

2 Ej. No. 46



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

METODOLOGIA DE CALCULO DE
UN DESOBRECALENTADOR

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A
NELIDA GUZMAN LOPEZ

Mexico, D. F.

1984



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

	Pág.
Introducción	1
Capitulo I Generalidades	3
1.0 Antecedentes	3
2.0 Principales causas que originan el uso de sobrecalentamiento	3
3.0 Rango de capacidad y sobrecalentamiento.	4
3.1 Grado de sobrecalentamiento	5
4.0 Agua de sobrecalentamiento	6
5.0 Especificación del equipo	6
5.1 Corrientes de vapor de agua	6
5.2 Corrientes de proceso	12
6.0 Componentes de un sistema de sobrecalentamiento a contacto indirecto.	12
6.1 Tabla comparativa de sobrecalentadores a contacto directo e indirecto.	14
7.0 Localización	15
7.1 Desobrecalentamiento de condensación.	15
7.2 Desobrecalentamiento intermedio .	16
7.3 Desobrecalentamiento de enfriamiento posterior.	17
Capitulo II Tipos de Desobrecalentadores	18
1.0 Definición de sobrecalentador .	18
2.0 Principios de operación	18
3.0 Aplicaciones	19
4.0 Desobrecalentadores tipo espuma .	20
4.1 Desobrecalentador de boquilla con orificio fijo.	21
4.2 Desobrecalentador de superficie de absorción.	23
4.3 Desobrecalentador atomizante de vapor.	25

	Pág.
4.4 Desobrecalentador tipo eyector de vapor.	27
4.5 Desobrecalentador de boquilla de inyección.	31
5.0 Desobrecalentadores de contacto . turbulento.	33
5.1 Desobrecalentador tipo venturi ..	33
5.2 Desobrecalentador de orificio ... variable.	38
5.3 Desobrecalentador tipo orificio . venturi-anular.	40
6.0 Válvula desobrecalentadora- reductora de presión.	40
7.0 Desobrecalentadores del tipo de . superficie.	43
7.1 Desobrecalentador del tipo de cabezal	43
7.2 Desobrecalentador de cuerpo de acero con tubos.	45
7.3 Desobrecalentador del tipo sumergido.	45
 Capítulo III Metodología de Cálculo de un desobrecalentador.	 49
1.0 Expresiones matemáticas que describen la operación de desobrecalentamiento.	49
1.1 Desobrecalentamiento de vapor ... agua.	49
1.2 Desobrecalentamiento de gases ...	50
2.0 Diagrama de bloques de la metodología de cálculo.	51
2.1 Metodología de cálculo de un desobrecalentador	52
3.0 Ejemplo	55
4.0 Hoja de datos	60

	Pág.
Capítulo IV Dimensionamiento Estimado por el Fabricante.	62
1.0 Determinación de la línea de baja presión.	62
2.0 Determinación de la caída de presión.	62
3.0 Distancia mínima permitida para la colocación del elemento de temperatura.	63
4.0 Cálculo del rango de capacidad ..	64
Capítulo V Control Automático para un Sistema..... de sobrecalentamiento.	69
Capítulo VI Procedimiento de Adquisición de un ... Desobrecalentador y Tabulación de Cotizaciones.	73
1.0 Elaboración del paquete de requisiciones.	73
2.0 Evaluación técnica y económica ..	76
3.0 Tabulación de cotizaciones	76
4.0 Orden de compra	77
Conclusiones	80
Nomenclatura	82
Bibliografía	83

INTRODUCCION

La aplicación de los desobrecalentadores usados en la regulación de la temperatura de vapores sobrecalentados, se hizo necesaria por consideraciones de tipo económico y para garantizar una operación mecánica confiable.

En las plantas en las que se tiene una gran demanda de vapor destinado a diversos servicios específicos, resultaría antieconómico disponer de generadores de vapor para cada uno de ellos; aún cuando esto fuera posible, se tiene la limitante de su costo elevado.

Por lo que resulta más económico y práctico generar la cantidad total de vapor requerida en la planta mediante un sólo generador de vapor y luego regular la carga necesaria para cada servicio; para este efecto y con el fin de asegurar las condiciones de alimentación de vapor a los servicios que lo requieran, se hace necesario para algunos casos específicos el empleo de un desobrecalentador.

Para estos casos puede resultar beneficioso el uso de desobrecalentadores de vapor. Entre sus ventajas principales, se encuentran la de obtener una regulación de temperatura a bajo costo, además el ahorro que representa el hacer innecesario el uso de termoprotectores en gran parte de la tubería.

El presente trabajo se realiza con el objeto de proporcionar una guía al ingeniero que se encarga de la selección de un desobrecalentador y en el procedimiento de cálculo de este equipo, para seleccionar correctamente el mismo.

También se hace una breve descripción de los diferentes ti-

pos de desobrecalentadores, su funcionamiento y sus condiciones de operación.

Finalmente se presenta la hoja de datos típica de un desobrecalentador.

CAPITULO I GENERALIDADES

1.0 ANTECEDENTES

Siempre que el vapor sobrecalentado está disponible a una temperatura demasiado alta es necesario efectuar un desobrecalentamiento. Lo que se pretende es regular la temperatura del vapor a las condiciones requeridas por la planta con una mínima caída de presión en el mismo. Aparentemente el desobrecalentamiento parecería un derroche de energía. ¿Por qué empezar por sobrecalentar el vapor más allá de nuestras necesidades y luego invertir el proceso y desobrecalentarlo?

En la tecnología actual, las plantas que requieren vapor a distintas calidades para servicios específicos; ya sea para calentamiento o para potencia, es más económico generar la cantidad total requerida mediante un generador de vapor a las condiciones de presión y temperatura lo suficientemente altas para satisfacer las necesidades de la planta; y posteriormente regular la carga para cada servicio.

En estaciones generadoras de potencia, por ejemplo, las temperaturas del vapor se elevan cuando las cargas son ligeras. Esto requiere desobrecalentamiento entre etapas o al final del sobrecalentador. En plantas que generan vapor para potencia y proceso, el vapor sobrecalentado, algunas veces se pasa directamente a proceso cuando la demanda de potencia disminuye. Este vapor puede ser demasiado caliente para el proceso que se efectúa y por tanto es necesario desobrecalentarlo.

2.0 PRINCIPALES CAUSAS QUE ORIGINAN EL USO DE DESOBRECALENTAMIENTO.

- a) Por motivos económicos, como ya se mencionó, se prefiere generar vapor a temperatura y presión altas.

- b) El vapor se transporta más eficientemente a presión y temperaturas altas. Debido a su volumen específico bajo, la velocidad puede ser alta y como consecuencia, la tubería será de dimensiones reducidas.
- c) La eficiencia de una turbina para generación de potencia será óptima cuando se usa vapor sobrecalentado de alta presión. Sin embargo, para muchas otras aplicaciones del vapor no se requiere ni presión ni temperatura altas por no ser óptimas para el buen funcionamiento o eficiencia del sistema.
- d) En las calderas, la temperatura varía debido a las fluctuaciones en la carga, y si la temperatura del vapor sobrecalentado generado no es regulada, por medio de un desobrecalentador, la tubería y los accesorios serían dañados en un periodo corto, como resultado de los esfuerzos de los materiales.

3.0 RANGO DE CAPACIDAD Y SOBRECALENTAMIENTO

El rango de capacidad del desobrecalentador se define como sigue: es la relación del flujo máximo al flujo mínimo de vapor, a la cual la temperatura puede ser controlada con exactitud.

El flujo mínimo controlable está en función de la velocidad mínima de vapor que mantiene el agua en suspensión hasta que se evapora, así el rango de capacidad es una función de la velocidad del vapor. Por ejemplo, si el flujo máximo de vapor es de 100,000 kg/h, y el flujo mínimo controlable es de 10,000 kg/h, el rango de capacidad es 10:1.

La velocidad mínima de vapor, es una característica para cada tipo de desobrecalentador. Los fabricantes suministran la información necesaria para obtener esa velocidad, que está en función del grado de sobrecalentamiento inicial y final del vapor.

El rango de capacidad es un parámetro tan importante como los demás requerimientos de la planta. El cual es también una característica de cada equipo y es un factor importante en la selección del sobrecalentador.

El sobrecalentamiento residual del vapor deberá ser tan alto con respecto al punto de saturación, como práctico para garantizar la obtención del control óptimo de la temperatura del vapor desobrecalentado. Mientras mayor es el grado de sobrecalentamiento residual, el control de la temperatura del vapor desobrecalentado es más preciso. Si el equipo que sigue al desobrecalentador puede resistir altos grados de sobrecalentamiento es innecesario controlar la temperatura con exactitud.

3.1 GRADO DE SOBRECALENTAMIENTO

El calor aplicado al agua contenida en un depósito cerrado, la transforma en vapor. En tanto permanezca cierta cantidad de líquido en el recipiente, la temperatura del agua y del vapor permanecerán iguales y sustancialmente constantes manteniéndose el vapor en estado húmedo, o sea en estado de saturación. La temperatura del vapor será determinada por su presión, ya que para cada presión de vapor saturado hay una temperatura correspondiente. La cantidad de calor agregada a determinada unidad de peso de agua, es también constante para una presión dada de vapor saturado. Una vez que toda el agua se ha evaporado o cuando el vapor se retira del contacto con el líquido, el suministro adicional de calor aumentará su temperatura.

La producción de vapor a temperaturas superiores a la de saturación recibe el nombre de sobrecalentamiento. La temperatura agregada se llama grado de sobrecalentamiento. Las condiciones de éste se expresan, ya sea indicando la temperatura real, o bien los grados de sobrecalentamiento para una presión dada.

4.0 AGUA DE DESOBRECALENTAMIENTO

Para desobrecalentadores del tipo de contacto superficial, el medio de enfriamiento que utilizan es el agua de alimentación a calderas.

Para desobrecalentadores de contacto directo, el agua de desobrecalentamiento deberá ser del más alto grado de pureza, ya que el contenido de sólidos puede ocasionar la incrustación de depósitos en tubos del sobrecalentador, en las tuberías de distribución o en las paletas de la turbina; y ocasionarán trastornos, o bien pueden originar la abrasión de las paletas de la turbina.

El agua del condensado o de la alimentación de la caldera dan un resultado satisfactorio, siempre que los arrastres del condensado o el tratamiento del agua de la caldera contengan una cantidad de sólidos dentro del rango recomendado para este equipo. Una fuente de agua de extremada pureza, es el condensado de calentadores de alta presión y a prueba de corrosión. El contenido total de sólidos del agua de atomización no debe exceder de 2.5 ppm.

5.0 ESPECIFICACION DEL EQUIPO

El equipo, desobrecalentador, por especificar puede ser para cualquiera de sus dos aplicaciones, cuando se trata de proceso o en caso de vapor sobrecalentado.

5.1 CORRIENTES DE VAPOR DE AGUA

En la instalación de todo desobrecalentador, es determinante para su funcionamiento satisfactorio, el observar ciertas reglas básicas que así lo garanticen:

- I. Especificar el rango de capacidad necesario para la operación. Este estará determinado por los flujos máximo y mínimo de vapor sobrecalentado que se procesarán. Es un error especificar un rango de capacidad

mayor del requerido ya que esto repercute en el costo, éste incrementado podría despreciarse pero el funcionamiento del sistema se ve afectado a rangos mayores que el necesario.

- II. En el caso en que no se requiera vapor saturado, especificar el grado máximo de sobrecalentamiento permitido por el proceso.

El sobrecalentamiento residual, es el sobrecalentamiento remanente en el vapor de salida.

La cantidad de desobrecalentamiento requerida generalmente se encuentra en cualquiera de los siguientes grupos:

- No se requiere sobrecalentamiento residual, para el desobrecalentador resulta un proceso muy sencillo proporcionar vapor saturado. Esta es la situación ideal. Reduce enormemente los costos del sistema y no presenta dificultad en el funcionamiento. Esta especificación se recomienda siempre que el proceso lo permita.
- No se requiere tener un control riguroso en el sobrecalentamiento residual.
- Se requiere controlar el sobrecalentamiento residual con exactitud. Esta situación crea los más serios problemas de desobrecalentamiento, cuando se requiere controlar la temperatura del vapor a condiciones cercanas a la saturación. Esta alternativa implica un grave problema, por las razones que en seguida se enuncian:
 - a) Para que un sistema de control mantenga en forma adecuada la temperatura del vapor, ligeramente superior a la saturación, es necesario que cuente con un registrador de alta sensibilidad, ya que una falla de éste ocasionaría problemas.

- b) Se incrementa la dificultad para evaporar el agua de desobrecalentamiento.
- c) La investigación prueba que las gotas de agua tienden a acumularse en el fondo de la tubería siempre que el vapor desobrecalentado se acerca a la saturación. Se ha encontrado que esa deficiencia puede impedirse incrementando la velocidad del vapor, tanto como el vapor desobrecalentado se acerca a la saturación.

Probablemente ocurre porque la diferencia de temperatura menor reduce la velocidad de transferencia de calor. Cada gota debe permanecer en suspensión más tiempo, antes de que pueda evaporarse, y la turbulencia debe ser suficiente para extender el vapor saturado alrededor de las gotas de agua. Así, cuando se está operando cerca de la saturación, la velocidad del vapor debe incrementarse para evitar caídas.

III. Identificar las interrelaciones entre los componentes del sistema de desobrecalentamiento, especificando cada componente en función de las necesidades totales, por ejemplo: cuando se requiere de un sistema de vapor saturado no es conveniente desperdiciar un registrador que estuviera marcando una misma temperatura.

Al especificar erróneamente una sólo unidad, se puede desperdiciar todo un sistema; por ejemplo, una estación de desobrecalentamiento que esté diseñada con un rango de capacidad mayor que las capacidades de las válvulas de control, de presión y temperatura (control de flujo de agua), nunca trabajará adecuadamente. La especificación de cada componente del sistema de desobrecalentamiento debe estar de acuerdo con los siguientes criterios; correspondiendo los números a las uni-

dades mostradas en la figura 1.

1. Válvula reductora de la presión del vapor.

Debe tener un rango de capacidad un poco mayor que el del sistema, debe responder a señales de control de más a menos aún a flujos máximos y mínimos. La mayoría de las válvulas se seleccionan para un rango de control de cuatro a ochenta por ciento de flujo máximo. Si es necesario un rango mucho más grande, entonces se deberán usar dos en paralelo, operadas en secuencia por un mismo control automático. Se debe asegurar que la válvula sea del tipo de porcentajes iguales, necesarios para el control proporcional.

2. Línea de entrada al desobrecalentador.

Debe ser tan corta como sea posible pero lo suficientemente larga para reducir la turbulencia en la válvula, una buena sugerencia es una longitud igual a cinco diámetros. Si la válvula está muy cerca del desobrecalentador o a algún accesorio, la resonancia puede causar ruido y vibración en la línea.

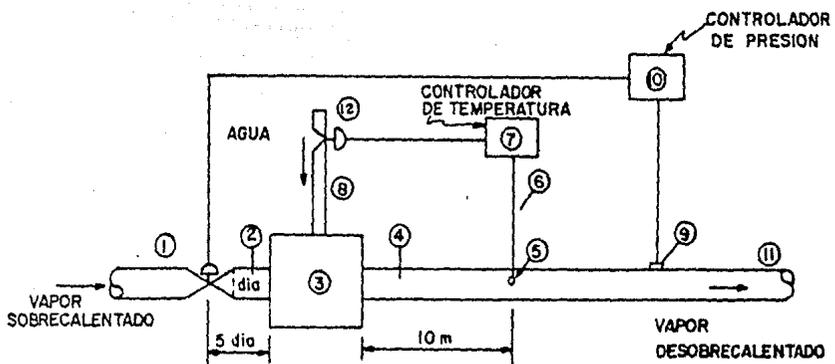
3. Desobrecalentador.

4. Línea del desobrecalentador al termopozo.

Debe ser lo suficientemente larga para permitir una evaporación total en la línea.

5. Elemento sensible de temperatura.

Se sugiere colocarlo a diez metros de distancia del desobrecalentador. Generalmente se utiliza un termopar o termómetro de resistencia para acelerar la respuesta del sistema de medición.



METODOLOGIA DE
CALCULO DE UN
DESOBREALENTADOR

FIG. 1 COMPONENTES DE UN
SISTEMA DE
DESOBREALENTAMIENTO.

FACULTAD DE QUIMICA

U. N. A. M.

6. Transmisión de la temperatura.
Debe seleccionarse adecuadamente para evitar retrasos en la medición.
7. Controlador de temperatura.
Debe tener un control proporcional ajustable, lo suficientemente grande para calibrar las características de la respuesta del sistema del desobrecalentador. El reajuste automático previene la deslineación en el punto de control.
8. Válvula de control de agua.
Debe tener un rango de capacidad más grande que la válvula reductora de presión. Pueden requerirse dos válvulas para cubrir este rango, una grande y una pequeña. Debe asegurarse que la sobreposición entre las válvulas no sea muy grande, y no permita que la caída de presión llegue al punto donde cause cavitación, que daña los empaques y el pistón de la válvula.
9. Elemento sensible de presión.
Siempre debe estar después del desobrecalentador, tan cerca como sea posible al punto de uso del vapor.
10. Controlador de presión.
Debe prevenir grandes variaciones de presión, que podrían interferir con el control de temperatura. Así necesitará entonces de un regulador de rango ajustable y reajuste automático.
11. Línea al punto de uso.
Debe ser tan corta como sea posible y adecuadamente aislada. La estación entera de desobrecalentamiento debe de estar localizada cerca del punto de uso en lugar de la fuente de vapor.

12. Agua de desobrecalentamiento

Debido a que es completamente evaporada, debe ser absolutamente pura ya que cualquier impureza se deposita en escamas. La presión del agua debe ser lo suficientemente alta para satisfacer las necesidades del desobrecalentador, pero no tan alta que la válvula de control cavite.

5.2 CORRIENTE DE PROCESO

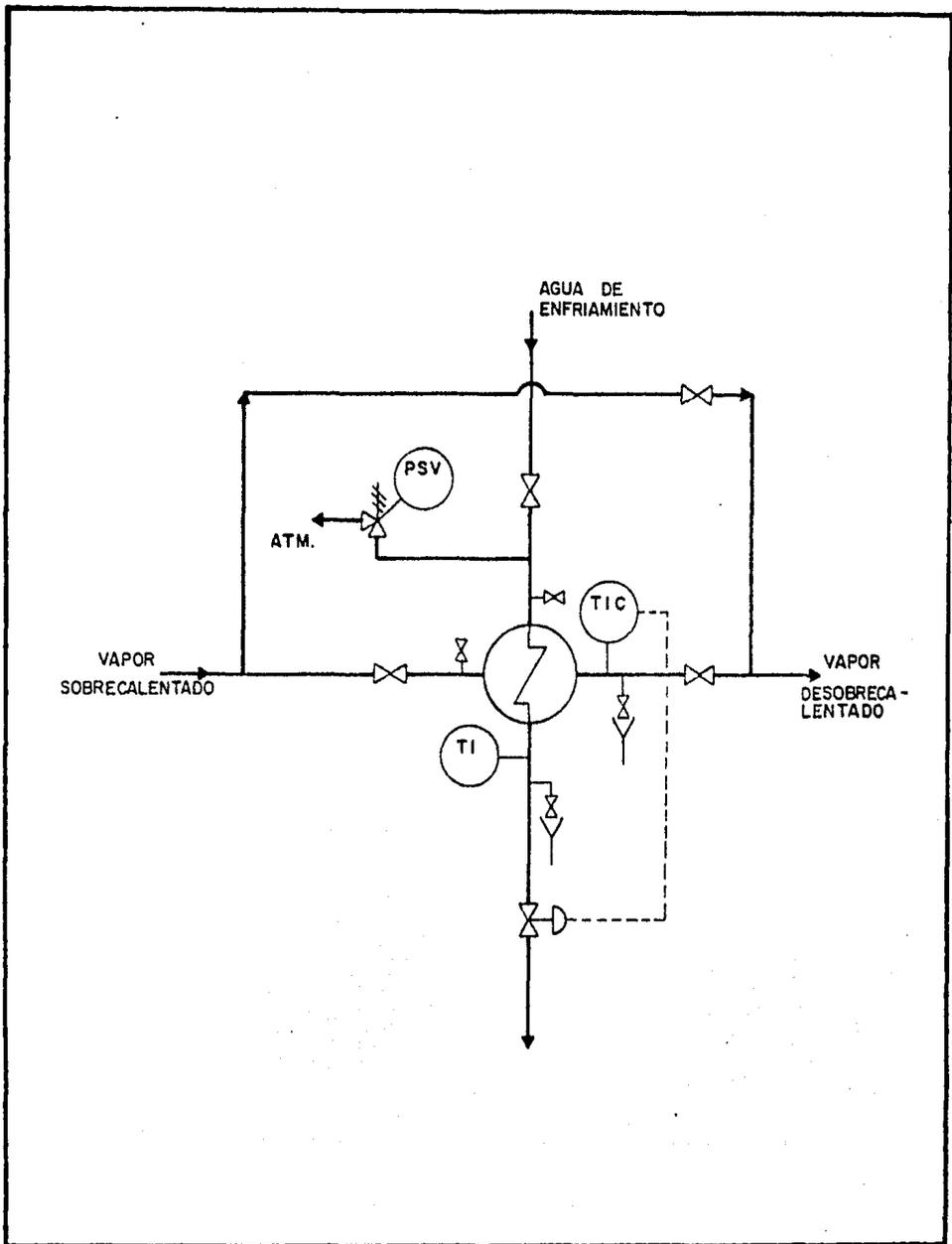
Dadas las necesidades que generalmente se requieren para las líneas de proceso, la disminución de temperatura deberá llevarse a cabo con una mínima caída de presión. Se recomienda en estos casos el uso del desobrecalentador tipo esprea.

Por lo general el sistema total consistirá de los elementos descritos en el punto anterior, siendo el desobrecalentador tan sólo un tubo normal al que van unidas las espreas, que proporcionan la distribución del agua.

6.0 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE DESOBRECALENTAMIENTO EMPLEANDO UN DESOBRECALENTADOR A CONTACTO INDIRECTO.

En la figura 2 se muestra la instrumentación de un desobrecalentador a contacto indirecto (cambiador de calor); que podría sustituir al desobrecalentador a contacto directo -- en los casos en que no se disponga de agua tratada; en donde el fluido que se quiera enfriar o desobrecalentar (vapor) va por el lado de la envolvente ya que el agua de enfriamiento es más incrustante y por tanto irá por el lado de los tubos.

Las válvulas de bloqueo, se usan para aislar el cambiador de calor y darle mantenimiento necesario, esto obliga a incluir tubería y válvulas de paso para evitar un paro innecesario en la planta.



METODOLOGIA DE
CALCULO DE UN
DESOBREA-LENTADOR

FIG.2 SISTEMA DE DESOBREA-LENTAMIENTO A CONTACTO INDIRECTO.

FACULTAD DE QUIMICA
U. N. A. M.

En las salidas del cambiador, se requiere tener un controlador e indicador de temperatura; los cuales en operación normal del equipo, estarán midiendo la temperatura deseada y en caso contrario, darán una señal de que la transferencia de calor está siendo afectada por factores como incrustación o por que los flujos están variando.

En la entrada de la línea que transporta el agua de enfriamiento, se requiere de una válvula de seguridad. Las válvulas de venteo se localizarán en la tubería superior y las de drenado en la inferior.

6.1 TABLA COMPARATIVA DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS DESOBRECALENTADORES A CONTACTO DIRECTO E INDIRECTO.

DESOBRECALENTADOR A CONTACTO DIRECTO	DESOBRECALENTADOR A CONTACTO INDIRECTO
Emplea agua de desobrecalentamiento tratada.	Emplea agua de enfriamiento
Utiliza controladores de presión y temperatura	Utiliza indicadores y controladores de temperatura, válvula de seguridad.
Ocupa un espacio mínimo	Ocupa un espacio mayor respecto al desobrecalentador a contacto directo.
No requiere mantenimiento	Requiere mantenimiento
Inversión baja respecto al desobrecalentador a contacto indirecto	Inversión alta respecto al desobrecalentador a contacto directo.

7.0 LOCALIZACION

El desobrecalentador puede ser colocado en alguna de las siguientes posiciones:

1. Entre la salida del vapor saturado de la caldera y el sobrecalentador, en cuyo caso recibe el nombre de desobrecalentador de condensación.
2. En algún punto intermedio entre dos secciones consecutivas del sobrecalentador, en donde funciona como desobrecalentador intermedio.
3. En la salida del sobrecalentador, en donde funciona como un desobrecalentador de postenfriamiento.

7.1 DESOBRECALENTAMIENTO DE CONDENSACION

Cuando el desobrecalentador es colocado antes del sobrecalentador, condensará una parte del vapor saturado que pasa a través de él. La temperatura de sobrecalentamiento se controla por medio de la cantidad de agua, que el sobrecalentador tiene que evaporar. Este método de desobrecalentamiento presenta algunas desventajas. La entrada de vapor húmedo al sobrecalentador, ocasionará el enfriamiento de los tubos o puede originar su ruptura si las gotas de agua son lo suficientemente grandes. Además, es muy difícil obtener una distribución uniforme de estas gotas de agua y su distribución irregular causará trastornos en los tubos a consecuencia de las variaciones en la temperatura.

Las ventajas que se le atribuyen al tipo de control por condensación, en el cual el desobrecalentador se coloca en uno de los cabezales de entrada del sobrecalentador, utilizando agua de alimentación, son las siguientes:

1. No se agregan impurezas sólidas al vapor, ya que el agua ha sido previamente condensada del vapor.

2. La superficie de control es menor que la de otros tipos de sobrecalentadores y por consiguiente tiene menor capacidad de acumulación de calor, asegurando una reacción rápida entre los cambios de temperatura.
3. La caída de presión del vapor a su paso por el condensador, es insignificante.
4. Es posible controlar la temperatura del vapor sobre un amplio margen de la carga de la caldera, precisamente durante los periodos de fluctuaciones en la demanda.
5. La capacidad de control aumenta automáticamente si la temperatura del agua desciende, cosa que ocurrirá invariablemente si un calentador de agua de alimentación se saca de servicio.

7.2 DESOBRECALENTAMIENTO INTERMEDIO

La localización que se prefiere para el sobrecalentador es entre dos etapas del sobrecalentador. En esta posición, las temperaturas promedio del vapor jamás excederán la temperatura final deseada, Además el vapor procedente de los diferentes circuitos primarios de la primera etapa, está perfectamente mezclado y tiene una temperatura uniforme, obtenida antes de su entrada a la segunda etapa del sobrecalentador.

Los sobrecalentadores intermedios tienen la ventaja de su menor costo sobre los que se colocan a la salida del sobrecalentador, por las razones siguientes:

1. La sección de la etapa final del sobrecalentador, se diseña para una descarga de vapor a temperatura más baja.
2. Como tanto el sobrecalentador como su tubería intermedia están diseñados para temperaturas moderadas, para su construcción se requerirá acero al carbón y no acero inoxidable que resultaría más costoso.

Los siguientes inconvenientes anulan parte de estos ahorros:

1. La unidad tiene que ser más grande, porque trabaja con diferenciales de temperatura más bajas.
2. Se necesita mayor cantidad de tuberías de interconexión.

7.3 DESOBRECALENTAMIENTO DE ENFRIAMIENTO POSTERIOR

El desobrecalentador se colocará a la salida del sobrecalentador, solamente en el caso en que la temperatura permita el uso de aleaciones de un costo razonable, tanto para el sobrecalentador, como para las tuberías y el desobrecalentador.

CAPITULO II TIPOS DE DESOBRECALENTADORES

1.0 DEFINICION

El desobrecalentador es un equipo, que dependiendo del tipo, es un tubo o una caja metálica usualmente con forros térmicos, en el cual se lleva a cabo una transmisión de calor a contacto directo; una cierta cantidad de calor es cedida -- por un vapor sobrecalentado a una masa de agua.

La finalidad del desobrecalentamiento es disminuir la temperatura de un vapor sobrecalentado a las condiciones requeridas por el servicio.

2.0 PRINCIPIOS DE OPERACION

La mayoría de desobrecalentadores trabajan bajo los mismos principios. El agua de desobrecalentamiento generalmente a la presión de la línea o ligeramente superior establece contacto directo con vapor sobrecalentado y absorbe calor durante su evaporación. Como el vapor cede calor, se enfría; la temperatura final del vapor se controla por medio del agua de desobrecalentamiento evaporada. Las temperaturas del vapor sobrecalentado pueden controlarse a un acercamiento a la saturación de aproximadamente 5.55°C (10°F) a flujo estacionario.

La colocación del elemento sensor de temperatura es esencial para precisar el control de temperatura, y se seguirán las instrucciones del fabricante. El sensor estará lo suficiente mente lejos del punto de inyección de agua para asegurar la evaporación completa, pero no tan alejado que pueda crear un retraso en el sistema de control y por tanto en su respuesta al cambio de temperatura.

La velocidad del vapor debe ser lo suficientemente alta para arrastrar las gotitas de agua de desobrecalentamiento que es tán en suspensión hasta que se evaporen. Si la velocidad es muy baja, el agua puede asentarse en el fondo de la tubería, dando como consecuencia una inexactitud, incremento de costos

y funcionamiento deficiente del sistema. Los fabricantes de sobrecalentadores recomiendan velocidades de vapor - mínimas para el sistema de tubería tanto para magnitudes- de flujo máximas como mínimas.

3.0 APLICACIONES

Estos equipos se emplean para disminuir y regular la temperatura de una corriente de proceso, de gas o de vapor - sobrecalentado, con un mínimo de caída de presión. También en casos donde se disponga de una corriente muy seca para algunas operaciones de proceso que requieran de un óptimo rendimiento del equipo.

El uso de los sobrecalentadores se divide en dos casos- específicos dependiendo del tipo de la corriente que se - desea adaptar, ya sea de gas o vapor de agua sobrecalentado.

CORRIENTES DE GAS DE PROCESO

Son aquellos casos en donde la corriente que se va a enfriar está formada principalmente por sustancias gaseosas, generalmente se emplea agua como medio de enfriamiento que se pone en contacto directo con el gas.

CORRIENTE DE VAPOR DE AGUA

Estas corrientes están integradas exclusivamente por vapor sobrecalentado que se enfriará por contacto directo con -- agua de enfriamiento. En este caso se cuenta con sistemas- de sobrecalentadores para propósitos muy específicos de las condiciones del vapor sobrecalentado.

Aunque su uso cubre un amplio rango de aplicaciones, las - típicas son las siguientes:

- Suministra el vapor sobrecalentado a plantas de potencia cuyas unidades; tales como equipos o accesorios auxiliares, sistemas de calentamiento, intercambiadores de -

- calor, etc., presentan temperaturas de operación limitadas.
- Para mejorar la transferencia de calor en intercambiadores de calor del tipo de superficie (este equipo tiene mayor eficiencia cuando es alimentado con vapor saturado).
 - Disminución y control de la temperatura de vapor sobrecalentado, donde el exceso de temperatura daña el producto.
 - Uso en calderas, entre etapas del sobrecalentador o la salida de la caldera para controlar las temperaturas de sobrecalentamiento a cargas parciales.
 - Uso como bypass para compensar los requerimientos de vapor para procesos y para potencia.
 - Aplicaciones diversas en donde se requiere la compensación o regulación de vapor en sistemas de baja presión en las refin^{erías} y plantas de proceso.

TIPOS DE DESOBRECALENTADORES

Los desobrecalentadores están disponibles en una variedad de diseño que varían en funcionamiento, dimensiones, facilidad de instalación y costo. Cada diseño particular requiere una evaluación cuidadosa de los parámetros del sistema general y selección de los desobrecalentadores más económicos que suministren las características requeridas por su funcionamiento. Los desobrecalentadores se clasifican en dos grandes grupos: desobrecalentadores tipo esp^{rea} y desobrecalentadores de contacto turbulento.

4.0 DESOBRECALENTADORES TIPO ESPREA

(El agua se esp^{rea} a presión directamente dentro del vapor sobrecalentado).

El agua de desobrecalentamiento se esp^{rea} en el vapor, en el que se dispersa en gotitas. Para hacer esto se usan atomizadores mecánicos. Las boquillas inyectan agua de desobrecalentamiento directamente dentro de la tubería de vapor. Todos estos atomizadores necesitan una fuente de agua del más alto grado de pureza, a una presión igual o superior a la de la línea. El agua de desobrecalentamiento que golpea las paredes de la tube-

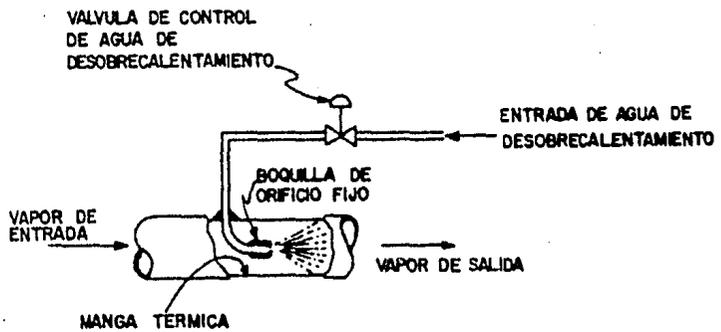
rfa puede crear un problema serio de erosión. Pero es posible controlar o hasta eliminar la erosión insertando una --manga térmica dentro de la tubería en el punto de contacto. Además de evitar la erosión puede incrementarse la eficiencia de tal manera que el vapor sobrecalentado circule entre la manga térmica y la pared de la tubería, esto favorece la evaporación rápida y total del agua de desobrecalentamiento. Algunos atomizadores usan un flujo constante de vapor auxiliar para dispersar el agua de desobrecalentamiento. Estos pueden operar en un rango de flujos de agua de desobrecalentamiento, pero la presión del vapor auxiliar es superior a la presión de la línea.

4.1 DESOBRECALENTADOR DE BOQUILLA CON ORIFICIO FIJO

Figura 3.

El tipo más simple de desobrecalentador, corresponde a esta clasificación. En este sistema, la boquilla del desobrecalentador tiene un diámetro interno fijo para el flujo de --agua. La abertura se dimensiona para dejar pasar la máxima cantidad de agua de desobrecalentamiento requerido a la diferencial de presión mínima agua-vapor, que es la fuerza impulsora para atomizar el agua de desobrecalentamiento, en gotitas, para su evaporación.

Este sistema funciona imparcialmente bien cuando la diferencial de presión agua-vapor es razonablemente alta. En todo caso, no obstante, cuando el agua de inyección se reduce, el funcionamiento es afectado, porque al cerrar la válvula de regulación de agua, baja la presión y el flujo de agua, y reduce la diferencial de presión agua-vapor. La presión de --atomización más baja incrementa el tamaño de las gotitas de agua, esto impide que el agua se mezcle con el vapor, provocando que el agua se asiente en la tubería de vapor. Puede ser necesario un forro o manga térmica en el punto de inyección para proteger la tubería de la erosión y de cambios térmicos.



METODOLOGIA DE
CALCULO DE UN
DESOBRECALENTADOR

FIG. 3 DESOBRECALENTADOR DE
BOQUILLA DE ORIFICIO
FIJO.

FACULTAD DE QUIMICA

U. N. A. M.

El rango de capacidad con el orificio fijo, rara vez excede de 2:1 ó 3:1. Las velocidades de vapor mínimas están en el rango de 30.5 m/seg (100 pies/seg), y los sensores de temperatura normalmente se colocan a una distancia mínima de 12m (40 pies) después del punto de inyección de agua. Para la evaporación completa de agua se requieren tuberías rectas y largas.

Esta boquilla espreadora se inserta directamente dentro de la tubería de vapor. El ángulo de la boquilla debe ser adecuado para prevenir erosión de las paredes de la tubería, a menos que se utilice una manga térmica.

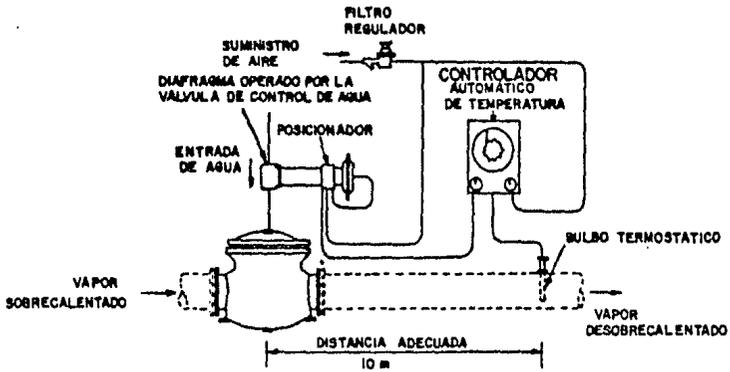
4.2 DESOBRECALENTADOR DE SUPERFICIE DE ABSORCION

Figura 4.

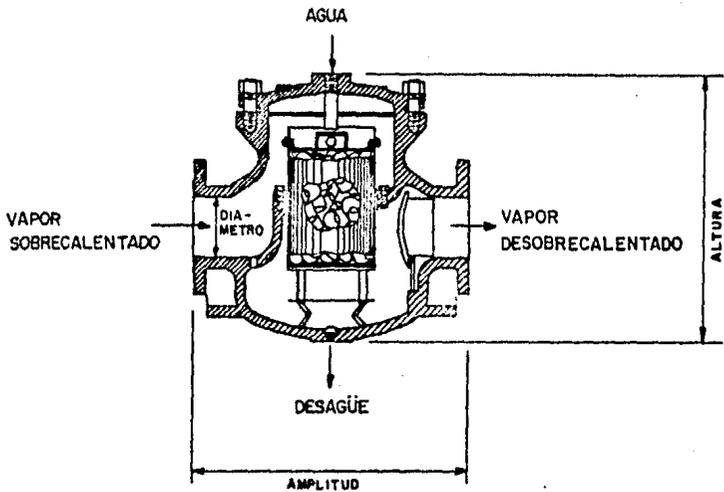
Este desobrecalentador está constituido de una cámara de espaldas, y está provisto de múltiples boquillas, estas boquillas que atomizan el agua de desobrecalentamiento se insertan en un ensanchamiento en la tubería, este ensanchamiento que consiste de una caja, contiene anillos de reacción. El agua de desobrecalentamiento que entra en la parte superior de la caja fluye sobre los platos de distribución y pasa sobre los anillos de reacción; así, el vapor sobrecalentado que entra se expone a una área húmeda grande. Se utiliza un sistema de drenado o trampa de vapor en el fondo de la caja para remover el exceso de agua.

Estas unidades son grandes y pesadas y requieren soportes de dimensiones considerables. Responden a gastos de vapor o cambios de temperatura grandes, el proceso de desobrecalentamiento es más bien lento debido al tiempo requerido para humedecer los anillos de reacción, o para evaporar el agua de ellos. Estas unidades pueden tener notables acercamientos a la saturación con flujos de vapor estables y temperatura constante en la entrada.

Se requiere que la presión del agua sea máximo 0.7031 Kg/cm² (10 Psi) mayor que la presión del vapor, según algunos fabricantes.



ARREGLO CON CONTROLES



METODOLOGIA DE
CALCULO DE UN
DESOBRECALENTADOR

FIG. 4 DESOBRECALENTADOR
TIPO SUPERFICIE DE
ABSORCION.

FACULTAD DE QUIMICA

U. N. A. M.

TABLA 1.- DIMENSIONES ESTANDAR DEL DESOBRECALENTADOR TIPO
 SUPERFICIE DE ABSORCION. *
 *(Referencia 13)

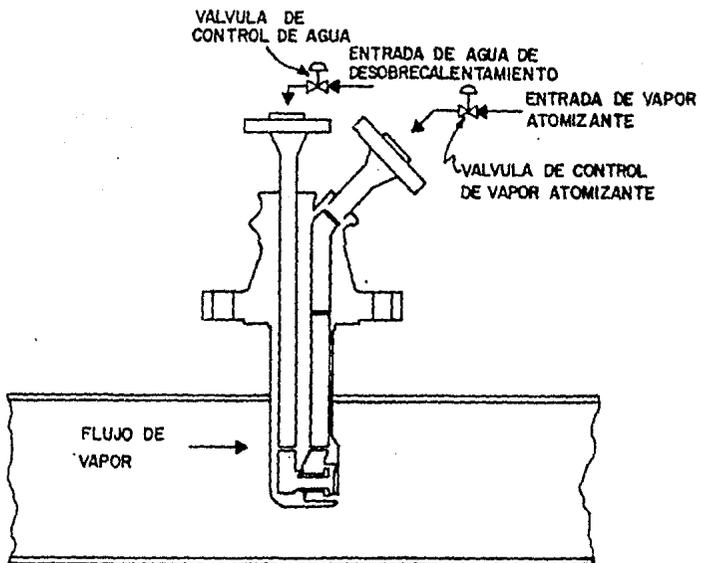
Diámetro (pulgadas)	2	3	4	5	6	8	10	12
Amplitud total (pulgadas)	17	17 1/2	20	22 7/8	26 7/8	31 3/8	39 3/4	44
Altura total (pulgadas)	16 1/2	16 5/16	17 3/4	22 1/4	24 3/4	29 1/4	35 1/2	41 3/4

4.3 DESOBRECALENTADOR TIPO ATOMIZANTE DE VAPOR.

Figura 5

Esta unidad se instala perpendicularmente a línea principal de la tubería de vapor. El agua de sobrecalentamiento en tra desde la parte superior y fluye hacia abajo, a través - del tubo de agua. El vapor de atomización fluye hacia abajo, chocando con el agua desde la parte posterior, forzando a la mezcla agua-vapor hacia afuera, en la dirección del -- flujo de la línea de vapor. El vapor atomiza el agua en go titas para su evaporación por la corriente sobrecalentada - Ambos sistemas, el de inyección de vapor atomizante y el de inyección de agua de sobrecalentamiento tienen válvulas - de control de flujo, accionadas por los sistemas de temperatu ra. Algunas veces se requieren camisas térmicas para pro teger las tuberías de vapor, de los cambios térmicos y de - la erosión.

El vapor de atomización debe estar a una presión superior a la del sistema de vapor sobrecalentado.



METODOLOGIA DE
CALCULO DE UN
DESOBRECALENTADOR

FIG. 5 DESOBRECALENTADOR
TIPO ATOMIZANTE
DE VAPOR.

FACULTAD DE QUIMICA

U. N. A. M.

4.4 DESOBRECALENTADOR TIPO EYECTOR DE VAPOR

Figura 6

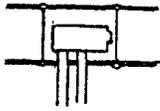
Es un variante del desobrecalentador atomizante de vapor. El vapor que se usa para atomizar el agua de desobrecalentamiento debe tener una presión mínima de 1.5 veces la presión del vapor sobrecalentado y la cantidad suministrada debe ser constante, como se muestra en la tabla 2., este atomizado se efectúa en una boquilla esprayadora.

A bajas velocidades de flujo de vapor, que trae como consecuencia una deficiente transferencia de calor, existe el riesgo de que el agua no se mantenga en suspensión y por tanto que su evaporación total no se lleve a efecto, sino que se asiente en la tubería; con el fin de solucionar este problema, este desobrecalentador está provisto de una cubeta, en la que se acumula el agua y se recircula al sistema de entrada. Esta operación es importante en el funcionamiento eficiente del equipo ya que favorece el proceso de la regulación de la temperatura del vapor, obteniéndose acercamientos a la temperatura de saturación de 5.55 a - - 27.77°C (10 a 50°F).

Estos desobrecalentadores presentan un rango amplio de aplicaciones. En una estación que combina reducción de presión y desobrecalentamiento, donde los gastos varían mucho; esta unidad, con controles adecuados opera exitosamente con un rango de capacidad de 50:1 y más altas dependiendo de la velocidad del vapor.

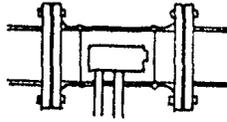
El eyector se usa para arrastrar condensados de la tubería. Como se muestra en la figura 6, el vapor de alta presión entra a través de la boquilla de vapor del eyector. Este vapor arrastra la mezcla de agua de desobrecalentamiento en exceso a través de la línea de entrada de agua y la atomiza, ésta se descarga dentro de la línea de vapor sobrecalentado.

TIPOS DE MONTAJE



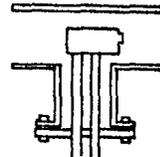
TIPO "A"

USANDO CONECCIONES SOLDADAS



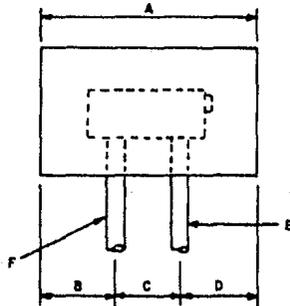
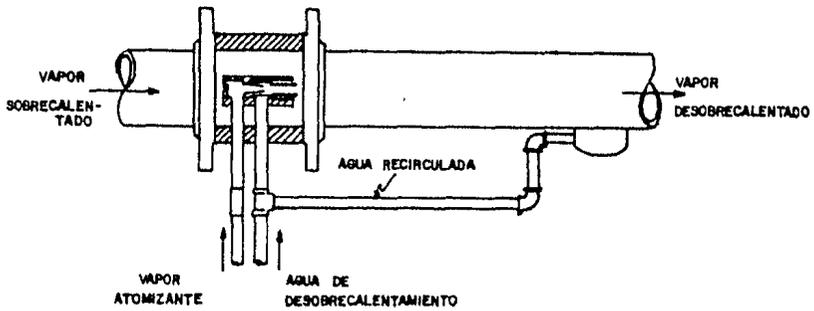
TIPO "C"

USANDO BRIDAS DE CUELLO SOLDABLE



TIPO "D"

USANDO UNA CONECCION DE BOQUILLA



METODOLOGIA DE
CALCULO DE UN
DESOBRECALENTADOR

FIG. 6 DESOBRECALENTADOR
TIPO EYECTOR DE
VAPOR.

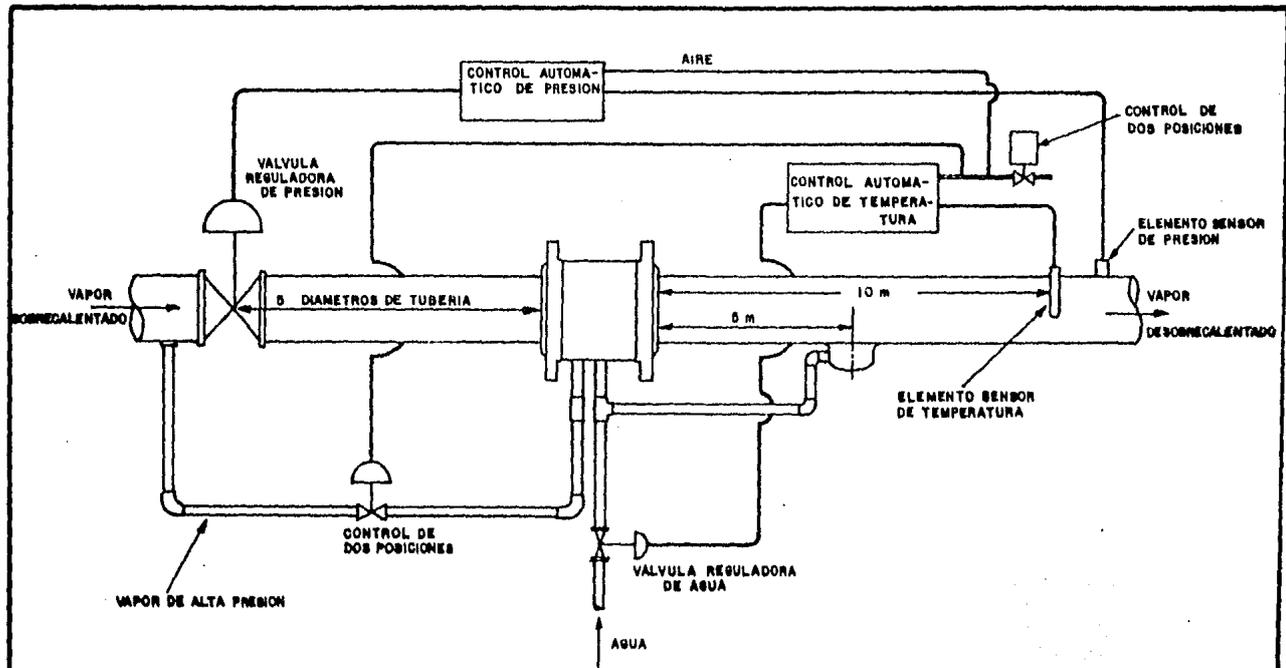
FACULTAD DE QUIMICA

U. N. A. M.

lentado, a la temperatura de saturación. El precalentamiento reduce el tiempo requerido para evaporar el líquido, el tamaño pequeño de partícula mejora la transferencia de calor. Estos desobrecalentadores se recomiendan en plantas en las que se disponga de vapor a una presión lo suficientemente alta para proveer el suministro de vapor atomizante. La figura 7 ilustra un arreglo típico de este desobrecalentador con controles automáticos. La operación de estas unidades en el rango de 50:1 requiere la selección de válvulas reguladoras de vapor y de agua que controlan los requerimientos de rangos amplios.

TABLA 2.- DIMENSIONES ESTANDAR DEL DESOBRECALENTADOR TIPO EYECTOR DE VAPOR. (Referencia 13).

TAMAÑO DE LA UNIDAD No.	DIMENSIONES EN PULGADAS						CAP MAX DE LIQ. lb/h	VAPOR ATOMIZ REQ. lb/h
	A	B	C	D	E	F		
1/2	12 1/2	5 11/16	1 3/16	5 5/8	1/4	3/8	500	45
1	12 1/2	5 5/16	1 13/16	5 3/4	3/4	3/4	1,000 3,000	90 270
2	12 1/2	4 15/16	2 3/16	5 3/4	1	1	6,000	550
3	12 1/2	3 7/8	3 1/4	5 3/8	1 1/2	1 1/2	12,000	1,100
4	15 1/2	4 5/8	3 7/8	7	2	2	24,000	2,200
5	19	4 1/4	5 3/4	9	2 1/2	2 1/2	50,000	4,500
6	26	5	5 3/8	14 5/8	3	3	100,000	9,000



METODOLOGIA DE CALCULO DE UN DESOBRECALENTADOR	FIG. 7 DESOBRECALENTADOR TIPO EYECTOR DE VAPOR CON CONTROLES AUTOMATICOS.	FACULTAD DE QUIMICA
		U. N. A. M.

4.5 DESOBRECALENTADOR DE BOQUILLA DE INYECCION

Figura 8.

Como en otros tipos, este desobrecalentador utiliza agua - de desobrecalentamiento a una presión superior a la del vapor. La diferencial de presión agua-vapor es importante ya que favorece una rápida evaporación y desobrecalentamiento - al proveer un tamaño de gota constante, de aproximadamente - 0.5 mm como máximo.

Este diseño no requiere de una válvula de control de agua, ya que la tiene integrada.

Este desobrecalentador presenta las siguientes ventajas:

Puede instalarse en tuberías horizontales, verticales, o - en ángulo.

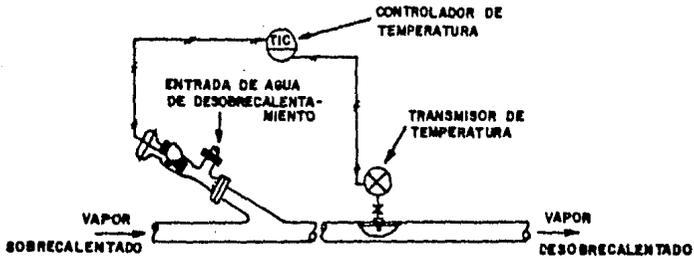
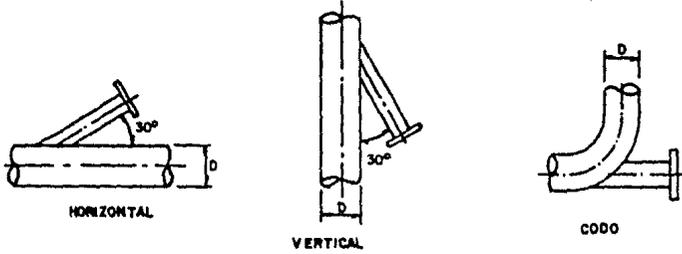
No requiere de vapor de atomización.

Controla la temperatura a 7.77°C (14°F) arriba de la saturación.

Funcionamiento del control de temperatura:

El elemento detector de temperatura, transmite los cambios a un controlador-indicador; el controlador envía una señal - al accionador de la válvula, el cual posiciona el vástago - para modificar el flujo de agua.

MONTAJE



METODOLOGIA DE
CALCULO DE UN
DESOBREALENTADOR

FIG. 8 DESOBREALENTADOR DE
BOQUILLA DE INYECCION

FACULTAD DE QUIMICA

U. N. A. M.

5.0 DESOBRECALENTADORES DE CONTACTO TURBULENTO

(La turbulencia ayuda a dispersar el agua de desobrecalentamiento en el flujo de vapor).

Se establece un contacto íntimo entre el vapor y el agua, creando turbulencia en el punto de inyección del agua. Las caídas de presión son bajas y las unidades trabajan satisfactoriamente en un rango de capacidad de 10:1. También estos desobrecalentadores requieren de una fuente de agua de alto grado de pureza. En este caso, la presión del agua de desobrecalentamiento no está directamente relacionada con la presión del vapor, sino que depende del diseño específico.

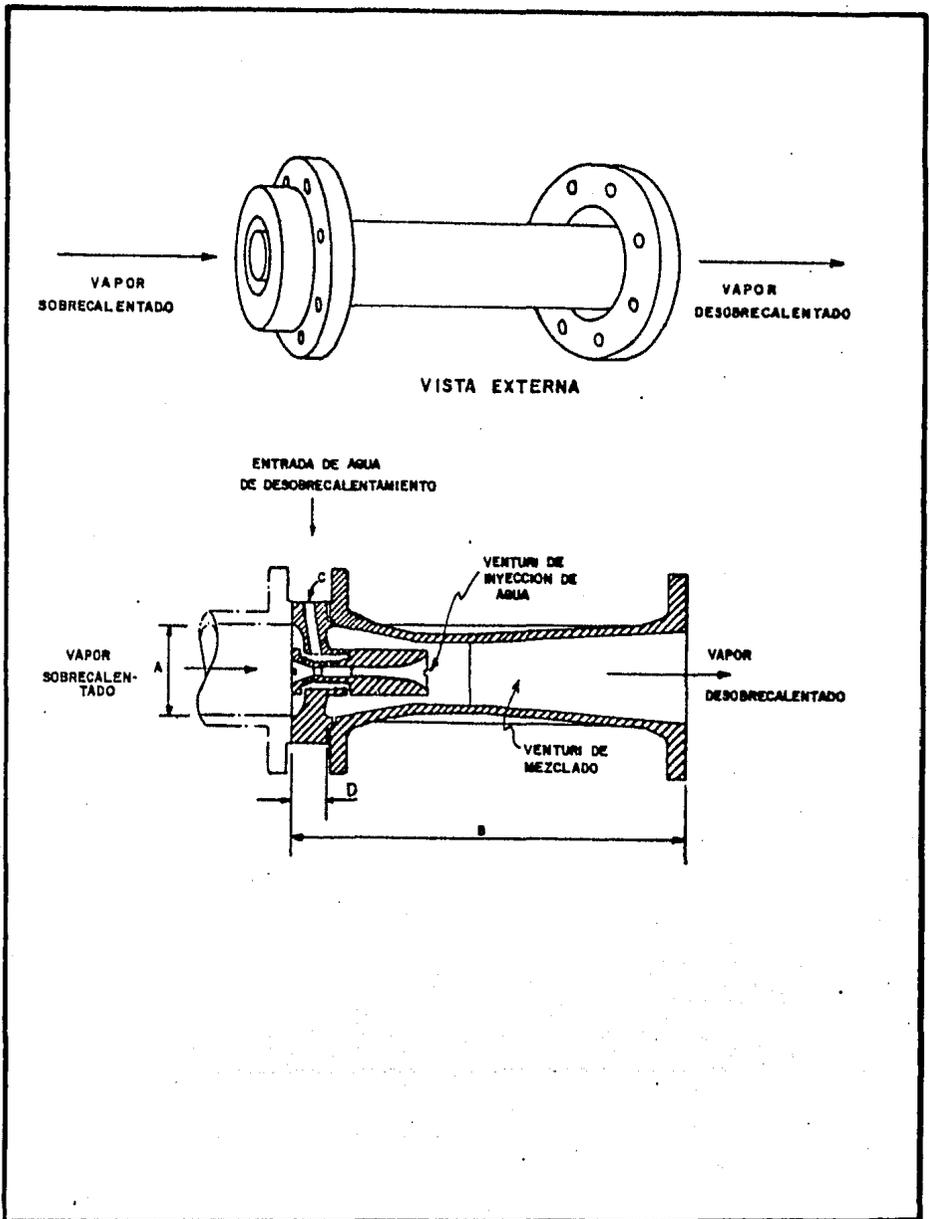
5.1 DESOBRECALENTADOR TIPO VENTURI.

Figura 9.

Esta unidad cuenta con dos secciones venturi. La más amplia, el venturi externo tiene bridas en los extremos, de entrada y salida, por medio de las cuales se une con pernos a la línea de vapor sobrecalentado, o tuberías adyacentes, y la sección venturi angosta reduce el área de flujo de vapor. Esta reducción incrementa la velocidad, para mejorar el arrastre de las gotitas de agua. Mediante este venturi se introduce el agua en la garganta por medio de muchas espreas pequeñas dispuestas en un arreglo circular. El agua atomizada se mezcla con el vapor a través del centro de la garganta donde se lleva a cabo el desobrecalentamiento efectivo del flujo principal.

Cuando la mezcla de vapor y agua pasa a la garganta, entra al flujo principal en una condición como niebla sin tener contacto con las paredes laterales, garantizando un desobrecalentamiento máximo efectivo y un mínimo de desgaste en la tubería de descarga.

Estos desobrecalentadores pueden fabricarse de una gran--



METODOLOGIA DE
CALCULO DE UN
DESOBRECALENTADOR

FIG. 9 DESOBRECALENTADOR
TIPO VENTURI.

FACULTAD DE QUIMICA

U. N. A. M.

variedad de materiales y tamaño para satisfacer las condiciones de temperatura y presión particulares bajo las cuales operarán.

Son soportados por la tubería de vapor.

La presión del agua de sobrecalentamiento será igual o ligeramente superior a la presión de operación del vapor, y no se requiere vapor de atomización.

El equipo venturi impone una pérdida por caída de presión permanente en el sistema de vapor debido a la reducción en el área, este es un hecho que debe considerarse en la selección de la unidad.

Con este equipo puede sobrecalentarse el vapor con acercamiento a la saturación muy pequeños, de hasta 8.33 °C (15° F). El rango de capacidad es función de las condiciones de sobrecalentamiento y velocidad del vapor. Los sensores de temperatura deben ponerse por lo menos 10 metros (30 pies) después de la unidad, sobre la tubería recta principal.

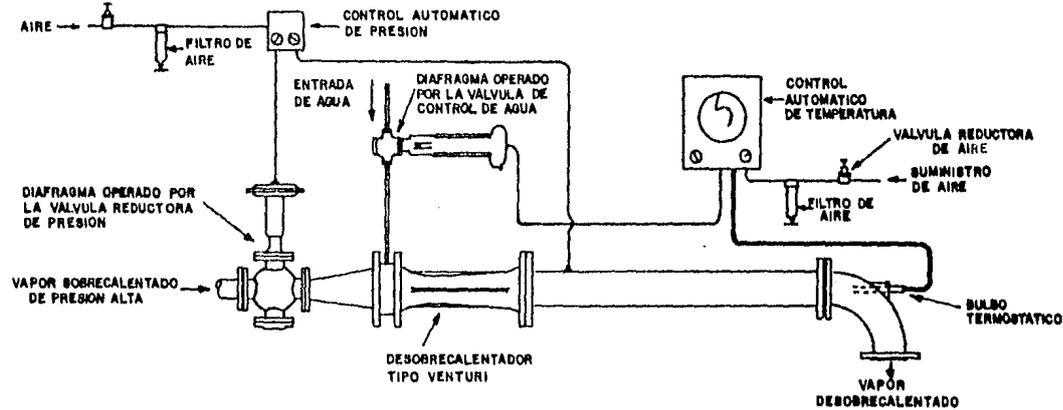
Se recomienda el uso de estos sobrecalentadores, en un amplio rango de condiciones, incluyendo flujos estables y variables. Pueden instalarse horizontal o verticalmente.

Aunque son diseñados para instalarse con controles automáticos puede prescindirse de éstos si sólo se desea vapor húmedo, separando el exceso de agua por medio de un separador que se adiciona.

5.1.1 DESOBRECALENTADOR VENTURI CON CONTROL AUTOMATICO

Figura 10.

Los sobrecalentadores tipo venturi que son diseñados para operar con controles automáticos, cumplen con su objetivo, disminuyen la temperatura del vapor sobrecalentado y mantienen la temperatura deseada del vapor sobrecalentado, usando controles, las temperaturas del vapor sobrecalentado pueden mantenerse dentro del rango de $\pm 2.77^{\circ}\text{C}$ (5°F). Sin embargo puede observarse, como en equipos sin controles automáticos, que cuando la temperatura del vapor sobrecalenta-



METODOLOGIA DE
CALCULO DE UN
SOBRECALENTADOR

FIG.10 SOBRECALENTADOR
TIPO VENTURI CON
CONTROLES AUTOMATICO.

FACULTAD DE QUIMICA

U. N. A. M.

lentado se acerca a la temperatura de saturación, no puede tenerse un control exacto. Dado que la temperatura permanece constante para calidades de vapor bajo el punto de saturación, el regulador de temperatura no recibirá señal para variar el flujo de agua aunque cambie la relación de vapor. Se recomienda un margen mínimo de 5.55 °C (10°F) arriba de la saturación. Por ejemplo, si el punto de saturación fuera 182.22°C (360°F), la temperatura de control automático se pondría a 187.77°C (370°F) mínimo. La máxima variación de temperatura es entonces de 185°C a 190.55°C (365 a 375°F).

Como se muestra en la figura 10, el sistema de control está constituido por los siguientes componentes:

- 1.- Un bulbo termostático, que normalmente se instala en una corriente de fluido. El bulbo seleccionado depende de la cantidad de sobrecalentamiento residual existente.
- 2.- Un controlador de temperatura, que tiene un regulador de rango y un mecanismo de reajuste automático. Pueden incluirse mecanismos indicadores y registradores.
- 3.- Una válvula de agua cuidadosamente seleccionada después que ha sido determinado el intervalo de flujo de vapor.
- 4.- Algunas veces, es necesario una válvula reductora de presión en la línea de vapor, la cual se usaría con un regulador que tenga sensibilidad ajustable y reajuste automático.

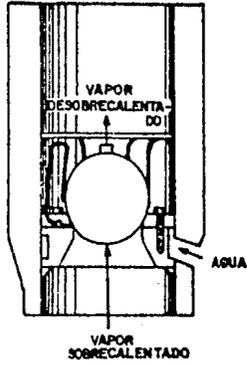
TABLA 3.- DIMENSIONES ESTANDAR DEL DESOBRECALENTADOR TIPO VENTURI. (Referencia 13)

DIAMETRO Y CONECCION	DIMENSIONES EN PULGADAS							
	A	2	3	4	6	8	10	12
LONGITUD TOTAL	B	11 7/8	15 9/16	19 7/16	28 13/16	40 3/8	47 13/16	57 15/16
ENTRADA DE AGUA	C	1/4	1/4	3/8	3/4	3/4	3/4	1
ESPESOR DE LA UNIDAD	D	2 1/16	2 11/16	2 3/16	3 1/2	2 15/16	3 11/16	5 7/16

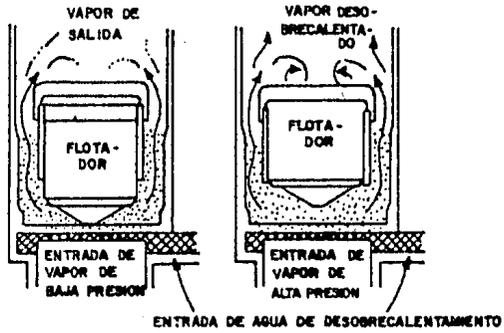
5.2 DESOBRECALENTADOR DE ORIFICIO VARIABLE

Figura 11.

Este desobrecalentador está provisto de un tapón de flujo, flotador, el cual se encuentra centrado sobre el anillo de la parte inferior, que contiene un orificio para la inyección de agua. La fuerza del flujo de vapor que asciende -- dispara el tapón del asiento. El agua se inyecta alrededor del anillo, entre éste y el tapón flotante, que se eleva, donde la velocidad del vapor está en su máximo. La velocidad alta del vapor sobrecalentado reduce su presión y ayuda al agua de desobrecalentamiento a extenderse dentro de la unidad. El agua y el vapor se mezclan íntimamente - para favorecer la evaporación rápida del agua de desobrecalentamiento. Esta unidad debe instalarse en tuberías verticales, por tanto, el agua que no se evapora inmediatamente - cae por gravedad dentro del vapor sobrecalentado de entrada, para su evaporación. El flujo de vapor se regula por medio del orificio, conservando su velocidad constante. El rango de capacidad es alto, generalmente de 50:1 y en ocasiones 100:1, presenta una pérdida por caída de presión constante de aproximadamente 0.35 kg/cm^2 (5 psi), a través de la unidad. Las dimensiones oscilan alrededor de 61 cm (24 pulg) de diáme-



VISTA EXTERNA



METODOLOGIA DE
CALCULO DE UN
DESOBRECALENTADOR

FIG. II DESOBRECALENTADOR
DE ORIFICIO
VARIABLE

FACULTAD DE QUIMICA

U. N. A. M.

tro y las temperaturas de salida de vapor pueden acercarse a la saturación hasta 5.55°C (10°F).

5.3 DESOBRECALENTADOR TIPO ORIFICIO VENTURI ANULAR.

Figura 12

Estas unidades desobrecalientan al vapor sobrecalentado -- ocasionando un contacto directo con el agua en un punto en la tubería donde la turbulencia es alta. Estas unidades no tienen partes móviles de ningún tipo y la caída de presión es baja.

El vapor sobrecalentado puede desobrecalentarse hasta 5.55°C (10°F) arriba de la saturación, y presenta un rango de capacidad de 50:1. Esta alta capacidad se obtiene utilizando agua de desobrecalentamiento a una presión igual a la del -- flujo de vapor. No requiere de vapor de atomización.

Los desobrecalentadores de éste tipo tienen una inserción anular alargada que obliga al vapor a fluir alrededor de él, a la mitad de la inserción hay un orificio anular.

El vapor sobrecalentado y el agua se mezclan completamente, habiendo una distribución del agua por toda la corriente de vapor sobrecalentado, y el contacto entre este vapor y el agua se mantiene por un período suficientemente largo para vaporizar completamente el agua.

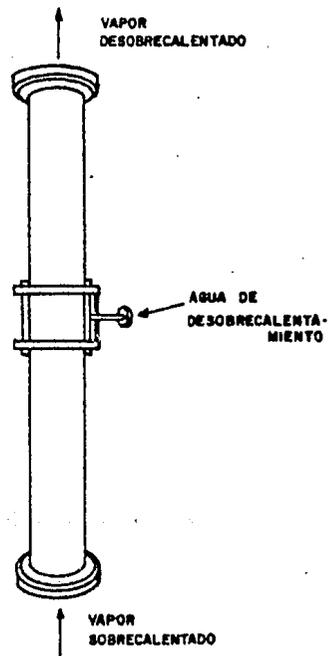
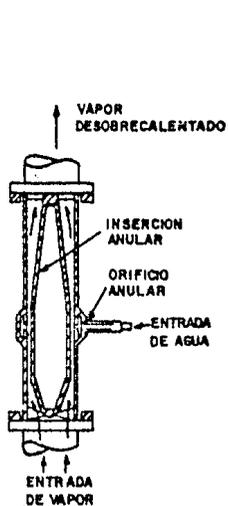
Este diseño supera los problemas más comunes de desobrecalentamiento, la acumulación de agua no vaporizada en la tubería puede evitarse fácilmente. Su eficiencia se debe a que el agua que no vaporiza inmediatamente después de la inyección, se recircula a la región de alta velocidad del desobrecalentador donde se pone en contacto con el vapor repetidas veces hasta que vaporiza completamente.

Sus dimensiones oscilan desde 8 cm (3 pulgadas) de diámetro externo y 120 cm (47 pulgadas) de longitud hasta 41 cm (16 pulgadas) de diámetro externo y 370 cm (145 pulg) de longitud.

6.0 VALVULA DESOBRECALENTADORA Y REDUCTORA DE PRESION.

Figura 13.

Esta válvula se utiliza cuando las presiones de vapor sobre



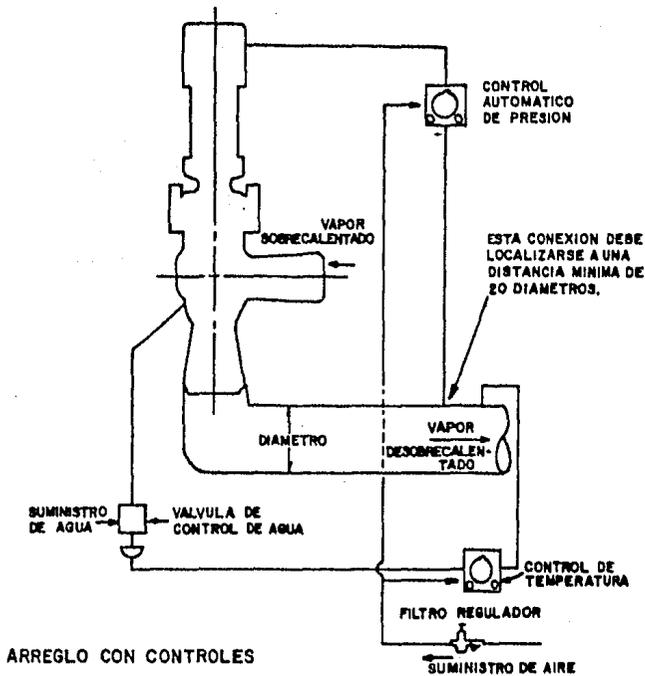
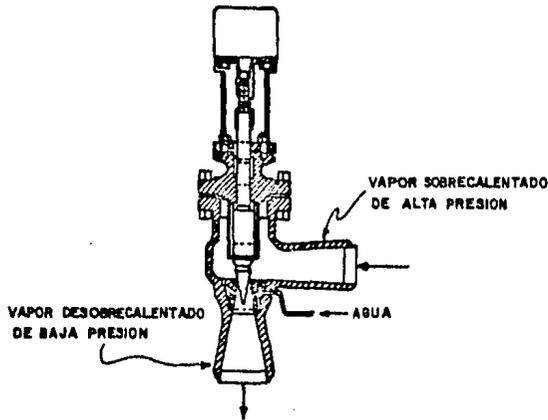
VISTA EXTERNA

METODOLOGIA DE
CALCULO DE UN
DESOBRECALENTADOR

FIG. 12 DESOBRECALENTADOR TIPO
A - V - O ESTA UNIDAD OPERA
EN POSICION VERTICAL CON
FLUJO HACIA ARRIBA.

FACULTAD DE QUIMICA

U. N. A. M.



METODOLOGIA DE
CALCULO DE UN
DESOBRECALENTADOR

FIG.13 VALVULA DESOBRECALEN-
TADORA REDUCTORA DE
PRESION

FACULTAD DE QUIMICA

U. N. A. M.

calentado están por encima de 28.12 Kg/cm² (400 Psig) y - rangos de flujos superiores a 22676 Kg/h (50,000 lb/h). Se construye como una válvula reductora de presión, este modelo tiene dos conexiones de agua y una abertura anular en el asiento de la válvula con orificios para la inyección de agua.

El agua de desobrecalentamiento se inyecta directamente - dentro del flujo de vapor sobrecalentado en el orificio - de la válvula, donde la velocidad alta del vapor provoca un mezclado íntimo, sin requerirse un separador. Su rango de capacidad típica es de 10:1. Los materiales de cons-- trucción normalmente son: A216-WCB ó A217-WC6 y WC9.

7.0 DESOBRECALENTADORES DEL TIPO DE SUPERFICIE

Establece la necesidad de contacto entre el agua de desobrecalentamiento y el vapor sobrecalentado, extendiendo - mecánicamente la superficie de contacto. En este tipo se encuentran los cambiadores de calor, que pueden funcionar como desobrecalentadores si no se tiene suministro adecuado de agua de desobrecalentamiento de alto grado de pureza.

El empleo de este equipo es muy limitado debido a su baja capacidad de operación y su elevado costo, son unas de -- las principales desventajas respecto al desobrecalentador a contacto directo.

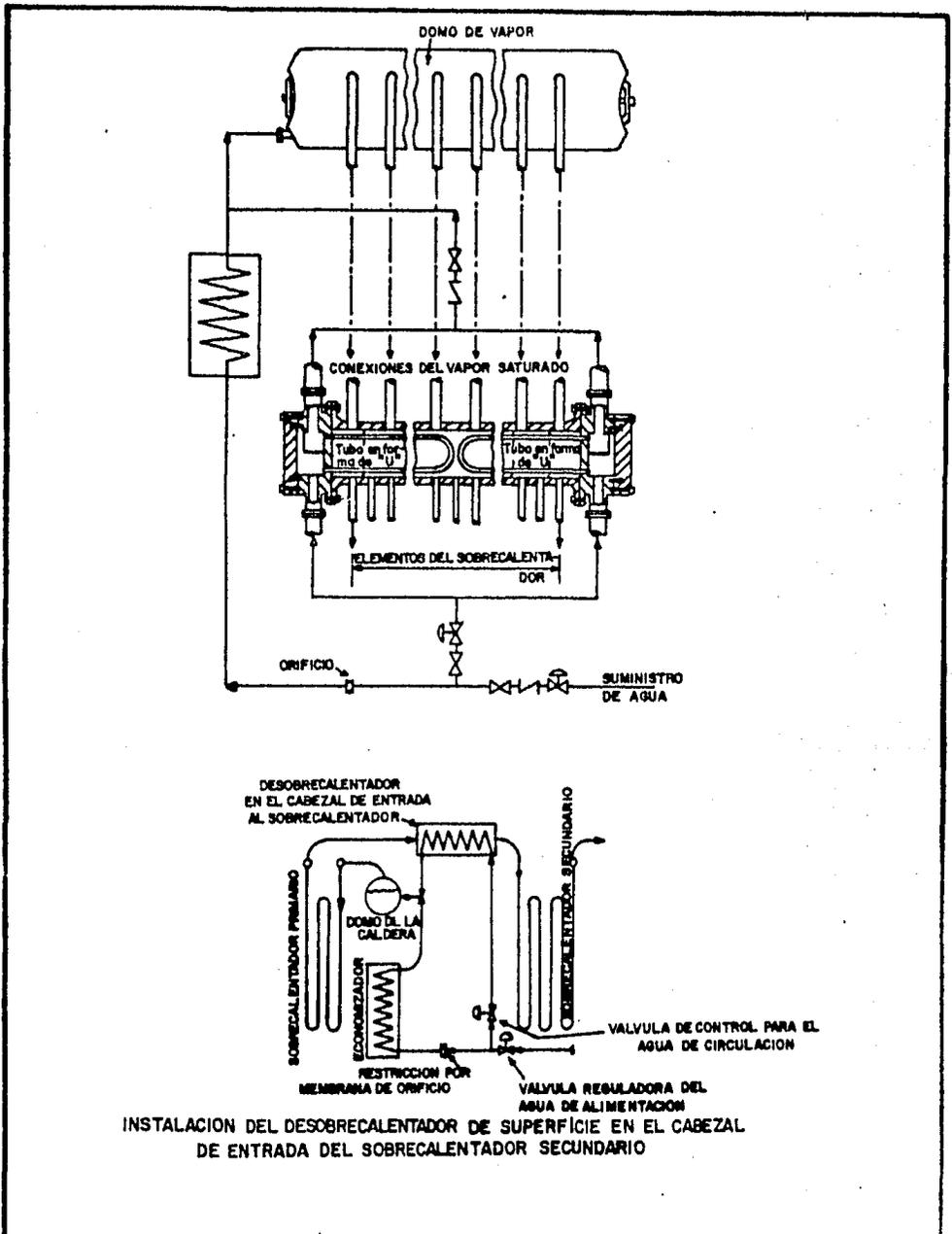
El desobrecalentador del tipo de intercambio de calor, se subdivide en: el de cabezal, tambo o tubos, así como el de tipo sumergido (o de domo).

7.1 DESOBRECALENTADOR DEL TIPO CABEZAL.

Figura N^o 14

El cabezal de entrada del sobrecalentador se amplía para instalar tubos de intercambio de calor que conducen agua - fría.

Este tipo de desobrecalentador tiene un margen de control-



METODOLOGIA DE
CALCULO DE UN
DESOBRECALENTADOR

FIG. 14 DESOBRECALENTADOR DE
SUPERFICIE DEL TIPO
DE CONDENSACION.

FACULTAD DE QUIMICA
U. N. A. M.

limitado, debido al diámetro reducido del cabezal. La mayoría de desobrecalentadores de condensación quedan comprendidos dentro de esta categoría.

7.2 DESOBRECALENTADOR DE CUERPO DE ACERO CON TUBOS

Figura N° 15

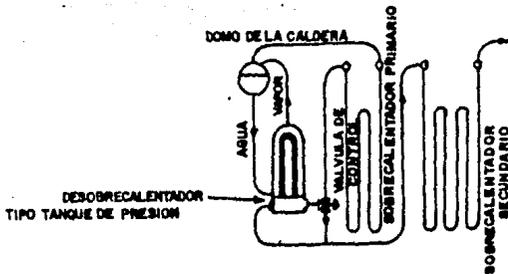
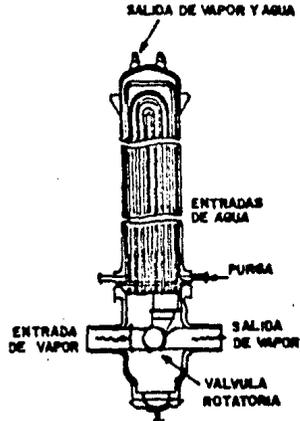
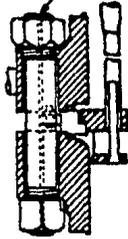
El serpentín de intercambio de calor, hecho de tubos, - está colocado dentro de un tanque de presión. La válvula de control se monta por separado o en la base de la unidad. Este desobrecalentador se usa como un atemperador intermedio, o como un desobrecalentador de postenfriamiento. En el diseño se toman medidas para la protección de los cabezales de los tubos contra esfuerzos térmicos-excesivos. Este tipo es relativamente inaccesible, por lo que la inspección de los tubos y los cabezales es muy difícil. Presenta también la tendencia a la acumulación de lodos en las superficies horizontales. Como la unidad tiene un costo relativamente elevado, su tamaño en la - - práctica debe concretarse al mínimo, lo que a su vez estrecha el rango de control y limita la posibilidad de reducción de la temperatura de vapor.

7.3 DESOBRECALENTADOR DE TIPO SUMERGIDO

Figura N° 16

Un serpentín hecho de tubos doblados en forma de "U"; se sumerge en el agua de uno de los domos de una caldera de vapor saturado. Se circula la cantidad requerida de vapor sobrecalentado a través de los tubos para su desobrecalentamiento, para luego mezclarse nuevamente con el vapor sobrecalentado. Este desobrecalentador se usa generalmente, como desobrecalentador intermedio. Es una construcción de rendimiento satisfactorio y de costo relativamente bajo, - debido a que se elimina el tanque de presión. Pero también tiene una capacidad relativamente baja, debido a que

ELEMENTO ELECTRICO DE CALEFACCION
INSERTADO EN ESTE BARRENO, PARA
APRETAR O AFLOJAR LAS TUERCAS



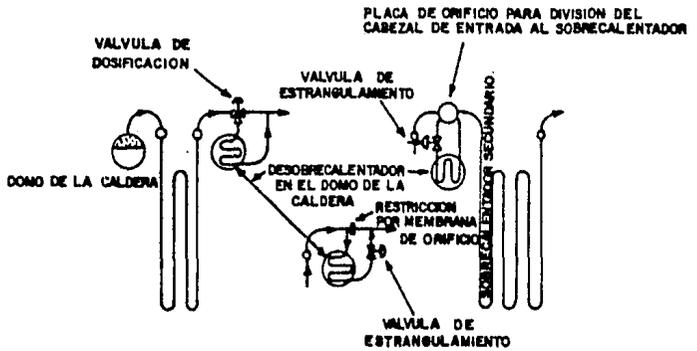
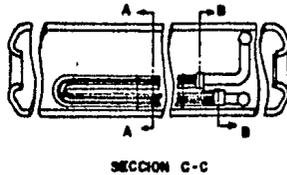
INSTALACION DE UN DESOBRECALENTADOR INTERMEDIO
TIPO TANQUE DE INTERCAMBIO DE CALOR.

METODOLOGIA DE
CALCULO DE UN
DESOBRECALENTADOR

FIG.15 DESOBRECALENTADOR DEL
TIPO DE TANQUE E INTER-
CAMBIO DE CALOR.

FACULTAD DE QUIMICA

U. N. A. M.



A. DISPOSITIVO DE VALVULA DE DOSIFICACION

B. DISPOSITIVO DE PLACA DIVISORIA DEL CABEZAL

C. DISPOSITIVO DE MEMBRANA DE ORIFICIO Y VALVULA DE ESTRANGULAMIENTO.

INSTALACION DEL DESOBRECALENTADOR DE CONDENSADOS EN DOMOS

METODOLOGIA DE CALCULO DE UN DESOBRECALENTADOR

FIG. 16 DESOBRECALENTADOR DE INTERCAMBIO DE CALOR, TIPO DOMO.

FACULTAD DE QUIMICA

U. N. A. M.

el tamaño de la unidad es reducida, porque el serpentín se tiene que instalar en un registro de hombre. La instalación requiere por lo general la ampliación de uno de los domos de la caldera, en donde el espacio es muy importante debido a la presencia de los deflectores y otros equipos internos, los cuales también deberán acomodarse, para mejorar la calidad del vapor. Este desobrecalentador se usa principalmente en calderas marinas.

MATERIALES DE CONSTRUCCION RECOMENDADOS PARA LOS DESOBRECALENTADORES:

PARTE EXTERNA:

Para temperaturas menores de 800°F: acero al carbono, A-36.

Para temperaturas superiores a 800°F: acero al cromo molibdeno, ASTM, especificación A-217.

Los grados son como se indica:

WC4 para temperaturas superiores a 849°F

WC6 para temperaturas de 850°F a 949°F

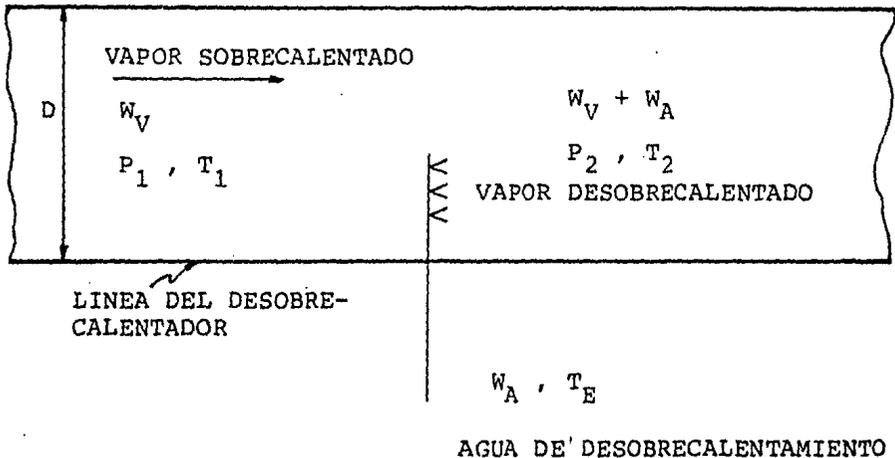
WC9 para temperaturas de 950°F a 1 050°F

PARTES INTERNAS: de acero inoxidable Tipo 304.

CAPITULO III METODOLOGIA DE CALCULO DE UN
DESOBRECALENTADOR.

1.0 EXPRESIONES MATEMATICAS QUE DESCRIBEN LA OPERACION DE
DESOBRECALENTAMIENTO.

La obtención de las expresiones que simulan la operación de desobrecalentamiento de una corriente de temperatura T_1 a T_2 , se representa esquemáticamente como se muestra en la siguiente figura:



PROCESO DE DESOBRECALENTAMIENTO DE UNA CORRIENTE

La operación es la siguiente: La corriente a temperatura T_1 se pone en contacto directo con agua a una temperatura T_E , resultando una mezcla desobrecalentada a temperatura T_2 y P_2 .

1.1 DESOBRECALENTAMIENTO DE VAPOR DE AGUA

Las expresiones que describen esta operación son:

Calor transferido por el vapor al enfriarse de T_1 a T_2 .

$$Q = W_V (H_1 - H_2)$$

Calor ganado por el agua de sobrecalentamiento.

$$Q' = W_A (H_2 - H_E)$$

$$Q = Q'$$

$$W_V (H_1 - H_2) = W_A (H_2 - H_E)$$

$$W_A = \frac{W_V (H_1 - H_2)}{(H_2 - H_E)}$$

Cantidad de agua en gpm.

$$W_A' = \frac{W_V (H_1 - H_2)}{500 Sg (H_2 - H_E)}$$

Sg = Gravedad específica del agua.

1.2 DESOBRECALENTAMIENTO DE GASES

Las expresiones para el balance de calor es como sigue:

Calor perdido por el gas al enfriarse de T_1 a T_2 :

$$Q_D = W_g C_{p_g} (T_1 - T_2)$$

Calor ganado por el agua de sobrecalentamiento:

$$Q'_D = W_A C_{p_A} (T_2 - T_E) + W_A \lambda_A$$

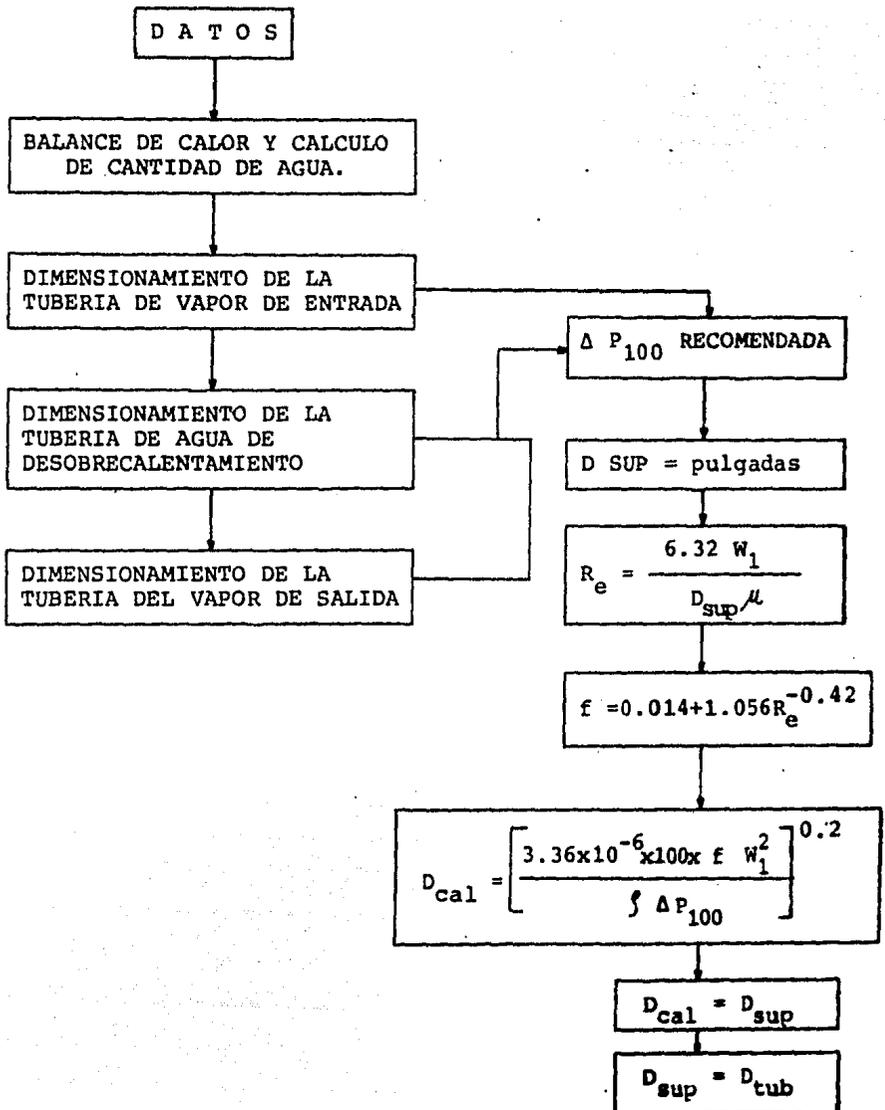
$$Q_D = Q'_D$$

$$W_g C_{p_g} (T_1 - T_2) = W_A C_{p_A} (T_2 - T_E) + W_A \lambda_A$$

La cantidad de agua requerida es:

$$W_A = \frac{W_g C_{p_g} (T_1 - T_2)}{\lambda_A + C_{p_A} (T_2 - T_E)}$$

2,0 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA METODOLOGIA DEL CALCULO DE UN DESOBRECALENTADOR.



2.1 METODOLOGIA DE CALCULO DE UN DESOBRECALENTADOR

Condiciones de proceso

Vapor sobrecalentado : P_1, P_2, T_1, T_2, W_V

Agua de desobrecalentamiento: $T_E; P_E$

1. Evaluación de la propiedades termofísicas de los fluidos.

H_1, H_2, H_E, V, Sg, T saturación,

Grado de sobrecalentamiento de entrada

Grado de sobrecalentamiento de salida

2. Balance de calor y cálculo de la cantidad de agua de desobrecalentamiento.

$$Q = W_V (H_1 - H_2) = W_A (H_2 - H_E)$$

$$W_A = \frac{W_V (H_1 - H_2)}{(H_2 - H_1) 500 Sg}$$

3. Dimensionamiento de la tubería de vapor de entrada

a) Se parte del criterio de ΔP_{100} recomendada para vapores sobrecalentados.

b) Se supone un diámetro ($D_{sup} =$ pulgadas)

c) Cálculo del Número de Reynolds

$$Re = \frac{6.32 \times W_{V1}}{D_{sup} \mu}$$

d) Cálculo del factor de fricción

$$f = 0.014 + 1.056 Re^{-0.42}$$

$$e) \quad D_{\text{calculado}} = \left[\frac{3.36 \times 10^{-6} \times 100 \times f \times W_{v1}^2}{f \times \Delta P_{100}} \right]^{0.2}$$

W_{v1} = flujo máximo de vapor de diseño, se recomienda dar un margen de 20% de sobrediseño.

f) Si $D_{\text{calculado}} = D_{\text{sup}}$, éste será el diámetro de la tubería, de lo contrario suponer otros diámetros.

4. Dimensionamiento de la tubería de agua de sobrecalentamiento.

a) Se parte del valor de ΔP_{100} recomendado para el agua.

b) Se supone un diámetro (D_{sup} = pulgadas)

c) Cálculo del número de Reynolds

$$Re = \frac{6.32 \times (W_{A1})}{\mu D_{\text{sup}}}$$

W_{A1} = Flujo máximo de agua dando un 20% de sobre diseño.

d) Cálculo del factor de fricción

$$f = 0.014 + 1.056 Re^{-0.42}$$

$$e) \quad D_{\text{calculado}} = \left[\frac{3.36 \times 10^{-6} \times 100 \times f \times W_{A1}^2}{f \times \Delta P_{100}} \right]^{0.2}$$

f) Si $D_{\text{calculado}} = D_{\text{sup}}$, este será el diámetro correcto, de lo contrario hacer otras suposiciones hasta llegar a esta igualdad.

5. Dimensionamiento de la tubería del vapor de salida

a) Se parte de la ΔP_{100} recomendada para vapor sobrecalentado.

b) Se supone un diámetro (D_{sup} = pulgadas)

c) Cálculo del número de Reynolds

$$Re = \frac{6.32 \times (W_V + W_A)_1}{\mu_{D_{sup}}}$$

$(W_V + W_A)_1$ flujos máximos dando un sobre diseño de un 20%.

d) Calculo del factor de fricción

$$f = 0.014 + 1.056 Re^{-0.42}$$

$$e) D_{calculado} = \left[\frac{3.36 \times 10^{-6} \times 100 \times f \times (W_V + W_A)_1^2}{f \times \Delta P_{100}} \right]^{0.2}$$

f) Si $D_{calculado} = D_{sup}$ este será el diámetro correcto, de lo contrario hacer otras suposiciones hasta llegar a esta igualdad.

EJEMPLO
CONDICIONES DE OPERACION
(FLUJO PRINCIPAL).

E N T R A D A	MAXIMO	NORMAL
Flujo de vapor (lb/h)	62 390	50 044
Presión del vapor (Psig)	601	601
Temperatura del vapor (°F)	752	752
 Flujo de agua (lb/h)	 10 822	 8 680
Temperatura del agua (°F)	250	250
Presión del agua (Psig)	*	*

S A L I D A

Flujo de vapor (lb/h)	73 214	58 724
Presión del vapor (Psig)	213	213
Temperatura del vapor (°F)	403	403

* Fijado por el fabricante

En este caso, se requiere además del sobrecalentamiento una reducción de presión, para lo cual se recomienda emplear una válvula reductora de presión, que opera desarrollando un trabajo isoentálpico.

Las condiciones del vapor a la entrada y a la salida de la válvula son las siguientes:

CONDICIONES DE ENTRADA

(Datos de proceso)

$$T = 752 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$P = 601 \text{ Psig}$$

CONDICIONES DE SALIDA

$$P = 213 \text{ Psig (Requerida por el proceso)}$$

$$T = 712 \text{ }^\circ\text{F}$$

PROPIEDADES TERMOFISICAS

(Fluidos en el sobrecalentador)

ENTRADA

$$T = 712 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$P = 213 \text{ Psig}$$

$$H_1 = 1378.4 \text{ Btu/lb}$$

$$\bar{V} = 2.9898 \text{ ft}^3/\text{lb}$$

$$\mu = 0.024 \text{ cp}$$

$$T_{\text{saturación}} = 393 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} \text{Grado de sobrecalentamiento} &= \\ &= 712 - 393 = 319 \text{ }^\circ\text{F} \end{aligned}$$

VAPOR SOBRECALENTADO

$$H_E = 250 - 32 = 218 \text{ Btu/lb}$$

AGUA DE DESOBRECIENTAMIENTO

$$f = 58.8 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = 0.22 \text{ cp}$$

SALIDA

$T = 403 \text{ }^\circ\text{F}$
 $P = 213 \text{ Psig}$
 $H_2 = 1\,205.56 \text{ Btu/lb}$
VAPOR DESOBRECALENTADO $\bar{V} = 2.042 \text{ ft}^3/\text{lb}$
 $\mu = 0.019 \text{ cp}$
 $T_{\text{saturación}} = 393 \text{ }^\circ\text{F}$
Grado de sobrecalentamiento =
= $403 - 393 = 10 \text{ }^\circ\text{F}$.

BALANCE DE CALOR

(cálculo de la cantidad de agua de desobrecalentamiento)

CONDICIONES DE OPERACION EN EL DESOBRECALENTADOR

ENTRADA

$P = 213 \text{ Psig}$
 $T = 712 \text{ }^\circ\text{F}$
 $H_1 = 1\,378.4 \text{ Btu/lb}$

SALIDA

$P = 213 \text{ Psig}$
 $T = 403 \text{ }^\circ\text{F}$
 $H_2 = 1\,206.88 \text{ Btu/lb}$

$$W_{V_{\text{máx}}} = 62\,390 \text{ lb/h}$$

$$W_{V_{\text{nor}}} = 50\,044 \text{ lb/h}$$

$$W_{A_{\text{máx}}} = 62\,390 \left(\frac{1\,378.4 - 1\,206.88}{1\,206.88 - 218} \right) = 10\,822 \text{ lb/h}$$

$$W_{A_{\text{nor}}} = 50\,044 \left(\frac{1\,378.4 - 1\,206.88}{1\,206.88 - 218} \right) = 8\,680 \text{ lb/h}$$

CRITERIOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERIAS (*)

FLUIDO	CONDICIONES	ΔP_{100} RECOMENDADA (Psi)
Alimentación de agua a calderas y condensado de vapor	Agua caliente	$0.4 < P_{100} < 1.6$
	Agua fría	$0.8 < P_{100} < 2.0$
Vapor saturado	0 - 50 Psig	$0.5 < P_{100} < 1.0$
	Arriba de 50 Psig	$1.0 < P_{100} < 2.0$
Vapor sobrecalentado	Menores de 100 Psig	$0.5 < P_{100} < 1.5$
	Arriba de 100 Psig	$2.0 < P_{100} < 3.0$

(*) (Referencia 14)

DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERIA DE ENTRADA DE VAPOR
(AL DESOBRECALENTADOR)

ΔP_{100} recomendada para vapores sobrecalentados a ΔP_{100} mayores a 100 Psig : 2 - 3 Psi

a) $\Delta P_{100} = 2.8 \text{ Psi}$

b) $D_{sup} = 8 \text{ pulgadas}$

c) $Re = \frac{6.32 \times (62\,390 \times 1.2)}{0.024 \times 8 \text{ pul}} = 2.464 \times 10^6$

d) $f = 0.014 + 1.056 (2.464 \times 10^6)^{-0.42} = 0.0162$

e) $D_{cal} = \left[\frac{3.36 \times 10^{-6} \times 100 \times 0.0162 (62\,390 \times 1.2)^2}{0.3345 \times 2.8} \right]^{0.2} =$

$D_{cal} = 7.99 = 8$

f) $D_{cal} = D_{sup} ; D_{tub \text{ entrada}} = 8 \text{ pulgadas}$

DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERIA DEL AGUA DE DESOBRECALENTAMIENTO

ΔP_{100} recomendada para agua de alimentación a calderas y condensado de vapor (agua caliente):

$$0.4 < \Delta P_{100} < 1.6 \text{ Psi}$$

a) ΔP_{100} recomendada = 0.7 Psi

b) $D_{\text{sup}} = 2$ pulgadas

c) $Re = \frac{6.32 (10\ 822 \times 1.2)}{0.22 \times 2} = 1.865 \times 10^5$

d) $f = 0.014 + 1.056 (1.865 \times 10^5)^{-0.42} = 0.020456$

e) $D_{\text{cal}} = \left[\frac{3.36 \times 10^{-6} \times 100 \times 0.020456 (10\ 822 \times 1.2)^2}{58.8 \times 0.7} \right]^{0.2} =$

$D_{\text{cal}} = 1.95$ pulgadas

f) $D_{\text{cal}} = D_{\text{sup}} ; D_{\text{tub}} = 2$ pulgadas

DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERIA DE SALIDA DE VAPOR DEL DESOBRECALENTADOR

a) ΔP_{100} recomendado = 2.5 Psi

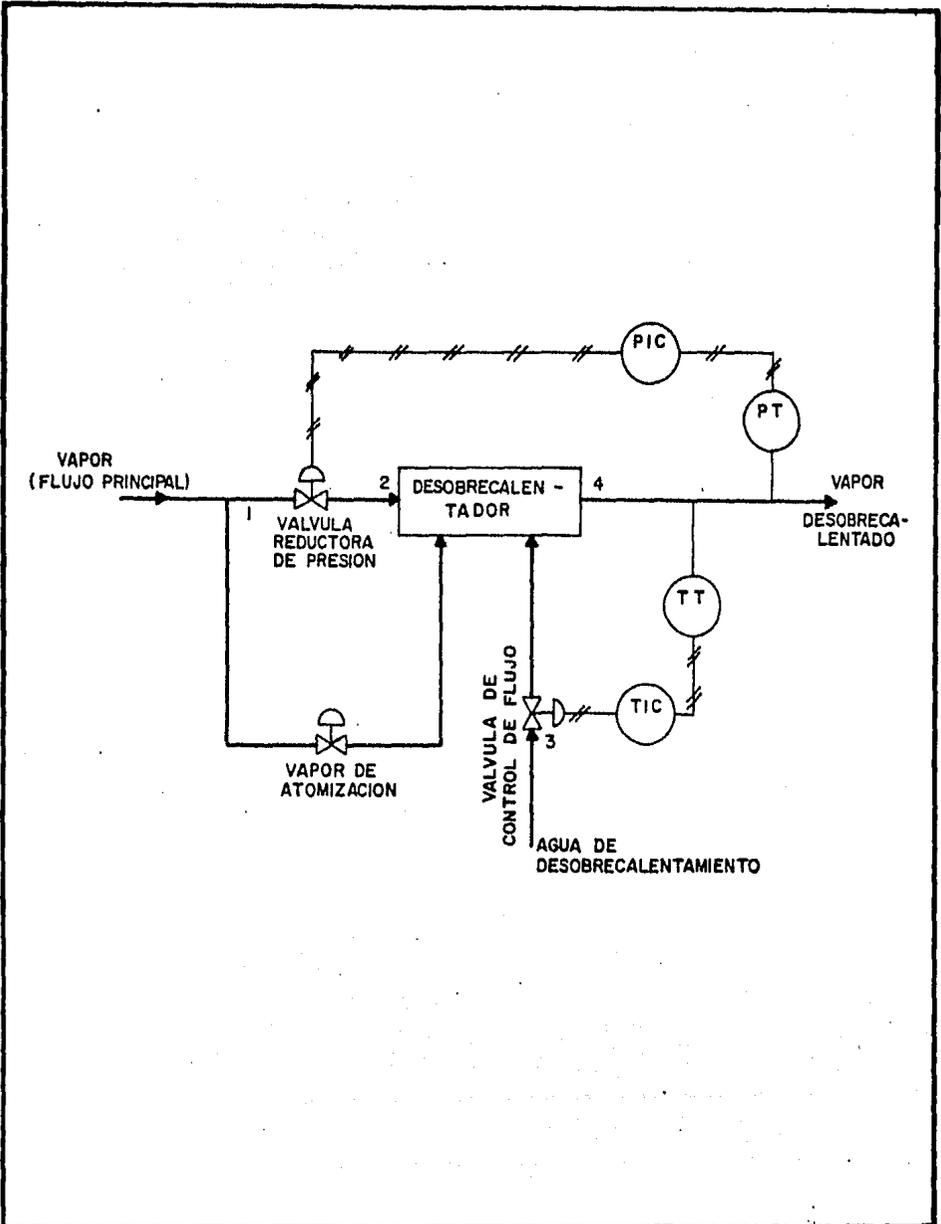
b) $D_{\text{sup}} = 8$ pulgadas

c) $Re = \frac{6.32 \times 1.2 (62\ 390 + 10\ 822)}{0.019 \times 8} = 3.653 \times 10^6$

d) $f = 0.014 + 1.056 (3.653 \times 10^6)^{-0.42} = 0.01585$

e) $D_{\text{cal}} = \left[\frac{3.36 \times 10^{-6} \times 100 \times 0.01585 \times 1.2 (62\ 390 + 10\ 822)^2}{0.489716 \times 2.5} \right]^{0.2}$
 $= 8.0$

f) $D_{\text{sup}} = D_{\text{calculado}} ; D_{\text{tubería de salida}} = 8$ pulgadas



METODOLOGIA DE
CALCULO DE UN
DESOBRECALENTADOR

EJEMPLO.

FACULTAD DE QUIMICA

U. N. A. M.

CLIENTE _____ CONTRATO No. _____
 LOCALIZACION DE LA PLANTA _____ FECHA _____
 SERVICIO DE LA UNIDAD DESOBRECALENTAMIENTO

GAS A ENFRIARSE VAPOR FLUIDO ENFRIANTE AGUA

NUMERO DE UNIDADES REQUERIDA UNA

	1 FLUJO PRINCIPAL	2 ENTRADA DE VAPOR	3 AGUA DE DESOBRECA- LENTAMIENTO	4 SALIDA DE VAPOR	* VAPOR DE ATOMIZACION
PRESION (PSIG)	601	213	*	213	
TEMPERATURA (°F)	752	712	250	403	
GRADO DE SOBRECALENTAMIENTO (°F)		319		10	
FLUJO					
MAXIMO (lb/h)	62390	62390	10822	73214	
NORMAL (lb/h)	50044	50044	8680	58724	
MINIMO (lb/h)	50044	50044	8680	58724	
CONEXIONES (pulg.)	8	8	2	8	

CONDICIONES DE DISEÑO : PRESION 300 (PSIG) TEMPERATURA 750 °F.

TIPO DE DESOBRECALENTADOR *

MATERIALES : CUERPO ACERO AL CARBON

INTERIORES ACERO INOXIDABLE 304

* FIJADO POR EL FABRICANTE

METODOLOGIA DE CALCULO DE UN DESOBRECALENTADOR	HOJA DE DATOS DESOBRECALENTADOR	FACULTAD DE QUIMICA
		U. N. A. M.

CAPITULO IV DIMENSIONAMIENTO ESTIMADO POR EL FABRICANTE

Seanexas las siguientes figuras con la finalidad de ilustrar en una forma general, el procedimiento que un proveedor sigue para proponer un desobrecalentador, en sus cotizaciones.

Estas figuras son para dimensionar los desobrecalentadores: tipo venturi, eyector de vapor y superficie de absorción; pero en realidad son nomogramas típicos que existen para cada uno de los tipos de desobrecalentadores, los cuales son elaborados a través de la investigación por los fabricantes.

A continuación se señalan la secuencia de pasos que deben seguirse en el uso de estos nomogramas con el fin de asegurar su empleo correcto.

1.0 LOS PASOS A SEGUIR EN EL NOMOGRAMA PARA LA DETERMINACION DE LA LINEA DE BAJA PRESION, FIG. 17 SON:

1. Proceda de la escala de la presión de vapor desobrecalentado y siga en las líneas inclinadas de corrección por desobrecalentamiento hasta coincidir con los grados de sobrecalentamiento final.
2. Del último punto, proceda horizontalmente hasta coincidir con el flujo total del vapor (vapor más agua de desobrecalentamiento).
3. Seleccione el siguiente tamaño nominal, un poco mayor.

2.0 SECUENCIA DE PASOS PARA LA DETERMINACION DE LA CAIDA DE PRESION

1. Determine el diámetro óptimo de la línea a la salida del desobrecalentador por medio de las instrucciones anteriores.
2. Localice la presión de descarga del desobrecalentador, fijada por los requerimientos del proceso, siga la línea inclinada hasta coincidir con los grados de sobre-

calentamiento final (A). Desde este punto, trazar una línea horizontal a la escala de presión de descarga (B), para determinar la presión equivalente de saturación.

3. De este último punto, trace la línea (C) para el diámetro obtenido del desobrecalentador en el punto 1 anterior. Del punto de intersección de la línea (C) con la siguiente línea pivote, trace la línea (D) a través del flujo de vapor total a la siguiente línea pivote, de caída de presión. De este punto, trace una línea horizontal (E) y los puntos de intersección con las líneas de caída de presión, determinar dicha caída de presión en los desobrecalentadores tipo venturi y tipo de superficie de absorción, marcados con las letras A y B en las escalas de caída de presión, respectivamente.

El desobrecalentador tipo eyector de vapor presenta una caída de presión despreciable.

3.0 DISTANCIA MINIMA PERMITIDA PARA LA COLOCACION DEL ELEMENTO DETECTOR DE TEMPERATURA.

En el arreglo de la tubería del desobrecalentador, los requerimientos de tubería recta antes y después del desobrecalentador, y la posición del elemento detector de temperatura son parámetros muy importantes en las estaciones de desobrecalentamiento.

Sin embargo, la posición del elemento detector de temperatura, es el parámetro más crítico. La tabla que a continuación se presenta puede usarse como una guía para establecer la distancia mínima permitida para el bulbo, ya sea que el desobrecalentador se monte vertical u horizontalmente, los fabricantes recomiendan que esta distancia sea recta y si se utiliza una válvula reductora de presión conjuntamente al desobrecalentador, se recomienda cinco diámetros de tubería

recta antes del desobrecalentador. La siguiente tabla aplica para los desobrecalentadores tipo venturi y tipo eyector de vapor.

GRADOS DE SOBRECALENTAMIENTO RESIDUAL °C	POSICION DEL BULBO DESDE LA DESCARGA DE LA UNIDAD (metros)
5.55 (10°F)	9.14 (30 pies)
13.88 (25°F)	7.62 (25 pies)
27.77 (50°F)	6.10 (20 pies)
55.55 (100°F)	4.57 (15 pies)
111.11 (200°F)	3.05 (10 pies)
222.22 (400°F)	2.13 (7 pies)
277.77 (500°F)	1.52 (5 pies)

4.0 CALCULO DEL RANGO DE CAPACIDAD

Como el desobrecalentador está ligado a otros accesorios, que interaccionan entre sí, es muy importante cuidar que el rango de capacidad, o relación de flujo máximo a mínimo, del desobrecalentador no sea mayor que el de los componentes del sistema de control.

Con el fin de ilustrar el procedimiento seguido en el cálculo de rango de capacidad de un desobrecalentador, se presenta el procedimiento para calcular esta variable, para los desobrecalentadores tipo venturi y tipo eyector de vapor. También se incluye una gráfica para la determinación de la velocidad mínima de vapor, a la cual el desobrecalentador tipo venturi controla eficientemente la temperatura. Es importante señalar que el procedimiento de cálculo del rango de capacidad

es similar para todos los tipos de desobrecalentadores.

Para calcular el rango de capacidad disponible del desobrecalentador tipo venturi, se utilizan las ecuaciones siguientes:

Si el desobrecalentador se instala horizontalmente:

$$\text{Rango de capacidad} = \frac{\text{velocidad de operación}}{\text{velocidad mínima de desobrecalentamiento}}$$

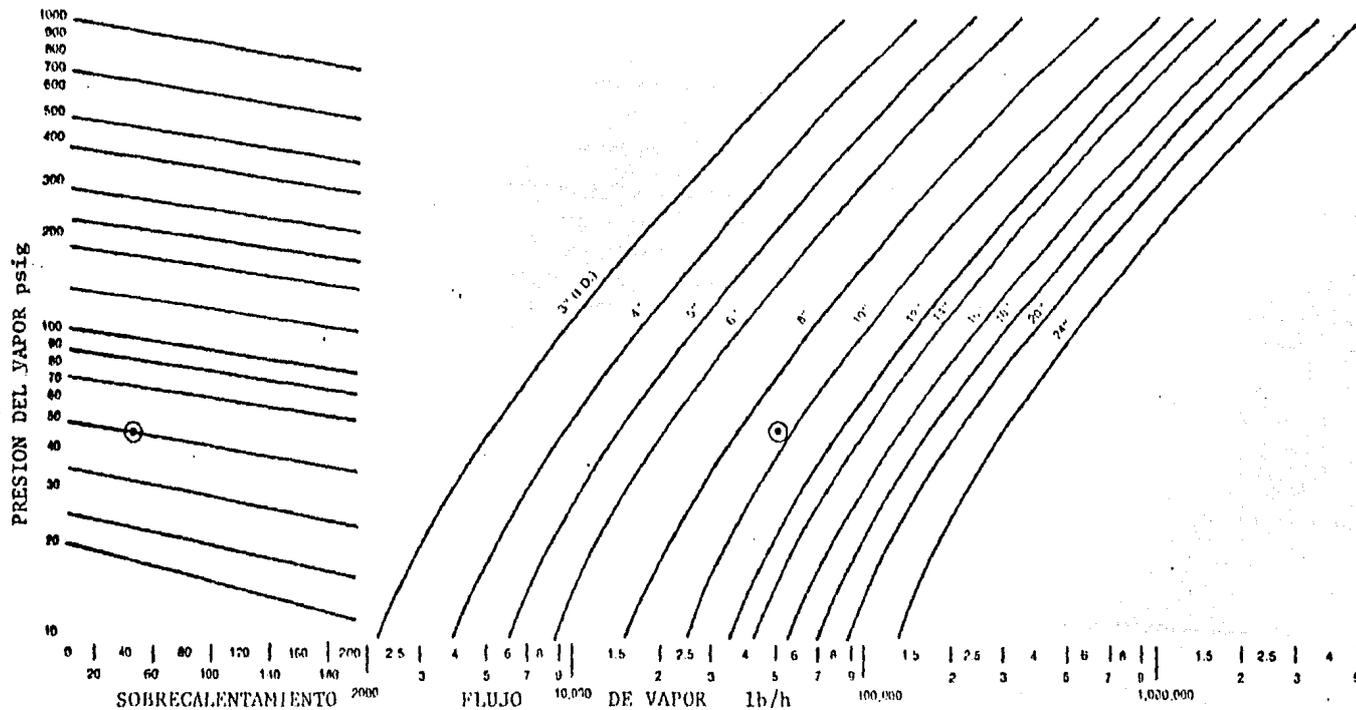
Si se instala verticalmente:

$$\text{Rango de capacidad} = \frac{\text{velocidad de operación}}{15 \text{ pies/seg}}$$

$$\text{Velocidad de operación} = \frac{(\text{Flujo de vapor})_{\text{max}} \text{ volumen específico}}{\text{Area transversal de la tubería}}$$

En el cálculo del rango de capacidad para el tipo eyector de vapor, puede notarse que esta variable no es una función de la velocidad y es similar en los desobrecalentadores que usan el arreglo de recirculación:

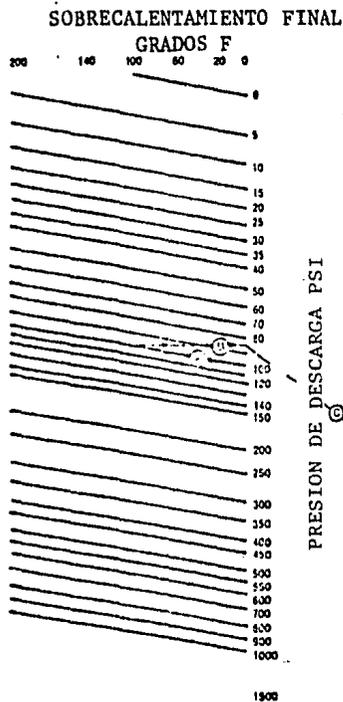
$$\text{Rango de capacidad} = \frac{\text{Flujo de vapor} + \text{flujo de vapor atomizante}}{\text{flujo de vapor atomizante}}$$



* REFERENCIA 1

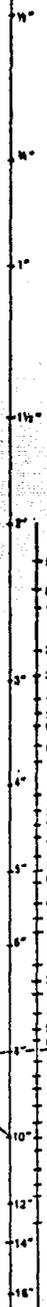
<p>METODOLOGIA DE CALCULO DE UN DESOBRECALENTADOR</p>	<p>FIG. 17 ESTIMACION DEL DIMENSIONAMIENTO.</p>	<p>FACULTAD DE QUIMICA</p>
		<p>U. N. A. M.</p>

* REFERENCIA 1



PRESION DE DESCARGA PSI
LINEA PIVOTE

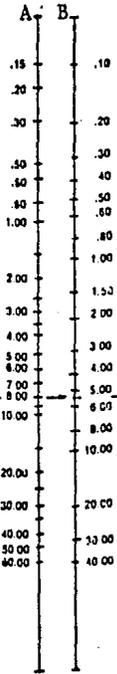
DIAMETRO DEL DESOBRECALENTADOR



FLUJO DE VAPOR DE ENTRADA lb/h

LINEA PIVOTE

CAIDA DE PRESION PSI

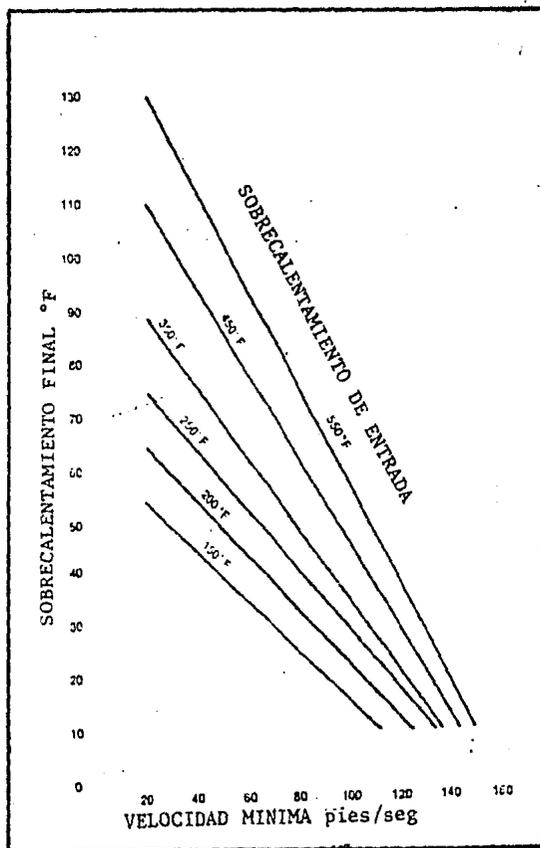


METODOLOGIA DE
CALCULO DE UN
DESOBRECALENTADOR

DETERMINACION DE LA
CAIDA DE PRESION

FACULTAD DE QUIMICA

U. N. A. M.



‡ REFERENCIA 1

METODOLOGIA DE
CALCULO DE UN
DESOBRECALENTADOR

DETERMINACION DE LA
VELOCIDAD MINIMA DE
VAPOR.

FACULTAD DE QUIMICA

U. N. A. M.

CAPITULO V CONTROL AUTOMATICO PARA UN SISTEMA DE DESOBRECALENTAMIENTO.

Las variables fundamentales a controlar en un sistema de desobrecalentamiento, son la presión y la temperatura del vapor desobrecalentado, ya que éstas son las condiciones fijadas por los requerimientos de servicios auxiliares.

Otro parámetro que también es importante considerar ya que es un complemento de las variables anteriores para obtener una mayor exactitud, es la distancia a la que se coloca el elemento detector de temperatura, con el fin de evitar retrasos en la medición y control de la variable.

Los tipos de controles utilizados en un sistema de desobrecalentamiento son:

En el control de la temperatura, se emplea el llamado "control en cascada".

En el control de la presión, se emplea el "control de acción proporcional".

Se entiende por "control en cascada", cuando la salida de un controlador posiciona el punto de ajuste de un segundo controlador llamado secundario (válvula de control de agua).

De esta forma cualquier cambio indeseable en la variable manipulada, es detectado y corregido antes de que afecte a la variable principal y/o al proceso entero.

El funcionamiento del control en cascada para un sistema de desobrecalentamiento típico es el siguiente:

El elemento detector es sensible a la variable de proceso (temperatura) que se mide y es por lo tanto el primer elemento del circuito en detectar un cambio en dicho valor.

El elemento detector de temperatura se inserta en un punto adecuado del proceso y su señal es transmitida al elemento de medición, este elemento cuantifica el valor de la variable controlada, temperatura.

El elemento de medición transmite una señal al elemento de comparación, al cual se le han ajustado previamente el valor deseado de la variable (T).

El valor medido es comparado con el valor deseado y si fueran diferentes se genera una señal de corrección.

La señal de corrección se transfiere al controlador, el cual genera una señal de control al segundo controlador (válvula controladora de agua), que hace que la válvula abra o cierre, permitiendo una variación de flujo de agua, que a su vez modifica la temperatura del vapor de salida, reduce la desviación y hace que la válvula vuelva a su posición normal; pero si la desviación subsiste, la válvula seguirá en condiciones tales que satisfaga la temperatura requerida.

Funcionamiento del control de acción proporcional: El funcionamiento del control de acción proporcional es similar al del control en cascada, excepto que este control no acciona un segundo controlador sino que envía su señal de corrección al elemento final, en este caso a la válvula reductora de presión.

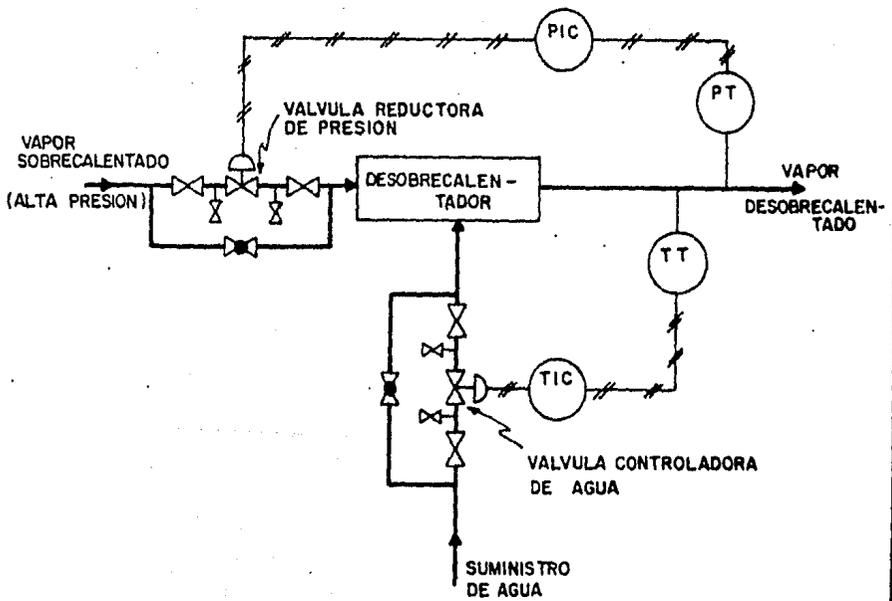
El elemento detector de presión que se inserta a una distancia adecuada, transmite su señal al elemento de medición que es el que cuantifica el valor de la variable controlada. Este elemento transmite una señal al elemento de comparación el cual compara el valor medido con el ajustado y si fueran diferentes se genera una señal de corrección. La señal de corrección se transfiere al controlador, el cual genera una señal de corrección al elemento final (válvula reductora de presión), que es proporcional a la desviación, esta señal hace que la válvula abra o cierre de tal forma que se registre el cambio deseado, para satisfacer las condiciones de presión requeridas.

También es importante señalar, con el fin de evitar, el efecto indeseable que se presenta al no detectar en el punto indicado el cambio de temperatura. Ya que combinando el parámetro: distancia de colocación del elemento detector de temperatura, con los demás elementos de control se logrará una mejor precisión en la medición y control de las condiciones requeridas del vapor desobrecalentado.

RETRASOS

El tipo de retraso que se presenta en un sistema de desobrecalentamiento y que podemos evitar siguiendo las recomendaciones del fabricante, es el debido a distancia y velocidad; aunque también se presentan el retraso por tiempo de transferencia. Este tipo de retraso ocurre normalmente en más de un punto en el circuito de control. Los elementos primarios de medición son normalmente causantes de retrasos por tiempo de transferencia, y como son sensibles a los cambios de la variable controlada, se deberán considerar antes que los de proceso, esta es una característica de cada controlador y es función de su calidad y por tanto de su costo.

El retraso por distancia y velocidad puede definirse como el tiempo transcurrido entre el cambio en el valor de una señal y su manifestación sin cambio en alguna parte posterior del sistema, este retraso se debe únicamente a la velocidad finita de propagación de dicha señal.



METODOLOGIA DE
CALCULO DE UN
DESOBRECALENTADOR

CONTROL AUTOMATICO DE UN
SISTEMA DE
DESOBRECALENTAMIENTO

FACULTAD DE QUIMICA

U. N. A. M.

CAPITULO VI PROCEDIMIENTO DE ADQUISICION DE UN DESOBRE- CALENTADOR Y TABULACION DE COTIZACIONES.

Debido a que en las industrias con grandes demandas de vapor para distintos servicios específicos, el desobrecalentador dentro del sistema de servicios auxiliares, juega un papel muy importante, y además tomando en cuenta que requiere una inversión considerable, es necesario que para su adquisición se preste la atención debida.

A continuación se presentan las diferentes fases por las que se pasa durante el desarrollo de un proyecto de adquisición.

1.0 ELABORACION DEL PAQUETE DE REQUISICION.

El paquete de requisición tiene como finalidad establecer los parámetros y características que permitan satisfacer las necesidades técnicas, económicas y comerciales del usuario del equipo.

Es importante planear su contenido, formato, redacción e idioma, ya que es necesario interesar al fabricante y darle oportunidad de presentar propuestas claras y completas.

Se utilizan formatos para la hoja de datos y cuestionario técnico-comercial. Estos últimos sirven para unificar la información que los fabricantes deben proporcionar y evitar confusiones a los ingenieros involucrados en su evaluación.

1.1 LISTA DE PROVEEDORES.

En la lista de proveedores se mencionan todos los fabricantes invitados a cotizar técnica y comercialmente el equipo, indicando el lugar de procedencia de éstos.

1.2 HOJA DE DATOS

El objetivo de la hoja de datos, es establecer las condicio-

nes requeridas, a las cuales deberá operar el desobrecalentador. La hoja de datos es una presentación ordenada de valores que son utilizados en el diseño o selección de un equipo.

1.3 REQUISICION

Es el documento formal mediante el cual el cliente da a conocer a todos los fabricantes invitados a cotizar un determinado equipo, los siguientes puntos:

- a) Cantidad, nombre y clave de los equipos.
- b) Alcance de la adquisición. (diseño y/o construcción del equipo).
- c) Aclaración de que el fabricante deberá cumplir con la especificación general y los requisitos específicos del proyecto.
- d) Garantía de comportamiento termodinámico y mecánico, que el cliente exigirá al fabricante.
- e) Notificación de la dirección en donde deberá mandarse la correspondencia de planos y dibujos.
- f) Instrucciones para la transportación y empaque del equipo.

1.4 ESPECIFICACION GENERAL.

Es la descripción general del equipo, en la que se establecen los lineamientos a los que el fabricante se tendrá que apegar estrictamente para que su propuesta sea considerada en el concurso y será la base para su diseño. Contiene los siguientes puntos:

- a) Los códigos, normas y especificaciones, con las que el fabricante deberá cumplir en su diseño y fabricación. Serán de aceptación y reconocimiento mundial. El código más utilizado en México, tanto para diseño como para

construcción y pruebas es el ASME.

- b) El procedimiento de empaque y protección durante la transportación y almacenamiento previo al montaje, ya que los daños sufridos por el equipo pueden afectar el programa de la obra más que los detectados durante la fabricación.
- c) El cuestionario técnico, en el cual el fabricante proporcionará todos aquellos factores físicos o de diseño del equipo que permita establecer una evaluación técnica de las propuestas.
- d) La información que requiere el cliente cuando se coloca la orden de compra al fabricante, como dibujos de arreglo general, instructivos de operación y mantenimiento.
- e) Las garantías que el fabricante dará al usuario en el caso de diseño inadecuado, defectos de materiales y fallas en general.

1.5 REQUISITOS ESPECIFICOS

En los requisitos específicos del proyecto se le suministra al fabricante los datos y condiciones del lugar en donde se localizará la planta, tales como condiciones ambientales, velocidades de viento y factor sísmico; y modificaciones y adiciones a la especificación general en los puntos en que no aplique al proyecto.

1.6 CUESTIONARIO COMERCIAL

En este cuestionario se le solicita al fabricante toda la información relacionada con los puntos comerciales, para tener elementos de selección en la tabulación económica y comercial.

2.0 EVALUACION TECNICA-ECONOMICA

La evaluación de las propuestas se efectúa con el fin primordial de establecer las bases para la selección del proveedor que mejor satisfaga las necesidades del usuario.

Para efectuar la evaluación se toma como base la información proporcionada en el paquete de requisición, así como la información suministrada por el fabricante en su propuesta, de acuerdo con los cuestionarios técnicos-comerciales que se incluyen en el paquete de requisición.

3.0 TABULACION DE COTIZACIONES

El objetivo de la tabulación es construir una tabla comparativa de los datos más importantes del sobrecalentador, los cuales son suministrados por los fabricantes en los cuestionarios técnico-comercial que se les envía para cotizar.

La tabulación será analizada por el usuario o la firma de ingeniería responsable, de tal manera que se evitarán el revisar todas las cotizaciones que envían los fabricantes para concurso, las cuales contienen una gran cantidad de información que no es importante para hacer la selección de la propuesta más adecuada. Estas se tomarán como base para dicha selección, ya que se indican los parámetros esenciales para establecer la propuesta que mejor satisface las necesidades de usuario, tanto técnicas como comerciales.

Es conveniente clasificar los puntos a evaluar en dos aspectos: el técnico, en donde se incorporarán los conceptos correspondientes a la ingeniería del equipo; y el comercial, en donde se analizará lo relacionado con el aspecto económico (ver tabulación de cotizaciones).

Una vez seleccionado el fabricante, se exponen las razones de su recomendación.

4.0 ORDEN DE COMPRA

Mediante la orden de compra, se establece el contrato oficial con el fabricante seleccionado.

DESCRIPCION	UNIDADES	BASE	FABRICANTES			
			A	B	C	D
CONDICIONES DE OPERACION						
ENTRADA: FLUJO VAPOR (MAX.)	lb/h	62 390	62 390	62 390	62 390	62 390
FLUJO VAPOR (NOR.)	lb/h	50 044	50 044	50 044	50 044	50 044
PRESION	PSIG	601	601	601	601	601
TEMPERATURA	°F	752	752	752	752	752
SALIDA: FLUJO VAPOR (MAX.)	lb/h	POR FABRICANTE	73 847	73 757	73 847	NO INDICA
PRESION	PSIG		213	213	213	213
TEMPERATURA	°F		403	403	408	NO INDICA
CAIDA DE PRESION	PSIG		NO INDICA	0	NO INDICA	NO INDICA
EXACTITUD DE CONTROL			1%/15°F ARRIBA SAT.	1%/10°F ARRIBA SAT.	1%/15°F ARRIBA SAT.	NO INDICA
CONSUMO DE AGUA	lb/h		11 457	11 367	11 457	NO INDICA
PRESION	PSIG		350	313	350	NO INDICA
TEMPERATURA	°F		250	250	250	250
VAPOR DE ATOMIZACION	lb/h	POR FABRICANTE	NO REQUIERE	1100	NO REQUIERE	NO REQUIERE
DIAMETRO DE LA LINEA VAP. ENT./SAL.	PULG		8/8	5/5	6/6	4/4
DIAMETRO DE LA LINEA DE AGUA	PULG		2	1 1/2	2	NO INDICA
BOQUILLA VAPOR DE ATOMIZACION	PULG	POR FABRICANTE	NO REQUIERE	1 1/2	NO REQUIERE	NO REQUIERE
MATERIAL CUERPO/INTERIORES			ACERO AL C./SS 304	NO INDICA	ACERO AL C./SS 304	NO INDICA
PRESION DE DISEÑO	PSIG		300	300	300	300
TIPO DE SISTEMA			VALV. ACONDIC. VAP.	EYECTOR DE VAPOR	DESOB. BOQ. INYEC.	CONVENCIONAL
POSICION DE INSTALACION			VERTICAL U HORIZ.	HORIZONTAL	30° O EN CODO	NO INDICA
COSTO DEL DESOBRECALENTADOR	M. N.		470 190.00	175 260.00	248 200.00	
COSTO VALVULA RED. PRESION	M. N.		NO REQUIERE	58 400.00	56 900.00	
COSTO VALVULA CONT. AGUA	M. N.		43 642.00	58 400.00	43 650.00	496 000
COSTO DE INSTRUMENTACION	M. N.		144 750.00	134 450.00	144 750.00	
PRECIO NETO TOTAL	M. N.		658 582.00	426 510.00	493 500.00	496 000.00
OBSERVACIONES						
FABRICANTE SELECCIONADO						
			B			
METODOLOGIA DE CALCULO DE UN DESOBRECALENTADOR		TABULACION DE COTIZACIONES			FACULTAD DE QUIMICA	
					U. N. A. M.	

EL FABRICANTE SELECCIONADO PARA LA ADQUISICION DEL DESOBRE-
CALENTADOR ES: EL FABRICANTE B, POR LAS SIGUIENTES RAZONES:

1. El desobrecalentador de vapor tiene mayor vida útil y mayor flexibilidad de operación.
2. Cumple técnicamente, así como con las garantías, cláusulas de penalización y términos de pago especificados en la requisición.
3. Consume menor cantidad de agua que los demás sistemas ofrecidos.
4. Presenta una caída de presión despreciable.
5. Menor inversión.

CONCLUSIONES

-La metodología de cálculo presentada es aplicable a cualquier sistema de vapor que requiera desobrecalentamiento, mediante la cual se especifica el equipo incluyendo el cálculo de los requerimientos de agua para efectuar tal desobrecalentamiento, y garantiza la obtención de una adecuada flexibilidad de operación y como consecuencia un margen de seguridad confiable, para lo cual se recomienda:

- a) Dar un margen de sobrediseño que generalmente oscila en el rango de 10-20%.
- b) Apegarse a los criterios de caída de presión recomendada.

-Es fundamental conocer los diferentes tipos de desobrecalentadores existentes en el mercado y sus aplicaciones, con el propósito de seleccionar y especificar adecuadamente el tipo de equipo.

-El hecho de contar con un procedimiento de adquisición de desobrecalentadores, señalando cada una de sus fases, que incluye el cálculo óptimo del sistema de desobrecalentamiento, la elaboración del paquete de requisición, la evaluación de las propuestas, la tabulación de cotizaciones y los documentos de compra contribuirá sensiblemente a incrementar la eficiencia tanto en la ejecución del trabajo como en la selección de la mejor alternativa. La aplicación de este procedimiento es particularmente importante en este equipo, debido a que no se diseña en el país, sino que se selecciona de las propuestas presentadas por los fabricantes invitados a cotizar.

-Por último, se sugiere llevar a cabo el desarrollo de la metodología para el diseño integral del sobrecalentador. En este trabajo no se efectuó por estar fuera del alcance del mismo; pero se recomienda considerar la posibilidad de diseñarlo en México por los grandes beneficios que obviamente se obtendrían.

NOMENCLATURA

- C_{p_g} = calor específico del gas sobrecalentado Btu/lb °F
 D = diámetro de la tubería
- H_1 = entalpia del vapor sobrecalentado (entrada) Btu/lb
 H_2 = entalpia del vapor desobrecalentado (salida) Btu/lb
 H_E = entalpia del agua de desobrecalentamiento Btu/lb
 P_1 = presión del vapor sobrecalentado (entrada) Psig
 P_2 = presión del vapor desobrecalentado (salida) Psig
 PT = transmisor de presión
- T_1 = temperatura del vapor sobrecalentado (entrada) °F
 T_2 = Temperatura del vapor desobrecalentado (salida) °F
 T_E = temperatura del agua de desobrecalentamiento, °F
 TT = transmisor de temperatura
- W_A = masa de agua de desobrecalentamiento lb/h
 W_g = masa de gas sobrecalentado lb/h
 W_v = masa de vapor sobrecalentado lb/h
- PIC = controlador-indicador de presión
 PSV = válvula de seguridad; TI = indicador de temperatura
 TIC = controlador-indicador de temperatura
- f = densidad lb/ft³
- λ_A = calor latente de vaporización del agua de desobrecalentamiento Btu/lb
- μ = viscosidad cp

BIBLIOGRAFIA

1. C.G. Blatchley, Schutte and Koerting Company.
"Make Sure you Buy the right Desuperheaters, 3 rules point the way to Efficient Desuperheater Operation" Power, febrero (1962) (pp.75-75).
2. Carl D. Shield. "Calderas, Tipos, Características y sus funciones" 1a Ed. Compañía Editorial Continental, S.A. (1970) (pp. 342-348)
3. Crane Co. "Flow of Fluids Through Valves, Fitting, and Pipe" (1969). (pp. 3-10)
4. Donald Q. Kern, "Procesos de Transferencia de Calor" 9a Ed. Compañía Editorial Continental, S.A. 1975 (pp. 869-880).
5. E. Ross Forman, "A New Concept Unit Control Systems" Chemical Engineering, agosto 5, 1963 pp. 93-100.
6. H.F. Rase y M.H. Barrow "Ingeniería de Proyectos para Plantas de Proceso" Compañía Ed. Continental, S.A. 1979, pp. 149-166.
7. James M. Meyer, Koch Engineering Co., "Versatile Program for Pressure Drop Calculations" Chemical Engineering, marzo (1980) (pp. 139-142)
8. Keenan J.H. y Asoc. "Steam Tables" John Wiley & Sons. (1969)
9. Perry, J.H. "Chemical Engineers Handbook" 4a Edición Mc. Graw-Hill Book Co., New York 1963. pp. 22-70.
10. Peter, P. van Blarcom. Product Manager, Yarway Corp. Blue Bell, P.A. "Using Desuperheaters Steam Temperature Control" Plant Engineering, septiembre 1981 (pp. 137-141).
11. Plant Maintenance and Management Section, Power noviembre 1961, (pág. 199).
12. Richard E. Balzhiser, Michael R. Samuels y John D. Termodinámica Química para Ingenieros, 2a Edición. Ed. Prentice/hall International. pp 60,296.
13. Schutte & Koerting Division (AMETEK) "Desuperheaters" Boletín 6D (1979)

14. The Babcock & Wilcox, Company. "Steam, its Generation and Use" Thirty eight Edition, USA. 1972.
(pp. 13-1—13-29)