.1.2 DATOS DE SUMINISTRO	7
<b><u>3. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS</u></b>	7
<u>3.1 FUNDAMENTOS MÁS IMPORTANTES</u>	7
<u>3.2 POSIBLES SOLUCIONES</u>	10
3.2.1 INTERCAMBIADORES CON TUBOS LISOS	12
3.2.1.1 SERPENTINES	12
3.2.1.2 INTERCAMBIADORES DE DOBLE TUBO	12
3.2.1.3 INTERCAMBIADORES DE TUBOS Y CORAZA	14
3.2.2 DISPOSICIÓN DE LAS CORRIENTES DE INTERCAMBIO	17
3.2.2 DIFERENCIA MEDIA LOGARÍTMICA DE TEMPERATURAS	17
<b><u>4. SOLUCIÓN ADOPTADA</u></b>	18
<u>4.1 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN</u>	18
4.1.1 CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN DE PRODUCTO	18
4.1.2 CALENTAMIENTO	18
4.1.3 SOSTA DE MANTENIMIENTO	19
4.1.4 ENFRIAMIENTO	19
4.1.5 CIRCUITO DE LIMPIEZA	19

<u>4.2 DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO</u>	19
4.2.1 CICLO DE LIMPIEZA (LIMPIEZA C.I.P.)	20
4.2.2 CICLO DE ESTERILIZACIÓN	22
4.2.3 CICLO DE PREPRODUCCIÓN	22
4.2.4 CICLO DE PRODUCCIÓN	22
4.2.5 CICLO DE FIN DE PRODUCCIÓN	22
<u>4.3 DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS</u>	23
4.3.1 ELEMENTOS PRINCIPALES:	23
4.3.1.1 TANQUE REGULADOR CERRADO	23
4.3.1.2 FILTROS	24
4.3.1.3 BOMBA DE PRODUCTO	25
4.3.1.4 BOMBA DE SUMINISTRO DE AGUA	26
4.3.1.5 INTERCAMBIADOR DE CALOR DE DOBLE TUBO	27
4.3.1.5.1 CRITERIOS DE DISEÑO A CONSIDERAR	27
4.3.1.5.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	27
4.3.1.6 UNIDAD DE MANTENIMIENTO	28
4.3.2 DISPOSITIVOS DE CONTROL Y MEDIDA	29
4.3.2.1. VÁLVULAS	29
4.3.2.2 MOTORES Y BOMBAS ASOCIADAS	30
4.3.2.3 NIVELES	31
4.3.2.4 SONDAS	31
<u>4.4 MONTAJE</u>	32
4.4.1 MONTAJE MECÁNICO	32
4.4.2 MONTAJE ELÉCTRICO	32

<u>4.5 AUTOMATIZACION</u>	32
4.5.1 PROGRAMACIÓN Y VISUALIZACIÓN	34
<u>4.6 PUESTA EN MARCHA</u>	34
<u>5. RESUMEN DEL PRESUPUESTO</u>	35
<u>6. ANEJO</u>	36



## **1. OBJETO DEL PROYECTO**

El presente proyecto tiene por objeto definir y describir todas las características y propiedades que va a cumplir el dispositivo que va a llevar a cabo la función especificada por la empresa contratante.

Para ello se comenzará describiendo tanto el proceso industrial en el que se va a incluir así como las especificaciones técnicas que deberá cumplir, las cuáles han sido suministradas por la empresa para asegurar el entendimiento y el alcance del objetivo del proyecto.

## **2. ANTECEDENTES**

La empresa interesada es una de las más importantes compañías a nivel internacional.

Se trata de una multinacional que desarrolla su actividad dentro del sector industrial agroalimentario, teniendo una importante cuota de mercado con gran variedad de productos a la venta en multitud de países.

La planta en la que se va a instalar el equipo al que hace referencia este proyecto está dedicada a la producción de alimentos en conserva. En ella se realizan los procesos necesarios para elaborar dichos productos teniendo como punto de partida la materia prima recolectada.

A partir de este punto, dicha materia prima, es sometida a múltiples operaciones para conseguir un producto en conserva que sea apto para el consumo humano, pasando todos los controles sanitarios obligatorios y que además, contenga las características deseadas para que sea un producto competitivo en el mercado del sector de la alimentación.

Para ello, en una misma planta industrial, se desarrollan actividades y procesos complejos, algunos de los cuales tienen especial importancia al manejar productos para el consumo humano.

Una vez completado el ciclo de producción, el producto en conserva pasa a ser convenientemente envasado y empaquetado para ser enviado como producto acabado al almacén o al cliente.

### **2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

Entre las operaciones más importantes de las que tienen lugar en la planta industrial se encuentra la mezcla de las diferentes materias primas para lograr el producto deseado.

Al ser productos para el consumo humano directo, a lo largo del proceso industrial se debe de hacer un especial hincapié en cuestiones de higiene industrial así como los controles sanitarios obligatorios.

El proceso en el que va a ser necesaria la instalación del dispositivo proyectado tiene especial importancia en ese aspecto.

El proceso recibe el nombre de esterilización y como su propio nombre indica el objetivo principal de este paso es el de asegurarse de que el producto queda libre de cualquier tipo

de forma de vida, eliminando así la existencia de posibles bacterias o sustancias no deseadas que en él se pudieran encontrar.

Los alimentos no están exentos de contener cualquier tipo de bacteria a lo largo de las operaciones que se llevan a cabo en los pasos anteriores al esterilizado y es por eso que éste se realiza con anterioridad al envasado del producto, asegurándose la inexistencia de componentes no deseados dentro del producto final.

Es importante distinguir la esterilización de otros procesos de sanitización similares pero los cuales tienen importantes diferencias entre ellos. A continuación se da una pequeña explicación de ellos para poder conocer su campo de actuación:

*Esterilización* significa la eliminación de toda forma de vida de un medio o material, lo que se lleva a cabo generalmente por medios físicos, por ejemplo, filtración, o por muerte de los organismos por calor, productos químicos u otra vía. Esta definición excluye por lo tanto cualquier técnica que resulte solamente en un daño a los microorganismos o atenuación de la actividad de cualquier tipo.

La palabra *desinfección* se aplica a la remoción o destrucción por cualquier vía de organismos vivos que pueden causar daño particular o infección. No significa por lo tanto la destrucción de todos los microorganismos, sino solamente de aquellos que pueden producir un resultado no deseado.

Un *antiséptico* es un desinfectante, o sea un agente químico usado para destruir microorganismos dañinos. Se utiliza en general para agentes a ser aplicados en animales o humanos.

*Asepsia* es la exclusión continuada de microorganismos contaminantes. Así por ejemplo el cultivo de microorganismos en el laboratorio es llevado a cabo asépticamente como en muchas fermentaciones industriales. El medio de cultivo es esterilizado para remover toda forma de vida y luego inoculado con el cultivo requerido. Se dice entonces que el sistema se mantiene en condiciones asépticas.

*Pasteurización* es el término aplicado al proceso que se utiliza para la destrucción de algunos de los microorganismos posiblemente presentes en materiales sensibles al calor como la leche y cerveza. Consiste en calentar la leche, por ejemplo a 62 °C, mantenerla a esta temperatura 30 minutos y después enfriarla lo más rápidamente posible. Esta técnica no es de ninguna manera un procedimiento de esterilización. Es solamente un método para destruir organismos patógenos y al mismo tiempo disminuir el nivel de aquellos organismos que más pueden deteriorar la leche.

La razón fundamental para efectuar la esterilización en Microbiología Industrial es para evitar la competición por los nutrientes en medios de cultivo y permitir así que el cultivo de microorganismos específicos que se utilizan en un proceso de fermentación de los rendimientos esperados en biomasa y/o metabolitos específicos.

Se concluye que, para el caso en el que se va a aplicar, la esterilización se va a producir como un proceso en el cual se debe aumentar la temperatura del alimento hasta

que los posibles gérmenes o bacterias que en ese momento sigan con vida dentro de la mezcla de producto, queden eliminados debido al calor.

Los posibles elementos contaminantes que pueden existir a esas alturas del proceso son organismos vivos de tipo bacteriano, los cuales se eliminan manteniéndolos durante un tiempo determinado a una temperatura suficiente. Dependiendo de las características y del momento del proceso de producción en el que se deba aplicar la esterilización, las exigencias del proceso cambiarán, modificándose la temperatura que se alcanza, el tiempo que se debe mantener el producto a esa temperatura o bien ambas variables para conseguir el resultado necesario y que el producto quede realmente listo para ser envasado.

### **2.1.1 DATOS DE PARTIDA: EXIGENCIAS DEL PROCESO**

A continuación se presentan las principales especificaciones y características del proceso que han sido suministradas por la empresa para enfocar el proyecto con todos los datos necesarios para la total definición de la instalación y la actividad que realiza:

El producto que se procesa en la sección en la que se van a ubicar los equipos necesarios para llevar a cabo la operación es salsa para alimentos, bien sea para añadir a los productos de pasta u otros productos al gusto del consumidor.

El caudal de este producto que va a ser procesado en la línea a la que se está haciendo referencia es de 3150 litros por hora.

Como se ha explicado en el apartado anterior, los datos que más importancia tienen en el proceso de esterilización, son los de temperatura y tiempo que ésta se debe mantener, porque de ellos depende que el proceso se cumpla o no y a la vez, que el producto finalice el proceso en condiciones de ser envasado o no.

Por ello, es necesario explicar de manera clara el rango de temperaturas que debe adquirir el producto en los diferentes pasos del proceso.

As pues, el producto va a llegar a la instalación que nos ocupa tras la fase que tiene lugar en las instalaciones de cocinado. En las diferentes cocinas que se encuentran en la planta industrial, se añaden los ingredientes y añadidos necesarios para componer el producto, a la temperatura adecuada y realizando las mezclas de manera específica para cada tipo de alimento.

El producto llegará proveniente de la cocina a una temperatura de 55°C, después se exige que el producto alcance una temperatura mínima de 110°C, la cuál se deberá mantener durante un tiempo de 150 segundos para que la esterilización sea efectiva, y finalmente, una vez finalizado el proceso de esterilización, se deberá enfriar el producto hasta una temperatura de 30°C, temperatura a la cual se transportará el producto, ya esterilizado, a las líneas de envasado.

Con el fin de poder lograr los resultados requeridos en los distintos equipos, se contará en todo momento con el suministro de agua, aire, y vapor de agua, necesarios para alimentar los diferentes circuitos que componen la instalación.

Para dotar a la instalación de la capacidad de poder realizar una parte importante del proyecto de manera independiente, se instalarán los elementos de control necesarios, los cuales compondrán el sistema de control o automatización.

A continuación se presenta una tabla con las exigencias anteriormente redactadas, para que el entendimiento de esta parte del proyecto sea claro y conciso:

Propiedad/elemento	Exigencia
Caudal	3150 l/h
Rango de temperaturas	Entrada → 55°C
	Mantenimiento → 110°C
	Salida → 30°C
Suministros	Agua de torre
	Aire
	Vapor de agua
	Agua caliente a 122°C
Sistema de control	Omron

### **2.1.2 DATOS DE SUMINISTRO**

Consumos aproximados:

- Caudal de producto a procesar: 3150 l/h
- Caudal máximo agua caliente: 9 m<sup>3</sup>/h (se calienta mediante vapor a presión de 6 bar, en circuito cerrado)
- Caudal máximo agua de torre: 26 m<sup>3</sup>/h

## **3. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS**

### **3.1 FUNDAMENTOS MÁS IMPORTANTES**

Una vez descrito tanto el proceso que debe tener lugar para que la esterilización sea efectiva como las exigencias que éste debe cumplir, es el momento de analizar las posibles soluciones que se pueden aplicar, con las ideas aportadas con el fin de que esa aplicación sea justificada y realmente cumpla con las especificaciones redactadas.

De los apartados anteriores se puede extraer que la idea más importante y que se mayor influencia debe tener en la elección de una posible solución es la relacionada con el aumento de calor que se debe producir para que la esterilización se pueda llevar a cabo para completar el proceso de manera efectiva.

Para poder realizar esa operación, entre los distintos procesos industriales existen varios tipos de instalación y equipos que tienen la función específica de producir aumentos de temperatura en diferentes sustancias, bien sea mezclándolas, poniéndolas en contacto a través de una superficie o directamente introduciéndolas en un espacio en el que se va a producir el intercambio de calor deseado.

Para poder describir los equipos que van a permitir cumplir la función que se exige en este tipo de procesos, es necesario describir con anterioridad los fundamentos de la transferencia de calor así como las formas en que se puede producir.

La transferencia de calor se define como el estudio de las velocidades a las cuales el calor se intercambia entre fuentes de calor y receptores, tratados usualmente de manera independiente. Los procesos de transferencia de calor se relacionan con las razones de intercambio térmico, tales como las que ocurren en los equipos de transferencia de calor, tanto en la ingeniería mecánica como en los procesos químicos.

Un problema típico de procesos de transferencia de calor involucra las cantidades de calor que deben transferirse, las razones a las cuales pueden transferirse debido a la naturaleza de los cuerpos, la diferencia de potencial, la extensión y arreglo de las superficies que separan la fuente y el receptor, y la cantidad de energía mecánica (física) que debe disiparse para facilitar la transferencia de calor. Puesto que la transferencia de calor considera un intercambio en un sistema, la pérdida de calor por un cuerpo deberá ser igual al calor absorbido por otro dentro del mismo sistema.

Cuando dos objetos que están a temperaturas diferentes se ponen en contacto térmico, el calor fluye desde el objeto de temperatura más elevada hacia el de temperatura más baja. El flujo neto se produce siempre en el sentido de la temperatura decreciente. Los mecanismos por los que fluye calor son tres: conducción, convección y radiación.

### Conducción

Si existe un gradiente de temperatura en una sustancia el calor puede fluir sin que tenga lugar un movimiento observable de la materia. En los sólidos metálicos la conducción de calor resulta del movimiento de los electrones no ligados y existe una estrecha relación entre la conductividad térmica y eléctrica. En sólidos que son malos conductores de la electricidad, y en la mayor parte de los líquidos, la conducción de calor se debe al transporte de la cantidad de movimiento de las partículas individuales a lo largo del gradiente de temperatura. En gases la conducción se produce por el movimiento al azar de las moléculas, de forma que el calor “es conducido” desde las zonas más calientes a las más frías.

La conductividad térmica es una característica de todo material que representa la resistencia que éste ofrece al flujo de calor. La conductividad térmica varía con la temperatura, pero no siempre de la misma manera. La conductividad térmica puede variar para muchos materiales, sobre todo en el caso de los metales. Al usar conductividades térmicas, se debe recordar que la conducción no es el único método de transferencia de calor y que, sobre todo con los líquidos y gases, la radiación y la convección pueden ser mucho más importantes.

## Convección

Cuando una corriente o una partícula macroscópica (que se puede ver a simple vista) de materia cruza una superficie específica, tal como el límite de un volumen específico, lleva consigo una determinada cantidad de energía asociada “*entalpía*”. Este flujo de entalpía recibe el nombre de *flujo convectivo de calor* o simplemente *convección*. Puesto que la convección es un fenómeno macroscópico, solamente puede ocurrir cuando actúan fuerzas sobre la partícula o la corriente de fluido y mantienen su movimiento frente a las fuerzas de fricción. Desde el punto de vista termodinámico la convección no es considerada como un flujo de calor sino como un flujo de entalpía. Las fuerzas utilizadas para crear las corrientes de conversión en los fluidos son de dos tipos:

- **Convección natural:** Ocurre si las corrientes son la consecuencia de las fuerzas de flotación generadas por la diferencia de densidad, que o su vez se generan por gradientes de temperatura en la masa de fluido. El flujo de aire a través de un radiador caliente es un ejemplo de convección natural, otro ejemplo es cuando se calienta agua en una olla sin agitación se puede observar las líneas de convección que se forman.
- **Convección forzada:** Ocurre cuando las corrientes se ponen en movimiento por acción de algún dispositivo mecánico, tal como una bomba o un agitador. El flujo de calor hacia un fluido que se bombea a través de una tubería caliente es un ejemplo de convección forzada.

Los dos tipos de Fuerzas pueden ser activas simultáneamente en el mismo fluido, teniendo lugar conjuntamente convección natural y forzada.

## Radiación

Radiación es la palabra que se utiliza para designar la transmisión de energía a través del espacio. Si la radiación pasa a través de un espacio vacío, no se transforma en calor ni en otra forma de energía. Sin embargo, si en su camino encuentra material, la radiación se transmitirá, reflejará o absorberá. Solamente la energía absorbida es la que aparece como calor y esta transformación es cuantitativa. Por ejemplo, el cuarzo fundido transmite prácticamente toda la radiación que se incide sobre él; una superficie opaca pulimentada o un espejo reflejan la mayor parte de la radiación incidente; una superficie negra o mate absorbe la mayor parte de la radiación que recibe y la energía absorbida es transformada cuantitativamente en calor.

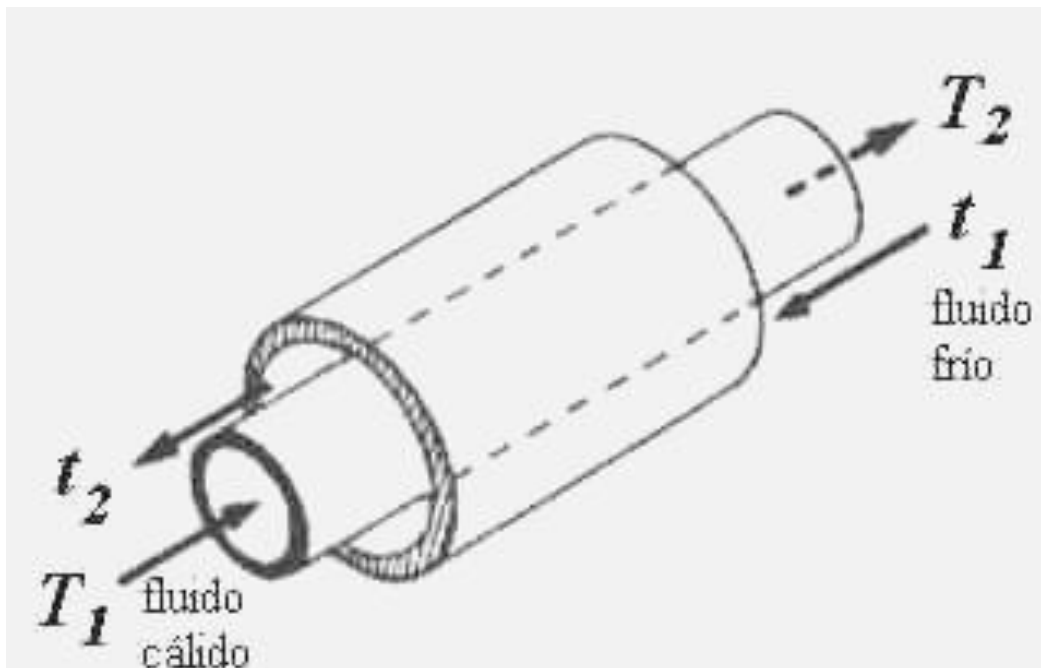
## CONCLUSIÓN

La conducción, convección y radiación pueden estudiarse separadamente y sumar sus efectos separados cuando ambos son importantes. En términos muy generales, la radiación se hace importante a elevadas temperaturas y es independiente de las circunstancias del flujo del fluido. La conducción-convección es sensible a las condiciones de flujo y es relativamente afectada por el nivel de temperatura.

### 3.2 POSIBLES SOLUCIONES

A continuación se va a realizar una explicación de los distintos tipos de intercambiadores de calor que existen, definiéndolos y mostrando sus aplicaciones así como los conceptos fundamentales que se deben tener en cuenta a la hora de trabajar con cada uno de ellos.

Un intercambiador de calor se puede describir de un modo muy elemental como un equipo en el que dos corrientes a distintas temperaturas fluyen sin mezclarse con el objeto de enfriar una de ellas o calentar la otra o ambas cosas a la vez. Es uno de los equipos industriales más frecuentes, ya que debe la operación de enfriamiento o calentamiento están ligadas a cualquier proceso en el que se maneje energía. Por tanto en la gran mayoría de industrias estará asegurada la existencia de uno o más intercambiadores de calor. La siguiente ilustración muestra el intercambiador en su modo más simple:



La versatilidad de este tipo de equipos ha hecho posible el diseño de diferentes tipos de intercambiadores según la aplicación que a estos se les iba a dar. Existe, por lo tanto, una amplia gama que sería difícil de explicar tan sólo en unas páginas por lo que se tratarán a continuación los tipos de intercambiadores más usados haciendo especial hincapié a los que sean aplicables al caso que ocupa este proyecto.

Así pues, según su aplicación podemos distinguir entre los siguientes:



### Intercambiadores con tubos lisos rectos

Los intercambiadores de tubos lisos rectos son los más abundantes. La causa de su generalización es su mayor flexibilidad. Pueden ser de doble tubo o de haz de tubos y coraza. Más adelante se desarrollarán con más detalle ya que son los más apropiados para la aplicación en este proyecto

### Intercambiadores de serpentines sumergidos

Los intercambiadores de serpentín se usan en casos en que no hay tiempo o dinero para adquirir un equipo comercial, ya que son fáciles de construir en un taller. Al ser fácilmente removibles y transportables se usan mucho para instalaciones provisionales. El rendimiento del intercambio es bueno y son fáciles de limpiar exteriormente.

### Intercambiadores con superficies extendidas

Después de los intercambiadores de tubos lisos rectos son los más frecuentes. Existen muchos medios para aumentar la superficie de intercambio; el usado más a menudo son las aletas. Estas pueden ser transversales o longitudinales al eje del intercambiador.

### Intercambiadores placa

Un intercambiador placa se compone de una sucesión de láminas de metal armadas en un bastidor y conectadas de modo que entre la primera y la segunda circule un fluido, entre la segunda y la tercera otro, y así sucesivamente. Se trata de equipos muy fáciles de desarmar para su limpieza. En la disposición más simple hay sólo dos corrientes circulando, y su cálculo es relativamente sencillo.

### Intercambiadores compactos

Los intercambiadores compactos han sido desarrollados para servicios muy específicos y no son habituales. Existen muchísimos diseños distintos, para los que no hay ninguna metodología general. Cada fabricante tiene sus diseños y métodos de cálculo propios.

### Chaquetas

Se denomina chaqueta al doble fondo o encamisado de un recipiente. El propósito de este equipo generalmente es calentar el contenido del recipiente. Son bastante menos eficientes que los serpentines, tienen mayor costo inicial y resultan bastante difíciles de limpiar mecánicamente porque el acceso al interior de la camisa es complicado.

### Enfriadores de cascada

Estos equipos consisten en bancos de tubos horizontales, dispuestos en un plano vertical, con agua que cae resbalando en forma de cortina sobre los tubos formando una película. Se pueden construir con tubos de cualquier tamaño pero son comunes de 2 a 4" de diámetro. Constituyen un método barato, fácil de improvisar pero de baja eficiencia para enfriar líquidos o gases con agua que puede ser sucia, o cualquier líquido frío.



### **3.2.1 INTERCAMBIADORES CON TUBOS LISOS**

Como se ha comentado en el apartado anterior, los intercambiadores en los que se usan tubos son los que más habitualmente se usan en la industria. Dentro de este tipo de intercambiadores podemos incluir los siguientes:

- Serpentes
- Intercambiadores de doble tubo
- Intercambiadores de haz de tubos y coraza

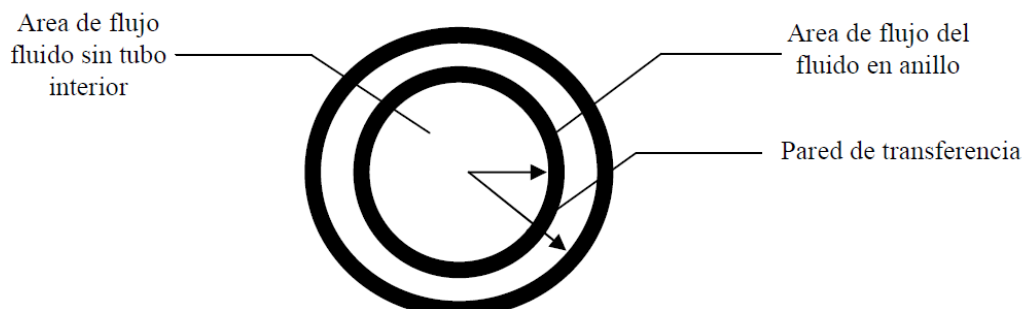
#### **3.2.1.1 SERPENTINES**

Un intercambiador de serpentín es un simple tubo, por el que discurre el fluido a una temperatura, que se dobla en forma helicoidal y se sumerge en el líquido que se encuentra a otra temperatura para que se pueda producir el intercambio. Se usa normalmente para tanques y puede operar por convección natural o forzada. Debido a su bajo costo y rápida construcción se improvisa fácilmente con materiales abundantes en cualquier taller de mantenimiento.

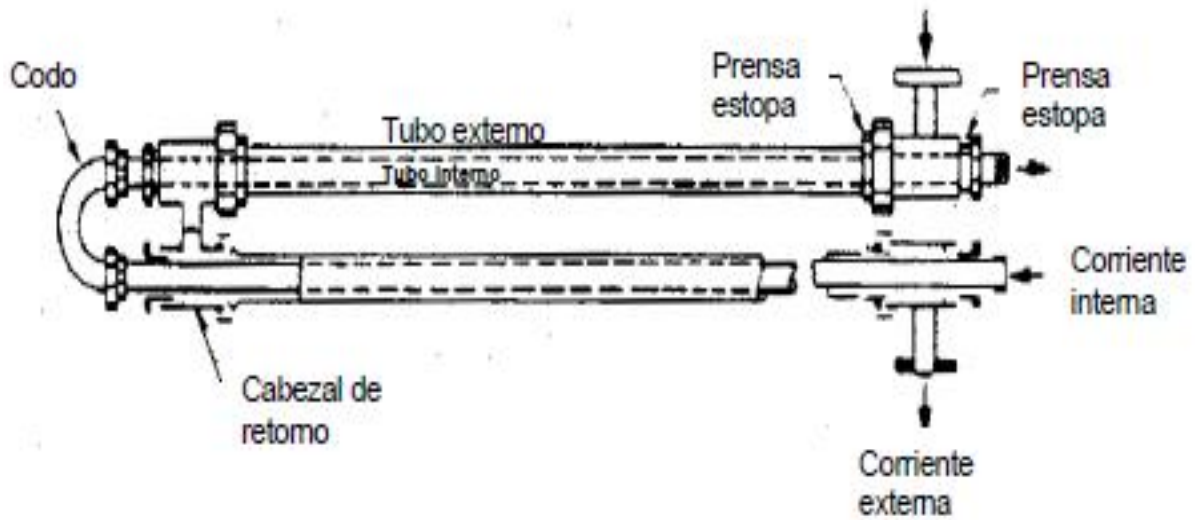
#### **3.2.1.2 INTERCAMBIADORES DE DOBLE TUBO**

Están constituidos por dos tubos concéntricos, un fluido circula por el tubo interior y el otro por el anillo que queda entre ambos tubos, la transferencia se realiza a través de la pared del tubo interior.

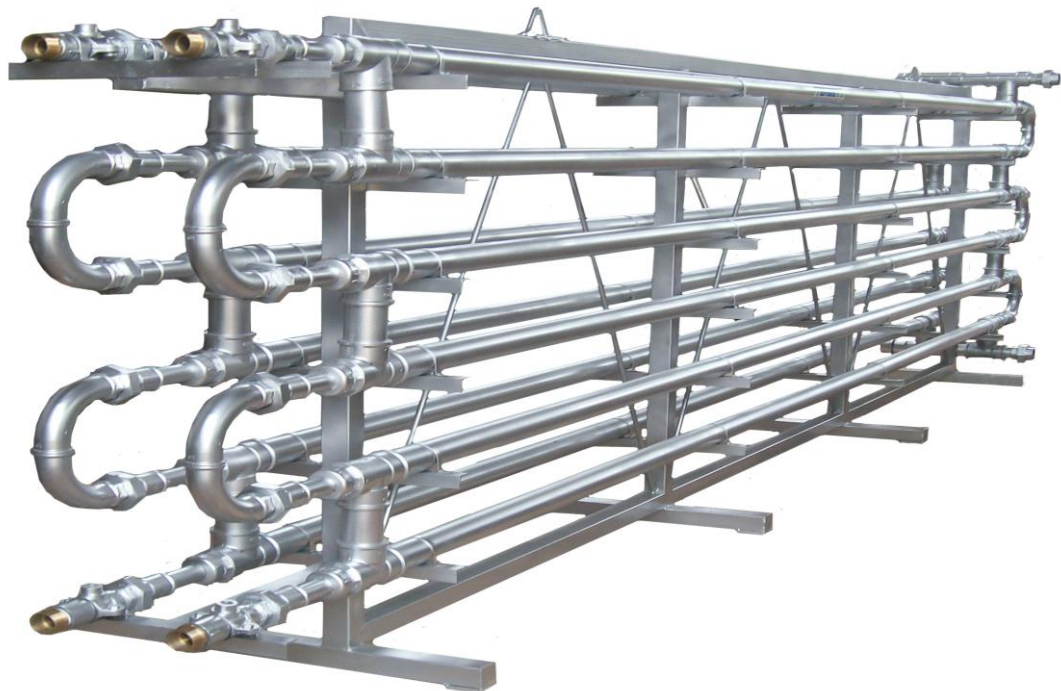
#### **DOBLE TUBO**



Constructivamente están constituidos por juegos de tubos concéntricos, conectados por uniones en forma de "T", cabezales de retorno y codos en "U" según el esquema siguiente:



El esquema de la parte superior representa una "horquilla" y se arma con tubo roscado o bridado común. Los intercambiadores de doble tubo están constituidos por varias horquillas interconectadas de tal manera que dependiendo de los cálculos se consiga el área de transferencia deseada. El resultado del conjunto de estas horquillas constituirá un intercambiador que tendrá la siguiente forma:



El flujo en este tipo y similares es a contracorriente, excepto cuando hay caudales grandes que demandan un arreglo en paralelo. Se determina así porque el flujo en contracorriente pura resulta en hasta un 20% más de intercambio comparado con el que se obtendría mediante flujo paralelo, de modo que si se manejan corrientes pequeñas este equipo es el mejor, y también el mas económico.

Las longitudes de horquilla máximas son del orden de 6 a 7 metros. Si se usan largos no soportados mayores, el tubo interno se dobla y la geometría exterior deja de ser anular, lo cual altera el intercambio y lo modifica de manera incorrecta.

Las ventajas de este tipo de intercambiadores son las siguientes:

- Son flexibles, fáciles de armar y mantener.
- La cantidad de superficie útil de intercambio es fácil de modificar para adaptar el intercambiador a cambios en las condiciones de operación, simplemente conectando mas horquillas o anulándolas.
- Se modifican en poco tiempo, con materiales abundantes en cualquier taller.
- No requieren mano de obra especializada para el armado y mantenimiento.
- Los repuestos son fácilmente intercambiables y obtenibles en corto tiempo.

Entre las aplicaciones y usos más adecuados de los intercambiadores de doble tubo se encuentran los siguientes:

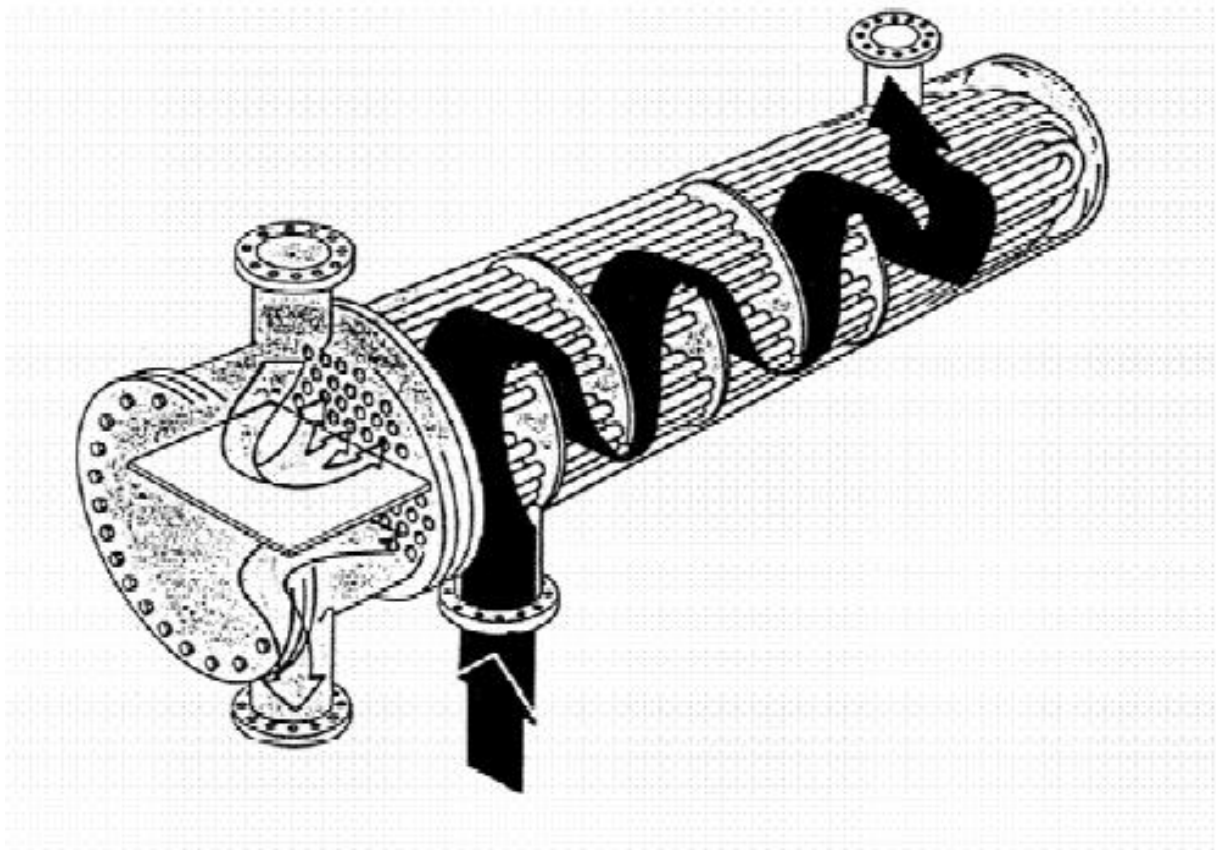
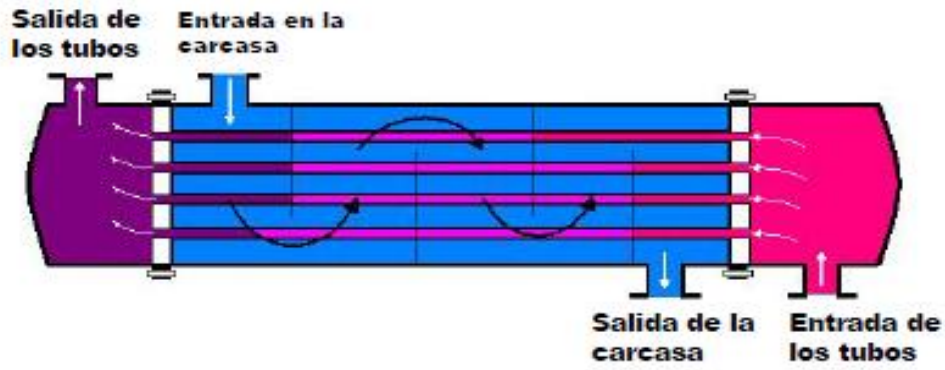
- Cuando un fluido es un gas, o un líquido viscoso, o su caudal es pequeño, mientras el otro es un líquido de baja viscosidad, o con alto caudal.
- Son adecuados para servicios con corrientes de alto ensuciamiento, con lodos sedimentables o sólidos o alquitranes por la facilidad con que se limpian.
- Si hay una buena respuesta a la limpieza química o los fluidos no ensucian, las uniones pueden ser soldadas para resistir altas presiones de operación.
- Son bastante comunes en procesos frigoríficos.

### **3.2.1.3 INTERCAMBIADORES DE HAZ DE TUBOS Y CORAZA**

Los intercambiadores de tipo haz de tubos y coraza se usan para servicios en los que se requieren grandes superficies de intercambio, generalmente asociadas a caudales mucho mayores de los que puede manejar un intercambiador de doble tubo. Por lo explicado en el apartado anterior, el intercambiador de doble tubo requiere una gran cantidad de horquillas para manejar servicios como los descritos, pero sería necesario un considerable consumo de espacio, y con aumento de la cantidad de uniones, siendo así mayor la posibilidad de fugas.

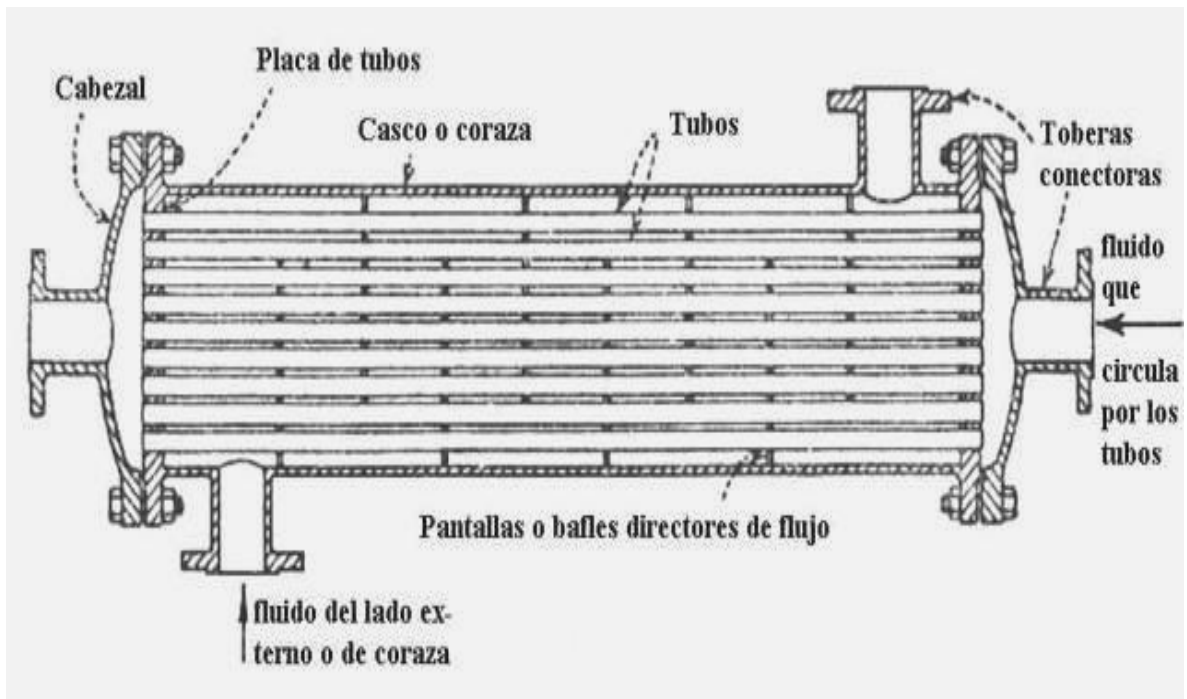
La solución consiste en ubicar los tubos en un haz, rodeados por un tubo de gran diámetro denominado coraza. De este modo los puntos débiles donde se pueden producir fugas, en las uniones del extremo de los tubos con la placa, están contenidos en la coraza. En cambio en un conjunto de horquillas estos puntos están al aire libre.

En la siguiente ilustración se puede apreciar como se distribuye cada uno de los fluidos a su paso por un intercambiador de haz de tubos y coraza:

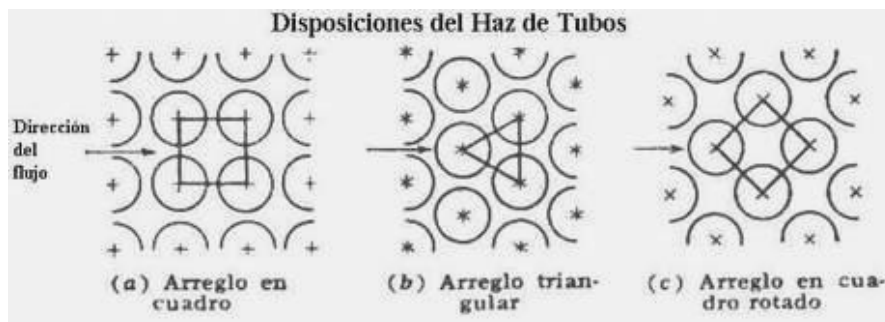




Como se puede observar en la siguiente figura, el fluido que ha de circular en el interior de los tubos ingresa por el cabezal derecho y se distribuye por los orificios de la placa en el haz de tubos. El fluido de la coraza, en cambio, circula por el exterior del haz de tubos, siguiendo una trayectoria tortuosa por el efecto de las pantallas (baffles) o tabiques deflectores. Cada uno de los fluidos puede recorrer la longitud del intercambiador una o más veces, pudiéndose diferenciar así según el paso que estos realicen. Al intercambiador de la figura siguiente se lo denomina tipo 1-1, por tener un solo paso por la coraza y por los tubos. De tener dos pasos por los tubos y uno por la coraza se llamaría tipo 2-1.

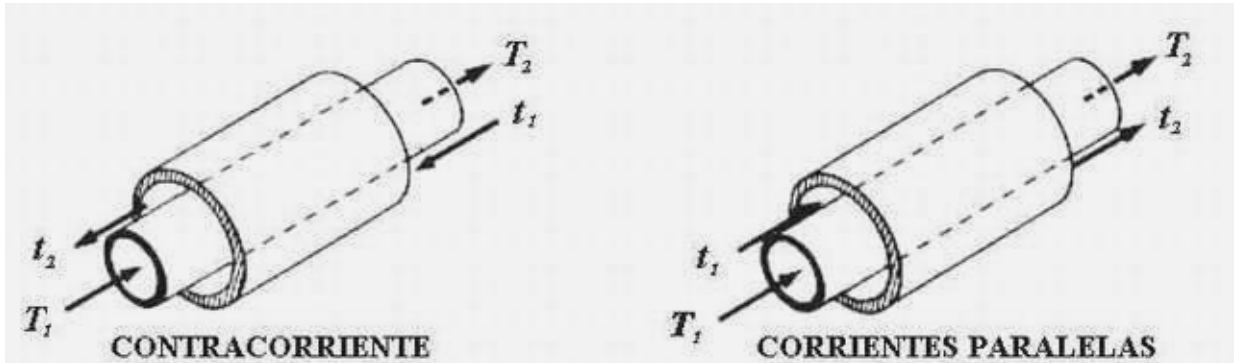


El flujo en la coraza es casi perpendicular al haz de tubos. Las disposiciones del haz de tubos interior pueden adoptar cualquiera de las siguientes alternativas:



### 3.2.2 DISPOSICIÓN DE LAS CORRIENTES DE INTERCAMBIO

Cuando los fluidos circulan en diferente sentido, se dice que lo están haciendo en flujo cruzado o bien, contracorriente. En cambio si ambas corrientes tienen el mismo sentido se trata de corrientes paralelas.

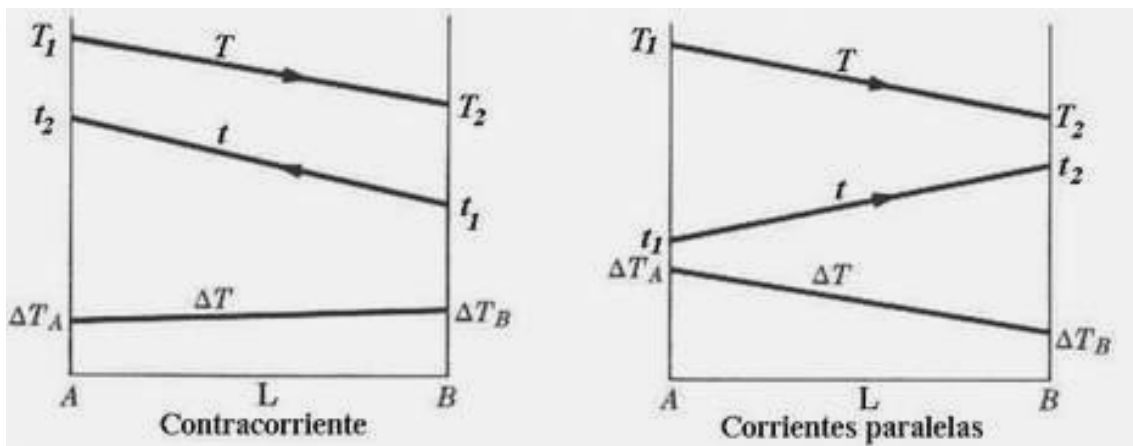


### 3.2.2 DIFERENCIA MEDIA LOGARÍTMICA DE TEMPERATURAS

A la hora de realizar los cálculos necesarios para la construcción de un intercambiador, se debe comenzar por analizar la diferencia operativa de temperatura entre los fluidos.

En las gráficas que se encuentran tras este párrafo, se representa la variación de temperatura de cada uno de los fluidos en función de la longitud. Siendo las temperaturas representadas por:  $t$  (la temperatura del fluido frío) y  $T$  (temperatura del fluido caliente).

Esta situación es la que describe el intercambio de calor sin cambio de fase de ninguna de las dos corrientes.



## **4. SOLUCIÓN ADOPTADA**

### **4.1 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN**

Conforme a lo explicado anteriormente, el propósito de la instalación es la esterilización del producto por medio de la aportación de calor y mantenimiento a la temperatura deseada el tiempo necesario, para su posterior enfriamiento a la temperatura adecuada de envasado. Para cumplir su cometido, la instalación constará de de las siguientes partes:

1. Circuito de alimentación de producto
2. Calentamiento
3. Unidad de mantenimiento
4. Enfriamiento
5. Circuito de limpieza

#### **4.1.1 CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN DE PRODUCTO**

Se dispondrá de un depósito en el cual se tendrá la reserva de producto destinado a ser tratado térmicamente. Este depósito dispondrá de:

- Una entrada de producto, que podrá ser dirigida hacia el depósito, desagüe o retorno.
- Una entrada de limpieza con bola de lluvia.
- Un retorno de producto impulsado.
- Una entrada de agua.
- Una entrada de producto de limpieza.
- Un agitador de producto.

La impulsión del producto se realizará con una bomba de lóbulos y se dispondrá de un grupo de filtrado. Se dispondrá de un visor, manómetro y caudalímetro después de los filtros.

#### **4.1.2 CALENTAMIENTO**

El circuito de calentamiento está formado por intercambiadores tubulares, siendo el calentamiento realizado por medio de agua en circuito cerrado.

Dispondremos de una sonda de temperatura a la entrada, otra a la salida y de una válvula de desvío, cuya misión será devolver al depósito el producto que no alcance la temperatura adecuada. Al producto retornado se unirá el devuelto de fabricación instalándose en la línea de retorno una válvula de control de presión, con objeto de mantener esta.

El circuito de calentamiento garantizará un nivel mínimo en un depósito de expansión, disponiendo para mantenerlo de un nivel de tipo conductivo y una entrada de agua. Para poder sacar el aire del circuito se dispone de una válvula que se activará en el momento de la entrada de agua.

El calentamiento del agua se realizará con vapor, disponiendo de los siguientes elementos:

- Circuito de entrada de vapor con válvula y controlador proporcional.
- Sistema de control de presión en la cámara de vapor proporcional.
- Circuito de purga proporcional a la temperatura del condensado.

#### **4.1.3 UNIDAD DE MANTENIMIENTO**

Consiste en un conjunto de tubos cuya misión es el mantenimiento de la temperatura el tiempo adecuado. Están formados por tubos concéntricos. Por el interior pasa el producto y el exterior crea una cámara de aislamiento gracias a la cámara de aire que se crea.

Se dispondrá de una sonda de temperatura a la salida y una sonda de presión a la salida.

#### **4.1.4 ENFRIAMIENTO**

El enfriamiento constará de intercambiadores tubulares similares a los de calentamiento. El enfriamiento se realizará por medio del suministro de agua que llega refrigerada desde la torre de refrigeración de la planta a una temperatura de 28°C.

Se dispondrá a la salida de una sonda de temperatura y una sonda de presión. Durante la esterilización se vaciará por gravedad de agua las camisas de los enfriadores para evitar tensiones, desviado su salida hacia el desagüe.

#### **4.1.5 CIRCUITO DE LIMPIEZA**

Se dispondrá de un depósito destinado a los agentes de limpieza con entrada de agua de red y de detergentes. La bomba de limpieza será de tipo centrífugo.

### **4.2 DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO**

Con el fin de que la instalación pueda cumplir con su función y a la vez se mantenga en las condiciones óptimas de funcionamiento, se podrán diferenciar los siguientes ciclos de trabajo:

1. Ciclo de limpieza.
2. Ciclo de esterilización.
3. Ciclo de preproducción.
4. Ciclo de producción.
5. Ciclo de fin de producción.



#### **4.2.1 CICLO DE LIMPIEZA (LIMPIEZA C.I.P.)**

Al tratarse de una actividad dedicada a la producción de alimentos se deberá tener especial cuidado a la hora de mantener los equipos en las mejores condiciones higiénicas posibles, por lo que es importante explicar ampliamente el proceso de limpieza que se utilizará en la instalación. Para ello se explica a continuación el sistema de limpieza in situ que se utilizará para el caso en concreto.

Como se ha comentado con anterioridad, un requisito básico para la producción higiénica de alimentos de alta calidad, es que la planta de proceso esté escrupulosamente limpia. Partes de la planta como tuberías, intercambiadores de calor, tanques, llenadoras, etc., deben ser limpiadas inmediatamente después de terminado el ciclo productivo para que en la próxima partida el sistema esté limpio y libre de gérmenes patógenos.

**C.I.P.** significa limpieza in situ (Cleaning In Place), lo que quiere decir, como su propio nombre indica, que se procede a higienizar la instalación sin desmontaje del equipo de producción, lo cual supone una ventaja respecto a los sistemas tradicionales de limpieza. A continuación se muestra una imagen de un sistema de limpieza C.I.P. para un tanque.



El propósito del sistema CIP es eliminar los depósitos de compuestos orgánicos propios del proceso como precipitados de proteínas, hidratos de carbono, grasas, minerales y otros, que son la base nutricional para el crecimiento bacteriano y la biocorrosión.

Un aspecto a tener en cuenta para la correcta limpieza es que la totalidad de la superficie interior, incluyendo todos los accesorios, se moje y que el agente de lavado fluya hacia fuera continuamente. Se debe evitar la acumulación de líquido en el fondo de los equipos, porque el líquido que permanece en el interior de la línea pierde su capacidad de esterilización, desapareciendo el efecto de lavado.

La limpieza de tuberías es también una limpieza química basada en los parámetros concentración y tipo de agentes de limpieza, temperatura y tiempo. La suciedad se disuelve químicamente y la velocidad de fluido debe ser adecuada para la descarga de las partículas desprendidas de suciedad. Los programas de lavado depende del producto, sistema y exigencias de sanitización.

El ciclo de limpieza está compuesto por varios ciclos que se podrán ejecutar individualmente o de forma automática encadenados.

La condición para iniciar un ciclo de limpieza es tener agua en el depósito de producto, si no es así es procederá al llenado de ese depósito como primer paso.

Durante el primer ciclo de lavado funciona únicamente la bomba de impulsión de producto, se mantiene el nivel de agua en el depósito de producto y se produce la salida a desagüe de toda el agua impulsada. El lavado tiene por misión el arrastre de restos de producto y se realiza en caliente. El tiempo de duración de este ciclo será modificable por el operario.

Una vez terminado el lavado inicial se para la bomba de impulsión de producto y se pone en marcha la bomba centrífuga de limpieza, siguiendo en este caso el recorrido de limpieza.

El usuario deberá seleccionar la temperatura de lavado y el tiempo que permanece activo el ciclo. Al finalizar esta parte del ciclo de lavado, se procederá a la petición de la adición de sosa al circuito, quedando la máquina en situación de lavado.

Una vez introducida la sosa en el circuito se realiza un ciclo de lavado con el tiempo estipulado.

Transcurrido el lavado con sosa se vaciará el depósito pulmón, llenándose de nuevo con agua limpia y realizando un lavado y posteriormente un desagüe.

A continuación se enumeran las fases de las que se compone el ciclo de limpieza:

- Aclarado inicial.
- Adición de sosa concentrada. Adición sobre el tanque regulador de 1000 litros.
- Aclarado intermedio.
- Adición de ácido concentrado. Adición sobre el tanque regulador de 1000 litros.
- Aclarado final.

A su vez, cada fase se compone de los siguientes pasos:

- Vaciado del tanque de lanzamiento
- Llenado del esterilizador con la solución de limpieza.
- En fases de detergente (sosa/ácido concentrado):
  - o Paso a recirculación del esterilizador
  - o Activar la gestión de adición de concentrado
  - o Mantener en recirculación durante el tiempo de fase
  - o Drenar las soluciones detergentes por el drenaje del esterilizador
  - o Proseguir con la fase siguiente
- Cambio punto de consigna de temperatura correspondiente a cada fase
- Activar pulsaciones válvulas
- Espera fin del tiempo de envío soluciones
- Espera fin de tiempo pulsaciones
- Cambio de solución de limpieza

#### **4.2.2 CICLO DE ESTERILIZACIÓN**

Consiste en la circulación de agua por el circuito a la temperatura dada de esterilización durante el tiempo necesario. En caso de descender la temperatura se comenzará de nuevo el ciclo.

#### **4.2.3 CICLO DE PREPRODUCCIÓN**

Su misión es eliminar el agua que se encuentra en el circuito, para lo cual se empuja con el producto (tomate o salsa).

La condición inicial será tener producto disponible en el depósito pulmón, seguidamente se empujará con este, sacando el agua por el desagüe. Cuando el operario observe que ya sale producto, lo confirmará al programa finalizando así el ciclo.

#### **4.2.4 CICLO DE PRODUCCIÓN**

Ciclo de producción continuo con control de nivel de depósito y temperaturas de calentamiento y enfriamiento, así como resto de seguridades. Podrá ser puesto en situación de parada.

#### **4.2.5 CICLO DE FIN DE PRODUCCIÓN**

Consiste en sacar el producto sobrante que haya podido quedar a lo largo de las distintas conducciones durante el ciclo de producción empujando con agua.

### **4.3 DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS**

#### **4.3.1 ELEMENTOS PRINCIPALES:**

##### **4.3.1.1 TANQUE REGULADOR CERRADO**

Este elemento es necesario en la instalación para almacenar el producto que llega ya preparado, procedente de la cocina de la planta industrial, o en su caso el agua o detergente en el ciclo de limpieza. Será el punto de partida de dónde se suministrarán los distintos fluidos al intercambiador de calor.

Se trata de un depósito fabricado de acero inoxidable AISI-316 L, el cual está pulido interior y exteriormente. Cuenta con una capacidad aproximada de 2.000 litros. Respecto a la geometría cabe destacar que sus fondos (superior e inferior) son cónicos. Sus dimensiones aproximadas para que tenga la capacidad de almacenaje suficiente serán las siguientes:

- Diámetro interior: 1250 mm.
- Altura cilíndrica: 1250 mm.



El tanque estará equipado con:

- Entrada anti espuma.
- Sondas de nivel alto y bajo.
- Medidor de nivel continuo.
- Bola de limpieza.
- Accesos para entrada y salida de producto y entrada de agua.
- Patas cilíndricas con pies de bola ajustable.
- Agitador vertical para mantenimiento homogéneo del producto.

#### **4.3.1.2 FILTROS**

Como el mismo nombre indica, un filtro ayuda eliminar determinadas materias de un sistema de tuberías. Los filtros también tienen un papel muy importante en el buen funcionamiento de un sistema bien diseñado.

Es necesario la instalación de un grupo de filtrado (2 filtros) para evitar las partículas sólidas que pueda contener el producto que se almacena en el depósito sean capaces de llegar a la bomba de producto. Así se evitarán averías y se asegurará el buen funcionamiento del resto de elementos en lo que a este aspecto se refiere. El filtro elegido es de tipo “Y”, denominado así por su forma. Dentro de los múltiples modelos se elige el que se corresponde con el modelo de acero inoxidable que se muestra en el catálogo. Sus características se redactan en el apartado correspondiente en el anexo a esta memoria.

En las siguientes imágenes se puede apreciar la vista exterior e interior de este tipo de filtros.





### **4.3.1.3 BOMBA DE PRODUCTO**

Su misión es alimentar al intercambiador con el caudal de producto necesario para que se efectúe la esterilización de manera correcta. Su elección se realiza teniendo en cuenta los parámetros calculados según las exigencias del proceso y los datos de partida del producto suministrados por la empresa.

La bomba de producto es una bomba lobular, para procesar producto con partículas, con todas las partes en contacto con producto fabricados en acero inoxidable AISI-316L, material procesado para su uso en la industria alimentaria.

Se instalará una bomba lobular APV (modelo DW 5) para impulsión de producto. Sus características se redactan en el apartado correspondiente en el anexo a esta memoria.



#### **4.3.1.4 BOMBA DE SUMINISTRO DE AGUA**

Su misión es suministrar el agua necesaria para completar el ciclo de limpieza de todos los elementos de la instalación.

Bomba centrífuga del tipo APV W+, de diseño totalmente sanitario, con todas las partes en contacto con el producto fabricadas en acero inoxidable AISI-316L. La bomba y el motor correspondiente están montados sobre un bastidor de acero inoxidable con pies regulables. El motor está recubierto con una carcasa protectora del motor en acero inoxidable.

Características de la Bomba centrífuga modelo APV (Modelo W+ 70/40) para limpieza de la instalación. Sus características se redactan en el apartado correspondiente en el anexo a esta memoria.



#### **4.3.1.5 INTERCAMBIADOR DE CALOR DE DOBLE TUBO**

Los equipos en los cuales se va a producir en intercambio de calor entre fluidos vana a ser intercambiadores de calor de doble tubo, los cuáles por todo lo descrito en los apartados anteriores, son los que mejor se adaptan para esta aplicación. A continuación se describirán sus características así como los criterios de mayor importancia a la hora de afrontar su diseño:

##### **4.3.1.5.1 CRITERIOS DE DISEÑO A CONSIDERAR**

###### 1.- Producto a procesar

El producto que va a ser procesado en es intercambiador de calor es salsa para alimentos, la cual se calentará y enfriara mediante el empleo de agua a distintas temperaturas, dependiendo de la fase del proceso en la que se encuentre. La presión de diseño que soporta el intercambiador tubular en el lado de producto es de 35 bar.

De cara a asegurar la calidad del producto, se optimiza el diámetro de los tubos interiores del intercambiador mediante los cálculos que se encuentran en el documento correspondiente.

###### 2.- Caudal de producto

El diseño ha sido realizado para procesar 3150 kg/h de producto

###### 3.- Perfil de temperaturas:

El gradiente de temperatura entre agua y producto es lo más suave posible (hay un gradiente de temperatura, como máximo, de 7°C entre la salida de producto esterilizado y la entrada de agua caliente), para conseguir que el ensuciamiento del intercambiador sea menor.

El intercambiador tubular completo consta de 18 módulos, que se alojarán en un bastidor, en el cual irán soportados mediante unas abrazaderas de unión construidas en el taller a medida y con los tornillos necesarios para su sujeción al propio bastidor.

##### **4.3.1.5.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

###### **Presión de diseño / prueba:**

- Lado producto: 35/50.05 bar
- Lado servicio: 10/14.3 bar

**Temperatura de diseño: 140°C**



**Materiales:**

- En contacto con producto: Aisi 316 L
- Servicio: Aisi 304L

**Acabado:**

- Producto: Tubos con soldadura acabado 2B. Soldaduras Pulidas.
- Servicio: Decapado.
- Exterior: Chorreado con perla de vidrio.

**Otros elementos:**

Se incluyen también:

- Bastidor y abrazaderas.
- Codos y conexiones entre módulos.
- Contra-conexiones.
- Compensadores de dilatación, incluidos en los enfriadores (se asume que en los calentadores no es necesario, pues durante el CIP, el agua caliente corre en el lado de producto).

**Calentador 1: H-1**

Calentamiento de 3150 kg/h de tomate frito desde 55°C hasta 115°C mediante 9.000 kg/h de agua a 122°C que se enfría hasta 101°C.

Numero de módulos: 7 de 6 metros de longitud

**Enfriador 1: C-1**

Enfriamiento de producto desde 115°C hasta 30°C mediante 26.000 kg/h de agua a 28°C que se calienta hasta 38.3°C.

Numero de módulos: 10 de 6 metros de longitud

**4.3.1.6 UNIDAD DE MANTENIMIENTO**

Tiene la misión de albergar el producto a su salida del calentador y de mantenerlo a la temperatura de 110°C durante el tiempo estipulado de 150 segundos, es en su interior, por lo tanto, donde se produce realmente la esterilización del producto.

Para ello el producto circulará a la temperatura mínima de 110°C a través del tubo interior, el cuál estará recubierto por una cámara de aire que formará el espacio anular que queda delimitado por el tubo exterior.

Está totalmente fabricado en acero inoxidable AISI-316, mediante tubos soldados y soportado sobre un bastidor fabricado con tubo estructural de acero inoxidable y

abrazaderas del mismo material. Este tubo estará formado únicamente por 1 tramo (en caso de reducción de caudal, la regulación de la esterilización del producto se realiza mediante la modificación de la temperatura de esterilización).

Características técnicas:

- Material: Acero inoxidable AISI316
- Capacidad máxima: 3.150 kg/h (para producto)
- Tiempo de retención: 150 segundos para una  $t^a$  de 115°C, según las especificaciones.

### **4.3.2 DISPOSITIVOS DE CONTROL Y MEDIDA**

#### **4.3.2.1. VÁLVULAS**

Se diferencian los siguientes grupos de válvulas:

1. Válvulas automáticas gobernadas por el autómata. De tipo on-off de dos o tres vías.
2. Válvulas de control gobernadas por los reguladores de temperatura de tipo continuo.
3. Válvulas manuales.
4. Válvulas de control de presión en la línea.

#### 1.1. Válvulas automáticas de dos vías

- V1- Válvula de salida del depósito de producto.
- V2- Salida a desagüe depósito producto.
- V3- Entrada agua depósito producto.
- V4- Entrada agua depósito esterilización.
- V5- Entrada de agua al circuito de intercambio.
- V6- Válvulas de enfriamiento.
- V7- Válvulas de desalojo circuito enfriamiento.
- V8- Enfriamiento con agua tratada.

#### 1.2. Válvulas automáticas de tres vías.

Las válvulas de tres vías dispondrán de cabezal de actuación y detección de posición. Éste cabezal dispone de los detectores de posición y elementos de actuación neumáticos, por lo cual dispondremos para ellos de señal eléctrica de activación, información de posición y alimentación de aire a presión.

- V9- Selección de depósito a enviar al circuito de tratamiento. Producción o esterilización.
- V10-Desvío en función de la temperatura de producto.

V11-Desvío de retorno de producto:

- Producción. Introducimos el producto en el depósito.
- Limpieza.

V12-Entrada de producto. Depósito o retorno o desagüe, según estado válvulas manuales.

V13-Limpieza depósito producto o producción.

V14-Selección de producción o esterilización.

- Producción.
- Esterilización.

### 1.3. Válvulas de control continuo.

V15-Calentamiento con vapor.

V17-Control de purga.

### 1.4. Válvulas manuales.

V18-Salida a desagüe de entrada de producto.

V19-Salida a desagüe de circuito de producto.

V20-Retorno de entrada de producto.

V21-Retorno de circuito de producto hacia bomba de impulsión de entrada.

V22-Entrada y salida del filtro 1.

V23-Entrada y salida del filtro 2.

V24-Salida depósito esterilización.

V25-Conexión al circuito principal del circuito de esterilización.

V26-Entrada de agua depósito de sosa. Mando independiente.

V27-Entrada de sosa depósito de sosa. Mando independiente.

V28-Salida del depósito de sosa. Mando independiente.

V29-Conexión teléfono I.

### 4. Válvulas de control de presión.

V16-Control de presión de retorno de producto.

#### **4.3.2.2 MOTORES Y BOMBAS ASOCIADAS**

Se debe tener en cuenta que la entrada de producto tiene asociada la puesta en marcha de una bomba de impulsión ya situada en la planta, así como de la apertura de las diferentes válvulas externas a la instalación a la instalación que guían el producto al depósito y su retorno al lugar de origen o al desagüe según se desee.

M1- Motor de la bomba de impulsión. Bomba de lóbulos. Equipado de variador de frecuencia. Potencia 4 Kw.

M2- Motor de la bomba de limpieza. Bomba centrífuga. Potencia 4 Kw.

M3- Motor agitador depósito producto. Potencia 1,5 C.V.

M4- Motor depósito detergentes. Potencia 1,5 C.V. Mando independiente.

M5- Motor de bombeo de agua al intercambiador. Potencia 4 Kw.

M6- Motor agitador depósito de sosa.

#### **4.3.2.3 NIVELES**

N1 - Nivel depósito de producto. Nivel con separador de presión 250 mbar.

N2 - Nivel de tipo conductivo para asegurar un nivel mínimo para la bomba de esterilización

N3 – Nivel de tipo conductivo para asegurar un nivel mínimo en el circuito de intercambio.

#### **4.3.2.4 SONDAS**

Se requieren las siguientes sondas, las cuáles se van a clasificar según sean de presión o de temperatura. Así:

Sondas de presión:

P1- Presión de salida de filtrado. Manómetro.

P2- Presión de salida de la unidad de mantenimiento. Manómetro.

P3- Presión de salida de enfriamiento. Manómetro.

P4- Presión de retorno de envasado. Manómetro.

P5- Presión en circuito de calentamiento. Sonda de presión de 16 bar.

Sondas de temperatura:

T1- Temperatura salida calentamiento. Temperatura de desvío. PT100.

T2- Temperatura de salida de la unidad de mantenimiento. PT100.

T3- Temperatura de salida del circuito de enfriamiento. PT100.

T4- Temperatura entrada calentamiento. Termómetro.

T5- Temperatura de salida de condensados. PT100.

## **4.4 MONTAJE**

### **4.4.1 MONTAJE MECÁNICO**

Una vez aceptada la oferta se hará acopio del material necesario por parte de la empresa instaladora y será entonces cuando comience el premontaje mecánico de los elementos que conforman la instalación. Esta operación se llevará a cabo en el propio taller de la empresa instaladora para, una vez montado, proceder a la instalación en la planta de producción, y ya en el lugar donde va a ser finalmente ubicada.

Tanto la mano de obra que se requiera para toda la etapa de montaje, como el material anteriormente citado, se incluirán en la oferta.

Las conexiones entre los diferentes elementos que conforman el esterilizador, se realizará según el diagrama de flujo y según la siguiente relación:

- Alimentación de producto y salida del mismo del esterilizador tubular, hasta el punto de alimentación a llenadora.
- Alimentación de agua de red al tanque regulador y al equipo de agua caliente.
- Lazo de recirculación de agua caliente y agua refrigerada.
- Alimentación de soluciones de limpieza al tanque regulador.
- Alimentación y retorno de agua de torre.
- Alimentación de vapor.

Dichas conexiones entre los tubos de las diferentes secciones se realizarán mediante bridas de conexión, según se indica en los planos. Se debe tener en cuenta que en las uniones que se encuentran en la zona de enfriamiento existe un mayor riesgo de que el producto pueda contaminarse que en la zona de calentamiento precisamente por encontrarse ya a bajas temperaturas. Por ello, en la zona de enfriamiento se emplearán bridas diferentes en las cuales se albergará una pequeña cámara por la que circulará vapor de suministro para asegurar que el producto se mantenga estéril.

En el montaje de las bridas se incluirán juntas tóricas de 3 mm de espesor y del mismo diámetro de la tubería que corresponda a la brida en cuestión.

Se incluye igualmente la mano de obra cualificada para realizar la supervisión del montaje definitivo en fábrica.

### **4.4.1 MONTAJE ELÉCTRICO**

Se incluyen la mano de obra y los materiales necesarios para llevar a cabo el cableado eléctrico y neumático de los elementos incluidos en la instalación, desde el panel de control/fuerza a los elementos de la instalación.

## **4.5 AUTOMATIZACION**

El proceso se supervisa y controla desde un panel de instrumentos central que incorpora un sistema de control Omron. El sistema de control consta de módulos de

entradas/salidas para salidas analógicas y digitales, pantalla táctil y suministro de potencia. El sistema de control procesa todos los lazos de control, indicadores, niveles y temporizadores. Los cambios de consignas y parámetros PID así como las operaciones manuales de los motores y válvulas pueden llevarse a cabo desde la pantalla del operador.



El sistema de control consta de:

- Un armario de acero inoxidable para montaje en pared cerca de la instalación y alojamiento de la plataforma de control.
- CPU 640 E/S, de Omron.
- Pantalla TFT color, de 12,1” integrada en el panel de control
- Software con las secuencias de arranque, operación, limpieza, control de producción y parada de la planta.

Los operadores controlarán el proceso a través de la pantalla de operación, situada en el frontal del armario de control (fabricado en acero inoxidable).

Desde este armario se realizará el cableado local a los elementos automáticos de la zona. El armario se entrega totalmente cableado internamente hasta bornes de conexión.

En lo que respecta a la automatización del esterilizador, un técnico de la empresa

instaladora se desplazará hasta la planta de producción una vez que la instalación de equipos se haya terminado para proceder al control automático. Así pues, deberán realizar las siguientes operaciones con el fin de que la instalación se pueda adaptar automáticamente a unas u otras condiciones, dependiendo de la función que se le de en cada momento.

- 1º: Análisis funcional, realizado a partir de los diagramas de flujos y los planos de situación en planta que han sido previamente controlados y aprobados por ambas partes.
- 2º: Elaboración del programa de proceso a partir del análisis funcional.
- 3º: Simulación de las secuencias de producción / limpieza. La simulación se llevará a cabo con el fin de que se conozca el funcionamiento por parte de la empresa contratante, por lo que deberá estar presente un representante de ella durante dicha simulación.

#### **4.5.1 PROGRAMACIÓN Y VISUALIZACIÓN**

Se incluyen los trabajos de programación necesarios para realizar las distintas secuencias de producción y limpieza asociadas a la planta de esterilización. El manejo de la instalación se llevará a cabo utilizando un sistema de monitorización con pantalla, colocada en el panel de control.



#### **4.6 PUESTA EN MARCHA**

Se incluye la mano de obra cualificada para realizar la puesta en marcha de la instalación en sus secuencias de producción y limpieza. Se harán las pruebas necesarias para comprobar que la instalación y todos sus elementos cumplen con las exigencias y desarrollan todas las etapas cumpliendo con la actividad dentro de los márgenes acordados.

Al finalizar la puesta en marcha se realizará una recepción por parte de la empresa contratante para aceptar la entrega de la instalación.

## **5. RESUMEN DEL PRESUPUESTO**

A continuación se muestra desglosado un resumen del presupuesto final del proyecto descrito en las páginas anteriores:

### **RESUMEN PRESUPUESTO**

<b>Codigo Concepto</b>	<b>Total Capítulo</b>
Capítulo	
1 : MATERIAL	167.514,00 €
Capítulo	
2: MONTAJE E INSTALACIÓN	21.860,00 €
Capítulo INGENIERÍA Y	
3 : SUPERVISIÓN	8.805,00 €
<b>SUMA DE CAPITULOS</b>	<b>TOTAL: 198.179,00 €</b>

**Asciende el presupuesto de ejecución material a la cantidad de Ciento noventa y ocho mil ciento setenta y nueve euros.**

• <b>GASTOS GENERALES</b>	<b>9908,95 €</b>
• <b>BENEFICIO INDUSTRIAL</b>	<b>19817,90 €</b>
<b>TOTAL:</b>	<b>227905,85 €</b>
• <b>I.V.A. (18%)</b>	<b>41023,05 €</b>
<b>TOTAL PPTO. EJECUCIÓN POR CONTRATA</b>	<b>268928,90 €</b>

**El total del presupuesto asciende a la cantidad de Doscientos sesenta y ocho mil novecientos veintiocho euros con noventa céntimos.**

En Pamplona a 8 de Abril de 2011,

Firmado: Sergio Varea Pérez



## **6. ANEJO**

En las páginas siguientes se añaden los documentos que completan la información de aquellos elementos que en la memoria se han citado de manera más o menos extensa, dependiendo su importancia en el proyecto. El anejo contiene documentación relacionada con los siguientes temas:

- Catálogos de elementos
  
- Dibujos explicativos
  
- Hojas de características de los dispositivos
  
- Tablas de datos

En Pamplona a 8 de Abril de 2011,

Firmado: Sergio Varea Pérez

En Pamplona a 8 de Abril de 2011,

Firmado: Sergio Varea Pérez



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR PARA LA  
INDUSTRIA ALIMENTARIA

## CÁLCULOS

Alumno: Sergio Varea Pérez

Tutor: Eduardo Pérez de Eulate Arzoz

Pamplona, 8 de Abril de 2011

**Índice**

página:

<b><u>1. CÁLCULO GEOMÉTRICO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR</u></b>	<b>2</b>
1.1 CALENTAMIENTO	2
1.2 ENFRIAMIENTO	5
<b><u>2. PÉRDIDA DE CARGA EN LAS DISTINTAS SECCIONES</u></b>	
2.1 FUNDAMENTO TEÓRICO	8
2.2 PÉRDIDA DE CARGA EN EL CALENTAMIENTO	10
2.3 PÉRDIDA DE CARGA EN EL ENFRIAMIENTO	16
<b><u>3. RESULTADOS</u></b>	<b>22</b>

## 1. CÁLCULO GEOMÉTRICO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR

### 1.1 CALENTAMIENTO

Se deben calentar 3150 kg/h de producto desde la temperatura a la que sale del tanque de almacenamiento (55°C), hasta una temperatura de 115°C con el fin de eliminar todas las bacterias que puedan seguir existiendo en el producto.

Para ello se cuenta con 9000 kg/h de agua caliente a 122°C que se obtiene de un circuito cerrado que consta de otro intercambiador vapor-agua.

Se sabe que la longitud máxima de los tubos ha de ser de 6m. por el espacio existente en la sala.

Siendo el coeficiente global de transferencia de calor de 600 Kcal/h·m<sup>2</sup>·K.

Datos de partida:  $\dot{m}_{\text{producto}} = 3150 \text{ kg/h}$   $\dot{m}_{\text{agua}} = 9000 \text{ kg/h}$   
 $T_{p1} = 55^\circ\text{C}$   $T_{A1} = 122^\circ\text{C}$   
 $T_{p2} = 115^\circ\text{C}$

$C_{p(55^\circ\text{C})} = 4.18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} = 1 \text{ Kcal/Kg }^\circ\text{C}$   
 $C_{p(115^\circ\text{C})} = 4.21 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} = 1.007 \text{ Kcal/Kg }^\circ\text{C}$

$L = 6 \text{ m}$

Se calcula la superficie de intercambio de calor necesaria de la siguiente manera:

Cálculo del calor, q

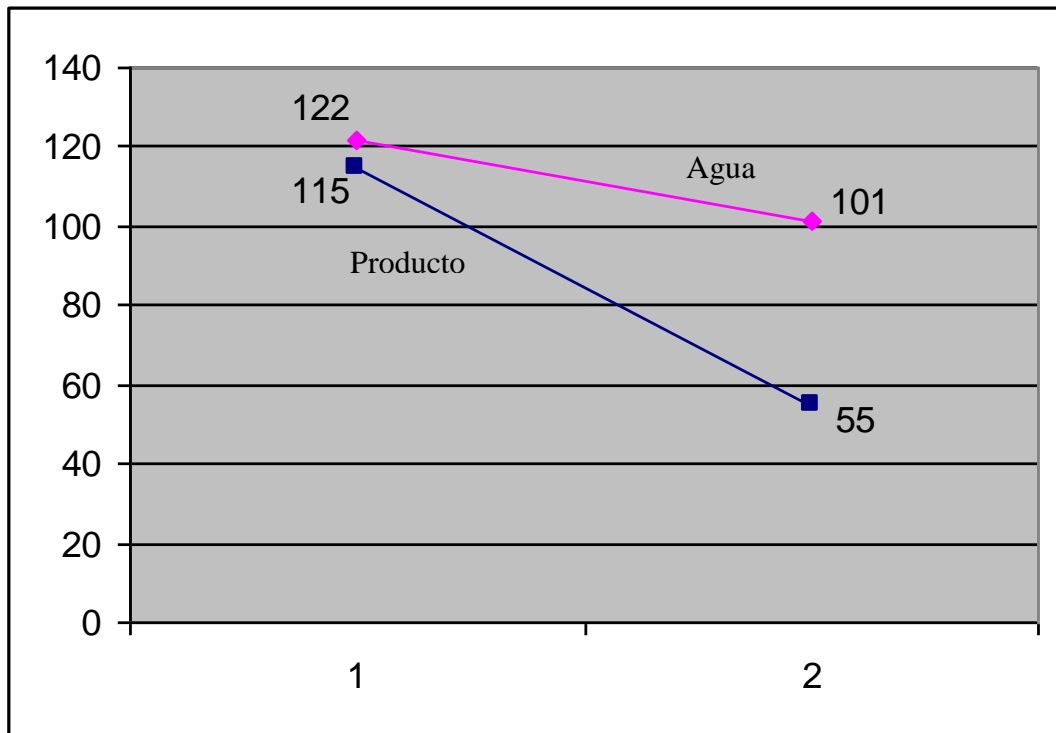
$$q = m_p \cdot c_p \cdot (T_{p2} - T_{p1}) = 3150 \cdot 1.00646 \cdot (115 - 55) = 190220.94 \text{ Kcal/h}$$

$$q = m_A \cdot c_A \cdot (T_{A1} - T_{A2}) = 9000 \cdot 1.007 \cdot (122 - T_{A2}) = 190220.94 \text{ Kcal/h}$$

$$\frac{190220.94}{m_A \cdot c_A} = 122 - T_{A2} \quad \rightarrow \quad T_{A2} = 122 - \frac{190220.94}{2.5 \cdot 4.2} = 101.02 \text{ }^\circ\text{C}$$

La disposición de las corrientes del intercambiador será a contracorriente ya que, como se indica en el correspondiente fundamento teórico de la memoria del presente proyecto, es más eficaz que en el caso de flujo paralelo. Así pues:

GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS



a) Contracorriente

$$LMTSD = \frac{(\Delta T_2 - \Delta T_1)}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}} = \frac{(46 - 7)}{\ln \frac{46}{7}} = 20,7146 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$A = \frac{q}{U \cdot \Delta T_m} = \frac{190220.94}{600 \cdot 20,7146} = 15,3046 \text{ m}^2$$

ALTERNATIVA 1: DISTRIBUCIÓN MULTITUBULAR

$$L_T = \frac{A}{\pi \cdot D_{EXT}} = \frac{15,3046}{\pi \cdot 0,025} = 193,8023 \text{ m} \quad N_{TRAMOS} = \frac{L_T}{L_{TRAMO}} = \frac{193,8023}{6} = 32,3 \text{ tramos}$$

de 6 m.

$$A_{PASO} = \frac{Caudal}{v \cdot \rho} = \frac{0,875}{0,7 \cdot 1018,26} = 0,0012276 \text{ m}^2$$

$$A_{TUBO} = \frac{\pi \cdot (0,025)^2}{4} = 0,00049 \text{ m}^2$$

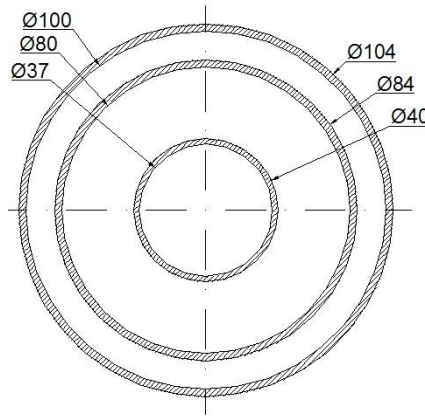
$$N_{TUBOS} = \frac{A_{PASO}}{A_{TUBO}} = \frac{0,0012276}{0,00049} = 2,5 \text{ tubos.} \rightarrow \text{DESCARTADA POR NO SER}$$

EFFECTIVA PARA ESE FLUJO

### ALTERNATIVA 2: INTERCAMBIADOR DE DOBLE TUBO

Descartando el intercambiador de calor de tipo multitubular, se calcula a continuación una solución mediante intercambiadores de doble tubo, los cuáles se presuponen más apropiados para esta aplicación por el área de transferencia de calor necesaria en este intercambio.

Por otro lado según las especificaciones los diámetros interiores de las secciones de intercambio son respectivamente, 40 y 80 mm, tal como se puede apreciar en la figura siguiente.



Por lo reflejado anteriormente el área lateral de intercambio que se tiene por cada tramo de 6 metros se calcula de la siguiente manera:

$$A_{L1} = \pi \cdot D_1 \cdot L = \pi \cdot 0,04 \cdot 6 = 0,754 \text{ m}^2$$

$$\rightarrow A_L = A_{L1} + A_{L2} = 0,754 + 1,508 = 2,262 \text{ m}^2$$

$$A_{L2} = \pi \cdot D_2 \cdot L = \pi \cdot 0,08 \cdot 6 = 1,508 \text{ m}^2$$

Dividiendo ahora la superficie total de intercambio necesaria entre el área total de intercambio que permite cada tramo del conducto de doble tubo, se halla el número de tramos de la longitud prefijada que se requieren para lograr el intercambio de calor necesario.

Entonces,

$$n^{\circ} \text{ tramos necesario} = n = \frac{A_{total}}{A_{tramo}} = \frac{15,3046}{2,262} = 6,766 \text{ tramos de 6 metros de longitud.}$$

Por lo que se deberán instalar 7 tramos para asegurar el intercambio.

## 1.2 ENFRIAMIENTO

Se desean enfriar 3150 kg/h de producto desde la temperatura a la que sale del calentador 1 (115°C), hasta una temperatura de 30°C.

Para ello se cuenta con 26000 kg/h de agua fría a 28°C que procede de la torre de refrigeración de las instalaciones.

Se sabe que la longitud máxima de los tubos ha de ser de 6m. por el espacio existente en la sala.

Siendo el coeficiente global de transferencia de calor de 600 Kcal/h·m<sup>2</sup>·K.

Datos de partida:  $\dot{m}_{\text{producto}} = 3150 \text{ kg/h}$   $\dot{m}_{\text{agua}} = 26000 \text{ kg/h}$   
 $T_{p2} = 115^\circ\text{C}$   $T_{A} = 28^\circ\text{C}$   
 $T_{p1} = 30^\circ\text{C}$

$$C_{p(30^\circ\text{C})} = 4.18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} = 1 \text{ Kcal/Kg }^\circ\text{C}$$
$$C_{p(115^\circ\text{C})} = 4.21 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} = 1.007 \text{ Kcal/Kg }^\circ\text{C}$$

$$L = 6 \text{ m}$$

Se calcula el diámetro del tubo de la siguiente manera.

Cálculo del calor, q

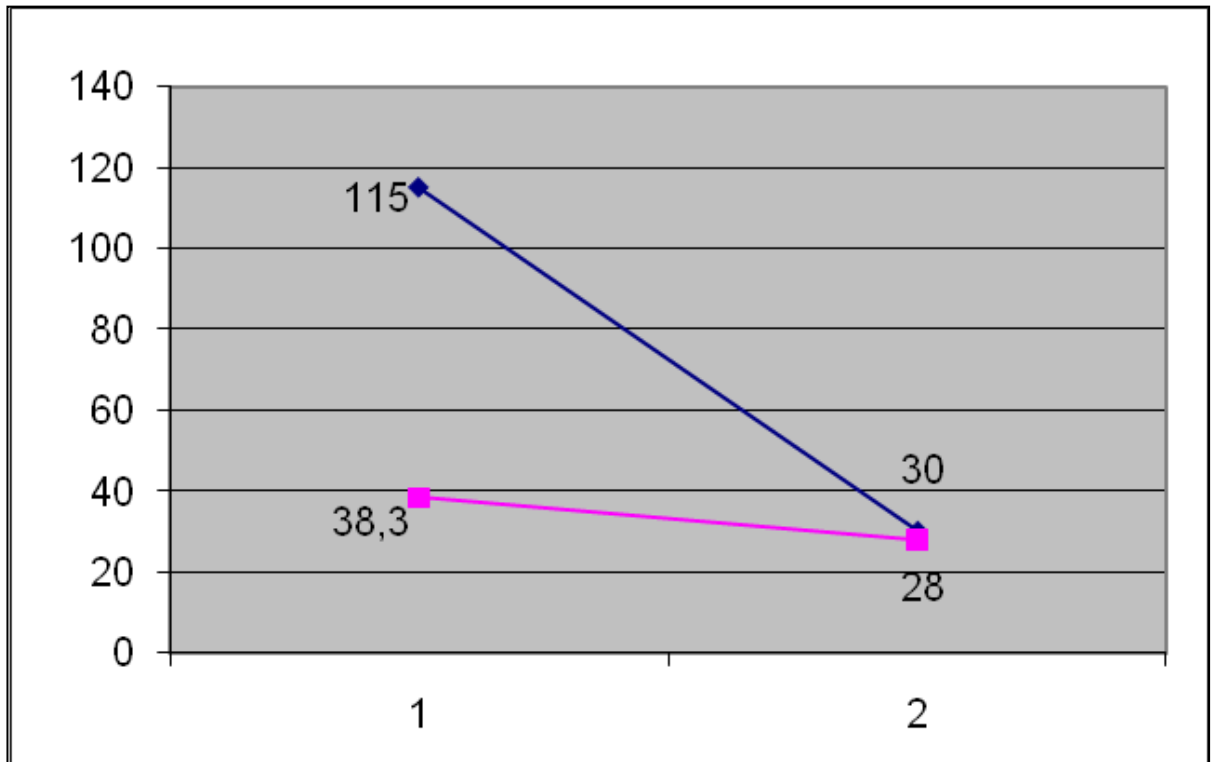
$$q = m_p \cdot c_p \cdot (T_{p2} - T_{p1}) = 3150 \cdot 1.004 \cdot (115 - 30) = 268821 \text{ Kcal/h}$$

$$q = m_A \cdot c_A \cdot (T_{A1} - T_{A2}) = 26000 \cdot 1 \cdot (T_{A1} - 28) = 268821 \text{ Kcal/h}$$

$$\frac{268821}{m_A \cdot c_A} = T_{A1} - 28 \quad \rightarrow \quad T_{A2} = 28 + \frac{268821}{26000 \cdot 1} = 38.3 \text{ }^\circ\text{C}$$



GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS

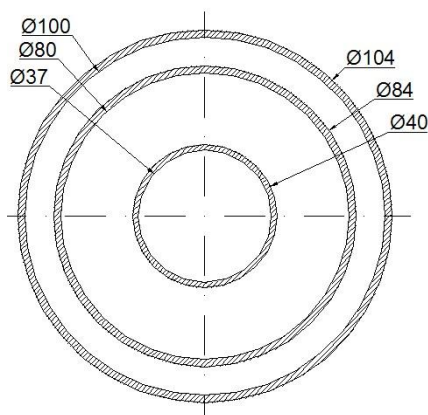


b) Contracorriente

$$LMTSD = \frac{(\Delta T_2 - \Delta T_1)}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}} = \frac{(2 - 76.7)}{\ln \frac{2}{76.7}} = 20.484 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$A = \frac{q}{U \cdot \Delta T_m} = \frac{268821}{600 \cdot 20.484} = 21.8724 \text{ m}^2$$

Por otro lado según las especificaciones los diámetros interiores de las secciones de intercambio son respectivamente, 40 y 80 mm, tal como se puede apreciar en la figura siguiente.



Por lo reflejado anteriormente el área lateral de intercambio que se tiene por cada tramo de 6 metros se calcula de la siguiente manera:

$$A_{L1} = \pi \cdot D_1 \cdot L = \pi \cdot 0,04 \cdot 6 = 0,754 \text{ m}^2$$
$$A_{L2} = \pi \cdot D_2 \cdot L = \pi \cdot 0,08 \cdot 6 = 1,508 \text{ m}^2$$
$$\rightarrow A_L = A_{L1} + A_{L2} = 0,754 + 1,508 = 2,262 \text{ m}^2$$

Dividiendo ahora la superficie total de intercambio necesaria entre el área total de intercambio que permite cada tramo del conducto de doble tubo, se halla el número de tramos de la longitud prefijada que se requieren para lograr el intercambio de calor necesario.

Entonces,

$$n^{\circ} \text{ tramos necesario} = n = \frac{A_{total}}{A_{tramo}} = \frac{21.8724}{2,262} = 9.67 \text{ tramos de 6 metros de longitud.}$$

Por lo que se deberán instalar 10 tramos para asegurar el intercambio.

## 2. PÉRDIDA DE CARGA EN LAS DISTINTAS SECCIONES

### 2.1 FUNDAMENTO TEÓRICO

Cada vez que se debe diseñar o verificar un equipo, es importante poder predecir cual será la caída de presión que sufre cada uno de los fluidos al atravesar el intercambiador. La misma se puede calcular utilizando las expresiones comunes para flujo de fluidos, empleando un factor de fricción que se obtiene en función del número de Reynolds.

### CÁLCULOS PARA EL FLUIDO DEL TUBO INTERNO

La expresión normalmente utilizada para calcular la pérdida de carga en una cañería es:

$$Hr = f \cdot \frac{L}{D_i} \frac{v^2}{2g}$$

El factor de fricción para utilizar en la ecuación anterior es el de Fanning. Las gráficas de factor de fricción en función del número de Reynolds pueden obtenerse de la bibliografía correspondiente o pueden usarse expresiones analíticas. En este caso se empleará la fórmula de Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left( \frac{k/D}{3,7} + \frac{2,51}{\text{Re} \cdot \sqrt{f}} \right)$$

La velocidad óptima que deben poseer los dos fluidos mientras circulan por la red de tuberías del dispositivo está comprendida, según las exigencias del proceso, entre los siguientes valores:

$$0,7 \leq v \leq 0,9$$

Así pues, en los cálculos en los que se necesite usar el valor de la velocidad de los fluidos, está se tomará como  $v = 0,8$  ya que es el valor medio del rango en el que se debe encontrar dicha magnitud en todo momento.

Una vez se sabe el valor de la velocidad, es necesario conocer en que régimen va a actuar cada uno de los fluidos y para ello se completa la ecuación que da como resultado el número de Reynolds:

$$\text{Re} = \frac{v \cdot D}{\nu} \quad \nu = \frac{\mu}{\rho}$$

donde:  $\rho$ : densidad del fluido

$v$ : velocidad característica del fluido

$D$ : diámetro de la tubería a través de la cual circula el fluido

$\mu$ : viscosidad dinámica del fluido

$\nu$ : viscosidad cinemática del fluido

### CÁLCULOS PARA EL FLUIDO DEL ÁNULO

En este caso son válidas las mismas expresiones pero también debe utilizarse un diámetro equivalente para sustituir al diámetro interno. Entonces,

$$D'_{eq} = \frac{4 \cdot S}{p} = 4 \times \frac{\pi(D_s^2 - D_o^2)/4}{\pi(D_o)}$$

Donde:  $D'_{eq}$ = Diámetro equivalente

S=sección anular

P=perímetro mojado

## 2.2 PÉRDIDA DE CARGA EN EL CALENTAMIENTO

Cálculo de la pérdida de carga que se produce en la conducción por la que discurre el agua caliente a lo largo del calentador H-1.

Datos de partida:	$L = 6 \times 7 = 42 \text{ m}$	$\nu_{(122^\circ\text{C})} = 0.2461 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
	$D = 0.037 \text{ m}$	$\nu_{(101^\circ\text{C})} = 0.2945 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
	$v = 0.8 \text{ m/s}$	$\rho_{(122^\circ\text{C})} = 942 \text{ Kg/m}^3$
	$g = 9.81 \text{ m/s}^2$	$\rho_{(101^\circ\text{C})} = 958 \text{ dKg/m}^3$

Dado que el único dato que falta es el del factor de fricción, se procede a calcularlo. Para ello el primer paso es hallar el número de Reynolds.

Entonces:

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} = \frac{0.8 \cdot 0.037}{0.2703 \cdot 10^{-6}} = 109507.954$$

Como la rugosidad de la tubería se considera nula por ser los tubos lisos, se sustituye ahora el número de Reynolds y se supone un valor del coeficiente de fricción  $f$  para iterar en la ecuación de Colebrook hasta hallar el valor exacto del coeficiente.

Se empieza iterando con un valor de  $f=0.02$ . Entonces:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{k/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}}\right) \rightarrow \frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2.51}{109507.954 \cdot \sqrt{0.02}}\right) \rightarrow f=0.0174$$

Introduciendo ahora el valor que ha resultado para corregirlo:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2.51}{109507.954 \cdot \sqrt{0.0174}}\right) \rightarrow f=0.01768$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2.51}{109507.954 \cdot \sqrt{0.01768}}\right) \rightarrow f=0.01765$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2,51}{109507,954 \cdot \sqrt{0,01765}}\right) \rightarrow f=0,01765 \rightarrow \text{se adopta como valor de } f.$$

La pérdida de carga será:

$$Hr = f \cdot \frac{L}{D_i} \frac{v^2}{2g} = 0,01765 \cdot \frac{42}{0,037} \frac{0,8^2}{2 \cdot 9,81} = 0,65354 \text{ m}$$

Y la caída de presión:

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot Hr = 950 \cdot 9,81 \cdot 0,65354 = 6090,666 \text{ Pa} = 0,0609 \text{ bares.}$$

Se puede concluir que, aunque se debe tener en cuenta, la pérdida de carga es mínima.

Cálculo de la pérdida de carga que se produce en la conducción por la que discurre el producto a lo largo del espacio anular del calentador H-1, comprendido entre los tubos interiores de diámetros 40 y 80 mm. respectivamente.

Datos de partida:	$L = 6 \times 7 = 42 \text{ m}$	$\nu_{(55^\circ\text{C})} = 0.5116 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
	$D_i = 0.04 \text{ m}$	$\nu_{(115^\circ\text{C})} = 0.2582 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
	$D_e = 0.08 \text{ m}$	
	$v = 0.8 \text{ m/s}$	$\rho_{(55^\circ\text{C})} = 985.7 \text{ Kg/m}^3$
	$g = 9.81 \text{ m/s}^2$	$\rho_{(115^\circ\text{C})} = 946.625 \text{ Kg/m}^3$

En este caso, el primer dato que se debe calcular es el diámetro equivalente, ya que se trata de una sección de paso anular en vez de circular. Para ello se sustituyen los valores apropiados en la ecuación mostrada en el fundamento teórico y resulta:

$$D'_{eq} = \frac{4 \cdot S}{p} = 4 \times \frac{\pi(D_s^2 - D_0^2)/4}{\pi(D_s + D_0)} = 4 \times \frac{\pi(0.08^2 - 0.04^2)/4}{\pi(0.08 + 0.04)} = 0.04 \text{ m}$$

Dado que el único dato que falta es el del factor de fricción, se procede a calcularlo. Para ello el primer paso es hallar el número de Reynolds.

Entonces:

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} = \frac{0.8 \cdot 0.04}{0.3849 \cdot 10^{-6}} = 83138.47$$

Como la rugosidad de la tubería se considera nula por ser los tubos lisos, se sustituye ahora el número de Reynolds y se supone un valor del coeficiente de fricción  $f$  para iterar en la ecuación de Colebrook hasta hallar el valor exacto del coeficiente.

Se empieza iterando con un valor de  $f=0.02$ . Entonces:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{k/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}}\right) \rightarrow \frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2.51}{83138.47 \cdot \sqrt{0.02}}\right) \rightarrow f=0.01855$$

Introduciendo ahora el valor que ha resultado para corregirlo:



$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2,51}{83138.47 \cdot \sqrt{0.01855}}\right) \rightarrow f=0.01872$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2,51}{83138.47 \cdot \sqrt{0.01872}}\right) \rightarrow f=0.0187 \rightarrow \text{se adopta como valor de } f.$$

La pérdida de carga será:

$$Hr = f \cdot \frac{L}{D_i} \frac{v^2}{2g} = 0.0187 \cdot \frac{42}{0.04} \frac{0.8^2}{2 \cdot 9.81} = 0.6405 \text{ m}$$

Y la caída de presión:

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot Hr = 966.1625 \cdot 9.81 \cdot 0.6405 = 6070.69 \text{ Pa} = 0.0607 \text{ bares.}$$

Se puede concluir que, aunque se debe tener en cuenta, la pérdida de carga es mínima.

Cálculo de la pérdida de carga que se produce en la conducción por la que discurre el agua a lo largo del espacio anular del calentador H-1, comprendido entre los tubos interiores de diámetros 84 y 100 mm. respectivamente.

Datos de partida:  $L = 6 \times 7 = 42 \text{ m}$   $v_{(122^\circ\text{C})} = 0.2461 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$   
 $Di = 0.084 \text{ m}$   $v_{(101^\circ\text{C})} = 0.2945 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$   
 $De = 0.1 \text{ m}$   
 $v = 0.8 \text{ m/s}$   $\rho_{(122^\circ\text{C})} = 942 \text{ Kg/m}^3$   
 $g = 9.81 \text{ m/s}^2$   $\rho_{(101^\circ\text{C})} = 958 \text{ dKg/m}^3$

En este caso, el primer dato que se debe calcular es el diámetro equivalente, ya que se trata de una sección de paso anular en vez de circular. Para ello se sustituyen los valores apropiados en la ecuación mostrada en el fundamento teórico y resulta:

$$D'_{eq} = \frac{4 \cdot S}{p} = 4 \times \frac{\pi(D_s^2 - D_0^2)/4}{\pi(D_s + D_0)} = 4 \times \frac{\pi(0.1^2 - 0.084^2)/4}{\pi(0.1 + 0.084)} = 0.016 \text{ m}$$

Dado que el único dato que falta es el del factor de fricción, se procede a calcularlo. Para ello el primer paso es hallar el número de Reynolds.

Entonces:

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} = \frac{0.8 \cdot 0.016}{0.2703 \cdot 10^{-6}} = 47354.79$$

Como la rugosidad de la tubería se considera nula por ser los tubos lisos, se sustituye ahora el número de Reynolds y se supone un valor del coeficiente de fricción  $f$  para iterar en la ecuación de Colebrook hasta hallar el valor exacto del coeficiente.

Se empieza iterando con un valor de  $f=0.02$ . Entonces:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{k/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}}\right) \rightarrow \frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2.51}{47354.79 \cdot \sqrt{0.02}}\right) \rightarrow f=0.0213$$

Introduciendo ahora el valor que ha resultado para corregirlo:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2,51}{47354.79 \cdot \sqrt{0.0213}}\right) \rightarrow f=0.0211$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2,51}{47354.79 \cdot \sqrt{0.0211}}\right) \rightarrow f=0.0211 \rightarrow \text{se adopta como valor de } f.$$

La pérdida de carga será:

$$Hr = f \cdot \frac{L}{D_i} \frac{v^2}{2g} = 0.0211 \cdot \frac{42}{0.016} \frac{0.8^2}{2 \cdot 9.81} = 1.8067 \text{ m}$$

Y la caída de presión:

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot Hr = 950 \cdot 9.81 \cdot 1.8067 = 16837 \text{ Pa} = 0.1684 \text{ bares.}$$

Se puede concluir que, aunque se debe tener en cuenta, la pérdida de carga es mínima. En este caso el valor aumenta por haber aumentado el coeficiente de fricción y haberse reducido el diámetro de la sección por la que el fluido circula.

### 2.3 PÉRDIDA DE CARGA EN EL ENFRIAMIENTO

Cálculo de la pérdida de carga que se produce en la conducción por la que discurre el agua a lo largo del tubo interior del enfriador.

Datos de partida:	$L = 6 \times 10 = 42 \text{ m}$	$\nu_{(28^\circ\text{C})} = 0.8384 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
	$D = 0.037 \text{ m}$	$\nu_{(38^\circ\text{C})} = 0.6844 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
	$v = 0.8 \text{ m/s}$	$\rho_{(28^\circ\text{C})} = 996 \text{ Kg/m}^3$
	$g = 9.81 \text{ m/s}^2$	$\rho_{(38^\circ\text{C})} = 993 \text{ Kg/m}^3$

Dado que el único dato que falta es el del factor de fricción, se procede a calcularlo. Para ello el primer paso es hallar el número de Reynolds.

Entonces:

$$\text{Re} = \frac{v \cdot D}{\nu} = \frac{0.8 \cdot 0.037}{0.7614 \cdot 10^{-6}} = 38875$$

Como la rugosidad de la tubería se considera nula por ser los tubos lisos, se sustituye ahora el número de Reynolds y se supone un valor del coeficiente de fricción  $f$  para iterar en la ecuación de Colebrook hasta hallar el valor exacto del coeficiente.

Se empieza iterando con un valor de  $f=0.02$ . Entonces:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{k/D}{3.7} + \frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{f}}\right) \rightarrow \frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2.51}{38875.75 \cdot \sqrt{0.02}}\right) \rightarrow f=0.0224$$

Introduciendo ahora el valor que ha resultado para corregirlo:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2.51}{38875.75 \cdot \sqrt{0.0224}}\right) \rightarrow f=0.0220$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2.51}{38875.75 \cdot \sqrt{0.0220}}\right) \rightarrow f=0.0221$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2,51}{38875.75 \cdot \sqrt{0.0221}}\right) \rightarrow f=0.0221 \rightarrow \text{se adopta como valor de } f.$$

La pérdida de carga será:

$$Hr = f \cdot \frac{L}{D_i} \frac{v^2}{2g} = 0.0221 \cdot \frac{60}{0.037} \frac{0.8^2}{2 \cdot 9.81} = 0.1169 \text{ m}$$

Y la caída de presión:

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot Hr = 994.5 \cdot 9.81 \cdot 0.1169 = 1140.48 \text{ Pa} = 0.0114 \text{ bares.}$$

Se puede concluir que, aunque se debe tener en cuenta, la pérdida de carga es mínima.

Cálculo de la pérdida de carga que se produce en la conducción por la que discurre el producto a lo largo del espacio anular del enfriador, comprendido entre los tubos interiores de diámetros 40 y 80 mm. respectivamente.

Datos de partida:	$L = 6 \times 10 = 60 \text{ m}$	$\nu_{(30^\circ\text{C})} = 0.8012 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
	$D_i = 0.04 \text{ m}$	$\nu_{(115^\circ\text{C})} = 0.2582 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
	$D_e = 0.08 \text{ m}$	
	$v = 0.8 \text{ m/s}$	$\rho_{(30^\circ\text{C})} = 995.7 \text{ Kg/m}^3$
	$g = 9.81 \text{ m/s}^2$	$\rho_{(115^\circ\text{C})} = 946.625 \text{ Kg/m}^3$

En este caso, el primer dato que se debe calcular es el diámetro equivalente, ya que se trata de una sección de paso anular en vez de circular. Para ello se sustituyen los valores apropiados en la ecuación mostrada en el fundamento teórico y resulta:

$$D'_{eq} = \frac{4 \cdot S}{p} = 4 \times \frac{\pi(D_s^2 - D_0^2)/4}{\pi(D_s + D_0)} = 4 \times \frac{\pi(0.08^2 - 0.04^2)/4}{\pi(0.08 + 0.04)} = 0.04 \text{ m}$$

Dado que el único dato que falta es el del factor de fricción, se procede a calcularlo. Para ello el primer paso es hallar el número de Reynolds.

Entonces:

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} = \frac{0.8 \cdot 0.04}{0.5297 \cdot 10^{-6}} = 60411.55$$

Como la rugosidad de la tubería se considera nula por ser los tubos lisos, se sustituye ahora el número de Reynolds y se supone un valor del coeficiente de fricción  $f$  para iterar en la ecuación de Colebrook hasta hallar el valor exacto del coeficiente.

Se empieza iterando con un valor de  $f=0.02$ . Entonces:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{k/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}}\right) \rightarrow \frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2.51}{60411.55 \cdot \sqrt{0.02}}\right) \rightarrow f=0.0200$$

Introduciendo ahora el valor que ha resultado para corregirlo:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2,51}{60411.55 \cdot \sqrt{0.02}}\right) \rightarrow f=0.02 \rightarrow \text{se adopta como valor de } f.$$

La pérdida de carga será:

$$Hr = f \cdot \frac{L}{D_i} \frac{v^2}{2g} = 0.02 \cdot \frac{60}{0.04} \frac{0.8^2}{2 \cdot 9.81} = 0.9786 \text{ m}$$

Y la caída de presión:

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot Hr = 971.16 \cdot 9.81 \cdot 0.9786 = 9323.224 \text{ Pa} = 0.09323 \text{ bares.}$$

Se puede concluir que, aunque se debe tener en cuenta, la pérdida de carga es mínima.



Cálculo de la pérdida de carga que se produce en la conducción por la que discurre el agua a lo largo del espacio anular del calentador H-1, comprendido entre los tubos interiores de diámetros 84 y 100 mm. respectivamente.

Datos de partida:	$L = 6 \times 7 = 42 \text{ m}$	$\nu_{(28^\circ\text{C})} = 0.8384 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
	$D_i = 0.084 \text{ m}$	$\nu_{(38^\circ\text{C})} = 0.6844 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
	$D_e = 0.100 \text{ m}$	
	$v = 0.8 \text{ m/s}$	$\rho_{(28^\circ\text{C})} = 996 \text{ Kg/m}^3$
	$g = 9.81 \text{ m/s}^2$	$\rho_{(38^\circ\text{C})} = 993 \text{ Kg/m}^3$

En este caso, el primer dato que se debe calcular es el diámetro equivalente, ya que se trata de una sección de paso anular en vez de circular. Para ello se sustituyen los valores apropiados en la ecuación mostrada en el fundamento teórico y resulta:

$$D'_{eq} = \frac{4 \cdot S}{p} = 4 \times \frac{\pi(D_s^2 - D_0^2)/4}{\pi(D_s + D_0)} = 4 \times \frac{\pi(0.1^2 - 0.084^2)/4}{\pi(0.1 + 0.084)} = 0.016 \text{ m}$$

Dado que el único dato que falta es el del factor de fricción, se procede a calcularlo. Para ello el primer paso es hallar el número de Reynolds.

Entonces:

$$\text{Re} = \frac{v \cdot D}{\nu} = \frac{0.8 \cdot 0.016}{0.7614 \cdot 10^{-6}} = 16811.13$$

Como la rugosidad de la tubería se considera nula por ser los tubos lisos, se sustituye ahora el número de Reynolds y se supone un valor del coeficiente de fricción  $f$  para iterar en la ecuación de Colebrook hasta hallar el valor exacto del coeficiente.

Se empieza iterando con un valor de  $f=0.02$ . Entonces:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{k/D}{3.7} + \frac{2.51}{\text{Re} \cdot \sqrt{f}}\right) \rightarrow \frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2.51}{16811.13 \cdot \sqrt{0.02}}\right) \rightarrow f=0.0282$$

Introduciendo ahora el valor que ha resultado para corregirlo:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2,51}{16811.13 \cdot \sqrt{0.0282}}\right) \rightarrow f=0.0268$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2,51}{16811.13 \cdot \sqrt{0.0268}}\right) \rightarrow f=0.027$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2,51}{16811.13 \cdot \sqrt{0.027}}\right) \rightarrow f=0.027 \rightarrow \text{se adopta como valor de } f.$$

La pérdida de carga será:

$$Hr = f \cdot \frac{L}{D_i} \frac{v^2}{2g} = 0.027 \cdot \frac{60}{0.016} \frac{0.8^2}{2 \cdot 9.81} = 3.302 \text{ m}$$

Y la caída de presión:

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot Hr = 994.5 \cdot 9.81 \cdot 3.302 = 32221.8 \text{ Pa} = 0.3222 \text{ bares.}$$

Se puede concluir que, aunque se debe tener en cuenta, la pérdida de carga es mínima. En este caso el valor aumenta por haber aumentado el coeficiente de fricción y haberse reducido el diámetro de la sección por la que el fluido circula.

### 3. RESULTADOS

A continuación se muestran, a modo de resumen, los resultados obtenidos mediante los cálculos detallados en las páginas anteriores.

Calculos geométricos del intercambiador de calor:

Etapa	Tramos necesarios	Longitud (m.)
Calentamiento	7	6
Mantenimiento	1	6
Enfriamiento	10	6

Cálculos de pérdida de carga:

Etapa		Pérdida de carga (m.)	Caída de presión (bar.)
Calentamiento	Agua int:	0.6535	0.0609
	Producto:	0.6405	0.0607
	Agua ext:	1.8067	0.1684
Enfriamiento	Agua int:	0.1169	0.0114
	Producto:	0.9786	0.0932
	Agua ext:	3.3020	0.3222

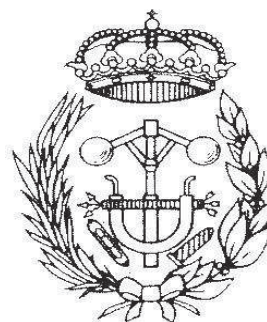
Con estos resultados se puede proceder a la realización de los planos correspondientes y las elecciones de los equipos que cumplan las condiciones dadas para estos cálculos.

En Pamplona a 8 de Abril de 2011,

Firmado: Sergio Varea Pérez

Sergio Varea Pérez

22



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR PARA LA  
INDUSTRIA ALIMENTARIA

## PLANOS

Alumno: Sergio Varea Pérez

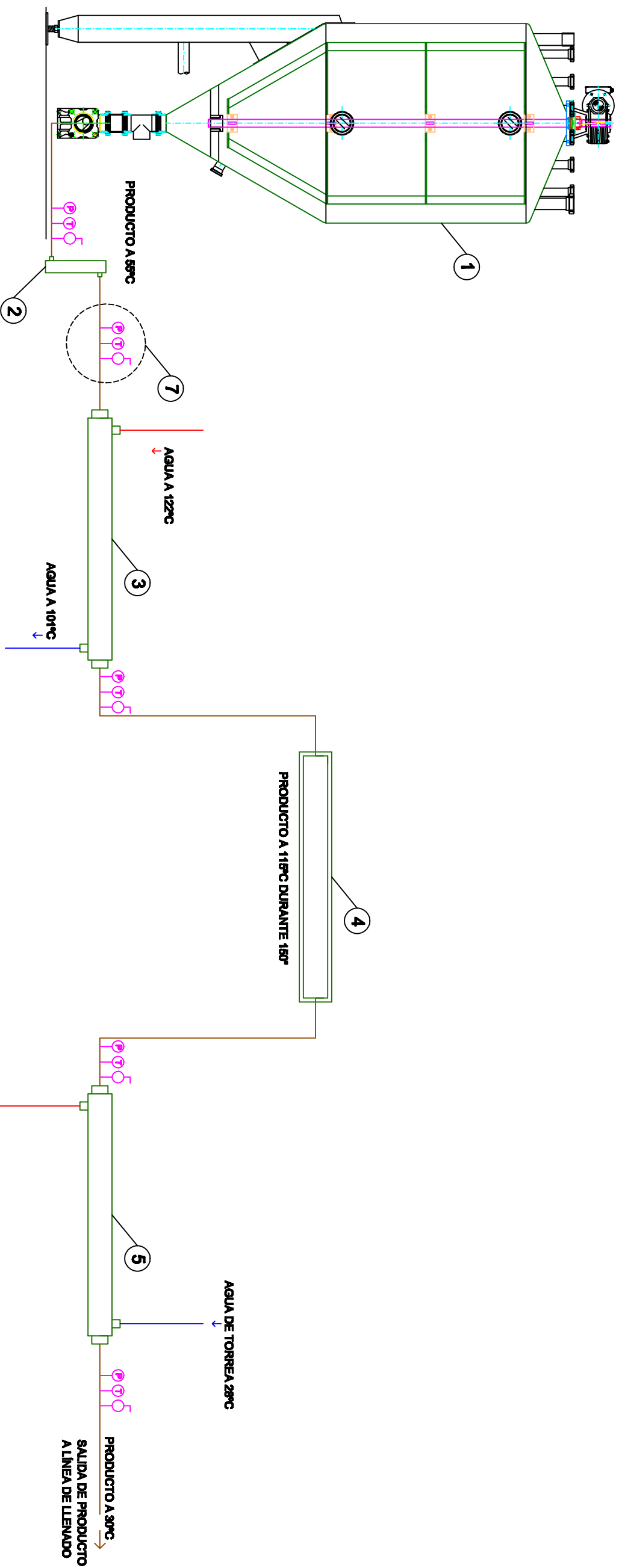
Tutor: Eduardo Pérez de Eulate Arzo

Pamplona, 8 de Abril de 2011



**Índice de planos**

Nº de plano:

1. Diagrama general de flujo	1
2. Tanque almacenamiento producto	2
3. Horquilla formada por dos tramos	3
4. Secciones de flujo en el intercambiador	4
5. Bridas	
5.1 Brida de calentamiento tubo de diámetro 100 mm.	5
5.2 Brida de calentamiento tubo de diámetro 80 mm.	6
5.3 Brida de calentamiento tubo de diámetro 37 mm.	7
5.4 Brida de calentamiento tubo de diámetro 100 mm.	8
5.5 Brida de calentamiento tubo de diámetro 80 mm.	9
5.6 Brida de calentamiento tubo de diámetro 37 mm.	10
6. Modelo 3D	11

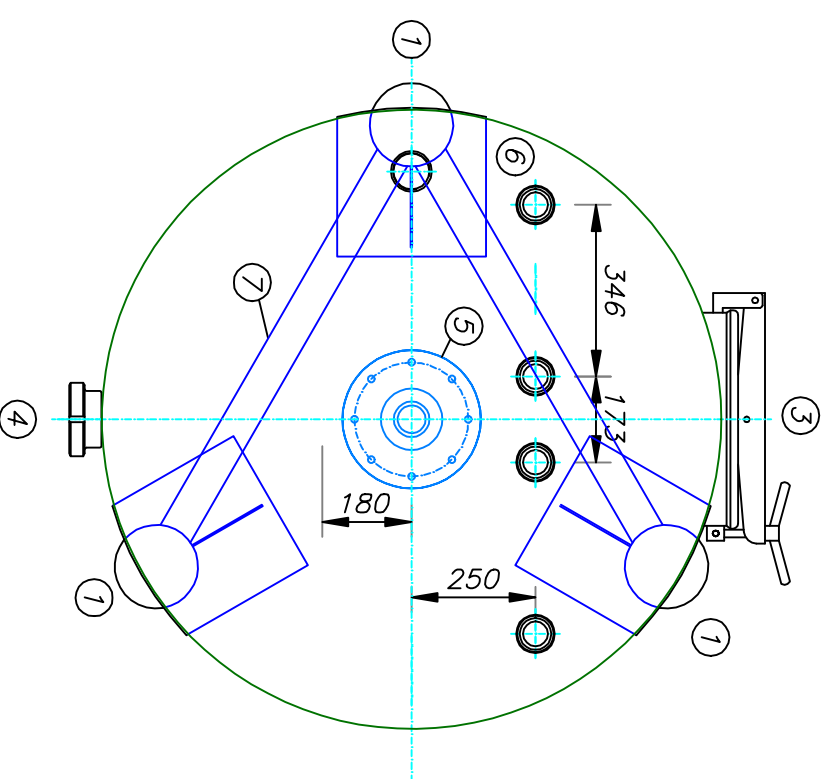
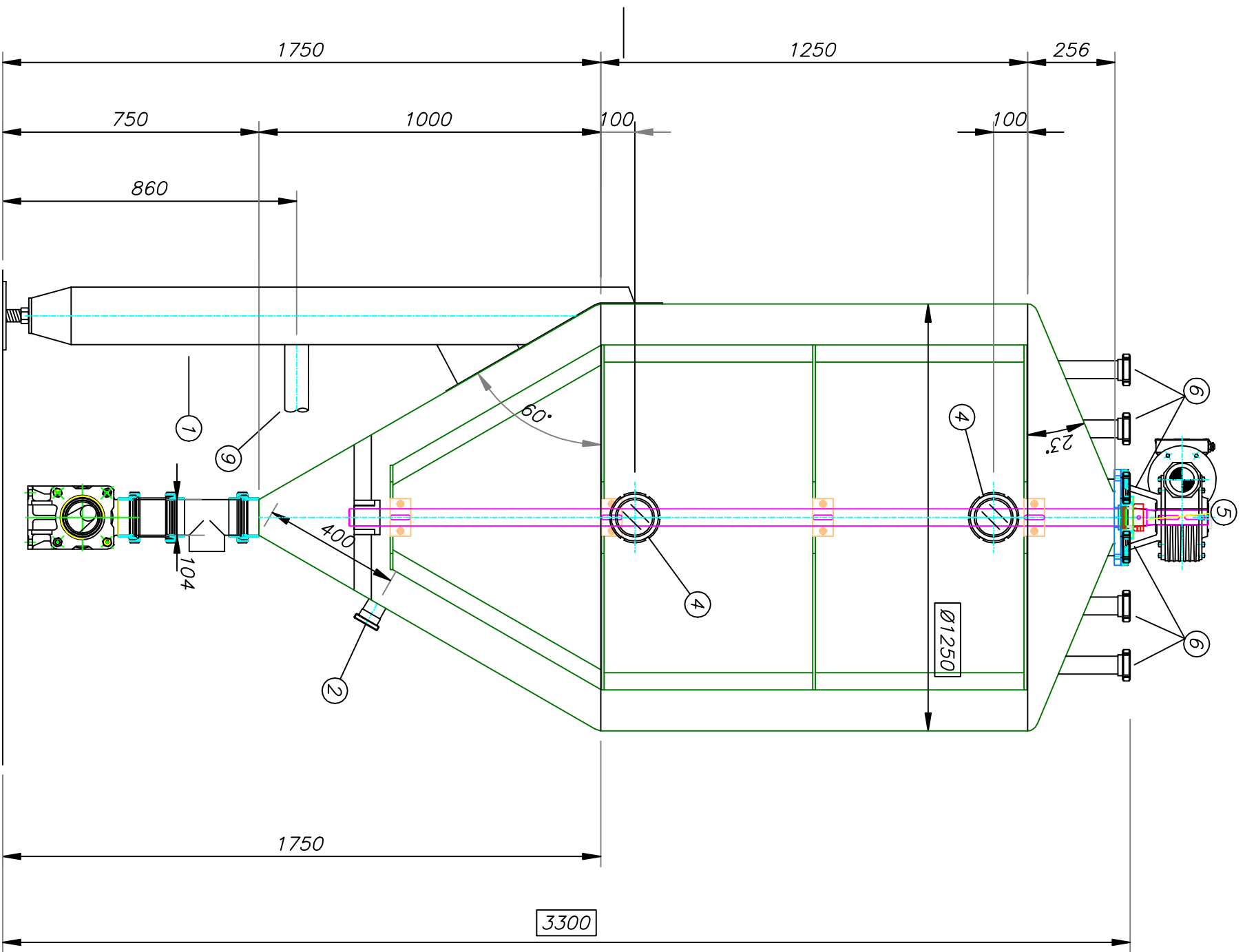


Nº	ELEMENTO
1	DEPÓSITO
2	GRUPO DE FILTRADO
3	CALENTADOR 1
4	UNIDAD DE MANTENIMIENTO
5	ENFRIADOR 1
6	CONTROL. (SONDA T° + SONDA P + VALVULA)


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE ING.          MECANICA, ENERGETICA          Y DE MATERIALES</b>
	REALIZADO: <b>VAREA PÉREZ, SERGIO</b>	FIRMA: 

PROYECTO:  
**DISEÑO DE UN INTERCAMBIADOR DE  
 CALOR PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA**

PLANO: <b>DIAGRAMA GENERAL DE FLUJO</b>	FECHA: 08/04/11	ESCALA: NO	Nº PLANO: 01
--	--------------------	---------------	-----------------



Nº	ELEMENTO
1	PATA DE SUSTENTACIÓN
2	SALIDA Ø60
3	BOCA DE ACCESO 410 x 530
4	MIRILLAS PLANAS Ø100
5	MOTOR PARA AGITADOR
6	ENTRADA Ø60
7	RIOSTRA PATAΣ Ø65


**Universidad Pública de Navarra**  
 Nafarroako Unibertsitate Publikoa  
**E.T.S.I.I.T.**  
 INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.

**PROYECTO:**  
**DISEÑO DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA**

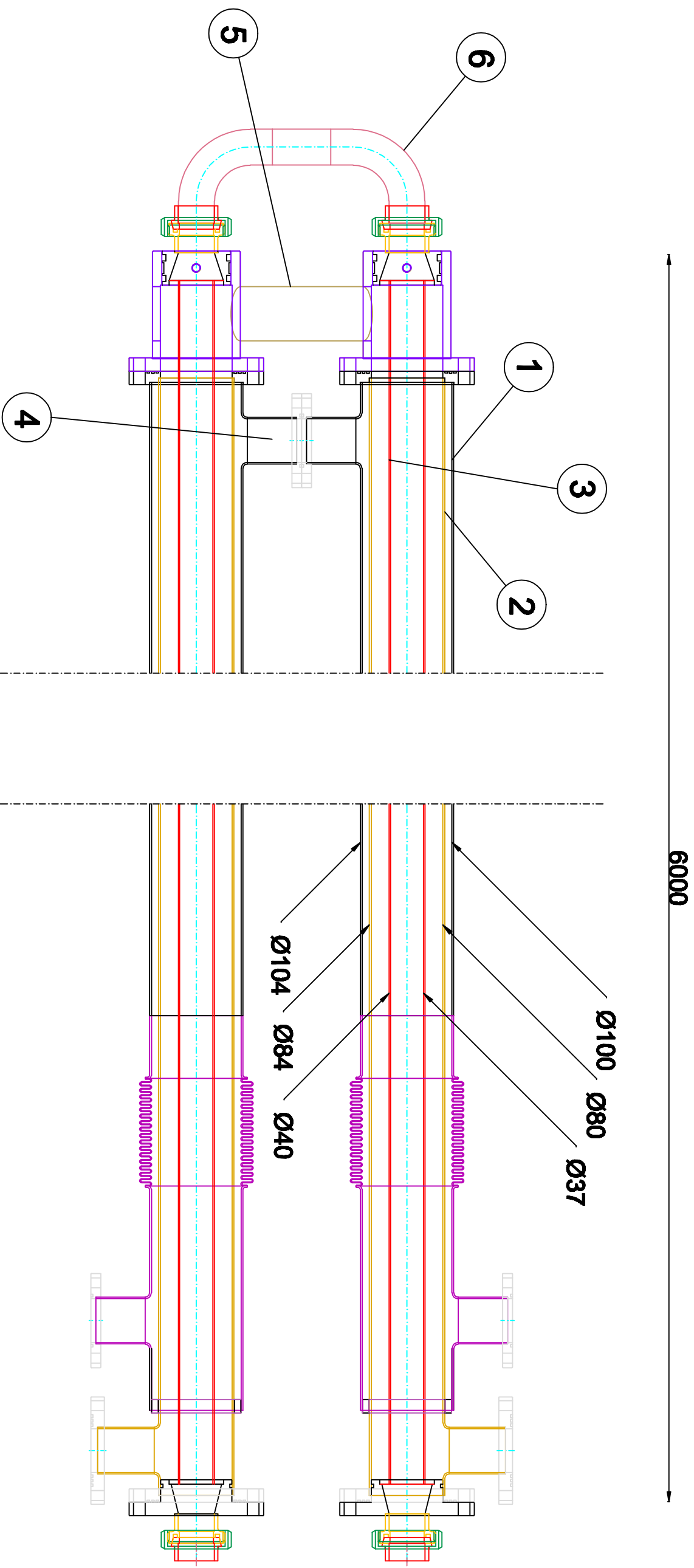
**DEPARTAMENTO:**  
 DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES

**REALIZADO:**  
**VAREA PÉREZ, SERGIO**



**PLANO:**  
 TANQUE ALMACENAMIENTO PRODUCTO

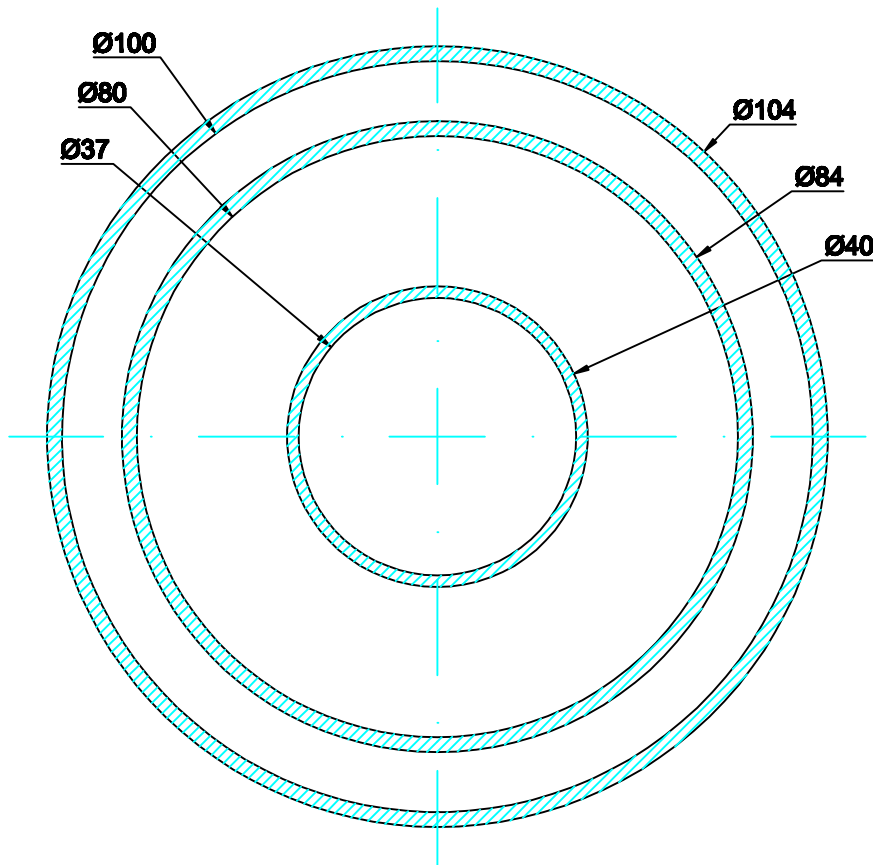
**FECHA:** 08/04/11    **ESCALA:** 1:15    **Nº PLANO:** 02



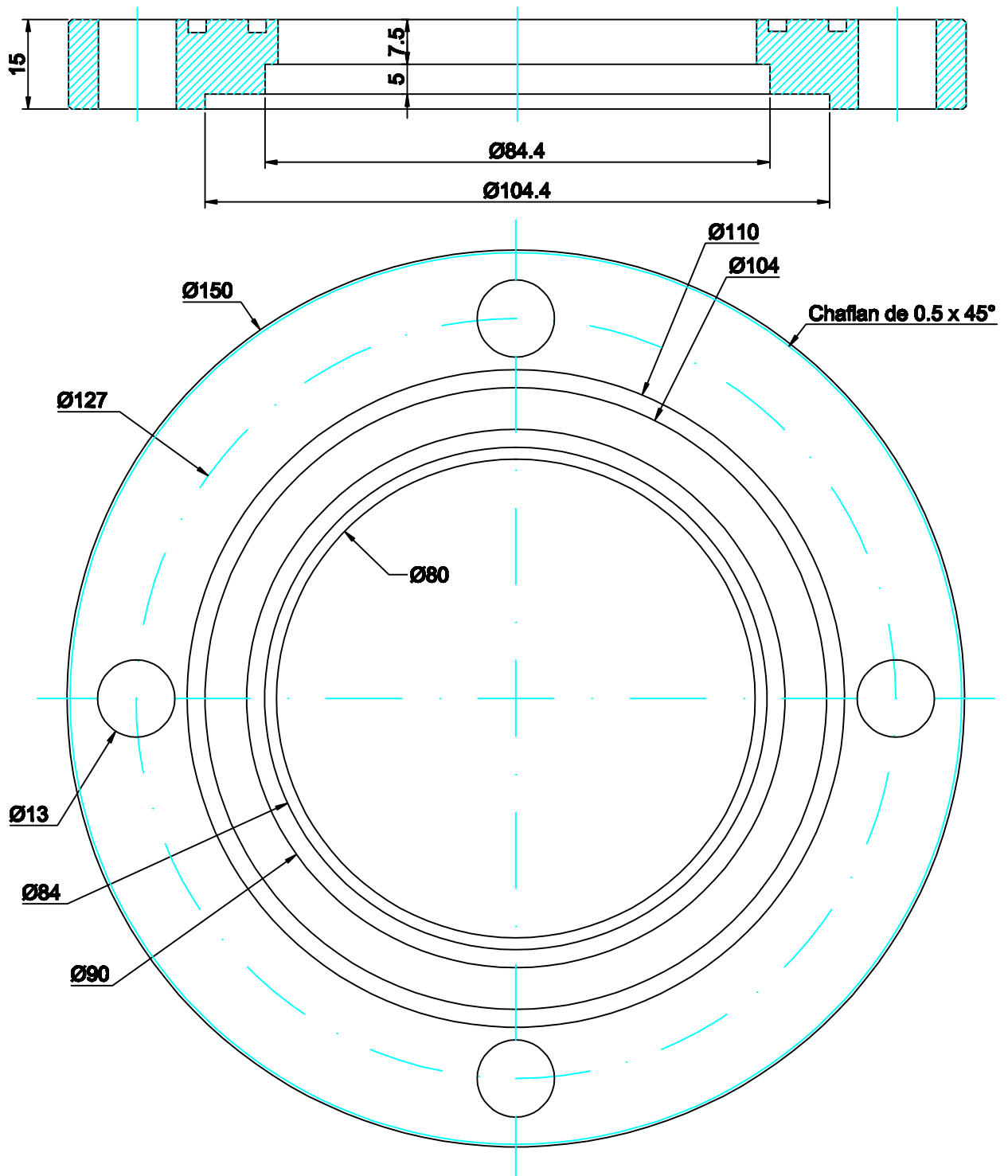


Nº	DESCRIPCIÓN
1	TUBO EXTERIOR Ø100
2	TUBO INTERMEDIO Ø80
3	TUBO INTERIOR Ø37
4	TRANSPORTE AGUA EXT.
5	TRANSPORTE PRODUCTO
6	TRANSPORTE AGUA INT.

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE ING.          MECANICA, ENERGETICA          Y DE MATERIALES</b>
	PROYECTO: <b>DISEÑO DE UN INTERCAMBIADOR DE          CALOR PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA</b>	
PLANO: <b>HORQUILLA FORMADA POR DOS TRAMOS</b>	FIRMA: 	FECHA: 08/04/11
	ESCALA: 1:10	Nº PLANO: 06



 <p> <b>Universidad Pública de Navarra</b>  <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i> </p>	<b>E.T.S.I.I.T.</b> <b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</b>		<b>DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES</b>			
	<b>PROYECTO:</b> <b>DISEÑO DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA</b>			<b>REALIZADO:</b> <b>VAREA PÉREZ, SERGIO</b>		
<b>PLANO:</b> <b>SECCIONES DE FLUJO EN EL INTERCAMBIADOR</b>			<b>FIRMA:</b> 	<b>FECHA:</b> <b>07/04/11</b>	<b>ESCALA:</b> <b>1:1</b>	<b>Nº PLANO:</b> <b>04</b>



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL M.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE ING.  
MECANICA, ENERGETICA  
Y DE MATERIALES**

PROYECTO:

**DISEÑO DE UN INTERCAMBIADOR DE  
CALOR PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA**

REALIZADO:

**VAREA PÉREZ, SERGIO**

FIRMA:

PLANO:

**BRIDA CALENTAMIENTO PARA TUBO DE Ø 100**

FECHA:

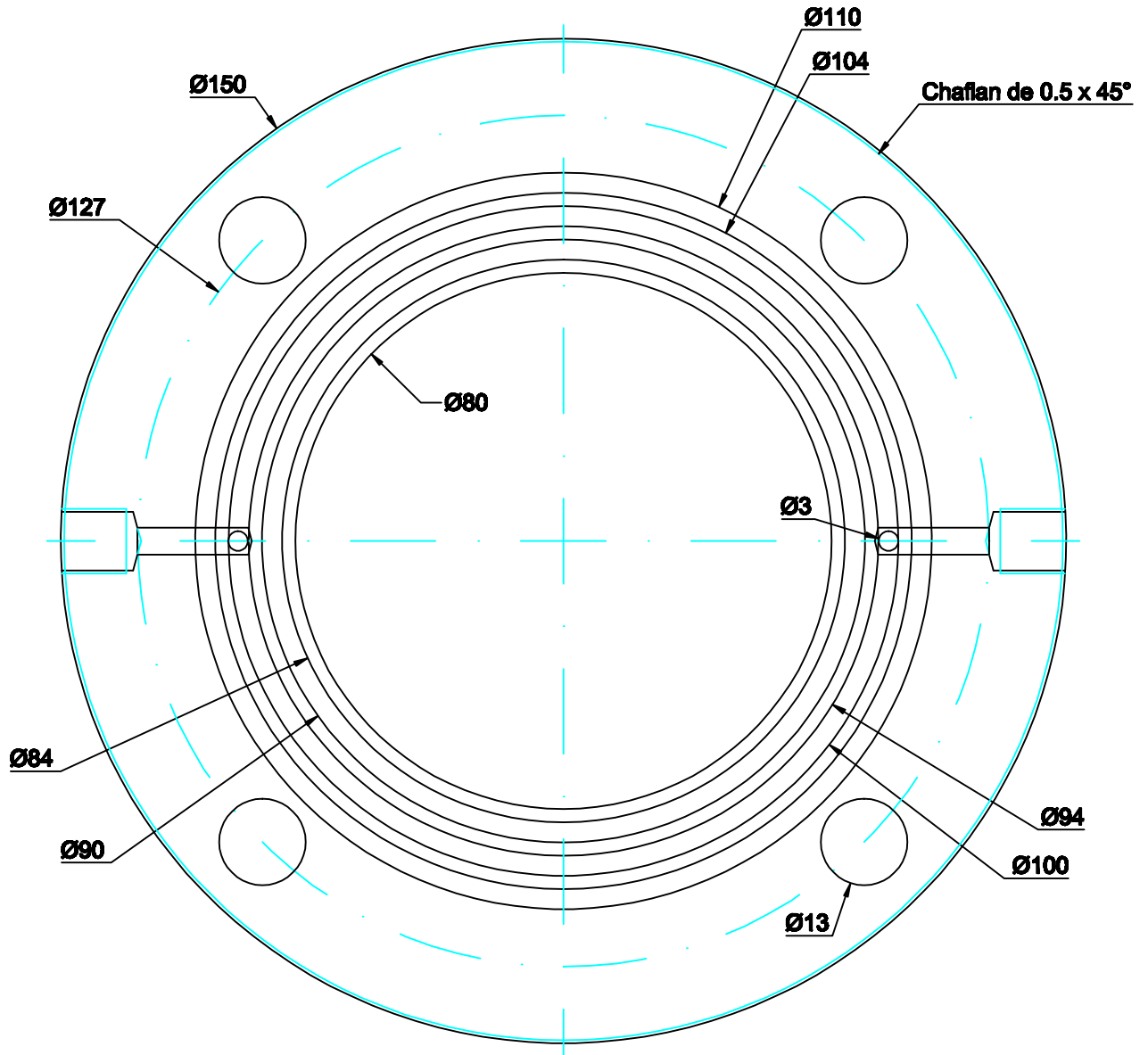
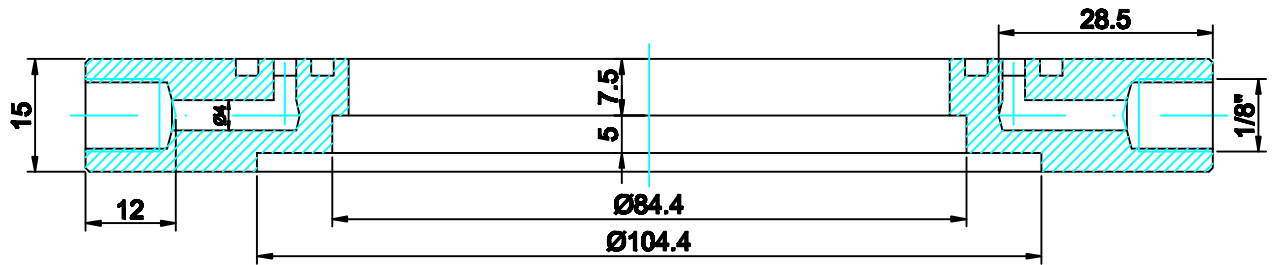
07/04/11

ESCALA:

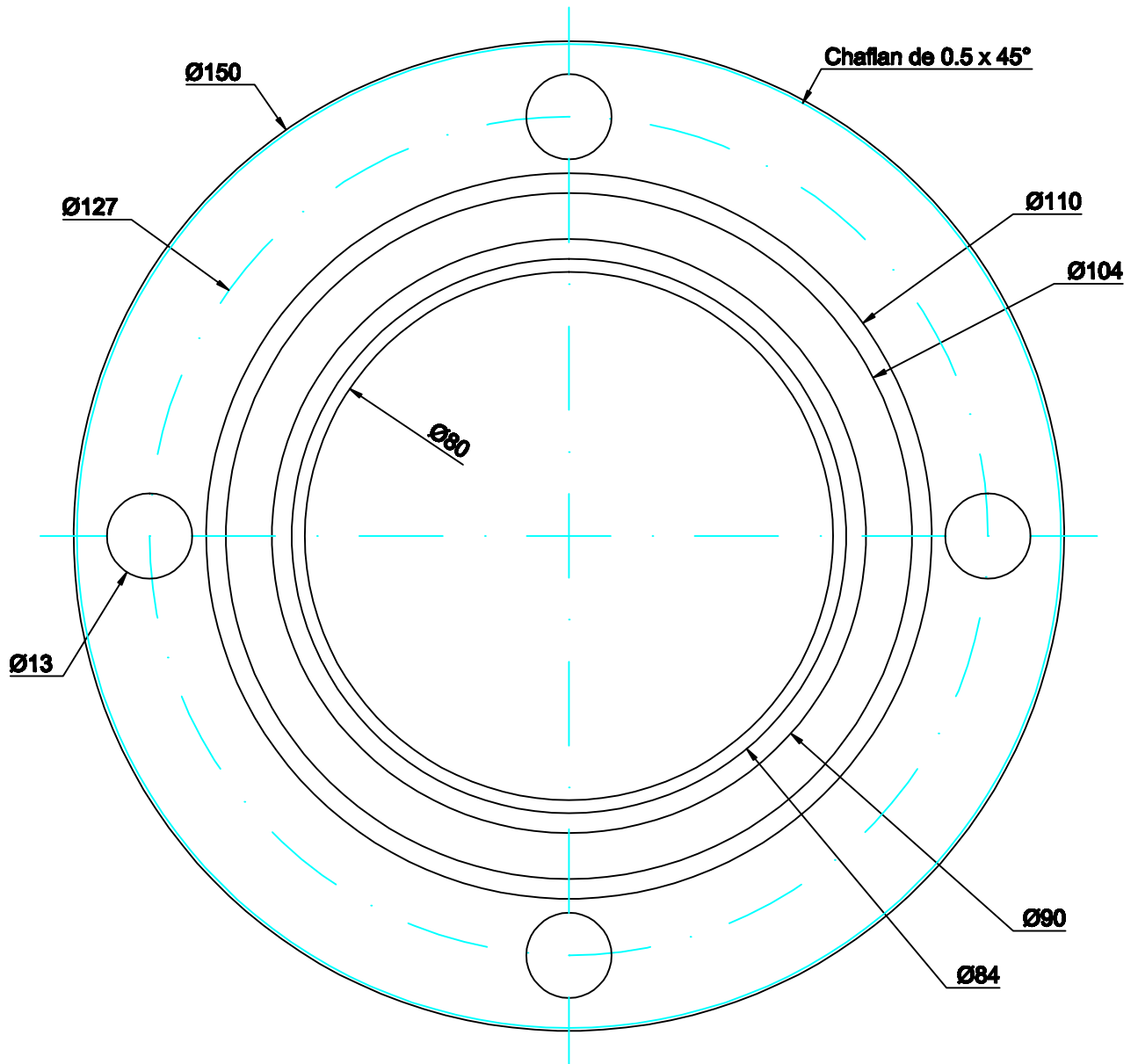
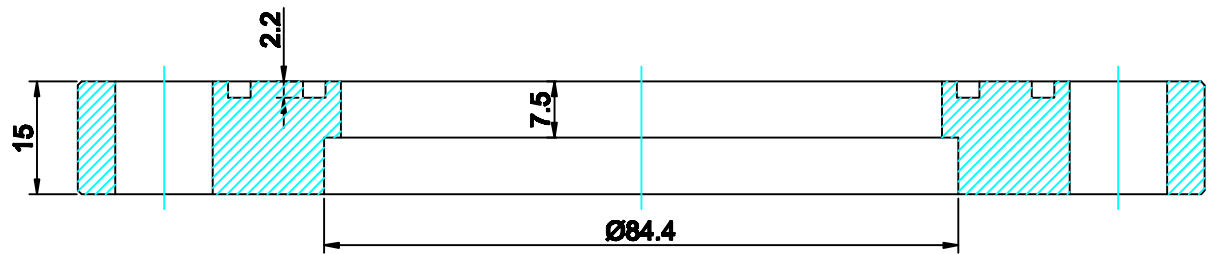
1:1

Nº PLANO:

05



 <p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>	<p><b>E.T.S.I.I.T.</b></p>	<p>DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES</b></p>		
	<p>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</p>	<p>REALIZADO: <b>VAREA PÉREZ, SERGIO</b></p>		
<p>PROYECTO: <b>DISEÑO DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA</b></p>		<p>FIRMA: </p>		
<p>PLANO: <b>BRIDA ENFRIAMIENTO PARA TUBO DE Ø100</b></p>	<p>FECHA: <b>07/04/11</b></p>	<p>ESCALA: <b>1:1</b></p>	<p>Nº PLANO: <b>06</b></p>	



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL M.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE ING.  
MECANICA, ENERGETICA  
Y DE MATERIALES**

PROYECTO:

**DISEÑO DE UN INTERCAMBIADOR DE  
CALOR PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA**

REALIZADO:

**VAREA PÉREZ, SERGIO**

FIRMA:

PLANO:

**BRIDA CALENTAMIENTO PARA TUBO DE  $\text{Ø} 80$**

FECHA:

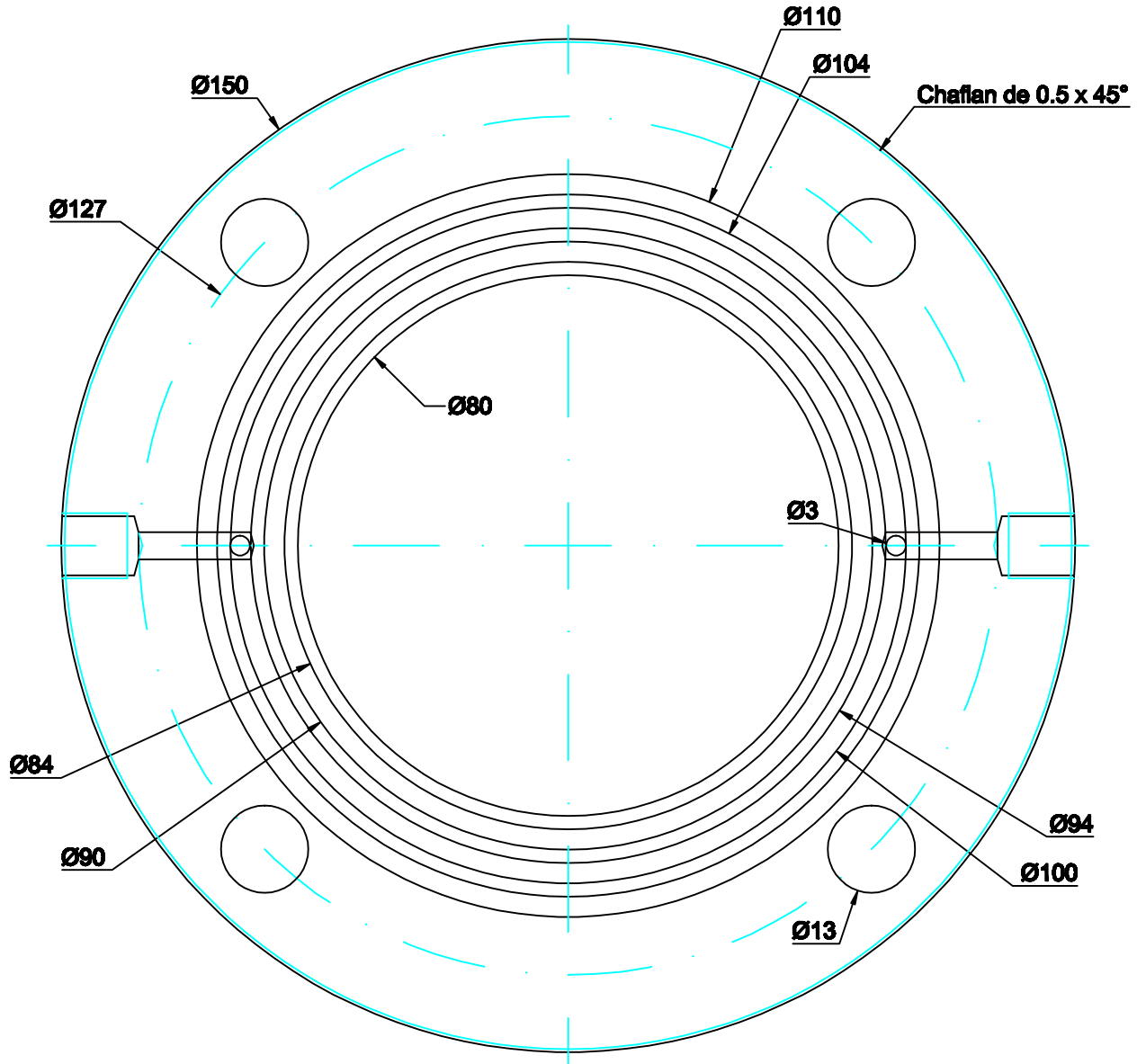
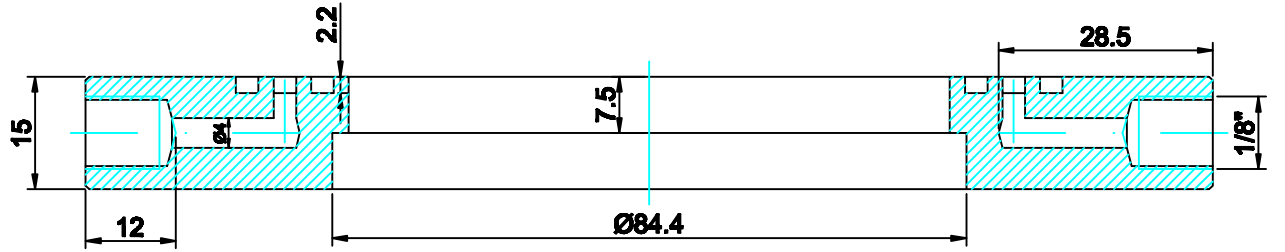
**07/04/11**

ESCALA:

**1:1**

Nº PLANO:

**07**



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL M.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE ING.  
MECANICA, ENERGETICA  
Y DE MATERIALES**

PROYECTO:

**DISEÑO DE UN INTERCAMBIADOR DE  
CALOR PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA**

REALIZADO:

**VAREA PÉREZ, SERGIO**

FIRMA:

PLANO:

**BRIDA ENFRIAMIENTO PARA TUBO DE Ø80**

FECHA:

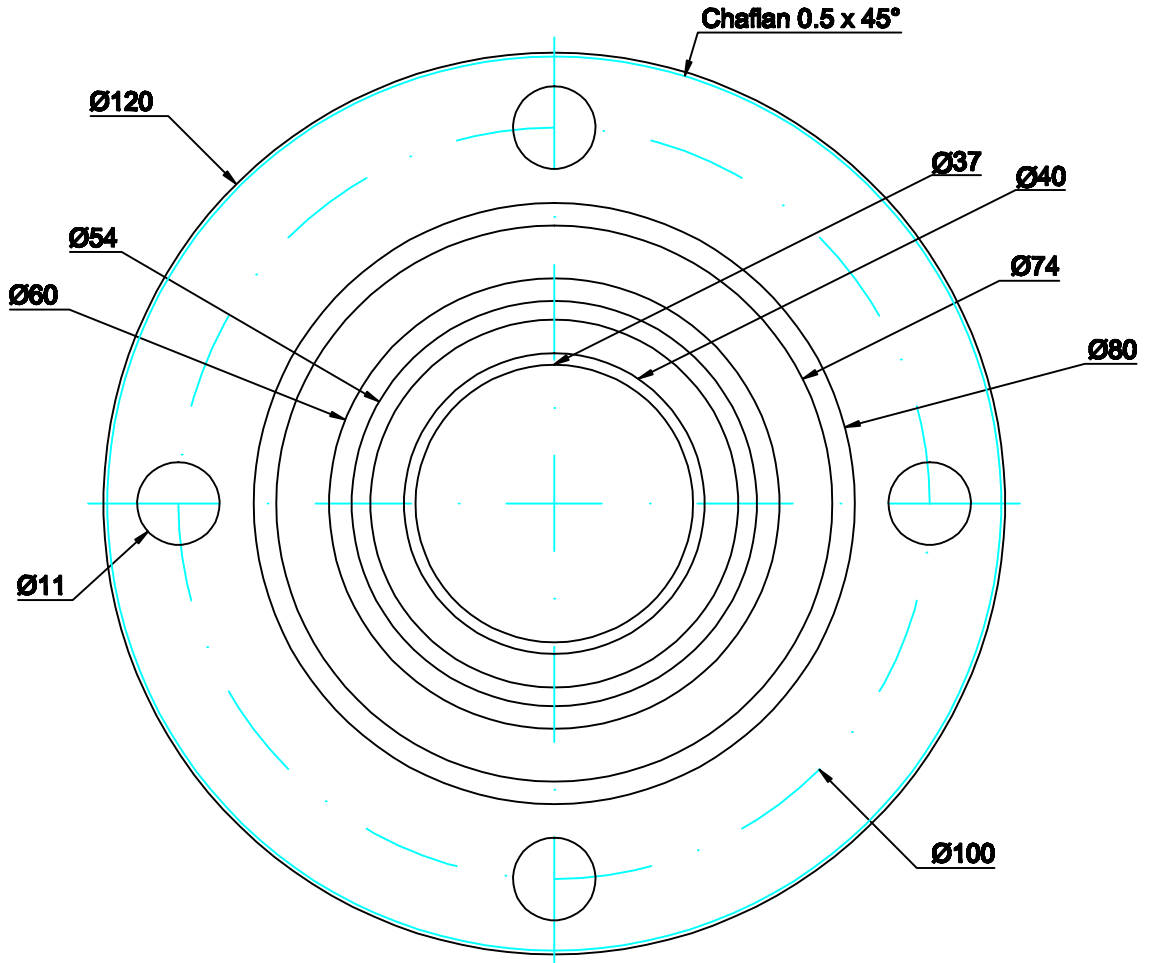
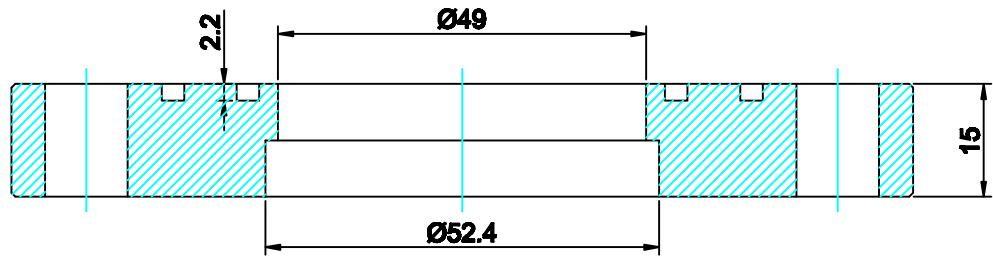
**07/04/11**

ESCALA:

**1:1**

Nº PLANO:

**08**



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL M.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE ING.  
MECANICA, ENERGETICA  
Y DE MATERIALES**

PROYECTO:

**DISEÑO DE UN INTERCAMBIADOR DE  
CALOR PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA**

REALIZADO:

**VAREA PÉREZ, SERGIO**

FIRMA:

PLANO:

**BRIDA CALENTAMIENTO PARA TUBO DE Ø 37**

FECHA:

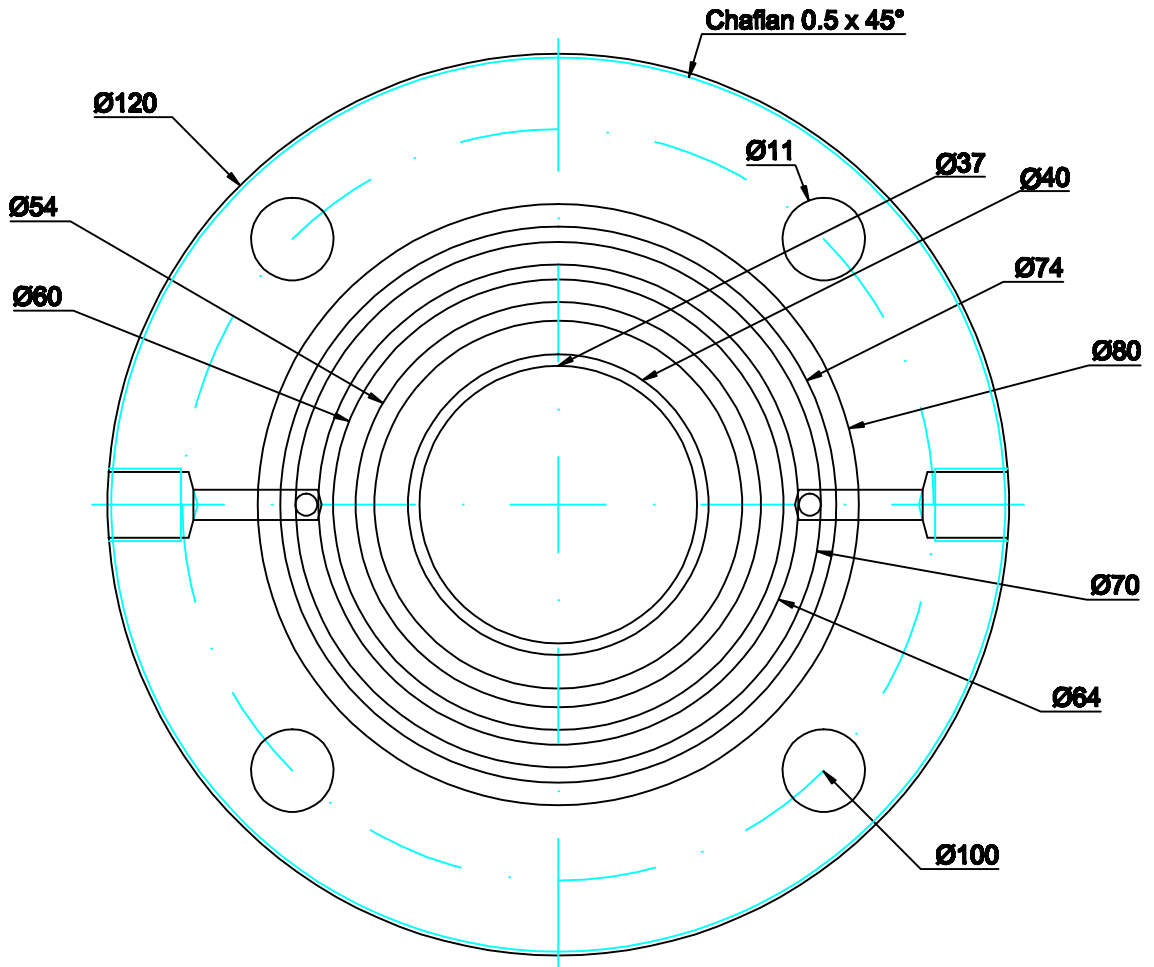
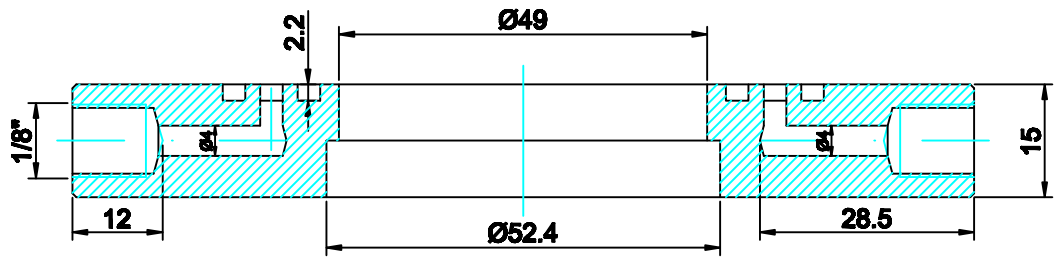
07/04/11

ESCALA:

1:1

Nº PLANO:

09



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL M.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE ING.  
MECANICA, ENERGETICA  
Y DE MATERIALES**

PROYECTO:

**DISEÑO DE UN INTERCAMBIADOR DE  
CALOR PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA**

REALIZADO:

**VAREA PÉREZ, SERGIO**

FIRMA:

PLANO:

**BRIDA ENFRIAMIENTO PARA TUBO DE Ø37**

FECHA:

07/04/11

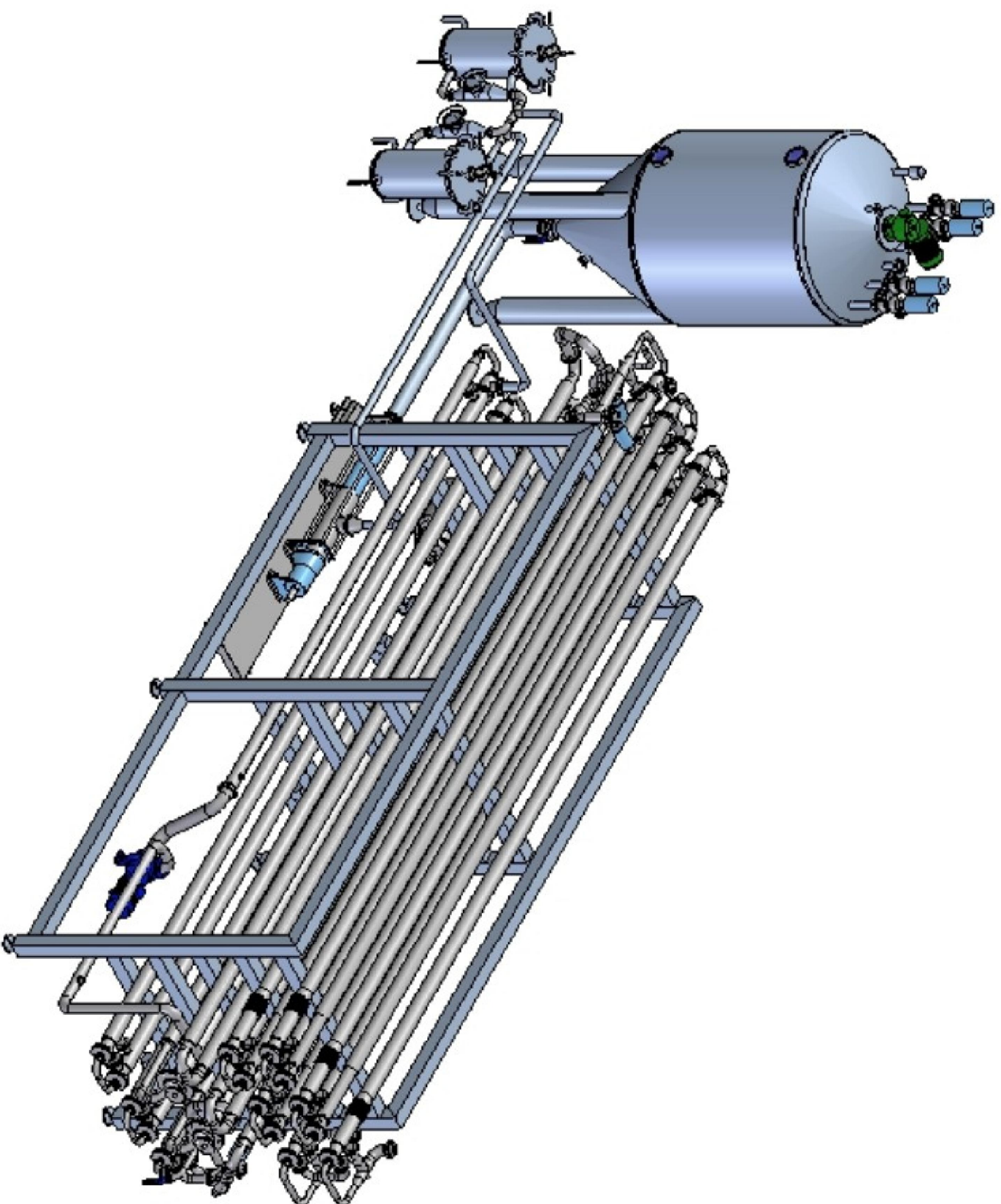
ESCALA:



1:1

Nº PLANO:

10





 <b>Universidad Pública de Navarra</b> <b>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</b>	<b>E.T.S.I.I.T.</b> <b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</b>		<b>DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES</b>
	<b>PROYECTO: DISEÑO DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA</b>		
<b>PLANO: MODELO 3D</b>	<b>FECHA: 08/04/11</b>	<b>ESCALA: NO</b>	<b>Nº PLANO: 11</b>
<b>FIRMA:</b> 			



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR PARA LA  
INDUSTRIA ALIMENTARIA

## PLIEGO DE CONDICIONES

Alumno: Sergio Varea Pérez

Tutor: Eduardo Pérez de Eulate Arzoz

Pamplona, 8 de Abril de 2011

## 1. INTRODUCCIÓN

Para la realización de la instalación tanto del propio intercambiador de calor como de los diferentes equipos y circuitos secundarios habrá que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

En todo momento se aplicará el Real Decreto 2060/2008 de 12 de diciembre por el que se aprueba el reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.

Concretamente para este equipo se deberán tener en cuenta las siguientes:

- ITC-MIE-AP2, relativa a tuberías para fluidos relativos a calderas.
- ITC-MIE-AP-11, referente a aparatos destinados a calentar o acumular agua caliente fabricados en serie.
- ITC-MIE-AP-13 del Reglamento de Aparatos a Presión referente a intercambiadores de calor de placas.

Conforme a este Reglamento se construirá la instalación, se realizaran las inspecciones y pruebas de todos los elementos que la componen y una vez instalada se mantendrá llevándose a cabo las inspecciones periódicas reglamentarias.

Todos los elementos con los que esté realizada la instalación del intercambiador de calor y las redes de vapor (tuberías, válvulas, uniones, complementos, etc.) deberán estar perfectamente homologados con la certificación CE.

La instalación se realizará por empresa homologada.

En la instalación se seguirá en todo momento y con escurpulosidad todas las normas constructivas detalladas en el presente proyecto y todas las normas de buen uso cuando estas no estén específicamente detalladas en el proyecto.

En el mantenimiento posterior de la instalación que corresponde al usuario se aplicará la normativa vigente, llevándose un libro de registro de los equipos, en el que se haga

Sergio Varea Pérez

1

constar las reparaciones efectuadas a los mismos, así como las inspecciones periódicas que han de realizarse en las mismas, bien por el instalador autorizado o por Entidad Colaboradora de la Administración (ECA).

Los soldadores de las tuberías y la colocación de todos los accesorios deberán realizarse por empresa autorizada y por montadores con conocimientos específicos de las instalaciones de vapor, siguiendo en todo momento las normas correctas tendentes al funcionamiento preciso de todos los elementos que componen la instalación que nos ocupa.

## 2. DOCUMENTACIÓN

### **Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP2.**

**ORDEN de 6 de Octubre de 1980 por la que se aprueba la I.T.C. MIE-AP2 que complementa el REAL DECRETO 1244/1979, de 4 de Abril. Reglamento de aparatos a presión. BOE núm. 265 de 4 noviembre de 1980**

#### **Primero.-**

Se aprueba la adjunta Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP2 referente a tuberías para fluidos relativos a calderas.

#### **Segundo.-**

Esta ITC entrará en vigor a los cuatro meses de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

#### **Tercero.-**

Las competencias de las Delegaciones Provinciales de Industria y Energía, en los territorios de Cataluña y el País Vasco, se entenderán referidas a la Generalidad y al Gobierno Vasco.

#### **Disposición transitoria.**

Esta ITC no será de aplicación a las instalaciones construidas o con proyectos presentados antes de la entrada en vigor de la misma, salvo en casos de ampliación, traslado o renovación de la instalación.

**Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP2, relativa a tuberías para fluidos relativos a calderas.**

#### **Artículo 1.**

A efectos de la presente ITC las tuberías se clasifican del siguiente modo:

1. Tuberías de vapor saturado, sobrecalentado y recalentado.
2. Tuberías de agua sobrecalentada.
3. Tuberías de agua caliente.
4. Tuberías de fluido térmico distinto del agua.
5. Tuberías de combustibles líquidos y gaseosos.

#### **Artículo 2. Campo de aplicación.-**

Se someterán a todas las formalidades, inspecciones técnicas y ensayos prescritos en esta ITC y en la forma que en la misma se indica todas las tuberías para la conducción de

fluidos enumeradas en el artículo anterior, y que sin formar parte integrante de los aparatos conectados, quedan dentro de los siguientes límites:

1. Las tuberías de instalaciones de vapor y agua sobrecalentada, de potencia superior a 200.000 kcal/h. y/o con presión efectiva superior a 0,5 kg.-cm<sup>2</sup>.
2. Las tuberías de instalaciones de agua caliente de potencia superior a 500.000 Kcal/h.
3. Las tuberías de instalaciones de fluido térmico de potencia superior a 25.000 Kcal/h.

Quedan igualmente sometidos a esta ITC:

Las tuberías de combustibles líquidos, así como las acometidas de combustibles gaseosos que conecten a equipos de combustión de instalaciones incluidas en esta ITC.

Se exceptúan de la aplicación de esta ITC las tuberías de conducción de fluidos correspondientes a: calderas que utilicen combustible nuclear, instalaciones de agua caliente destinadas a usos domésticos y/o calefacción no industrial e instalaciones integradas en refinerías de petróleo y plantas petroquímicas.

### **Artículo 3.**

Las tuberías sometidas a la presente Instrucción, además de las correspondientes prescripciones fijadas en el Reglamento de Aparatos a Presión, cumplirán las siguientes:

1. Autorización de instalación.-La instalación de tuberías comprendidas en esta ITC precisará la autorización previa de la correspondiente Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía. A la solicitud se acompañará una Memoria suscrita por Técnico titulado competente en la que conste:
  1. Aparatos comprendidos en la instalación con sus características principales.
  2. Esquema general de la instalación, incluyendo accesorios o elementos de seguridad, con sus características.
  3. Empresa instaladora, con:
    - a. Nombre y razón social.
    - b. Número de inscripción en el Registro de Empresas Instaladoras, según el artículo 10 del Reglamento de Aparatos a Presión. Si la instalación de las tuberías indicadas en esta Instrucción fuese realizada por personal propio del usuario, previamente debería solicitarse autorización de la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía correspondiente, adjuntando documentación justificativa de disponer de personal técnico y medios apropiados.
  4. Justificación de las tuberías y sistemas de absorción de dilataciones empleados, indicando el código o normas de diseño elegidos.
  5. Presupuesto general de la instalación.

Para instalaciones de vapor y agua sobrecalentada realizadas con tuberías cuyo diámetro interior sea igual o menor de 50 milímetros, y la presión máxima de servicio sea de 10 kg./centímetro cuadrado, la anterior Memoria constará de sólo los puntos 1 y 3.



Para cualquier ampliación o modificación de una instalación previamente autorizada se enviará a la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía correspondiente una Memoria en la que se indiquen las ampliaciones o variaciones realizadas, justificándolas con la documentación antes citada.

2. Autorización de puesta en servicio.-Para la autorización de puesta en servicio de tuberías incluidas en esta ITC será necesario presentar en la correspondiente Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía una solicitud acompañada de un certificado extendido por el instalador, en el que se haga constar:
  1. Descripción y procedencia de las tuberías, válvulas y demás elementos utilizados en la instalación. Si hubiere elementos procedentes de importación irán acompañados de un certificado extendido por la Administración del país de origen o alguna Entidad de control oficialmente reconocida en el mismo, legalizado por el representante español en aquel país, en el que se acredite que los citados elementos y los materiales de que están contruidos son adecuados para el tipo de fluidos, presiones y temperaturas a que están destinados.
  2. Certificado de pruebas en el lugar de emplazamiento, en el que se describirán las mismas y su resultado, acompañándose una copia del acta correspondiente a la prueba hidráulica, y haciéndose constar que la instalación cumple las condiciones exigidas por esta ITC y se ajusta al proyecto presentado al solicitar la autorización de instalación.
  3. Cuando proceda, se indicará el número y fecha del certificado de calificación de los especialistas soldadores que han efectuado los trabajos de soldadura en la instalación. Estos certificados serán extendidos por el CENIM (Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas), por entidades colaboradoras autorizadas para aplicación del Reglamento de Aparatos a Presión o por centros o laboratorios reconocidos para este fin por el Ministerio de Industria y Energía.
3. Primera prueba.-Para la realización de esta prueba bastará con la presencia de la persona responsable de la Empresa instaladora, y los resultados obtenidos se harán constar en la correspondiente acta.

La presión de primera prueba en las tuberías objeto de esta ITC será la prescrita por el código de diseño o normas empleadas en el proyecto de la instalación. Si el código de diseño o normas empleadas no prescriben un valor determinado de la presión de prueba, esta será:

$$P(p)=1,5P(d)$$
 Siendo:  
 $P(p)$  = presión de primera prueba.  
 $P(d)$  = presión de diseño.  
Debiéndose comprobar en este último caso que no supera el 90 por 100 del límite elástico de la tubería y componentes no aislados que constituyen la instalación.
4. Pruebas periódicas.-Todas las tuberías afectadas por esta ITC que pudieran sufrir corrosión deberán ser sometidas cada cinco años a una prueba de presión, siendo el valor de esta presión igual al de la primera prueba. Independientemente de esta prueba de presión, para toda clase de tuberías afectadas por esta ITC se efectuará una inspección completa a los diez años, procediéndose en este caso a desmontar total o parcialmente el material aislante si, a juicio del inspector, se sospechase la existencia de defectos ocultos.

Realizada esta revisión y sustituidas las partes que ofrezcan sospechas de envejecimiento se procederá a una prueba de presión igual a la primera que correspondiera en su día. Estas pruebas periódicas serán realizadas por la Empresa instaladora, el servicio de conservación de la Empresa donde esté la instalación o alguna Entidad colaboradora autorizada para la aplicación del Reglamento de Aparatos a Presión, indistintamente, certificándose los resultados obtenidos mediante la correspondiente acta, cuyo original deberá enviarse a la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía correspondiente junto con la fotocopia de la autorización de la instalación.

5. Forma de realizar las inspecciones periódicas.-En lo que concierne a tuberías, válvulas, grifos, manómetros y demás accesorios, se seguirán las normas del artículo 6.º de la Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP1 relativa a calderas, economizadores, sobrecalentadores y recalentadores.
6. Placas.-Quedan exceptuadas de la obligación de disponer de placa de timbre las tuberías para fluidos a presión incluidas en la presente ITC.

#### **Artículo 4. Prescripciones generales:**

1. Todas las tuberías que vayan por el piso deberán colocarse en canales cubiertos por materiales no combustibles.
2. Las instalaciones de tuberías deben ser perfectamente accesibles para permitir la inspección de las mismas cuando se estime que pudiera haber deterioro por el uso, así como para el recambio de piezas, la lubricación de piezas móviles, etc.
3. Queda prohibida la instalación de conducciones de fluidos calientes próximas a tuberías de productos combustibles con excepción de las tuberías de calefacción por acompañamiento de productos petrolíferos pesados.
4. En todos los casos las tuberías de conducción de productos combustibles estarán convenientemente alejadas de chimeneas, conducciones de gases calientes, etc., con el fin de garantizar que las mismas no puedan sufrir calentamiento alguno.
5. Quedan prohibidas las reducciones bruscas de sección.
6. Toda tubería que trabaje con fluidos calientes estará diseñada para soportar sus dilataciones mediante la colocación de los apropiados sistemas de compensación.

#### **Artículo 5. Prescripciones para tuberías de vapor, agua sobrecalentada y agua caliente.-**

La instalación de tuberías de vapor, agua sobrecalentada y agua caliente se realizará de acuerdo con las siguientes prescripciones:

1. Materiales.-Se utilizará tubería de acero u otro material adecuado, según normas UNE u otra norma internacionalmente reconocida, y cuyas características de presión y temperatura de servicio sean como mínimo las de diseño. Para el cálculo de las redes de tuberías se tomará como temperatura de diseño la máxima del fluido a transportar y como presión la máxima total en la instalación, que será:
  - Caso vapor: Igual a la presión de tarado de las válvulas de seguridad instaladas en la caldera, o en el equipo reductor de presión si existiese.
  - Caso agua sobrecalentada: Igual a la presión de tarado de las válvulas de seguridad de la caldera más la presión dinámica producida por la bomba de circulación.



- Caso agua caliente: Igual a la presión estática más la presión dinámica producida por la bomba de circulación.

En los lugares que pudieran existir vibraciones, esfuerzos mecánicos o sea necesario para el mantenimiento del aparato, podrán utilizarse tuberías flexibles con protección metálica, previa certificación de sus características. Las válvulas y accesorios de la instalación serán de materiales adecuados a la temperatura y presión de diseño, características que deben ser garantizadas por el fabricante o proveedor. Las juntas utilizadas deberán ser de materiales resistentes a la acción del agua y vapor, así como resistir la temperatura de servicio sin modificación alguna.

2. Diámetro de la tubería.-La tubería tendrá un diámetro tal que las velocidades máximas de circulación serán las siguientes:
  - Vapor saturado: 50 m/seg.
  - Vapor recalentado y sobrecalentado: 60 m/seg.
  - Agua sobrecalentada y caliente: 5 m/seg.
3. Uniones.-Las uniones podrán realizarse por soldadura, embridadas o roscadas. Las soldaduras de uniones de tuberías con presiones de diseño mayores que 13 kg./cm<sup>2</sup> deberán ser realizadas por soldadores con certificado de calificación. Las uniones embridadas serán realizadas con bridas, según normas UNE u otra norma internacionalmente reconocida, y cuyas características de presión y temperatura de servicio sean como mínimo las de diseño.
4. Ensayos y pruebas.-El nivel y tipo de ensayos no destructivos (END) a realizar en las instalaciones incluidas en esta Instrucción, así como las condiciones de aceptación, serán los prescritos por el código o normas de diseño utilizadas en el proyecto.

Si el código no prescribe niveles determinados en END, para presiones superiores a 13 kg./cm<sup>2</sup>, se realizará un 25 por 100 de control no destructivo de las uniones, y las restantes se inspeccionarán visualmente. Como condiciones de aceptación se emplearán las de un código de diseño adecuado y reconocido internacionalmente. Para tuberías de vapor y agua sobrecalentada situadas en zonas peligrosas, por su atmósfera, locales de pública concurrencia, vibraciones, etc., se prohíben las uniones roscadas, y deberán realizarse ensayos no destructivos del 100 por 100 de las uniones soldadas. Una vez realizada la prueba de resistencia a presión, según el artículo 3.º, 3, se realizará una prueba de estanqueidad en las condiciones de servicio.
5. Puesta en servicio.-Para las instalaciones de agua sobrecalentada y caliente debe comprobarse el perfecto llenado de las mismas, por lo que se proveerán los adecuados puntos de salida del aire contenido.
6. Instalación:
  1. La instalación de tuberías y accesorios para vapor, agua sobrecalentada y caliente, estará de acuerdo con la norma UNE u otra norma internacionalmente reconocida.
  2. Las tuberías podrán ser aéreas y subterráneas, pero en todos los casos deberán ser accesibles, por lo que las subterráneas serán colocadas en canales cubiertos, según artículo 4.º, 1, o en túneles de servicios.
  3. Con el fin de eliminar al mínimo las pérdidas caloríficas, todas las tuberías deberán estar convenientemente aisladas, según Decreto 1490/1975.

4. Para evitar que los esfuerzos de dilatación graviten sobre otros aparatos, tales como calderas, bombas o aparatos consumidores, deberán preverse los correspondientes puntos fijos en las tuberías con el fin de descargar totalmente de solicitaciones a aquéllos.
5. En todos los casos los equipos de bombeo de agua sobrecalentada, equipos consumidores, válvulas automáticas de regulación u otros análogos, deberán ser seccionables de la instalación con el fin de facilitar las operaciones de mantenimiento y reparación.
6. Todos los equipos de bombeo de agua sobrecalentada y caliente dispondrán en su lado de impulsión de un manómetro.
7. La recuperación de condensados en los que exista la posibilidad de contaminación por aceite o grasas requerirá la justificación ante la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía correspondiente de los dispositivos y tratamientos empleados para eliminar dicha contaminación y, en caso contrario, serán evacuados.
8. Las instalaciones reductoras de presión en los circuitos de vapor dispondrán de:
  - Manómetro con tubo sifón y grifo de tres direcciones según artículo 11 de la Instrucción MIE-AP1, «Calderas», situadas antes y después de la válvula reductora.
  - Una válvula de seguridad después de la válvula reductora, capaz de evacuar el caudal máximo de vapor que permite la conducción sobre la que se encuentra y tarado a la presión reducida máxima de servicio más un 10 por 100 como máximo.
9. Si dos o más calderas de vapor están conectadas a un colector común, éste estará provisto del correspondiente sistema de purga de condensados y aquéllos de una válvula de retención que impida el paso del vapor de una a otra caldera.
10. Todo sistema de purga de condensados conectado a tubería de retorno común estará provisto de una válvula de seccionamiento.
11. Los colectores de vapor y agua sobrecalentada en los que el producto de P (en kg./cm<sup>2</sup>) por V (en metros cúbicos) sea mayor que 5, serán sometidos a las prescripciones generales del Reglamento de Aparatos a Presión.
12. En las instalaciones de vapor se evitarán las bolsas, pero en caso de existir, deberán instalarse los correspondientes sistemas de purgas en el punto más bajo de las mismas.
13. Instalación de tuberías auxiliares para las calderas de vapor, agua sobrecalentada y agua caliente.
  1. La tubería de llegada de agua al depósito de alimentación tendrá una sección tal que asegure la llegada del caudal necesario para el consumo de la caldera en condiciones máximas de servicio, así como para los servicios auxiliares de la propia caldera y de la sala de calderas.  
La tubería de alimentación de agua tanto a calderas como a depósitos, tendrá como mínimo 15 mm. de diámetro interior, excepto para instalaciones de calderas con un PV menor o igual a 5, cuyo diámetro podrá ser menor, con un mínimo de 8 milímetros, siempre que su longitud no sea superior a un metro.
  2. Las tuberías de vaciado de las calderas tendrán como mínimo 25 mm. de diámetro, excepto para calderas con un PV menor o igual a

- cinco, cuyo diámetro podrá ser menor, con un mínimo de 10 mm., siempre que su longitud no sea superior a un metro.
3. Todos los accesorios instalados en la tubería de llegada de agua proveniente de una red pública serán de presión nominal PN 16, no admitiéndose en ningún caso válvulas cuya pérdida de presión sea superior a una longitud de tubería de su mismo diámetro y paredes lisas igual a 600 veces dicho diámetro.
  4. La alimentación de agua a calderas mediante bombas se hará a través de un depósito, quedando totalmente prohibido la conexión de cualquier tipo de bomba a la red pública.
  5. Aunque el depósito de alimentación o expansión sea de tipo abierto, estará tapado y comunicado con la atmósfera con una conexión suficiente para que en ningún caso pueda producirse presión alguna en el mismo. En el caso de depósito de tipo abierto con recuperación de condensados, esta conexión se producirá al exterior. En el caso de depósito de tipo cerrado, dispondrá de un sistema rompedor de vacío.
  6. Todo depósito de alimentación dispondrá de un rebosadero cuya comunicación al albañal debe poder comprobarse mediante un dispositivo apropiado que permita su inspección y constatar el paso del agua.
  7. Los depósitos de alimentación de agua y de expansión en circuito de agua sobrecalentada y caliente dispondrán de las correspondientes válvulas de drenaje.
  8. No se permite el vaciado directo al alcantarillado de las descargas de agua de las calderas; purgas de barros, escapes de vapor y purgas de condensados, debiendo existir un dispositivo intermedio con el fin de evitar vacíos y sobrepresiones en estas redes.
  9. De existir un depósito intermedio de evacuación dispondrá de:
    - Tubo de ventilación de suficiente tamaño para evitar la formación de sobrepresión alguna, conectado a la atmósfera y libre de válvulas de seccionamiento.
    - Capacidad suficiente para el total de agua descargada en purgas por todas las conexiones al mismo, en un máximo de cuatro horas.
    - Las tapas o puertas de inspección con juntas que eviten los escapes de vapor.
  10. En la instalación de sistemas de tratamiento de agua de alimentación a calderas deberá instalarse a la entrada del mismo una válvula de retención si se conecta directamente a una red pública.

#### **Artículo 6. Prescripciones para tuberías de fluidos térmicos.-**

Las instalaciones de tuberías para transporte de fluidos térmicos se realizará de acuerdo con las siguientes prescripciones:

1. Materiales.-Se utilizará tubería de acero u otro material adecuado según normas UNE u otra norma internacionalmente reconocida y cuyas características de temperatura y presión de servicio sea como mínimo la de diseño de la instalación. Para el cálculo de las redes de tuberías se tomará como presión de diseño la

presión total máxima en la instalación, que se compone de la presión estática y de la presión dinámica producida por la bomba de circulación. Para cualquier caso el espesor mínimo será de dos milímetros y la presión mínima de diseño de dos kilogramos por centímetro cuadrado. Para bombas, válvulas y accesorios se utilizarán materiales adecuados y cuya resistencia mecánica a la presión y temperatura sea como mínimo la de diseño de la instalación, extremo que debe ser garantizado por el fabricante o proveedor. Debe asegurarse la estanqueidad del eje de las válvulas y bombas utilizando un sistema conveniente de cierre mecánico, prensaestopas de seguridad o fuelle metálico.

Las juntas utilizadas deberán ser de materiales resistentes a la acción del líquido portador térmico, así como resistir las máximas temperaturas de servicio sin modificación alguna.

Queda totalmente prohibido en las instalaciones de fluido térmico la utilización de materiales de bajo punto de fusión.

2. Diámetro de la tubería.-La velocidad máxima de circulación será de 3,5 m/seg. en condiciones de servicio.
3. Uniones.-Las uniones podrán realizarse por soldadura o embridadas. Todas las uniones soldadas con un diámetro interior de tubería mayor de 25 milímetros deberán ser realizadas por soldadores con tarjeta o certificado de calificación. Las uniones no soldadas serán realizadas solamente utilizando bridas, según normas UNE u otra norma internacionalmente reconocida y cuyas características de presión y temperatura de servicio sean como mínimo las de diseño. Pueden admitirse uniones roscadas con junta en la rosca sólo hasta DN 32, para aparatos y válvulas en que no se supere los 50 °C.
4. Ensayos y pruebas.-Para tuberías situadas en zonas peligrosas por su atmósfera, locales de pública concurrencia, vibraciones, etc., se prohíben las uniones roscadas, y deberán realizarse ensayos no destructivos del 100 por 100 de las uniones soldadas. En los demás casos se realizará un 25 por 100 del control no destructivo, y el resto de las uniones se inspeccionarán visualmente. Para la prueba de resistencia a presión se utilizará un líquido térmico distinto del agua, y a ser posible el mismo que deba contener posteriormente la instalación, efectuándose después una prueba de estanqueidad en condiciones de servicio.
5. Puesta en servicio.-Al proceder al llenado de la instalación deberá asegurarse que la misma no contiene agua en cualquiera de sus partes: calderas, depósitos, accesorios, etc. Asimismo, debe comprobarse el perfecto llenado de la instalación, por lo que se preverán los adecuados puntos de salida del aire contenido.
6. Instalación.
  1. La instalación de tuberías y accesorios para fluidos térmicos estará de acuerdo con la norma UNE 9 310.
  2. Las tuberías podrán ser aéreas o enterradas, pero en todos los casos deberán ser accesibles, por lo que las enterradas serán colocadas en canales cubiertos según artículo 4.º, 1, o en túneles de servicio. Cuando la tubería deba cruzar por el interior de un edificio, todas las uniones en aquel tramo serán soldadas.
  3. Para las tuberías de conducción de fluidos térmicos deberá disponerse el aislamiento conveniente para disminuir al máximo las pérdidas caloríficas,

según Decreto 1490/1975 las tuberías de llenado, rebosado y expansión no serán recubiertas por aislamiento alguno.

4. Quedan prohibidos todos los tipos de compensadores de dilatación que no ofrezcan garantía absoluta de estanqueidad por rotura del fuelle.
5. Para evitar que los esfuerzos de dilatación graviten sobre las calderas, bombas, depósitos y aparatos consumidores, deberán preverse los correspondientes puntos fijos en las tuberías con el fin de descargar totalmente de sollicitaciones a aquéllos.
6. Los equipos de bombeo, equipos consumidores, válvulas de regulación o aparatos análogos podrán ser seccionados de la instalación mediante las apropiadas válvulas, con el fin de facilitar las operaciones de mantenimiento y reparación sin vaciar completamente la instalación.
7. Todos los equipos de bombeo dispondrán en su lado de impulsión de un manómetro.
8. Todas las bombas de tipo volumétrico, desprovistas de sistema limitador de presión incorporado, cuando exista válvula de seccionamiento, dispondrán a la salida de las mismas de una válvula de seguridad que limite la presión máxima alcanzable, según la presión de diseño de la instalación. El escape de la válvula de seguridad se conducirá al depósito colector.
9. Las instalaciones de fluidos térmicos deberán ser realizadas de tal forma que puedan ser vaciadas totalmente, recuperando su contenido en el depósito colector.

#### **Artículo 7. Prescripciones para tuberías de combustibles líquidos.-**

La instalación de tuberías entre los depósitos de almacenamiento y nodrizas (si existieran) y de ésta o aquéllos a los puntos de consumo se realizarán de acuerdo con las siguientes prescripciones:

1. **Materiales.**-Se utilizarán tuberías de acero u otro material adecuado, según normas UNE u otra norma internacionalmente reconocida y cuyas características de temperatura y presión de servicio sea como mínimo la de diseño. En los lugares en que pudieran existir vibraciones, esfuerzos mecánicos o sea necesario para el mantenimiento de los quemadores, podrán utilizarse tuberías flexibles, previa certificación de sus características. Las juntas utilizadas deberán ser resistentes al ataque químico de los hidrocarburos, así como ser resistentes a la máxima temperatura que pueda presentarse sin que experimenten modificación alguna. Para el cálculo de las redes de tuberías se tomará como presión de diseño la correspondiente a la presión máxima de la bomba de impulsión o presión de tarado de las válvulas de seguridad si existieran. Todas las válvulas, accesorios y piezas especiales podrán ser de acero, bronce o cobre y capaces de resistir la misma presión que la tubería sobre la que se encuentran instalados. En cualquier caso su presión nominal mínima será de PN 6 (UNE 19 002).
2. **Diámetro de la tubería.**
  1. La velocidad máxima de circulación se fijará de acuerdo con la viscosidad del líquido, no superando el valor de 3 m/s. La presión de impulsión a caudal máximo será tal que asegure la llegada del combustible a los puntos

- de consumo en condiciones suficientes y necesarias para el buen funcionamiento de los mismos.
3. Uniones.-Las uniones podrán realizarse mediante soldadura, embridadas o roscadas; las uniones embridadas serán realizadas con bridas, según norma UNE u otra norma reconocida internacionalmente, y cuyas características de temperatura y presión sean como mínimo las de diseño. Las uniones roscadas lo serán con junta en la rosca.
  4. Ensayos y pruebas.-Para tuberías situadas en zonas peligrosas, por su atmósfera, locales de pública concurrencia, vibraciones, etc., se prohíben las uniones roscadas y deberán realizarse ensayos no destructivos en la proporción de un 25 por 100 de las uniones soldadas. En los demás casos el control será visual. Una vez realizada la prueba de resistencia a presión se procederá a realizar una prueba de estanqueidad en condiciones de servicio, utilizando el combustible líquido a la que se destina la instalación.
  5. Puesta en servicio.-Al procederse al llenado de la instalación deberá asegurarse que previamente se ha vaciado el agua utilizada para los ensayos de presión, y asegurarse que la misma se ha llenado totalmente, para lo cual deberá estar provista de los adecuados puntos de salida del aire contenido.
  6. Instalación.
    1. La instalación de tuberías y accesorios para combustibles líquidos estará de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE u otra norma internacionalmente reconocida.
    2. Las tuberías podrán ser aéreas o enterradas, pero en los casos en que deban ser accesibles, las enterradas serán colocadas en canales cubiertos, según artículo 4.º, 1, o en túneles de servicios.
    3. Los depósitos nodrizas y las tuberías que transporten líquidos combustibles a temperatura superior al ambiente deberán disponer del aislamiento conveniente para disminuir al máximo las pérdidas caloríficas, según Decreto 1490/1975.
    4. Para tuberías con calentamiento por acompañamiento mediante fluidos calientes o resistencias de contacto deberá instalarse una válvula de seguridad entre los tramos que accidentalmente puedan quedar cerrados por las válvulas existentes. La capacidad de descarga de la válvula de seguridad será tal que en ningún momento pueda superarse la presión de diseño de la tubería, y el escape de la misma será conducido al depósito.
    5. En el sistema de tuberías deberán preverse las derivaciones convenientes para devolver al depósito parte del combustible, evitando así las sobrepresiones que pudieran tener lugar por dilatación o por funcionamiento inadecuado de bombas o válvulas.
    6. Todos los depósitos de alimentación de combustión, equipos de bombeo y calentadores estarán provistos de las correspondientes válvulas de seccionamiento.
    7. Todos los depósitos nodriza dispondrán de una tubería de rebosadero hasta el depósito de almacenamiento y de un tubo de ventilación.
    8. Todos los depósitos nodriza, calentadores y tuberías serán susceptibles de ser vaciados, por lo que dispondrán de las válvulas correspondientes, así como de la unión de éstas al depósito de almacenamiento. Asimismo se preverán los sistemas correspondientes de purga obtenida por decantación del combustible.



9. Todos los equipos de bombeo dispondrán, en la aspiración, de un filtro apropiado al tipo de combustible y caudal a circular, y asimismo se montará un manómetro en el lado impulsor. Cuando las tuberías transporten combustibles líquidos a temperaturas superiores a la del ambiente se colocará un termómetro en las mismas. Tanto los manómetros como los termómetros se situarán en lugares fácilmente accesibles y visibles.
10. Todos los equipos en donde se produzca elevación de temperatura de combustibles líquidos dispondrán de un termómetro y de un sistema automático de paro del sistema de calefacción cuando se haya alcanzado la temperatura preestablecida.

### **Artículo 8. Prescripciones para tuberías de combustibles gaseosos.-**

La instalación de tuberías de conducción de combustibles gaseosos, desde las unidades de regulación y medida hasta los puntos de consumo, se realizará de acuerdo con las siguientes prescripciones:

1. Materiales.-Se utilizarán tuberías de acero u otro material adecuado, según normas UNE u otra norma reconocida internacionalmente, y cuyas características de temperatura y presión de servicio sean, como mínimo, la de diseño, así como resistente al ataque químico del gas a transportar. El valor de la presión de diseño será igual o superior a la presión de tarado de las válvulas de seguridad de la estación de regulación y medida. En el caso de que no exista regulación, por alimentarse directamente de la red de suministro, la presión de diseño será el valor de la presión máxima de suministro, facilitada por la Compañía distribuidora. En el caso de utilizar gases de recuperación de otras instalaciones, la temperatura y presión de diseño será, como mínimo, igual a la de la salida de la instalación de donde proceden los gases. En cualquier caso, el espesor mínimo de la pared de la tubería será de dos milímetros. Todas las válvulas, accesorios y piezas especiales serán de acero u otro material capaz de resistir la misma temperatura y presión, así como el posible ataque químico que la tubería sobre la que se encuentran instalados. En cualquier caso, su presión nominal mínima será de PN 10.
2. Diámetro de la tubería.-La tubería tendrá el diámetro necesario para que se cumplan las condiciones siguientes:
  1. La velocidad máxima de circulación de gas será de 30 metros por segundo.
  2. La pérdida de carga a caudal máximo será tal que asegure que la presión a la llegada en los puntos de consumo no sea inferior en un 10 por 100 a la presión en el origen de la instalación.
3. Uniones.-Las uniones deberán realizarse mediante soldadura o por bridas. Las uniones no soldadas se realizarán mediante bridas según la normativa UNE u otra norma internacionalmente reconocida, salvo en los casos en que se requiera conexión roscada, limitándose su uso al mínimo imprescindible por exigencias de la instalación.
4. Ensayos y pruebas.-Para tuberías situadas en zonas tales como atmósferas peligrosas, locales de pública concurrencia, sometidas a vibraciones, etc., se prohíben las uniones roscadas y se realizará el control de las uniones soldadas mediante ensayos no destructivos en la proporción del 100 por 100. En los demás casos, el control no destructivo se realizará en un 25 por 100 de las

soldaduras.

Una vez realizada la prueba de resistencia a presión, se realizará una prueba de estanqueidad a la presión de servicio, utilizando el combustible gaseoso y comprobándose la misma mediante agua jabonosa u otro producto similar.

5. Puesta en servicio.-Cuando se proceda al llenado de gas, se hará de manera que se evite en lo posible la formación de mezcla de aire-gas, comprendida entre los límites de inflamabilidad del gas.
6. Instalación.-La instalación de tuberías para combustible gaseoso estará de acuerdo con lo especificado en las normas UNE u otra norma internacionalmente reconocida.
  1. Las tuberías se instalarán, siempre que sea posible, de forma aérea. Cuando existan conducciones paralelas con tuberías para otros usos, la separación mínima entre superficies exteriores será de 0,10 metros.
  2. En tuberías enterradas la profundidad mínima será de 0,80 metros entre la generatriz superior del tubo y la superficie del terreno. Las tuberías enterradas no podrán discurrir por debajo de ningún edificio. Cuando la tubería de gas deba cruzar otras canalizaciones ya existentes, destinadas a otros usos, la distancia de separación en sentido vertical entre dos generatrices contiguas será como mínimo de 0,20 metros. El material de relleno de las zanjas estará libre de piedras y objetos cortantes y, asimismo, la compactación del mismo se realizará de forma que no pueda dañar la tubería.
  3. Cuando excepcionalmente la tubería deba cruzar por el interior del edificio, todas las uniones en aquel tramo serán soldadas. Si existe una válvula en el interior del edificio, deberá estar cerrada en un armario estanco, construido con material incombustible y con ventilación al exterior del edificio.

#### **Artículo 9. Identificación de tuberías.-**

Todas las tuberías comprendidas en esta ITC deberán poder identificarse mediante el apropiado pintado de colores distintivos, según la siguiente forma:

Agua potable: Verde.

Agua caliente: Verde con banda blanca.

Agua condensada: Verde con banda amarilla.

Agua de alimentación: Verde con banda roja.

Agua de purga. Verde con banda negra.

Vapor saturado: Rojo.

Vapor sobrecalentado y recalentado: Rojo con banda blanca.

Vapor de escape: Rojo con banda verde.

Combustibles gaseosos: Amarillo.



Combustibles líquidos:

- Pesados: Marrón con banda negra.
- Ligeros: Marrón con banda amarilla.

## **Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP11.**

**ORDEN de 31 de Mayo de 1985 por la que se aprueba la I.T.C. MIE-AP11 que complementa el REAL DECRETO 1244/1979, de 4 de Abril. Reglamento de aparatos a presión. BOE núm. 148 de 21 de junio de 1985**

### **Primero.-**

Se aprueba la instrucción técnica complementaria MIE-AP-11 del Reglamento de Aparatos a Presión, que figura como anexo a la presente orden, referente a aparatos destinados a calentar o acumular agua caliente fabricados en serie.

### **Segundo.-**

Esta instrucción técnica complementaria entrará en vigor a los tres meses de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

## **ANEXO**

**Instrucción técnica complementaria MIE-AP-11, referente a aparatos destinados a calentar o acumular agua caliente fabricados en serie.**

### **1. Ámbito de aplicación**

Se incluyen en esta ITC los aparatos producidos en serie hasta 2.000 litros de capacidad y cuyo producto  $P$  por  $V$  sea igual o inferior a 10, donde  $P$  es la presión de diseño en bar y  $V$  el volumen en metros cúbicos, referente a: Acumuladores calentadores de agua, acumuladores para almacenamiento de agua caliente y depósito de expansión en circuitos de agua caliente.

Se excluyen de esta ITC las calderas para calefacción y mixtas de calefacción y agua caliente sanitaria.

Al amparo de lo dispuesto en el artículo 5 del Reglamento de Aparatos a Presión, no se consideran incluidos en dichos Reglamento los recipientes de hasta 10 litros de capacidad destinados a calentar o acumular agua caliente, si la presión de diseño es igual o inferior a 2 bar o en forma que el producto  $V$  por  $P$  sea menor o igual a 0,02.

### **2. Registro de tipo**

1. Por tratarse de aparatos sometidos a presión fabricados en serie deberán someterse al registro de tipo establecido en el artículo 6 del Reglamento de Aparatos a Presión.
2. Cuando se trate de aparatos de volumen inferior a 1.000 litros, con una presión máxima de servicio de 8 bar se admitirá en el expediente de registro de tipo que el cálculo de los elementos a presión pueda sustituirse por una prueba hidráulica realizada en el prototipo en la que se ponga de manifiesto que el aparato ha soportado sin fugas ni deformaciones permanentes las presiones que se indican a continuación:

- Circuitos sometidos a la presión de red de suministro de agua: Dos veces la presión máxima de servicio con un mínimo de 14 bar.
- Otros circuitos: Dos veces la presión máxima de servicio con un mínimo de 6 bar.

El acta de la prueba hidráulica a que se refieren los párrafos anteriores se acompañará a la documentación que se presente para solicitar el registro de tipo. Esta prueba se realizará bajo control de la entidad colaboradora que extienda el certificado de conformidad necesario para el citado registro.

3. En el proyecto técnico, que se acompañará a la solicitud de registro de tipo, se describirá:
  - Volumen de las partes a presión.
  - Superficie de intercambio.
  - Presión y temperatura de diseño.
  - Elemento de seguridad.
  - Materiales, espesores y tipos de soldadura.
  - Protección de las superficies internas (galvanizados, vitrificado, resinas u otros).
  - Descripción de las instalaciones del fabricante destinadas a construir el tipo que se quiere registrar, así como los sistemas de control de calidad que van a utilizarse.
  - Cualquier otra característica de interés.
4. Se exceptúan de este registro de tipo los acumuladores calentadores contemplados en el Reglamento de Aparatos Domésticos que utilizan energía eléctrica (aprobado por el Real Decreto 788/1980, de 28 de marzo), que ya incluye el registro de tipo en base a las normas UNE 20306, UNE 20342 y UNE 20371, con sus correspondientes exigencias de resistencia a la presión. Se excluyen asimismo del registro de tipo los recipientes hasta 20 litros de capacidad cuando la presión de diseño sea igual o inferior a 2 bar o cuando el producto  $P$  por  $V$  sea menor o igual a 0,04 ( $P$  en bar,  $V$  en metros cúbicos) si no están afectados por otro Reglamento específico.
5. Cuando se trate de aparatos obligados al registro de tipo por el Reglamento de Aparatos a Presión y a la aprobación de tipo por el Reglamento de Aparatos que utilizan combustibles gaseosos, ambas solicitudes podrán constituir una sola, incluyendo todos los documentos exigidos por ambos Reglamentos.

### 3. Modificaciones

A los efectos de lo establecido en el artículo séptimo del Reglamento de Aparatos a Presión no se considerarán como modificaciones que afecten a la seguridad del aparato las siguientes, siempre que sean hechas de acuerdo con las instrucciones dadas por el fabricante:

- La adecuación a una presión de servicio inferior a la de diseño correspondiente al tipo registrado si dicha modificación afecta solamente a la válvula de seguridad.
- El empleo de elementos, órganos y accesorios de regulación y de seguridad distintos a los indicados en el registro de tipo original o el cambio de su situación a posiciones equivalentes, siempre que cumplan los requisitos señalados en la presente instrucción.

#### 4. Fabricantes y usuarios

Los fabricantes y usuarios de los aparatos incluidos en esta ITC quedan exentos de la obligatoriedad de llevar el libro de registro a que se refieren los artículos 9 y 11 del Reglamento de Aparatos a Presión.

#### 5. Elementos de seguridad

1. Todos los aparatos incluidos en esta ITC se protegerán, como mínimo, con una válvula de seguridad regulada a una presión que no sobrepase la de diseño, con órganos de seguridad precintados, si la válvula dispone de un dispositivo que permita modificar la presión de tarado.

Dicha válvula será de elevación total, sistema de resorte y bastará para dar salida a todo el fluido producido en las condiciones más desfavorables, sin que el aumento de presión en el interior del aparato pueda sobrepasar en más de 1 bar a la presión de precinto y sin que con ello se pueda sobrepasar la presión de diseño del aparato.

2. Todo aparato acumulador y productor de agua caliente que utilice como medio de calentamiento la combustión o la energía eléctrica estará provisto de un termostato que regule la temperatura del agua, así como un limitador de temperatura independiente que interrumpa la fuente de calor cuando la temperatura de agua alcance un valor sensiblemente superior a la de ajuste del termostato.
3. El circuito calorportador de los aparatos con intercambio de calor, así como los depósitos de expansión para los circuitos de agua caliente, estarán también protegidos contra sobrepresiones si su presión máxima puede exceder de 0,5 bar; si éstos estuvieran conectados a una caldera, no será necesario colocar otra válvula de seguridad, por estar protegida la caldera contra sobrepresiones, a menos que entre la caldera y el calentador o el vaso de expansión exista un reductor de presión.
4. La descarga de la válvula o válvulas de seguridad deberá realizarse de tal forma que se impida eficazmente que el agua evacuada pueda producir daños a personas o bienes.

En ningún caso se instalará entre el aparato a proteger y la válvula de seguridad una válvula de cierre.

#### 6. Conformidad de la producción

1. Todos los aparatos incluidos en esta ITC sujetos a registro de tipo deberán someterse en la fábrica constructora a un seguimiento de la producción a efectos de comprobar que su fabricación se lleva a efecto de acuerdo con los tipos registrados.
2. Con dicho objeto el fabricante o importador habrá de presentar ante el órgano competente de la Administración al iniciar la fabricación del tipo de que se trate y posteriormente cada tres años, como máximo, un certificado extendido por una entidad colaboradora en el campo de la normalización y homologación en el que se acredite la permanencia de la idoneidad de los medios de producción y control de calidad utilizados en la fabricación de dicho tipo.

3. Será responsabilidad del fabricante o del importador, en su caso, la presentación del indicado certificado ante el mencionado órgano competente. La no presentación del mismo al iniciar la fabricación o posteriormente antes de transcurrir los plazos indicados supondrá la automática cancelación del registro de tipo.
4. Por razones de las especiales características de los aparatos debidamente justificadas podrá admitirse por el órgano competente de la Administración que los certificados antes mencionados sean emitidos por entidades de control extranjeras de reconocido prestigio.
5. Los aparatos sujetos a registro de tipo deberán ir marcados con la contraseña de registro de tipo que les haya sido asignada.

## **7. Primera prueba**

1. La prueba de presión a que se refiere el artículo 13 del Reglamento de Aparatos a Presión consistirá en someter a las diversas partes del aparato durante cinco minutos y sin que se aprecien fugas ni deformaciones permanentes a las siguientes presiones de prueba.
  - Las partes previstas para funcionar a la presión de la red de suministro de agua se someterán a 1,5 veces su presión de diseño, con un mínimo de 12 bar.
  - El resto de las partes se aprobará a 1,5 veces la presión de diseño que corresponde a su circuito.
2. Esta prueba de presión será efectuada por el órgano competente de la Comunidad Autónoma, por el fabricante del aparato o por una entidad colaboradora facultada para la aplicación del Reglamento de Aparatos a Presión.

## **8. Inspecciones y pruebas**

Los aparatos incluidos en esta ITC no estarán obligados a someterse a las inspecciones y pruebas prescritas en los artículos 14 y 16 del Reglamento de Aparatos a Presión.

## **9. Placas de identificación del aparato**

1. Los aparatos de la presente ITC llevarán en lugar de las placas de diseño e identificación prescritas en el Reglamento de Aparatos a Presión una placa de características, donde figurarán, como mínimo, los siguientes datos:
  - Nombre o razón social del fabricante o importador, en su caso.
  - Contraseña y fecha de registro de tipo.
  - Número de fabricación.
  - Presión máxima de servicio del aparato y de los eventuales intercambiadores térmicos en bar.
  - Capacidad en litros.

Esta placa de características podrá ser grabada o impresa, con la condición de que sea clara, duradera y resistente al uso, y se fijará en un lugar visible del aparato, por cualquier medio que asegure su inamovilidad.

2. Además, si el aparato tiene una capacidad superior a 10 litros y su presión de diseño es superior a 2 bar, en forma que el producto  $P$  por  $V$  sea mayor de 0,04 ( $P$  en bar,  $V$  en metros cúbicos), deberá acompañarse un esquema de la conexión de la instalación a la red de suministro de agua.

El esquema de la instalación incluirá la conexión a la red de suministro de agua, con las instrucciones oportunas para el instalador, con el objeto de que la instalación resultante disponga en la conducción de agua fría, junto a la entrada del acumulador y en el sentido de la acumulación de agua, de:

- Un grifo de cierre.
- Un purgador del control de estanquidad del dispositivo de retención.
- Un dispositivo de retención.
- Una válvula de seguridad cuya tubería de evacuación vierta libremente por encima del borde superior del elemento que recoge el agua (esta válvula de seguridad puede sustituir a la indicada en el punto 5). Dichos dispositivos podrán ser colocados por el instalador del aparato.

El esquema de instalación debe indicar que:

- La tubería de evacuación de la válvula de seguridad no debe ser empalmada directamente a un albañal.

Cuando la presión de suministro sea superior a la presión de diseño ha de preverse un reductor de presión calibrado a un valor no superior a la presión de diseño del recipiente.

## **10. Autorización de instalación y puesta en servicio**

Los aparatos incluidos en esta ITC no precisarán de autorización de instalación ni de puesta en servicio.

### **Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP13.**

**ORDEN de 11 de Octubre de 1988 por la que se aprueba la ITC MIE-AP13 que complementa el REAL DECRETO 1244/1979, de 4 de Abril. Reglamento de aparatos a presión. BOE núm. 253 de 21 de octubre de 1988**

#### **Primero.-**

**Se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP-13 del Reglamento de Aparatos a Presión, que figura como anexo a la presente Orden, referente a los intercambiadores de calor de placas de nueva fabricación.**

#### **Segundo.-**

La presente ITC entrará en vigor a los seis meses de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

### **DISPOSICIONES TRANSITORIAS**

#### **Primera.-**

A los intercambiadores de calor de placas instalados antes de la entrada en vigor de esta Instrucción Técnica Complementaria, sólo les será de aplicación, de lo que ésta prescribe, los apartados referentes a inspecciones y pruebas periódicas y dispositivos de seguridad y control de la instalación.

#### **Segunda.-**

Los intercambiadores de calor de placas construidos con tipos aprobados o registrados antes de la fecha de entrada en vigor de esta ITC podrán seguirse construyendo durante un plazo de seis meses contados a partir de la publicación en el «Boletín Oficial del Estado» de la presente disposición.

Para poder seguir construyendo los mencionados tipos, a partir de dicho plazo será necesario obtener un nuevo registro de tipo, para lo cual será suficiente presentar una Memoria descriptiva y un certificado extendido por una Entidad colaboradora facultada para la aplicación de la Reglamentación de Aparatos a Presión en los que se haga constar las variaciones introducidas en el tipo de que se trate y que el mismo cumple las especificaciones exigidas por esta ITC.

### **ANEXO**

**Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP-13 del Reglamento de Aparatos a Presión referente a intercambiadores de calor de placas.**

#### **1. Generalidades**

1. **Definiciones.**-A efectos de esta ITC, se adoptarán las siguientes definiciones:

1. Intercambiador de calor de placas.-Un intercambiador de calor de placas, ICP, es un aparato que transfiere energía térmica de un fluido a otro, ambos

circulando en círculos cerrados independientes, habiendo o no cambios de fase y sin que exista mezcla de fluidos.

Los ICP incluidos en esta ITC están constituidos por un conjunto de placas estampadas y corrugadas montadas en un bastidor común. Otros diseños intercalan placas intermedias de conexión para disponer, en un mismo ICP, de diferentes secciones.

La estanquidad y distribución de los fluidos que circulan por ambos circuitos del ICP se obtiene por:

Una junta de material adecuado que se sitúa en el perímetro de la placa de transferencia de calor y alrededor de los taladros de entrada/salida del fluido.

Soldadura en el perímetro de contacto de las placas de transferencia de calor.

El cierre hidráulico del ICP se obtiene sometiendo el conjunto de placas de transferencia de calor a un esfuerzo de compresión mediante los pernos de apriete o por medio de tuercas de apriete montadas en las barras guía y soporte del bastidor.

2. Presión de diseño.-Presión utilizada en el cálculo mecánico del ICP. La presión de diseño deberá ser mayor o igual que la presión máxima de servicio.
3. Presión de servicio.-Presión normal de trabajo del ICP a la temperatura de servicio.
4. Presión de prueba.-Presión a la que se somete el ICP para comprobar su resistencia en las condiciones estáticas a las que ha sido diseñado.
5. Temperatura de servicio.-Temperatura normal de trabajo del ICP.
6. Temperatura de diseño.-Temperatura utilizada en el cálculo mecánico del ICP, y deberá ser mayor o igual que la temperatura máxima de servicio.

## **2. Campo de aplicación**

La presente Instrucción abarca a los intercambiadores de calor de placas (ICP), quedando exceptuados de los preceptos de esta ITC aquellos cuyo potencial de riesgo, definido como se indica en el punto 3, sea igual o inferior a 100. Los cuales, al amparo de lo dispuesto en el artículo 5. del Reglamento de Aparatos a Presión, se considerarán igualmente excluidos del mismo.

Quedan excluidos de esta ITC los intercambiadores de calor de espiral.

Cuando por razón del lugar en que vayan a prestar servicio existan otras prescripciones reglamentarias, los ICP deberán cumplir además lo en ellas dispuesto, como complemento.

## **3. Clasificación de los intercambiadores de calor de placas**



Los ICP se clasificarán en las siete categorías definidas como a continuación se detalla, en función de las características del fluido que vayan a contener y de su potencial de riesgo, definido como el producto de la presión de diseño en bar por el volumen total contenido en ambos circuitos expresado en  $\text{dm}^3$ .

1. Potencial de riesgo.
  - Grupo 1: Mayor de 10.000.
  - Grupo 2: Mayor de 2.500 y menor o igual de 10.000.
  - Grupo 3: Mayor de 500 y menor o igual de 2.500.
  - Grupo 4: Menor o igual de 500.
2. Características de los fluidos.
  - Grupo A: Líquidos o gases tóxicos, ácidos, cáusticos o inflamables a cualquier temperatura. Se exceptúan de este grupo las soluciones ácidas o básicas para limpieza.
  - Grupo B: Vapor de agua.
  - Grupo C: Agua y otros fluidos no contenidos en A y/o B a temperatura superior a  $85\text{ }^\circ\text{C}$  y soluciones de limpieza.
  - Grupo D: Agua y otros fluidos no contenidos en A y/o B a temperatura inferior a  $85\text{ }^\circ\text{C}$ .
3. Categorías de intercambiadores de calor de placas.

**TABLA I**

Potencial de riesgo	Características del fluido			
	A	B	C	D
1	1A Categoría I	1B Categoría II	1C Categoría III	1 D Categoría IV
2	2A Categoría II	2B Categoría III	2C Categoría IV	2 D Categoría V
3	3A Categoría III	3B Categoría IV	3C Categoría V	3 D Categoría VI
4	4A Categoría IV	4B Categoría V	4 C Categoría VI	4 D Categoría VII

Si por el intercambio de calor de placas circulan fluidos pertenecientes a distintos grupos según lo definido en 3.2, para la definición de su categoría, se utilizará el de mayor peligrosidad.

#### **4. Complemento a las normas de carácter general establecidas en el Reglamento de Aparatos a presión**

1. Registro de tipos.-El registro previo de los tipos de intercambiadores de calor de placas se efectuará de acuerdo con el artículo 6. del Reglamento de Aparatos a Presión.

Dicho registro de tipo podrá solicitarse por fabricantes de cualquiera de los Estados miembros de la CEE legalmente reconocidos en su país de origen, o bien por importadores a los que se refiere el punto 4.5.2 de esta ITC.

Estos aparatos se registrarán con el máximo número de placas admisibles para cada tipo de bastidor, lo cual deberá consignarse en la correspondiente ficha técnica.

Las placas que se utilicen en estos ICP deberán ir acompañadas con un certificado, al que se adjuntará el protocolo de ensayos correspondiente, en el que se acrediten sus características mecánicas, químicas y presión de prueba extendido por el fabricante respectivo.

2. Conformidad de la producción.

1. Los intercambiadores de calor de placas comprendidos en el registro de tipo habrán de someterse a un control en las instalaciones del fabricante, a efectos de comprobar que su fabricación se lleva a cabo de acuerdo con los tipos registrados.

Con dicho objeto, el fabricante o importador habrá de presentar ante el órgano territorial competente de la Administración Pública, al iniciar la fabricación de un tipo registrado y, posteriormente, cada tres años, un certificado extendido por una Entidad de Inspección y control Reglamentario (ENICRE) en el que se acredite la permanencia de la idoneidad de los medios de producción y control utilizados en la fabricación del tipo.

Será responsabilidad del fabricante o importador, en su caso, la presentación del certificado citado en el párrafo anterior. La no presentación del mismo en los plazos establecidos supondrá la automática cancelación del registro del tipo correspondiente.

2. Por razones de las especiales características de los intercambiadores que se deseen importar, podrá admitirse por el Centro directivo del Ministerio de Industria y Energía competente en materia de seguridad industrial, que el certificado de conformidad de la producción sea emitido por una Entidad de control del país de origen, siempre que se justifiquen las causas que lo aconsejen.

Para aquellos intercambiadores de calor de placas procedentes de cualquiera de los Estados miembros de la Comunidad Económica Europea, el Ministerio de Industria y Energía deberá aceptar que el certificado de conformidad de la producción sea emitido por un Organismo de Control oficialmente reconocido en algún Estado de la CEE, siempre que haya sido notificado por el Estado de origen conforme a lo que especifica el artículo 13 de la Directiva 76/767/CEE. Dicho certificado deberá estar redactado, al

menos, en castellano o bien acompañado de traducción con efectos legales en España.

3. Primera prueba.-Todos los intercambiadores de calor de placas incluidos en esta ITC serán sometidos a una prueba de presión antes de su instalación; a una presión de como mínimo 1,3 veces la presión de diseño multiplicada por la relación entre la tensión admisible a la temperatura de servicio para los materiales empleados en la construcción del ICP, utilizando como fluido de prueba agua a la temperatura ambiente.

Salvo justificación adecuada, la primera prueba de presión se efectuará como a continuación se detalla:

En primer lugar se presurizará cada circuito a la presión de prueba, manteniendo el otro a presión atmosférica.

Después, llenos ambos circuitos del fluido de prueba, se presurizarán simultáneamente a la presión de prueba.

La prueba hidráulica se efectuará con una bomba adecuada, que contará con los dispositivos de seguridad necesarios para impedir de forma eficaz y segura que durante el ensayo pueda sobrepasarse la presión de prueba, la cual se mantendrá durante treinta minutos, como mínimo, sin que se observen figuras ni deformaciones permanentes.

Los manómetros que indican la presión de prueba estarán debidamente calibrados y se procurará que la lectura se sitúe en el tercio central de la escala del manómetro.

La primera prueba de presión de los intercambiadores de calor de placas, categorías I, II, III2B, III3A, se realizará bajo la supervisión del órgano territorial competente de la Administración Pública o, si ésta lo estima conveniente, por una Entidad de Inspección y Control Reglamentario.

En el caso de tratarse de intercambiadores de calor de placas procedentes de cualquiera de los Estados miembros de la Comunidad Económica Europea, el Ministerio de Industria y Energía deberá aceptar que la primera prueba de presión sea realizada bajo la supervisión de un Organismo de control oficialmente reconocido en algún Estado de la CEE, siempre que haya sido notificado por el Estado de origen conforme a lo que especifica el artículo 13 de la Directiva 76/767/CEE. El acta correspondiente deberá estar redactada, al menos, en castellano o bien acompañada de traducción con efectos legales en España.

Los intercambiadores de calor de placas de las restantes categorías serán probados por el control de calidad del fabricante de cualquier Estado miembro de la CEE, o del instalador si el aparato se monta en el lugar de emplazamiento, quedando en todo caso constancia escrita de las pruebas.

Si el resultado de las pruebas es positivo, se grabará la correspondiente placa de diseño de acuerdo con lo indicado en el artículo 20 del Reglamento de Aparatos a

Presión.

4. Inspecciones y pruebas periódicas.-El alcance de las inspecciones y pruebas periódicas a las que deberán someterse los intercambiadores de calor de placas amparados por esta ITC es, según sus categorías, el siguiente.

a. Inspección exterior.

Consistirá, como mínimo, en una inspección visual de las zonas del intercambiador de calor de placas sometidas a mayores esfuerzos (bastidor, pernos de apriete, pernos de las conexiones, etc.), de los elementos de seguridad de la instalación, como válvulas de seguridad, manómetros, etc., así como de los elementos de identificación y demás características del ICP, por si han sufrido manipulaciones no adecuadas.

b. Prueba de presión.

Consistirá en una prueba hidrostática efectuada en las mismas condiciones que la primera prueba.

En casos debidamente justificados, el usuario podrá sustituir el fluido de prueba por otro distinto del agua, siempre que éste no afecte a los materiales del intercambiador de calor de placas y esté a una temperatura 15 °C por debajo de su punto de ebullición a presión atmosférica.

En cualquier prueba sustitutiva, las condiciones de la misma serán presentadas por el usuario ante el órgano territorial competente de la Administración, para su aprobación.

5. Los anteriores controles y pruebas serán efectuados por el usuario u órgano territorial competente de la Administración Pública o, si éste lo estima conveniente, por una Entidad de Inspección y Control Reglamentario (ENICRE), según la categoría del aparato y la tabla II de esta ITC.

**6. TABLA II**

<b>Categoría</b>	<b>Características de los fluidos</b>	<b>Inspección exterior</b>	<b>Prueba de presión</b>
I	A	Cada 3 años; usuario	Cada 10 años; órgano territorial competente o ENICRE
II	A, B	Cada 4 años; usuario	Cada 10 años; órgano territorial competente o ENICRE
III	A, B, C	Cada 5 años; usuario	Cada 10 años; órgano territorial competente o ENICRE
IV	A, B	Cada 5 años; usuario	No se requiere

IV	C, D	No se requiere	No se requiere
V	B, C, D	No se requiere	No se requiere
VI	C, D	No se requiere	No se requiere
VII	D	No se requiere	No se requiere

7. En cualquier caso quedará constancia escrita de las pruebas, levantándose acta y entregando copia al órgano territorial competente de la Administración Pública, otra al titular del aparato y la tercera, en su caso, quedará en poder de la Entidad de Inspección y Control Reglamentario.
8. Fabricantes e importadores.
  0. Fabricante.-Es la persona física o jurídica que, cumpliendo todas las condiciones legales que correspondan, construye los aparatos incluidos en esta ITC.

Los fabricantes españoles de aparatos incluidos en esta ITC cumplirán, como mínimo, las siguientes condiciones:

- a. Estar inscritos en el Registro de Fabricantes de Aparatos a Presión que a tal efecto llevará el órgano territorial competente de la Administración Pública donde radiquen sus talleres.
  - b. Responsabilizarse de que los aparatos fabricados por ellos cumplan las condiciones reglamentarias.
  - c. Disponer de, al menos, un técnico titulado competente, responsable del cumplimiento de las condiciones reglamentarias, incluidos el diseño, fabricación y pruebas.
  - d. Llevar un Libro Registro en que consten las características de los aparatos fabricados, fecha y número de fabricación y fecha de la primera prueba de acuerdo con lo exigido en esta ITC.
  - e. Proporcionar asistencia técnica en todo el territorio nacional, bien por sí mismo o a través de instaladores, a los usuarios de los aparatos fabricados.
  - f. Tener cubierta la responsabilidad civil que pueda derivarse de sus actuaciones, mediante la correspondiente póliza de seguros, por una cuantía mínima de 15.000.000 de pesetas (90.151,82 €) por siniestro, con cláusula de actualización anual de acuerdo con el Índice de Precios al Consumo del Instituto Nacional de Estadística.
1. Importador.-Es la persona física o jurídica que, reuniendo las condiciones legales, se dedica a la importación de los aparatos incluidos en esta ITC.

Todo importador de aparatos incluidos en esta ITC deberá acreditar ante el órgano territorial competente de la Administración Pública que cumple, como mínimo, las siguientes condiciones:

- a. Responsabilizarse de que los aparatos importados por ellos cumplan las condiciones reglamentarias.

- b. Disponer de, al menos, un técnico titulado competente, responsable del cumplimiento de las condiciones reglamentarias, incluidos el diseño, fabricación y pruebas.
- c. Llevar un Libro de Registro en que consten la características de los aparatos importados, fecha y número de fabricación y fecha de la primera prueba de acuerdo con lo exigido en esta ITC.
- d. Proporcionar asistencia técnica en todo el territorio nacional, bien por sí mismo o a través de instaladores, a los usuarios de los aparatos importados.
- e. Tener cubierta la responsabilidad civil que pueda derivarse de sus actuaciones, mediante la correspondiente póliza de seguros, por una cuantía mínima de 15.000.000 de pesetas (90.151,82 €) por siniestro, con cláusula de actualización anual de acuerdo con el Índice de Precios al Consumo del Instituto Nacional de Estadística.

No obstante lo indicado con anterioridad, cuando se trate de aparatos procedentes de algún Estado miembro de la CEE, los apartados b) y e) no serán de aplicación; asimismo, el apartado a) se sustituirá por el texto siguiente:

- f. Responsabilizarse de que los aparatos importados por ellos no han sido alterados en relación con los suministrados por el fabricante.
2. Para los intercambiadores de calor de placas de potencial de riesgo igual o menor de 500 y que utilicen fluidos de características correspondientes a los grupos C y D (punto 3) se exige a los fabricantes e importadores de la obligación de anotarlos en el Libro de Registro mencionado en el artículo 9. del Reglamento de Aparatos a Presión.
9. Instalador.-Es la persona física o jurídica que efectúa la instalación de los intercambiadores de calor de placas y sus elementos auxiliares, y que figura inscrita en el Registro correspondiente del órgano territorial competente de la Administración Pública.

Los instaladores deberán cumplir, como mínimo, lo siguiente:

- . Estar inscritos en el Registro correspondiente del órgano territorial competente de la Administración Pública.
  - a. Responsabilizarse de que la ejecución de las instalaciones se lleve de acuerdo con las normas reglamentarias de seguridad, que han sido efectuadas con resultado satisfactorio las pruebas y ensayos exigidos y que los intercambiadores de calor que instalan cumplen lo requerido en esta ITC.
  - b. Tener cubierta la responsabilidad civil que pueda derivarse de sus actuaciones mediante la correspondiente póliza de seguros, por una cuantía mínima de 15.000.000 de pesetas (90.151,82 €) por siniestro, con cláusula de actualización anual de acuerdo con el índice de precios al consumo del Instituto Nacional de Estadística.
10. Usuario.-Es la persona física o jurídica propietaria o explotadora de la instalación en la que está ubicado el ICP.

El titular del intercambiador de calor de placas será responsable de su

conservación, de que las inspecciones y pruebas periódicas se realicen en las fechas reglamentarias y de solicitar las autorizaciones oficiales requeridas en esta ITC.

11. Instalación y puesta en servicio.-La instalación de los intercambiadores de calor de placas comprendidos en esta ITC no requieren tramitación alguna para su instalación a excepción de los de categoría I, II, III (3A) y III (2B) según se ha definido en el punto 3, tabla I, de esta ITC. Los cuales tramitarán su instalación y puesta en servicio conforme a lo establecido en el Real Decreto 2135/1980, de 26 de septiembre, sobre liberación industrial, y Orden de 19 de diciembre de 1980, que establece la norma de procedimiento y desarrollo de dicho Real Decreto.

El proyecto que debe presentarse a efectos del citado Real Decreto comprenderá como mínimo los siguientes extremos:

0. Características del ICP en cuestión:
  - Fluidos contenidos y sus características.
  - Presiones de diseño y servicio.
  - Acta de la primera prueba de presión.
  - Volumen total.
  - Elementos de seguridad en los sistemas de alimentación, incluyendo consideraciones de seguridad por exceso de presión y medidas de presión y temperatura en función de la aplicación a la que se destine el aparato.
  - Guía de primeros auxilios en caso de accidente.
1. Datos del fabricante y, en su caso, del importador.
  - Nombre y razón social.
  - Año de fabricación.
  - Número de fabricación.
2. Datos del instalador del ICP.
  - Nombre y razón social.
3. Clase de industria a la que se destina el intercambiador de calor de placas y ubicación de la misma.
4. Planos.
  - Planos de emplazamiento del ICP.
  - Planos de conjunto.
  - Esquema general de la instalación.
12. Placas de identificación y diseño.-Todos los intercambiadores de calor de placas objeto de esta ITC irán provistos de las placas de identificación y diseño, escritas al menos en castellano, previstas en el artículo 19 del Reglamento de Aparatos a Presión.

## 5. Diseño y construcción

Para el diseño mecánico de los intercambiadores de calor de placas se utilizará uno de los siguientes códigos u otro internacionalmente reconocido.

- ASME (USA).
- A-D MERKBLATTER (República Federal de Alemania).
- Código Sueco de Recipientes a Presión (Suecia).



- CODAP (Francia).
- British Standard (Reino Unido).

En cualquier caso se podrán utilizar los códigos vigentes en los Estados miembros de la CEE, siempre que permitan alcanzar de forma satisfactoria el nivel de seguridad que establece la presente ITC.

Una vez elegido el código de diseño, se aplicará en su totalidad, sin poderse efectuar mezclas de cálculos de diferentes códigos.

En lo relativo a materiales, podrán utilizarse otros distintos a los requeridos por el código de diseño siempre que tecnológicamente sean equivalentes, manteniéndose la misma relación especificada en el código de diseño y la tensión de rotura.

## **6. Elementos de seguridad y control**

El particular diseño de los intercambiadores de calor de placas no requiere que estos vayan provistos de válvulas de seguridad u otros dispositivos limitadores de la presión específicos.

No obstante se garantizará en la instalación que no se sobrepasen los valores de la presión de diseño.

Cuando por el intercambiador de calor de placas circulen fluidos:

- A una temperatura superior a su temperatura de ebullición a presión atmosférica.
- Vapor recalentado.
- Tóxicos, ácidos o cáusticos (exceptuándose las soluciones de limpieza), y el potencial de riesgo, producto de la presión en bar por el volumen en decímetros cúbicos, sea superior a 1.000, deberá protegerse el paquete de placas con una pantalla protectora para evitar que eventuales proyecciones puedan alcanzar a las personas que circulen en las proximidades del mismo.

## **7. Modificaciones de aplicación**

Una de las características del intercambiador de calor de placas es su flexibilidad.

Su particular diseño permite que añadiendo o retirando placas puedan cumplirse distintos programas térmicos y por tanto con un mismo bastidor puedan satisfacerse aplicaciones diferentes.

Por ello, cuando un intercambiador de calor de placas ya instalado se quiere utilizar en otra aplicación distinta a la del diseño original, el usuario aplicará los requisitos siguientes:

1. Para los ICP que no cambien de categoría según punto 3, tabla I, de esta ITC no se requiere ninguna tramitación administrativa.

El usuario debe asegurarse de que el intercambiador de calor de placas puede utilizarse con las nuevas presiones y que sus materiales son compatibles con los



nuevos fluidos y temperaturas.

2. Si la nueva categoría del intercambiador de calor de placas, según punto 3, tabla I, de esta ITC, corresponde a las I, II, III (3A) y III (2B) la modificación se tramitará como si de un aparato nuevo se tratase.
3. No se entenderá por aplicación distinta a la original el hecho de añadir o retirar placas de transferencia de calor para, con los mismos fluidos, satisfacer otros programas térmicos.

## **8. Emplazamiento**

El emplazamiento de los intercambiadores de calor de placas será tal que permita el acceso para las operaciones habituales de funcionamiento, inspección, mantenimiento y pruebas periódicas.

Para las normas de carácter general se regirá por lo establecido en la presente ITC y demás legislación vigente, además se cumplirán las Instrucciones específicas recomendadas por el fabricante de cuyo cumplimiento se responsabiliza el instalador.

En Pamplona a 8 de Abril de 2011,

Firmado: Sergio Varea Pérez



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR PARA LA  
INDUSTRIA ALIMENTARIA

## PRESUPUESTO

Alumno: Sergio Varea Pérez

Tutor: Eduardo Pérez de Eulate Arzoz

Pamplona, 8 de Abril de 2011

**PRESUPUESTO**

A continuación se muestra, detallando los distintos apartados de cada capítulo, el presupuesto final del proyecto descrito en las páginas anteriores:

<b>Codigo</b>	<b>Concepto</b>	<b>Cant.</b>	<b>Ud.</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Importe Total</b>	<b>Total Capítulo</b>
Capítulo						
1 :	MATERIAL					<b>167.514,00 €</b>
<b>ELEMENTOS</b>						
1.1	<b>PRINCIPALES</b>					
1.1.1	<b>DEPÓSITO</b>					11.641,00
	Cuerpo	1,00		7.265,00	7.265,00	
	Agitador	1,00		2.100,00	2.100,00	
	Entradas	4,00		125,00	500,00	
	Salidas	2,00		125,00	250,00	
	Bancada	1,00		300,00	300,00	
	Tubería	12,00	m.	30,00	360,00	
	Bolas de limpieza	2,00		433,00	866,00	
1.1.2	<b>FILTROS</b>					3.664,00
	Filtro tipo "Y"	2,00		1.832,00	3.664,00	
1.1.3	<b>BOMBAS</b>					24.300,00
	Bomba de producto	1,00		13.000,00	13.000,00	
	Bomba de limpieza	1,00		6.500,00	6.500,00	
	Bomba circuito agua caliente	1,00		4.800,00	4.800,00	
1.1.4	<b>INTERCAMBIADOR</b>					82.510,00
	<b>Calentamiento</b>					
	Tubo interior	7,00	tramos	780,00	5.460,00	
	Tubo intermedio	7,00	tramos	1.320,00	9.240,00	
	Tubo exterior	7,00	tramos	2.150,00	15.050,00	
	<b>Unidad de mantenimiento</b>					
	Tubo interior	1,00	tramos	1.320,00	1.320,00	
	Tubo exterior	1,00	tramos	2.150,00	2.150,00	
	<b>Enfriamiento</b>					
	Tubo interior	10,00	tramos	950,00	9.500,00	

Tubo intermedio	10,00 tramos	1.540,00	15.400,00	
Tubo exterior	10,00 tramos	2.439,00	24.390,00	
1.1.5 BASTIDOR				6.932,00
Perfil cuadrado	50,00 m.	130,00	6.500,00	
Abrazaderas tubos	36,00	12,00	432,00	
1.2 ELEMENTOS DE CONTROL				24.347,00
1.2.1 VALVULAS			16.002,00	
Valvulas de dos vías	8,00	1.284,00	10.272,00	
Valvulas de tres vías	4,00	345,00	1.380,00	
Valvulas de control	15,00	290,00	4.350,00	
1.2.4 NIVELES			2.550,00	
Nivel de depósito	1,00	350,00	350,00	
Nivel de tipo inductivo	2,00	1.100,00	2.200,00	
1.2.3 MOTORES			1.600,00	
Motor agitador	2,00	275,00	550,00	
Motor para bomba	3,00	350,00	1.050,00	
1.2.2 SONDAS			4.195,00	
Sondas de presión	5,00	289,00	1.445,00	
Sondas de temperatura	5,00	550,00	2.750,00	
1.3 AUTOMATIZACIÓN				11.900,00
ARMARIO DE ACERO				
1.3.1 INOXIDABLE	1,00	1.500,00	1.500,00	
CPU OMRON ( Entradas y				
Salidas )	1,00	1.900,00	1.900,00	
1.3.2 PANTALLA TÁCTIL	1,00	3.000,00	3.000,00	
CABLEADO Y				
1.3.4 CONEXIONES	1,00	5.500,00	5.500,00	
1.4 OTROS MATERIALES				2.220,00
1.4.1 TORNILLERÍA	1,00	600,00	600,00	
1.4.2 ÚTILES DE SOLDADURA	1,00	1.500,00	1.500,00	
ELEMENTOS DE				
1.4.3 NIVELACIÓN			120,00	
Elementos de anclaje	12,00	10,00	120,00	

Capítulo **MONTAJE E**  
2: **INSTALACIÓN** **21.860,00 €**

2.1 MONTAJE MECÁNICO 17.760,00  
MANO DE OBRA 480,00 h. 37,00 17.760,00

2.2 MONTAJE ELÉCTRICO 4.100,00  
MANO DE OBRA 100,00 h. 41,00 4.100,00

Capítulo **INGENIERÍA Y**  
3: **SUPERVISIÓN** **8.805,00 €**

Realización y estudio 100,00 h. 60,00 6.000,00

Dirección de obra 35,00 h. 55,00 1.925,00

Puesta en marcha 16,00 h. 55,00 880,00

**RESUMEN PRESUPUESTO**

Capítulo  
1 : MATERIAL **167.514,00 €**

Capítulo  
2: MONTAJE E INSTALACIÓN **21.860,00 €**

Capítulo INGENIERÍA Y  
3 : SUPERVISIÓN **8.805,00 €**

**SUMA DE CAPITULOS TOTAL: 198.179,00 €**

**Asciende el presupuesto de ejecución material a la cantidad de Ciento noventa y ocho mil ciento setenta y nueve euros.**

• <b>GASTOS GENERALES</b>	<b>9908,95 €</b>
• <b>BENEFICIO INDUSTRIAL</b>	<b>19817,90 €</b>
	<b>TOTAL: 227905,85 €</b>

• <b>I.V.A. (18%)</b>	<b>41023,05 €</b>
-----------------------	-------------------

**TOTAL PPTO. EJECUCIÓN POR CONTRATA 268928,90 €**

**El total del presupuesto asciende a la cantidad de Doscientos sesenta y ocho mil novecientos veintiocho euros con noventa céntimos.**

En Pamplona a 8 de Abril de 2011,

Firmado: Sergio Varea Pérez

Sergio Varea Pérez

4



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR PARA LA  
INDUSTRIA ALIMENTARIA

## BIBLIOGRAFÍA

Alumno: Sergio Varea Pérez

Tutor: Eduardo Pérez de Eulate Arzo

Pamplona, 8 de Abril de 2011

## **INTRODUCCIÓN**

Durante la realización del proyecto ha sido necesaria la consulta de cantidad de información relacionada con los distintos temas que en él se han tratado.

Esta información se ha ido recopilando de diversas formas y de los diferentes medios de los que se dispone para hacer acopio de este tipo de material. A continuación se hace una clasificación de dicha información dependiendo de su origen.

## **LIBROS, ARTÍCULOS Y PUBLICACIONES**

Entre los distintos recursos con los que se ha contado para conocer esta información se encuentran una serie de publicaciones que se han utilizado como libros de referencia y artículos de consulta, son los siguientes:

-PRINCIPIOS Y TRANSFERENCIA DE CALOR. Kreith, F.; Bohn, M.S. Ed: Thomson Paraninfo 2002.

-FUNDAMENTOS DE TERMODINÁMICA TÉCNICA. Moran, M.J; Shapiro, H.N. Ed.: Reverté 2004.

-MECÁNICA DE FLUIDOS. White, Frank. M. Ed: McGraw-Hill 2004.

-TRANSFERENCIA DE CALOR. 2ª Ed. Cengel, Yunus A. Ed: McGraw-Hill 2004.

-FUNDAMENTOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR. 4º Ed. Incropera, Frank P.; DeWitt David P. Ed: Pearson Prentice Hall.

-INTERCAMBIADORES DE CALOR. Jaramillo, O. A. Ed: UNAM 2007.

-MANUAL PARA EL CALCULO DE INTERCAMBIADORES DE CALOR Y BANCOS DE TUBOS ALETADOS. 1ªEd. Pysmenny; Polupan; Carvajal; Sánchez. Ed.: Reverté 2007

-TRANSFERENCIA DE CALOR EN INGENIERIA DE PROCESOS. 1ª Ed. Eduardo Cao

-TRANSFERENCIA DE CALOR. 1ª Ed. Holman J. P. Ed: McGraw-Hill. 2000.

-PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR. Donald Q. Kern. Ed: McGraw-Hill. 2000.

-INGENIERÍA DE ALIMENTOS. Sharma; Mulvaney; Rizvi. Ed: Limusa Wiley.

-ECUACIONES DE LOS BALANCES Y DE LAS LEYES DE CONSERVACIÓN EN TERMODINÁMICA Y MECÁNICA DE FLUIDOS. Sala Lizarraga, José Mª; González Bustamante, José Alberto. Ed: UPV.



-INGENIERÍA TÉRMICA. 1ª Ed. Muñoz Domínguez, Marta; Rovira de Antonio, Antonio José. 2006.

## **PÁGINAS WEB**

Otra fuente de información muy importante y de la cual se han obtenido la mayor parte de los recursos necesarios para la redacción de este proyecto o bien, las pautas para conseguir dichos recursos es Internet.

A continuación se citan los dominios de internet visitados, bien para la descarga de documentación o bien, simplemente para la consulta de información:

- [www.google.com](http://www.google.com)
- [www.spiraxarco.com](http://www.spiraxarco.com)
- [www.apv.com](http://www.apv.com)
- [www.monografias.com](http://www.monografias.com)
- [www.unavarra.es](http://www.unavarra.es)
- [www.directindustry.es](http://www.directindustry.es)

## **NORMAS Y REGLAMENTOS**

Para elaborar el presente proyecto se han consultado una serie de normas y reglamentos que están contenidas en las publicaciones que a continuación se listan:

- Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias
- ITC-MIE-AP2, relativa a tuberías para fluidos relativos a calderas.
- ITC-MIE-AP-11, referente a aparatos destinados a calentar o acumular agua caliente fabricados en serie.
- ITC-MIE-AP-13 del Reglamento de Aparatos a Presión referente a intercambiadores de calor de placas.

En Pamplona a 8 de Abril de 2011,

Firmado: Sergio Varea Pérez