

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE QUITO**

**CARRERA:**  
**INGENIERÍA MECÁNICA**

**Tesis previa a la obtención del Título de: INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**  
**REDISEÑO DE LA RED DE VAPOR DEL ÁREA SUBCENTRAL DE  
ESTERILIZACIÓN Y QUIRÓFANOS DEL HOSPITAL CARLOS ANDRADE  
MARÍN**

**AUTORES:**  
**CARMILEMA TONATO RUBÉN ALEJANDRO**  
**ERAZO ZALDUMBIDE FRANCISCO XAVIER**

**DIRECTOR:**  
**LUIS ANÍBAL ANDRANGO**

**Quito, Mayo del 2014**

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO  
DE TRABAJO DE GRADO**

Certifico que el presente trabajo, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico ha sido realizado en su totalidad por los señores: Rubén Alejandro Carmilema Tonato y Francisco Xavier Erazo Zaldumbide.

Los conceptos desarrollados, análisis, cálculos realizados, conclusiones y recomendaciones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

---

Ing. Luis Andrango.  
DIRECTOR DE TESIS

Nosotros, Rubén Alejandro Carmilema Tonato y Francisco Xavier Erazo Zaldumbide, declaramos que la investigación realizada es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentada y que se han consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en el presente documento.

Autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial del presente trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Quito, Mayo del 2014.

---

Rubén Alejandro Carmilema Tonato

CC: 1717301418

---

Francisco Xavier Erazo Zaldumbide

CC: 1716768021

**Dedicamos este proyecto de tesis...**

A Dios, por haber encendido en nuestros corazones la pasión, el amor y la fuerza para conseguir cada meta propuesta en la vida.

A nuestros padres, por ser el ejemplo perfecto de superación, valor, lucha y éxito, por enseñarnos a caminar en todos los aspectos de la vida y por ese incansable apoyo que nos ha permitido llegar cada vez más lejos.

Rubén y Francisco

### **Agradezco...**

A mis padres Vicente y Fabiola, y a mi familia cercana, por llenar mi vida de consejos.

A todos los implicados en este proyecto por ser parte fundamental para mejorar y para aprender a ser un verdadero profesional y ser siempre un aporte a la sociedad.

Rubén Carmilema

### **Agradezco...**

A Dios, por darme vida y su bendición eterna.

A mi Madre Norma y a mi Padre Francis: Gracias por haberme apoyado en los momentos difíciles, admiró su tenacidad y esfuerzo. Su amor fue lo que me motivó a seguir estudiando y finalizar con el presente trabajo.

A mi Esposa Mileni: Gracias por comprenderme y orientarme en los momentos difíciles, la finalización del presente estudio, se debió al amor que existe entre nosotros.

A mis Hijos Alessandro y Alonso: Por haber cedido parte de su tiempo en mi formación profesional, mi reconocimiento y amor, además son mi principal motivación y mi energía para mi actividad diaria.

A mi Hermana Ivonne: Por los buenos momentos que hemos vivido, y por el amor que me ha inculcado.

A mi Universidad: Por haberme cedido un espacio en sus aulas y permitirme tener una formación profesional adecuada, además de haberme enseñado a amar sus colores.

Francisco Erazo

## **JUSTIFICACIÓN**

El hospital CARLOS ANDRADE MARÍN, debe contar con un sistema de distribución de vapor que le permita cumplir con sus requerimientos para atender al personal que ingresa al mismo, en lo que se refiere a regímenes de lavandería-secado, cocina, esterilización, quirófanos, dotación de agua caliente y otras necesidades complementarias, y por ello se determinó la necesidad de equipar al mismo con una instalación de calderas industriales.

En el año 1961, se procedió a la instalación de 3 calderas pirotubulares horizontales marca Cleaver Brooks de la serie L-80545, modelo CB101-250, de 250 BHP, con una producción de 8625 lb/h de vapor a 85 psi de presión.

Actualmente no existe un estudio técnico sobre la correcta selección y dimensionamiento de los diferentes componentes del sistema de vapor, así como un control del estado operativo de sus partes, aislamientos, tuberías, ablandadores de agua, etc., o necesidades adicionales y considerando que el sistema ha prestado servicio por más de 40 años en forma permanente, se procederá en la tesis a realizar el dimensionamiento y selección de los equipos y/o materiales con el fin de lograr un funcionamiento óptimo del sistema de distribución vapor, lo que incluye un aprovechamiento máximo del vapor con un correcto consumo de combustible y un cuidado permanente de los equipos e instalaciones.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

El Hospital CARLOS ANDRADE MARÍN es uno de los más importantes de Ecuador, debido a su capacidad, a los servicios médicos que brinda y a la demanda de atención al año, al ser una institución pública no tiene fines de lucro.

Es la unidad de mayor complejidad de la red de servicios de salud del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (I.E.S.S.)

En la actualidad, el incesante crecimiento poblacional requiere de una capacidad energética cada vez mayor para satisfacer las necesidades propias del desarrollo, lo que incrementa los niveles de contaminación y una reducción vertiginosa de los recursos naturales del planeta.

En los últimos años, una cultura enfocada en el ahorro y optimización de los recursos naturales marca la tendencia de cuidado y uso racional de la energía por lo que se ve la necesidad de hacer un rediseño del sistema de distribución de vapor para el Hospital CARLOS ANDRADE MARÍN, donde los equipos de generación han cumplido con su vida útil lo que por otro lado limita el abastecimiento adecuado del vapor a las instalaciones. Los directivos del establecimiento conscientes del problema abalizan el estudio del sistema de distribución actual con mira a realizar las modificaciones necesarias para obtener un desempeño óptimo, razón por la cual se sustenta el presente proyecto.

## **OBJETIVOS.**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Rediseñar la red de vapor del área subcentral, esterilización y quirófanos.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la pérdida energética en el sistema de distribución de vapor actual.
- Reducir las pérdidas energéticas con el uso de técnicas, dispositivos y equipamiento adecuado en el uso del vapor.
- Seleccionar una alternativa de transporte de vapor tomando como referencia los costos, mantenimiento y seguridad.
- Determinar los dimensionamientos de la red de tuberías utilizando la norma **ASME B31.1 TUBERÍAS DE POTENCIA**, y la norma **ASTM A53** para sistemas de vapor.

## **HIPÓTESIS**

Al hablar de rediseño se entendería un cambio total del sistema, sin embargo, podrían existir componentes que no deban ser cambiados totalmente, y el objetivo es comprobar si se cumplen los requerimientos y parámetros técnicos de selección para permanecer como tales.

Para otros casos, luego de un control de los parámetros de diseño, dimensionamiento y selección, sería necesario optar con cambios y/o adecuaciones que tiendan minimizar las pérdidas de presiones en el sistema dentro del rango del 20% de la presión de la caldera y mantener un aprovechamiento eficiente del vapor para un flujo de 530 Kg/h, lo que representaría un notable ahorro de energía y recursos económicos en base al consumo de combustible anual de alrededor del 15%.

Las diferentes adecuaciones o cambios planteados en la presente tesis, considerando los limitados recursos económicos con que se cuenta en el país a todo nivel, permitiría disminuir el costo de la generación del vapor.

## ALCANCE

- Estudio previo del sistema de distribución de vapor actual, estado de las instalaciones.
- Estudio de consumo de vapor, pérdidas energéticas y económicas del sistema de generación actual usando herramientas de análisis termodinámico, de transferencia de calor, técnicas de medición y registro diario de consumo.
- Selección de equipos y accesorios de regulación, recuperación y reducción de pérdidas del nuevo sistema.
- Rediseño del sistema de la red de vapor estudiando la transferencia de calor entre tuberías e infraestructura.
- Análisis cuantitativo del ahorro energético del nuevo sistema de distribución de vapor.
- Propuesta del nuevo sistema de generación de vapor.
- Cuantificación del flujo de vapor utilizado y selección de sistemas de control.
- Estudio económico y de factibilidad de implementación del sistema propuesto.
- Elaboración de planos de la nueva red de vapor.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

JUSTIFICACIÓN .....	VI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....	VII
OBJETIVOS. ....	VIII
HIPÓTESIS.....	IX
ALCANCE.....	X
GLOSARIO .....	XXIII
SIMBOLOGÍA.....	XXV
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	1
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	1
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1. Sistema de generación de vapor .....	2
1.1. Generadores de vapor de agua.....	2
1.2. Calderas para generación de vapor.....	2
1.2.1. Aplicaciones.....	3
1.2.2. Clasificación de los generadores de vapor.....	3
1.3. Fundamentos del vapor de agua .....	4
1.3.1. Estados de vapor de agua .....	4
1.3.2. Presión de trabajo.....	7
1.3.3. Velocidades efectivas en tuberías .....	7
1.4. Distribuidor del vapor .....	7
1.4.1. Red principal de vapor .....	8
1.4.2. Red secundaria de vapor .....	8
1.5. Tuberías de la red de vapor .....	9
1.5.1. Parámetros necesarios para dimensionar la red de vapor.....	10
1.6. Métodos para diseño en tuberías de vapor .....	10

1.6.1.	Cálculo para las tuberías de vapor .....	11
1.7.	Número de Reynolds (Re).....	11
1.8.	Factor de fricción DARCY.....	12
1.8.1.	Pérdidas por presión en las tuberías .....	12
1.8.2.	Pérdidas por fricción en las tuberías .....	12
1.8.3.	Longitud equivalente.....	13
1.9.	Condensado de vapor .....	13
1.9.1.	Sistema abierto .....	14
1.9.2.	Sistema cerrado .....	14
1.9.3.	Red común de retorno de condensado .....	14
1.9.4.	Tuberías de descarga de las trampas .....	14
1.9.5.	Diseño de la red de retorno de condensado.....	15
1.9.6.	Diseño de la red de condensado por medio de nomogramas .....	15
1.10.	Elementos y accesorios de la red de vapor .....	16
1.10.1.	Sistema de reducción de presión .....	16
1.10.2.	Pozos colectores .....	17
1.10.3.	Separadores de gotas de vapor .....	18
1.10.4.	Filtros para vapor .....	18
1.10.5.	Trampas de vapor .....	19
1.10.6.	Válvulas.....	25
1.11.	Unión de tuberías.....	30
1.12.	Aislamientos térmicos.....	30
1.12.1.	Cálculo del espesor óptimo del aislante .....	31
1.13.	Otros Elementos.....	32
1.13.1.	Juntas de dilatación .....	32
1.13.2.	Soportes de tubería.....	33

1.13.3. Tipos de soportes .....	34
<b>CAPITULO 2.....</b>	<b>35</b>
<b>DESCRIPCIÓN DE LA RED DE VAPOR .....</b>	<b>35</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>35</b>
2. Diagrama de flujo sistema actual de suministro de vapor .....	36
2.1. Generación y red de vapor.....	37
2.2. Casa de Máquinas.....	37
2.2.1. Calderas.....	37
2.2.2. Características del Combustible.....	38
2.3. Distribuidor del vapor .....	38
2.4. Red de suministro de vapor .....	38
2.5. Esquema de distribución .....	39
2.5.1. Cálculo de consumo .....	39
2.5.2. Velocidad de flujo del vapor .....	41
2.5.3. Numero de Reynolds.....	41
2.5.4. Factor DARCY .....	41
2.5.5. Cálculo pérdidas de presión y fricción en las tuberías.....	42
2.6. Red de retorno de condensado.....	43
2.7. Resultados obtenidos .....	44
<b>CAPITULO 3.....</b>	<b>45</b>
<b>REDISEÑO SISTEMA DE VAPOR Y RETORNO DE CONDENSADO.....</b>	<b>45</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>45</b>
3. Diagrama de flujo de rediseño .....	46
3.1. Sistema de vapor .....	47
3.1.1. Determinación de parámetros para el rediseño .....	47
3.2. Consideraciones para el rediseño .....	47

3.3.	Dimensionamiento y selección de tubería red principal .....	48
3.3.1.	Cálculo del Diámetro .....	49
3.3.2.	Numero de Reynolds.....	49
3.3.3.	Factor DARCY .....	50
3.3.4.	Pérdidas de presión y fricción en las tuberías .....	50
3.3.5.	Resultados de pérdidas por presión del sistema propuesto. ....	51
3.4.	Cálculo de consumo. ....	52
3.5.	Método comprobación dimensionamiento tuberías mediante software tlv. ....	52
3.5.1.	Comprobación de la red principal .....	53
3.5.2.	Comprobación de la red secundaria .....	54
3.6.	Red de retorno de condensado.....	54
3.6.1.	Dimensionamiento de la Red de retorno de condensado .....	54
3.6.2.	Dimensionamiento de pierna colectora para líneas principales. ....	55
3.6.3.	Cálculo de la Carga de condensado .....	55
3.7.	Selección de las trampas de vapor para las líneas principales .....	56
3.8.	Rediseño del Banco de reductor de presión Casa de Máquinas.....	58
3.8.1.	Parámetros de selección reguladora de presión de casa de máquinas..	58
3.8.2.	Parámetros de selección válvula de globo como elemento de by-pass	59
3.8.3.	Parámetros de selección filtro de vapor .....	60
3.8.4.	Parámetros de selección Válvula de seguridad .....	60
3.8.5.	Selección de trampa de vapor de Balde invertido .....	61
3.8.6.	Accesorios para sistema de regulación de vapor casa de máquinas....	62
3.8.7.	Rediseño Banco de reductor de presión Subcentral de Esterilización.	63
3.9.	Diseño de la tubería de retorno de condensado. ....	66
3.9.1.	Pérdidas de presión de la red de retorno. ....	66
3.9.2.	Cálculo de porcentaje de vapor flash .....	66

3.9.3.	Cálculo flujo vapor flash.....	67
3.9.4.	Comprobación con el software TLV del flujo de vapor flash.....	67
3.9.5.	Comprobación con software TLV del diámetro de la red de retorno ..	68
3.10.	Aislamiento térmico de las tuberías.....	68
3.11.	Juntas de expansión térmicas.....	69
3.12.	Resultados obtenidos .....	70
<b>CAPÍTULO 4.....</b>		<b>71</b>
<b>ANÁLISIS.....</b>		<b>71</b>
4.	Costo de generación de vapor.....	72
4.1.	Determinación costo generación de vapor y costo de energía entregado....	72
4.1.1.	Consumo de combustible de la caldera.....	74
4.1.2.	Costo del vapor del área de quirófanos y subcentral.....	75
4.2.	Pérdidas energéticas y económicas en tuberías conducción vapor actual...	76
4.3.	Pérdidas energéticas y económicas en tuberías conducción vapor rediseño	77
4.4.	Costos del rediseño.....	78
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>81</b>
	Conclusiones .....	81
	Recomendaciones .....	82
5.	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>83</b>
	Anexos.....	85
	Planos .....	112

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Representación esquemática de un sistema de vapor. ....	2
Figura 1.2 Caldera Piro tubular. ....	4
Figura 1.3 Disposición de los átomos en diferentes fases. ....	4
Figura 1.4 Diagrama de Presión vs Volumen específico. ....	5
Figura 1.5 El condensado descargado por el orificio de la trampa. ....	6
Figura 1.6 Representación de un circuito de vapor. ....	8
Figura 1.7 Flujo másico de vapor. ....	11
Figura 1.8 Rozamiento de fluido en tubería interna. ....	12
Figura 1.9 Patrones de flujo de doble fase, dependiendo el porcentaje de vapor. ....	13
Figura 1.10 Sistema cerrado o abierto. ....	14
Figura 1.11 Tuberías de descarga de las trampas. ....	15
Figura 1.12 Sistema de reducción de presión de vapor. ....	16
Figura 1.13 Pierna colectora. ....	17
Figura 1.14 Instalación típica de puntos de drenaje. ....	18
Figura 1.15 Sección de un filtro típico. ....	19
Figura 1.16 Trampa de balde invertido. (a) Descarga, (b) Carga. ....	21
Figura 1.17 Evacuación de condensado, aire y gases no condensables. ....	21
Figura 1.18 Operación de una trampa de vapor de flotador libre, venteo de aire. ....	22
Figura 1.19 Trampa de flotador y termostato. ....	23
Figura 1.20 “A” menos “B” es la Presión Diferencial. ....	24
Figura 1.21 Si “B” es contrapresión, se debe restar de “A”. ....	25
Figura 1.22 Válvula de bola. ....	26
Figura 1.23 Condiciones de operación para una válvula de bola. ....	27
Figura 1.24 Válvula de globo. ....	28
Figura 1.25 Condiciones de operación para una válvula de Globo. ....	29

Figura 1.26 Trampas con válvulas check.....	29
Figura 1.27 Condiciones de operación para una válvula de Globo.....	30
Figura 1.28 Cañuela de fibra de vidrio recubierta con hojas de aluminio .....	31
Figura 1.29 Representación esquemática posicionamiento capas del aislamiento. ...	32
Figura 2.1 Diagrama de flujo del sistema actual.....	36
Figura 2.2 Caldera en casa de máquinas. ....	37
Figura 2.3 Extracto del plano 10.8864/8647.02.....	39
Figura 2.4 Autoclaves en quirófanos. ....	40
Figura 2.5 Autoclaves en subcentral de esterilización.....	40
Figura 2.6 Sistema de trampeo de condensado en autoclave de quirófanos .....	43
Figura 2.7 Sistema trampeo condensado autoclave de subcentral de esterilización ..	44
Figura 3.1 Placa autoclave sección Subcentral Esterilización y Quirófanos. ....	47
Figura 3.2 Selección diámetro real según diámetro calculado.....	49
Figura 3.3 Cálculo del diámetro para red principal mediante software TLV .....	53
Figura 3.4 Cálculo del diámetro para red secundario mediante software TLV. ....	54
Figura 3.5 Extracto del anexo 1.11 para la selección de trampas de vapor .....	56
Figura 3.6 Especificaciones según software Armstrong.....	57
Figura 3.7 Extracto del anexo 1.9 Trampas de vapor de balde invertido.....	57
Figura 3.8 Extracto del plano 10.8908864/8908647.03.06.....	58
Figura 3.9 Extracto del anexo 1.8 para la selección de una reguladora de presión ...	59
Figura 3.10 Selección válvula de globo. ....	60
Figura 3.11 Especificaciones según software Armstrong.....	61
Figura 3.12 Extracto del anexo 1,12 Trampas de vapor de balde invertido.....	62
Figura 3.13 Extracto del plano 10.8908864/8908647.03.11 .....	63
Figura 3.14 Extracto del plano 10.8908864/8908647.03.08.....	65
Figura 3.15 Cálculo del vapor flash retorno de condensado software TLV .....	67

Figura 3.16 Extracto del anexo 1.6, diámetro para la tubería de condensado.....	68
Figura 3.17 Cálculo del diámetro de la red retorno de condensado software TLV ...	68
Figura 3.18 Selección del espesor del aislamiento térmico .....	69
Figura 4.1 Diagrama de flujos de energía de una caldera .....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Clasificación de los generadores de vapor .....	3
Tabla 1.2 Ventajas y propiedades de usar vapor saturado para el calentamiento. ....	6
Tabla 1.3 Velocidades efectivas.....	7
Tabla 1.4 Propiedades mecánicas acero A53.....	9
Tabla 1.5 Distintas medidas de tubería según API .....	9
Tabla 1.6 Regímenes de flujo.....	12
Tabla 1.8 Medidas recomendadas para pozos de goteo. ....	17
Tabla 1.8 Clasificación de las trampas de vapor.....	20
Tabla 1.9 Parámetros típicos de diseño para trampas de flotador y termostáticas.....	24
Tabla 1.10 Espacio sugerido entre soportes.....	33
Tabla 1.11 Soportes recomendados para tuberías.....	34
Tabla 2.1 Datos del Caldero 1.....	38
Tabla 2.2 Parámetros de la red de vapor.....	38
Tabla 2.3 Esterilizadores consumo de vapor (de acuerdo con AMSCO). ....	39
Tabla 2.4 Flujo másico en Quirófanos y Subcentral de Esterilización .....	40
Tabla 2.5 Velocidades casa de máquinas.....	41
Tabla 2.6 Cálculo Número de Reynolds en Casa de Máquinas. ....	41
Tabla 2.7 Cálculo Factor DARCY en Casa de Máquinas.....	42
Tabla 2.8 Cálculo pérdidas por fricción y presión en Casa de Máquinas.....	42
Tabla 2.9 Resumen pérdidas de presión.....	43
Tabla 3.1 Diagrama de flujo del rediseño .....	46
Tabla 3.2 Parámetros de la red de vapor para rediseño.....	48
Tabla 3.3 Diagrama de flujo cálculos de rediseño .....	48
Tabla 3.4 Diámetros casa de máquinas .....	49
Tabla 3.5 Cálculo número de Reynolds en casa de máquinas. ....	50

Tabla 3.6 Cálculo factor DARCY en casa de máquinas. ....	50
Tabla 3.7 Cálculo pérdidas por fricción y presión en casa de máquinas. ....	51
Tabla 3.8 Resultados de pérdidas por presión del sistema propuesto .....	51
Tabla 3.9 Datos sección B - Quirófanos. ....	52
Tabla 3.10 Resumen cargas de condensado. ....	54
Tabla 3.11 Dimensiones de pierna colectora para líneas principales .....	55
Tabla 3.12 Cálculo de la Carga de Condensado en Tuberías Principales .....	55
Tabla 3.13 Selección de trampas de las líneas principales. ....	56
Tabla 3.14 Componentes del banco reductor .....	58
Tabla 3.15 parámetros de selección reguladora de presión.....	58
Tabla 3.16 Parámetros de selección válvula de globo como elemento de by-pass,...	59
Tabla 3.17 Parámetros de selección filtro .....	60
Tabla 3.18 Parámetros de selección Válvula de seguridad .....	61
Tabla 3.19 Parámetros selección trampa para banco reductor de presión sección A	61
Tabla 3.20 Resultado de accesorios en el banco reductor de casa de máquinas. ....	62
Tabla 3.21 Resultado de accesorios en banco reductor subcentral esterilización.....	64
Tabla 3.22 Componentes y accesorios para línea principal de la sección B .....	65
Tabla 3.23 Pérdidas de presión de la red de retorno del sistema propuesto.....	66
Tabla 3.24 Cargas de condensado del sistema propuesto .....	67
Tabla 3.25 Parámetros de selección de aislamiento térmico.....	69
Tabla 3.26 Especificaciones cañuela lana de vidrio.....	69
Tabla 4.1. Consumo de combustible del año 2103 .....	75
Tabla 4.2 Datos promedio por #de cargas a esterilizar .....	75
Tabla 4.3 Consumo y costo de vapor .....	76
Tabla 4.4 Cargas de condensado .....	77
Tabla 4.5 Ahorro Energético y económico .....	78

Tabla 4.6 Ahorro relacionado al combustible ..... 78

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.1 Vapor Flash .....	6
Ecuación 1.2 Velocidad efectiva.....	7
Ecuación 1.3 Flujo volumétrico .....	11
Ecuación 1.4 Flujo másico .....	11
Ecuación 1.5 Número de Reynolds.....	11
Ecuación 1.6 Pérdidas de Presión .....	12
Ecuación 1.7 Pérdidas por fricción en las tuberías .....	12
Ecuación 1.8 Carga de condensado.....	15
Ecuación 1.9 Cálculo radio crítico .....	32
Ecuación 1.10 Cálculo radio crítico despejado .....	32
Ecuación 4.1 Relación de vapor y consumo de combustible.....	73
Ecuación 4.2 Costo por unidad de masa de vapor .....	74
Ecuación 4.3 Costo de energía entregado .....	74

## **GLOSARIO**

**ASME:** Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (American Society of Mechanical Engineers).

**CONDUCCIÓN:** Es el calor transferido a través de un sólido, debido a un gradiente de temperatura, sin desplazamiento apreciable de partículas.

**CONVECCIÓN:** Es el calor transferido por la mezcla de una parte de líquido con otra. El movimiento de líquido o gas puede producirse por diferencia de densidades causadas por diferencia de temperatura, o bien producirse el movimiento por medios mecánicos.

**ENERGÍA INTERNA:** Energía poseída por una masa debido a su actividad molecular.

**ENTALPÍA DE VAPORIZACIÓN :** O calor de vaporización es la cantidad de energía necesaria para que la unidad de masa (kilogramo, mol, etc.) de una sustancia que se encuentre en equilibrio con su propio vapor a una presión de una atmósfera pase completamente del estado líquido al estado gaseoso. Generalmente se determina en el punto de ebullición de la sustancia y se corrige para tabular el valor en condiciones normales.

**PRESIÓN:** Fuerza ejercida en un área determinada. Si la presión atmosférica es mayor que la absoluta, hay vacío.

**TRAMPA DE VAPOR:** Una trampa de vapor es un tipo de válvula automática que descarga el condensado generado durante los procesos y en las líneas que transportan vapor, sin permitir la descarga de vapor.

**VISCOSIDAD ABSOLUTA O DINÁMICA:** La unidad de viscosidad dinámica en el sistema internacional (SI) es el pascal segundo (Pas) o también newton segundo por metro cuadrado ( $\text{Ns/m}^2$ ), o sea kilogramo por metro segundo ( $\text{kg/ms}$ ).

**VISCOSIDAD CINEMÁTICA:** Es el cociente entre la viscosidad dinámica y la densidad. En el sistema internacional (SI) la unidad de viscosidad cinemática es el metro cuadrado por segundo ( $\text{m}^2/\text{s}$ ). La unidad CGS correspondiente es el Stokes (St), con dimensiones de centímetro cuadrado por segundo y el centistoke (cSt), 0.01 Stokes, que es el submúltiplo más utilizado .

**NÚMERO DE REYNOLDS:** Es un número adimensional utilizado en mecánica de fluidos, diseño de reactores y fenómenos de transporte para caracterizar el movimiento de un fluido.

**FACTOR DE FRICCIÓN DARCY:** Es una ecuación empírica que relaciona la pérdida de carga hidráulica (o pérdida de presión) debido a la fricción a lo largo de una tubería dada con la velocidad media del flujo del fluido.

**BY PASS:** Se refiere, en general, a una derivación, desvío o cortar una ruta.

## SIMBOLOGÍA

- $q_1$ : Calor sensible en el condensado a la mayor presión antes de la descarga. [KJ/kg]
- $q_2$ : Calor sensible en el condensado a menor presión a la que se lleva a cabo de la descarga [KJ/kg]
- $r$ : Calor latente en el vapor a la menor presión a la que el condensado se ha descargado. [KJ/kg]
- $\dot{Q}$ : Flujo volumétrico. [m<sup>3</sup>/h]
- $A$ : Área interna de la tubería [m<sup>2</sup>]
- $\dot{m}$ : Flujo Másico. [kg/h]
- $Re$ : Número de Reynolds. [Adimensional]
- $D$ : Dimensión geométrica representativa de la sección recta del conducto. En el caso de caños o tubos de sección circular, es el diámetro. [m]
- $v$ : Velocidad efectiva. [m/s]
- $\vartheta$ : Viscosidad cinemática. [m<sup>2</sup>/s]
- $\varepsilon$ : Rugosidad. [mm]
- $\Delta P$ : Caída de presión. [Pas]
- $H_L$ : Pérdidas por fricción. [m]
- $\rho$ : Densidad del fluido. [kg/m<sup>3</sup>]
- $g$ : Aceleración de la gravedad. [m/s<sup>2</sup>]
- $H_{Mayores}$ : Pérdidas de presión. [m]
- $L$ : Longitud de la línea. [m]
- $f$ : Factor de fricción Darcy. [Adimensional]
- $k$ : Conductividad térmica del material. [W/m.° k]
- $T_i$ : Temperatura en la superficie interna. [°C]
- $T_o$ : Temperatura en la superficie externa. [°C]
- $r_i$ : Radio de la superficie interna. [m]
- $r_o$ : Radio de la superficie externa. [m]
- $Q_{entrada}$ : Calor total. [KW]
- $C$ : Carga de condensado. [kg/h]
- $A$  transferencia: Área de transferencia de calor en [m<sup>2</sup>]
- $U$ : Factor global de transferencia de calor. [KJ/h.m<sup>2</sup>. °C]

- $t_1$ : Temperatura del vapor. [ $^{\circ}\text{C}$ ]
- $t_2$ : Temperatura del aire. [ $^{\circ}\text{C}$ ]
- $E$ : 1 menos la eficiencia del aislamiento térmico.
- $H$ : Calor latente del vapor a presión absoluta operación. [ $\text{KJ}/\text{kg}$ ]
- $P_a$ : Presión absoluta. [Bara]
- $P_g$ : Presión manométrica. [Barg]
- $P_{atm}$ : Presión atmosférica. [Bar]
- $\dot{m}_v$ : Flujo másico de vapor [ $\text{kgv}/\text{h}$ ]
- $\dot{m}_c$ : Flujo másico del combustible. [ $\text{kgc}/\text{h}$ ]
- $P.V.$ : Producción de vapor. [ $\text{kgv}/\text{kgc}$ ]
- $n_{cald}$ : Eficiencia de la caldera. [%]
- $P.C.$ : Poder calorífico del combustible. [ $\text{KJ}/\text{kgc}$ ]
- $h_v$ : Entalpía de vapor a la presión de generación de vapor. [ $\text{KJ}/\text{kgv}$ ]
- $h_a$ : Entalpía del agua a la presión de generación y a la temperatura de entrada a la caldera. [ $\text{KJ}/\text{kgv}$ ]
- $C_v$ : Costo del vapor. [ $\$/\text{kgv}$ ]
- $C_c$ : Costo del combustible. [ $\$/\text{gl}$ ]
- $C_{energía}$ : Costo de energía. [ $\$/\text{k}$ ]
- $CM$ : Carga Media. [ $\text{kgv}/\text{dia}$ ]
- $POM$ : Presión de operación máxima. [Bar]

## RESUMEN

El hospital CARLOS ANDRADE MARÍN tiene la necesidad de un sistema de suministro de vapor que le permita cumplir con sus requerimientos para atender al personal que ingresa al mismo, en las áreas de lavandería, secado, cocina, esterilización, quirófanos, dotación de agua caliente y otras necesidades complementarias se determinó la necesidad de plantear un rediseño de la red de distribución de vapor.

El presente estudio describe la teoría sobre la generación de vapor para el calentamiento, mediante vapor de agua y todas las aplicaciones que puede tener en el área industrial, para ello se debe conocer los fundamentos de vapor de agua, los estados en el que se encuentra y las ventajas de utilizar este vapor, como se realiza la distribución del vapor mediante una red principal y una red secundaria para vapor con todos los parámetros necesarios y métodos de cálculo para el diseño de los mismos.

Una red principal o secundaria de vapor cuenta con accesorios propios para su funcionamiento y algunos de ellos son un banco reductor, válvulas y trampas de vapor que se utilizan cuando hay una red de retorno de condensado y los componentes necesarios para el dimensionamiento y selección adecuado del diámetro del mismo sistema.

Toda red de vapor debe contar con la seguridad adecuada para su funcionamiento por lo que también cuenta con parámetros de selección para un buen aislamiento térmico, unión de tuberías, juntas de dilatación y los empaques correspondientes en los accesorios.

Se entiende que el sistema debe funcionar a un 100% de eficiencia pero en la realidad no es así, en estos sistemas se tienen pérdidas por fricción y presión por lo que es necesario calcular estas pérdidas y reflejarlas en un factor económico para saber cómo mejorar dicho sistema.

El segundo capítulo muestra el sistema actual de vapor con el que está trabajando en los diferentes puntos de referencia, además de sus capacidades de funcionamiento y algunas características técnicas, el sistema de generación de vapor, la caldera y el tipo de combustible que utiliza, la capacidad del distribuidor de vapor y como se encuentra la red de suministro al área de quirófanos y subcentral de esterilización,

además como desarrollar el cálculo del consumo de vapor de cada equipo en funcionamiento, utilizar factores como el número de Reynolds y Darcy para llegar a comprender las pérdidas del sistema que se está analizando.

Los accesorios que se encuentran en el sistema, la red de retorno de condensado y dimensionamiento del sistema de trampeo con todos los accesorios correspondientes como son pierna colectora, válvula reguladora, filtro de vapor, etc. son esenciales para poder minimizar las pérdidas del sistema.

El tercer capítulo determina el diámetro de rediseño de la red principal, dimensiona el banco reductor de manera que trabaje en los rangos necesarios de operación, así como también de la red de retorno de condensado, con el fin de aprovechar todo el vapor posible y minimizar las pérdidas.

El cuarto capítulo presenta los costos de las tuberías y accesorios de instalación que deben ser implementados y otros redimensionados para el correcto funcionamiento de la red de suministro de vapor.

## **ABSTRACT.**

ANDRADE CARLOS MARIN The hospital is in need of a steam supply system that allows you to fulfill your requirements to serve the personnel entering the same in the areas of laundry drying, cooking sterilization operating rooms provision of hot water and other complementary requirements raise the need for a redesign of the steam distribution network is determined.

The present study describes the theory of the generation of steam for heating by steam and all the applications can have on the industrial area, for it must know the basics of water vapor the states in which it is located and the advantages of using this steam as the steam distribution by a major network and a secondary network to steam all the necessary parameters and calculation methods for the design thereof is made. A primary or secondary steam network has own accessories for their operation and some of them are a reducing bank valves and steam traps are used when there is a network of condensate return and components necessary for the proper sizing and selection diameter of the system .

All steam network must have adequate security for its operation so it also has selection parameters for good thermal insulation pipe joint expansion joints and corresponding packaging accessories.

It is understood that the system must operate at 100 % efficiency but in reality it is not, in these systems have friction losses and pressure so it is necessary to calculate these losses and reflect an economic factor for how to improve this system.

The second chapter shows the current steam system which is working in various landmarks in addition to its performance capabilities and some technical features the steam generation system the boiler and the type of fuel used, the steam distribution capacity and as the grid is the area of operating rooms and sterilization substation also to develop the calculation of steam consumption of each team in operation, using factors such as the Reynolds number and Darcy for grasping losses of the system being analyzed .

Accessories that are in the system network and condensate return system sizing trapping all applicable accessories are collecting leg throttle steam filter etc. are essential in order to minimize system losses .

The third chapter determines the diameter of redesigning the main network the reducing bank dimensioned so that work on the necessary operating ranges as well as network condensate return in order to take advantage of all the steam possible and minimize losses.

The fourth chapter presents the costs of piping and installation accessories that must be implemented and other resized to the correct operation of the steam mains.

.

# **CAPÍTULO 1**

## **MARCO TEÓRICO**

### **INTRODUCCIÓN**

El presente capítulo describe la teoría sobre la generación de vapor para el calentamiento, mediante vapor de agua y todas las aplicaciones que puede tener en el área industrial, para ello se debe conocer los fundamentos de vapor de agua, los estados en el que se encuentra y las ventajas de utilizar este vapor.

Se menciona también como se realiza la distribución del vapor mediante una red principal y una red secundaria para vapor con todos los parámetros necesarios y métodos de cálculo para el diseño de los mismos.

Una red principal o secundaria de vapor cuenta con accesorios propios para su funcionamiento y se menciona algunos de ellos como son un banco reductor, válvulas y trampas de vapor.

Las trampas de vapor se utiliza cuando hay una red de retorno de condensado con lo que se menciona los componentes necesarios para el dimensionamiento y selección adecuado del diámetro.

Toda red de vapor debe contar con la seguridad adecuada para su funcionamiento por lo que también se menciona los parámetros de selección para un buen aislamiento térmico, unión de tuberías, juntas de dilatación y su correspondiente sopetearía.

Se entiende que el sistema debe funcionar a un 100% de eficiencia pero en la realidad no es así, en estos sistemas se tienen pérdidas de fricción y presión por lo que es necesario calcular estas pérdidas y reflejarlas en un factor económico para saber cómo mejorar dicho sistema.

## 1. Sistema de generación de vapor

La generación del vapor se inicia en la caldera; en donde se transfiere la energía producida por el proceso de combustión de un combustible sólido, líquido o gaseoso hacia el agua.

El vapor se genera a condiciones termodinámicas de presión y temperatura constante donde la entalpía y la energía interna se incrementa producto de la adición de calor, una elevada agitación molecular se presenta lo que permite al vapor de agua transportarse por un sistema de tuberías hacia los diferentes procesos o equipos. (Ver figura 1.1)

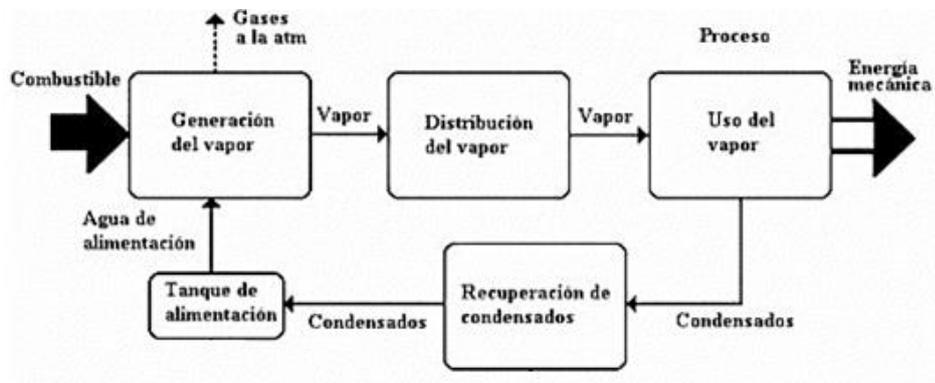


Figura 1.1 Representación esquemática de un sistema de vapor.

Disponible en URL: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar20/HTML/articulo04.htm>

### 1.1. Generadores de vapor de agua

Los generadores de vapor de agua son equipos en los que el principio de funcionamiento es la transferencia del calor producido por la quema de un combustible hacia el agua.

Durante su funcionamiento, la caldera propiamente dicha está sometida interiormente a la presión de equilibrio del agua y de su vapor a la temperatura alcanzada. Los otros elementos del grupo recorridos por el agua o el vapor, a partir de la bomba de alimentación, están sometidos casi a la misma presión, pero la temperatura del fluido puede ser inferior o superior a la ebullición.

### 1.2. Calderas para generación de vapor

Las calderas son construidas bajo consideraciones de diseño y recomendaciones estipuladas en el código ASME sección VII (Fuente: [www.tlv.com/global/la/steam-theory/what-is-steam.html](http://www.tlv.com/global/la/steam-theory/what-is-steam.html)). La eficiencia térmica a la que las calderas pueden trabajar

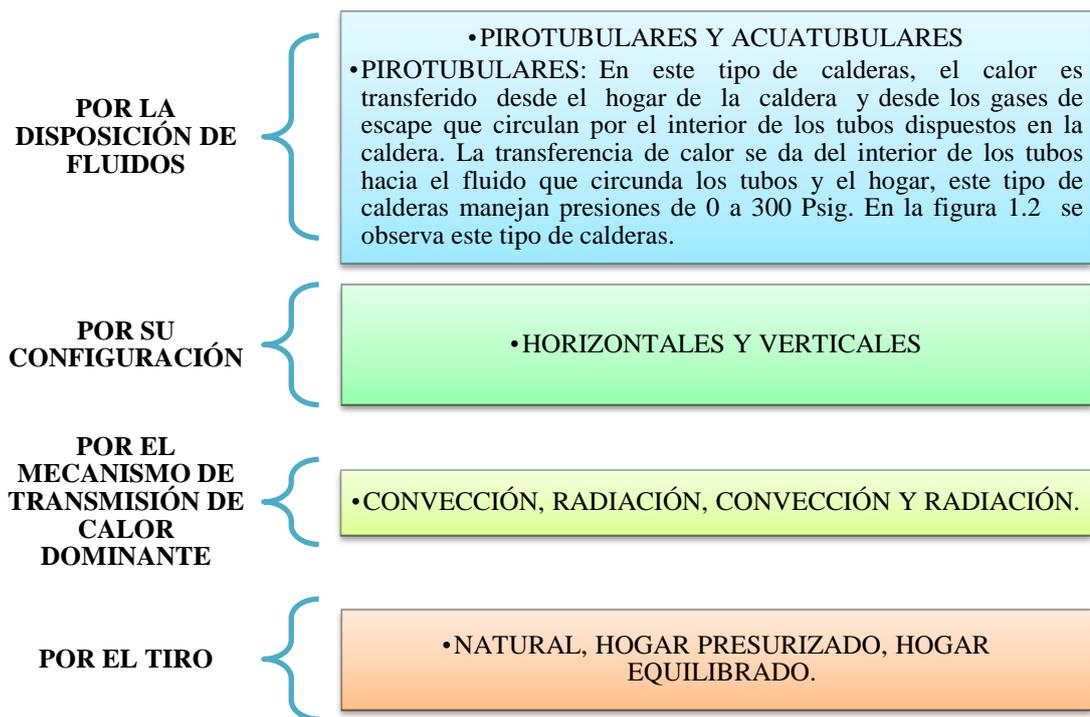
es importante ya que indica que porcentaje del recurso energético es utilizado, mientras que el resto del porcentaje representa las pérdidas que se manifiestan en el proceso de combustión y por factores propios de la construcción y diseño.

### 1.2.1. Aplicaciones

Debido a las amplias aplicaciones que tiene el vapor de agua, las calderas son muy utilizadas en:

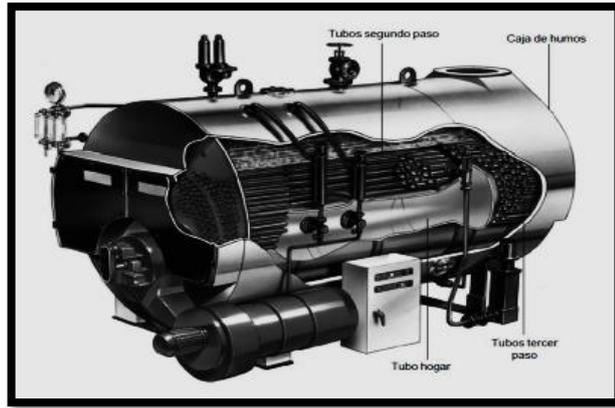
- **Esterilización:** En los hospitales, las cuales generan vapor para "esterilizar" los instrumentos médicos, también en los comedores para esterilizar los cubiertos.
- **Calentar otros fluidos:** En la industria petrolera se calienta al crudo de petróleo y derivados, como es el caso del FUEL-OIL para mejorar su fluidez.
- **Generar electricidad:** A través de un ciclo termodinámico, y con vapor en estado sobrecalentado se genera electricidad a través de turbinas para vapor.

### 1.2.2. Clasificación de los generadores de vapor.



**Tabla 1.1** Clasificación de los generadores de vapor

Elaborado por: Autores

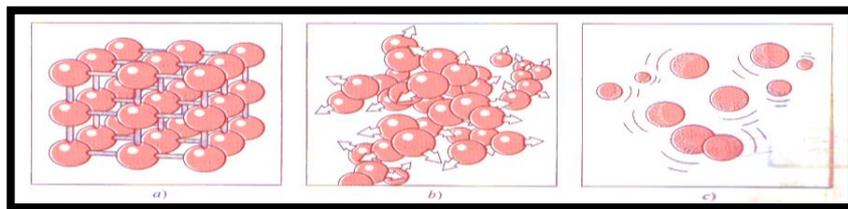


**Figura 1.2** Caldera Pirotubular.

Disponible en: SPIRAX SARCO” Calderas y Accesorios”, p. 12

### 1.3. Fundamentos del vapor de agua

El vapor de agua es un gas que se obtiene por la adicción de energía calorífica al agua en una caldera llevándola a su punto de ebullición. A un nivel molecular esto es cuando las moléculas de  $H_2O$  logran liberarse de las uniones como se muestra en la figura 1.3, existen diferentes tipo de vapor, sin embargo, el termino de vapor es más comúnmente usado para referirse al estado gaseoso del agua.



**Figura 1.3** Disposición de los átomos en diferentes fases: a) las moléculas están en posiciones relativamente fijas en un sólido, b) grupos de moléculas se apartan entre sí en la fase líquida y c) las moléculas se mueven al azar en la fase gaseosa.

Disponible en: Cengel, Yunus, Termodinámica 2007, quinta edición, pág. 113

#### 1.3.1. Estados de vapor de agua

Cuando el agua es calentada por sobre su punto de ebullición, esta se convierte en vapor, en este caso agua en estado gaseoso. Sin embargo, no todo el vapor es el mismo. Las propiedades del vapor varían de gran forma dependiendo de la presión y la temperatura a la Cuál está sujeto. Estos son:

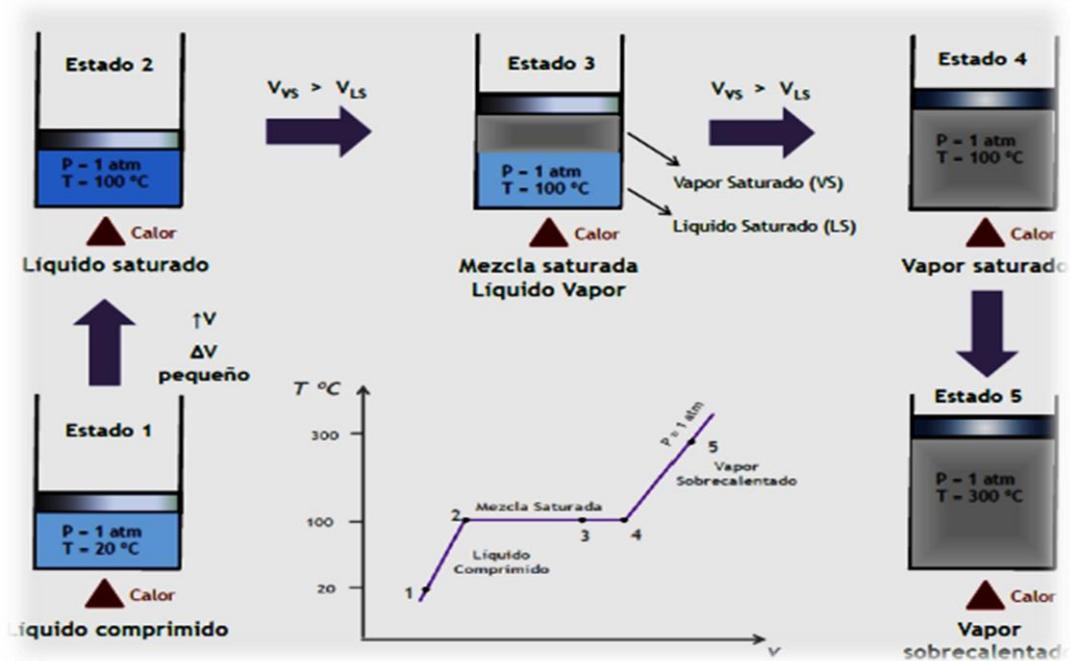


Figura 1.4 Diagrama de Presión vs Volumen específico.

Disponible en URL: <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/what-is-steam.html>

### 1.3.1.1. Vapor saturado

El vapor saturado es el vapor producido a la temperatura de ebullición correspondiente a la presión absoluta. (Ver figura 1.4)

### 1.3.1.2. Vapor saturado húmedo (mezcla saturada)

Se considera vapor saturado húmedo al vapor que contiene partículas agua en fase líquida contenidas en el vapor. Estas pequeñas partículas se forman por condiciones establecidas de presión y temperatura o por pérdidas energéticas en el transporte. (Ver figura 1.4)

### 1.3.1.3. Vapor saturado seco

Cuando al vapor saturado se le adiciona calor, pierde aquellas partículas en fase líquida que caracteriza del vapor saturado húmedo para transformarse en vapor saturado seco. (Ver figura 1.4)

El vapor saturado tiene varias propiedades que lo hacen una gran fuente de calor, particularmente a temperaturas de 100 °C y más elevadas. (Ver tabla 1.2)

PROPIEDAD	VENTAJA
Calentamiento equilibrado a través de la transferencia de calor latente y rapidez.	Mejora la productividad y la calidad del producto.
La presión puede controlar la temperatura.	La temperatura puede establecerse rápida y precisa
Elevado coeficiente de transferencia de calor.	Área de transferencia de calor requerida es menor, permitiendo la reducción del costo inicial del equipo.
Se origina del agua.	Limpio, seguro y de bajo costo.

**Tabla 1.2** Ventajas y propiedades de usar vapor saturado para el calentamiento.

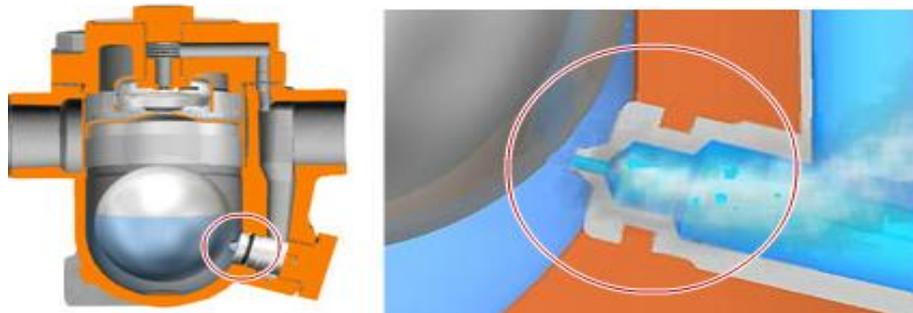
Disponible en URL: <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/types-of-steam.html>

### 1.3.1.4. Vapor flash

Cuando el condensado caliente o el agua de la caldera, bajo presión, se libera a una presión inferior parte de ella se revaporiza, lo que se conoce como vapor flash. (Ver figura 1.5)

Este se forma cuando el agua se calienta a presión atmosférica (1,013 bares), su temperatura aumenta hasta que alcanza a los 100°C.

#### Evaporación Flash Durante la Descarga de Condensado



**Figura 1.5** El condensado descargado por el orificio de la trampa se evapora parcialmente (evaporación flash) debido a la diferencia de presiones.

Disponible en URL: <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/flash-steam.html>

El calor requerido para convertir punto de ebullición en vapor a la misma temperatura se llama calor latente y se determina por:

$$\%vapor\ flash = \frac{q_1 - q_2}{r} \times 100 \ [ \% ] \quad \text{Ecuación 1.1 Vapor Flash}$$

Disponible en: ARMSTRONG, Guía Conservación de Vapor en el drenado de condensados, pág. 5

### 1.3.2. Presión de trabajo

La presión a la que el vapor debe distribuirse está determinada por el equipo de la planta. El vapor perderá una parte de su presión al pasar por la tubería, a causa de la resistencia al paso del fluido, y a la condensación por la cesión de calor a la tubería.

Se requieren tuberías de distribución de vapor de menor diámetro. Al tener una superficie de intercambio menor, las pérdidas de calor (energía) serán menores. Menor costo de las líneas de distribución, en materiales como tuberías, bridas, soportes, aislamiento y mano de obra

La capacidad de almacenamiento térmico de la caldera aumenta y ayuda a soportar de forma más eficiente las fluctuaciones de carga.

### 1.3.3. Velocidades efectivas en tuberías

Tratándose de tuberías cortas, con pérdidas evidentemente pequeñas, o en tuberías más largas, en las cuales se puede admitir que las pérdidas de carga no constituyen un factor decisivo, el dimensionamiento del diámetro puede ser realizado simplemente por comparación con las llamadas velocidades efectivas (Ver tabla 1.3). El mayor valor posible para el caudal y dándose un diámetro, calcúlese la velocidad:

Vapor saturado para calentamiento	25 a 35 m/s
Vapor recalentado para turbinas	25 a 60 m/s
Aceites e instalaciones industriales	1 a 2 m/s
Aire comprimido	8 a 10 m/s

**Tabla 1.3** Velocidades efectivas.

Disponible en: SPIRAX SARCO, guía de referencia técnica, velocidades efectivas.

$$v = \frac{\dot{m}}{A} \text{ [ m/s ]} \quad \text{Ecuación 1.2 Velocidad efectiva}$$

Disponible en: SPIRAX SARCO, Guía de Referencia Técnica”, Distribución del Vapor, p. 9

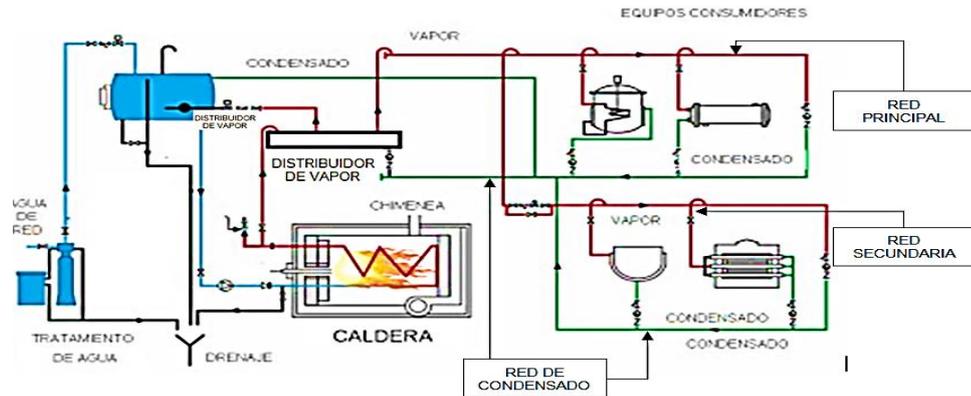
### 1.4. Distribuidor del vapor

Este dispositivo es el encargado de recibir el vapor de uno o varios generadores al mismo tiempo y su función es repartir el vapor hacia los diversos puntos de consumo que en realidad van a ser los equipos, como se muestra en la figura 1.6.

Los tres componentes principales de un sistema de distribución de vapor son:

- Los cabezales (Distribuidores de vapor).
- Las tuberías principales.
- Las tuberías secundarias.

Cada componente cumple con ciertas funciones específicas en un sistema de vapor junto con las trampas de vapor y accesorios.



**Figura 1.6** Representación de un circuito de vapor.

Disponible en: SPIRAX SARCO, Guía de Referencia Técnica”, Distribución de Vapor, pág. 3

#### 1.4.1. Red principal de vapor

La red principal de distribución de vapor, junto con las reguladoras de presión y temperatura, constituye la parte central de una instalación para la generación de vapor, (ver figura 1.6); es la encargada precisamente de conducir el vapor generado en la caldera hacia los diferentes puntos de demanda existentes en el proceso industrial.

La velocidad para trabajar con vapor saturado seco para las líneas principales de vapor está en el rango de 25 m/s a 35 m/s. (SPIRAX SARCO, Eficiencia energética en instalaciones de vapor, p. 12).

La cantidad de condensado generado en ellas es bastante pequeño, sus horas de operación son bastante largas y generalmente se encuentran en instalaciones exteriores.

#### 1.4.2. Red secundaria de vapor

Las tuberías secundarias, (ver figura 1.6), se encargan de llevar el vapor desde la línea principal hasta, el equipo de servicio, los rangos de la velocidad para las líneas

secundarias de vapor son de 20 m/s a 25 m/s. (SPIRAX SARCO, Eficiencia energética en instalaciones de vapor, p. 12).

### 1.5. Tuberías de la red de vapor

Los materiales de la tubería para transporte de vapor se encuentran especificados en el apéndice A del código ASME B31.1, materiales que se emplearán bajo recomendaciones establecidas en el código con sus respectivas limitaciones además de estar de acuerdo con el alcance de la norma (Ver tabla 1.4). Se lo realiza en concordancia con los manuales de calderas consultados y los fabricantes de calderas SPIRAX SARCO que recomiendan al igual que el código ASME la tubería ASTM A53 Gr.B sin costura.

	Grado A	Grado B
<b>Resistencia a la tracción, min:</b>	48,000 psi [330 MPa]	60,000 psi [415 MPa]
<b>Fluencia, min:</b>	30,000psi [205 MPa]	35,000psi [240 MPa]

**Tabla 1.4** Propiedades mecánicas acero A53.

Disponible en URL: <http://www.spanish.phione.co.uk/products/pipes/a-53>

La tubería A-53 está destinada a aplicaciones mecánicas, presión y también es aceptable para usos ordinarios en la conducción de vapor, agua, gas, y las líneas de aire. Este tipo de tubería es apta para ser soldada, roscada y bridada.

El Instituto Americano del Petróleo (API), las categoriza por cédulas recomendando como una tubería estándar la tubería con cédula #40 (Ver tabla 1.5) como la más ligera y mínima a usar para transporte de vapor.

Tamaño de tubería (mm)	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	
Diámetro interior (mm)	Schedule 40	15,8	21,0	26,6	35,1	40,9	52,5	62,7	77,9	102,3	128,2	154,1
	Schedule 80	13,8	18,9	24,3	32,5	38,1	49,2	59,0	73,7	97,2	122,3	146,4
	Schedule 160	11,7	15,6	20,7	29,5	34,0	42,8	53,9	66,6	87,3	109,5	131,8
	DIN 2448	17,3	22,3	28,5	37,2	43,1	60,3	70,3	82,5	107,1	131,7	159,3

**Tabla 1.5** Distintas medidas de tubería según API

Disponible en: Manual técnico de diseño y cálculo de redes de vapor eficiencia energética en redes de vapor, p. 23

### 1.5.1. Parámetros necesarios para dimensionar la red de vapor

- **Flujo másico:** Es el flujo de vapor que pasa a través de una tubería.
- **El volumen específico:** Del vapor a la presión necesaria en el sistema.
- **Presión de vapor:** Es la presión al inicio del tramo de la tubería o a calcular teniendo en cuenta no tomar tramos mayores de 100 metros.
- **Velocidad del vapor.**
- **Caída de presión máxima admisible:** La caída total de presión en el sistema no debe de exceder 20% de la presión máxima en la caldera.
- **Longitud equivalente de la tubería:** Es la longitud de tubería horizontal más la longitud debida a las válvulas, codos, conexiones y otros accesorios.
- **Densidad:** En los gases y en el vapor, las variaciones de densidad son más importantes que en los líquidos y dependen de la temperatura y de la presión.
- **Viscosidad:** La viscosidad de un fluido (líquido, vapor, gas) representa el valor de los rozamientos internos que se oponen a su movimiento.

### 1.6. Métodos para diseño en tuberías de vapor

El cálculo de diseño de tuberías de vapor se lo realiza de 3 formas diferentes:

- **Por medio de las ecuaciones matemáticas:**

Diseño considerando la velocidad.

Diseño considerando caídas de presión.

- **Por medio de nomogramas:**

Diseño por medio de nomogramas según el fabricante, similar al método anterior considerando la velocidad (ver anexo 1.1) y considerando caídas de presión (ver anexo 1.2).

- **Por medio de un software:**

Existen diferentes software de cálculo para el diseño de tuberías en un sistema de vapor, para este cálculo utilizaremos el Software SE-1 de TLV, los Cuáles han condensado los modelos matemáticos de cálculo manual.

### 1.6.1. Cálculo para las tuberías de vapor

Para el diseño se selecciona el método considerado, debido a que dicho parámetro y rangos se encuentran normados (Ver figura 1.7), de acuerdo al proceso en que está siendo utilizado el vapor.

$$\dot{Q} = \dot{m} * \vartheta \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad \text{Ecuación 1.3 Flujo volumétrico}$$

$$\dot{m} = \frac{\pi}{4} D^2 * \frac{v}{\vartheta} \quad [\text{Kg/h}] \quad \text{Ecuación 1.4 Flujo másico}$$

Disponible en: SPIRAX SARCO, guía de Referencia Técnica”, Distribución del Vapor, p. 9

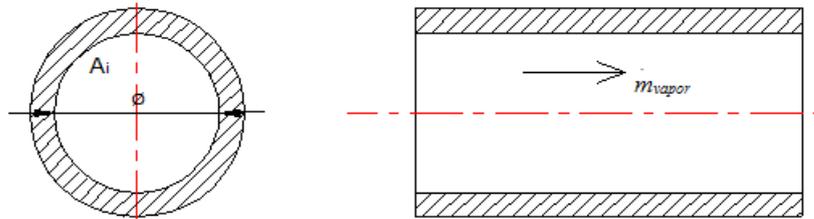


Figura 1.7 Flujo másico de vapor

Elaborado por: Autores

### 1.7. Número de Reynolds (Re)

Es un número adimensional que se obtiene como resultado de relacionar características del fluido, del ducto y del flujo, es ampliamente utilizado en todos los campos de la dinámica de fluidos y también se lo puede utilizar para identificar tres de los regímenes de flujo que se presentan en la inmensa mayoría de los procesos industriales.

Se lo define como:

$$Re = \frac{D*v}{\vartheta} \quad [\text{Adimensional}] \quad \text{Ecuación 1.5 Número de Reynolds}$$

El número de Reynolds da la característica de saber el régimen de flujo que se puede dar en el sistema:

$$Re \leq 2300 \rightarrow \text{flujo laminar}$$

$$2300 \leq Re \leq 4000 \rightarrow \text{flujo en transición}$$

$$Re \geq 4000 \rightarrow \text{flujo turbulento}$$

## 1.8. Factor de fricción DARCY

Una vez que se conoce el régimen de flujo se puede hallar el factor de fricción DARCY con las ecuaciones de la tabla 1.6.

Ecuación	Autor y referencias	Rango de validez
$f = 1.325 * \left[ \ln \left( \frac{e/d}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^{-2}$	(Streeter, 2000) (4)	$5000 \leq Re \leq 10^8$ $0,01 \leq e/d \leq 10^{-6}$
$\frac{1}{\sqrt{f}} = \left[ -2 * \text{Log} \left( \frac{e/d}{3.7} + \left( \frac{6,81}{Re} \right)^{0,9} \right) \right]^{-2}$	(Pavlov et al, 1981) (5)	$5000 \leq Re \leq 10^8$ $0,01 \leq e/d \leq 10^{-6}$
$\frac{1}{\sqrt{f}} = \left[ -2 * \text{Log} \left( \frac{e/d}{3.7} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^{-2}$	Miller citado por (Fox y McDonald, 1995) (6)	$5000 \leq Re \leq 10^8$ $0,01 \leq e/d \leq 10^{-6}$
$\frac{1}{\sqrt{f}} = \left[ -1,8 * \text{Log} \left( \left( \frac{e/d}{3.7} \right)^{1,11} + \frac{6,9}{Re} \right) \right]$	Ec. Haaland (Zalen Haaland, 1983) (7)	$5000 \leq Re \leq 10^8$ $0,01 \leq e/d \leq 10^{-6}$

Tabla 1.6 Regímenes de flujo.

Disponible en: Cengel Yunus, 2006, "Mecánica de Fluidos", Primera edición, Pág. 330,341

### 1.8.1. Pérdidas por presión en las tuberías

Pérdidas de presión de un sistema de conducción de un fluido:

$$\Delta P = H_L \times \rho \times g \quad [\text{Pas}] \quad \text{Ecuación 1.6 Pérdidas de Presión}$$

Disponible en: DÁVILA, Baz, "Mecánica Aplicada", 2000, Universidad de Huelva, p. 9

### 1.8.2. Pérdidas por fricción en las tuberías

El flujo de los fluidos en tuberías esta siempre acompañada del rozamiento de las partículas entre sí y con las paredes, (ver figura 1.8).

La ecuación general de pérdidas de presión en tuberías utiliza la ecuación DARCY:

$$H_{\text{Mayores}} = \frac{f * L * v^2}{2g * D} \quad [\text{m}] \quad \text{Ecuación 1.7 Pérdidas por fricción en las tuberías}$$

Disponible en URL: <http://www.cuevadelcivil.com/2011/04/la-resistencia-en-tuberias.html>

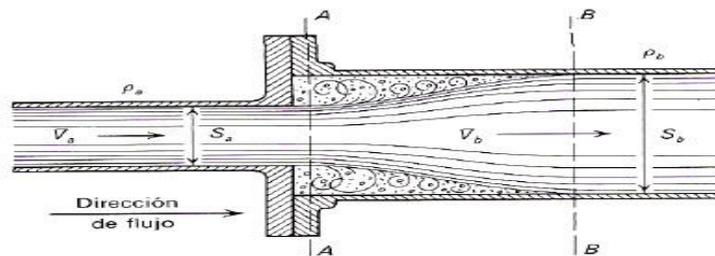


Figura 1.8 Rozamiento de fluido en tubería interna.

Disponible en URL: <http://dc202.4shared.com/doc/nSN91Dmz/preview.html>

En esta ecuación aparece un factor de fricción cuya forma de cálculo viene dado por varias ecuaciones o por el uso del diagrama de Moody (Ver anexo 1.3), conociendo la rugosidad relativa ( $\epsilon/D$ ) y el número de Reynolds.

### 1.8.3. Longitud equivalente

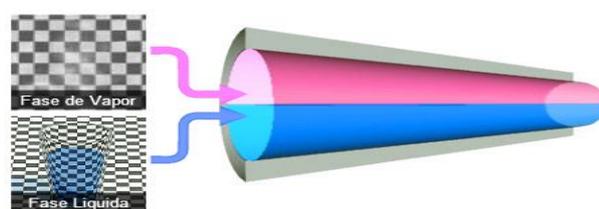
Existe un parámetro importante que simplifica el trabajo cuando las redes son demasiado extensas y su cálculo manual de accesorios que lo componen se vuelve demasiado complicado, por esta razón se utiliza el método de “Longitud Equivalente”, el método consisten en que a una sección de tramo de tubería del mismo diámetro se aumenta su longitud en un 20% (Disponible en: Rediseño Del Sistema Central de Succión en la Unidad De Terapia Intensiva del Hospital Carlos Andrade Marín, p. 16), esto considera como tal accesorios; válvulas, codos tees en lo que simplifica el cálculo.

### 1.9. Condensado de vapor

El condensado es un producto secundario de la transferencia de calor en un sistema de vapor y se forma debido a la existencia de radiación y convección en las tuberías, en los equipos de calentamiento o procesos, luego de haber entregado su calor latente. Las tuberías que transportan el condensado reciben el nombre de tuberías de recuperación o redes de retorno de condensado.

El diseño de la tubería para el transporte de agua no necesariamente se ajusta para su uso como tubería de recuperación de condensado requiere de más especialización.

Un flujo de doble fase se refiere en que fluye vapor conjuntamente con un líquido, es decir condensado (Ver figura 1.9). Esto no quiere decir que el vapor y el condensado están fluyendo en dos capas separadas dentro de la tubería.



**Figura 1.9** Patrones de flujo de doble fase, dependiendo el porcentaje de vapor y el rango de flujo.

Disponible en URL: <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/condensate-recovery-piping.html#>.

### 1.9.1. Sistema abierto

El sistema abierto posee un sistema de tuberías de conducción las que llevan el condensado desde las trampas de vapor hacia el tanque flash y / o desagüe, el tanque descarga el vapor flash a la atmósfera, existiendo una pérdida de energía por este motivo, se emplea en sistemas en que el condensado es frío (70 - 80 °C). (Ver figura 1.10)

### 1.9.2. Sistema cerrado

Se diferencia del anterior en que posee un tanque flash cerrado, de esta manera no existe pérdida de energía por venteo. Este sistema es mucho más eficiente que el abierto y es empleado en aquellos equipos que posean un flujo de condensado de gran presión (alta temperatura 100 °C o más). En estos sistemas se obtiene vapor flash de expansión que puede ser utilizado en sistemas que empleen vapor de baja presión. (Ver figura 1.10)

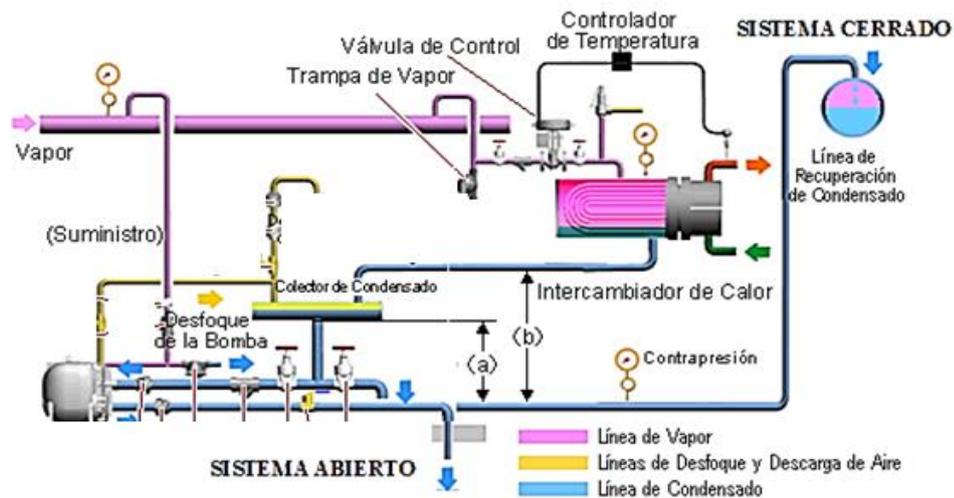


Figura 1.10 Sistema cerrado o abierto.

Disponible en URL: <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/condensate-recovery-piping.html#>.

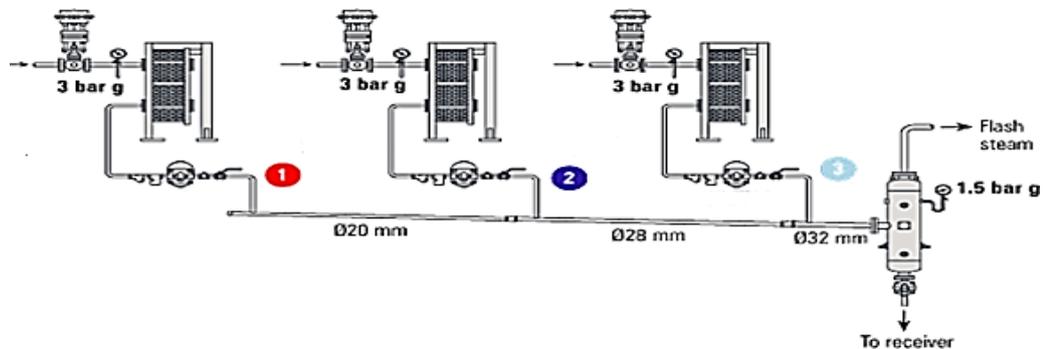
### 1.9.3. Red común de retorno de condensado

Es la tubería que recolecta el condensado de cada uno de los equipos.

### 1.9.4. Tuberías de descarga de las trampas

Básicamente las tuberías de descarga de las trampas son generalmente cortas. Suponiendo que se tiene una trampa del tamaño correcto para la aplicación dada, se recomienda una tubería de descarga de la trampa de un diámetro igual al de

las otras conexiones en la trampa (Ver figura 1.11). Cuando se tiene una presión diferencial baja entre la trampa y la tubería de retomo del condensado, la tubería de descarga se puede aumentar al siguiente tamaño.



**Figura 1.11** Tuberías de descarga de las trampas.

Disponible en: SPIRAX SARCO, uso eficiente de la energía del vapor, pág. 114.

### 1.9.5. Diseño de la red de retorno de condensado

El determinar los tamaños de las tuberías de retorno de condensados presentan ciertos problemas que son diferentes a los presentes en tuberías de vapor. El problema más importante es el vapor flash o secundario. Una tubería de retorno debe ser capaz de llevar condensado y vapor flash, pero el volumen del vapor flash es varias veces mayor que el volumen de condensado.

Las cargas de condensado en una tubería aislada térmicamente se pueden obtener del anexo 1.4. Todos los valores en esta tabla presuponen una eficiencia del aislamiento del 75%.

Para presiones o diámetros de la tubería no incluidos en la tabla del anexo 1.4 se puede utilizar la ecuación 1.8:

$$C = \frac{A \times U \times (t_1 - t_2) E}{H} \quad [\text{Kg/h}] \quad \text{Ecuación 1.8 Carga de condensado}$$

Disponible en: ARMSTRONG, Guía Conservación de Vapor en el Drenado de condensados, pág. 19

### 1.9.6. Diseño de la red de condensado por medio de nomogramas

La tubería por nomogramas se puede utilizar para el tamaño de cualquier tipo de línea de condensado, tomando las siguientes consideraciones:

- Las tuberías de retorno de condensado, son dimensionadas según el consumo de vapor de cada equipo, ya que todo el vapor se convierte en condensado y las tuberías tienen que contener todo el condensado recuperado.
- Las líneas de retorno de condensado tienen una inclinación en el sentido del flujo de (15 mm por cada 100 m).
- Líneas que consisten en flujo de dos fases, tales como líneas de descarga trampa, que se seleccionan de acuerdo a las presiones a ambos lados de la trampa.
- Se puede utilizar con temperaturas de condensación más baja que la temperatura de saturación de vapor, como será el caso cuando se utiliza trampas termostáticas de vapor.
- El anexo 1.6 muestra una velocidad de 35 m/s o menor, con tubo de cédula 40.

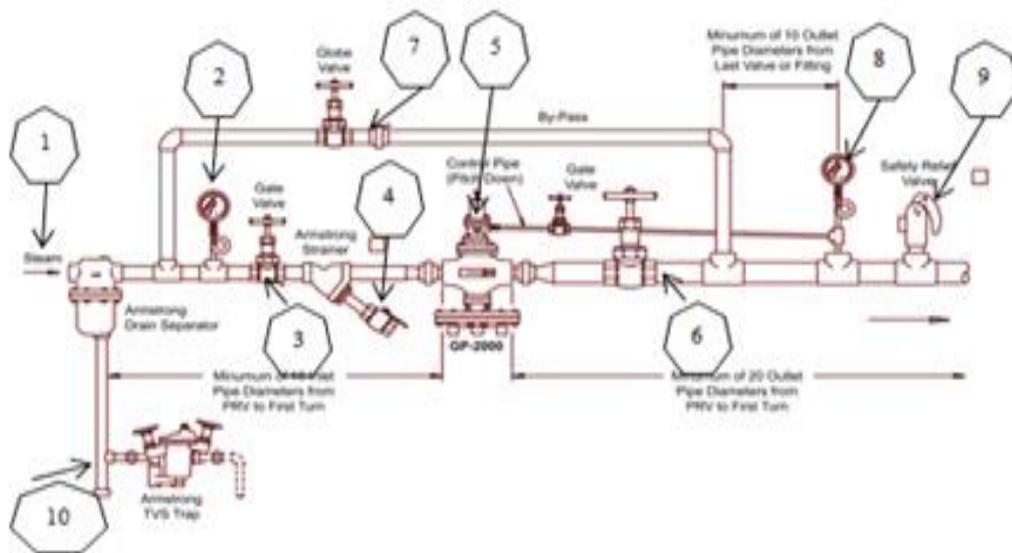
### 1.10. Elementos y accesorios de la red de vapor

En todo sistema de tuberías se hacen presentes los siguientes elementos como codos, té, bridas, válvulas, empaques, trampas entre otros.

Toda red de vapor debe estar debidamente controlada mediante dispositivos que ayudan a que las tuberías y los equipos, sean más eficientes.

#### 1.10.1. Sistema de reducción de presión

Para satisfacer las necesidades específicas de los equipos consumidores. Se detalla los componentes de un sistema de reducción de presión ver figura 1.12.



**Figura 1.12** Sistema de reducción de presión de vapor

Disponible en: <http://www.steamequipments.com/prs.asp>

1. entrada de vapor
2. manómetros de presión de entrada
3. válvula de entrada
4. filtro para vapor
5. válvula reductora de presión
6. válvula de salida
7. bypass con válvula de cierre
8. manómetro de presión de salida
9. válvula de seguridad
10. drenaje de condensado

### 1.10.2. Pozos colectores

La función de los pozos colectores es remover el condensado de las tuberías de transporte de vapor, son llamadas también como patas de goteo como se muestra en la figura 1.13:

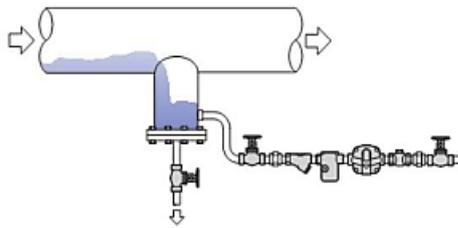


Figura 1.13 Pierna colectora.

Disponible en: SPIRAX SARCO, 2000, "Diseño de sistemas de vapor", pág. 15- 17

#### 1.10.2.1. Dimensiones del pozo colector

La tabla 1.8 muestra las medidas recomendadas para pozos de goteo para líneas de vapor.

Diámetro de la línea - D	Diámetro del pozo - d <sub>1</sub>	Profundidad del pozo - d <sub>2</sub>
Hasta 100 mm	d <sub>1</sub> = D	Mínimo d <sub>2</sub> = 100 mm
125 - 200 mm	d <sub>1</sub> = 100 mm	Mínimo d <sub>2</sub> = 150 mm
250 mm y superior	d <sub>1</sub> = D / 2	Mínimo d <sub>2</sub> = D

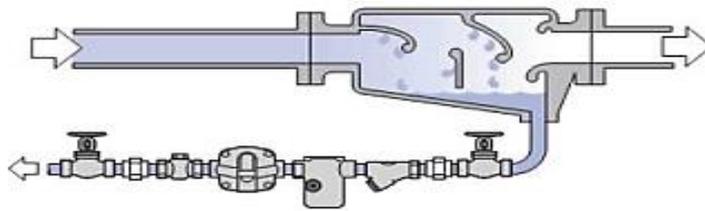
  

Tabla 1.7 Medidas recomendadas para pozos de goteo.

Disponible en: SPIRAX SARCO, Guía De Referencia Técnica, Purga de vapor y Eliminación de aire,

### 1.10.3. Separadores de gotas de vapor

Los separadores de vapor se usan con frecuencia en equipos que requieran que el vapor presente una cantidad mínima de humedad. Por lo general este dispositivo se emplea en esterilización de instrumentales quirúrgicos, cocción controlada de alimentos, etc. Las autoclaves son equipos que requieren de estos dispositivos (ver figura 1.14). El vapor al ingresar al separador se encuentra con unas placas que cumplen la función de separar la parte del vapor con alto nivel energético de la parte que ha perdido energía en el trayecto, disminuyendo la velocidad de las gotas de condensado el mismo que será purgado por la parte inferior del separador y dirigido a un pozo colector para posteriormente ser parte del retorno de fluido a los equipos de generación.



**Figura 1.14** Instalación típica de puntos de drenaje.

Disponible en: SPIRAX SARCO, 2000, "Diseño de Sistemas de Vapor", Utilización del vapor, pág. 15.

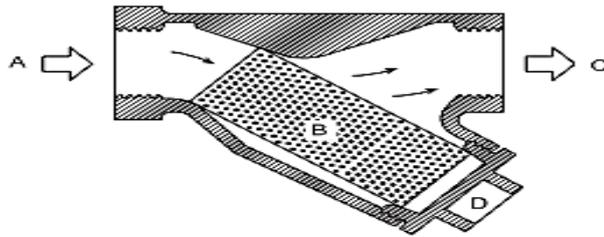
Un tratamiento químico incorrecto del agua de alimentación o picos de carga puede provocar serios problemas de arrastre de agua e impurezas del agua de caldera a las tuberías de distribución.

El anexo 1.14, muestra la selección y el uso de un separador de gotas para evacuar esta agua.

### 1.10.4. Filtros para vapor

Cuando se instala una tubería nueva, puede haber fragmentos de arena de fundición, del embalaje, del ensamblado, virutas, varillas de soldar, e incluso tornillos o tuercas que han quedado dentro.

Por lo tanto, es mejor instalar un simple filtro en la tubería delante de cada purgador, aparato de medida, válvula reductora y válvula de control. (Ver figura 1.15)



**Figura 1.15** Sección de un filtro típico.

Disponible en: SPIRAX SARCO, Guía De Referencia Técnica, distribución del Vapor, Pág. 27

### 1.10.5. Trampas de vapor

Las trampas de vapor limitan el paso entre el vapor y el condensado, cuando un sistema de generación deja de operar, debido a que el espacio que debería ocupar el vapor, lo hacen el condensado residual y el aire, por lo que las funciones principales que desempeña una trampa de vapor son las siguientes:

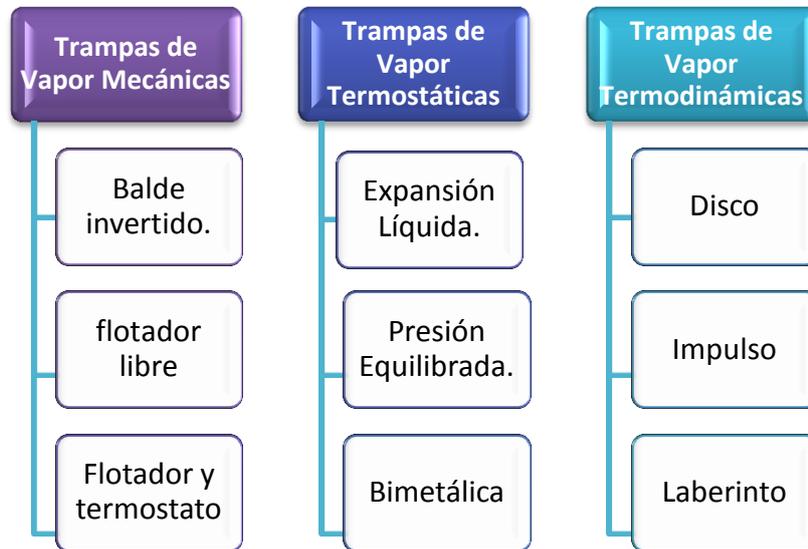
- Evitar la fuga de vapor.
- Descargar el condensado.
- Desalojar el aire y gases no condensables como el  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ .

Además las trampas de vapor deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Pérdida Mínima de Vapor.
- Larga Vida y Servicio Seguro.
- Resistencia a la Corrosión.
- Venteo de aire
- Venteo de  $\text{CO}_2$ .- Mediante el venteo del  $\text{CO}_2$ , se evita la formación de ácido carbónico, este se disuelve en el condensado por lo que se requiere que la trampa de vapor trabaje a una temperatura aproximada a la del vapor.
- Funcionamiento con contrapresión.- La presurización de las líneas de retorno se puede producir por diseño o mal funcionamiento, una trampa de vapor debe ser capaz de trabajar con contrapresión en la tubería de retorno al sistema.
- Libre de problemas de suciedad.- El condensado recoge las impurezas de las tuberías, y equipos de proceso, así como partículas sólidas acarreadas desde la caldera. Aún con la instalación de filtros en la entrada de las líneas de ingreso, pequeñas partículas pasa a las trampas, y deben ser capaces de trabajar con presencia de ellas.

### 1.10.5.1. Clasificación de las trampas para vapor

Existen diferentes tipos de trampas de vapor, cada tipo diseñado para diversas funciones y se clasifican de la siguiente forma como se muestra en la tabla 1.8:



**Tabla 1.8** Clasificación de las trampas de vapor.

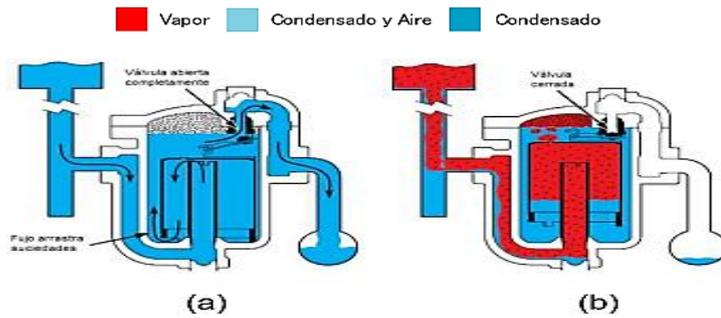
Elaborado por: Autores.

#### 1.10.5.1.1. Trampa de vapor mecánica de balde invertido

El principio de funcionamiento se basa en la diferencia de densidades que existe entre el condensado y el vapor.

Al inicio de la operación, el balde se encuentra en la posición más baja con líquido en la mayor parte del cuerpo, cuando la primera carga de condensado llega, la trampa se llena y sumerge el balde completamente produciendo la apertura de la válvula y descarga del condensado a la tubería de retorno como se muestra en la figura 1.16 a. Cuando el vapor de agua ingresa a la trampa, fluye por debajo del balde, levantándolo y cerrando la válvula de descarga, lo que impide la fuga del vapor.

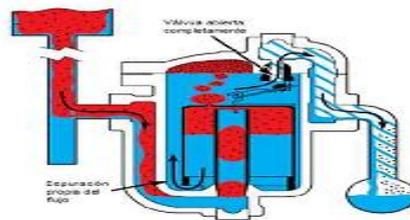
En la parte superior del balde existe un pequeño orificio de venteo por donde escapan los gases no condensables acumulándose sobre este para posteriormente ser desalojados como se muestra en la figura 1.16 b.



**Figura 1.16** Trampa de balde invertido. (a) Descarga, (b) Carga.

Disponible en: Armstrong, Guía Conservación de Vapor en el Drenado de Condensados, pág. 10.

Debido a la formación continua de condensado por transferencia de calor en la trampa, éste empieza a acumularse en mayor cantidad haciendo que el balde retorne a su posición inicial descargando nuevamente el condensado, aire y gases no condensables a la tubería de retorno, dando inicio así a un nuevo ciclo de funcionamiento. (Ver figura 1.17)



**Figura 1.17** Evacuación de condensado, aire y gases no condensables.

Disponible en: Armstrong, Guía Conservación de Vapor en el Drenado de Condensados, pág. 11.

#### **1.10.5.1.1. Ventajas de la trampa de vapor mecánica de balde invertido**

- Resistente al golpe de ariete.
- Resisten presiones de trabajo elevadas.
- Por su diseño no sufren obstrucción de partículas presentes en el condensado.
- Si la presión de salida o contrapresión es igual a la de ingreso la descarga es continua.

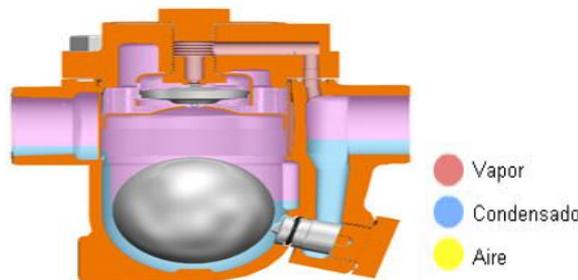
#### **1.10.5.1.2. Limitaciones de la trampa de vapor mecánica de balde invertido**

- Presenta una baja eficiencia térmica al trabajar con cargas y presiones variables.
- Deben ser protegidas contra congelación.
- El orificio de purga del balde tiene una capacidad de purga de aire muy limitada.

Las trampas de balde invertido están disponibles en diferentes materiales del cuerpo, con diferentes configuraciones de tuberías, y otras opciones más ver anexo 1.9.

### 1.10.5.1.2. Trampa de vapor mecánica de flotador libre.

Consta de una esfera hueca (flotador), en la que al ingresar el flujo de vapor, ésta se mantiene apoyada en un asiento. Cuando el vapor comienza a condensar, el nivel de agua hace subir a la esfera dejando libre el orificio de drenaje (Ver figura 1.18). Una vez que el condensado disminuye, la esfera, que hace de válvula, retorna paulatinamente a su posición (en el asiento), tapando el orificio de salida causando así la mínima pérdida de vapor. Debido a que estas trampas no poseen partes mecánicas es muy poco probable que falle, lo que hace que el mantenimiento sea prácticamente cero.



**Figura 1.18** Operación de una trampa de vapor de flotador libre, venteo de aire.

Disponible en URL: <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/history-of-steam-traps-pt1.html>

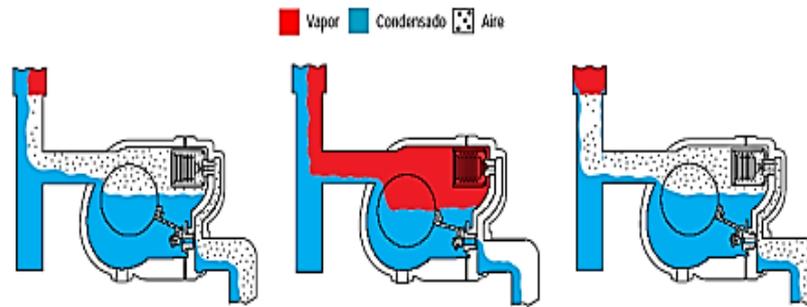
#### 1.10.5.1.2.1. Ventajas de las trampas de vapor mecánicas de flotador libre

- Descarga de condensado inmediato y continuo aún en presiones extremas y variaciones de cantidad.
- Controlador con facilidad de ventilación automática integrada.
- Protección integrada de no retorno.
- Flotador de bola robusto.
- Ajuste confiable por sello de agua.
- Componentes internos hechos de acero inoxidable.
- Suministrados con conexiones para compensar línea de retorno de aire y bypass.
- Conexiones: Bridada, roscados, terminales soldados, terminales soldados de socket.

#### 1.10.5.1.3. Trampa de vapor mecánica de flotador y termostato

Funciona bajo conceptos de densidad y temperatura, está provista en su parte interna de un flotador capaz de obturar una válvula que permite el desalojo de condensado. (Ver figura 1.19)

Una vez que el condensado llega a la trampa el flotador se levanta para permitir la descarga de condensado a la línea de retorno. Si existe la presencia de vapor, este flotador baja y cierra la válvula de descarga para evitar así la fuga y pérdida de vapor. Como en la parte superior se aloja aire y gases no condensables, éstos causan un gradiente de temperatura lo que provoca la descarga por un venteador termostático que se activa a una temperatura menor a la de saturación.



**Figura 1.19** Trampa de flotador y termostato.

Disponible en: Armstrong, Guía Conservación de Vapor en el Drenado de Condensados, pág. 12.

#### **1.10.5.1.3.1. Ventajas de las trampas de vapor mecánicas de flotador y termostato**

- Funcionamiento confiable a presión variable.
- Manejo de cargas variables de condensado y gran capacidad de venteo de aire y gases no condensables.
- Respuesta inmediata para descargar condensado.
- Resistente al golpe de ariete.

#### **1.10.5.1.3.2. Limitaciones de las trampas de vapor mecánicas de flotador y termostato**

No pueden ser utilizados para el uso de vapor sobrecalentado.

Las trampas F&T para presiones de hasta 1 bar se pueden seleccionar basado en el tamaño de la tubería y siguiendo la clasificación establecida por SHEMA (Asociación de Fabricantes de Equipo de Calefacción con Vapor). La clasificación SHEMA es la misma para todas las marcas de trampas F&T dado que ha sido establecida en base a la capacidad de flujo en una tubería llena de condensado hasta la mitad y con condiciones específicas de presión, longitud de tubo, inclinación, etc. (Ver tabla 1.9).

	Hierro Fundido	Acero Fundido
Conexiones	1/2" a 3" 15 - 80 mm	2" a 3" 50 - 80 mm
Tipo de Conexiones	Roscadas o Bridadas	Roscadas, Soldadas a Tope o Bridadas
Presión de Operación (bar)	0 a 17	0 a 31
Capacidad (kg/hr)	Hasta 94,545	Hasta 127,273

**Tabla 1.9** Parámetros típicos de diseño para trampas de flotador y termostáticas.

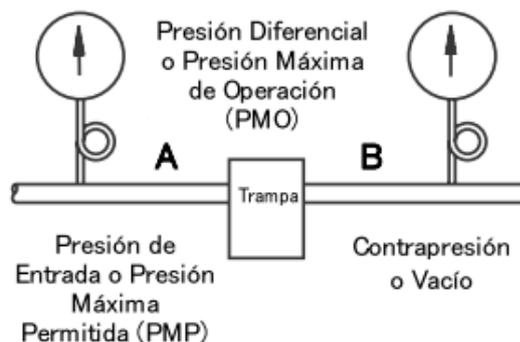
Disponible en: Armstrong, Guía Conservación de Vapor en el Drenado de Condensados, pág. 13.

### 1.10.5.2. Parámetros básicos para la selección de trampas.

Las trampas de vapor se pueden calcular y seleccionar con la siguiente información:

- Carga de condensado en kg/hr.
- El factor de seguridad a usar, (ver anexo 1.11).
- La diferencia de presiones

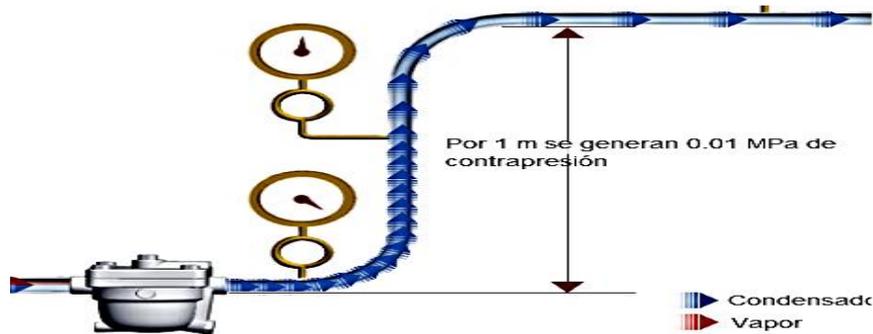
Diferencial máximo es la diferencia entre la presión de la caldera, o del cabezal de vapor, o a la salida de una válvula reguladora de presión, y la presión de la línea de retorno. Una trampa debe de ser capaz de abrir venciendo esta presión diferencial. (Ver figura 1.20)



**Figura 1.20** "A" menos "B" es la Presión Diferencial.

Disponible en: Armstrong, Guía Conservación de Vapor en el Drenado de Condensados, pág. 17.

Si el condensado se descarga a la atmósfera justo después de la trampa, no se genera contrapresión, pero si se descarga a la red de retorno de condensado genera una contrapresión de 0.01 MPa por cada metro.



**Figura 1.21** “A” menos “B” es la Presión Diferencial. Si “B” es contrapresión, se debe restar de “A”.  
Si “B” es vacío, se debe sumar a “A”.

Disponible en URL: <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/trap-back-pressure.html>

### 1.10.6. Válvulas.

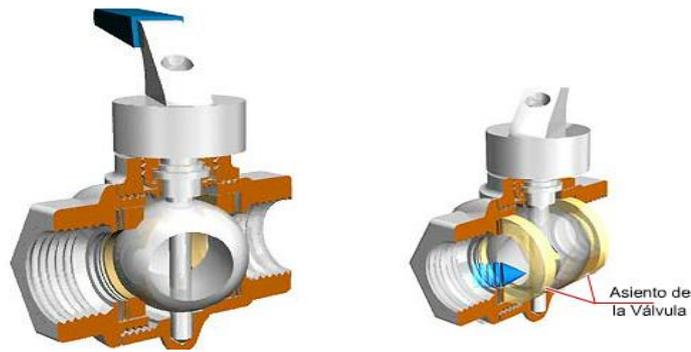
La válvula es uno de los instrumentos de control más esenciales en la industria. Debido a su diseño y materiales, las válvulas pueden abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar una enorme serie de líquidos y gases, desde los más simples hasta los más corrosivos o tóxicos. Sus tamaños van desde unos milímetros hasta los 90 m o más de diámetro (aunque en tamaños grandes suelen llamarse compuertas). Pueden trabajar con presiones que van desde el vacío hasta más de 140 MPa y temperaturas desde las criogénicas hasta 1100 K.

#### 1.10.6.1. Válvulas esféricas o de bola.

Las válvulas de bola ofrecen muy buena capacidad de cierre y son prácticas porque para abrir y cerrar la válvula es tan sencillo como girar la manivela 90°.

Se pueden hacer de 'paso completo', lo que significa que la apertura de la válvula es del mismo tamaño que el interior de las tuberías y esto resulta en una muy pequeña caída de presión. Otra característica principal, es la disminución del riesgo de fuga de la glándula sello, que resulta debido a que el eje de la válvula solo se tiene que girar 90°. Cabe señalar, sin embargo, que esta válvula es para uso exclusivo en la posición totalmente abierta o cerrada. (Ver figura 1.22)

La válvula de bola hace uso de un anillo suave conformado en el asiento de la válvula. Si la válvula se utiliza en posición parcialmente abierta, la presión se aplica a sólo una parte del asiento de la válvula, lo cual puede causar que el asiento de la válvula se deforme. Si el asiento de la válvula se deforma, sus propiedades de sellado se vulneran y esta fugará como consecuencia de ello.



**Figura 1.22** Válvula de bola.

Disponible en URL: <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/types-of-valves.html>

#### **1.10.6.1.1. Aplicaciones, ventajas y desventajas de la válvula de bola.**

Las aplicaciones principales de las válvulas de bola en la industria son:

- Para servicio de conducción y corte, sin estrangulación.
- Cuando se requiere apertura rápida.
- Cuando se necesita resistencia mínima a la circulación.
- Servicio general, altas temperaturas, pastas semilíquidas.

Por el motivo de sus características de fabricación, las ventajas más notables en el uso de las válvulas de bola son:

- Bajo costo.
- Alta capacidad.
- Circulación en línea recta.
- Se limpia por sí sola.
- Poco mantenimiento.
- No requiere lubricación.
- Tamaño compacto.
- Cierre hermético con baja torsión (par).
- Sin embargo tiene algunas características que son una desventaja para el sistema, las desventajas o características deficientes para estrangulación son:
  - Alta torsión para accionarla.
  - Susceptible al desgaste de sellos o empaquetaduras.
  - Propensa a la cavitación.

### 1.10.6.1.2. Criterios de selección y operación de las válvulas esféricas o de bola

Las válvulas esféricas se pueden seleccionar basándose en los criterios del fabricante y para ello se toma como referencia al fabricante SPIRAX SARCO. (Ver figura 1.23)

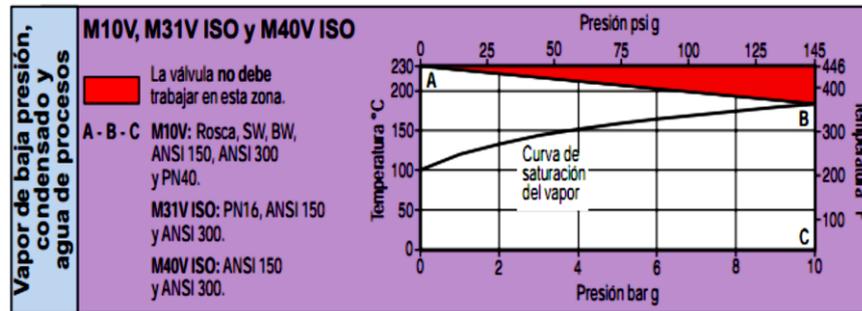


Figura 1.23 Condiciones de operación para una válvula de bola.

Disponible en: SPIRAX SARCO, aplicación de las Válvulas esféricas para vapor, p. 4

### 1.10.6.2. Válvulas de globo

La válvula de globo es adecuada para utilizarse en una amplia variedad de aplicaciones, desde el control de caudal hasta el control abierto-cerrado (On-Off).

Cuando el tapón de la válvula está en contacto firme con el asiento, la válvula está cerrada. Cuando el tapón de la válvula está alejado del asiento, la válvula está abierta. Por lo tanto, el control de caudal está determinado no por el tamaño de la abertura en el asiento de la válvula, sino más bien por el levantamiento del tapón de la válvula (la distancia desde el tapón de la válvula al asiento). Una característica de este tipo de válvula es que incluso si se utiliza en la posición parcialmente abierta, hay pocas posibilidades de daños al asiento o al tapón por el fluido. En particular, el principal tipo de válvula de globo utilizada para control de caudal es la válvula de aguja. (Ver figura 1.24)

Cabe señalar, sin embargo, que debido a que la vía de circulación en esta válvula es en forma de 'S', la caída de presión es mayor que el de otros tipos de válvulas. Además, el vástago de la válvula debe ser accionado en numerosas ocasiones con el fin de abrir y cerrar la válvula y por tanto, hay una tendencia a fugar por la glándula de sello. Además, dado que cerrar la válvula requiere accionar el vástago hasta que el tapón presione firmemente hacia abajo en el asiento, es difícil saber el punto exacto en el que la válvula está totalmente cerrada.

Ha habido casos en que accionando accidentalmente la flecha de la válvula demasiado lejos se ha dañado la superficie del asiento.



**Figura 1.24** Válvula de globo.

Disponible en URL: <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/types-of-valves.html>

#### **1.10.6.2.1. Aplicaciones, ventajas y desventajas de la válvula de globo**

Las aplicaciones principales de las válvulas de globo en la industria son:

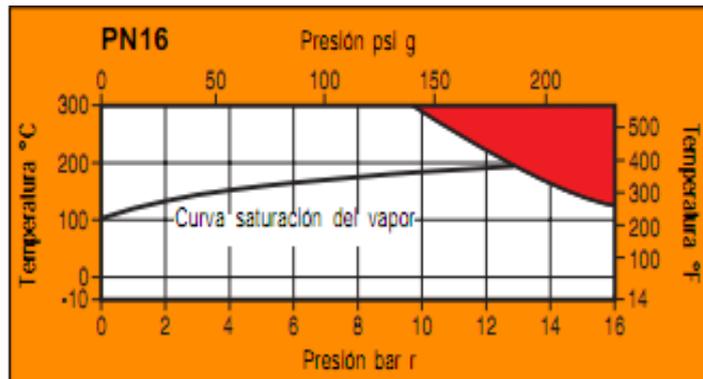
- Estrangulación o regulación de circulación.
- Para accionamiento frecuente.
- Cuando es aceptable cierta resistencia a la circulación.
- Servicio general, líquidos, vapores, gases, corrosivos, pastas semilíquidas.

Por el motivo de sus características de fabricación, las ventajas más notables en el uso de las válvulas de globo son:

- Estrangulación eficiente con estiramiento o erosión mínimos del disco o asiento.
- Carrera corta del disco y pocas vueltas para accionarlas, lo cual reduce el tiempo y desgaste en el vástago y el bonete.
- Control preciso de la circulación.
- Sin embargo tiene algunas características que son una desventaja para el sistema:
- Gran caída de presión.
- Costo relativo elevado.

#### **1.10.6.2.2. Criterios de selección y operación de las válvulas de globo**

Las válvulas de globos se pueden seleccionar basándose en los criterios del fabricante y para ello se toma como referencia al fabricante SPIRAX SARCO. (Ver anexo 1.12).

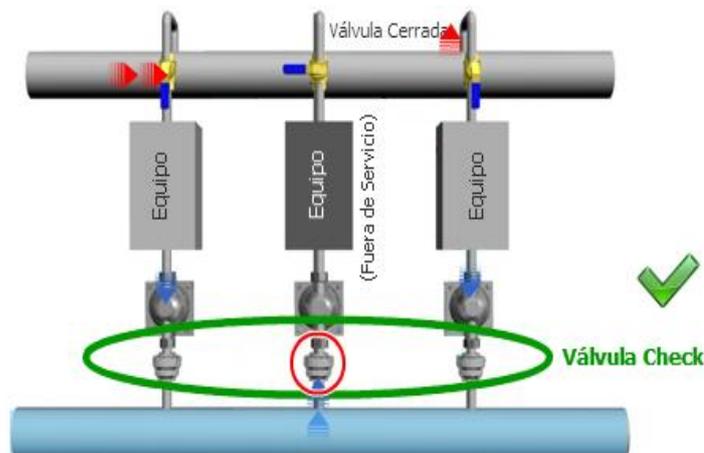


**Figura 1.25** Condiciones de operación para una válvula de Globo.

Disponible en URL: [www.tlv.com/global/LA/steam-theory/pressure-reducing-valves-for-steam.html#](http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/pressure-reducing-valves-for-steam.html#)

### 1.10.6.3. Válvulas de retención o check.

Una válvula CHECK es un tipo de válvula que permite al fluido circular en una dirección pero cierra automáticamente para prevenir flujo en la dirección opuesta (contra flujo). Las válvulas check se usan en una gran variedad de locaciones, pero el enfoque de instalación es a la salida de la trampa como se muestra en la figura 1.26.

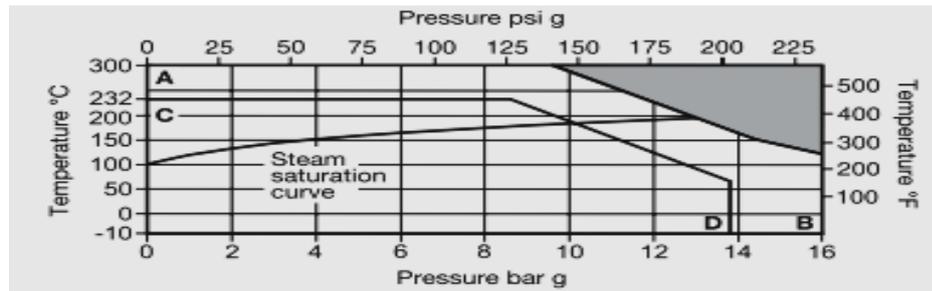


**Figura 1.26** Trampas con válvulas check.

Disponible en URL: <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/check-valve-installation-and-benefits.html>

#### 1.10.6.3.1. Criterios de selección y operación de una válvula check.

Las válvulas check se pueden seleccionar basándose en los criterios del fabricante y para ello se toma como referencia al fabricante SPIRAX SARCO. (Ver anexo 1.13).



**Figura 1.27** Condiciones de operación para una válvula de Globo.

Disponible en URL: [http://www.spiraxsarco.com/pdfs/IM/p029\\_17.pdf](http://www.spiraxsarco.com/pdfs/IM/p029_17.pdf)

### 1.11. Unión de tuberías.

Ante la imposibilidad física de interconectar equipos en general por medio de una tubería que fuera de trazo continuo, se hace necesario usar piezas que cambien de dirección y elevación a las tuberías, y que les permitan divergir a dos o más direcciones; ya que no existe hasta el presente ningún sistema que pueda realizar este trabajo, es necesario trabajar con tramos de tubería, que se unen por medio de diversos accesorios; válvulas, codos, tees que aumentan su versatilidad.

### 1.12. Aislamientos térmicos

Termodinámicamente cuando la energía se utiliza para producir calor, el flujo de éste, es de dentro hacia fuera, como en el caso de hornos y calderas, por este motivo el aislamiento térmico ayuda a ahorrar gran parte de la energía necesaria para este proceso y un óptimo aislamiento hace que los equipos sean más eficientes y trabajen con menores costos. Entre las consideraciones a tener presente en la selección de un aislante térmico tenemos:

- Conservación de la energía,
- Baja absorción de humedad,
- Incombustibilidad superficial,
- Resistencia a esfuerzos mecánicos,
- Resistencia a la vibración,
- Poco peso,
- Facilidad de aplicación,
- Baja corrosividad,
- Resistencia a choques térmicos,
- Economía.

Existen diferentes empresas que se encargan de la fabricación de los materiales aislante dependiendo de su densidad, temperatura y diámetro de fibra.

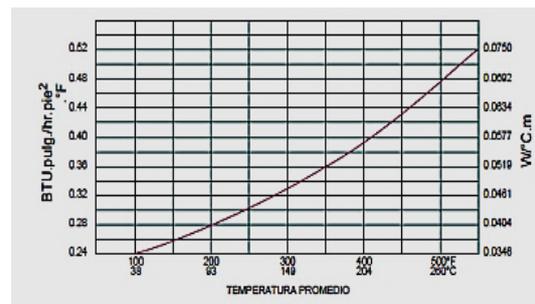
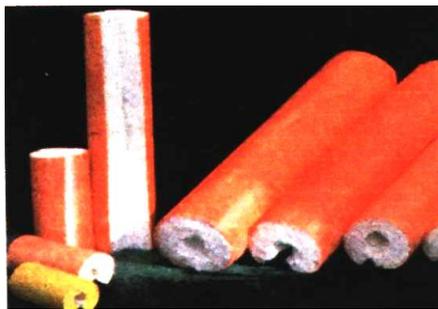
### Cañuelas:

Las cañuelas son utilizadas para aislamiento térmico en tuberías de vapor o cualquier otro fluido circulante cuya temperatura esté dentro del rango de (30 - 350° C).

Las cañuelas están construidas con lana superfina de vidrio preformada con resina aglutinante y una sal de elevada resistencia a la temperatura que fortalece la incombustibilidad de la fibra, además está blindada con una hoja de aluminio calibre 0.10 mm de espesor, de fácil instalación, como se muestra en la figura 1.28.

### Presentación:

Largo:	91 cm $\approx$ 36"
Diámetro:	de 1/2" a 25"
Espesor de pared:	de 1" a 5"



**Figura 1.28** Cañuela de fibra de vidrio recubierta con hojas de aluminio de espesor 0.10

Disponible en URL: <http://euroaislantes.co.cr/productos/espupolyisocianurato/polyisocianurato-accesorios.html>

#### 1.12.1. Cálculo del espesor óptimo del aislante

El aislamiento debe aportar beneficios crecientes en lugar de gastos fijos. La medida del beneficio operacional es en función directa de la cantidad de aislamiento presente dentro de las circunstancias de funcionamiento del equipo. Parámetros considerados:

- Diámetro nominal de la tubería,
- Temperatura de operación,
- Tipo de fluido y material aislante.

Teóricamente, lo que realmente se calcula es el radio crítico (ver figura 1.28) del aislamiento con la siguiente ecuación:

$$r_{cr} = k / h \quad [\text{mm}] \quad \text{Ecuación 1.9 Cálculo radio crítico}$$

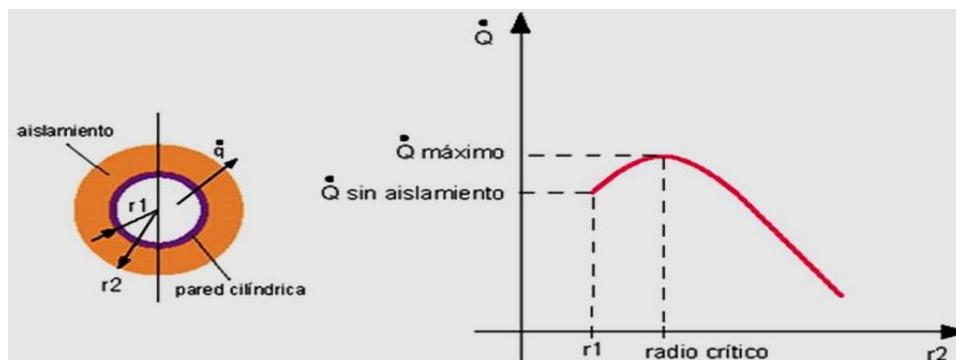
Disponible en: Guía técnica, ahorro en eficiencia energética y climatización, pág. 32

Dónde:

- K: Coeficiente de conductividad térmica ( f: temperatura y material )
- H: Coeficiente de transferencia de calor por convección ( f: material, fluido y temperatura)

Por lo tanto, el espesor se calcula:

$$(r_{cr} - r_{\text{tubería}}) = \text{espesor} \quad \text{Ecuación 1.10 Cálculo radio crítico despejado}$$



**Figura 1.29** Representación esquemática del posicionamiento por capas del aislamiento y la resistencia térmica que influye en el aislamiento.

Disponible en URL: <http://miguelorduno.blogspot.com/2011/11/radio-critico.html>

## 1.13. Otros Elementos

### 1.13.1. Juntas de dilatación

Una junta de expansión está compuesta por uno o varios fuelles, elemento flexible. La porción que contiene las ondas está diseñada para flexionarse cuando se produce movimiento en el conducto. El elemento de ondas debe ser lo suficientemente fuerte circunferencialmente para soportar la presión del sistema, pero también debe responder satisfactoriamente a una torsión longitudinal. El equilibrio entre resistencia y flexibilidad es el problema que, según las condiciones de servicio, se resuelve a partir del diseño del fuelle (número de ondas, espesor, altura, número de láminas, etc.) y de la elasticidad del material utilizado.

### 1.13.2. Soportes de tubería

La frecuencia de los soportes de tubería variará de acuerdo con el diámetro de la tubería; el material (acero o cobre); y si está en posición horizontal o vertical.

Algunos puntos importantes son:

- Especificación del soporte, cuando sea disponible
- Un señalamiento completo de dibujos de tuberías
- Un señalamiento completo de estructuras
- Una especificación apropiada de tuberías y datos que incluyan: tamaño de la tubería, composición, espesor de pared, temperaturas y presiones de operación.
- Válvulas y accesorios especiales, indicando sus características (peso, dimensiones, etc.)

Los puntos preferidos de fijación de la tubería son:

- Sobre tubería propiamente y no sobre componentes tales como: válvulas, accesorios o juntas de expansión. Bajo cargas concentradas (puntuales), las bridas y juntas roscadas pueden gotear y los cuerpos de válvulas pueden deformarse produciendo goteo, trabazón del vástago o goteo a través del asiento.
- Sobre tramos de tuberías que no requieran remoción frecuente para limpieza o mantenimiento.

El máximo espacio sugerido entre soportes, se encuentra listado en la tabla 1.10. Este espaciado se basa sobre un esfuerzo de torsión y cortante combinado de 10.34 MPa (1500 Psi), cuando la tubería está llena de agua y se permite una deflexión entre soportes de 1/10" (2.54 mm). Estos no se aplican cuando existen pesos concentrados tales como presencia de válvulas y otros accesorios pesados o cuando ocurran cambios de dirección en el sistema de tuberías.

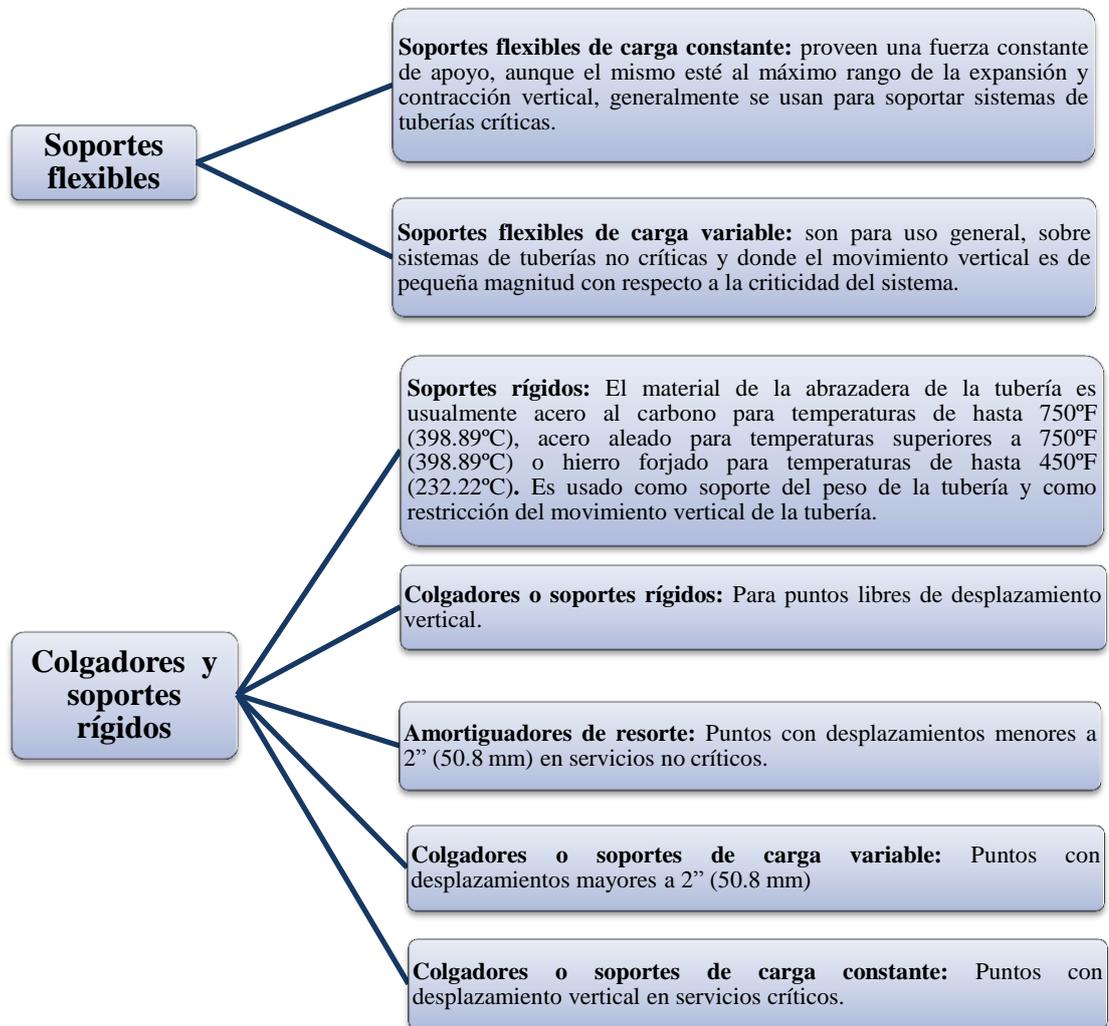
Diámetro nominal (mm) Acero/Cobre		Intervalo de recorrido horizontal (m)		Intervalo de recorrido vertical (m)	
o interior	o exterior	Acero suave	Cobre	Acero suave	Cobre
12	15		1,0		1,2
15	18	2,0	1,2	2,4	1,4
20	22	2,4	1,4	3,0	1,7
25	28	2,7	1,7	3,0	2,0
32	35	2,7	1,7	3,0	2,4
40	42	3,0	2,0	3,6	2,4
50	54	3,4	2,0	4,1	2,4
65	67	3,7	2,0	4,4	2,9
80	76	3,7	2,4	4,4	3,2
100	108	4,1	2,7	4,9	3,6
125	133	4,4	3,0	5,3	4,1
150	159	4,8	3,4	5,7	
200	194	5,1		6,0	
250	267	5,8		5,9	

**Tabla 1.10** Espacio sugerido entre soportes.

Disponible en: SPIRAX SARCO, Guía De Referencia Técnica, Distribución del vapor, Pág. 40

### 1.13.3. Tipos de soportes

Existen diferentes tipos de soportes, cada tipo de diseño para diversas de funciones y se clasifican de la siguiente forma como se muestra en la tabla 1.11:



**Tabla 1.11** Soportes recomendados para tuberías.

Elaborado por: Autores

## **CAPITULO 2**

### **DESCRIPCIÓN DE LA RED DE VAPOR**

#### **INTRODUCCIÓN**

El sistema actual de vapor con el que se está trabajando en los diferentes puntos de referencia, además de sus capacidades de funcionamiento y algunas características técnicas.

Tener comprensión del sistema de generación de vapor, la caldera y el tipo de combustible que utiliza, la capacidad del distribuidor de vapor y como se encuentra la red de suministro al área de quirófanos y subcentral de esterilización.

Como desarrollar el cálculo del consumo de vapor de cada equipo en funcionamiento, utilizar factores como el número de Reynolds y Darcy para llegar a comprender las pérdidas del sistema que se está analizando.

Los accesorios que se encuentran en el sistema y la red de retorno de condensado para poder minimizar pérdidas del sistema.

## 2. Diagrama de flujo sistema actual de suministro de vapor

La figura 2.1 muestra el diagrama de suministro de vapor actual.

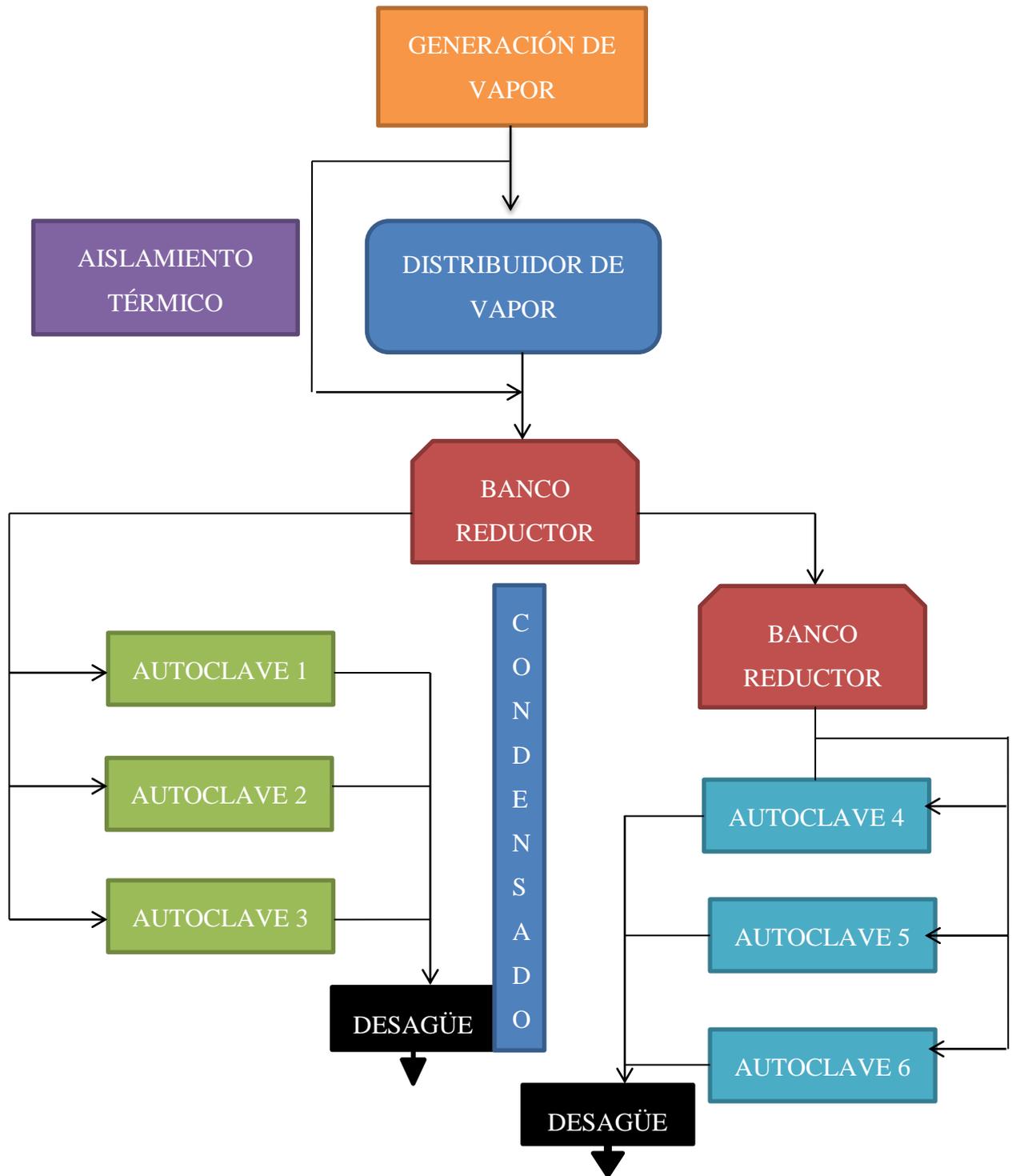


Figura 2.1 Diagrama de flujo del sistema actual

Elaborado por: Autores

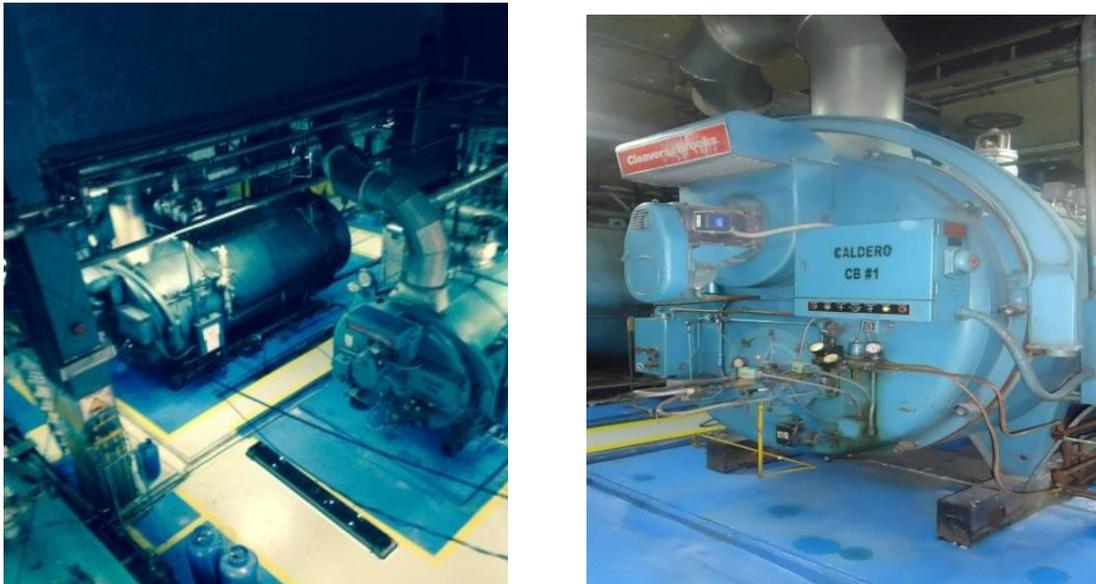
## 2.1. Generación y red de vapor

Para que el estudio sea dinámico, se ha dividido en varias secciones:

- Registro de caldera.
- Obtención de documentación técnica de los elementos que componen la red de vapor de esterilización y quirófanos, por medio de consultas a los usuarios.
- Obtención de planos de la tubería con la realización de mediciones de la tubería y sus componentes.
- Cálculo de consumo y pérdidas de vapor.

## 2.2. Casa de Máquinas

En esta área es donde se encuentran las calderas responsables de la generación de vapor saturado, para los distintos puntos de consumo de vapor de todo el hospital.



**Figura 2.2** Caldera en casa de máquinas.

Elaborado por: Autores

### 2.2.1. Calderas

Los datos corresponden a las 3 calderas generadoras marca CLEAVER BROOKS CB 101-250, las cuales trabajan y abastecen de vapor al distribuidor con una presión de trabajo de 85 Psig.

Capacidad de evaporación	3912 Kg/h	8625 Lb/h
Presión de diseño	10.5 Kg/cm <sup>2</sup>	150 PSI
Superficie de calefacción	115.961 m <sup>2</sup>	1247.740 P <sup>2</sup>
Tipo de caldera	Horizontal/4 pasos	Tubos de fuego
Consumo aproximado de combustible a plena carga del equipo		
Diesel	74.5 GPH	4.7 Lt/min.
Gas	10461000 BTU/h	296 m <sup>3</sup> /h

**Tabla 2.1** Datos del Caldero 1.

Disponible en: Inventario HCAM. (Ver anexo 2.1)

### 2.2.2. Características del Combustible

El combustible a utilizar para la generación de vapor es, diesel industrial número 2

Las especificaciones se encuentran en el anexo 2.2.

### 2.3. Distribuidor del vapor

Es el encargado de recibir el vapor desde la caldera que se encuentre en funcionamiento de acuerdo al horario establecido, al mismo tiempo su función es repartir el vapor hacia los diversos puntos de consumo.

Desde el distribuidor es el análisis de la red de suministro de vapor hacia el área de subcentral de esterilización y quirófanos, la misma que funciona de acuerdo a un cronograma establecido en el anexo 2.4.

### 2.4. Red de suministro de vapor

Para el estudio de la red de suministro de vapor se realizó el levantamiento de dimensiones y accesorios de la red, obteniendo los siguientes parámetros:

PARAMETROS										
REFERENCIA	FLUJO MASICO	PRESION MANOMETRICA		TEMP	VOLUMEN ESPECIFICO	VELOCIDAD		VISCOSIDAD CINEMATICA	RUGOSIDAD	DENSIDAD
	kg/h	bar		°C	m <sup>3</sup> /kg	m/s		m <sup>2</sup> /s	(?) (mm)	kg/m <sup>3</sup>
CASA DE MAQUINAS	493	Entrada Banco Reductor	5,86	162,17	0,29	Red Principal	35,00	3,50E-05	0,05	3,46
		Salida Banco Reductor	4,14	150,64	0,39	Red Secundaria	25,00	2,50E-05		2,59
QUIROFANOS	165	3,93		148,93	0,41	Red Principal	35,00	5,66E-06	0,05	2,49
						Red Secundaria	25,00			
SUBCENTRAL DE ESTERILIZACION	246	Entrada Banco Reductor	3,28	150,64	0,46	Red Principal	35,00	3,50E-05	0,05	2,59
		Salida Banco Reductor	2,48	135,71	0,58	Red Secundaria	25,00	2,50E-05		2,25

**Nota:** En la sección de casa de máquinas se le suma 82 kg/h al flujo másico porque en la bifurcación (ver plano 10.8864/8647.01.07) se distribuye a otra sección donde se encuentra instalado otro equipo con las mismas características de los equipos de subcentral de esterilización.

**Tabla 2.2** Parámetros de la red de vapor.

Elaborado por: Autores

## 2.5. Esquema de distribución

Muestra la distribución y el consumo del flujo másico en las diferentes áreas.

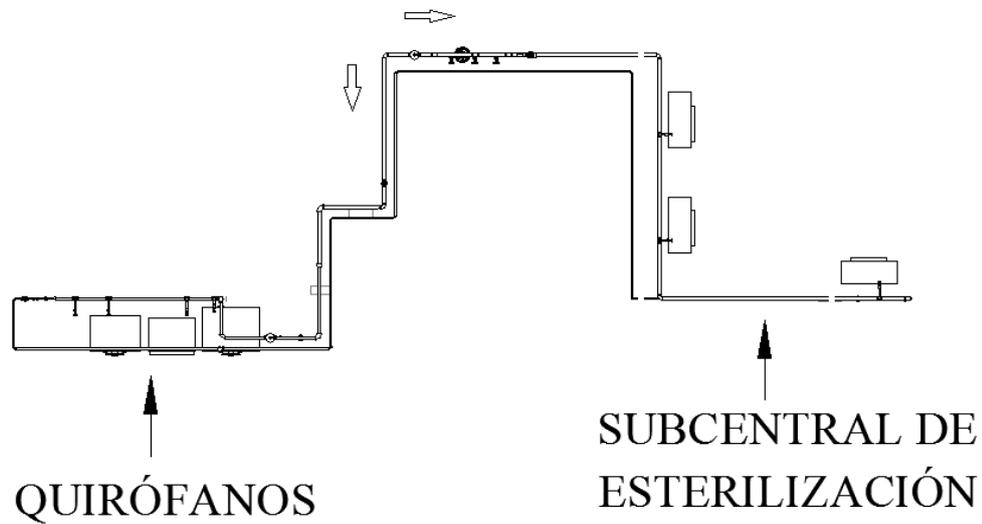


Figura 2.3 Extracto del plano 10.8864/8647.02

Elaborado por: Autores

### 2.5.1. Cálculo de consumo

Para el cálculo del consumo de vapor, al no disponer manuales de equipo u otra documentación técnica se utiliza las recomendaciones de la casa comercial AMSCO, donde describen los consumos de vapor de acuerdo a las dimensiones de la cámara de esterilización de los equipos que son equivalentes a los instalados.

DIMENSIONES NOMINALES (pulg.)	CONSUMOS VAPOR Kg/hr	AGUA Lts/hr
16x16x24	32	
16x24	34	
16x16x26	45	
<b>20x20x36</b>	<b>55</b>	
20x20x36	41	
20x20x38	55	
<b>24x36x36</b>	<b>82</b>	
24X36X38	132	757
24X36X48	100	454
24X36X48	170	757
24X36X60	127	454
24X36X60	216	757

El diagrama incluye dos cuadros rectangulares con flechas azules que apuntan a las filas de dimensiones 20x20x36 y 24x36x36 en la tabla. El cuadro superior está etiquetado como 'QUIRÓFANOS' y el cuadro inferior como 'SUBCENTRAL'.

Tabla 2.3 Esterilizadores consumo de vapor (de acuerdo con AMSCO).

Disponible en: Instituto Mexicano Del Seguro Social, Instalaciones Sanitarias, Hidráulicas Y Especiales, Pág. 353

### 2.5.1.1. Flujo másico

Selección de datos de acuerdo con la tabla 2.3:

## FLUJO MASICO

DESCRIPCION		FLUJO MASICO		CAPACIDAD	DIMENSIONES
		kh / h	lb / h	lts	plg
QUIROFANOS	AUTOCLAVE 1	55	121,25	150	20 X 20 X 36
	AUTOCLAVE 2	55	121,25	150	20 X 20 X 36
	AUTOCLAVE 3	55	121,25	150	20 X 20 X 36
SUBCENTRAL DE ESTERILIZACION	AUTOCLAVE 1	82	180,78	450	24 X 36 X 36
	AUTOCLAVE 2	82	180,78	450	24 X 36 X 36
	AUTOCLAVE 3	82	180,78	450	24 X 36 X 36

**Tabla 2.4** Flujo másico en Quirófanos y Subcentral de Esterilización

Elaborado por: Autores



**Figura 2.4** Autoclaves en quirófanos.

Disponible en: Inventario HCAM



**Figura 2.5** Autoclaves en subcentral de esterilización

Disponible en: Inventario HCAM

### 2.5.2. Velocidad de flujo del vapor

Para la obtención de la velocidad real realizar el cálculo mediante la ecuación 1.4, obteniendo los siguientes datos:

$$v = \frac{\vartheta * 4}{\pi * \dot{m} * D^2} \quad \text{EC 1.4}$$

VELOCIDADES SECCIÓN A - CASA DE MAQUINAS				
REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	PRESIÓN ABSOLUTA	VOLUMEN ESPECIFICO	VELOCIDAD
PLANO		bar	m3/kg	m/s
SECCIÓN A1	SALIDA DEL DISTRIBUIDOR	6,58	0,29083	<b>30,26</b>
SECCIÓN A2	ENTRADA BANCO REDUCTOR	6,58	0,29083	<b>30,26</b>
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	4,85	0,38759	<b>40,32</b>
SECCIÓN A3	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	4,85	0,38759	<b>24,54</b>

Tabla 2.5 Velocidades casa de máquinas

Elaborado por: Autores

### 2.5.3. Numero de Reynolds

Para el cálculo de pérdidas por fricción en las tuberías se utiliza la ecuación 1.5.

$$Re = \frac{D * v}{\vartheta} \quad \text{EC 1.5}$$

NUMERO DE REYNOLDS SECCIÓN A - CASA DE MAQUINAS				
REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	CEDULA 40	VELOCIDAD	NUMERO DE REYNOLDS
PLANO		diámetro Int. (m)	m/s	ADIMENSIONAL
SECCIÓN A1	SALIDA DEL DISTRIBUIDOR	0,04	30,26	<b>295538,77</b>
SECCIÓN A2	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,04	40,32	<b>304084,90</b>
SECCIÓN A3	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,05	24,54	<b>237218,67</b>

Tabla 2.6 Cálculo Número de Reynolds en Casa de Máquinas.

Elaborado por: Autores.

### 2.5.4. Factor DARCY

Se utiliza la ecuación de HAALAND de la tabla 1.7 para regímenes de flujo turbulento y la rugosidad de los anexos 2.9.

Turbulento	$\frac{1}{\sqrt{f}} \cong -1.8 \log \left( \frac{6.9}{Re} + \left( \frac{\varepsilon}{3.7} \right)^{1.1} \right)$	Haaland	(3.23)
------------	---	---------	--------

CALCULO DEL FACTOR DARCY - SECCIÓN A - CASA DE MAQUINAS				
REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	CEDULA 40	Rugosidad	f
PLANO		diámetro Int. (mm)	(ε) (mm)	ADIMENSIONAL
SECCIÓN A1	SALIDA DEL DISTRIBUIDOR	40,94	2	<b>0,0723</b>
SECCIÓN A2	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	40,94	2	<b>0,0723</b>
SECCIÓN A3	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	52,48	2	<b>0,0647</b>

Tabla 2.7 Cálculo Factor DARCY en Casa de Máquinas.

Elaborado por: Autores.

### 2.5.5. Cálculo pérdidas de presión y fricción en las tuberías

Se utiliza la ecuación 1.7 de DARCY y Weissback como se muestra en la siguiente en la tabla 2.9:

$$H_{Mayores} = \frac{f \cdot L \cdot v^2}{2g \cdot D} \quad \text{EC 1.7}$$

Con los datos de pérdidas por fricción mediante la ecuación 1.6 se obtiene las pérdidas por presión para al final encontrar la caída de presión que se produce en las mismas.

$$\Delta P = H_L \cdot \rho \cdot g \quad \text{EC 1.6}$$

PÉRDIDAS POR FRICCIÓN Y PRESION EN LAS TUBERÍAS - SECCION A - CASA DE MAQUINAS								
REFERENCIA	DESCRIPCION	LONGITUD DE TUBERIA		CEDULA 40	VELOCIDAD	PERDIDAS POR FRICCIÓN	PERDIDAS DE PRESION	
		m	Longitud Corregida (+20%)	diámetro Int. (m)			m	PAS
PLANO					m/s			
SECCIÓN A1	SALIDA DEL DISTRIBUIDOR	4,85	5,82	0,08	8,35	14,59	494,707	0,074
	SALIDA DEL DISTRIBUIDOR	1,63	1,95	0,05	18,41	41,59	1410,160	0,212
	SALIDA DEL DISTRIBUIDOR	0,32	0,38	0,04	30,26	31,67	1073,909	0,161
SECCIÓN A2	ENTRADA BANCO REDUCTOR	0,40	0,48	0,04	30,26	39,59	1342,387	0,201
	BANCO REDUCTOR	0,71	0,85	0,04	30,26	70,27	2382,736	0,357
	BANCO REDUCTOR	0,71	0,85	0,04	40,32	124,81	3176,385	0,476
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,40	0,48	0,04	40,32	70,32	1789,513	0,268
SECCIÓN A3	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,32	0,38	0,04	40,32	56,25	1431,610	0,215
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	1,68	2,02	0,05	24,54	76,36	1943,449	0,292
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,80	0,96	0,05	24,54	36,36	925,452	0,139
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	3,00	3,60	0,05	24,54	136,36	3470,444	0,521
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,50	0,60	0,05	24,54	22,73	578,407	0,087
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	11,80	14,16	0,05	24,54	536,37	13650,415	2,048
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,80	0,96	0,05	24,54	36,36	925,452	0,139
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,50	0,60	0,05	24,54	22,73	578,407	0,087
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	3,00	3,60	0,05	24,54	136,36	3470,444	0,521
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	1,27	1,52	0,05	24,54	57,73	1469,155	0,220
SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,10	0,12	0,05	24,54	4,55	115,681	0,017	

Tabla 2.8 Cálculo pérdidas por fricción y presión en Casa de Máquinas.

Elaborado por: Autores.

## Resultados

SECCION	PERDIDAS DE PRESION		
	PAS	PSI	BAR
CASA DE MAQUINAS	40228,71338	6,034307	0,4160655
QUIROFANOS	10.420,2634	1,5630	0,1078
SUBCENTRAL DE ESTERILIZACION	41.799,6043	6,2699	0,4323
<b>TOTAL</b>	<b>92448,5811</b>	<b>13,86729</b>	<b>0,956149</b>

**Tabla 2.9** Resumen pérdidas de presión.

Elaborado por: Autores

**Nota:** Cálculos completos anexo 2.10 al 2.24.

### 2.6. Red de retorno de condensado

Existen actualmente dos sistemas de trampeo:

- De los equipos a los sumideros por ser un condensado contaminado e inutilizable.
- La red que no dispone de retorno.

Se verifica que todos los sistemas de trampeo de los equipos son conectados directamente a los sumideros de cada área, por lo tanto en la actualidad no existe retorno de condensado. Esto está ocasionando grandes pérdidas energéticas en la generación de vapor.



**Figura 2.6** Sistema de trampeo de condensado en autoclave de quirófanos

Elaborado por: Autores.



**Figura 2.7** Sistema de trampeo de condensado en autoclave de subcentral de esterilización

Elaborado por: Autores.

## **2.7. Resultados obtenidos**

- Existe cambios de diámetro de tuberías inadecuados dentro del sistema.
- El muñeco o banco reductor de casa de máquinas y de subcentral de esterilización no cuenta con los accesorios correspondientes.
- El sistema no cuenta con un correcto retorno de condensado de la red principal.
- Grandes pérdidas energéticas en la generación de vapor.
- No posee juntas de dilatación de ningún tipo.
- Existe fugas de vapor en el sistema ubicado en la chimenea y la bifurcación de la terraza del tercer piso.
- Varios tramos de tuberías no se encuentran con aislamiento adecuado y otras que no poseen el mismo.
- Las tuberías actualmente instaladas presentan un deterioro significativo debido a que su vida útil está dentro de los 20 años de servicio.
- No cuenta con una correcta identificación del sistema.
- Los equipos de consumo de las áreas de quirófanos y subcentral no están trabajando dentro de las presiones de trabajo.
- El número de pérdidas de presión en el área de casa de máquinas y subcentral de esterilización es mayor dentro del sistema.
- El número de Reynolds calculado se encuentra en los rangos de flujo turbulento.

## **CAPITULO 3**

### **REDISEÑO DEL SISTEMA DE VAPOR Y RETORNO DE CONDENSADO.**

#### **INTRODUCCIÓN**

Se considera los parámetros que están actualmente instalados en el sistema, tomando datos existentes en el mismo y con el cual opera hasta la actualidad, dando importancia a los consumos de vapor en el área de subcentral de esterilización y quirófanos se diferencia que la red está dividida en secciones.

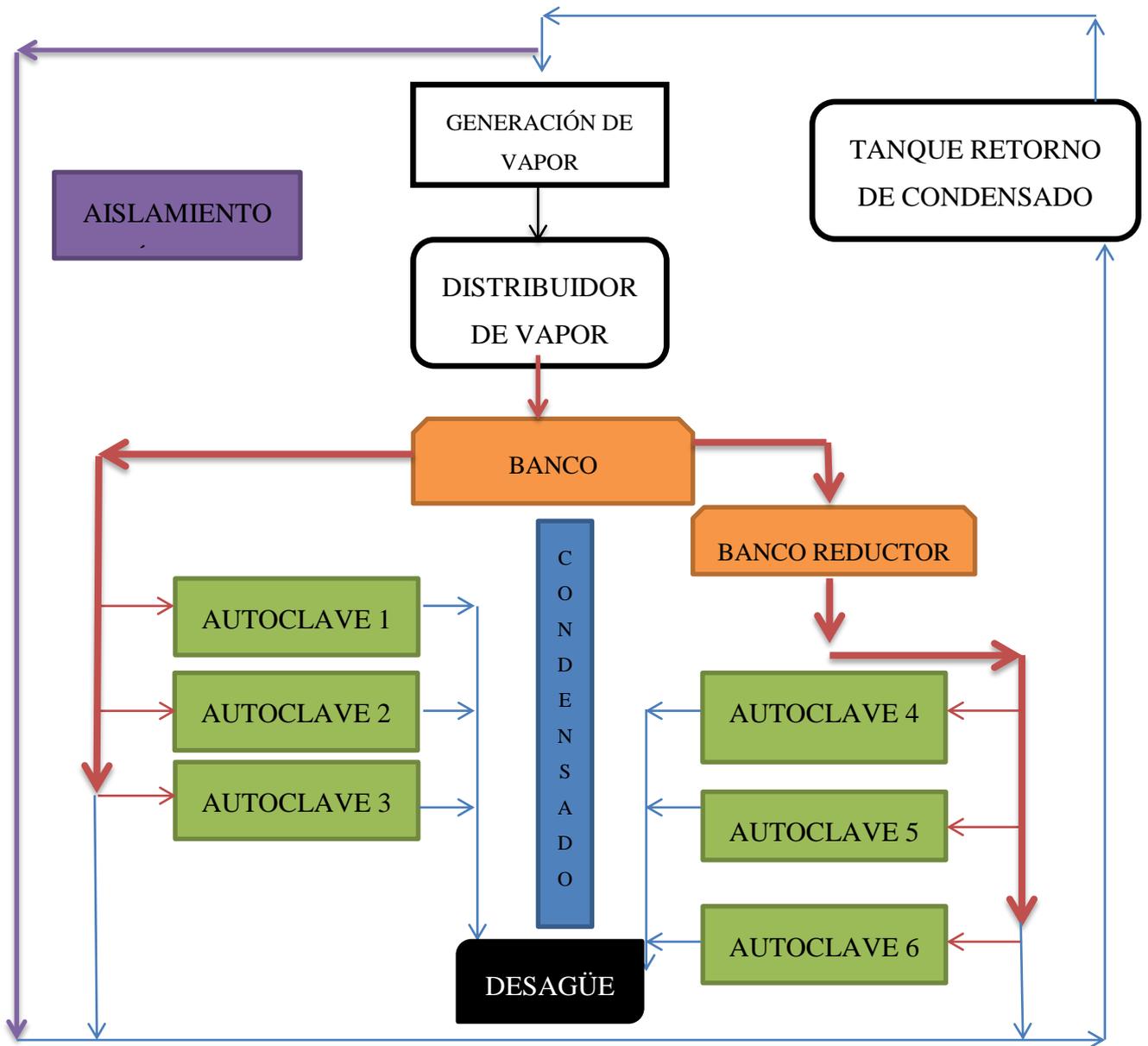
Calcular el diámetro de rediseño de la red principal es uno de los primeros pasos a seguir, dimensionar el banco reductor de manera que trabaje en los rangos necesarios de operación.

Diseño del sistema de retorno de condensado, y dimensionamiento del sistema de trampeo con todos los accesorios correspondientes como son pierna colectora, válvula reguladora, filtro de vapor, etc.

Se incluye un nuevo concepto de aislamiento térmico que será aplicado en todas las líneas de tubería que lo requieran.

Generar una hoja de resultados para verificar las variaciones que existen con el sistema actual.

### 3. Diagrama de flujo de rediseño



	TUBERÍAS PRINCIPALES
	TUBERÍAS SECUNDARIAS
	RETORNO DE CONDENSADO
	AI SLAMI EN TO TÉRMICO

**Tabla 3.1** Diagrama de flujo del rediseño

Elaborado por: Autores

### 3.1. Sistema de vapor

#### 3.1.1. Determinación de parámetros para el rediseño

El presente estudio está basado en datos y especificaciones de los equipos que se indica en la figura 3.1.



**Figura 3.1** Placa de datos autoclave sección de Subcentral de Esterilización y Quirófanos respectivamente.

Elaborado por: Autores.

### 3.2. Consideraciones para el rediseño

- Producción de vapor de la caldera 3912 kg/h o (8625 lb/h) de vapor a 5,86 barg (85 Psig).
- El montaje de las líneas de distribución de vapor y retorno de condensado están estrictamente vinculadas al espacio físico de las instalaciones y la facilidad que la infraestructura brinda para dicho propósito, el código ASME B31.3 brinda diversas recomendaciones respecto al montaje de la tubería como soportería, distancias de seguridad, señalización, etc. Consideraciones que deben ser tomadas en cuenta al implementar el nuevo sistema.
- Los materiales de la tubería para transporte de vapor ASTM A53 Gr.B sin costura.
- En la red secundaria las conexiones en forma de cuello de ganso se deben realizar de forma correcta, de esta manera el condensado termina por evacuarse y no ingresar al equipo.
- Además de los parámetro mostrados en la tabla 3.2:

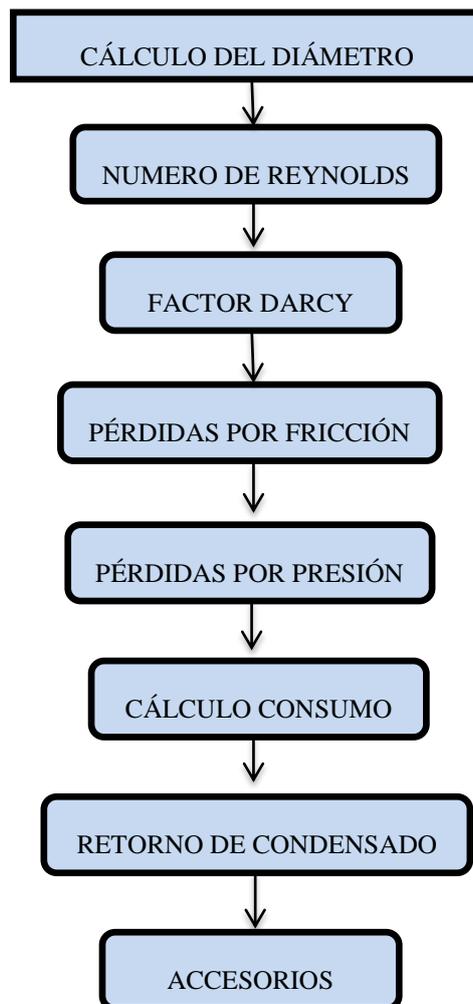
PARAMETROS										
REFERENCIA	FLUJO MASICO	PRESION MANOMETRICA		TEMP	VOLUMEN ESPECIFICO	VELOCIDAD		VISCOCIDAD CINEMATICA	RUGOSIDAD	DENSIDAD
	kg/h	bar		°C	m <sup>3</sup> /kg	m/s		m <sup>2</sup> /s	(?) (mm)	kg/m <sup>3</sup>
CASA DE MAQUINAS	548	Entrada Banco Reducor	5,86	162,17	0,29	Red Principal	35,00	3,50E-05	0,05	3,46
		Salida Banco Reducor	4,14	150,64	0,39	Red Secundaria	25,00	2,50E-05		2,59
QUIROFANOS	220	3,93		148,93	0,41	Red Principal	35,00	5,66E-06	0,05	2,49
						Red Secundaria	25,00			
SUBCENTRAL DE ESTERILIZACION	328	Entrada Banco Reducor	3,28	150,64	0,46	Red Principal	35,00	3,50E-05	0,05	2,59
		Salida Banco Reducor	2,48	135,71	0,58	Red Secundaria	25,00	2,50E-05		2,25

**Nota:** En la sección de quirófanos y subcentral de esterilización, se le suma 55Kg/h y 82 Kg/h al flujo másico, respectivamente, para futuras ampliaciones con equipos de esterilización de similares características.

**Tabla 3.2** Parámetros de la red de vapor para rediseño.

Elaborado por: Autores

### 3.3. Dimensionamiento y selección de tubería red principal



**Tabla 3.3** Diagrama de flujo cálculos de rediseño

Elaborado por: Autores

### 3.3.1. Cálculo del Diámetro

Con la ecuación 1.4 calcular:

$$D = \sqrt{m \cdot \frac{4 \cdot \vartheta}{\pi \cdot v}} \quad \text{EC 1.4}$$

VELOCIDADES Y DIAMETROS SECCIÓN A - CASA DE MAQUINAS							
REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	LONGITUD DE TUBERÍA	REDISEÑO DIAMETRO		PRESIÓN ABSOLUTA	VOLUMEN ESPECIFICO	VELOCIDAD
PLANO		m	diámetro nominal (plg)	diámetro Int. (m)	bar	m <sup>3</sup> /kg	m/s
SECCIÓN A1	SALIDA DEL DISTRIBUIDOR	0,320	1 1/2"	0,041	6,578	0,291	35
SECCIÓN A2	ENTRADA BANCO REDUCTOR	0,400	1 1/2"	0,041	6,578	0,291	35
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,320	2	0,052	4,854	0,38759	35
SECCIÓN A3	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	1,680	2	0,052	4,854	0,38759	35
<b>Nota:</b>		PERTENECE A TUBERIAS PRINCIPALES					

Tabla 3.4 Diámetros casa de máquinas

Elaborado por: Autores

Con los diámetros calculados se selecciona el diámetro nominal y el diámetro interno real utilizando el anexo 2.7.

**DIAMETROS SECCIÓN A - CASA DE MAQI**

	LONGITUD DE TUBERÍA	REDISEÑO DIAMETRO		PRESIÓN ABSOLUTA
	m	diámetro nominal (plg)	diámetro Int. (m)	bar
DR	0,320	1 1/2"	0,041	6,578
DR	0,400	1 1/2"	0,041	6,578

TABLA F.1 Cédula 40.

Tamaño nom. de tubería	Diámetro exterior		Espesor de pared		Diámetro interior			Flujo de área	
(pulg)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(pés)	(mm)	(pies <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )
1¼	1.660	42.2	0.140	3.56	1.380	0.1150	35.1	0.010 39	9.653 × 10 <sup>-4</sup>
1½	1.900	48.3	0.145	3.68	1.610	0.1342	40.9	0.014 14	1.314 × 10 <sup>-3</sup>
2	2.375	60.3	0.154	3.91	2.067	0.1723	52.5	0.023 33	2.168 × 10 <sup>-3</sup>

Figura 3.2 Selección diámetro real según diámetro calculado

Elaborado por: Autores

### 3.3.2. Número de Reynolds.

Se calcula el número de Reynolds utilizando la ecuación 1.5.

$$Re = \frac{D \cdot v}{\vartheta} \quad \text{EC 1.5}$$

NUMERO DE REYNOLDS SECCIÓN A - CASA DE MAQUINAS					
REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	CEDULA 40		VELOCIDAD	NUMERO DE REYNOLDS REDISEÑO
PLANO		diámetro nominal (plg)	diámetro Int. rediseño (m)	m/s	ADIMENSIONAL
SECCIÓN A1	SALIDA DEL DISTRIBUIDOR	1 1/2"	0,041	33,63	<b>328508,86</b>
SECCIÓN A2	ENTRADA BANCO REDUCTOR	1 1/2"	0,041	33,63	<b>328508,86</b>
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	2	0,052	27,28	<b>263682,61</b>
SECCIÓN A3	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	2	0,052	27,28	<b>263682,61</b>
<b>Nota:</b>		PERTENECE A TUBERIAS PRINCIPALES			

**Tabla 3.5** Cálculo número de Reynolds en casa de máquinas.

Elaborado por: Autores.

### 3.3.3. Factor DARCY

Se obtiene el factor DARCY con la ecuación de HAALAND de la tabla 1.8 para regímenes de flujo turbulento.

Turbulento	$\frac{1}{\sqrt{f}} \cong -1.8 \log \left( \frac{6.9}{Re} + \left( \frac{\epsilon}{3.7D} \right)^{1.1} \right)$	Haaland	(3.23)
------------	---	---------	--------

CALCULO DEL FACTOR DARCY - SECCIÓN A - CASA DE MAQUINAS					
REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	CEDULA 40		Rugosidad Rediseño	f De Rediseño
PLANO		diámetro nominal (plg)	diámetro Int. (mm)	(ε) (mm)	ADIMENSIONAL
SECCIÓN A1	SALIDA DEL DISTRIBUIDOR	1 1/2"	40,94	0,045	<b>0,021198974</b>
SECCIÓN A2	ENTRADA BANCO REDUCTOR	1 1/2"	40,94	0,045	<b>0,021198974</b>
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	2	52,48	0,045	<b>0,020314463</b>
SECCIÓN A3	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	2	52,48	0,045	<b>0,020314463</b>
<b>Nota:</b>		PERTENECE A TUBERIAS PRINCIPALES			

**Tabla 3.6** Cálculo factor DARCY en casa de máquinas.

Elaborado por: Autores.

### 3.3.4. Pérdidas de presión y fricción en las tuberías

Utilizar la ecuación 1.7 de DARCY y Weissback como se muestra en la tabla 3.6.

$$H_{Mayores} = \frac{f \cdot L \cdot v^2}{2g \cdot D} \quad \text{EC 1.7}$$

Con los datos de pérdidas por fricción mediante la ecuación 1.6 se tiene las pérdidas por presión para al final encontrar la caída de presión que se produce en las mismas.

$$\Delta P = H_L \times \rho \times g \quad \text{EC 1.6}$$

PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN LAS TUBERÍAS - SECCION A - CASA DE MAQUINAS								
REFERENCIA	DESCRIPCION	LONGITUD DE TUBERIA		CEDULA 40		VELOCIDAD	PERDIDAS POR FRICCION	PERDIDAS DE PRESION
PLANO		m	Longitud Corregida (+20%)	diámetro nominal	diámetro Int. rediseño (m)	m/s	m	PAS
SECCIÓN A1	SALIDA DEL DISTRIBUIDOR	4,850	5,820	1 1/2"	0,041	33,63029582	173,7210	5890,216883
	SALIDA DEL DISTRIBUIDOR	1,625	1,950	1 1/2"	0,041	33,63029582	58,2649	1975,540078
	SALIDA DEL DISTRIBUIDOR	0,320	0,384	1 1/2"	0,041	33,63029582	11,4737	389,0294306
SECCIÓN A2	ENTRADA BANCO REDUCTOR	0,400	0,480	1 1/2"	0,041	33,63029582	14,3421	486,2867883
	BANCO REDUCTOR	0,710	0,852	1 1/2"	0,041	33,63029582	25,4573	863,1590492
	BANCO REDUCTOR	0,710	0,852	2	0,041	44,81919456	45,1748	1149,686854
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,400	0,480	2	0,041	44,81919456	25,4506	647,7109037
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,320	0,384	2	0,052	27,27545924	5,6420	143,5866843
SECCIÓN A3	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	1,680	2,016	2	0,052	27,27545924	29,6203	753,8300926
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,800	0,960	2	0,052	27,27545924	14,1049	358,9667107
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	3,000	3,600	2	0,052	27,27545924	52,8935	1346,125165
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,500	0,600	2	0,052	27,27545924	8,8156	224,3541942
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	11,800	14,160	2	0,052	27,27545924	208,0477	5294,758984
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,800	0,960	2	0,052	27,27545924	14,1049	358,9667107
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,500	0,600	2	0,052	27,27545924	8,8156	224,3541942
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	3,000	3,600	2	0,052	27,27545924	52,8935	1346,125165
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	1,270	1,524	2	0,052	27,27545924	22,3916	569,8596533
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,100	0,120	2	0,052	27,27545924	1,7631	44,87083884
<b>Nota:</b>		PERTENECE A TUBERIAS PRINCIPALES					<b>772,9770</b>	<b>22067,42838</b>

**Tabla 3.7** Cálculo pérdidas por fricción y presión en casa de máquinas.

Elaborado por: Autores

### 3.3.5. Resultados de pérdidas por presión del sistema propuesto.

SECCIÓN	PÉRDIDAS DE PRESIÓN		
	PAS	PSI	BAR
CASA DE MAQUINAS	22067,428	3,310	0,228
QUIRÓFANOS	19964,928	2,995	0,206
SUBCENTRAL DE ESTERILIZACIÓN	27377,981	4,107	0,283
<b>TOTAL</b>	<b>69410,337</b>	<b>10,412</b>	<b>0,718</b>

**Tabla 3.8** Resultados de pérdidas por presión del sistema propuesto

Elaborado por: Autores

**Nota:** Cálculos completos anexo 3.3 al 3.18.

### 3.4. Cálculo de consumo.

El flujo máximo de vapor se obtiene mediante la ecuación 1.4 al ingreso de cada equipo de Quirófanos.

$$\dot{m} = \frac{\pi}{4} D^2 * \frac{v}{\vartheta} \quad \text{EC 1.4}$$

$$\dot{m} = 76,54 \frac{kg}{h}$$

### FLUJO MASICO SECCIÓN B - QUIRÓFANOS

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	CEDULA 40				VELOCIDAD	PRESIÓN MAX (EQUIPO)		PRESIÓN ABSOLUTA		TEMPERATUR A		VOLUMEN ESPECIFICO	FLUJO MÁSIKO	
		diámetro nominal	diámetro exterior	Espesor (mm)	diámetro Int. (m)		m/s	bar	psi(lb/plg 2)	bar	psi(lb/plg2)	°F		°C	m3/kg
SECCIÓN B2	AUTOCLAVE 1	3/4"	26,700	2,87	0,02096	25	2,500	36,25943	3,217	46,7	135,71	135,71	0,574669	55,00	121,25
	AUTOCLAVE 2	3/4"	26,700	2,87	0,02096	25	2,500	36,25943	3,217	46,7	135,71	135,71	0,574669	55,00	121,25
	AUTOCLAVE 3	3/4"	26,700	2,87	0,02096	25	2,500	36,25943	3,217	46,7	135,71	135,71	0,574669	55,00	121,25
	FUTURO AUTOCLAVE	3/4"	26,700	2,87	0,02096	26	2,569	37,25943	3,286	47,7	135,71	135,71	0,574669	55,00	121,25
													220,00	363,76	

Tabla 3.9 Datos sección B - Quirófanos.

Elaborado por: Autores

De manera análoga al procedimiento anterior el flujo máximo de mediante la ecuación 1.4 al ingreso de cada equipo de Subcentral de Esterilización.

$$\dot{m} = \frac{\pi}{4} D^2 * \frac{v}{\vartheta} \quad \text{EC 1.4}$$

$$\dot{m} = 87,29 \frac{kg}{h}$$

### 3.5. Método de comprobación del dimensionamiento de tuberías mediante el SOFTWARE SE-1® TLV. 123

Para comprobación del cálculo del diámetro de la tubería se procede a hacer uso del SOFTWARE SE-1® DE TLV

En la tabla 3.2, se encuentran los datos necesarios que deben ser ingresados para el cálculo de los diámetros del sistema de vapor, los cuales varían dependiendo el trayecto y longitud de tubería, número de accesorios, etc.

Los parámetros de cálculo son:

- Presión en la línea de vapor.[Barg]
- Temperatura del vapor (el software lo coloca automáticamente en base a las tablas de propiedades del vapor). [ °C ]
- Flujo de vapor requerido [ kg/ h ]
- Velocidad de vapor requerida [ m/s ]
- Longitud del tramo de la tubería [ m ]
- Válvulas de globo en el sistema [ u ]
- Válvulas tipo compuerta en el sistema [u]
- Válvulas check [u]
- Accesorios (codos, tees, reducciones, etc.) [u]
- Rugosidad interna de la tubería (el software pone una rugosidad estándar, pero es modificable, dependiendo el tipo de tubería).

### 3.5.1. Comprobación de la red principal

**11120 Pipe Sizing by Velocity**

---

Pipe Grade  
ANSI-Sch40

Steam Pressure	5.86	barG
Steam Temperature	164.2	C
Steam Flow Rate	548.0	kg/h
Maximum Allowable Velocity	35.00	m/s
Pipe Length	4.00	m
Obstructed Flow Valves (eg. Globe) (Qt'y)	0	
Through Flow Valves (eg. Gate) (Qt'y)	0	
Check Valves (Qt'y)	0	
Elbows (Qt'y)	0	
Roughness of Interior Pipe Wall	0.045	mm

TLV

---

Enter

SI

Pipe Size	(1 1/2")
Pipe Inner Diameter	40.9 mm
Velocity	32.15 m/s
Pressure Loss	3.8 kPa
Reynolds Number	333894
Equivalent Length of Straight Pipe	4.00 m

**Figura 3.3** Cálculo del diámetro para red principal mediante software TLV

Elaborado por: Autores

### 3.5.2. Comprobación de la red secundaria

11120 Pipe Sizing by Velocity

---

Pipe Grade  
ANSI-Sch40

Steam Pressure	3.93	barG
Steam Temperature	148.9	C
Steam Flow Rate	55.0	kg/h
Maximum Allowable Velocity	25.00	m/s
Pipe Length	0.01	m
Obstructed Flow Valves (eg. Globe) (Qt'y)	0	
Through Flow Valves (eg. Gate) (Qt'y)	0	
Check Valves (Qt'y)	0	
Elbows (Qt'y)	0	
Roughness of Interior Pipe Wall	0.045	mm

**TLV**

---

Enter

SI

Pipe Size	(3/4")
Pipe Inner Diameter	20.9 mm
Velocity	16.87 m/s
Pressure Loss	0.0 kPa
Reynolds Number	67042.3
Equivalent Length of Straight Pipe	0.01 m

**Figura 3.4** Cálculo del diámetro para red secundario mediante software TLV.

Elaborado por: Autores

### 3.6. Red de retorno de condensado

Se procede al cálculo de carga de condensado generado en el sistema actual.

En toda la red se tiene una carga de condensado de **59.17 kg/h**.

CONDENSADO		
	Kg/h	lb/h
CASA DE MAQUINAS	28,2411	62,13043
QUIROFANOS	13,6433	30,01532
SUBCENTRAL DE ESTERILIZACION	17,2941	38,04708
<b>TOTAL</b>	<b>59,17856</b>	<b>130,1928</b>

**Nota:** Valores obtenidos del anexo 2.22 al 2.24

**Tabla 3.10** Resumen cargas de condensado.

Elaborado por: Autores

#### 3.6.1. Dimensionamiento de la Red de retorno de condensado

Condiciones de diseño de la red de retorno de condensado:

- Dimensionamiento de la pierna colectora, la misma que estará ubicada al final del tramo principal de cada sección.
- Carga de condensado que se genera en las red de vapor tanto como principales y secundarias en cada una de las secciones A, B, y C que se encuentran en la actualidad, proceder a realizar la nueva carga de condensado del sistema propuesto.

### 3.6.2. Dimensionamiento de la pierna colectora para las líneas principales de distribución.

Se realiza el dimensionamiento para las tuberías principales según su ubicación, en la tabla 1.8, se obtiene las medidas recomendadas.

UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN	TUBERÍA CEDULA 40		DIÁMETRO DE LA PERNA		LONGITUD MÍNIMA DE LA PERNA
		diámetro nominal (plg)	diámetro nominal (mm)	(plg)	(mm)	(mm)
SECCIÓN A3	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	2	50	2	50	100
SECCIÓN B1	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2	40	1 1/2	40	100
SECCIÓN C3	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2	40	1 1/2	40	100

**Tabla 3.11** Dimensiones de la pierna colectora para las líneas principales de distribución según su ubicación.

Elaborado por: Autores

### 3.6.3. Cálculo de la Carga de condensado

La tabla 3.12 muestra el cálculo de carga de condensado por hora que debe manejar la pierna colectora y el diagrama está en el anexo 3.2.

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	CEDULA 40	LONGITUD DE TUBERÍA	TEMP. VAPOR	TEMP. AMBIENTE	Factor global de transferencia de calor [W/m <sup>2</sup> -k].	PRESIÓN ABSOLUTA	entalpia a la Presión de generación del vapor	calor total cedido	Porcentaje de reducción y eficiencia del aislamiento %	carga de condensado
PLANO		diámetro nominal (plg)	m	°C	°C	U	bar	hfg (Kw.h/kg)	Q (KW)	%	Cc (Kg/H)
SECCIÓN A3	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	2,00	11,80	150,64	23,00	24,82	70,40	0,76	7,08	93,56	0,96
SECCIÓN B1	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	0,39	148,93	21,00	24,82	67,40	0,76	0,19	93,56	1,09
SECCIÓN C3	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	4,30	135,71	21,00	24,82	46,40	0,76	1,86	93,56	0,58

**Tabla 3.12** Cálculo de la Carga de Condensado en Tuberías Principales

Elaborado por: Autores

### 3.7. Selección de las trampas de vapor para las líneas principales

La selección de trampas de vapor se realiza en base a recomendaciones de software en el manejo sistemas de generación y distribución de vapor, ARMSTRONG recomienda el uso de diversas trampas de acuerdo a una clasificación que involucra diversos aspectos que intervienen en el desempeño de un sistema particular, a continuación se muestra de la información presente en el manual del fabricante.

Aplicación	1era Opción	2da Opción	Factor de Seguridad
<b>Cabezal de la Caldera</b>	IBLV	F&T	1.5
(Sobrecalentado)	IBCV – Pulido	Wafer	Carga al Arranque
<b>Tuberías Principales de Vapor &amp; Ramales de las Tuberías</b> (Sin Congelamiento)	IB (CV si la presión varía)	F&T	2; 3 si estaría al final de la tubería, antes de la válvula, o en un ramal
(Congelamiento)	IB	Termostática o Disco	(Mismo que arriba)

**Figura 3.5** Extracto del anexo 1.11 para la selección de trampas de vapor

Elaborado por: Autores

La selección de trampas se lo realiza considerando:

- La presión de entrada
- La presión diferencial.
- Carga de condensado.

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	PRESION DE ENTRADA	CONTRAPRESION	PRESION DIFERENCIAL	CARGA DE CONDENSADO	FACTOR DE SEGURIDAD	CARGA DE CONDENSADO	TIPO DE TRAMPA	MODELO	POM	TAMAÑO DEL ORIFICO DE DESCARGA	CONEXIÓN
PLANO		Bar g	$\Delta P$ (Bar)	Bar g	Kg/h		Kg/h			Bar g	#	
SECCIÓN A3	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	4,14	0,05	4,09	14,907	3	44,7205	balde invertido	800	10,3	38	1/2"
SECCIÓN B1	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	3,93	0,04	3,89	16,925	3	50,7764	balde invertido	800	10,3	38	1/2"
SECCIÓN C3	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	2,48	0,68	1,80	9,006	3	27,01863	balde invertido	800	10,3	38	1/2"

**Tabla 3.13** Selección de trampas de las líneas principales.

Elaborado por: Autores

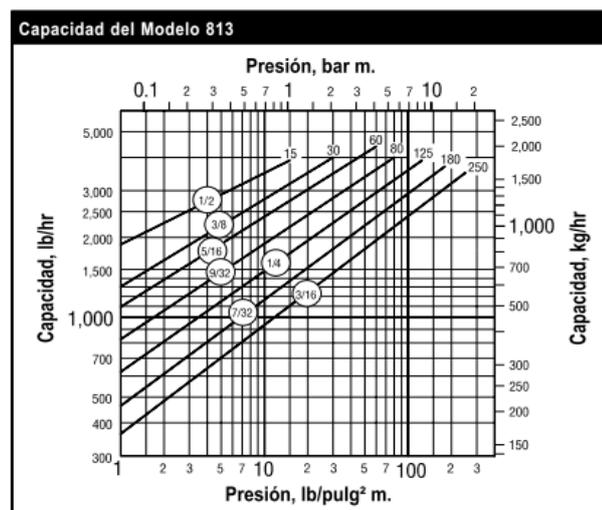
Resultado del software Armstrong, ingresando los datos de la tabla 3.13:



**Figura 3.6** Especificaciones según software Armstrong

Elaborado por: Autores

Trampa de vapor de balde invertido, de clase 800, ver anexo 1.9 escoger el tamaño del orificio, siendo los más comerciales el de 3/16 y 5/32, tomar en cuenta que la presión de descarga correspondiente al tamaño del orificio sea menor que la de entrada o línea principal, menor a 4,14 Barg (60 Psig), donde se elige la trampa de vapor modelo 813 con un orificio de 5/16, a una presión de 60 psi (ver figura 3.6)



**Figura 3.7** Extracto del anexo 1.9 Trampas de vapor de balde invertido clase 800 a 813

Elaborado por: Autores

### 3.8. Rediseño del Banco de reductor de presión Casa de Máquinas.

Para el sistema reductor de presión de la sección A casa de máquinas se procede al dimensionamiento de todos sus accesorios de control.

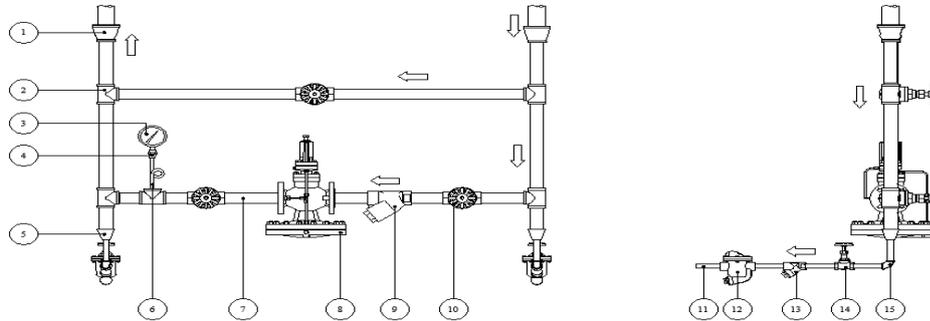


Figura 3.8 Extracto del plano 10.8908864/8908647.03.06

Elaborado por: Autores

Parte	Componente	Función
8.	Reguladora de presión	Para reducir la presión de suministro a la presión de trabajo
10,14	Válvula de globo	Una válvula de globo como elemento de bypass, la cual por su diseño interno permite que regule presión, no como una reductora que lo hará con mayor eficiencia pero sí como emergencia.
9,13	Filtro	Para evitar la entrada de suciedad en la válvula reductora
16	Válvula de seguridad	para proteger los equipos de una sobrepresión
12	Trampa balde invertido	Para descargar el condensado.
3	Manómetro	Para monitorear la presión a la salida de la reguladora de presión.

Tabla 3.14 Componentes del banco reductor

Elaborado por: Autores

#### 3.8.1. Parámetros de selección reguladora de presión de casa de máquinas

Para seleccionar la reguladora de presión, se obtiene los siguientes datos de la tabla 3.2:

Datos:	Valores
Flujo de vapor:	548 Kg/hora
Presión antes de la regulación:	5,861 Barg (5,97554 kg/cm <sup>2</sup> )
Presión después de la regulación:	4,137 Barg (4,21143 kg/cm <sup>2</sup> )

Tabla 3.15 parámetros de selección reguladora de presión

Elaborado por: Autores

Con los datos indicados se procede a la tabla de rangos de operación del anexo 1.8

Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	½" S*	½"	¾"	1"	1¼"	1½"	2"
1,1	0,7	14	43	79	130	173	245	437
	0,35	20	61	114	184	243	354	616
	0-0,21	23	70	131	211	281	400	700
1,4	0,8	18	54	104	168	224	319	557
	0,6	23	70	132	214	284	406	706
	0-0,35	28	82	152	246	328	469	816
1,8	1,1	23	66	125	198	263	379	666
	0,7	30	89	164	263	352	499	886
	0-0,5	32	93	177	282	374	535	937
2,1	1,4	23	70	132	214	284	406	714
	1,1	34	100	188	303	404	576	1006
	0-0,8	36	104	194	313	419	597	1047
2,8	2,1	23	70	150	243	323	461	806
	1,8	39	113	213	345	458	653	1147
	0-1,3	43	127	239	385	513	733	1287
3,5	2,8	30	86	161	261	349	499	877
	2,1	48	143	266	431	572	826	1447
	0-1,5	52	159	295	476	635	907	1587
4,2	3,2	43	127	239	396	515	735	1287
	2,5	57	163	304	490	653	934	1637
	0-1,9	59	175	329	531	708	1010	1767
5,3	4,2	43	127	238	286	515	735	1287
	3,5	64	188	352	567	758	1080	1897
	0-2,5	70	213	400	645	858	1225	2147
6,0	4,9	45	132	245	395	526	753	1317
	3,5	75	222	415	671	896	1279	2237
	0-3,0	77	234	435	703	937	1339	2347

**Figura 3.9** Extracto del anexo 1.8 para la selección de una reguladora de presión

Elaborado por: Autores

Por lo tanto se obtiene:

- Válvula reguladora de presión: serie 25 P (Ver especificaciones en anexo 1.8)
- Diámetro: 1 ½ plg, roscada
- Cant. 1

### 3.8.2. Parámetros de selección válvula de globo como elemento de by-pass,

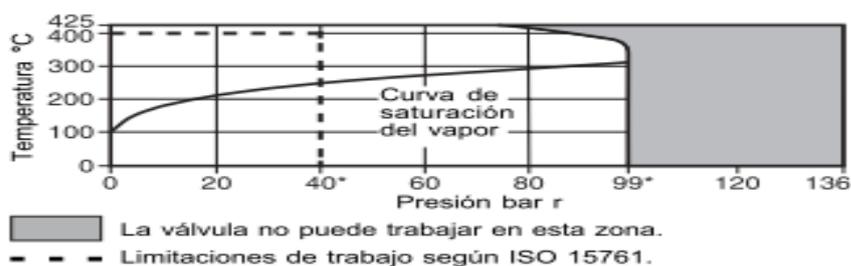
Para seleccionar la válvula de globo, se obtiene los siguientes datos de la tabla 3.2:

Datos:	Valores
	Válvula de by-pass
Presión de trabajo:	5,861 Barg
Temperatura de trabajo:	162,17 °C

**Tabla 3.16** Parámetros de selección válvula de globo como elemento de by-pass,

Elaborado por: Autores

Con los datos indicados se procede a la tabla de rangos de operación del anexo 1.12:



**Figura 3.10** Selección válvula de globo.

Elaborado por: Autores

Por lo tanto se obtiene:

Válvula de globo Tipo: A3S, Roscada (Ver especificaciones anexo 1.12)

Diámetro: 1 ½ plg

Cantidad: 3

### 3.8.3. Parámetros de selección filtro de vapor

Para seleccionar el filtro de vapor, se obtiene los siguientes datos de la tabla 3.2:

Datos:	Valores
Presión de trabajo:	5,861 Barg
Temperatura de trabajo:	162,17 °C

**Tabla 3.17** Parámetros de selección filtro

Elaborado por: Autores

Por lo tanto se obtiene:

Filtro en fundición nodular. (Ver especificaciones anexo 1.15)

Diámetro: 1 ½ plg

Cantidad: 1

### 3.8.4. Parámetros de selección Válvula de seguridad

Para seleccionar la válvula de seguridad o de alivio, se obtiene los siguientes datos de la tabla 3.2:

Datos:	Valores
Flujo de vapor:	548 Kg/hora
Presión después de la regulación:	4,137 Barg (4,21143 kg/cm <sup>2</sup> )

**Tabla 3.18** Parámetros de selección Válvula de seguridad

Elaborado por: Autores

Válvula reguladora de presión SPIRAX SARCO SV615 de 1 ½ " roscado NPT ver anexo 1.8.

### 3.8.5. Selección de trampa de vapor de Balde invertido

Parámetros de selección de trampa de balde invertido:

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	PRESION DE ENTRADA	CONTRAPRESION	PRESION DIFERENCIAL	CARGA DE CONDENSADO	FACTOR DE SEGURIDAD	CARGA DE CONDENSADO	TIPO DE TRAMPA	MODELO	POM	TAMAÑO DEL ORIFICIO CODE DESCARGA	CONEXIÓN
PLANO		Bar g	ΔP (Bar)	Bar g			Kg/h			Bar g	plg	
SECCIÓN A3	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	5,86	0,03	5,83	5,43	3,000	16,30	balde invertido	800,00	10,3	38	1/2"

**Tabla 3.19** Parámetros selección de trampa para el banco reductor de presión sección A

Elaborado por: Autores

Resultado del software Armstrong, ingresando los datos de la tabla 3.9:



**Figura 3.11** Especificaciones según software Armstrong

Elaborado por: Autores

Trampa de vapor de balde invertido, de clase 800, ver anexo 1.9 escoger el tamaño del orificio, siendo los más comerciales el de 3/16 y 5/32, tomar en cuenta que la presión de descarga correspondiente al tamaño del orificio sea menor que la de entrada o línea principal, menor a 5,86 Barg (80 Psig), donde se elige la trampa de vapor modelo 811 con un orificio de 5/32, a una presión de 70 psi (ver figura 3.11)

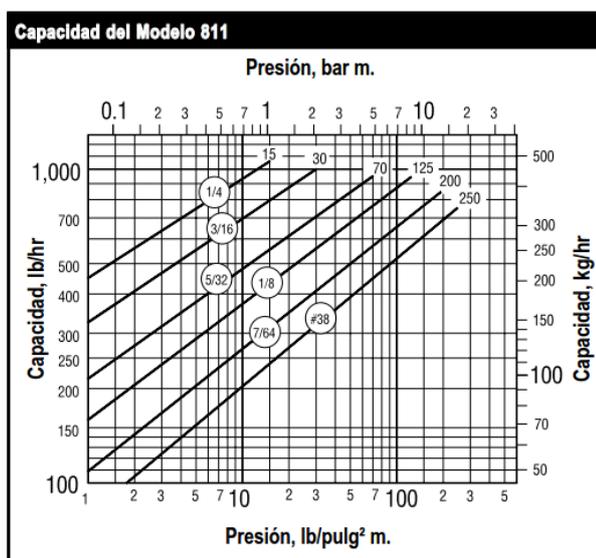


Figura 3.12 Extracto del anexo 1,12 Trampas de vapor de balde invertido clase 800 a 813

Elaborado por: Autores

### 3.8.6. Accesorios para el sistema de regulación de vapor de casa de máquinas

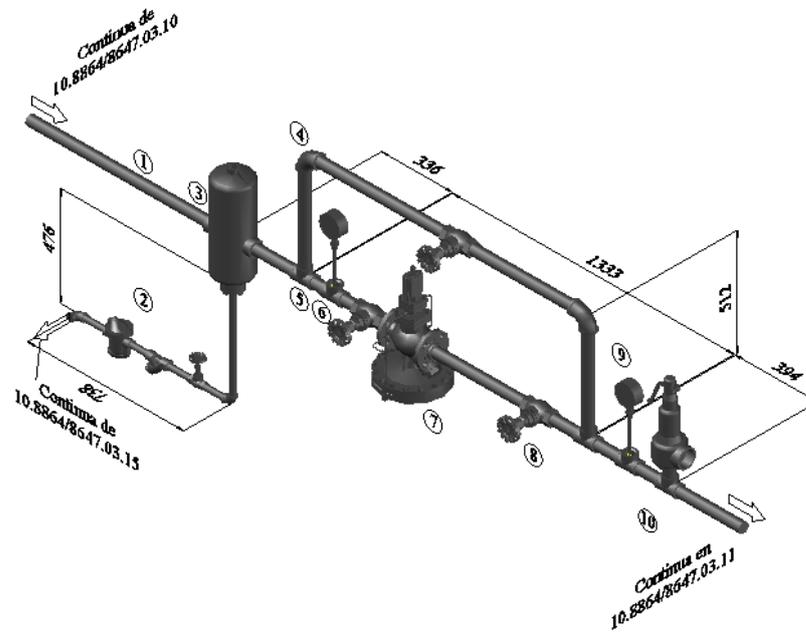
ITEM	PARTE	COMPONENTE	CANT.	SELECCIÓN DEL PRODUCTO	OBSERVACIÓN
1	8	Válvula Reductora de Presión	1	válvula reguladora de presión: serie 25P , 1 ½ plg, roscada , (o su equivalente)	
2	10	Válvula de Globo	3	Tipo: A3S, Roscada, Diámetro: 1 ½ plg	
3	14	Válvula de Globo	1	Tipo: A3S, Roscada , (o su equivalente) Diámetro: ½ plg	
4	9	Filtro	1	Filtro en fundición nodular fig. 12 Diámetro: 1 ½ plg	
5	13	Filtro	1	Filtro en fundición nodular fig. 12, (o su equivalente)	
6	16	Válvula de Seguridad	1	válvula reguladora de presión SV615 de 1 ½ " roscado NPT	
7	12	Trampa de balde	1	rampa de balde invertido modelo 811, oficio 5/32, (o su equivalente)	
8	3,..	Manómetro	2	manómetro de caratula 4plg., rango de 0-10 bar, 3/8 NPT	VER ANEXO 1.21
9	6	Válvula de retención	1	Válvula de retención LCV 1 de 1/2" roscada NPT, (o su equivalente)	VER ANEXO 1.17

Tabla 3.20 Resultado de accesorios en el banco reductor de casa de máquinas.

Elaborado por: Autores

### 3.8.7. Rediseño del Banco de reductor de presión Subcentral de Esterilización.

Para el sistema reductor de presión de la sección C, Subcentral de Esterilización se procede al dimensionamiento de todos sus accesorios de control de forma similar al de casa de máquinas, con los siguientes parámetros:



**Figura 3.13** Extracto del plano 10.8908864/8908647.03.11

Elaborado por: Autores

Obteniendo análogamente los datos que se muestran en la tabla 3.21:

ITEM	PARTE	COMPONENTE	CANT.	PARÁMETROS DE SELECCIÓN	SELECCIÓN DEL PRODUCTO	OBSERVACIÓN
1	xx	Separador de gotas	1	Flujo de vapor: 220 Kg/hora Presión antes de la regulación: 4,137 Barg (4,22g/cm2) Velocidad del vapor: 32 m/s	Separador S12-DN32 de 1 1/2" roscado NPT, (o su equivalente)	
2	8	Válvula Reductora de Presión	1	Flujo de vapor: 220Kg/hora Presión antes de la regulación: 4,137 Bar g (4,22 kg/cm2) Presión después de la regulación: 3,447 Bar g (3,51 kg/cm2)	válvula reguladora de presión: serie 25P , 3/4 plg roscada, (o su equivalente)	
3	10	Válvula de globo	3	Presión de trabajo: 4,137 Barg Temperatura de trabajo: 150,64 °C	Tip: A3S, Roscada, (o su equivalente) Diámetro: 1 1/2 plg	
4	14	Válvula de globo	1	Presión de trabajo: 4,137 Barg Temperatura de trabajo: 150,64 °C	Tip: A3S, Roscada, Diámetro: 1/2 plg	
5	9	Filtro	1	Presión de trabajo: 4,137 Barg Temperatura de trabajo: 150,64 °C	Filtro en fundición nodular fig 12, (o su equivalente) Diámetro: 1 1/2 plg	
6	13	Filtro	1	Presión de trabajo: 4,137 Barg Temperatura de trabajo: 150,64 °C	Filtro en fundición nodular fig.12 Diámetro: 1/2 plg	
7	16	Válvula de Seguridad	1	Flujo de vapor: 220 Kg/hora Presión antes de la regulación: 4,137 Barg (4,22g/cm2)	válvula reguladora de presión SV615 de 1 1/2" roscado NPT, (o su equivalente)	
8	12	Trampa de balde	1	Presión diferencial: 4,137 Barg Carga de condensado: 0,50 Kg/hora Factor de seguridad: 3 Nueva Carga de condensado: 1,50 Kg/hora	Trampa de balde invertido modelo 813, rango 60, orificio 5/32, (o su equivalente)	
9	3...	Manómetro	2	rango de 0-10 bar	manómetro de caratula 4plg, rango de 0-10 bar, 3/8 NPT	VER ANEXO 1.21
10	6	Válvula de retención	1	Presión de trabajo: 4,137 Barg Temperatura de trabajo: 150,64 °C	Válvula de retención LCV I de 1/2" roscada NPT, (o su equivalente)	VER ANEXO 1.17

**Tabla 3.21** Resultado de accesorios en el banco reductor de subcentral de esterilización

Elaborado por: Autores

### 3.8.7.1. Componentes y accesorios para la línea principal de la sección B quirófanos

En la línea principal de quirófanos se dimensiona los siguientes componentes de forma similar a la sección de casa de máquinas, con los siguientes parámetros:

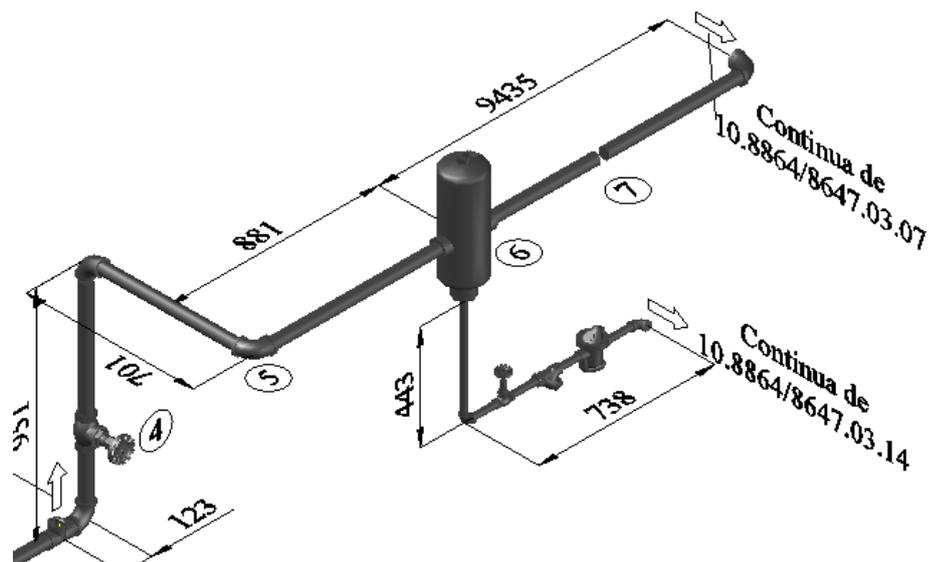


Figura 3.14 Extracto del plano 10.8908864/8908647.03.08

Elaborado por: Autores

Obteniendo análogamente los datos que se muestran en la tabla 3.22:

ITEM	PARTE	COMPONENTE	CANT.	PARÁMETROS DE SELECCIÓN	SELECCIÓN DEL PRODUCTO	OBSERVACIÓN
1	6	Separador de gotas	1	Flujo de vapor: 220 Kg/hora Presión de trabajo: 4,137 Barg (4,22g/cm <sup>2</sup> ) Velocidad del vapor: 32 m/s	Separador S12-DN32 de 1 ½" roscado NPT, (o su equivalente)	
2	4	Válvula de globo	1	Presión de trabajo: 4,137 Barg Temperatura de trabajo: 150,64 °C	Tipo: A3S, Roscada, Diámetro: ½ plg	
3	3	Filtro	1	Presión de trabajo: 4,137 Barg Temperatura de trabajo: 150,64 °C	Filtro en fundición nodular fig 12, (o su equivalente) Diámetro: 1 ½ plg	
4	8	Trampa de balde	1	Presión diferencial: 4,137 Barg Carga de condensado: 0,50 Kg/hora Factor de seguridad: 3	Trampa de balde invertido modelo 813, rango 60, orificio 5/32, (o su equivalente)	
5	9	Manómetro	2	rango de 0-10 bar	manómetro de caratula 4plg., rango de 0-10 bar, 3/8 NPT	VER ANEXO 1.21
6	10	Válvula de retención	1	Presión de trabajo: 4,137 Barg Temperatura de trabajo: 150,64 °C	Válvula de retención LCV 1 de 1/2" roscada NPT, (o su equivalente)	VER ANEXO 1.17

Tabla 3.22 Componentes y accesorios para la línea principal de la sección B quirófanos

Elaborado por: Autores

### 3.9. Diseño de la tubería de retorno de condensado.

Para el diseño se debe conocer:

- Pérdidas de presión de la red de retorno.
- Porcentaje de vapor flash generado por las descargas de trampas de vapor.
- Cantidad de vapor flash relacionado con la carga de condensado.

#### 3.9.1. Pérdidas de presión de la red de retorno.

Se lo realiza de manera similar al dimensionamiento y selección de tubería red principal de vapor, obteniendo la tabla 3.23:

REFERENCIA	LONGITUD DE TUBERÍA		CEDULA 40		PRESIÓN MANOMÉTRICA		PRESIÓN ABSOLUTA	TEMPERATURA	FLUJO MÁSCO (CONDEN)	VOLUMEN ESPECIFICO	VELOCIDAD	REDISEÑO VELOCIDAD	REDISEÑO DIAMETRO	VISCOSIDAD CINEMÁTICA	NUMERO DE REYNOLDS REDISEÑO	Rugosidad Rediseño	f De Rediseño	DENSIDAD	PERDIDAS POR FRICCION	PERDIDAS DE PRESION
PLANO	m	Long.C corregida (+20%)	Ø nominal (pulg)	Ø Int. (m)	bar	bar	°C	kg/h	m3/kg	m/s	m/s	diámetro Int. (mm)	m2/s	ADIMENSIONAL	(E)(mm)	ADIMENSIONAL	kg/m³	m	BAR	
SECCIÓN A	3,00	3,60	1"	0,03	5,86	6,58	162,17	166,44	0,29	25,00	24,12	26,17	4,19E-06	153333,78	0,045	0,024	3,46	96,04	0,03	
	4,36	5,23	1"	0,03	4,14	4,85	150,64	92,27	0,39	25,00	17,82	22,49	5,43E-06	87458,16	0,045	0,025	2,59	78,56	0,02	
SECCIÓN B	24,83	29,79	1/2"	0,02	3,93	4,65	148,93	39,35	0,41	25,00	22,73	15,03	4,19E-06	85476,02	0,045	0,028	2,49	1379,24	0,35	
		0,00																		
SECCIÓN C	14,98	17,98	3/4"	0,02	3,28	4,00	150,64	52,92	0,46	25,00	19,70	18,61	5,43E-06	76060,83	0,045	0,026	2,59	443,85	0,12	
	15,25	18,30	3/4"	0,02	2,48	3,20	135,71	52,92	0,58	25,00	24,65	20,81	6,19E-06	83494,73	0,045	0,026	2,25	703,39	0,16	
																			TOTAL	0,68

Tabla 3.23 Pérdidas de presión de la red de retorno del sistema propuesto

Elaborado por: Autores

#### 3.9.2. Cálculo de porcentaje de vapor flash

$$\%vapor\ flash = \frac{q_1 - q_2}{r} \times 100 \ [ \% ] \quad EC\ 1.1$$

Dónde:

$q_1$ : Calor sensible en el condensado a la mayor presión antes de la descarga a 5,86 barg (693,95KJ/kgv)

$q_2$ : Calor sensible en el condensado a menor presión a la que se lleva a cabo de la descarga 0,68 barg (482,67 KJ/kgv)

$r$ : Calor latente en el vapor a la menor presión a la que el condensado se ha descargado 0,68 barg (2215,96 KJ/kgv)

$$\%vapor\ flash = 9,53 \ [ \% ]$$

### 3.9.3. Cálculo flujo vapor flash

$$\text{cantidad vapor flash} = \dot{m}_{TOTAL} * \%vapor\ flash$$

CONDENSADO						
	sin aislamiento		calor total cedido	con aislamiento		calor total cedido
	Kg/h	lb/h	Q (KW)	Kg/h	lb/h	Q (KW)
CASA DE MAQUINAS	24,80	54,56	18,94	1,60	3,51	1,22
QUIRÓFANOS	13,12	28,85	10,00	0,84	1,86	0,64
SUBCENTRAL DE ESTERILIZACIÓN	17,64	38,82	13,39	1,14	2,50	0,86
<b>TOTAL</b>	<b>55,56</b>	<b>122,23</b>	<b>42,33</b>	<b>3,58</b>	<b>7,87</b>	<b>2,73</b>

Tabla 3.24 Cargas de condensado del sistema propuesto

Elaborado por: Autores

$$\dot{m}_{TOTAL} = \dot{m} * Fs$$

( $Fs=3$  es el factor de seguridad para líneas principales y por cargas de precalentamiento)

La composición másica se deduce inmediatamente del porcentaje de vapor flash producido:

$$\text{cantidad vapor flash} = 166,44 \frac{kg}{h} * 9,53 [\%]$$

$$\text{cantidad vapor flash} = 15,86 \frac{kg}{h}$$

### 3.9.4. Comprobación con el software TLV del flujo de vapor flash

Condensate Pressure	5.86	barG
Condensate Load	166.0	kg/h
Recovery Line Pressure	0.68	barG

Enter
SI

Flash Steam Flow Rate	15.8	kg/h
Flash Steam Ratio	9.53	%

Ff=Fc\*(Ew-Es)/r

Ff :Amount of flash steam (kg/h)  
Fc :Condensate rate (kg/h)  
Ew :Sensible heat of recovered condensate (kJ/kg)  
Es :Specific enthalpy of flash steam (kJ/kg)  
r :Latent heat of flash steam (kJ/kg)

Figura 3.15 Cálculo del vapor flash retorno de condensado software TLV

Elaborado por: Autores

Las tuberías de retorno de condensado deben diseñarse para que tengan una velocidad de 25 m/s como máximo con tubería cedula 40, en el anexo 1.6 se puede obtener el diámetro para la tubería de condensado.

Tamaño de Tubería		Presión de Alimentación = 690 kPa Presión de Retorno = 0 kPa		
		15	60	240
mm	in			
15	1/2	14	29	61
20	3/4	29	61	133
25	1	54	119	248

**Figura 3.16** Extracto del anexo 1.6, diámetro para la tubería de condensado

Elaborado por: Autores

### 3.9.5. Comprobación con el software TLV del diámetro de la red de retorno

Steam Pressure	85.0	psig	▼	Pipe Size	(1")
Steam Temperature	162.2	C	▼	Pipe Inner Diameter	26.6 mm ▼
Steam Flow Rate	166.4	kg/h	▼	Velocity	23.08 m/s ▼
Maximum Allowable Velocity	25.00	m/s	▼	Pressure Loss	0.64 bar ▼
Pipe Length	74.91	m	▼	Reynolds Number	157130
Obstructed Flow Valves (eg. Globe) (Qt'y)	0			Equivalent Length of Straight Pipe	74.91 m ▼
Through Flow Valves (eg. Gate) (Qt'y)	0				
Check Valves (Qt'y)	0				
Elbows (Qt'y)	0				
Roughness of Interior Pipe Wall	0.045	mm	▼		

$$d = (Fs \cdot v'' / Vs \cdot 4 / \pi)^{0.5}$$

$$dP = f \cdot Lp \cdot Vs^2 / (2 \cdot d \cdot v'')$$

$$RN = Vs \cdot d / \text{Vis}$$

**Figura 3.17** Cálculo del diámetro de la red retorno de condensado software TLV

Elaborado por: Autores

Obteniendo una tubería de cédula 40 con un diámetro nominal de 1plg.

### 3.10. Aislamiento térmico de las tuberías

Para poder determinar los espesores que deben poseer las cañuelas, aislando térmicamente la tubería, se emplea el anexo 3.1, con los datos de la tabla 3.25:

Datos:	Valores
Sección B1	
Temperatura de trabajo:	148,93 °C
Ø nominal:	1 1/2plg

**Tabla 3.25** Parámetros de selección de aislamiento térmico

Elaborado por: Autores

El rango escogido es de 100 a 150 °C, por lo que se busca para este rango el espesor para una tubería de 1 1/2" (mm).

TEMPERATURA (°C)	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
DIÁMETRO TUBERÍA	ESPESORES DE AISLAMIENTO (plg.)									
½"	1	1	1	1 ½	1 ½	1 ½	2	2 ½	2 ½	3
¾"	1	1	1	1 ½	1 ½	1 ½	2	2 ½	2 ½	3
1"	1	1	1 ½	1 ½	2	2	2 ½	3	3	3 ½
1 ¼"	1	1	1 ½	2	2	2 ½	2 ½	3	3	3 ½
1 ½"	1	1	1 ½	2	2	2 ½	2 ½	3	3	3 ½
2"	1	1 ½	1 ½	2	2	2 ½	3	3	3 ½	4

**Figura 3.18** Selección del espesor del aislamiento térmico

Los parámetros principales de este aislamiento térmico son:

<b>Diámetro de cañuela:</b>	de acuerdo al diámetro
<b>Aplicación:</b>	tubería para vapor y retorno de condensado
<b>Tipo de cañuela:</b>	Fibra de vidrio
<b>Pérdida calórica con tubería aislada:</b>	0,034 W/m°C
<b>Porcentaje de reducción y eficiencia:</b>	93,56%
<b>Densidad:</b>	30-160 kg/m³, según norma EN 13162

**Tabla 3.26** Especificaciones cañuela lana de vidrio.

### 3.11. Juntas de expansión térmicas

Como se mencionó, la expansión térmica de la tubería es un factor muy importante dentro del diseño de la red de vapor. Sin embargo, por la disposición y lo corto que resultan ser las tuberías, no se colocarán dispositivos de juntas térmicas de ningún tipo, ya que se podrán manejar las dilataciones que se causen; siendo los cambios de dirección de las tuberías los que logren absorber los aumentos de longitud que se provoquen.

### 3.12. Resultados obtenidos

- Durante el cálculo se comprobó que mientras más baja sea la presión del vapor, mayor tamaño de tubería se requerirá debido al incremento que sufre el volumen específico.
- Debido a las altas velocidades que acompañan a toda caída de presión, el vapor erosionará más fácilmente las tuberías especialmente en los codos y en los cambios de dirección.
- El vapor que fluye en una tubería a altas velocidades puede producir ruidos excesivamente elevados.
- Los diámetros de tuberías inadecuados dentro del sistema actual, han sido remplazados por diámetros de tuberías adecuados.
- Las pérdida de presión se reducen de 0,956 bar obtenidas en el levantamiento a 0,718 bar en el rediseño puesto que los cálculos se realizan con una rugosidad de 0,045mm, por ser una tubería de cédula 40 totalmente nueva.
- Tomar en cuenta que el flujo másico actual es de 411 kg/h (ver nota capítulo 2, subtema 2.5) y el flujo másico de rediseño es 548 kg/h puesto que en quirófanos y subcentral de esterilización se prevé aumentar un equipó respectivamente justificando el planteamiento del problema del presente proyecto.
- El aislamiento térmico seleccionado tiene una eficiencia del 93,56; debido a esto las cargas de condensado del sistema se reducen significativamente de 55,55 Kg/h (sin aislamiento) a 3,578 Kg/h (con aislamiento)

## **CAPÍTULO 4**

### **ANÁLISIS**

#### **INTRODUCCIÓN**

Para el rediseño propuesto se presenta la cotización de todas las tuberías y accesorios de instalación que deben ser implementados y otros re dimensionados para el correcto funcionamiento de la red de suministro de vapor y de la red de retorno de condensado, con el fin de aprovechar todo el vapor posible y minimizar las pérdidas.

Para la implementación se presentan costos directos donde estaría mano de obra, tuberías, etc. y los costos indirectos como es el alquiler de maquinaria.

Análisis económico de la pérdida que se tiene actualmente y el ahorro considerativo después del rediseño propuesto.

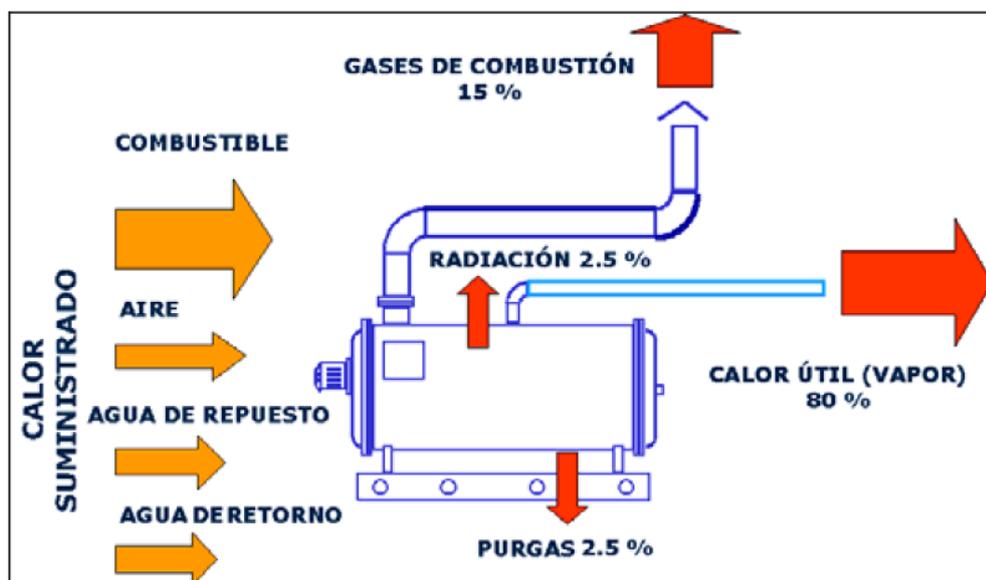
#### 4. Costo de generación de vapor.

##### 4.1. Determinación del costo de generación de vapor y costo de energía entregado

La relación entre la producción de vapor y el consumo de combustible, también conocido como índice de consumo, es necesario calcular para determinar el costo que representa generar una unidad de masa de vapor por cada unidad de masa de combustible.

Se obtiene mediante un balance de energía en flujo estable del volumen de control que ocupa el agua que ingresa al interior de la caldera y que luego será convertida en vapor.

La mayoría de las calderas son diseñadas para tener eficiencias cercanas a 80%, según lo establece la norma correspondiente; sin embargo, se encuentran trabajando entre el 65 y el 85%, mientras que la parte restante, es decir, el 35% y el 15%, respectivamente, son pérdidas. Este porcentaje de pérdida puede incrementarse cuando la operación de una caldera no es la adecuada. (Comisión nacional para el ahorro de energía CONAE, “Guía de vapor para la industria”, pág. 7)



**Figura 4.1** Diagrama de flujos de energía de una caldera

Disponible en: Comisión Nacional para el Ahorro de Energía CONAE, “Estimación de pérdidas de energía térmica”, pág. 3.

Las calderas utilizan combustible Diésel o Fuel Oíl #2. La relación entre la producción de vapor y el consumo de combustible se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\frac{\dot{m}_v}{\dot{m}_c} = P.V. = \frac{n_{cald} * P.C.}{h_v - h_a} \quad \text{Ecuación 4.1 Relación de vapor y consumo de combustible}$$

Disponible en: Reingeniería del sistema de distribución de vapor al área de lavandería y cocina del hospital Gineco Obstétrico “Isidro Ayora”, pp34

Dónde:

$\dot{m}_v$ : Flujo másico de vapor (kgv/h)

$\dot{m}_c$ : Flujo másico del combustible (kgc/h)

$P.V.$ : Producción de vapor (kgv/kgc)

$n_{cald}$ : Eficiencia de la caldera (65%)

$P.C.$ : Poder calorífico del combustible (41860 KJ/kgc)

$h_v$ : Entalpía de vapor a la presión de generación de vapor a 5,86 barg (2761,98 KJ/kgv)

$h_a$ : Entalpía del agua a la presión de generación y a la temperatura de entrada a la caldera 5,86 barg (693,954KJ/kgv)

Reemplazando los valores indicados para la ecuación 4.1 se tiene:

$$P.V. \text{ másico} = 13,16 \frac{kgv}{kgc}$$

Densidad del combustible diesel #2,  $\rho_c = 0,845 \frac{grc}{cm^3}$  (anexos 2.2)

#### ***Producción del vapor por volumen***

$$P.V. \text{ volumétrico} = \frac{13,16 \text{ kgv}}{\text{kgc}} * \frac{845 \text{ kgc}}{m^3} * \frac{1m^3}{264,17 \text{ gl}}$$

$$P.V. \text{ volumétrico} = 42,09 \frac{kgv}{gl}$$

Esto nos indica que:

- Por cada kilogramo de combustible se produce 13,56 kilogramos de vapor, o
- Por cada galón de combustible se produce 42,09 kilogramos de vapor.

Con la siguiente ecuación se calcula el costo por unidad de masa de vapor.

$$Cv = \frac{0,2646 * Cc}{P.V.masico * \rho c}$$

**Ecuación 4.2** Costo por unidad de masa de vapor

Disponible en: Reingeniería del sistema de distribución de vapor al área de lavandería y cocina del hospital Gineco Obstétrico “Isidro Ayora”, pp35

Dónde:

$Cv$ : Costo del vapor (\$/kgv)

$Cc$ : Costo del combustible (0,918717(\$/gl) (Ver anexo 4.1)

Reemplazando los valores indicados para la ecuación 3.2 se tiene:

$$Cv = 0,02186 \frac{\$}{kgv} = 21,86 \frac{\$}{Ton v}$$

Para determinar el costo de energía entregado por el combustible al vapor generado se utiliza la ecuación:

$$Cenergia = \frac{0,2646 * Cc}{PC * \rho c * n_{cald}}$$

**Ecuación 4.3** Costo de energía entregado

Disponible en: Reingeniería del sistema de distribución de vapor al área de lavandería y cocina del hospital Gineco obstétrico “Isidro ayora”, pp36

$$Cenergia = 1,0573x10^{-5} \frac{\$}{KJ}$$

El costo por unidad de energía es necesario calcular para estimar las pérdidas económicas que se generan por la transferencia de calor.

#### **4.1.1. Consumo de combustible de la caldera**

El hospital cuenta con 2 tanques reservorios de combustible, cada uno con una capacidad de almacenamiento de 6000gl.

La siguiente tabla 4.1 muestra los consumos promedios de combustible diesel #2, obtenidos durante el año 2013, en meses durante una jornada laboral de 18h por día.

DESCRIPCION	ene-13	feb-13	mar-13	abr-13	may-13	jun-13	jul-13	ago-13	sep-13	oct-13	nov-13	dic-13
Consumo mensual de combustible diesel (galones)	15777,00	15650,00	17.280,00	16.780,00	17.690,00	16.980,00	17.700,00	17.630,00	16.900,00	16.930,00	17.700,00	15.600,00
Consumo diario de combustible diesel (galones)	508,94	558,93	557,42	559,33	570,65	566,00	570,97	568,71	563,33	546,13	590,00	503,23
Consumo por hora (18h/día) de combustible diesel (galones)	28,27	31,05	30,97	31,07	31,70	31,44	31,72	31,59	31,30	30,34	32,78	27,96
<b>CONSUMO ANUAL (galones) 202617,00</b>												
<b>Promedia mensual (galones) 16884,75</b>												
<b>promedio diario (galones) 555,30</b>												
<b>promedio por hora (18h/día) en galones 30,85</b>												

**Tabla 4.1. Consumo de combustible del año 2103**

Disponible en: Coordinación de mantenimiento del HCAM

La carga media (C.M.) se encuentra al multiplicar el valor del promedio diario (P.D.), por el valor del  $P.V_{volumetrico}$

$$C.M. = P.D. * P.V_{volumétrico}$$

$$C.M. = 555,30 \frac{gl}{dia} * 42,09 \frac{kgv}{gl}$$

$$C.M. = 23372,58 \frac{kgv}{dia}$$

El costo de consumo de vapor se obtiene multiplicando el costo de producción de vapor, y la carga media (C.M.)

$$Costo\ del\ vapor = 23372,58 \frac{kgv}{dia} * 0,02186 \frac{\$}{kgv}$$

$$Costo\ del\ vapor = 510,92 \frac{\$}{dia} = 15838,66 \frac{\$}{mes}$$

#### 4.1.2. Costo del vapor del área de quirófanos y subcentral

El tiempo promedio que los equipos se encuentran en operación es:

	número de equipos	flujo másico (kg/h)	flujo másico total (kg/h)	#cargas/día	tiempo por #carga (h)	tiempo promedio h/día
SECCIÓN B (QUIRÓFANOS)	3	55	165	10	1	10
SECCIÓN C (SUBCENTRAL DE ESTERILIZACIÓN)	3	82	246	15	1	15

**Tabla 4.2 Datos promedio por #de cargas a esterilizar**

Disponible en: Secretaría de quirófanos y subcentral de esterilización del HCAM

### Cálculo del costo de vapor por secciones

De acuerdo a estos datos el consumo de vapor en Tonv/mes, es:

#### Sección B (quirófanos)

$$\dot{m}_v = 165 \frac{kg}{h} = 49,5 \frac{Ton}{mes}$$

$$\text{Costo del vapor} = 49,5 \frac{Ton}{mes} * 21,86 \frac{\$}{Ton v}$$

$$\text{Costo del vapor} = 1082,07 \frac{\$}{mes}$$

#### Sección C (subcentral de esterilización)

$$\dot{m}_v = 246 \frac{kg}{h} = 110,7 \frac{Ton}{mes}$$

$$\text{Costo del vapor} = 110,7 \frac{Ton}{mes} * 21,86 \frac{\$}{Ton v}$$

$$\text{Costo del vapor} = 2419,9 \frac{\$}{mes}$$

	flujo máximo (kg/h)	Ton/mes	\$/mes	\$/año
<b>SECCIÓN B (QUIRÓFANOS)</b>	165	49,5	1082,07	12984,84
<b>SECCIÓN C (SUBCENTRAL DE ESTERILIZACIÓN)</b>	246	110,7	2419,9	29038,8
<b>TOTAL</b>	<b>411</b>	<b>406,2</b>	<b>3501,97</b>	<b>42023,64</b>

Tabla 4.3 Consumo y costo de vapor

Elaborado por: autores

### 4.2. Pérdidas energéticas y económicas en las tuberías de conducción de vapor actual

Durante el levantamiento de la red actual, se tiene una carga de condensado de 59.17 kg/h, el mismo que es evacuado al medio ambiente,

El valor económico, se calcula utilizando el tiempo de operación neto de dicha tubería que es 18 horas y el costo económico para generar vapor analizado de  $1,0573 \times 10^{-5} \frac{\$}{KJ}$

Se obtiene:

$$P\acute{e}rdida = 45,10461 \frac{KJ}{s} * \frac{3600s}{1h} * \frac{18h}{1dia} * \frac{30dias}{mes} * 1,0573x10^{-5} \frac{\$}{KJ}$$

$$P\acute{e}rdida = 926,74 \frac{\$}{mes} * \frac{12meses}{1a\tilde{n}o} = 11120,9 \frac{\$}{a\tilde{n}o}$$

#### 4.3. P\acute{e}rdidas energ\acute{e}ticas y econ\omicron;micas en las tuber\edas de conducci\on de vapor de redise\~no

En el redise\~no se enfoc\o en la minimizaci\on de p\acute{e}rdidas en las tuber\edas de conducci\on de vapor, con un correcto sistema de retorno de condensado y la selecci\on de aislamiento t\omicron;rmico en toda la red del sistema, enfocado al crecimiento del hospital.

En el redise\~no del sistema se obtiene las siguientes cargas de condensado con y sin aislamiento.

CONDENSADO						
	sin aislamiento		calor total cedido	con aislamiento		calor total cedido
	Kg/h	lb/h	Q (KW)	Kg/h	lb/h	Q (KW)
CASA DE MAQUINAS	24,80	54,56	18,94	1,60	3,51	1,22
QUIR\OFANOS	13,12	28,85	10,00	0,84	1,86	0,64
SUBCENTRAL DE ESTERILIZACI\ON	17,64	38,82	13,39	1,14	2,50	0,86
TOTAL	<b>55,56</b>	<b>122,23</b>	<b>42,33</b>	<b>3,58</b>	<b>7,87</b>	<b>2,73</b>

Tabla 4.4 Cargas de condensado

Elaborado por: autores

Entonces se obtiene:

$$P\acute{e}rdida = 3,58 \frac{KJ}{s} * \frac{3600s}{1h} * \frac{18h}{1dia} * \frac{30dias}{mes} * 1,0573x10^{-5} \frac{\$}{KJ}$$

$$P\acute{e}rdida = 73,58 \frac{\$}{mes} * \frac{12meses}{1a\tilde{n}o} = 882,99 \frac{\$}{a\tilde{n}o}$$

Al utilizar esta informaci\on se muestra la siguiente tabla en donde se obtiene el ahorro energ\acute{e}tico y econ\omicron;mico de la instalaci\on actual en referencia al nuevo sistema propuesto.

	CALOR TOTAL PERDIDO	CONDENSADO	PÉRDIDAS	
	Q (KW)	Kg/h	\$/mes	\$/año
<b>SISTEMA ACTUAL</b>	45,10	59,18	926,74	11120,90
<b>SISTEMA PROPUESTO</b>	2,73	3,58	73,58	828,99
<b>AHORRO</b>	42,37	55,60	853,16	10291,91

**Tabla 4.5** Ahorro Energético y económico

Elaborado por: autores

	\$/mes	\$/año
COSTO DEL VAPOR	3501,97	42023,64
AHORRO ENERGÉTICO Y ECONÓMICO	853,16	10291,91
AHORRO EN COMBUSTIBLE (0,918717\$/gl)	gl/mes	gl/año
	928,64	11202,48

**Tabla 4.6** Ahorro relacionado al combustible

Elaborado por: autores

#### 4.4. Costos de rediseño

Es muy importante tener en cuenta que se presenta costos directos e indirectos.

En los costos directos se consideraría que las condiciones de rediseño no son las mismas que las instaladas, por lo que se debe hacer los cambios respectivos que se muestran en los planos de rediseño.

Los costos indirectos son los gastos de materiales para la ejecución del proyecto.

Se toma en cuenta un rubro de un 5% de la suma de los costos directos más los indirectos que compensa cualquier cambio dentro de la ejecución del proyecto

**COSTOS DIRECTOS**

ITEM	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	66	metros	CAÑUELA LANA DE VIDRIO PARA TUBERIA DE 1 1/2 PLG, ASTM 411, K= 0,035 [W/M-K]	22,00	1452,00
2	38,5	metros	CAÑUELA LANA DE VIDRIO PARA TUBERIA DE 1 PLG, ASTM 411, K= 0,035 [W/M-K]	21,00	808,50
3	33	metros	CAÑUELA LANA DE VIDRIO PARA TUBERIA DE 2 PLG, ASTM 411, K= 0,035 [W/M-K]	28,00	924,00
4	11	metros	CAÑUELA LANA DE VIDRIO PARA TUBERIA DE 1/2 PLG, ASTM 411, K= 0,035 [W/M-K]	15,00	165,00
5	60,5	metros	CAÑUELA LANA DE VIDRIO PARA TUBERIA DE 3/4 PLG, ASTM 411, K= 0,035 [W/M-K]	19,00	1149,50
6	10	u	CODOS 1/2 PLG X 90°, HN, CEDULA 40	1,30	13,00
7	18	u	CODOS 1 1/2 PLG X 90°, HN, CEDULA 40	2,80	50,40
8	5	u	CODOS 1 PLG X 90°, HN, CEDULA 40	2,35	11,75
9	5	u	CODOS 2 PLG X 90°, HN, CEDULA 40	3,10	15,50
10	20	u	CODOS 3/4 PLG X 90°, HN, CEDULA 40	1,45	29,00
11	5	u	COLA DE CHANCHO	20,00	100,00
12	3	u	FILTRO PARA VAPOR, ROSCADO, DIÁMETRO: 1 1/2 PLG	35,40	106,20
13	6	u	FILTRO PARA VAPOR, ROSCADO, DIÁMETRO: 1/2 PLG	20,30	121,80
14	5	u	MANOMETRO PRESSURE GAUGE WITH A PRESSURE RANGE OF 0 - 10 BAR AND HAVING SCREWED NPT	65,00	325,00
15	3	u	REDUCCION CONCENTRICA 1 1/2 X 1/2PLG, HN	3,00	9,00
16	5	U	REDUCCION CONCENTRICA 1 1/2 X 3/4PLG, HN	3,50	17,50
17	2	u	REDUCCION CONCENTRICA 1 1/2 X 1PLG, HN	4,00	8,00
18	5	u	REDUCCION CONCENTRICA 1 X 1/2 PLG, HN	3,10	15,50
19	2	u	REDUCCION CONCENTRICA 1 X 3/4 PLG, HN	3,50	7,00
20	5	u	REDUCCION CONCENTRICA 2 X 1 1/2 PLG, HN	6,60	33,00
21	3	u	SEPARADOR DE GOTAS , ROSCADO, 1 1/2 PLG	850,00	2550,00
22	15	u	TEE ROSCADA , 1 1/2 PLG, HN, CEDULA 40	8,90	133,50
23	3	u	TEE ROSCADA , 1/2 PLG, HN, CEDULA 40	1,60	4,80
24	3	u	TEE ROSCADA , 1 PLG, HN, CEDULA 40	2,65	7,95
25	2	u	TEE ROSCADA , 2 PLG, HN, CEDULA 40	9,50	19,00
26	2	u	TEE ROSCADA , 3/4 PLG, HN, CEDULA 40	2,10	4,20
27	7	u	TRAMPA DE VAPOR BALDE INVERTIDO, ROSCADA, DIÁMETRO: 1/2 PLG	215,00	1505,00
28	35	metros	TUBERÍA DE 1/2 PLG, CEDULA 40, ROSCADA A LOS EXTREMOS, ASTM A53 GR B	6,50	227,50
29	60	metros	TUBERÍA DE 1 1/2PLG, CEDULA 40, ROSCADA A LOS EXTREMOS, ASTM A53 GR B	16,00	960,00
30	60	metros	TUBERÍA DE 1 PLG, CEDULA 40, ROSCADA A LOS EXTREMOS, ASTM A53 GR B	12,00	720,00
31	30	metros	TUBERÍA DE 2 PLG, CEDULA 40, ROSCADA A LOS EXTREMOS, ASTM A53 GR B	21,00	630,00
32	90	metros	TUBERÍA DE 3/4 PLG, CEDULA 40, ROSCADA A LOS EXTREMOS, ASTM A53 GR B	9,00	810,00
33	2	U	UNION ROSCADA 1/2 HN	1,00	2,00
34	20	u	UNIVERSALES , 1 1/2 PLG, HN, CEDULA 40	10,50	210,00
35	10	u	UNIVERSALES , 1/2 PLG, HN, CEDULA 40	3,20	32,00
36	10	u	UNIVERSALES , 1 PLG, HN, CEDULA 40	8,10	81,00
37	6	u	UNIVERSALES , 2 PLG, HN, CEDULA 40	12,60	75,60
38	15	u	UNIVERSALES , 3/4 PLG, HN, CEDULA 40	3,80	57,00
39	5	U	VÁLVULA DE GLOBO, ROSCADA, DIÁMETRO: 1/2 PLG	200,00	1000,00
40	2	U	VÁLVULA DE GLOBO, ROSCADA, DIÁMETRO: 3/4 PLG	220,00	440,00
41	8	u	VÁLVULA DE GLOBO, ROSCADA, DIÁMETRO: 1 1/2 PLG	230,00	1840,00
42	3	u	VÁLVULA DE GLOBO, ROSCADA, DIÁMETRO: 2 PLG	280,00	840,00
43	7	u	VÁLVULA DE RETENCIÓN, ROSCADA, DIÁMETRO: 1/2 PLG	79,00	553,00
44	4	u	VALVULA DE SEGURIDDAD DE PRESION SPIRAX SARCO SV615 DE 1 1/2 " ROSCADO NPT	1150,00	4600,00
45	3	u	VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN: SERIE 25P , 1 1/2 PLG, ROSCADA	1200,00	3600,00
46	1	u	MANO DE OBRA (Incluye herramientas de campo)	5000,00	5000,00
				<b>TOTAL</b>	<b>31264,20</b>

### COSTOS INDIRECTOS

<i>ITEM</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>PRECIO UNITARIO</i>	<i>PRECIO TOTAL</i>
1	1	u	<i>MONTAJE Y DESMONTAJE DE TUBERIA (Incluye retorno de condensado)</i>	9000,00	9000,00
2	1	U	<i>ALQUILER DE NEPLERA</i>	1000,00	1000,00
3	2	u	<i>MONTAJE Y DESMONTAJE DE BANCO REDUCTOR</i>	1000,00	2000,00
				<b>TOTAL</b>	<b>12000,00</b>

### COSTO TOTAL

<i>ITEM</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>PRECIO UNITARIO</i>	<i>PRECIO TOTAL</i>
1	1	u	<i>COSTOS DIRECTOS</i>	31264,20	31264,20
2	1	u	<i>COSTOS INDIRECTOS</i>	12000,00	12000,00
3	1	u	<i>OTROS IMPREVISTOS</i>	2163,21	2163,21
				<b>TOTAL</b>	<b>45427,41</b>

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- Las tuberías que se encuentran instaladas son de acero tipo A53 y de cédula 40, y en su mayoría están deterioradas por oxidación y corrosión superficialmente.
- La tubería recomendada para sistemas de distribución de vapor, es la tubería que cumple la norma ASTM A53, GRADO B, la cual contempla entre sus propiedades la capacidad de trabajar con fluidos y gases a temperaturas relativamente elevadas
- El ahorro en el consumo de vapor en los equipos que trabajan a menor presión que la de operación de las calderas, se da mediante la instalación de un reductor de presión con el objetivo de aprovechar en un rango mayor el calor latente que contiene el vapor.
- El mejor tipo de válvulas para manejar vapor, son las válvulas tipo Globo, Con la válvula tipo globo el ingreso de vapor se lo realiza de manera lenta y controlada por la forma en que está dispuesta la estructura interna de funcionamiento la cual está diseñada y fabricada para regular, de ser el caso la presión y de alguna manera el flujo de vapor. Las válvulas utilizadas en el presente proyecto corresponden a la clase 300, según la norma ASME de fabricación de válvulas.
- El proceso de dimensionamiento de tubería puede ser realizado por medio de algunos métodos recomendados por los fabricantes, en este caso se ha utilizado el software para diseño de sistemas de vapor del fabricante TLV, el cuál de igual manera que los otros, utiliza datos del sistema como flujo de vapor, presión en el sistema, velocidad deseada en la tubería, esto de acuerdo al proceso el vapor que viaja por el sistema. Este software de se encuentra disponible en la página web del fabricante TLV de forma on-line <http://www.tlv.com/global/LA/calculator/>.
- El presente rediseño se coloca un separador de gotas en las líneas principales de suministro de vapor, tanto en el área de subcentral de esterilización como en quirófanos, debido a que en estas aéreas el vapor es usado para la

esterilización de instrumentos quirúrgicos, entonces el vapor que debe ingresar a los equipos debe ser seco.

- En la sección de casa de máquinas se le suma 82 kg/h al flujo másico porque en la bifurcación (ver plano 10.8864/8647.01.07) se distribuye a otra sección donde se encuentra instalado otro equipo con las mismas características de los equipos de subcentral de esterilización.
- Los soportes son elementos que se emplean como apoyo para la tubería o que ofrecen una restricción a su movimiento. Su construcción es, en la mayoría de los casos, a partir de acero estructural (perfiles, placas, barras, etc.) junto con secciones de la propia tubería o elementos útiles como abrazaderas, orejetas, U-Bolts, tornillos, pernos, etc.

### **Recomendaciones**

- La distribución de las tuberías de vapor se debe realizar de acuerdo a la cantidad de equipos que operan con vapor y de su ubicación. Deberá elegirse la distribución más óptima de tal modo que asegure un buen funcionamiento del sistema y no se produzcan caídas de presión significativas, evite pérdidas excesivas de calor y minimice costos de instalación
- La instalación de cada uno de los dispositivos de control se debe realizar por personal debidamente capacitado para este tipo de instalaciones de vapor, con su respectivo equipo de protección personal
- La instalación debe especificar el mantenimiento preventivo, de las líneas del sistema de vapor y de los sistemas de control, para evitar eventuales fallas, y alargar la vida útil.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

MOTT, Robert; “Mecánica de fluidos”; 2006; Sexta Edición; Pearson educación, México.

CENGEL, Yunus; “Mecánica de fluidos”; 2006; Primera Edición; McGraw-Hill; México.

LÁZARO, Eduardo; “Gases Medicinales”; 2008; Primera Edición; Bio ediciones; Argentina.

CRANE; “Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías”; 1998, Primera Edición, McGraw-Hill, México.

FRANKEL, Michel; “Facility piping systems handbook”; 2002, Segunda Edición; McGraw-Hill, USA.

NFPA 99; “Standard for Health Care Facilities”; 2005; USA.

MORAN, Wendor; “Mecánica de fluidos I”; 1987; Primera Edición; Perú.

HESSE, Stefan; “Aire comprimido, fuente de energía”; 2002; FESTO.

SHIGLEY, J; “Diseño en Ingeniería Mecánica”; 2002; Sexta Edición; McGraw Hill; México.

<http://es.scribd.com/doc/43550594/Guia-Tecnica-Diseno-y-Cálculo-del-aislamiento-termico-de-conducciones-aparatos-y-equipos>

<http://es.scribd.com/doc/51130710/CÁLCULO-AISLAMIENTO-TERMICO>

<http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/steam-lines-best-practices.html>

<http://www.slideshare.net/GRESIQ/vapor-de-agua>

[http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/principal-applications-for-steam.html#toc\\_1](http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/principal-applications-for-steam.html#toc_1)

<http://www.ugr.es/~pomif/pom-bac/pb-ii/pb-ii-2-fisicos.htm>

<http://www.spanish.phione.co.uk/products/pipes/a-53>

<http://www.ingenierocivilinfo.com/2011/03/consideraciones-de-diseno-para-redes-de.html>

<http://www.armstronginternational.com/files/products/traps/pdf/108spanish.pdf>

<http://es.scribd.com/doc/55835030/Catalogo-de-Valvulas-Amstrong#download>

<http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/condensate-recovery-piping.html>

<http://www.pytco.com.mx/index.php/es/tuberia/tuberia-de-acero-para-conduccion-de-liquidos-y-gases-de-baja-media-y-alta-presion-negro-o-galvanizado-extremos-lisos-o-roscados/item/tuberia-astm-a53-para-conduccion-de-agua-gas-vapor-y-aire-de-baja-y-media-presion>

<http://www.adk-services.com/documents/Compensteur-Metallique.pdf>

<http://www.archiexpo.es/prod/certain-teed/aislantes-de-lana-de-vidrio-en-rollos-59022-548681.html>

<http://www.armstronginternational.com/files/common/allproductscatalog/s-01.pdf>

# **ANEXOS**

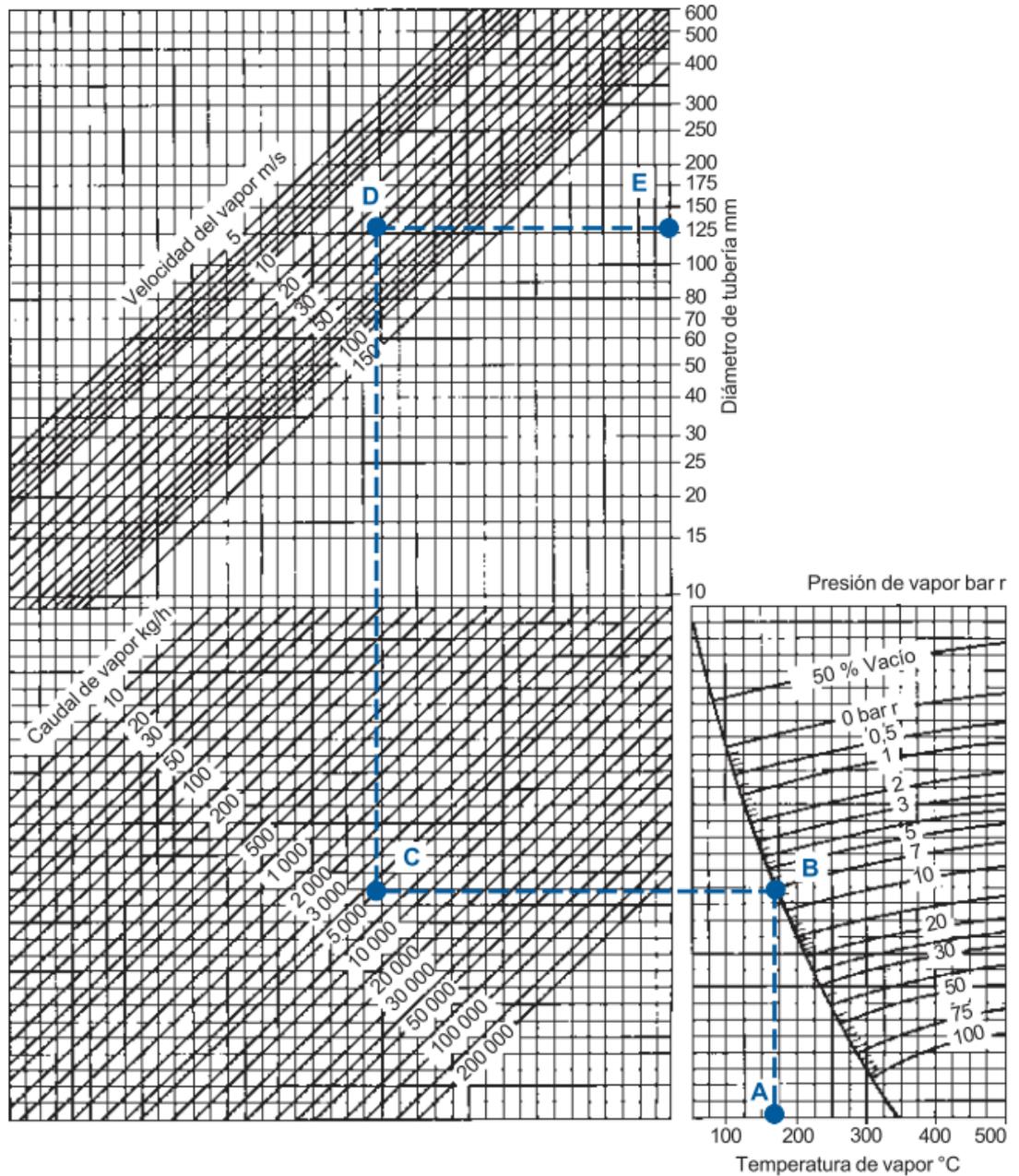
# **ANEXOS**

## **CAPITULO 1**

## ANEXO 1.1:

### GRÁFICO PARA DIMENSIONAR TUBERÍAS PARA VAPOR SATURADO Y VAPOR RECALENTADO (MÉTODO DE LA VELOCIDAD)

Fig. 6 Gráfico para dimensionar tuberías para vapor saturado y vapor recalentado (método de la velocidad)

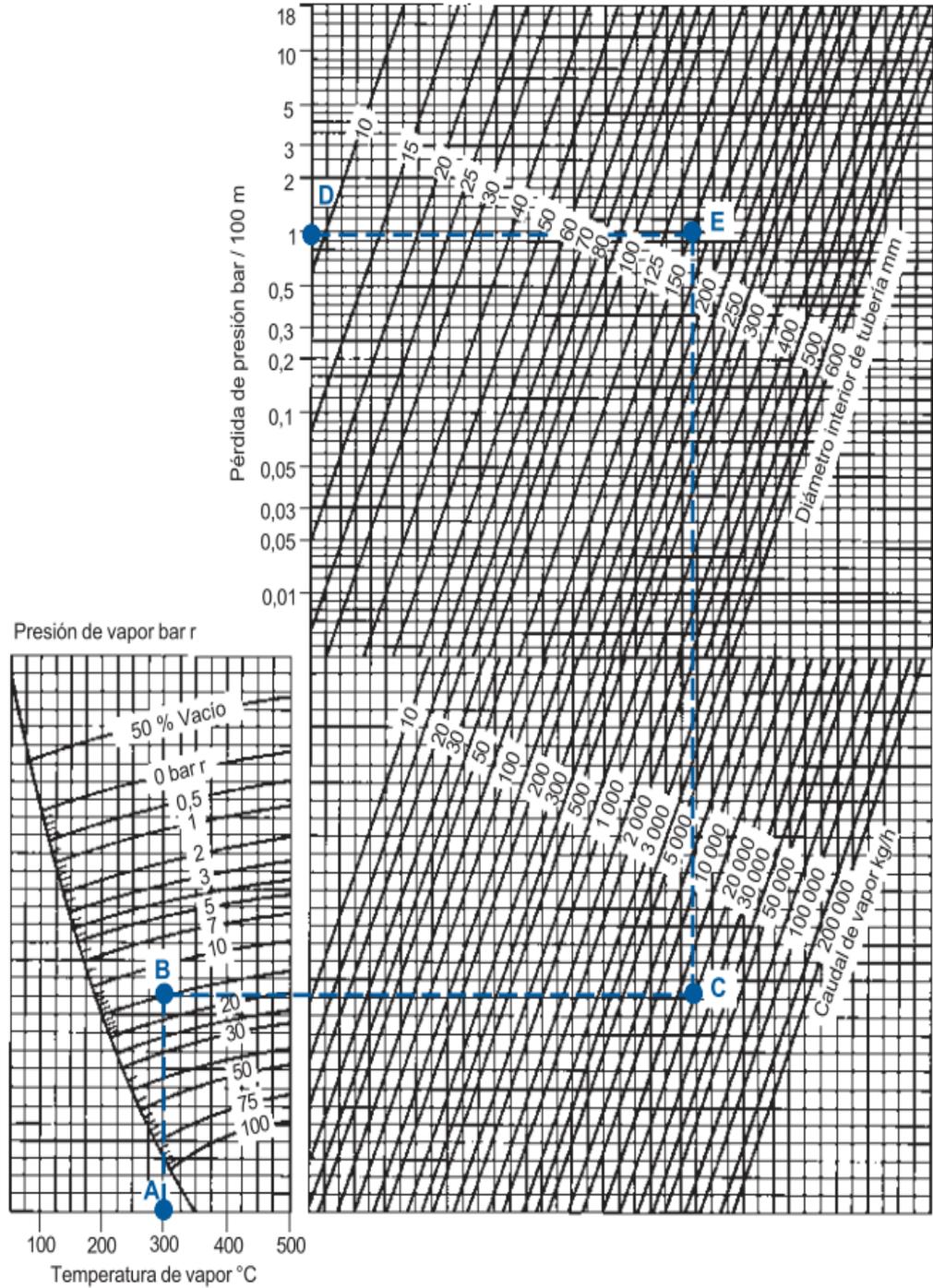


La línea discontinua A, B, C, D, E, hace referencia al ejemplo de la página 10.

## ANEXO 1.2:

### DIMENSIONADO DE TUBERÍAS DE VAPOR (MÉTODO DE LA CAÍDA DE PRESIÓN)

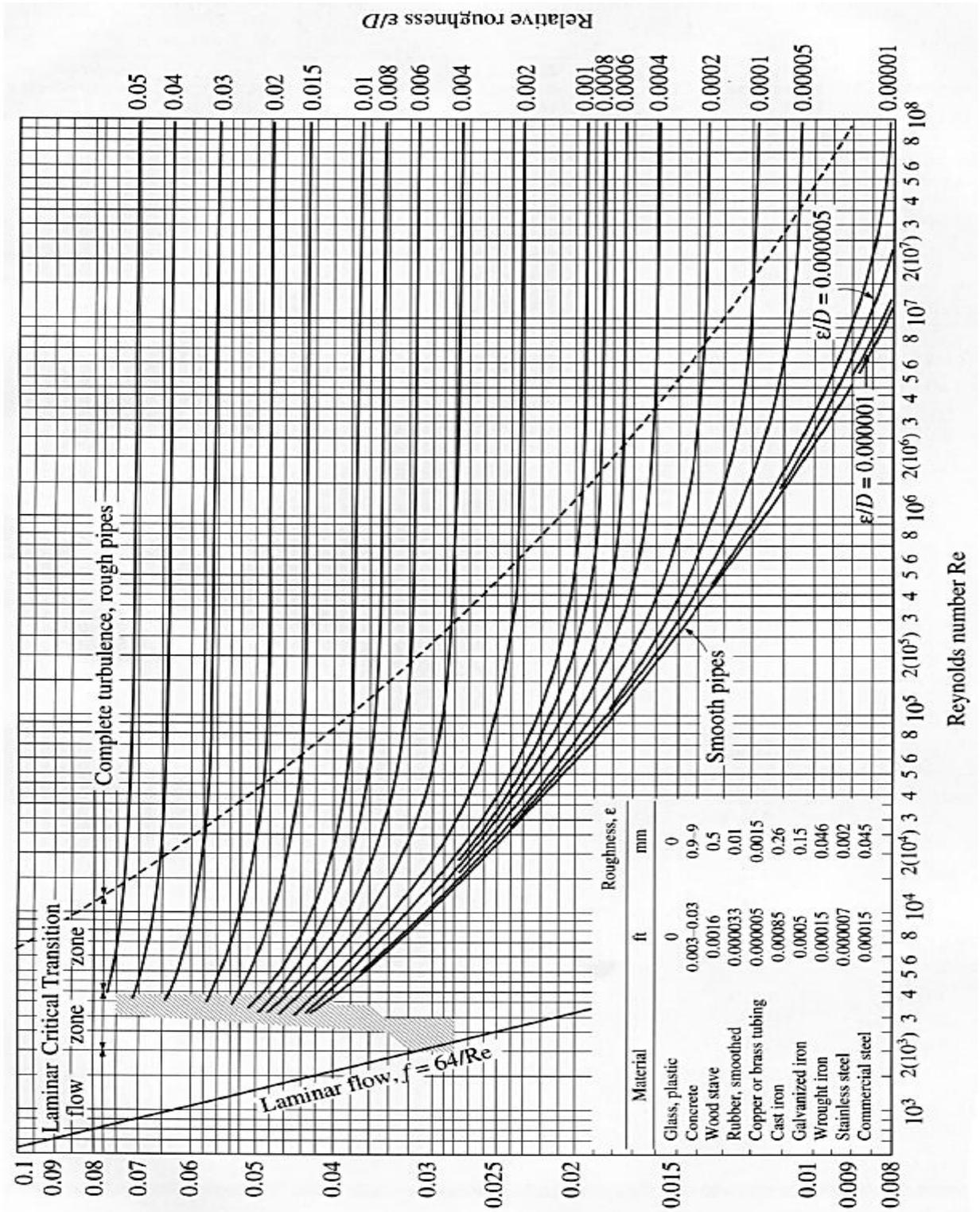
Fig. 7 Gráfico de dimensionado de tuberías de vapor (método de la caída de presión)



La línea discontinua A, B, C, D, E hace referencial al ejemplo de la página 11.

ANEXO 1.3:

DIAGRAMA DE MOODY PARA EL CALCULO DE PERDIDAS POR FRICCIÓN EN LAS TUBERÍAS.



**ANEXO 1.4:**

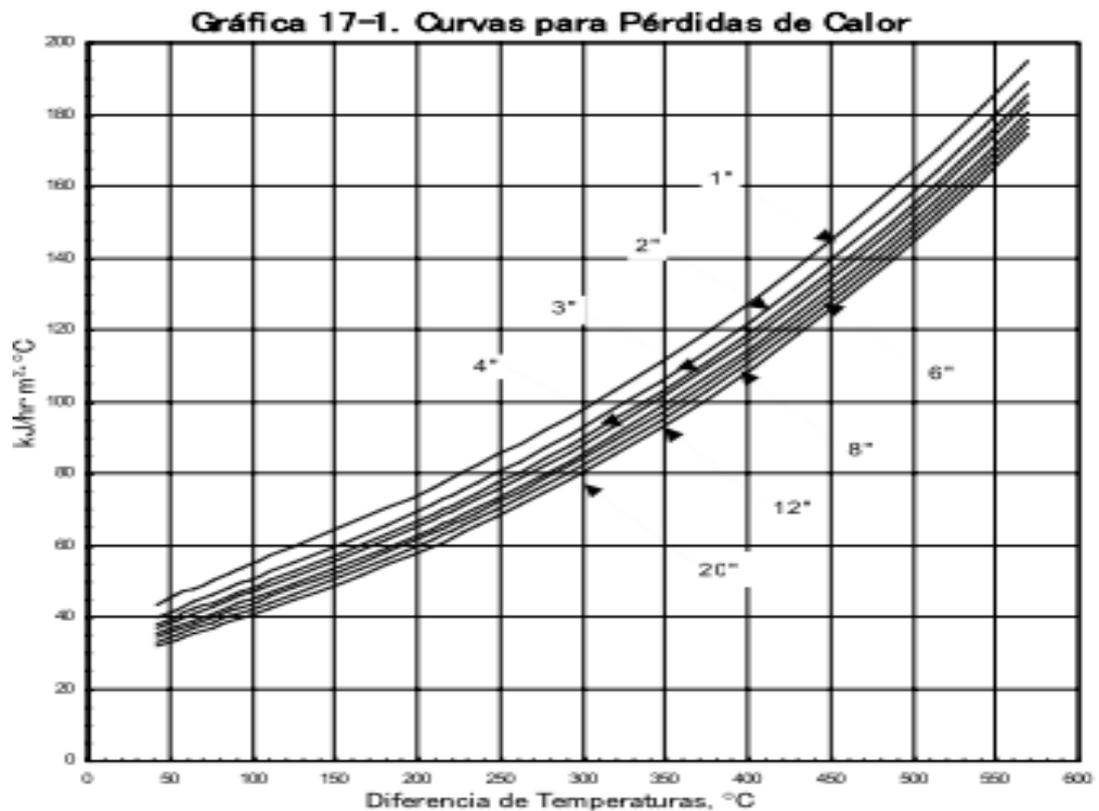
**CARGAS DE CONDENSADO EN UNA TUBERÍA AISLADA TÉRMICAMENTE**

**Tabla 17.1 Condensación en Tuberías Aisladas que Llevan Vapor Saturado en Aire sin Mover a 21°C (Se supone una eficiencia térmica del 75% )**

Tamaño de Tubo (in)	Presión, bar(g)								
	1	2	4	8	12	16	32	40	60
	Kilos de Condensado por Hora por Metro								
0.5	0.04	0.05	0.07	0.09	0.10	0.12	0.17	0.19	0.25
0.75	0.05	0.06	0.08	0.11	0.13	0.14	0.21	0.23	0.30
1	0.06	0.08	0.10	0.13	0.15	0.18	0.25	0.29	0.37
1.25	0.08	0.09	0.12	0.16	0.19	0.22	0.31	0.35	0.45
<b>1.5</b>	<b>0.09</b>	<b>0.11</b>	<b>0.13</b>	<b>0.18</b>	<b>0.21</b>	<b>0.24</b>	<b>0.35</b>	<b>0.40</b>	<b>0.51</b>
2	0.11	0.13	0.16	0.22	0.26	0.30	0.43	0.48	0.63
2.5	0.13	0.15	0.19	0.26	0.31	0.35	0.50	0.57	0.75
<b>3</b>	<b>0.15</b>	<b>0.18</b>	<b>0.23</b>	<b>0.30</b>	<b>0.37</b>	<b>0.42</b>	<b>0.60</b>	<b>0.69</b>	<b>0.89</b>
3.5	0.17	0.20	0.26	0.34	0.41	0.47	0.68	0.78	1.01
4	0.19	0.23	0.29	0.38	0.46	0.52	0.76	0.86	1.12
<b>5</b>	<b>0.23</b>	<b>0.27</b>	<b>0.35</b>	<b>0.46</b>	<b>0.56</b>	<b>0.64</b>	<b>0.92</b>	<b>1.05</b>	<b>1.36</b>
6	0.27	0.32	0.41	0.54	0.65	0.75	1.08	1.23	1.60
8	0.34	0.41	0.52	0.69	0.83	0.95	1.38	1.57	2.05
<b>10</b>	<b>0.41</b>	<b>0.50</b>	<b>0.63</b>	<b>0.84</b>	<b>1.02</b>	<b>1.16</b>	<b>1.69</b>	<b>1.93</b>	<b>2.51</b>
12	0.48	0.58	0.74	0.98	1.19	1.36	1.98	2.26	2.95
14	0.52	0.63	0.81	1.07	1.30	1.48	2.16	2.46	3.22
<b>16</b>	<b>0.59</b>	<b>0.72</b>	<b>0.91</b>	<b>1.21</b>	<b>1.47</b>	<b>1.68</b>	<b>2.44</b>	<b>2.79</b>	<b>3.65</b>
18	0.66	0.80	1.02	1.35	1.64	1.87	2.73	3.12	4.08
20	0.72	0.88	1.12	1.49	1.80	2.07	3.01	3.44	4.50
<b>24</b>	<b>1.04</b>	<b>1.25</b>	<b>1.59</b>	<b>2.10</b>	<b>2.52</b>	<b>2.88</b>	<b>4.14</b>	<b>4.72</b>	<b>6.12</b>

kJ/hr m<sup>2</sup>. °C

Con base en el programa "3Eplus", versión 2.11, de la Asociación de Fabricantes de Aislamiento en Norteamérica (NAIMS), siguiendo el método descrito en ASTM C680



**Tabla 17-3. Peso de Tubería por Metro, en Kilos**

Tamaño de Tubo, in	Diámetro Exterior, mm	Superficie $m^2 / m$	Peso de Tubería, kg/m		
			Cédula 40	Cédula 80	Cédula 160
1	33.4	0.105	2.51	3.23	4.24
1.25	42.2	0.132	3.38	4.46	5.59
1.5	48.3	0.152	4.05	5.40	7.23
2	60.3	0.190	5.43	7.47	11.08
2.5	73.0	0.229	8.61	11.40	14.89
3	88.9	0.279	11.26	15.25	21.31
3.5	101.6	0.319	13.55	18.61	—
4	114.3	0.359	16.05	22.29	33.63
5	141.3	0.444	21.75	30.92	49.04
6	168.3	0.529	28.23	42.51	67.4
8	219.1	0.688	42.48	64.56	111.1
10	273.1	0.858	60.23	81.45	173
12	323.9	1.017	79.6	131.6	240
14	355.6	1.117	94	159	283
16	406.4	1.277	123	204	365
18	457.2	1.436	156	254	460
20	508.0	1.596	183	311	564
24	609.6	1.915	254	442	806

**ANEXO 1.5:**

**PROPIEDADES DEL VAPOR SATURADO**

**Propiedades del Vapor Saturado**

(Tomadas de "Propiedades Termodinámicas del Vapor", por Keenan y Keyes, con permiso de John Wiley & Sons, Inc.)

Columna 1 Presion Manométrica (bar)	Columna 2 Presion Absoluta (bar)	Columna 3 Temperatura del Vapor (°C)	Columna 4 Calor del Líquido Saturado (kJ/kg)	Columna 5 Calor Latente (kJ/kg)	Columna 6 Calor Total del Vapor (kJ/kg)	Columna 7 Volumen Específico del Líquido Saturado (m <sup>3</sup> /kg)	Columna 8 Volumen Específico del Vapor Saturado (m <sup>3</sup> /kg)
-1.008	0.0061	0.01	0.01	2501.3	2501.4	0.001 000	206.14
-0.99	0.02	17.50	73.48	2460.0	2533.5	0.001 001	67.00
-0.96	0.05	32.88	137.82	2423.7	2561.5	0.001 005	28.19
-0.91	0.10	45.81	191.83	2392.8	2584.7	0.001 010	14.67
-0.76	0.25	64.97	271.93	2346.3	2618.2	0.001 020	6.204
-0.51	0.50	81.33	340.49	2305.4	2645.9	0.001 030	3.240
-0.26	0.75	91.78	384.39	2278.6	2663.0	0.001 037	2.217
-0.01	1.00	99.63	417.46	2258.0	2675.5	0.001 043	1.6940
0.24	1.25	105.99	444.32	2241.0	2685.4	0.001 048	1.3749
0.49	1.50	111.37	467.11	2226.5	2693.6	0.001 053	1.1593
0.74	1.75	116.06	486.99	2213.6	2700.6	0.001 057	1.0036
0.99	2.00	120.23	504.70	2201.9	2706.7	0.001 061	0.8857
1.24	2.25	124.00	520.72	2191.3	2712.1	0.001 064	0.7933
1.49	2.50	127.44	535.37	2181.5	2716.9	0.001 067	0.7187
1.74	2.75	130.60	548.89	2172.4	2721.3	0.001 070	0.6573
1.99	3.00	133.55	561.47	2163.8	2725.3	0.001 073	0.6058
2.24	3.25	136.30	573.25	2155.8	2729.0	0.001 076	0.5620
2.49	3.50	138.88	584.33	2148.1	2732.4	0.001 079	0.5243
2.74	3.75	141.32	594.81	2140.8	2735.6	0.001 081	0.4914
3.0	4.0	143.63	604.74	2133.8	2738.6	0.001 084	0.4625
3.5	4.5	147.93	623.25	2120.7	2743.9	0.001 088	0.4140
4.0	5.0	151.86	640.23	2108.5	2748.7	0.001 093	0.3749
4.5	5.5	155.48	655.93	2097.0	2753.0	0.001 097	0.3427
5.0	6.0	158.85	670.56	2086.3	2756.8	0.001 101	0.3157
6.0	7.0	164.97	697.22	2066.3	2763.5	0.001 108	0.2729
7.0	8.0	170.43	721.11	2048.0	2769.1	0.001 115	0.2404
8.0	9.0	175.38	742.83	2031.1	2773.9	0.001 121	0.2150
9.0	10.0	179.91	762.81	2015.3	2778.1	0.001 127	0.194 44
10.0	11.0	184.09	781.34	2000.4	2781.7	0.001 133	0.177 53
11.0	12.0	187.99	798.65	1986.2	2784.8	0.001 139	0.163 33
12.0	13.0	191.64	814.93	1972.7	2787.6	0.001 144	0.151 25
13.0	14.0	195.07	830.30	1959.7	2790.0	0.001 149	0.140 84
14.0	15.0	198.32	844.89	1947.3	2792.2	0.001 154	0.131 77
16.5	17.5	205.76	878.50	1917.9	2796.4	0.001 166	0.113 49
19.0	20.0	212.42	908.79	1890.7	2799.5	0.001 177	0.099 63
21.5	22.5	218.45	936.49	1865.2	2801.7	0.001 187	0.088 75
24	25	223.99	962.11	1841.0	2803.1	0.001 197	0.079 98
29	30	233.90	1008.42	1795.7	2804.2	0.001 217	0.066 68
34	35	242.60	1049.75	1753.7	2803.4	0.001 235	0.057 070
39	40	250.40	1087.31	1714.1	2801.4	0.001 252	0.049 780
49	50	263.99	1154.23	1640.1	2794.3	0.001 286	0.039 440
59	60	275.64	1213.35	1571.0	2784.3	0.001 319	0.032 440
69	70	285.88	1267.00	1505.1	2772.1	0.001 351	0.027 370
79	80	295.06	1316.64	1441.3	2758.0	0.001 384	0.023 520
89	90	303.40	1363.26	1378.9	2742.1	0.001 418	0.020 480
99	100	311.06	1407.56	1317.1	2724.7	0.001 452	0.018 026
119	120	324.75	1491.3	1193.6	2684.9	0.001 527	0.014 26
139	140	336.75	1571.1	1066.5	2637.6	0.001 611	0.011 485
159	160	347.44	1650.1	930.6	2580.6	0.001 711	0.009 306
179	180	357.06	1732.0	777.1	2509.1	0.001 840	0.007 489
199	200	365.81	1826.3	583.4	2409.7	0.002 036	0.005 834
219.9	220.9	374.14	2099.3	0.0	2099.3	0.003 155	0.003 155

**ANEXO 1.6:**

**CÓMO DEFINIR EL DIÁMETRO DE LAS TUBERÍAS DE RETORNO DE CONDENSADOS**

**Gráfica 47-1. Flujo de Masa (kg/hr) para Retornos Secos y Cerrados**

Tamaño de Tubería		Presión de Alimentación = 35 kPa			Presión de Alimentación = 100 kPa			Presión de Alimentación = 210 kPa			Presión de Alimentación = 340 kPa		
		Presión de Retorno = 0 kPa			Presión de Retorno = 0 kPa			Presión de Retorno = 0 kPa			Presión de Retorno = 0 kPa		
		$\Delta p/L$ , Pa/m											
mm	in	15	60	240	15	60	240	15	60	240	15	60	240
Flujo, kg/h													
15	1/2	108	238	500	43	94	205	29	58	126	18	43	90
20	3/4	230	508	1 087	94	205	432	58	126	266	40	90	191
25	1	454	976	2 059	180	389	824	115	241	508	83	173	364
32	1 1/4	954	2 041	4 320	382	817	1 724	238	504	1 062	169	364	763
40	1 1/2	1 436	3 074	6 444	576	1 235	2 585	353	756	1 591	256	544	1 145
50	2	2 830	6 048	a	1 134	2 412	a	698	1 483	a	504	1 066	a
65	2 1/2	4 536	9 648	a	1 829	3 852	a	1 123	2 383	a	806	1 714	a
80	3	8 172	17 244	a	3 265	6 912	a	2 012	4 248	a	1 447	3 053	a
100	4	16 884	35 388	a	6 768	14 184	a	4 176	8 712	a	3 020	6 264	a
150	6	50 040	a	a	20 088	a	a	12 384	a	a	8 892	a	a
200	8	103 680	a	a	41 760	a	a	25 596	a	a	18 360	a	a

Tamaño de Tubería		Presión de Alimentación = 690 kPa			Presión de Alimentación = 1030 kPa			Presión de Alimentación = 690 kPa			Presión de Alimentación = 1030 kPa		
		Presión de Retorno = 0 kPa			Presión de Retorno = 0 kPa			Presión de Retorno = 100 kPa			Presión de Retorno = 100 kPa		
		$\Delta p/L$ , Pa/m											
mm	in	15	60	240	15	60	240	15	60	240	15	60	240
Flujo, kg/h													
15	1/2	14	29	61	11	22	50	25	54	119	18	43	90
20	3/4	29	61	133	22	50	104	54	119	256	43	90	191
25	1	54	119	248	47	94	205	108	227	482	83	176	364
32	1 1/4	115	245	511	90	198	421	227	482	997	173	364	763
40	1 1/2	173	367	770	140	299	634	342	727	1 505	259	547	1 134
50	2	342	720	a	277	590	a	666	1 408	2 927	508	1 066	2 221
65	2 1/2	544	1 156	a	443	954	a	1 076	2 268	4 680	817	1 714	3 539
80	3	979	2 063	a	799	1 681	a	1 919	4 032	a	1 451	3 042	a
100	4	2 023	4 248	a	1 652	3 460	a	3 960	8 244	a	3 002	6 264	a
150	6	5 976	a	a	4 896	a	a	11 736	24 300	a	8 892	18 432	a
200	8	12 420	a	a	10 152	a	a	24 228	50 040	a	18 360	37 800	a

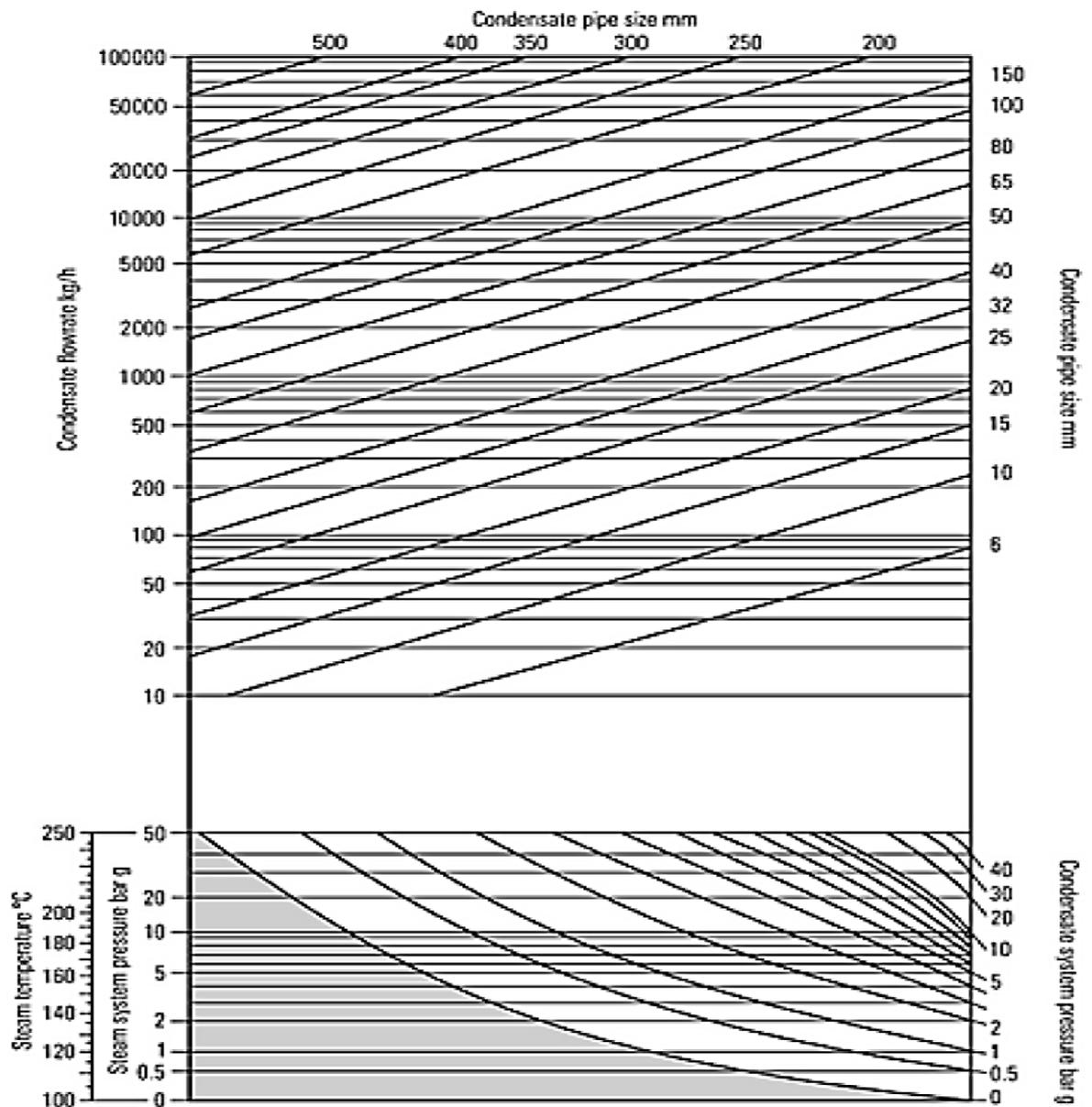
\*La velocidad es mayor que 35 m/s para estos tamaños y caídas de presión. Seleccione otra combinación de tamaño y caída de presión.

Copiada del ASHRAE Handbook - 1997 Fundamentals, con permiso especial.

## ANEXO 1.7:

### TUBERÍA DE RETORNO DE CONDENSADO POR NOMOGRAMA

Establecer el punto de que el vapor y la presión de condensación se encuentran (la parte inferior de la tabla, desde este punto, se mueven verticalmente hasta el gráfico superior para cumplir con la tasa de condensado requerida. Si la línea de descarga está cayendo (no inundable) y la selección se encuentra en o entre líneas, elegir el tamaño de la línea inferior. Si la línea de descarga está en aumento, y por lo tanto probable que se inundó, elegir el tamaño de la línea superior.



## **ANEXO 1.8:**

### **DIMENSIONADO Y ESPECIFICACIÓN VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN 25P**

Como seleccionar una válvula reductora de presión:

- Determinar la presión máxima de alta en Kg/cm<sup>2</sup> (P1), presión requerida (P2), y caudal máximo a través de la válvula.
- Seleccionar el tamaño de válvula de acuerdo a la especificaciones
- Determinar tipo de cuerpo y conexiones con la tabla de la página

**P1:** presión de entrada

**P2:** presión de salida



## Válvula Reguladora de Presión 25P y 25PE Dimensionamiento para Vapor Saturado

### Capacidades (kg/h)

PRESION ENTRADA Kg/cm <sup>2</sup>	PRESION SALIDA Kg/cm <sup>2</sup>	MEDIDA NOMINAL									
		½" S*	½"	¾"	1"	1¼"	1½"	2"	2½"	3"	4"
1,1	0,7	14	43	79	130	173	245	431	680	907	1406
	0,35	20	61	114	184	243	354	619	991	1311	2030
	0-0,21	23	70	131	211	281	400	703	1120	1470	2300
1,4	0,8	18	54	104	168	224	319	557	889	1175	1830
	0,6	23	70	132	214	284	406	709	1130	1500	2340
	0-0,35	28	82	152	246	328	469	819	1320	1720	2700
1,8	1,1	23	66	125	198	263	379	660	1050	1393	2170
	0,7	30	89	164	263	352	499	885	1411	1864	2896
	0-0,5	32	93	177	282	374	535	937	1499	1978	3080
2,1	1,4	23	70	132	214	284	406	714	1143	1510	2350
	1,1	34	100	188	303	404	576	1008	1610	2130	3310
	0-0,8	36	104	194	313	419	597	1043	1670	2210	3440
2,8	2,1	23	70	150	243	323	461	806	1290	1700	2650
	1,8	39	113	213	345	458	653	1143	1828	2418	3760
	0-1,3	43	127	239	385	513	733	1284	2050	2710	4220
3,5	2,8	30	86	161	261	349	499	873	1397	1845	2870
	2,1	48	143	266	431	572	826	1445	2311	3055	4750
	0-1,5	52	159	295	476	635	907	1588	2540	3357	5270
4,2	3,2	43	127	239	396	515	735	1286	2050	2685	3230
	2,5	57	163	304	490	653	934	1635	2617	3456	5370
	0-1,9	59	175	329	531	708	1010	1769	2480	3740	5850
5,3	4,2	43	127	238	286	515	735	1286	2040	2710	4200
	3,5	64	188	352	567	758	1080	1891	3023	3992	6200
	0-2,5	70	213	400	645	858	1225	2145	3400	4531	7040
6,0	4,9	45	132	245	395	526	753	1318	2109	2785	4330
	3,5	75	222	415	671	896	1279	2238	3581	4733	7360
	0-3,0	77	234	435	703	937	1339	2343	3750	4990	7710
7,0	5,6	54	168	313	506	674	962	1683	2692	3558	5530
	5,2	86	263	490	789	1055	1506	2635	4216	5572	8660
	0-3,4	91	272	508	826	1093	1565	2740	4370	5800	8900
8,8	7,0	66	200	374	606	807	1152	2016	3225	4264	6620
	5,6	104	309	581	937	1247	1778	3112	4978	6580	10200
	0-4,4	111	331	620	998	1333	1905	3338	5334	7049	10950
10,6	8,8	73	222	413	667	889	1270	2223	3558	4699	7300
	7,0	120	363	672	1089	1451	2068	3620	5800	7600	11900
	0-5,3	129	390	726	1179	1569	2245	3928	6273	8292	12880
12,3	10,6	75	222	415	671	896	1279	2238	3581	4733	7360
	8,8	132	395	739	1195	1594	2277	3985	6375	8423	13100
	0-6,1	150	447	835	1347	1796	2567	4491	7189	9503	14760
14,1	10,6	129	381	726	1168	1563	2195	3842	6146	8119	12620
	8,8	163	488	908	1470	1964	2790	4899	7800	10300	16000
	0-7,2	170	511	948	1538	2050	2926	5126	8160	10800	16800
15,8	12,3	132	381	748	1211	1615	2304	4032	6452	8528	13250
	10,6	177	527	985	1597	2132	3039	5307	8500	11200	17500
	0-8,2	191	567	1061	1715	2286	3266	5715	9144	12000	18780
17,6	14,0	141	420	785	1266	1687	2413	4218	6759	8927	13890
	10,6	204	608	1134	1837	2449	3493	6124	9750	12900	20100
	0-9,2	209	629	1175	1896	2531	3611	6328	10200	13400	20750



## Válvula reguladora de presión Serie 25P

### Descripción

La serie 25P es una válvula reguladora de presión. La presión aguas abajo se realimenta a través de un tubo sensor conectado al piloto de presión que controla la apertura de la válvula principal para mantener la presión reducida en el valor deseado. La válvula principal cierra el paso herméticamente cuando no se necesita vapor.

### Tamaños y conexiones

½" a 2" Roscas NPT, BSP, BSPT  
½" a 4" Bridas ANSI125, ANSI250

### Condiciones límite

#### Condiciones de diseño del cuerpo

Presión máxima 17 barg  
Temperatura máxima 232°C

#### Rangos de presión aguas abajo

Para las siguientes presiones aguas abajo se dispone de tres resortes de ajuste de presión de color:

**Amarillo** 0,2 a 2,1 barg  
**Azul** 1,4 a 7,0 barg  
**Rojo** 5,6 a 14,0 barg

### Cómo especificar

**Ejemplo:** 1 Válvula reguladora de presión serie 25P, ANSI125, fluido vapor, 1", resorte azul.

### Aplicaciones típicas

La 25P es una válvula reductora de presión fiable y precisa para reducir la presión del vapor a un valor más bajo y eficiente, y proteger equipos costosos de altas presiones.

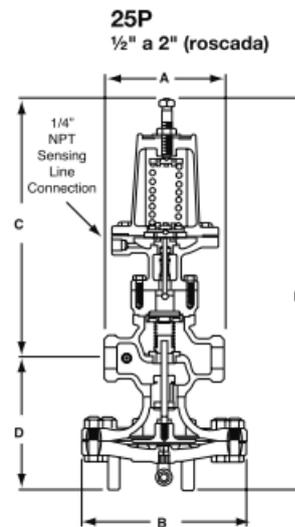
### Capacidades

Para selección y dimensionado ver hoja técnica:

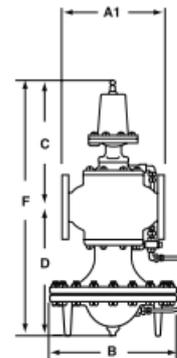
TIS 3.030 AR para vapor saturado  
TIS 3.031 AR para aire comprimido  
TIS 3.032 AR para gas

### Dimensiones / pesos (aproximados) en mm y kg

Tamaño	Roscada		Brida					Peso
	A	A1	B	C	D	E		
½"	140	161	193	309	157	466	14	
¾"	140	160	193	309	157	466	14	
1"	152	168	219	308	171	479	17	
1¼"	184	206	219	322	179	501	20	
1½"	184	218	219	322	179	501	20	
2"	216	242	269	338	208	546	31	
2½"	—	292	346	297	354	651	71	
3"	—	318	346	294	367	660	85	
4"	—	368	397	325	410	735	129	



**25P**  
½" a 2" (brida)

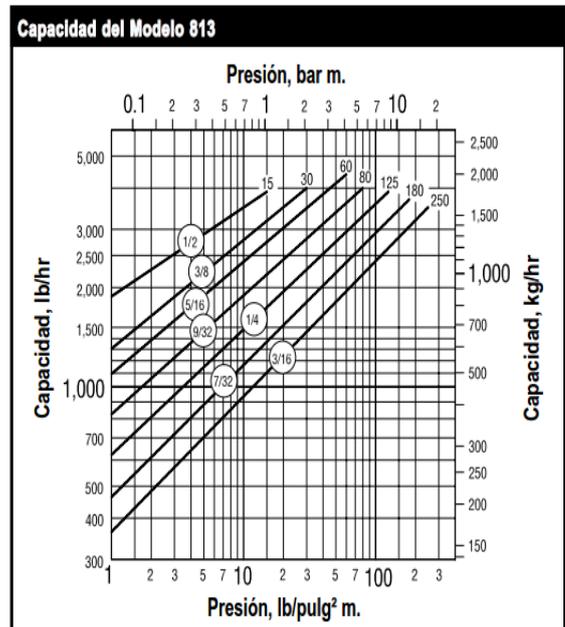
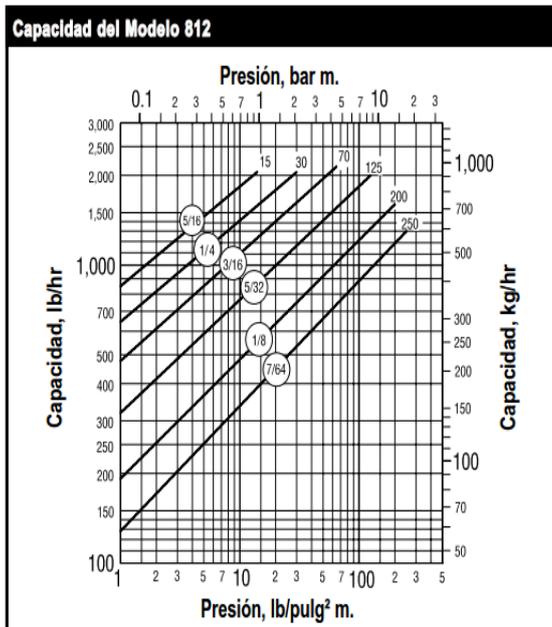
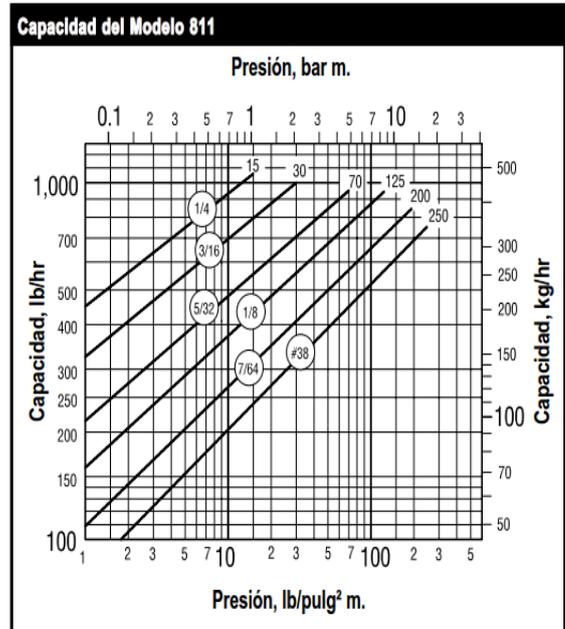
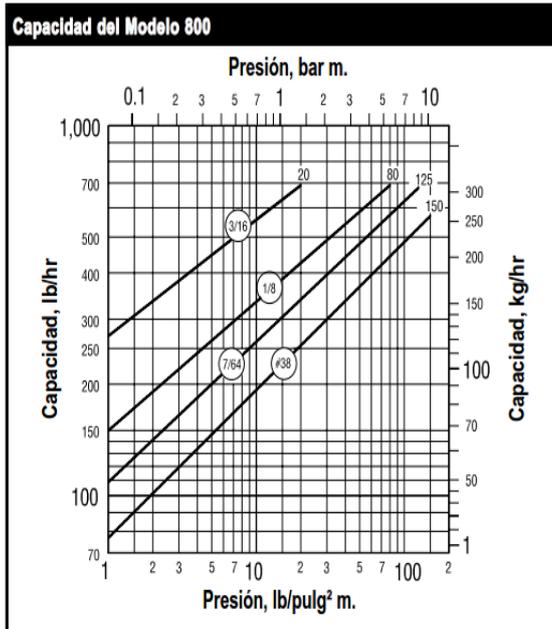


**ANEXO 1.9:**

**CURVAS DE SELECCIÓN PARA TRAMPAS DE VAPOR SEGÚN EL FABRICANTE ARMSTRONG SERIE 800**

**Trampas de Vapor de Cubeta Invertida Series 800-813**  
**En Hierro Fundido Para Instalación Horizontal**

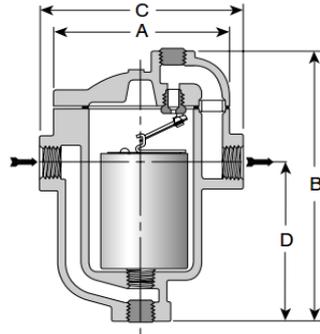
Para presiones hasta 250 lb/pulg<sup>2</sup> m. (17 bar m.)... Capacidad hasta 4,400 lb/hr (2,000 kg/hr)





# Trampas de Vapor de Cubeta Invertida Series 800-813 En Hierro Fundido Para Instalación Horizontal

Para presiones hasta 250 lb/pulg<sup>2</sup> m. (17 bar m.)... Capacidad hasta 4,400 lb/hr (2,000 kg/hr)



## Descripción

La trampa de vapor más confiable que se conoce —de cubeta invertida— le brinda un drenado de condensado eficiente en virtualmente todos los tipos de equipo operados por vapor. Ponga la cubeta invertida a trabajar dentro de un robusto cuerpo en hierro fundido y tiene lo mejor de dos mundos. Debido a que operan eficientemente por más tiempo, las cubetas invertidas de Armstrong agregan sólidos ahorros de energía para bajar los costos de instalación y reemplazo. Todas las trampas en hierro fundido de Armstrong son reparables para brindarle aún mayores ahorros de mantenimiento.

Su sistema único de levas multiplica la fuerza provista por la cubeta para abrir la válvula venciendo la presión del sistema. El mecanismo opera "libre de fricción" y no tiene pivotes fijos que produzcan desgaste o fricción.

La suciedad no se puede acumular en el orificio porque el mecanismo está localizado en la parte superior de la trampa. Las pequeñas partículas de suciedad son mantenidas en suspensión hasta que son descargadas por la acción de la fuerza diferencial de purga que se da cuando la cubeta se hunde y separa la válvula de su asiento.

El sello de agua que rodea el orificio de descarga evita que haya pérdida de vapor. El venteo automático de aire ocurre gracias a un pequeño orificio en la cubeta, que descarga continua y automáticamente aire y CO<sub>2</sub> a la temperatura del vapor.

Aunque descargan intermitentemente, las trampas de cubeta invertida drenan de forma continua evitando la acumulación de condensado. También son muy resistentes al golpe de ariete.

## Condiciones Máximas de Operación

Presión Máxima Permitida (diseño del cuerpo): 250 lb/pulg<sup>2</sup> m. a 450°F (17 bar m. a 232°C)  
Presión Máxima de Operación: Modelo 800: 150 lb/pulg<sup>2</sup> m. (10 bar m.)  
Modelos 811-813: 250 lb/pulg<sup>2</sup> m. (17 bar m.)

## Conexión a Tubería

Roscada NPT y BSPT

## Materiales

Cuerpo: ASTM A48 Clase 30  
Componentes Internos: Todos en acero inoxidable —304  
Válvula y asiento: Acero cromo endurecido 17-4PH  
Tapón para prueba: Acero al carbón

## Opciones

- Válvula tipo check integrada construida en acero inoxidable
- Cubeta con venteo térmico
- Disparador por baja presión (pop drain) fabricado en acero inoxidable
- Conexión para prueba por monitoreo
- Termodrenador
- Varilla de limpieza

## Como Especificar

Trampa de vapor de cubeta invertida, tipo... en hierro fundido, con venteo continuo de aire a la temperatura del vapor, mecanismo libre de fricción en acero inoxidable y orificio de descarga en la parte superior de la trampa.

## Como Ordenar

Especifique:

- Modelo requerido
- Diámetro y tipo de conexión
- Presión máxima de trabajo a la que será sometida la trampa o diámetro del orificio
- Otras opciones requeridas

Al solicitar un dibujo certificado más detallado haga referencia a: CD #1000.

Trampas Series 800-813 de Entrada y Salida Laterales. Agregue el sufijo "CV" al modelo para válvula tipo check interna, y "T" para cubeta con venteo térmico.								
Modelo No.	800*		811		812		813	
	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm
Diámetro de Conexión a Tubería	1/2, 3/4	15, 20	1/2, 3/4, 1	15, 20, 25	1/2, 3/4	15, 20	3/4, 1	20, 25
Tapón para Prueba	1/4	6	1/4	6	1/2	15	3/4	20
"A" (Diámetro de la Brida)	3-3/4	95.2	3-3/4	95.2	5-5/8	143	7	178
"B" (Altura)	5-7/16	138	6-7/8	175	9-1/16	230	11-3/4	298
"C" (Cara a Cara)	5	127	5	127	6-1/2	165	7-3/4	197
"D" (Base a Centro de Entrada)	2-3/4	70	4-1/4	108	5-3/8	137	7-1/32	179
Cantidad de Tornillos	6							
Peso lb (kg)	5 (2.3)		6 (2.7)		15 (6.8)		27-1/2 (12.5)	

\* No se puede entregar con válvula tipo check interna y cubeta con venteo térmico al mismo tiempo.

Dimensiones y pesos aproximados. Use publicaciones certificadas para dimensiones exactas. Diseño y materiales sujetos a cambios sin previo aviso.

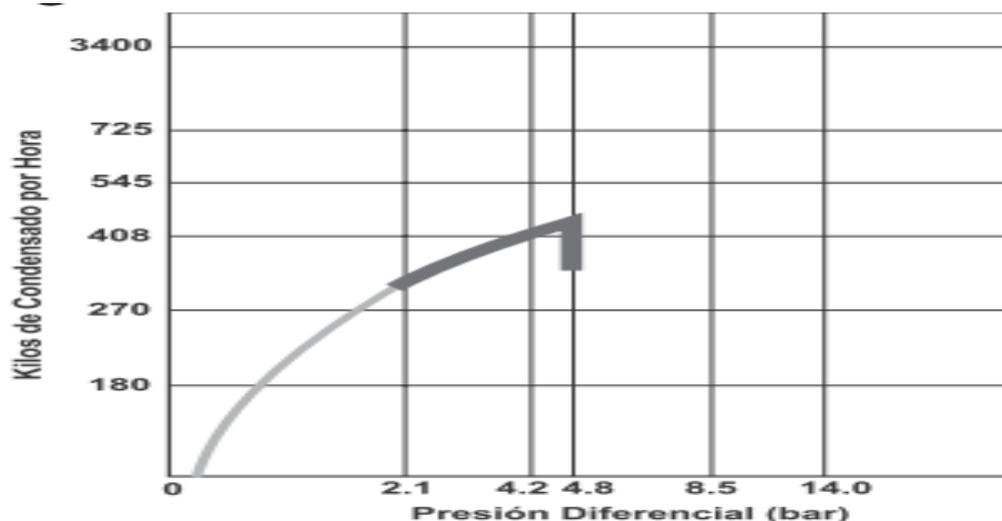
**ANEXO 1.10:**

**DIFERENTES MATERIALES DEL CUERPO, CON DIFERENTES CONFIGURACIONES DE TUBERÍAS PARA TRAMPAS DE BALDE INVERTIDO**

	Hierro Fundido	Acero Inoxidable Estirado	Acero Forjado	Acero Fundido	Acero Inoxidable Fundido
Conexiones (inches) (mm)	1/2" a 2 1/2" 15 - 65	3/8" a 1" 10 - 25	1/2" a 2" 15 - 50	1/2" a 1" 15 - 25	1/2" a 2" 15 - 50
Tipo de Conexiones	Roscada	Roscada, Soldada a Tope, o a Presión	Roscada, Soldada a Tope, o Bridada	Roscada, Soldada a Tope, o Bridada	Roscada, Soldada a Tope, o Bridada
Presión de Operación (bar)	0 a 17	0 a 45	0 a 186	0 a 41	0 a 47
Capacidad (kg/hr)	Hasta 9,091	Hasta 2,000	Hasta 8,636	Hasta 2,000	Hasta 8,636

**GRÁFICA DE CAPACIDADES DE LAS TRAMPAS DE BALDE INVERTIDO**

Para seleccionar una trampa de vapor de balde invertido utilizando la Gráfica de Capacidad Armstrong (Página 12) se debe conocer la carga de condensado, el factor de seguridad y la diferencia de presiones (presión diferencial). Recuerde que el objetivo siempre es seleccionar una trampa que pueda: 1) funcionar a la presión diferencial máxima, y 2) operar a la capacidad cuando se tenga la presión diferencial mínima.



## ANEXO 1.11:

### SELECCIÓN DE TRAMPAS Y FACTORES DE SEGURIDAD

Esta tabla muestra recomendaciones sobre las trampas que probablemente son las más eficientes para ciertas aplicaciones. Los valores de factor de seguridad recomendados aseguran una operación sin problemas bajo condiciones cambiantes. Contacte a su representante de Armstrong para obtener información más específica sobre las trampas y sobre los factores de seguridad recomendados.

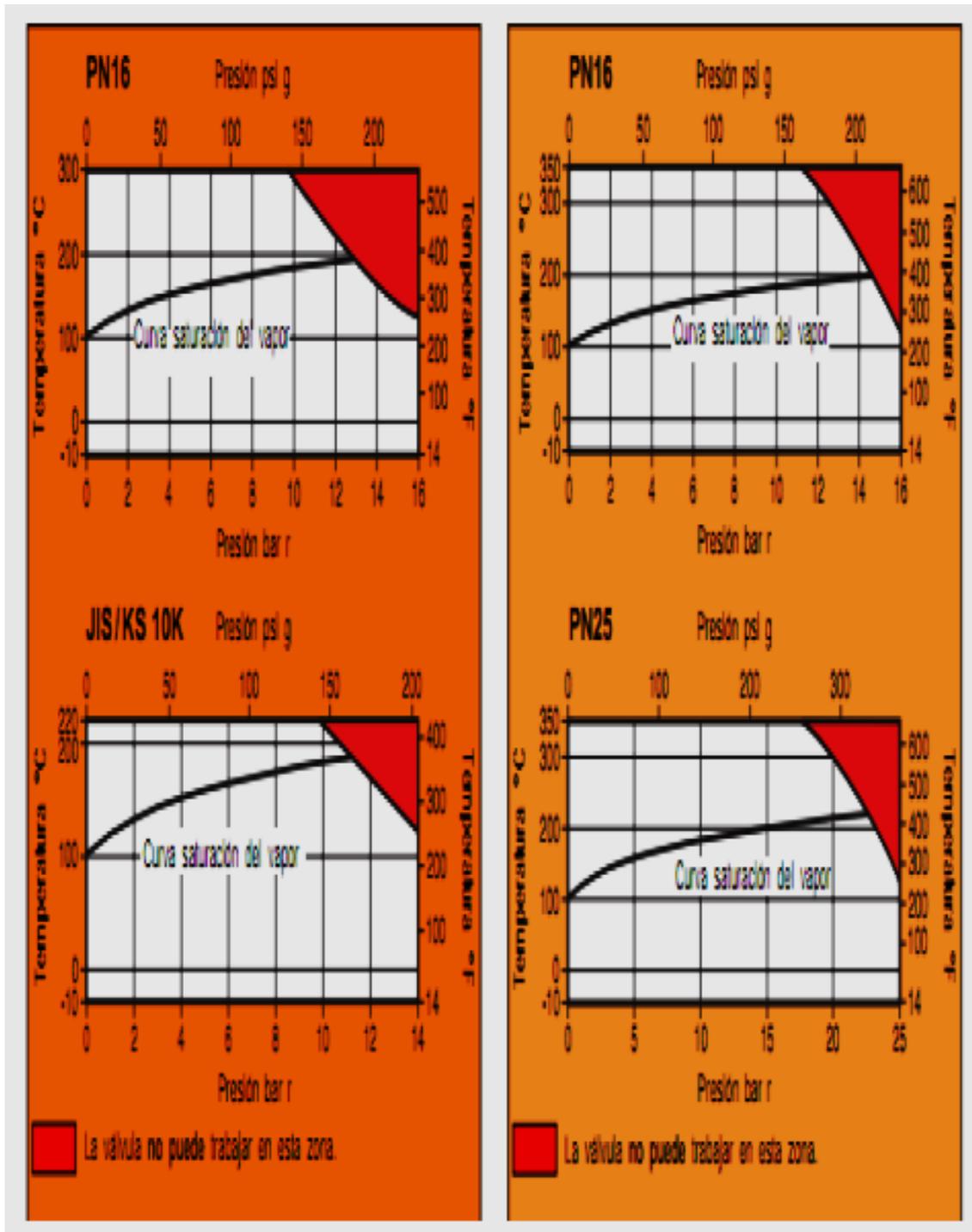
Aplicación	1era Opción	2da Opción	Factor de Seguridad
<b>Cabezal de la Caldera</b> (Sobrecalentado)	IBLV	F&T	1.5
	IBCV – Pulido	Wafer	Carga al Arranque
<b>Tuberías Principales de Vapor &amp; Ramales de las Tuberías</b> (Sin Congelamiento) (Congelamiento)	IB (CV si la presión varía)	F&T	2; 3 si estaría al final de la tubería, antes de la válvula, o en un ramal
	IB	Termostática o Disco	(Mismo que arriba)
<b>Separador de Vapor</b> Calidad del vapor del 90% o menos	IBLV	DC	3
	DC		3
<b>Venas de Vapor</b>	IB	Termostática o Disco	2
<b>Unidades de Calentamiento y de Manejo de Aire</b> (Presión Constante) (Presión Variable 0 – 1 bar) (Presión Variable 1 – 2 bar) (Presión Variable > 2 bar)	IBLV	F&T	3
	F&T	IBLV	2, a presión diferencial de 0.034 bar
	F&T	IBLV	2, a presión diferencial de 0.14 bar
	F&T	IBLV	3, a la mitad de la máxima presión diferencial
<b>Radiadores Aletados &amp; Tubos Serpentin</b> (Presión Constante) (Presión Variable)	IB	Termostática	2, normalmente; 3, para calentamiento rápido
	F&T	IB	2, normalmente; 3, para calentamiento rápido
<b>Calentadores de Aire de Proceso</b> (Presión Constante) (Presión Variable)	IB	F&T	2
	F&T	IBLV	3, a la mitad de la máxima presión diferencial
<b>Máquina de Absorción de Vapor</b> (Enfriador)	F&T	IB, con Venteador Externo	2, a presión diferencial de 0.034 bar
<b>Intercambiadores de Calor de Tubo y Coraza &amp; Serpentes de Tubo y Estampados</b> (Presión Constante) (Presión Variable)	IB	DC o F&T	2
	F&T	DC o IBT (IBLV, a más de 2 bar)	< 1 bar: 2, a 0.034 bar; 1 – 2 bar: 2, a 0.14 bar > 2 bar: 3, a la mitad de la máxima presión diferencial
<b>Evaporadores de Un Paso y de Pasos Múltiples</b>	DC	IBLV o F&T	2; 3, con cargas de 22,700 kg./hr
<b>Ollas con Camisas de Vapor</b> (Drenado por Gravedad) (Drenado por Sifón)	IBLV	F&T o Termostática	3
	DC	IBLV	3
<b>Secadoras Rotatorias</b>	DC	IBLV	3, para DC; 8, para IB a presión constante; 10, para IB presión variable
<b>Tanques de Flasheo</b>	IBLV	DC o F&T	3

IBLV = Balde Invertido con Venteador Grande  
 IBCV = Balde Invertido con Válvula Check Interna  
 IBT = Balde Invertido con Venteador Térmico  
 F&T = Flotador y Termostática  
 DC = Controlador Diferencial de Condensado  
 Thermo = Termostática

Use una IB con venteador de aire externo cuando se excedan las limitaciones de presión de la F&T, o si el vapor está sucio. Todos los factores de seguridad son para la presión diferencial de operación, al menos que se indique lo contrario.

**ANEXO 1.12:**

**RANGO DE OPERACIÓN Y ESPECIFICACIONES DE LA VÁLVULA DE GLOBO**





Cert. No. LRQ 0963008

ISO 9001

# spirax/sarco

TI-P132-09  
ST Issue 6

## Válvulas de interrupción de fuelle A3S y A3SS

### Descripción

Válvula de interrupción con fuelle y conexiones roscadas o preparadas para soldar, para usar en sistemas de vapor, condensado y líquidos.

### Normativas

Este producto cumple con los requisitos de la Directiva Europea de Equipos a Presión 97/23 / EC (PED).

Fatiga del fuelle según ISO 15761 para válvulas de globo.

### Fuga del asiento

Pérdida entre disco/asiento según API 598 y DIN 3230 tasa de pérdida B01.

### Certificados

Dispone de certificado EN 10204 3.1.B.

**Nota:** Los certificados/requerimientos de inspección deben solicitarse con el pedido.

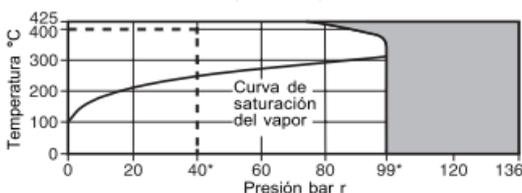
### Tamaños y conexiones

½", ¾", 1", 1¼", 1½" y 2"

Roscadas BSP (BS 21 Paralela), NPT

Preparadas para soldar SW BS 3799/ANSI B16.11

### Condiciones límite (Clase 800)



■ La válvula no puede trabajar en esta zona.

- - - Limitaciones de trabajo según ISO 15761.

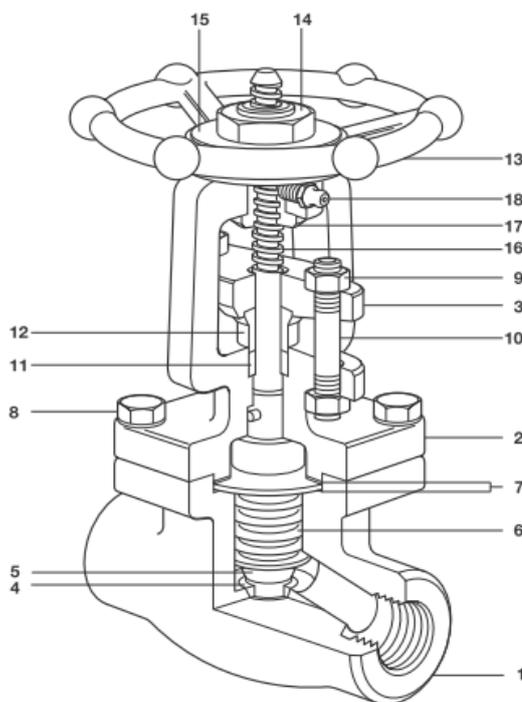
### Materiales

Condiciones de diseño del cuerpo	Clase 800
PMA Presión máxima admisible	136 bar r
TMA Temperatura máxima admisible	425°C
Temperatura mínima admisible	-29°C
PMO Presión máxima de trabajo	99 bar r a 360°C
Presión máxima de trabajo para alargar vida de fuelle	40 bar r a 400°C
TMO Temperatura máxima de trabajo	425°C
Temperatura máxima de trabajo para alargar vida de fuelle	400°C a 40 bar r
Prueba hidráulica (sin fuelle):	212 bar r

### Valores K<sub>v</sub>

Tamaño	½"	¾"	1"	1¼"	1½"	2"
K <sub>v</sub>	1,3	3,2	5,8	9,0	17,0	19,2

Para conversión: C<sub>v</sub> (UK) = K<sub>v</sub> x 0,963 C<sub>v</sub> (US) = K<sub>v</sub> x 1,156



No. Parte	Material	
1 Cuerpo	Acero forjado	ASTM A105
2 Cabezal	Acero forjado	ASTM A105
3 Brida prensaes.	Acero forjado	ASTM A105
4 Asiento integral	Estrellitado	Gr.6
5 Disco	<b>A3S</b> Acero inoxidable	ASTM A276 Tipo 410
	<b>A3SS</b> Acero inoxidable	ASTM A276 Tipo 410 + estrellita Gr.6
6 Fuelle	Acero inoxidable	ASTM A479 Tipo 321
7 Juntas	Spirometálica de acero inoxidable y grafito / Grafito laminado con refuerzo de acero inox.	
8 Tornillos cuerpo	Acero	ASTM A276 B7
9 Tuercas prensa	Acero	ASTM A194 2H
10 Espárrag. pren.	Acero inoxidable	AISI 410
11 Empaquetadura	Grafito	
12 Prensaestopas	Acero inoxidable	ASTM A276 Tipo 410
13 Volante	Acero	
14 Tuerca volante	Acero	
15 Placa	Acero inoxidable	
16 Vástago	Acero inoxidable	ASTM A276 Tipo 410
17 Tuerca	Acero inoxidable	ASTM A582 Tipo 410
19 Engrasador	Acero al carbono	

## ANEXO 1.13:

# RANGO DE OPERACIÓN DE LA VÁLVULA CHECK SEGÚN EL FABRICANTE SPIRAX SARCO



Certificate No. FM163

ISO 9001

# spirax/sarco

TI-P029-01  
ST Issue 3

## Válvula de retención de bronce LCV 1

### Descripción

La LCV 1 es una válvula de retención de bronce de instalación horizontal para prevenir el flujo inverso.

### Tamaños y conexiones

1/2", 3/4", 1", 1 1/4", 1 1/2", 2" y 3".

Roscas BSP o NPT

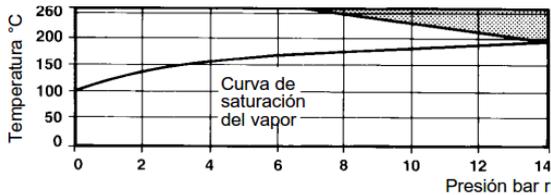
### Condiciones límite

PMA - Presión máxima admisible 14 bar r

TMA - Temperatura máxima admisible 260 °C

Prueba hidráulica 28 bar r

### Rango de operación



La válvula no puede trabajar en esta zona.

### Valores de Kv

Tamaño	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	3"
Kv	1,9	4,3	8,5	11,9	18,8	30,8	68,4

Para conversión  $C_V$  (UK) =  $K_V \times 0,97$        $C_V$  (US) =  $K_V \times 1,17$

### Presiones de apertura en mbar

Sin resortes	→ Presiones					
Tamaño	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
→	6,2	7,4	6,5	7,1	7,1	6,9

### Materiales

No	Parte	Material	
1	Cuerpo	Bronce	BS 1400 LG2
2	Cono	Latón	BS 2874 CZ 114
3	Tapa	Latón	BS 2872 CZ 122
4*	Resorte (sólo 3")	Acero inoxidable	BS 2056 302 S26

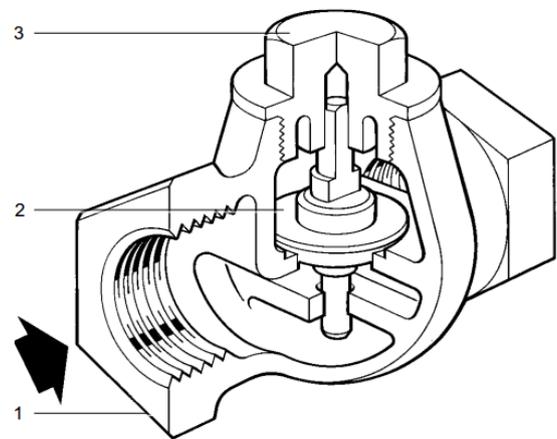
\* No indicado

### Instalación

En tubería horizontal con la dirección del flujo según la flecha del cuerpo.

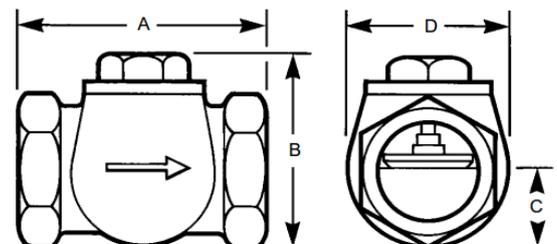
### Como pasar pedido

Válvula de retención Spirax Sarco LCV 1 de 1 1/4" roscada BSP.



### Dimensiones (aproximadas) en milímetros

Tamaño	A	B	C	D	Peso
1/2"	53	46	18	36	0,2 kg
3/4"	71	58	20	41	0,5 kg
1"	86	71	28	56	0,8 kg
1 1/4"	86	71	28	56	0,8 kg
1 1/2"	109	91	36	71	1,9 kg
2"	135	104	43	86	2,7 kg
3"	180	152	61	122	6,9 kg



## ANEXO 1.14:

# GRÁFICO DE DIMENSIONADO DEL SEPARADOR



ISO 9001

# spirax sarco

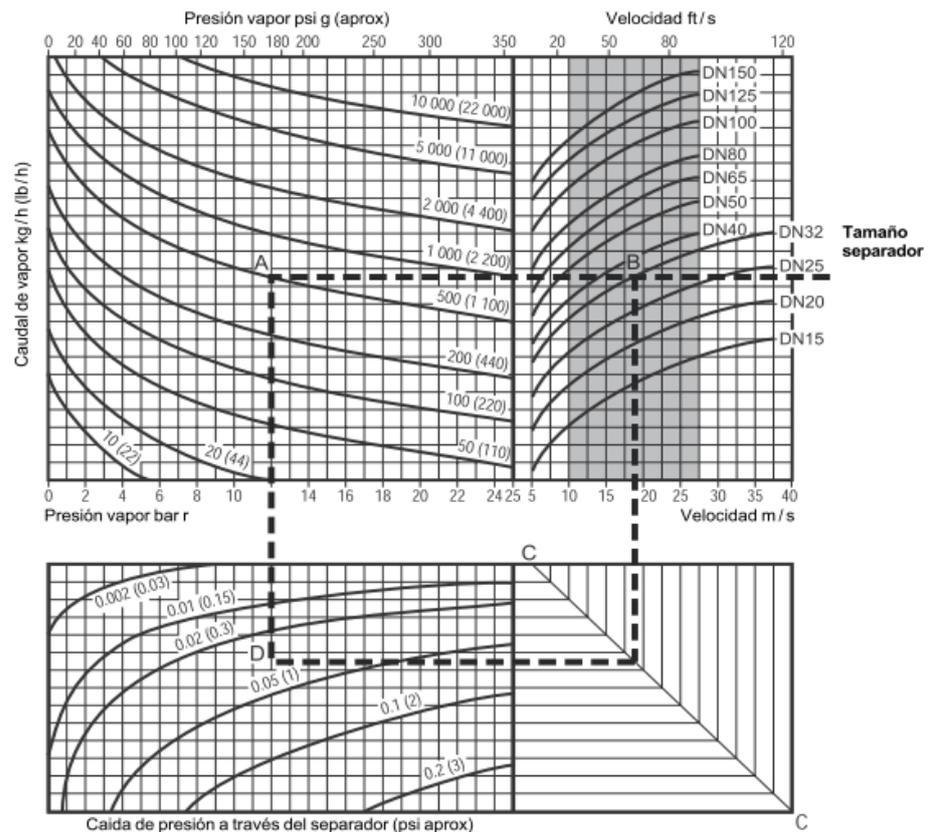
TI-S33-06  
ST Issue 1

## Gráficos de dimensionado para Separadores 1808, S5, S6, S7 y S8

### Ejemplo de dimensionado con vapor:

1. Trazar desde el punto **A** donde la presión del vapor y caudal se cortan, p.ej. 12 bar r / 500 kg/h, una línea horizontal.
2. Seleccionar tamaño de línea. Cualquier curva de separador que sea cortada por esta línea en el área sombreada trabajará con eficiencia cercana al 100 %, p.ej. DN32, punto **B**.
3. Establecer la velocidad. La velocidad de la línea para cada tamaño puede determinarse trazando una línea vertical desde esta intersección. Desde el punto **B** esta línea corta la de velocidad a 18 m/s.
4. Caída de presión. Donde la línea trazada desde el punto **B** corta la línea **C - C**, trazar una línea horizontal. Trazar una línea vertical desde el punto **A**. El punto de intersección, **D**, es la caída de presión del separador, p.ej. menor de 0,05 bar.
5. El separador debe seleccionarse en base al mejor compromiso entre tamaño de línea, velocidad y caída de presión para cada aplicación.

Las áreas sombreadas indican la selección recomendada para eficiencia del 100 %



**Nota:** Para tamaños mayores y materiales, presiones y temperaturas, diferentes a estas condiciones contactar con Spirax Sarco.

Un organismo independiente de la Universidad de Liverpool en Inglaterra ha proporcionado los datos experimentales para este gráfico.



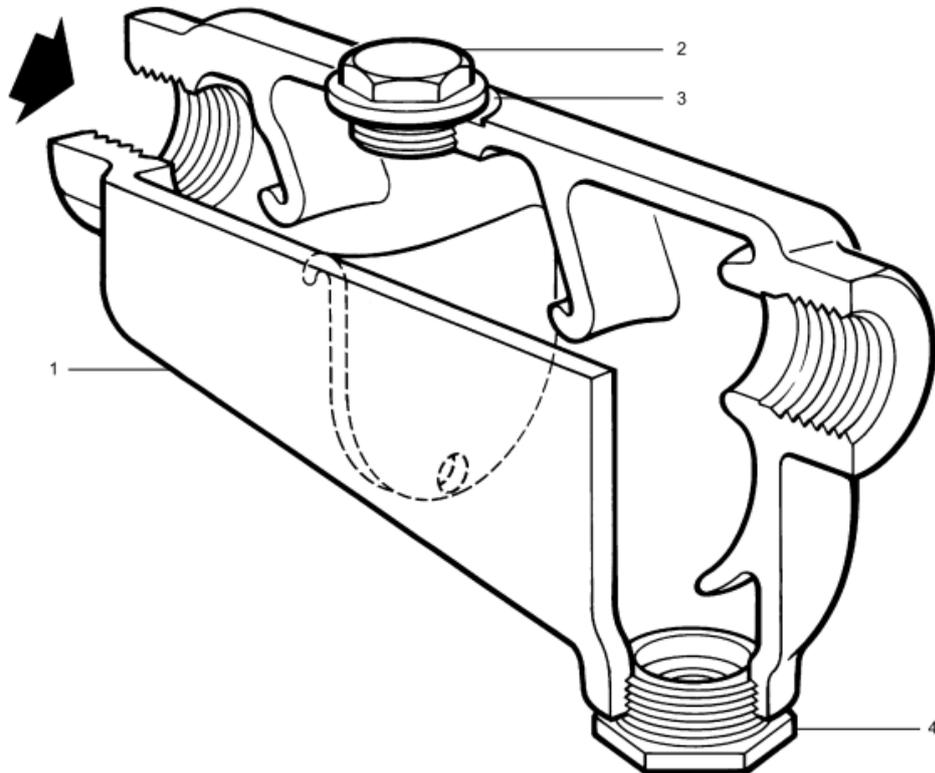
Certificate No. FM163

ISO 9001

# spirax/sarco

TI-P023-07  
ST Issue 3

## Separador S2



### Descripción

Los S2 son separadores del tipo de tabique para la eliminación de líquidos arrastrados por el vapor, aire comprimido o gas.

### Tipos, tamaños y conexiones

Tipo S2 - 1¼", 1½" y 2" Roscado BSP o NPT

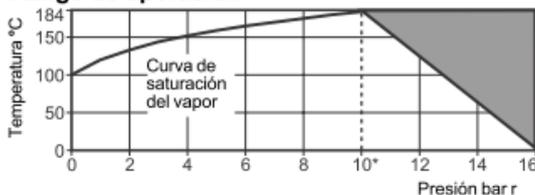
### Condiciones límite

Condiciones de diseño del cuerpo PN16

Temperatura máxima de diseño 184°C

Prueba hidráulica 24 bar r

### Rango de operación



El separador no puede trabajar en esta zona.

\* PMO - Presión máxima recomendada.

### Materiales

No Parte	Material
1 Cuerpo	Hierro fundido DIN 1691 GG20 Equivalente a ASTM A126 CI B
2 Tapón*	Fundición nodular DIN 1693 GGG 40
3 Junta*	Grafito laminado reforzado
4 Casquillo reducción**	Maleable ASTM 197

\*No en el S2 de DN32 y DN40

### Certificación

Este producto dispone de certificaciones EN 10204 2.2 como estándar.

### Instalación

Instalar en una tubería horizontal con el drenaje en la parte inferior. Para asegurar que el líquido separado sea drenado adecuadamente, se debe instalar un eliminador de líquido en la conexión de purga.

### Eliminación

Este producto es reciclable. No es perjudicial con el medio ambiente si se elimina con las precauciones adecuadas.

### Como pasar pedido

1 - Separador SPIRAX SARCO S2 de DN50 con cuerpo de hierro fundido y rosca BSP.

## ANEXO 1.15:

# SELECCIÓN DE FILTROS DE ACUERDO AL FABRICANTE ARMSTRONG

## spirax/sarco Filtro en fundición nodular Fig 12

TI-P163-01  
ST Issue 7

### Descripción

El Fig 12 es un filtro roscado en fundición nodular tipo Y. Las perforaciones de tamices estándar son de 0,8 mm. Bajo pedido se pueden suministrar otras perforaciones y mallas así como material del tamiz en Monel. Asimismo se puede suministrar la tapa con tapón de purga o válvula.

### Normativas

Este producto cumple totalmente con los requisitos de la Directiva Europea de Equipos a Presión 97/23/EC.

### Certificados

Dispone de certificado de pruebas típico del fabricante como estándar.  
**Nota:** Los certificados/requerimientos de inspección deben solicitarse con el pedido.

### Tamaños y conexiones

½", ¾", 1", 1¼", 1½", 2", 2½" y 3" roscadas BSP o NPT

### Extras opcionales

#### Tamiz

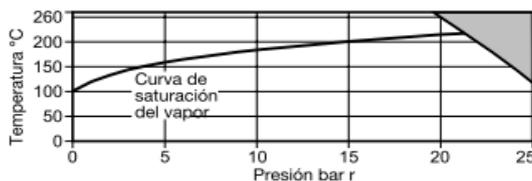
Acero inoxidable	Perforaciones	1,6; 3 mm
	Mesh	40, 100, 200
Monel	Perforaciones	0,8; 3 mm
	Mesh	100

### Conexiones para válvula o tapón de purga

La tapa puede ser taladrada en los siguientes tamaños para facilitar el montaje de válvula o tapón de purga.

Tamaño filtro	Válvula de purga	Tapón de purga
½"	¼"	¼"
¾" y 1"	½"	½"
1¼" y 1½"	1"	¾"
2" a 3"	1¼"	¾"

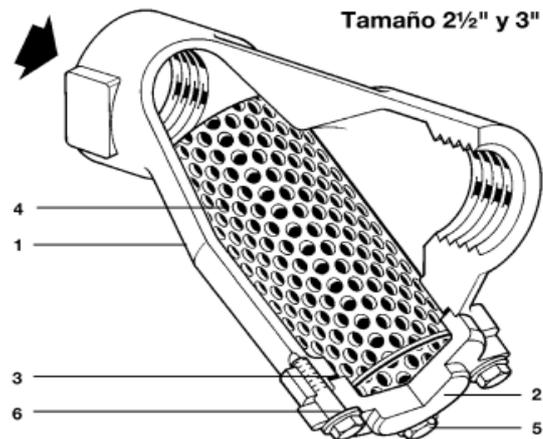
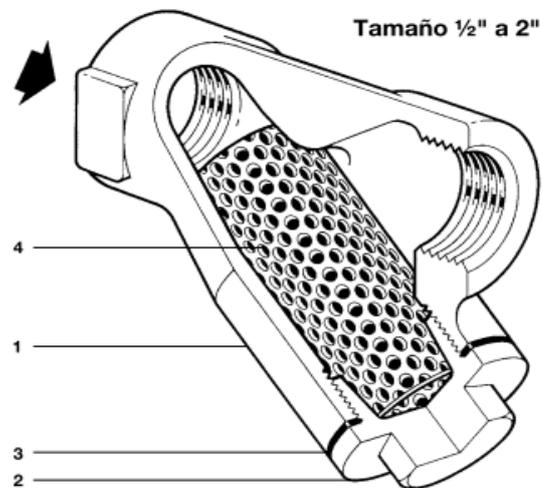
### Rango de operación



El filtro **no puede** trabajar en esta zona.

Condiciones de diseño del cuerpo		PN25
PMA	Presión máxima admisible	25 bar r a 120°C
TMA	Temperatura máxima admisible	260°C a 19,5 bar r
Temperatura mínima admisible		-10°C
PMO	Presión máxima de trabajo para vapor saturado	21 bar r
TMO	Temperatura máxima de trabajo	260°C a 19,5 bar r
Temperatura mínima de trabajo		½" a 2" -10°C 2½" y 3" 0°C

**Nota:** Para temperaturas operativas inferiores consultar con Spirax Sarco  
Prueba hidráulica: 38 bar r



### Materiales

No. Parte	Material
1 Cuerpo	Fundición nodular DIN 1693 GGG 40
2 Tapa	Acero al carbono 1.0460 y ASTM A105N
3 Junta tapa	Grafito laminado reforzado
4 Tamiz	Acero inoxidable 316L
5 Tornillo	Acero al carbono BS 3692 Gr. 8.8
6 Arandela	Acero al carbono BS 4320 TI Form A

## ANEXO 1.16:

### PARÁMETROS DE SELECCIÓN VÁLVULAS DE SEGURIDAD



Cert. No. LRQ 0963008

ISO 9001

# spirax sarco

TI-S13-37

CH Issue 1

## Válvula de seguridad SV615

### Capacidades de descarga para Vapor, Aire y Agua

#### SV615 Capacidades de descarga de vapor saturado en kilos por hora (kg/h)

(calculado de acuerdo con BS 6759 en una acumulación del 5%)

Coefficiente reducido de descarga (Kdr) = 0,71

Tamaño válvula DN	15/20	20/32	25/40	32/50	40/65	50/80
Area (mm <sup>2</sup> )	113	314	452	661	1 075	1 662

Presión de ajuste (bar r)	Capacidades de descarga de vapor saturado kg/h					
0,5	65	180	259	379	616	953
1,0	87	241	348	508	827	1 278
1,5	109	303	436	638	1 037	1 603
2,0	131	364	524	767	1 247	1 929
2,5	153	426	613	896	1 458	2 254
3,0	175	487	701	1 026	1 668	2 579
3,5	197	549	790	1 155	1 879	2 904
4,0	220	610	878	1 284	2 089	3 230
4,5	242	672	967	1 414	2 299	3 555
5,0	264	733	1 055	1 543	2 510	3 880
5,5	286	794	1 144	1 672	2 720	4 205
6,0	308	856	1 232	1 802	2 930	4 530
6,5	330	917	1 321	1 931	3 141	4 856
7,0	352	979	1 409	2 061	3 351	5 181
7,5	374	1 040	1 497	2 190	3 561	5 506
8,0	396	1 102	1 586	2 319	3 772	5 831
8,5	419	1 163	1 674	2 449	3 982	6 157
9,0	441	1 225	1 763	2 578	4 193	6 482
9,5	463	1 286	1 851	2 707	4 403	6 807
10,0	485	1 348	1 940	2 837	4 613	7 132
11,0	529	1 470	2 117	3 095	5 034	7 783
12,0	573	1 593	2 294	3 354	5 455	8 433
13,0	618	1 716	2 470	3 613	5 876	9 084
14,0	662	1 839	2 647	3 871	6 296	9 734
15,0	706	1 962	2 824	4 130	-	-
16,0	750	2 085	3 001	4 389	-	-
17,0	795	2 208	3 178	4 648	-	-
18,0	839	2 331	3 355	4 906	-	-



Cert. No. LRQ 0963008

ISO 9001

# spirax/sarco

TI-P316-01  
CH Issue 5

## Válvula de seguridad SV615

### Descripción

La SV615 es una válvula de seguridad de tobera total diseñada para el uso con vapor, aire, gases industriales inertes y líquidos no peligrosos.

### Tipos disponibles

Se dispone de válvulas de tamaños DN15 a DN50 y tienen el cuerpo de bronce con conexiones roscadas y tobera en acero inoxidable. También existe una opción de conexión de entrada sanitaria en los tamaños pequeños. Todas las válvulas tienen el cuerpo cerrado con palanca o cabezal cerrado. Se dispone de una versión con asiento blando de nitrilo, EPDM o vitón.

### Aplicaciones

La SV615 es adecuada para la protección de calderas de vapor o agua caliente, generadores, recipientes, calderines y compresores de aire, autoclaves, aguas abajo de válvulas reductoras de presión y para aplicaciones de alivio general de presión.

### Normas y aprobaciones

La SV615 está diseñada y aprobada según la normativa BS 6759 parte 1, 2 y 3 y lleva la marca CE indicando que cumple con los requisitos de la Directiva Europea de Equipos a Presión 97/23/EC (PED). La Autoridad de Aprobación y Cuerpo de Notificación es SAFed TAS. Estanqueidad del asiento según API 527.

### Tamaños y conexiones

DN15, 20, 25, 32, 40 y 50.

#### Conexiones de entrada

Rosca BSP (BS 21 paralelo) o NPT.  
Conexión sanitaria (Solo tamaños DN15, DN20 y DN25)  
BS 4825 / ISO 2852 / DIN 32676.

#### Conexiones de salida

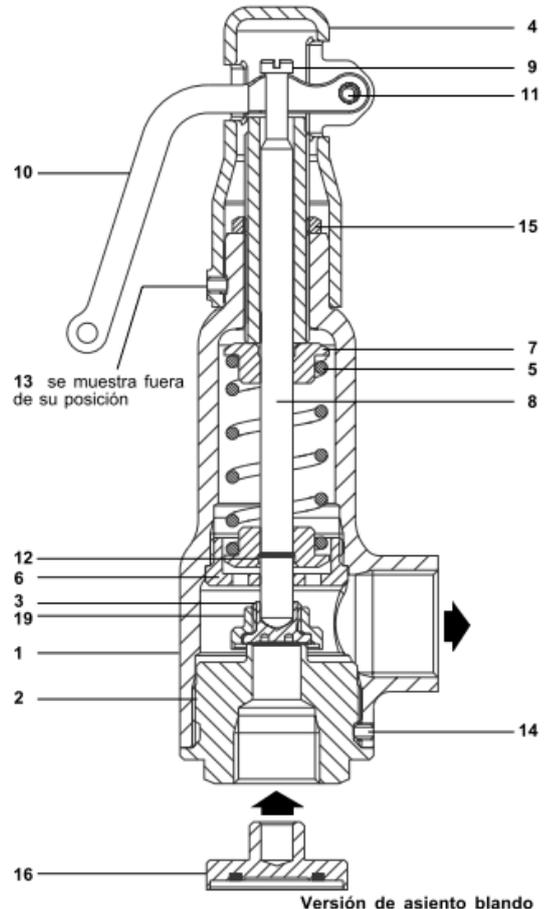
Rosca BSP (BS 21 paralelo) o NPT.

### Materiales

No	Parte	Material	
** 1	Cuerpo principal	Bronce	BS EN 1982 CC491K
** 2	Tobera	Acero inoxidable	BS 3146 Pt2 Gr. ANC2
3	Disco	Acero inoxidable	BS 970 431 S29
4	Cabezal	Bronce	BS EN 1982 CC491K
5	Resorte	Acero Cr.	BS 2803 730 A65
6	Guía vástago	Latón	BS 2872 CZ 121
7	Platos resorte	Latón	BS 2872 CZ 121
8	Vástago	Acero inoxidable	BS 970 431 S29
9	Tornillo regulación	Latón	BS 2874 CZ 121
10	Palanca	Fundición nodular	DIN 1693 GGG 40
11	Pasador	Acero inoxidable	AISI 304
12	Circlip	Acero inoxidable	BS 2056 316 S42
13	Tornillo tapa	Acero inoxidable	BS ISO 3506
14	Tornillo tobera	Acero inoxidable	BS ISO 3506
15	Tuerca	Latón	BS 2872 CZ 121
16	Disco asiento blando	Latón/nitrilo	ASTM A 276 316
		Latón/EPDM	ASTM A 276 316
		Latón/vitón	ASTM A 276 316
† 17	Cabezal cerrado	Bronce	BS EN 1982 CC491K
† 18	Junta cabez. cerrado	Nitrilo	
19	Anillo disco	Latón	BS 2874 CZ 121

\*\* ASTM A276 316L (para válvula con conexión sanitaria).

† No se muestran. Especial para aplicaciones de gases



### Condiciones límite

Condiciones de diseño del cuerpo		PN25
Rangos de presión de tara	DN15 a DN32	0,3 a 18 bar
	DN40 y DN50	0,3 a 14 bar
Rango temperatura	Asiento acero inox.	-90°C a +230°C
	*Asiento Nitrilo	-30°C a +120°C
	*Asiento EPDM	-50°C a +150°C
	*Asiento Vitón	-20°C a +200°C
Prueba hidráulica		38 bar

\*Nota: El asiento blando no es adecuado para aplicaciones de vapor.

### Certificados

Esta disponible con certificados de conformidad que incluyen la tara y prueba hidráulica. Debe solicitarse al pasar pedido. También bajo pedido, certificación de material EN 10204 3.1.B para todos los elementos principales sometidos a presión.

**ANEXOS**

**CAPITULO 2**

**ANEXO 2.1:**

**HOJA DE MANTENIMIENTOS CASA DE MÁQUINAS**

		<b>INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL</b>			
		<b>HOSPITAL CARLOS ANDRADE MARÍN</b>			
<b>SUBGERENCIA DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO</b>					
<b>MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS, OPERACIÓN DE CASA DE MÁQUINAS Y EQUIPOS FIJOS</b>					
<b>HOJA DE MÁQUINA.</b>					
<b>Equipo:</b>	CALDERO #1	<b>Código:</b>		<b>Fecha:</b>	ene-13
<b>Ubicación:</b>	Casa de Máquinas	<b># De Inventario:</b>		<b>Hoja #</b>	12/54
<b>DATOS TÉCNICOS</b>					
<b>EQUIPO</b>					
<b>Marca:</b>	CLEAVER BROOKS	<b>Modelo:</b>	CB 101-250		
<b>Serie:</b>	L-80545	<b>Capacidad:</b>	250 BHP		
<b>Presión de Trabajo:</b>	85 PSI	<b>Funcionamiento</b>	6H00 - 19h00		
<b>ELEMENTOS Y ACCESORIOS COMPLEMENTARIOS</b>					
<b>EQUIPO: MOTOR VENTILADOR</b>			<b>EQUIPO: BOMBA DE COMBUSTIBLE</b>		
		<b>OBS.</b>		<b>OBS.</b>	
<b>Marca:</b>	CLEAVER BROOKS		<b>Marca:</b>	VEN	
<b>Part. N°</b>	894-2447		<b>Serie:</b>	62357802	
<b>Modelo:</b>	FJV213TTDW7013AB L		<b>Voltaje:</b>	220/440	
<b>TIPO:</b>	TDR		<b>Amperaje:</b>	0,81/0,71	
<b>HP:</b>	10		<b>Frecuencia:</b>	60HZ	
<b>RPM:</b>	3500.		<b>Fases:</b>	3	
<b>Voltaje:</b>	200-230/460		<b>HP:</b>	1/2.	
<b>Amperaje:</b>	28-24,2/12,1		<b>RPM:</b>	1635/1700	
<b>Frecuencia:</b>	60HZ				
<b>Fases:</b>	3				
<b>Rodamientos</b>	????????????				
<b>EQUIPO:ELECTROVALVULAS DE COMBUSTIBLE</b>			<b>EQUIPO:SENSOR DE NIVEL DE AGUA</b>		
<b>Marca:</b>	ASCA		<b>Marca:</b>	Mc DONNELL & MILLER	
<b>Voltaje:</b>	120		<b>Modelo:</b>	157S	
<b>Combustible:</b>	Nº2y Nº4 110 PSI		<b>Presión:</b>	150 PSI	
<b>Frecuencia:</b>	60HZ				
<b>Cantidad:</b>	2		<b>EQUIPO: PRESOSTATOS</b>		
<b>Roscado:</b>	3/8"		<b>PRESOSTATO 1</b>	Marca: HONEYWELL	
<b>EQUIPO: TRANSFORMADOR DE IGNICIÓN</b>			DIF.=8-16PSI; Set=10PSI      MAIN=0-150PSI; Set=90PSI		
<b>Marca:</b>	ALLANSON		<b>PRESOSTATO 2</b>	Marca: HONEYWELL	
<b>Primario:</b>	120V; 180VA;50/60HZ		DIF.=2-16PSI; Set=11PSI      MAIN=0-150PSI; Set=105PSI		
<b>Secundario:</b>	6000V; 25/20 mA		<b>PRESOSTATO 3</b>	Marca: HONEYWELL	
<b>CAT:</b>	1092		MAIN=0-150PSI; Set=90PSI		
<b>OBSERVACIONES:</b>					
EMPAQUE HAND HOLE 3 1/4"X 4 1/2"METALICAS					

**ANEXO 2.2:**

**ESPECIFICACIONES COMBUSTIBLE PARA GENERACION DE VAPOR**

 PETROCOMERCIAL FILIAL DE PETROECUADOR	<b>UNIDAD DE PROTECCIÓN AMBIENTAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL</b>	VERSIÓN: 00
		FECHA:
		CÓDIGO:
		Página 3 de 18

**PROPIEDADES FISICO – QUÍMICOS**

<b>Estado Físico:</b>	Líquido a temperatura ambiente
<b>Aspecto:</b>	Aceitoso
<b>Color:</b>	Amarillo
<b>Olor:</b>	Característico
<b>Temperatura de Ebullición Inicial:</b>	160 °C
<b>Temperatura de Ebullición Final:</b>	360°C
<b>Solubilidad en Agua:</b>	0.007 kg/m <sup>3</sup>
<b>Presión de Vapor Reid:</b>	0.1 mmHg
<b>Densidad de Vapor (Aire = 1):</b>	4.5
<b>Densidad a 15 C:</b>	845 kg/m <sup>3</sup>
<b>Densidad Relativa:</b>	0.865
<b>Viscosidad Cinemática 37.8°C:</b>	2.6 - 6 cst
<b>Calor Latente Vaporización:</b>	60 cal/gm
<b>Calor De Combustión:</b>	11200 BTU/lb

Elaborado Por: Unidad de Protección Ambiental y Seguridad Industrial Ing. D. Vivanco;                      Ing. G. Guayaquil	Revisado Por; Jefe Unidad de Protección Ambiental y Seguridad Industrial Ing. Marina García
Fecha: Marzo 2007	Fecha: Marzo 2007



GUIA DE EMISION

0385528

0385529

0385530

0385531

0385532

0385533

Numero Guia: 013-001-000559120  
Cd. Control: 02484841

Nota pedido: 02304633 013-002-000020055 2013/10/02

BSQTRUC BL06 2013/10/05 14:35:58  
Fin traslado: 2013/10/06

Inicio traslado.: 2013/10/05  
Comercializadora: 01 EP PETROECUADOR  
Identif. Cliente: 02010138 I.E.S.S. HOSP CARLOS ANDRADE M  
JC del Cliente.: 1768046450001  
Direccion.....: 170150 QUITO  
Direccion Local.: AYACUCHO Y PORTOVIE43  
Ident. Transporte: 02-0549-02 A/T  
Ident. Conductor: CAIZA MOREJON LUIS ALBERTO  
Licencia Conductor: 1705042438

Terminal: 02 TERM. EL BEATERIO  
Producto: 33 DIESEL 2 INDUSTRIAL

Placa: PRJ0127  
No. Autorizacion: 1112531661  
Rige Desde: 2013/04/02 Hasta: 2014/04/02  
Motivo traslado: VENTA

COMPARTIMENTOS					
1	2	3	4	5	6
2.000	1.000	1.000	2.000		

Formulario: 02947607

CLIENTE

VOLUMEN DESPACHADO:

6.000



2947607

CONTRIBUYENTE ESPECIAL RESOLUCION 2572 DEL 6 DE ABRIL DE 2010



EMPRESA PÚBLICA DE HIDROCARBUROS  
DEL ECUADOR EP PETROECUADOR  
RUC: 1768153530001  
CONTRIB. ESPECIAL RESOL. 2572 2010-04-06

MATRIZ  
Apallana E8-86 y Av. 6 de Diciembre  
QUITO - ECUADOR  
Telfs: 2994-200  
Fax: 2543 432 - 2500 934

ESTABLECIMIENTO: LINEA FERREA S/N y S48  
LUGAR Y F. DE EMISION: 02-SUCURSAL QUITO 2013-10-02  
FECHA DE VENCIMIENTO: 2013-10-02  
SR. (ES): 02010138-HOSP. SEG. SOCIAL QUITO.  
HOSP. IESS QUITO  
R.U.C.: 1768046450001  
DIRECCION: AYACUCHO Y PORTOVIE43 y.  
DEPOSITO DE ENTREGA: 02 - TERM. EL BEATERIO

FACTURA: 013-002-0020055  
COD. CONTROL: 02-02304633

AUTORIZACION SRI No.1112531661  
RIGE DESDE: 2013-04-02  
HASTA: 2014-04-02

DATOS SISTEMA: 2013-10-02 12:32:49  
FAC-EMI-P

PRODUCTO	UNIDAD	CANTIDAD	PREC.UNIT.	TOTAL
DIESEL 2 INDUSTRIAL	GALS	6,000.000	0.820284	4,921.70
SUBTOTAL				4,921.70
2% IVA PRODUCTO				590.60
CINCO MIL QUINIENTOS DOCE CON 30/100 DOLARES				\$ 5,512.30

Si el cliente no retira el producto en el lapso de 30 días, el sistema procederá a anular la factura

FECHA LÍMITE DE DESPACHO A LA FECHA DE VENCIMIENTO

OBSERVACIONES: SPI

FIRMA DE RESPONSABILIDAD  
UIOCCFE

Original: CLIENTE

CLIENTE  
C.C.

LECTURA MEDIDOR

**ANEXO 2.3:**

**FUNCIONAMIENTO DE LAS CALDERAS DE ACUERDO AL HORARIO ESTABLECIDO**

<b>HOJA DE CONTROL DE FUNCIONAMIENTO MENSUAL DE CALDEROS</b>																		
ene-14																		
MES																		
DIA	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
CALDERO	CB#1	CB#1	CB#1	CB#2	CB#2	CB#2	CB#3	CB#3	CB#3	CB#3	CB#1	CB#1	CB#2	CB#2	CB#2	CB#3	CB#3	CB#3

ene-14																		
ene-14																		
MES																		
DIA	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6
CALDERO	CB#3	CB#3	CB#1	CB#1	CB#1	CB#2	CB#2	CB#2	CB#2	CB#3	CB#3	CB#1	CB#1	CB#1	CB#2	CB#2	CB#2	CB#3

ELABORADO POR ING. JAJME ZANIPATIN	APROBADO POR ING. ALVARO ARRIAGADA
---------------------------------------	---------------------------------------

## ANEXO 2.4:

### CRONOGRAMA DE SUMINISTROS DE VAPOR

	<b>INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL</b>	
	<b>SUBGERENCIA DE SERVICIOS GENERALES Y MANTENIMIENTO</b>	
	<b>CASA DE MAQUINAS Y EQUIPOS FIJOS DEL HOSPITAL "CARLOS ANDRADE MARÍN"</b>	
	<b><i>CRONOGRAMA DE SUMINISTRO DE VAPOR</i></b>	
SERVICIO	HORARIO	
	LUNES A VIERNES	SÁBADO, DOMINGO Y FERIADOS
COCINA	6H00 - 16H00	6H00 - 16H00
LA VANDERÍA	6H00 - 19H00	6H00 - 13H00
QUIRÓFANOS Y CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN	6H00 - 24H00	6H00 - 22H00
NEONATOLOGÍA	6H00 - 24H01	6H00 - 22H00
OBSTETRICIA	6H00 - 24H02	6H00 - 22H00
SALA DE PARTOS	6H00 - 24H00	6H00 - 22H00
LABORATORIO CENTRAL	6H00 - 14H00	VÁLVULA CERRADA
PATOLOGÍA	6H00 - 14H00	VÁLVULA CERRADA
REHABILITACIÓN (PISCINA)	6H00 - 14H00	VÁLVULA CERRADA
AGUA CALIENTE	6H00 - 18H00	6H00 - 15H00

ANEXO 2.5:

TABLA DE PRESIONES ATMOSFÉRICAS SEGÚN LA ALTITUD

Tabla 1. Valores de la Atmósfera Estandar Internacional (ISA).

ALTITUDE (Feet)	TEMP. (°C)	PRESSURE			PRESSURE RATIO $\delta = P/P_0$	DENSITY $\sigma = \rho/\rho_0$	Speed of sound (kt)	ALTITUDE (meters)
		hPa	PSI	In. Hg				
40 000	- 56.5	188	2.72	5.54	0.1851	0.2462	573	12 192
39 000	- 56.5	197	2.58	5.81	0.1942	0.2583	573	11 887
38 000	- 56.5	206	2.99	6.10	0.2038	0.2710	573	11 582
37 000	- 56.5	217	3.14	6.40	0.2138	0.2844	573	11 278
36 000	- 56.3	227	3.30	6.71	0.2243	0.2981	573	10 973
35 000	- 54.3	238	3.46	7.04	0.2353	0.3099	576	10 668
34 000	- 52.4	250	3.63	7.38	0.2467	0.3220	579	10 363
33 000	- 50.4	262	3.80	7.74	0.2586	0.3345	581	10 058
32 000	- 48.4	274	3.98	8.11	0.2709	0.3473	584	9 754
31 000	- 46.4	287	4.17	8.49	0.2837	0.3605	586	9 449
30 000	- 44.4	301	4.36	8.89	0.2970	0.3741	589	9 144
29 000	- 42.5	315	4.57	9.30	0.3107	0.3881	591	8 839
28 000	- 40.5	329	4.78	9.73	0.3250	0.4025	594	8 534
27 000	- 38.5	344	4.99	10.17	0.3398	0.4173	597	8 230
26 000	- 36.5	360	5.22	10.63	0.3552	0.4325	599	7 925
25 000	- 34.5	376	5.45	11.10	0.3711	0.4481	602	7 620
24 000	- 32.5	393	5.70	11.60	0.3876	0.4642	604	7 315
23 000	- 30.6	410	5.95	12.11	0.4046	0.4806	607	7 010
22 000	- 28.6	428	6.21	12.64	0.4223	0.4976	609	6 706
21 000	- 26.6	446	6.47	13.18	0.4406	0.5150	611	6 401
20 000	- 24.6	466	6.75	13.75	0.4595	0.5328	614	6 096
19 000	- 22.6	485	7.04	14.34	0.4791	0.5511	616	5 791
18 000	- 20.7	506	7.34	14.94	0.4994	0.5699	619	5 406
17 000	- 18.7	527	7.65	15.57	0.5203	0.5892	621	5 182
16 000	- 16.7	549	7.97	16.22	0.5420	0.6090	624	4 877
15 000	- 14.7	572	8.29	16.89	0.5643	0.6292	626	4 572
14 000	- 12.7	595	8.63	17.58	0.5875	0.6500	628	4 267
13 000	- 10.8	619	8.99	18.29	0.6113	0.6713	631	3 962
12 000	- 8.8	644	9.35	19.03	0.6360	0.6932	633	3 658
11 000	- 6.8	670	9.72	19.79	0.6614	0.7156	636	3 353
10 000	- 4.8	697	10.10	20.58	0.6877	0.7385	638	3 048
9 000	- 2.8	724	10.51	21.39	0.7148	0.7620	640	2 743
8 000	- 0.8	753	10.92	22.22	0.7428	0.7860	643	2 438
7 000	+ 1.1	782	11.34	23.09	0.7716	0.8106	645	2 134
6 000	+ 3.1	812	11.78	23.98	0.8014	0.8359	647	1 829
5 000	+ 5.1	843	12.23	24.90	0.8320	0.8617	650	1 524
4 000	+ 7.1	875	12.69	25.84	0.8637	0.8881	652	1 219
3 000	+ 9.1	908	13.17	26.82	0.8962	0.9151	654	914
2 000	+ 11.0	942	13.67	27.82	0.9298	0.9428	656	610
1 000	+ 13.0	977	14.17	28.86	0.9644	0.9711	659	305
0	+ 15.0	1013	14.70	29.92	1.0000	1.0000	661	0
- 1 000	+ 17.0	1050	15.23	31.02	1.0366	1.0295	664	- 305

**ANEXO 2.6:**

**TABLA DE PROPIEDADES DEL VAPOR SATURADO (entrada por presiones)**

Presión absoluta bara	Temperatura °C	Entalpia especifica kWh/kg	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Volumen especifico m <sup>3</sup> /kg	Viscosidad dinámica cP	Viscosidad cinemática cSt	Calor especifico kWh/kg K
0,1	45,81	0,717746	0,068164	14,670558	0,010486	153,829602	0,0005393
0,2	60,06	0,724708	0,130751	7,648151	0,010936	83,643381	0,0005462
0,3	69,10	0,729042	0,191257	5,228560	0,011231	58,720149	0,0005515
0,4	75,86	0,732236	0,250431	3,993110	0,011454	45,737808	0,0005559
0,5	81,32	0,734781	0,308628	3,240149	0,011636	37,703850	0,0005599
0,6	85,93	0,736904	0,366055	2,731829	0,011791	32,212043	0,0005636
0,7	89,93	0,738727	0,422851	2,364899	0,011927	28,205490	0,0005670
0,8	93,49	0,740327	0,479113	2,087189	0,012047	25,144926	0,0005704
0,9	96,69	0,741754	0,534914	1,869458	0,012156	22,725515	0,0005736
1	99,61	0,743042	0,590311	1,694023	0,012256	20,761550	0,0005766
2	120,21	0,751734	1,129006	0,885735	0,012963	11,482172	0,0006042
3	133,53	0,756914	1,650749	0,605785	0,013423	8,131467	0,0006283
4	143,61	0,760571	2,162668	0,462392	0,013771	6,367790	0,0006501
5	151,84	0,763363	2,668058	0,374804	0,014055	5,267986	0,0006702
6	158,83	0,765594	3,168816	0,315575	0,014297	4,511649	0,0006889
7	164,95	0,767430	3,666173	0,272764	0,014507	3,957123	0,0007065
8	170,41	0,768973	4,160988	0,240328	0,014696	3,531747	0,0007231
9	175,36	0,770288	4,653897	0,214874	0,014866	3,194261	0,0007390
10	179,89	0,771422	5,145386	0,194349	0,015022	2,919431	0,0007542
11	184,07	0,772408	5,635842	0,177436	0,015166	2,690922	0,0007688
12	187,96	0,773269	6,125579	0,163250	0,015300	2,497678	0,0007830
13	191,61	0,774026	6,614856	0,151175	0,015425	2,331934	0,0007968
14	195,05	0,774693	7,103894	0,140768	0,015544	2,188072	0,0008103
15	198,30	0,775281	7,592880	0,131702	0,015656	2,061923	0,0008235
16	201,38	0,775800	8,081978	0,123732	0,015762	1,950325	0,0008364
17	204,31	0,776259	8,571331	0,116668	0,015864	1,850835	0,0008491
18	207,12	0,776663	9,061065	0,110362	0,015961	1,761532	0,0008616
19	209,81	0,777018	9,551295	0,104698	0,016055	1,680889	0,0008740
20	212,38	0,777329	10,042122	0,099581	0,016144	1,607671	0,0008862
21	214,87	0,777600	10,533640	0,094934	0,016231	1,540870	0,0008983
22	217,26	0,777834	11,025935	0,090695	0,016315	1,479655	0,0009103
23	219,56	0,778035	11,519083	0,086812	0,016396	1,423334	0,0009222
24	221,80	0,778204	12,013158	0,083242	0,016474	1,371327	0,0009340
25	223,96	0,778345	12,508228	0,079947	0,016550	1,323144	0,0009457
26	226,05	0,778460	13,004356	0,076897	0,016624	1,278364	0,0009573
27	228,09	0,778549	13,501600	0,074065	0,016696	1,236630	0,0009689
28	230,06	0,778615	14,000018	0,071428	0,016767	1,197633	0,0009805
29	231,99	0,778660	14,499662	0,068967	0,016836	1,161104	0,0009920
30	233,86	0,778685	15,000582	0,066664	0,016903	1,126809	0,0010034
31	235,68	0,778690	15,502828	0,064504	0,016969	1,094543	0,0010148
32	237,46	0,778677	16,006444	0,062475	0,017033	1,064127	0,0010262
33	239,20	0,778647	16,511476	0,060564	0,017096	1,035400	0,0010376
34	240,90	0,778601	17,017966	0,058761	0,017158	1,008222	0,0010490
35	242,56	0,778540	17,525955	0,057058	0,017219	0,982468	0,0010603
36	244,19	0,778464	18,035484	0,055446	0,017278	0,958024	0,0010717
37	245,78	0,778374	18,546592	0,053918	0,017337	0,934790	0,0010830
38	247,33	0,778271	19,059316	0,052468	0,017395	0,912677	0,0010944
39	248,86	0,778155	19,573694	0,051089	0,017452	0,891601	0,0011058
40	250,36	0,778027	20,089761	0,049777	0,017508	0,871490	0,0011172
41	251,83	0,777887	20,607553	0,048526	0,017563	0,852278	0,0011286
42	253,27	0,777737	21,127106	0,047333	0,017618	0,833902	0,0011400
43	254,68	0,777575	21,648453	0,046193	0,017672	0,816308	0,0011514
44	256,07	0,777403	22,171628	0,045103	0,017725	0,799446	0,0011629
45	257,44	0,777221	22,696666	0,044059	0,017778	0,783269	0,0011744

ANEXO 2.7:

TABLA DE REFERENCIA DE ESESORES EN TUBERÍAS SIN COSTURA

TABLA F.1 Cédula 40.

Tamaño nom. de tubería	Diámetro exterior		Espesor de pared		Diámetro interior			Flujo de área	
	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(pies)	(mm)	(pies <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )
1/8	0.405	10.3	0.068	1.73	0.269	0.0224	6.8	0.000 394	3.660 × 10 <sup>-5</sup>
1/4	0.540	13.7	0.088	2.24	0.364	0.0303	9.2	0.000 723	6.717 × 10 <sup>-5</sup>
3/8	0.675	17.1	0.091	2.31	0.493	0.0411	12.5	0.001 33	1.236 × 10 <sup>-4</sup>
1/2	0.840	21.3	0.109	2.77	0.622	0.0518	15.8	0.002 11	1.960 × 10 <sup>-4</sup>
3/4	1.050	26.7	0.113	2.87	0.824	0.0687	20.9	0.003 70	3.437 × 10 <sup>-4</sup>
1	1.315	33.4	0.133	3.38	1.049	0.0874	26.6	0.006 00	5.574 × 10 <sup>-4</sup>
1 1/4	1.660	42.2	0.140	3.56	1.380	0.1150	35.1	0.010 39	9.653 × 10 <sup>-4</sup>
1 1/2	1.900	48.3	0.145	3.68	1.610	0.1342	40.9	0.014 14	1.314 × 10 <sup>-3</sup>
2	2.375	60.3	0.154	3.91	2.067	0.1723	52.5	0.023 33	2.168 × 10 <sup>-3</sup>
2 1/2	2.875	73.0	0.203	5.16	2.469	0.2058	62.7	0.033 26	3.090 × 10 <sup>-3</sup>
3	3.500	88.9	0.216	5.49	3.068	0.2557	77.9	0.051 32	4.768 × 10 <sup>-3</sup>
3 1/2	4.000	101.6	0.226	5.74	3.548	0.2957	90.1	0.068 68	6.381 × 10 <sup>-3</sup>
4	4.500	114.3	0.237	6.02	4.026	0.3355	102.3	0.088 40	8.213 × 10 <sup>-3</sup>
5	5.563	141.3	0.258	6.55	5.047	0.4206	128.2	0.139 0	1.291 × 10 <sup>-2</sup>
6	6.625	168.3	0.280	7.11	6.065	0.5054	154.1	0.200 6	1.864 × 10 <sup>-2</sup>
8	8.625	219.1	0.322	8.18	7.981	0.6651	202.7	0.347 2	3.226 × 10 <sup>-2</sup>
10	10.750	273.1	0.365	9.27	10.020	0.8350	254.5	0.547 9	5.090 × 10 <sup>-2</sup>
12	12.750	323.9	0.406	10.31	11.938	0.9948	303.2	0.777 1	7.219 × 10 <sup>-2</sup>
14	14.000	355.6	0.437	11.10	13.126	1.094	333.4	0.939 6	8.729 × 10 <sup>-2</sup>
16	16.000	406.4	0.500	12.70	15.000	1.250	381.0	1.227	0.1140
18	18.000	457.2	0.562	14.27	16.876	1.406	428.7	1.553	0.1443
20	20.000	508.0	0.593	15.06	18.814	1.568	477.9	1.931	0.1794
24	24.000	609.6	0.687	17.45	22.626	1.886	574.7	2.792	0.2594

**ANEXO 2.8:****TABLA DE RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES**

MATERIAL	RUGOSIDAD ( $\epsilon$ )	
	ft	mm
Vidrio Plástico	0	0
Concreto	0,003 - 0,03	0,9 - 9
Duela de madera	0,0016	0,5
Hule aislado	0,000033	0,01
<i>Tubería de cobre o latón</i>	<i>0,000005</i>	<i>0,0015</i>
Hierro fundido	0,00085	0,26
Hierro galvanizado	0,0005	0,15
Hierro forjado	0,00015	0,046
Acero inoxidable	0,000007	0,002
Acero comercial	0,00015	0,045

**ANEXO 2.9:****TABLA DE VALORES  $\epsilon$  PARA DISTINTOS MATERIALES EN TUBOS**

Tipo de tubo	( $\epsilon$ ) (mm)
Tubos de acero galvanizado	0.125
Tubos de aceros viejos y herrumbrosos	0.67 - 2.0
Tubos de hierro fundido nuevo	0.26
Tubos de hierro fundido usados	1.4 - 2.0
Tubos de aluminio lisos	0.015 - 0.06
Tubo de latón, cobre, plomo, (sin costura )	0.0015 - 0.01
Tubos de hormigón sin pulir	3 - 9
Tubos de hormigón pulido	0.3 - 0.8

ANEXO 2.10:

TABLA CÁLCULO VELOCIDAD REAL SECCIÓN A CASA DE MÁQUINAS

VELOCIDADES SECCIÓN A - CASA DE MAQUINAS																
REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	LONGITUD DE TUBERÍA	CEDULA 40			PRESIÓN MANOMÉTRICA		PRESIÓN ABSOLUTA		TEMPERATURA		FLUJO MÁSICO	VOLUMEN ESPECÍFICO	VELOCIDAD		
			diámetro nominal (plg)	diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)	diámetro int. (m)	bar	psi(lb/plg2)	bar	psi(lb/plg2)	'F				'C	kg/h
SECCIÓN A1	PLANO															
	SALIDA DEL DISTRIBUIDOR	4,850	3"	88,90	5,49	0,078	5,86	85,00	6,58	95,40	324,26	162,37	493	1087	0,29083	8,35
	SALIDA DEL DISTRIBUIDOR	1,625	2"	60,30	3,91	0,052	5,86	85,00	6,58	95,40	324,26	162,37	493	1087	0,29083	18,41
SECCIÓN A2	SALIDA DEL DISTRIBUIDOR	0,320	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	5,86	85,00	6,58	95,40	324,26	162,37	493	1087	0,29083	30,26
	ENTRADA BANCO REDUCTOR	0,400	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	5,86	85,00	6,58	95,40	324,26	162,37	493	1087	0,29083	30,26
	BANCO REDUCTOR	0,710	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	5,86	85,00	6,58	95,40	324,26	162,37	493	1087	0,29083	30,26
	BANCO REDUCTOR	0,710	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	4,14	60,00	4,85	70,40	303,15	150,64	493	1087	0,38759	40,32
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,400	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	4,14	60,00	4,85	70,40	303,15	150,64	493	1087	0,38759	40,32
SECCIÓN A3	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,320	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	4,14	60,00	4,85	70,40	303,15	150,64	493	1087	0,38759	40,32
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	1,680	2"	60,30	3,91	0,052	4,14	60,00	4,85	70,40	303,15	150,64	493	1087	0,38759	24,54
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,800	2"	60,30	3,91	0,052	4,14	60,00	4,85	70,40	303,15	150,64	493	1087	0,38759	24,54
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	3,000	2"	60,30	3,91	0,052	4,14	60,00	4,85	70,40	303,15	150,64	493	1087	0,38759	24,54
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,500	2"	60,30	3,91	0,052	4,14	60,00	4,85	70,40	303,15	150,64	493	1087	0,38759	24,54
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	11,800	2"	60,30	3,91	0,052	4,14	60,00	4,85	70,40	303,15	150,64	493	1087	0,38759	24,54
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,800	2"	60,30	3,91	0,052	4,14	60,00	4,85	70,40	303,15	150,64	493	1087	0,38759	24,54
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,500	2"	60,30	3,91	0,052	4,14	60,00	4,85	70,40	303,15	150,64	493	1087	0,38759	24,54
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	3,000	2"	60,30	3,91	0,052	4,14	60,00	4,85	70,40	303,15	150,64	493	1087	0,38759	24,54
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	1,270	2"	60,30	3,91	0,052	4,14	60,00	4,85	70,40	303,15	150,64	493	1087	0,38759	24,54
SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,100	2"	60,30	3,91	0,052	4,14	60,00	4,85	70,40	303,15	150,64	493	1087	0,38759	24,54	

ANEXO 2.11:

TABLA CÁLCULO VELOCIDAD REAL SECCIÓN QUIRÓFANOS

VELOCIDADES SECCIÓN B - QUIRÓFANOS																
REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	LONGITUD DE TUBERÍA	CEDULA 40			PRESIÓN MANOMÉTRICA		PRESIÓN ABSOLUTA		TEMPERATURA		FLUJO MÁSSICO		VOLUMEN ESPECÍFICO	VELOCIDAD	
			diámetro nominal (plg)	diámetro exterior (mm)	Espesor diámetro int. (mm)	bar	psi(lb/plg2)	bar	psi(lb/plg2)	°F	°C	kg/h	lb/h			m3/kg
PLANO	BIFURCACION A QUIROFANOS	2,250	2"	60,30	3,91	0,0525	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	165	363,76	0,4057	8,60
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	0,100	1 1/2"	48,30	3,68	0,0409	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	165	363,76	0,4057	14,13
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1,000	1 1/2"	48,30	3,68	0,0409	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	165	363,76	0,4057	14,13
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	0,700	1 1/2"	48,30	3,68	0,0409	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	165	363,76	0,4057	14,13
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	11,600	1 1/2"	48,30	3,68	0,0409	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	165	363,76	0,4057	14,13
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	0,600	1 1/2"	48,30	3,68	0,0409	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	165	363,76	0,4057	14,13
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	0,800	1 1/2"	48,30	3,68	0,0409	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	165	363,76	0,4057	14,13
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	0,500	1 1/2"	48,30	3,68	0,0409	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	165	363,76	0,4057	14,13
SECCIÓN B1	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1,392	1 1/2"	48,30	3,68	0,0409	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	165	363,76	0,4057	14,13
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	0,592	1 1/2"	48,30	3,68	0,0409	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	165	363,76	0,4057	14,13
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	0,392	1 1/2"	48,30	3,68	0,0409	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	165	363,76	0,4057	14,13
	SECUND. INGRESO AUTOCLAVE 1 Y 2	0,150	1"	33,40	3,38	0,0266	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	110	242,51	0,4057	22,24
	SECUND. INGRESO AUTOCLAVE 1 Y 2	0,050	1"	33,40	3,38	0,0266	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	110	242,51	0,4057	22,24
	SECUND. INGRESO AUTOCLAVE 1 Y 2	0,150	1"	33,40	3,38	0,0266	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	110	242,51	0,4057	22,24
	SECUND. INGRESO AUTOCLAVE 1 Y 2	0,150	1"	33,40	3,38	0,0266	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	110	242,51	0,4057	22,24
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 1	0,100	1"	33,40	3,38	0,0266	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	55	121,25	0,4057	11,12
SECCIÓN B2	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 1	0,100	3/4"	26,70	2,87	0,0210	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	55	121,25	0,4057	17,96
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 1	0,100	3/4"	26,70	2,87	0,0210	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	55	121,25	0,4057	17,96
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 2	0,100	1"	33,40	3,38	0,0266	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	55	121,25	0,4057	11,12
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 2	0,100	3/4"	26,70	2,87	0,0210	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	55	121,25	0,4057	17,96
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 2	0,100	3/4"	26,70	2,87	0,0210	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	55	121,25	0,4057	17,96
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	0,150	1"	33,40	3,38	0,0266	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	55	121,25	0,4057	11,12
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	0,050	1"	33,40	3,38	0,0266	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	55	121,25	0,4057	11,12
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	0,150	1"	33,40	3,38	0,0266	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	55	121,25	0,4057	11,12
SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	0,150	1"	33,40	3,38	0,0266	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	55	121,25	0,4057	11,12	
SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	0,100	3/4"	26,70	2,87	0,0210	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	55	121,25	0,4057	17,96	

ANEXO 2.12:

TABLA CÁLCULO VELOCIDAD REAL SECCIÓN SUBCENTRAL DE ESTERILIZACIÓN

VELOCIDADES SECCIÓN C - SUBCENTRAL DE ESTERILIZACIÓN																
REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	LONGITUD DE TUBERÍA	CEDULA 40				PRESIÓN MANOMÉTRICA		PRESIÓN ABSOLUTA		TEMPERATURA		FLUIDO MÁSICO	VOLUMEN ESPECÍFICO	VELOCIDAD	
			diámetro nominal (plg)	diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)	diámetro int. (m)	bar	psi(lb/plg2)	bar	psi(lb/plg2)	°F	°C				kg/h
SECCIÓN C1	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL.	0,100	2"	60,30	3,91	0,05	3,28	47,61	4,00	58,01	290,50	143,61	246	542,34	0,46239	14,61
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL.	0,500	2"	60,30	3,91	0,05	3,28	47,61	4,00	58,01	290,50	143,61	246	542,34	0,46239	14,61
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL.	0,400	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	3,28	47,61	4,00	58,01	290,50	143,61	246	542,34	0,46239	24,00
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL.	2,450	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	3,28	47,61	4,00	58,01	290,50	143,61	246	542,34	0,46239	24,00
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL.	0,500	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	3,28	47,61	4,00	58,01	290,50	143,61	246	542,34	0,46239	24,00
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL.	3,200	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	3,28	47,61	4,00	58,01	290,50	143,61	246	542,34	0,46239	24,00
SECCIÓN C2	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL.	3,560	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	3,28	47,61	4,00	58,01	290,50	143,61	246	542,34	0,46239	24,00
	ENTRADA BANCO REDUCTOR	0,820	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	3,28	47,61	4,00	58,01	290,50	143,61	246	542,34	0,46239	24,00
	BANCO REDUCTOR	0,710	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	3,28	47,61	4,00	58,01	290,50	143,61	246	542,34	0,57854	30,03
	BANCO REDUCTOR	0,710	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	246	542,34	0,57854	30,03
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,820	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	246	542,34	0,57854	30,03
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	3,100	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	246	542,34	0,57854	30,03
SECCIÓN C3	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1,420	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	246	542,34	0,57854	30,03
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1,356	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	246	542,34	0,57854	30,03
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1,900	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	246	542,34	0,57854	30,03
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	2,344	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	246	542,34	0,57854	30,03
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	4,300	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	246	542,34	0,57854	30,03
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 4	0,150	1"	33,400	3,38	0,03	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	82	180,78	0,57854	23,64
SECCIÓN C4	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 4	0,050	1"	33,400	3,38	0,03	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	82	180,78	0,57854	23,64
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 4	0,150	1"	33,400	3,38	0,03	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	82	180,78	0,57854	23,64
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 4	0,150	1"	33,400	3,38	0,03	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	82	180,78	0,57854	23,64
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 4	0,100	1"	33,400	3,38	0,03	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	82	180,78	0,57854	23,64
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 5	0,150	1"	33,400	3,38	0,03	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	82	180,78	0,57854	23,64
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 5	0,050	1"	33,400	3,38	0,03	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	82	180,78	0,57854	23,64
SECCIÓN C4	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 5	0,150	1"	33,400	3,38	0,03	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	82	180,78	0,57854	23,64
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 5	0,100	1"	33,400	3,38	0,03	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	82	180,78	0,57854	23,64
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 6	0,150	1"	33,400	3,38	0,03	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	82	180,78	0,57854	23,64
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 6	0,150	1"	33,400	3,38	0,03	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	82	180,78	0,57854	23,64
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 6	0,150	1"	33,400	3,38	0,03	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	82	180,78	0,57854	23,64
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 6	0,150	1"	33,400	3,38	0,03	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	82	180,78	0,57854	23,64

ANEXO 2.13:

TABLA CÁLCULO NUMERO DE REYNOLDS SECCIÓN A CASA DE MÁQUINAS

NUMERO DE REYNOLDS SECCIÓN A - CASA DE MAQUINAS																
REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	LONGITUD DE TUBERÍA	CEDULA 40			VELOCIDAD	PRESIÓN MANOMÉTRICA		PRESIÓN ABSOLUTA		TEMPERATURA		VISCOSIDAD CINEMÁTICA		NUMERO DE REYNOLDS	
			diámetro nominal (plg)	diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)		diámetro int. (m)	m/s	bar	psi(lb/plg2)	bar	psi(lb/plg2)	°F	°C		cSt
PLANO		m														
SECCIÓN A1	SALIDA DEL DISTRIBUIDOR	4,850	3"	88,90	5,49	0,08	8,35	5,86	85,00	6,58	95,40	323,91	162,17	4,191133	0,000004191133	155279,22
	SALIDA DEL DISTRIBUIDOR	1,625	2"	60,30	3,91	0,05	18,41	5,86	85,00	6,58	95,40	323,91	162,17	4,191133	0,000004191133	230551,78
	SALIDA DEL DISTRIBUIDOR	0,320	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	30,26	5,86	85,00	6,58	95,40	323,91	162,17	4,191133	0,000004191133	295538,77
SECCIÓN A2	ENTRADA BANCO REDUCTOR	0,400	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	30,26	5,86	85,00	6,58	95,40	323,91	162,17	4,191133	0,000004191133	295538,77
	BANCO REDUCTOR	0,710	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	30,26	5,86	85,00	6,58	95,40	323,91	162,17	4,191133	0,000004191133	295538,77
	BANCO REDUCTOR	0,710	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	40,32	4,14	60,00	4,85	70,40	303,15	150,64	5,428557	0,000005428557	304084,90
SECCIÓN A3	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,400	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	40,32	4,14	60,00	4,85	70,40	303,15	150,64	5,428557	0,000005428557	304084,90
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,320	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	40,32	4,14	60,00	4,85	70,40	303,15	150,64	5,428557	0,000005428557	304084,90
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	1,680	2"	60,30	3,91	0,05	24,54	4,14	60,00	4,85	70,40	303,15	150,64	5,428557	0,000005428557	237218,67
SECCIÓN A3	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,800	2"	60,30	3,91	0,05	24,54	4,14	60,00	4,85	70,40	303,15	150,64	5,428557	0,000005428557	237218,67
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	3,000	2"	60,30	3,91	0,05	24,54	4,14	60,00	4,85	70,40	303,15	150,64	5,428557	0,000005428557	237218,67
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,500	2"	60,30	3,91	0,05	24,54	4,14	60,00	4,85	70,40	303,15	150,64	5,428557	0,000005428557	237218,67
SECCIÓN A3	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	11,800	2"	60,30	3,91	0,05	24,54	4,14	60,00	4,85	70,40	303,15	150,64	5,428557	0,000005428557	237218,67
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,800	2"	60,30	3,91	0,05	24,54	4,14	60,00	4,85	70,40	303,15	150,64	5,428557	0,000005428557	237218,67
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,500	2"	60,30	3,91	0,05	24,54	4,14	60,00	4,85	70,40	303,15	150,64	5,428557	0,000005428557	237218,67
SECCIÓN A3	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	3,000	2"	60,30	3,91	0,05	24,54	4,14	60,00	4,85	70,40	303,15	150,64	5,428557	0,000005428557	237218,67
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	1,270	2"	60,30	3,91	0,05	24,54	4,14	60,00	4,85	70,40	303,15	150,64	5,428557	0,000005428557	237218,67
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,100	2"	60,30	3,91	0,05	24,54	4,14	60,00	4,85	70,40	303,15	150,64	5,428557	0,000005428557	237218,67

ANEXO 2.14:

TABLA CÁLCULO NUMERO DE REYNOLDS SECCIÓN QUIRÓFANOS

NUMERO DE REYNOLDS SECCIÓN B - QUIRÓFANOS																
REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	LONGITUD DE TUBERÍA	CEDULA 40			VELOCIDAD	PRESIÓN MANOMÉTRICA		PRESIÓN ABSOLUTA		TEMPERATURA		VISCOSIDAD CINEMÁTICA	NUMERO DE REYNOLDS		
			diámetro nominal (plg)	diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)		diámetro Int. (m)	m/s	bar	psi(lb/plg2)	bar	psi(lb/plg2)			°F	°C
PLANO	BIFURCACION A QUIROFANOS	2,250	2"	60,30	3,91	0,05	0,05	8,60	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	0,000005663915	79654,47
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	0,100	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	0,04	14,13	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	0,000005663915	102107,14
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	1,000	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	0,04	14,13	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	0,000005663915	102107,14
SECCIÓN B1	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	0,700	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	0,04	14,13	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	0,000005663915	102107,14
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	11,600	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	0,04	14,13	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	0,000005663915	102107,14
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	0,600	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	0,04	14,13	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	0,000005663915	102107,14
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	0,800	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	0,04	14,13	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	0,000005663915	102107,14
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	0,500	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	0,04	14,13	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	0,000005663915	102107,14
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	1,392	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	0,04	14,13	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	0,000005663915	102107,14
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	0,592	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	0,04	14,13	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	0,000005663915	102107,14
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	0,392	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	0,04	14,13	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	0,000005663915	102107,14
	SECUND. INGRESO AUTOCLAVE 1 Y 2	0,150	1"	33,400	3,38	0,03	0,03	22,24	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	0,000005663915	104611,27
	SECUND. INGRESO AUTOCLAVE 1 Y 2	0,050	1"	33,400	3,38	0,03	0,03	22,24	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	0,000005663915	104611,27
	SECUND. INGRESO AUTOCLAVE 1 Y 2	0,150	1"	33,400	3,38	0,03	0,03	22,24	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	0,000005663915	104611,27
	SECUND. INGRESO AUTOCLAVE 1 Y 2	0,150	1"	33,400	3,38	0,03	0,03	22,24	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	0,000005663915	104611,27
SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 1	0,100	1"	33,400	3,38	0,03	0,03	11,12	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	0,000005663915	52305,64	
SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 1	0,100	3/4"	26,70	2,87	0,02	0,02	17,96	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	0,000005663915	66480,06	
SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 1	0,100	3/4"	26,70	2,87	0,02	0,02	17,96	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	0,000005663915	66480,06	
SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 2	0,100	1"	33,400	3,38	0,03	0,03	11,12	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	0,000005663915	52305,64	
SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 2	0,100	3/4"	26,70	2,87	0,02	0,02	17,96	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	0,000005663915	66480,06	
SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 2	0,100	3/4"	26,70	2,87	0,02	0,02	17,96	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	0,000005663915	66480,06	
SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	0,150	1"	33,400	3,38	0,03	0,03	11,12	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	0,000005663915	52305,64	
SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	0,050	1"	33,400	3,38	0,03	0,03	11,12	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	0,000005663915	52305,64	
SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	0,150	1"	33,400	3,38	0,03	0,03	11,12	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	0,000005663915	52305,64	
SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	0,150	1"	33,400	3,38	0,03	0,03	11,12	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	0,000005663915	52305,64	
SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	0,100	3/4"	26,70	2,87	0,02	0,02	17,96	3,93	57,00	4,65	67,40	300,08	148,93	0,000005663915	66480,06	

ANEXO 2.15:

TABLA CÁLCULO NUMERO DE REYNOLDS SECCIÓN SUBCENTRAL DE ESTERILIZACIÓN

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	LONGITUD DE TUBERÍA	CEDULA 40					VELOCIDAD	PRESIÓN MANOMÉTRICA		PRESIÓN ABSOLUTA		TEMPERATURA		VISCOSIDAD CINEMÁTICA		NUMERO DE REYNOLDS
			diámetro nominal (pulg)	diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)	diámetro Int. (m)	m/s		bar	psi(lb/ pig2)	bar	psi(lb/ pig2)	°F	°C	cSt	m <sup>2</sup> /s	
PLANO	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL.	0,100	2"	60,30	3,91	0,05	14,61	3,28	47,61	4,00	58,01	290,50	143,61	6,36779	0,000006367790	120384,47	
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL.	0,500	2"	60,30	3,91	0,05	14,61	3,28	47,61	4,00	58,01	290,50	143,61	6,36779	0,000006367790	120384,47	
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL.	0,400	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	24,00	3,28	47,61	4,00	58,01	290,50	143,61	6,36779	0,000006367790	154317,96	
SECCIÓN C1	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL.	2,450	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	24,00	3,28	47,61	4,00	58,01	290,50	143,61	6,36779	0,000006367790	154317,96	
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL.	0,500	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	24,00	3,28	47,61	4,00	58,01	290,50	143,61	6,36779	0,000006367790	154317,96	
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL.	3,200	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	24,00	3,28	47,61	4,00	58,01	290,50	143,61	6,36779	0,000006367790	154317,96	
SECCIÓN C2	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL.	3,560	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	24,00	3,28	47,61	4,00	58,01	290,50	143,61	6,36779	0,000006367790	154317,96	
	ENTRADA BANCO REDUCTOR	0,820	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	24,00	3,28	47,61	4,00	58,01	290,50	143,61	6,36779	0,000006367790	154317,96	
	BANCO REDUCTOR	0,710	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	30,03	3,28	47,61	4,00	58,01	290,50	143,61	6,36779	0,000006367790	193081,11	
SECCIÓN C3	BANCO REDUCTOR	0,710	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	30,03	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	7,780495	0,000007780495	158023,36	
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,820	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	30,03	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	7,780495	0,000007780495	158023,36	
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	3,100	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	30,03	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	7,780495	0,000007780495	158023,36	
SECCIÓN C4	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1,420	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	30,03	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	7,780495	0,000007780495	158023,36	
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1,356	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	30,03	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	7,780495	0,000007780495	158023,36	
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1,900	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	30,03	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	7,780495	0,000007780495	158023,36	
SECCIÓN C5	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	2,344	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	30,03	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	7,780495	0,000007780495	158023,36	
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	4,300	1 1/2"	48,30	3,68	0,04	30,03	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	7,780495	0,000007780495	158023,36	
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 4	0,150	1"	33,400	3,38	0,03	23,64	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	7,780495	0,000007780495	80949,40	
SECCIÓN C6	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 4	0,050	1"	33,400	3,38	0,03	23,64	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	7,780495	0,000007780495	80949,40	
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 4	0,150	1"	33,400	3,38	0,03	23,64	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	7,780495	0,000007780495	80949,40	
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 4	0,150	1"	33,400	3,38	0,03	23,64	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	7,780495	0,000007780495	80949,40	
SECCIÓN C7	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 4	0,100	3/4"	26,700	2,77	0,02	23,64	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	7,780495	0,000007780495	64297,65	
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 5	0,150	1"	33,400	3,38	0,03	23,64	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	7,780495	0,000007780495	80949,40	
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 5	0,050	1"	33,400	3,38	0,03	23,64	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	7,780495	0,000007780495	80949,40	
SECCIÓN C8	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 5	0,150	1"	33,400	3,38	0,03	23,64	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	7,780495	0,000007780495	80949,40	
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 5	0,150	1"	33,400	3,38	0,03	23,64	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	7,780495	0,000007780495	80949,40	
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 5	0,100	3/4"	26,700	2,77	0,02	23,64	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	7,780495	0,000007780495	64297,65	
SECCIÓN C9	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 6	0,150	1"	33,400	3,38	0,03	23,64	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	7,780495	0,000007780495	80949,40	
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 6	0,050	1"	33,400	3,38	0,03	23,64	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	7,780495	0,000007780495	80949,40	
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 6	0,150	1"	33,400	3,38	0,03	23,64	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	7,780495	0,000007780495	80949,40	
SECCIÓN C10	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 6	0,150	1"	33,400	3,38	0,03	23,64	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	7,780495	0,000007780495	80949,40	
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 6	0,150	1"	33,400	3,38	0,03	23,64	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	7,780495	0,000007780495	80949,40	
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 6	0,100	3/4"	26,700	2,77	0,02	23,64	2,48	36,00	3,20	46,40	275,97	135,54	7,780495	0,000007780495	64297,65	



## ANEXO 2.17:

TABLA CÁLCULO FACTOR DARCY SECCIÓN B - QUIRÓFANOS

CÁLCULO DEL FACTOR DARCY - SECCIÓN B - QUIRÓFANOS						
REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	CEDULA 40		Rugosidad	N. Reynolds	f
PLANO		diámetro nominal (plg)	diámetro Int. (m)	(ε) (mm)	ADIMENSIONAL	ADIMENSIONAL
SECCIÓN B1	BIFURCACIÓN A QUIRÓFANOS	2"	52,48	1,34	7,97E+04	0,0550
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	1 1/2"	40,94	1,34	1,02E+05	0,0608
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	1 1/2"	40,94	1,34	1,02E+05	0,0608
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	1 1/2"	40,94	1,34	1,02E+05	0,0608
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	1 1/2"	40,94	1,34	1,02E+05	0,0608
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	1 1/2"	40,94	1,34	1,02E+05	0,0608
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	1 1/2"	40,94	1,34	1,02E+05	0,0608
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	1 1/2"	40,94	1,34	1,02E+05	0,0608
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	1 1/2"	40,94	1,34	1,02E+05	0,0608
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	1 1/2"	40,94	1,34	1,02E+05	0,0608
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	1 1/2"	40,94	1,34	1,02E+05	0,0608
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	1 1/2"	40,94	1,34	1,02E+05	0,0608
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	1 1/2"	40,94	1,34	1,02E+05	0,0608
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	1 1/2"	40,94	1,34	1,02E+05	0,0608
SECCIÓN B2	SECUND. INGRESO AUTOCLAVE 1 Y 2	1"	26,64	1,34	1,05E+05	0,0734
	SECUND. INGRESO AUTOCLAVE 1 Y 2	1"	26,64	1,34	1,05E+05	0,0734
	SECUND. INGRESO AUTOCLAVE 1 Y 2	1"	26,64	1,34	1,05E+05	0,0734
	SECUND. INGRESO AUTOCLAVE 1 Y 2	1"	26,64	1,34	1,05E+05	0,0734
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 1	1"	26,64	1,34	5,23E+04	0,0737
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 1	3/4"	20,96	1,34	6,65E+04	0,0824
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 1	3/4"	20,96	1,34	6,65E+04	0,0824
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 2	1"	26,64	1,34	5,23E+04	0,0737
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 2	3/4"	20,96	1,34	6,65E+04	0,0824
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 2	3/4"	20,96	1,34	6,65E+04	0,0824
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	1"	26,64	1,34	5,23E+04	0,0737
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	1"	26,64	1,34	5,23E+04	0,0737
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	1"	26,64	1,34	5,23E+04	0,0737
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	3/4"	20,96	1,34	6,65E+04	0,0824

ANEXO 2.18:

**TABLA CÁLCULO FACTOR DARCY SECCIÓN SUBCENTRAL DE ESTERILIZACIÓN**

<b>CALCULO DEL FACTOR DARCY SECCIÓN C - SUBCENTRAL DE ESTERILIZACIÓN</b>						
REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	CEDULA 40		Rugosidad (ε) (mm)	N. Reynolds	f
PLANO		diámetro nominal (plg)	diámetro Int. (m)	ADIMENSIONAL	ADIMENSIONAL	ADIMENSIONAL
SECCIÓN C1	BIFURCACIÓN A SUBC. ESTERIL.	2"	52,48	1,34	1,20E+05	0,0549
	BIFURCACIÓN A SUBC. ESTERIL.	2"	52,48	1,34	1,20E+05	0,0549
	BIFURCACIÓN A SUBC. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	1,34	1,54E+05	0,0607
	BIFURCACIÓN A SUBC. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	1,34	1,54E+05	0,0607
	BIFURCACIÓN A SUBC. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	1,34	1,54E+05	0,0607
	BIFURCACIÓN A SUBC. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	1,34	1,54E+05	0,0607
	BIFURCACIÓN A SUBC. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	1,34	1,54E+05	0,0607
	BIFURCACIÓN A SUBC. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	1,34	1,54E+05	0,0607
SECCIÓN C2	ENTRADA BANCO REDUCTOR	1 1/2"	40,94	1,34	1,54E+05	0,0607
	BANCO REDUCTOR	1 1/2"	40,94	1,34	1,93E+05	0,0607
	BANCO REDUCTOR	1 1/2"	40,94	1,34	1,58E+05	0,0607
SECCIÓN C3	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	1 1/2"	40,94	1,34	1,58E+05	0,0607
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	1,34	1,58E+05	0,0607
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	1,34	1,58E+05	0,0607
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	1,34	1,58E+05	0,0607
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	1,34	1,58E+05	0,0607
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	1,34	1,58E+05	0,0607
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	1,34	1,58E+05	0,0607
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	1,34	1,58E+05	0,0607
SECCIÓN C4	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 4	1"	26,64	1,34	8,09E+04	0,0735
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 4	1"	26,64	1,34	8,09E+04	0,0735
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 4	1"	26,64	1,34	8,09E+04	0,0735
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 4	1"	26,64	1,34	8,09E+04	0,0735
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 4	3/4"	21,16	1,34	6,43E+04	0,0821
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 5	1"	26,64	1,34	8,09E+04	0,0735
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 5	1"	26,64	1,34	8,09E+04	0,0735
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 5	1"	26,64	1,34	8,09E+04	0,0735
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 5	1"	26,64	1,34	8,09E+04	0,0735
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 5	3/4"	21,16	1,34	6,43E+04	0,0821
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 6	1"	26,64	1,34	8,09E+04	0,0735
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 6	1"	26,64	1,34	8,09E+04	0,0735

ANEXO 2.19:

TABLA CÁLCULO PÉRDIDAS POR FRICCIÓN Y PRESIÓN EN LAS TUBERÍAS SECCIÓN A CASA DE MÁQUINAS

PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN LAS TUBERÍAS - SECCIÓN A - CASA DE MÁQUINAS																			
REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	LONGITUD DE TUBERÍA		CECILLA 40				VELOCIDAD m/s	FACTOR F adimensional	PRESIÓN MANOMÉTRICA		PRESIÓN ABSOLUTA		TEMPERATURA		DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>	PÉRDIDAS POR FRICCIÓN m	PÉRDIDAS POR PRESIÓN	
		m	Longitud Corregida (+20%)	díametro nominal	díametro exterior	Espesor (mm)	díametro Int. (in)			bar	psi(lb/pqg)	bar	psi(lb/pqg)	°F	°C			PSI	PSI
SECCIÓN A1	SAIDA DEL DISTRIBUIDOR	4.85	5.82	3"	88.90	5.49	0.08	0.35	0.0549	5.861	85	5.578	95.4	323.906	162.170	3.46	14.59	494.707	0.074
	SAIDA DEL DISTRIBUIDOR	1.63	1.95	2"	60.30	3.91	0.05	18.41	0.0647	5.861	85	5.578	95.4	323.906	162.170	3.46	41.59	1410.160	0.212
	SAIDA DEL DISTRIBUIDOR	0.32	0.38	1 1/2"	48.30	3.68	0.04	30.26	0.0723	5.861	85	5.578	95.4	323.906	162.170	3.46	31.67	1073.909	0.161
SECCIÓN A2	ENTRADA BANCO REDUCTOR	0.40	0.48	1 1/2"	48.30	3.68	0.04	30.26	0.0723	5.861	85	5.578	95.4	323.906	162.170	3.46	39.59	1342.387	0.201
	BANCO REDUCTOR	0.71	0.85	1 1/2"	48.30	3.68	0.04	30.26	0.0723	5.861	85	5.578	95.4	323.906	162.170	3.46	70.27	2302.736	0.357
	BANCO REDUCTOR	0.71	0.85	1 1/2"	48.30	3.68	0.04	40.32	0.0723	4.137	60	4.854	70.4	303.152	150.640	2.59	124.81	3176.385	0.476
SECCIÓN A3	SAIDA DEL BANCO REDUCTOR	0.40	0.48	1 1/2"	48.30	3.68	0.04	40.32	0.0723	4.137	60	4.854	70.4	303.152	150.640	2.59	70.32	1788.513	0.268
	SAIDA DEL BANCO REDUCTOR	0.32	0.38	1 1/2"	48.30	3.68	0.04	40.32	0.0723	4.137	60	4.854	70.4	303.152	150.640	2.59	56.25	1431.610	0.215
	SAIDA DEL BANCO REDUCTOR	1.68	2.02	2"	60.30	3.91	0.05	24.54	0.0647	4.137	60	4.854	70.4	303.152	150.640	2.59	76.36	1943.449	0.292
SECCIÓN A3	SAIDA DEL BANCO REDUCTOR	0.80	0.96	2"	60.30	3.91	0.05	24.54	0.0647	4.137	60	4.854	70.4	303.152	150.640	2.59	36.36	925.452	0.139
	SAIDA DEL BANCO REDUCTOR	3.00	3.60	2"	60.30	3.91	0.05	24.54	0.0647	4.137	60	4.854	70.4	303.152	150.640	2.59	136.36	3470.444	0.521
	SAIDA DEL BANCO REDUCTOR	0.50	0.60	2"	60.30	3.91	0.05	24.54	0.0647	4.137	60	4.854	70.4	303.152	150.640	2.59	22.73	578.407	0.087
	SAIDA DEL BANCO REDUCTOR	11.80	14.16	2"	60.30	3.91	0.05	24.54	0.0647	4.137	60	4.854	70.4	303.152	150.640	2.59	536.37	13650.415	2.048
	SAIDA DEL BANCO REDUCTOR	0.80	0.96	2"	60.30	3.91	0.05	24.54	0.0647	4.137	60	4.854	70.4	303.152	150.640	2.59	36.36	925.452	0.139
	SAIDA DEL BANCO REDUCTOR	0.50	0.60	2"	60.30	3.91	0.05	24.54	0.0647	4.137	60	4.854	70.4	303.152	150.640	2.59	22.73	578.407	0.087
	SAIDA DEL BANCO REDUCTOR	3.00	3.60	2"	60.30	3.91	0.05	24.54	0.0647	4.137	60	4.854	70.4	303.152	150.640	2.59	136.36	3470.444	0.521
	SAIDA DEL BANCO REDUCTOR	1.27	1.52	2"	60.30	3.91	0.05	24.54	0.0647	4.137	60	4.854	70.4	303.152	150.640	2.59	57.73	1469.155	0.220
	SAIDA DEL BANCO REDUCTOR	0.10	0.12	2"	60.30	3.91	0.05	24.54	0.0647	4.137	60	4.854	70.4	303.152	150.640	2.59	4.55	115.681	0.017
	TOTAL																	1.515.01	4028.713

ANEXO 2.20:

TABLA CÁLCULO PÉRDIDAS POR FRICCIÓN Y PRESIÓN EN LAS TUBERÍAS SECCIÓN QUIRÓFANOS

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	LONGITUD DE TUBERÍA		CEDELA 40			VELOCIDAD m/s	FACTOR f adimensional	PRESIÓN MANOMÉTRICA		PRESIÓN ABSOLUTA		TEMPERATURA		DENSIDAD kg/m³	PÉRDIDAS POR FRICCIÓN		PÉRDIDAS DE PRESIÓN	
		m	Longitud Corregida (+20%)	díametro nominal	díametro exterior	Espesor (mm)			díametro Int. (m)	bar	psi(lb/pulg²)	bar	psi(lb/pulg²)	°F		°C	m	PAS	PSI
PLANO	BIGURCACION QUIROFANOS	2.25	2.70	2"	60.30	3.91	0.05	8.60	0.0550	3.930	57	4.647	67.4	300.002658	148.935	2.49	10.67	260.748	0.059
	PRINCIPAL AJUMENT. ESTERIL.	0.10	0.12	1 1/2"	48.30	3.68	0.04	14.13	0.0608	3.930	57	4.647	67.4	300.002658	148.935	2.49	1.81	44.312	0.007
	PRINCIPAL AJUMENT. ESTERIL.	1.00	1.20	1 1/2"	48.30	3.68	0.04	14.13	0.0608	3.930	57	4.647	67.4	300.002658	148.935	2.49	18.14	443.120	0.066
	PRINCIPAL AJUMENT. ESTERIL.	0.70	0.84	1 1/2"	48.30	3.68	0.04	14.13	0.0608	3.930	57	4.647	67.4	300.002658	148.935	2.49	12.70	310.184	0.047
	PRINCIPAL AJUMENT. ESTERIL.	11.60	13.92	1 1/2"	48.30	3.68	0.04	14.13	0.0608	3.930	57	4.647	67.4	300.002658	148.935	2.49	210.43	5140.187	0.771
	PRINCIPAL AJUMENT. ESTERIL.	0.60	0.72	1 1/2"	48.30	3.68	0.04	14.13	0.0608	3.930	57	4.647	67.4	300.002658	148.935	2.49	10.88	265.872	0.040
	PRINCIPAL AJUMENT. ESTERIL.	0.80	0.96	1 1/2"	48.30	3.68	0.04	14.13	0.0608	3.930	57	4.647	67.4	300.002658	148.935	2.49	14.51	354.496	0.053
	PRINCIPAL AJUMENT. ESTERIL.	0.50	0.60	1 1/2"	48.30	3.68	0.04	14.13	0.0608	3.930	57	4.647	67.4	300.002658	148.935	2.49	9.07	221.560	0.033
	PRINCIPAL AJUMENT. ESTERIL.	1.39	1.67	1 1/2"	48.30	3.68	0.04	14.13	0.0608	3.930	57	4.647	67.4	300.002658	148.935	2.49	25.25	616.822	0.093
	PRINCIPAL AJUMENT. ESTERIL.	0.59	0.71	1 1/2"	48.30	3.68	0.04	14.13	0.0608	3.930	57	4.647	67.4	300.002658	148.935	2.49	10.74	262.327	0.039
	PRINCIPAL AJUMENT. ESTERIL.	0.39	0.47	1 1/2"	48.30	3.68	0.04	14.13	0.0608	3.930	57	4.647	67.4	300.002658	148.935	2.49	7.11	173.703	0.026
	PRINCIPAL AJUMENT. ESTERIL.	0.15	0.18	1"	33.400	3.38	0.03	22.24	0.0734	3.930	57	4.647	67.4	300.002658	148.935	2.49	12.52	305.908	0.046
SECONDO. INGRESO AUTOCLAVE Y 1	0.05	0.06	1"	33.400	3.38	0.03	22.24	0.0734	3.930	57	4.647	67.4	300.002658	148.935	2.49	4.17	101.969	0.015	
SECONDO. INGRESO AUTOCLAVE Y 2	0.15	0.18	1"	33.400	3.38	0.03	22.24	0.0734	3.930	57	4.647	67.4	300.002658	148.935	2.49	12.52	305.908	0.046	
SECONDO. INGRESO AUTOCLAVE Y 3	0.15	0.18	1"	33.400	3.38	0.03	22.24	0.0734	3.930	57	4.647	67.4	300.002658	148.935	2.49	12.52	305.908	0.046	
SECONDO. INGRESO AUTOCLAVE Y 4	0.15	0.18	1"	33.400	3.38	0.03	22.24	0.0734	3.930	57	4.647	67.4	300.002658	148.935	2.49	12.52	305.908	0.046	
SECONDO. AJUMENT. AUTOCLAVE 1	0.10	0.12	1"	33.400	3.38	0.03	11.12	0.0737	3.930	57	4.647	67.4	300.002658	148.935	2.49	2.09	51.144	0.008	
SECONDO. AJUMENT. AUTOCLAVE 2	0.10	0.12	3/4"	26.700	2.87	0.02	17.96	0.0824	3.930	57	4.647	67.4	300.002658	148.935	2.49	7.77	189.846	0.028	
SECONDO. AJUMENT. AUTOCLAVE 3	0.15	0.18	3/4"	26.700	2.87	0.02	17.96	0.0824	3.930	57	4.647	67.4	300.002658	148.935	2.49	7.77	189.846	0.028	
SECONDO. AJUMENT. AUTOCLAVE 4	0.05	0.06	1"	33.400	3.38	0.03	11.12	0.0737	3.930	57	4.647	67.4	300.002658	148.935	2.49	3.14	76.717	0.012	
SECONDO. AJUMENT. AUTOCLAVE 5	0.15	0.18	1"	33.400	3.38	0.03	11.12	0.0737	3.930	57	4.647	67.4	300.002658	148.935	2.49	1.05	25.572	0.004	
SECONDO. AJUMENT. AUTOCLAVE 6	0.15	0.18	1"	33.400	3.38	0.03	11.12	0.0737	3.930	57	4.647	67.4	300.002658	148.935	2.49	3.14	76.717	0.012	
SECONDO. AJUMENT. AUTOCLAVE 7	0.15	0.18	1"	33.400	3.38	0.03	11.12	0.0737	3.930	57	4.647	67.4	300.002658	148.935	2.49	3.14	76.717	0.012	
SECONDO. AJUMENT. AUTOCLAVE 8	0.10	0.12	3/4"	26.700	2.87	0.02	17.96	0.0824	3.930	57	4.647	67.4	300.002658	148.935	2.49	7.77	189.846	0.028	
TOTAL							32							0.000	2.49	426.59	10420.263	1.563	





ANEXO 2.23:

TABLA CÁLCULO CARGA DE CONDENSADO SECCIÓN QUIRÓFANOS

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	CEDULA 40		LONGITUD DE TUBERÍA	TEMP. VAPOR		TEMP. AMBIENTE		Radio interior de la tubería en (m)	Radio exterior de la tubería en (m)	Factor de transferencia de calor para el fluido exterior (Vapor de agua normal) en W/m <sup>2</sup> ·K	Factor de transferencia de calor para el material de la tubería aislamiento en W/m <sup>2</sup> ·K	Factor de transferencia de calor para el material del aislamiento en W/m <sup>2</sup> ·K	Factor global de transferencia de calor (U) en m <sup>2</sup> ·K	PRESIÓN MANOMÉTRICA		entropía a la Presión de generación del vapor	calor total cedido	carga de condensado					
		diámetro nominal (plg)	diámetro exterior (mm)		Esesor (mm)	diámetro Int. (m)	°C	°K							°C	°K				psi	bar	hfg (Kw .h/kg)	Q (KW)	Cc (Kg/H)
PLANO	BIFURCACION A QUIROFANOS	2"	60.3	3.91	0.05248	2.250	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0262	0.0302	0.0305	6000	25	0.04	24.816237	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	1.35	1.7501
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.900	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	0.04	24.816086	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	0.95	0.6319
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	1.000	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	0.04	24.816086	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	0.48	0.6319
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.700	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	0.04	24.816086	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	0.34	0.4423
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	1.600	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	0.04	24.816086	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	5.59	7.32999
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.800	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	0.04	24.816086	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	0.23	0.37914
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.500	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	0.04	24.816086	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	0.39	0.5652
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	1.332	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	0.04	24.816086	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	0.24	0.39595
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.592	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	0.04	24.816086	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	0.67	0.8796
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.392	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	0.04	24.816086	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	0.23	0.37408
SECCIÓN B1	SECOND. INGRESO AUTOCLAVE 1	1"	33.4	3.38	0.02664	0.150	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0167	0.0167	0.0167	6000	25	0.04	24.816193	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	0.05	0.06553
	SECOND. INGRESO AUTOCLAVE 1	1"	33.4	3.38	0.02664	0.050	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0163	0.0167	0.0167	6000	25	0.04	24.816193	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	0.02	0.02194
	SECOND. INGRESO AUTOCLAVE 1	1"	33.4	3.38	0.02664	0.150	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0163	0.0167	0.0167	6000	25	0.04	24.816193	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	0.05	0.06553
	SECOND. INGRESO AUTOCLAVE 1	1"	33.4	3.38	0.02664	0.150	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0163	0.0167	0.0167	6000	25	0.04	24.816193	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	0.05	0.06553
	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 1	1"	33.4	3.38	0.02664	0.000	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0163	0.0167	0.0167	6000	25	0.04	24.816193	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	0.03	0.04369
	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 1	3/4"	26.7	2.87	0.02096	0.000	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0165	0.0164	0.01635	6000	25	0.04	24.816193	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	0.03	0.03493
	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 1	3/4"	26.7	2.87	0.02096	0.000	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0165	0.0164	0.01635	6000	25	0.04	24.816193	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	0.03	0.03493
	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 2	1"	33.4	3.38	0.02664	0.000	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0163	0.0167	0.0167	6000	25	0.04	24.816193	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	0.03	0.04369
	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 2	3/4"	26.7	2.87	0.02096	0.000	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0165	0.0164	0.01635	6000	25	0.04	24.816193	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	0.03	0.03493
	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	1"	33.4	3.38	0.02664	0.150	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0163	0.0167	0.0167	6000	25	0.04	24.816193	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	0.05	0.06553
SECCIÓN B2	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	1"	33.4	3.38	0.02664	0.050	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0163	0.0167	0.0167	6000	25	0.04	24.816193	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	0.02	0.02194
	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	1"	33.4	3.38	0.02664	0.150	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0163	0.0167	0.0167	6000	25	0.04	24.816193	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	0.05	0.06553
	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	1"	33.4	3.38	0.02664	0.150	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0163	0.0167	0.0167	6000	25	0.04	24.816193	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	0.05	0.06553
	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	1"	33.4	3.38	0.02664	0.150	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0163	0.0167	0.0167	6000	25	0.04	24.816193	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	0.05	0.06553
	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	1"	33.4	3.38	0.02664	0.150	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0163	0.0167	0.0167	6000	25	0.04	24.816193	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	0.05	0.06553
	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	1"	33.4	3.38	0.02664	0.150	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0163	0.0167	0.0167	6000	25	0.04	24.816193	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	0.05	0.06553
	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	1"	33.4	3.38	0.02664	0.150	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0163	0.0167	0.0167	6000	25	0.04	24.816193	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	0.05	0.06553
	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	1"	33.4	3.38	0.02664	0.150	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0163	0.0167	0.0167	6000	25	0.04	24.816193	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	0.05	0.06553
	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	1"	33.4	3.38	0.02664	0.150	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0163	0.0167	0.0167	6000	25	0.04	24.816193	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	0.05	0.06553
	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	3/4"	26.7	2.87	0.02096	0.000	148.33	423.08	21.00	295.15	0.0165	0.0164	0.01635	6000	25	0.04	24.816193	3.93	57.00	4.65	67.40	0.7623858	0.03	0.03493
<b>TOTAL</b>																		<b>10.401</b>	<b>13.6433</b>					

ANEXO 2.24:

TABLA CÁLCULO CARGA DE CONDENSADO SECCIÓN SUBCENTRAL DE ESTERILIZACIÓN

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	CEDULA 40		LONGITUD DE TUBERÍA	TEMP. VAPOR		TEMP. AMBIENTE		Radio interior de tubería en (m)	Radio exterior de tubería en (m)	Factor de transferencia de calor para el fluido interior (Vapor de agua normal)	Factor de transferencia de calor para el material de la tubería aislamiento en W/m <sup>2</sup> ·K	PRESIÓN MANOMÉTRICA		Factor global de transferencia de calor para el fluido de la tubería aislamiento	PRESIÓN ABSOLUTA		entalpía a la presión de generación del vapor	carga de condensado						
		diámetro nominal (pulg)	diámetro exterior (mm)		Espesor (mm)	diámetro Int. (in)	°C	K					°C	K		bar	psig			bar	psig	kg (Kw)	Q (Kw)	Cc (Kg/H)	
SECCIÓN C1	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	2"	60.3	3.91	0.05248	0.100	143.61	417.76	21.00	295.15	0.0262	0.0302	0.0315	6000	25	40	0.04	24.816237	3.28	47.61	4.00	59.01	0.760571	0.06	0.07579
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	2"	60.3	3.91	0.05248	0.500	143.61	417.76	21.00	295.15	0.0262	0.0302	0.0315	6000	25	40	0.04	24.816237	3.28	47.61	4.00	59.01	0.760571	0.23	0.37893
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.400	143.61	417.76	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	3.28	47.61	4.00	59.01	0.760571	0.18	0.24282
SECCIÓN C2	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	2.450	143.61	417.76	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	3.28	47.61	4.00	59.01	0.760571	1.13	1.48725
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.500	143.61	417.76	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	3.28	47.61	4.00	59.01	0.760571	0.23	0.30352
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	3.200	143.61	417.76	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	3.28	47.61	4.00	59.01	0.760571	1.48	1.94253
SECCIÓN C3	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	3.560	143.61	417.76	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	3.28	47.61	4.00	59.01	0.760571	1.64	2.16106
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.820	143.61	417.76	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	3.28	47.61	4.00	59.01	0.760571	0.38	0.49777
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.770	143.61	417.76	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	3.28	47.61	4.00	59.01	0.760571	0.33	0.431
SECCIÓN C4	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	1.420	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	0.31	0.40419
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.820	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	0.35	0.46681
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	1.356	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	0.58	0.77194
SECCIÓN C5	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	1.900	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	0.82	1.08182
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	2.344	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	1.01	1.33438
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	4.300	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	1.65	2.44788
SECCIÓN C6	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	1.950	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	0.04	0.05904
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.050	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	0.01	0.01968
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.150	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	0.04	0.05904
SECCIÓN C7	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.150	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	0.04	0.05904
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.100	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	0.03	0.03936
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.150	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	0.04	0.05904
SECCIÓN C8	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.150	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	0.04	0.05904
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.100	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	0.03	0.03936
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.150	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	0.04	0.05904
SECCIÓN C9	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.150	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	0.04	0.05904
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.100	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	0.03	0.03936
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.150	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	0.04	0.05904
SECCIÓN C10	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.150	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	0.04	0.05904
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.100	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	0.03	0.03936
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.150	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	0.04	0.05904
SECCIÓN C11	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.150	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	0.04	0.05904
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.100	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	0.03	0.03936
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.150	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	0.04	0.05904
SECCIÓN C12	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.150	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	0.04	0.05904
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.100	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	0.03	0.03936
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.150	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	0.04	0.05904
SECCIÓN C13	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.150	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	0.04	0.05904
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.100	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	0.03	0.03936
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.150	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00	3.20	46.40	0.7576454	0.04	0.05904
SECCIÓN C14	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL	1 1/2"	48.3	3.68	0.04094	0.150	135.54	409.69	21.00	295.15	0.0205	0.0242	0.0245	6000	25	40	0.04	24.816066	2.48	36.00</					

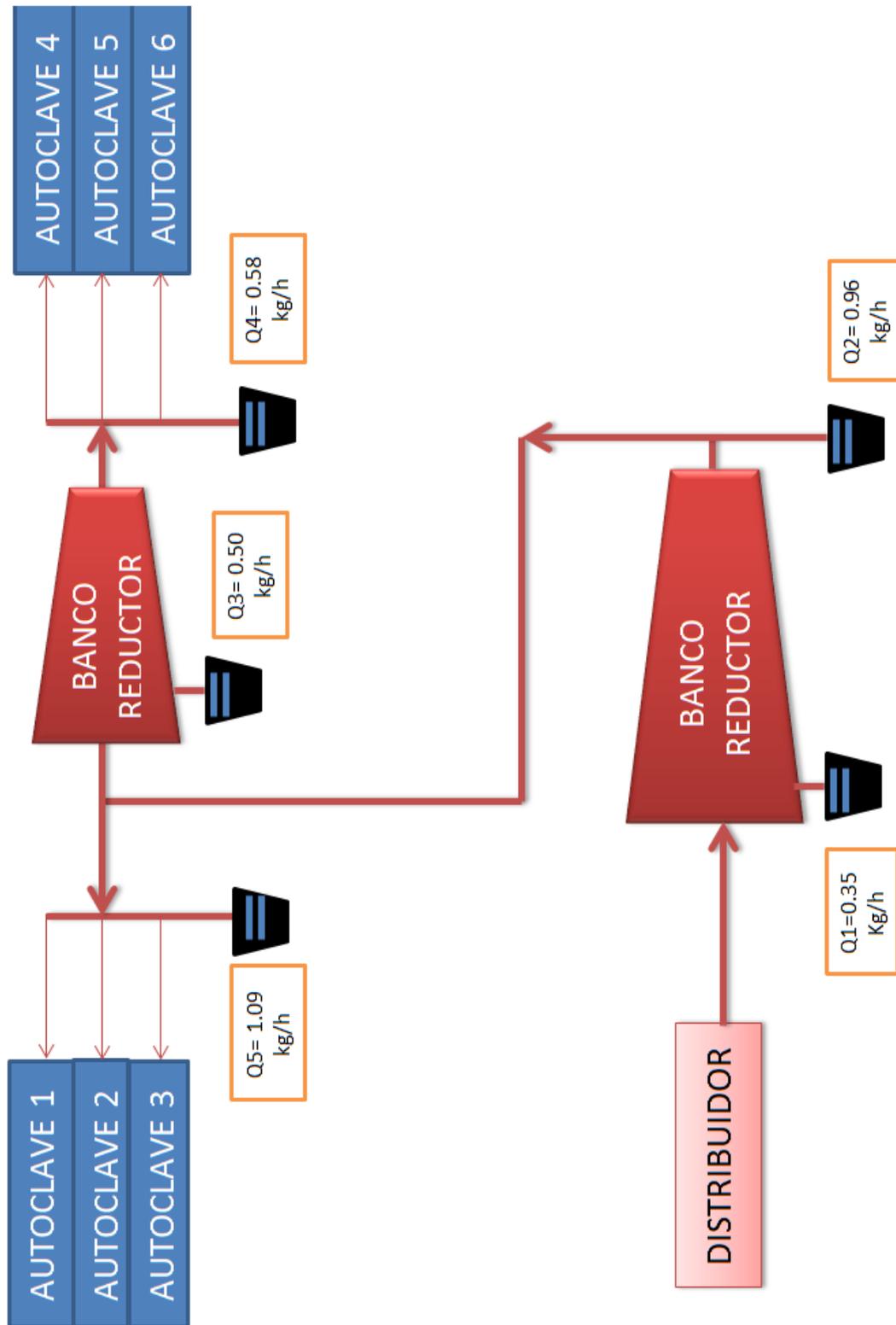
**ANEXOS**

**CAPITULO 3**



**ANEXO 3.2:**

**ESQUEMA DE LOS PUNTOS DE TRAMPEO DE CONDENSADO**









ANEXO 3.7:

DIÁMETRO DE REDISEÑO SECCIÓN A CASA DE MÁQUINAS

VELOCIDADES Y DIÁMETROS SECCIÓN A - CASA DE MAQUINAS																			
REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	LONGITUD DE TUBERÍA	CEDULA 40				PRESIÓN MANOMÉTRICA		PRESIÓN ABSOLUTA		TEMPERATURA		FLUJO MÁSCO	VOLUMEN ESPECÍFICO	VELOCIDAD	REDESÑO VELOCIDAD	REDESÑO DIÁMETRO		
			díametro nominal (pig)	díametro exterior (mm)	Espesor (mm)	díametro int. (m)	bar	psi(lb/pig2)	bar	psi(lb/pig2)	°F	°C						kg/h	lb/h
PLANO		m																	
SECCIÓN A1	SALIDA DEL DISTRIBUIDOR	4,850	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	5,861	85	6,578	95,4	323,906	162,170	548	1208,133197	0,291	33,630	35	33,630	40,13097097
	SALIDA DEL DISTRIBUIDOR	1,625	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	5,861	85	6,578	95,4	323,906	162,170	548	1208,133197	0,291	33,630	35	33,630	40,13097097
	SALIDA DEL DISTRIBUIDOR	0,320	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	5,861	85	6,578	95,4	323,906	162,170	548	1208,133197	0,291	33,630	35	33,630	40,13097097
SECCIÓN A2	ENTRADA BANCO REDUCTOR	0,400	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	5,861	85	6,578	95,4	323,906	162,170	548	1208,133197	0,291	33,630	35	33,630	40,13097097
	BANCO REDUCTOR	0,710	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	5,861	85	6,578	95,4	323,906	162,170	548	1208,133197	0,291	33,630	35	33,630	40,13097097
	BANCO REDUCTOR	0,710	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	4,137	60	4,854	70,4	303,152	150,640	548	1208,133197	0,38759	44,819	35	44,819	46,32829824
SECCIÓN A3	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,400	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	4,137	60	4,854	70,4	303,152	150,640	548	1208,133197	0,38759	44,819	35	44,819	46,32829824
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,320	2	60,30	3,91	0,052	4,137	60	4,854	70,4	303,152	150,640	548	1208,133197	0,38759	27,275	35	27,275	46,32829824
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	1,680	2	60,30	3,91	0,052	4,137	60	4,854	70,4	303,152	150,640	548	1208,133197	0,38759	27,275	35	27,275	46,32829824
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,800	2	60,30	3,91	0,052	4,137	60	4,854	70,4	303,152	150,640	548	1208,133197	0,38759	27,275	35	27,275	46,32829824
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	3,000	2	60,30	3,91	0,052	4,137	60	4,854	70,4	303,152	150,640	548	1208,133197	0,38759	27,275	35	27,275	46,32829824
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,500	2	60,30	3,91	0,052	4,137	60	4,854	70,4	303,152	150,640	548	1208,133197	0,38759	27,275	35	27,275	46,32829824
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	11,800	2	60,30	3,91	0,052	4,137	60	4,854	70,4	303,152	150,640	548	1208,133197	0,38759	27,275	35	27,275	46,32829824
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,800	2	60,30	3,91	0,052	4,137	60	4,854	70,4	303,152	150,640	548	1208,133197	0,38759	27,275	35	27,275	46,32829824
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,500	2	60,30	3,91	0,052	4,137	60	4,854	70,4	303,152	150,640	548	1208,133197	0,38759	27,275	35	27,275	46,32829824
SECCIÓN A3	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	3,000	2	60,30	3,91	0,052	4,137	60	4,854	70,4	303,152	150,640	548	1208,133197	0,38759	27,275	35	27,275	46,32829824
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	1,270	2	60,30	3,91	0,052	4,137	60	4,854	70,4	303,152	150,640	548	1208,133197	0,38759	27,275	35	27,275	46,32829824
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,100	2	60,30	3,91	0,052	4,137	60	4,854	70,4	303,152	150,640	548	1208,133197	0,38759	27,275	35	27,275	46,32829824
<b>Notr:</b>														PERTENECE A TUBERIAS PRINCIPALES					

**ANEXO 3.8:**

**DIÁMETRO DE REDISEÑO SECCIÓN B QUIRÓFANOS**

<b>VELOCIDADES Y DIÁMETROS SECCIÓN B - QUIRÓFANOS</b>																		
REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	LONGITUD DE TUBERÍA	CEDULA 40				PRESIÓN MANOMÉTRICA		PRESIÓN ABSOLUTA		TEMPERATURA		FLUJO MÁSSICO		VOLUMEN ESPECÍFICO	VELOCIDAD	REDISEÑO VELOCIDAD	REDISEÑO
			diámetro nominal (pulg)	diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)	diámetro Int. (m)	bar	psi(lb/pulg2)	bar	psi(lb/pulg2)	°F	°C	kg/h	lb/h				
PLANO	BIFURCACION A QUIROFANOS	2,250	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	3,930	57	4,647	67,4	300,083	148,93	220	485,0169768	0,4057	35	18,835	30,03279197
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	0,100	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	3,930	57	4,647	67,4	300,083	148,93	220	485,0169768	0,4057	35	18,835	30,03279197
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	1,000	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	3,930	57	4,647	67,4	300,083	148,93	220	485,0169768	0,4057	35	18,835	30,03279197
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	0,700	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	3,930	57	4,647	67,4	300,083	148,93	220	485,0169768	0,4057	35	18,835	30,03279197
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	11,600	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	3,930	57	4,647	67,4	300,083	148,93	220	485,0169768	0,4057	35	18,835	30,03279197
SECCIÓN B1	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	0,600	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	3,930	57	4,647	67,4	300,083	148,93	220	485,0169768	0,4057	35	18,835	30,03279197
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	0,800	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	3,930	57	4,647	67,4	300,083	148,93	220	485,0169768	0,4057	35	18,835	30,03279197
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	0,500	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	3,930	57	4,647	67,4	300,083	148,93	220	485,0169768	0,4057	35	18,835	30,03279197
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	1,392	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	3,930	57	4,647	67,4	300,083	148,93	220	485,0169768	0,4057	35	18,835	30,03279197
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	0,592	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	3,930	57	4,647	67,4	300,083	148,93	220	485,0169768	0,4057	35	18,835	30,03279197
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL	0,392	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	3,930	57	4,647	67,4	300,083	148,93	220	485,0169768	0,4057	35	18,835	30,03279197
	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 1	0,150	3/4"	26,700	2,87	0,021	3,930	57	4,647	67,4	300,083	148,93	55	121,2542442	0,4057	25	17,965	17,76763934
	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 1	0,050	3/4"	26,700	2,87	0,021	3,930	57	4,647	67,4	300,083	148,93	55	121,2542442	0,4057	25	17,965	17,76763934
	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 1	0,150	3/4"	26,700	2,87	0,021	3,930	57	4,647	67,4	300,083	148,93	55	121,2542442	0,4057	25	17,965	17,76763934
	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 1	0,150	3/4"	26,700	2,87	0,021	3,930	57	4,647	67,4	300,083	148,93	55	121,2542442	0,4057	25	17,965	17,76763934
SECCIÓN B2	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 2	0,150	3/4"	26,700	2,87	0,021	3,930	57	4,647	67,4	300,083	148,93	55	121,2542442	0,4057	25	17,965	17,76763934
	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 2	0,150	3/4"	26,700	2,87	0,021	3,930	57	4,647	67,4	300,083	148,93	55	121,2542442	0,4057	25	17,965	17,76763934
	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 2	0,050	3/4"	26,700	2,87	0,021	3,930	57	4,647	67,4	300,083	148,93	55	121,2542442	0,4057	25	17,965	17,76763934
	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 2	0,150	3/4"	26,700	2,87	0,021	3,930	57	4,647	67,4	300,083	148,93	55	121,2542442	0,4057	25	17,965	17,76763934
	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 2	0,150	3/4"	26,700	2,87	0,021	3,930	57	4,647	67,4	300,083	148,93	55	121,2542442	0,4057	25	17,965	17,76763934
	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 2	0,150	3/4"	26,700	2,87	0,021	3,930	57	4,647	67,4	300,083	148,93	55	121,2542442	0,4057	25	17,965	17,76763934
	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	0,150	3/4"	26,700	2,87	0,021	3,930	57	4,647	67,4	300,083	148,93	55	121,2542442	0,4057	25	17,965	17,76763934
	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	0,050	3/4"	26,700	2,87	0,021	3,930	57	4,647	67,4	300,083	148,93	55	121,2542442	0,4057	25	17,965	17,76763934
	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	0,150	3/4"	26,700	2,87	0,021	3,930	57	4,647	67,4	300,083	148,93	55	121,2542442	0,4057	25	17,965	17,76763934
	SECOND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	0,150	3/4"	26,700	2,87	0,021	3,930	57	4,647	67,4	300,083	148,93	55	121,2542442	0,4057	25	17,965	17,76763934

**Nota:**

PERTENECE A TUBERIAS PRINCIPALES

PERTENECE A TUBERIAS SECUNDARIAS

**ANEXO 3.9:**

**DIÁMETRO DE REDISEÑO SECCIÓN C SUBCENTRAL DE ESTERILIZACIÓN**

<b>VELOCIDADES Y DIÁMETROS SECCIÓN C - SUBCENTRAL DE ESTERILIZACIÓN</b>																	
REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	LONGITUD DE TUBERÍA m	CEDULA 40				PRESIÓN MANOMÉTRICA		PRESIÓN ABSOLUTA		TEMPERATURA		FLUJO MÁSCO kg/h	VOLUMEN ESPECÍFICO m <sup>3</sup> /kg	VELOCIDAD m/s	REDISEÑO VELOCIDAD m/s	REDISEÑO diámetro int. (mm)
			diámetro nominal (pig)	diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)	diámetro int. (m)	bar	psilb/ pig2	bar	psilb/ pig2	°F	°C					
PLANO	BIFURCACIONA SUBC. ESTERIL	0,100	1 1/2"	48,30	3,91	0,040	3,283	47,61	4,000	58,01	303,152	150,640	328	723,11622	35	32,735	39,14820595
	BIFURCACIONA SUBC. ESTERIL	0,500	1 1/2"	48,30	3,91	0,040	3,283	47,61	4,000	58,01	303,152	150,640	328	723,11622	35	32,735	39,14820595
	BIFURCACIONA SUBC. ESTERIL	0,400	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	3,283	47,61	4,000	58,01	303,152	150,640	328	723,11622	35	32,003	39,14820595
SECCIÓN C1	BIFURCACIONA SUBC. ESTERIL	2,450	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	3,283	47,61	4,000	58,01	303,152	150,640	328	723,11622	35	32,003	39,14820595
	BIFURCACIONA SUBC. ESTERIL	0,500	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	3,283	47,61	4,000	58,01	303,152	150,640	328	723,11622	35	32,003	39,14820595
	BIFURCACIONA SUBC. ESTERIL	3,200	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	3,283	47,61	4,000	58,01	303,152	150,640	328	723,11622	35	32,003	39,14820595
SECCIÓN C2	BIFURCACIONA SUBC. ESTERIL	3,560	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	3,283	47,61	4,000	58,01	303,152	150,640	328	723,11622	35	32,003	39,14820595
	ENTRADA BANCO REDUCTOR	0,820	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	3,283	47,61	4,000	58,01	303,152	150,640	328	723,11622	35	32,003	39,14820595
	BANCO REDUCTOR	0,710	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	3,283	47,61	4,000	58,01	303,152	150,640	328	723,11622	35	32,003	39,14820595
SECCIÓN C3	BANCO REDUCTOR	0,710	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	3,283	47,61	4,000	58,01	303,152	150,640	328	723,11622	35	32,003	39,14820595
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,820	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	3,283	47,61	4,000	58,01	303,152	150,640	328	723,11622	35	32,003	39,14820595
	PRINCIPAL AUMENT. ESTERIL	3,100	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	3,283	47,61	4,000	58,01	303,152	150,640	328	723,11622	35	32,003	39,14820595
SECCIÓN C4	PRINCIPAL AUMENT. ESTERIL	1,420	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	2,482	36,000	3,199	46,4	276,278	135,71	328	723,11622	35	40,042	43,78985711
	PRINCIPAL AUMENT. ESTERIL	1,356	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	2,482	36,000	3,199	46,4	276,278	135,71	328	723,11622	35	40,042	43,78985711
	PRINCIPAL AUMENT. ESTERIL	1,900	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	2,482	36,000	3,199	46,4	276,278	135,71	328	723,11622	35	40,042	43,78985711
SECCIÓN C5	PRINCIPAL AUMENT. ESTERIL	2,344	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	2,482	36,000	3,199	46,4	276,278	135,71	328	723,11622	35	40,042	43,78985711
	PRINCIPAL AUMENT. ESTERIL	4,300	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	2,482	36,000	3,199	46,4	276,278	135,71	328	723,11622	35	40,042	43,78985711
	PRINCIPAL AUMENT. ESTERIL	0,150	1"	33,400	3,38	0,027	2,482	36,000	3,199	46,4	276,278	135,71	82	180,779055	25	23,642	25,90642884
SECCIÓN C6	SECON. AUMENT. AUTOCLAVE4	0,050	1"	33,400	3,38	0,027	2,482	36,000	3,199	46,4	276,278	135,71	82	180,779055	25	23,642	25,90642884
	SECON. AUMENT. AUTOCLAVE4	0,150	1"	33,400	3,38	0,027	2,482	36,000	3,199	46,4	276,278	135,71	82	180,779055	25	23,642	25,90642884
	SECON. AUMENT. AUTOCLAVE4	0,150	1"	33,400	3,38	0,027	2,482	36,000	3,199	46,4	276,278	135,71	82	180,779055	25	23,642	25,90642884
SECCIÓN C7	SECON. AUMENT. AUTOCLAVE4	0,100	1"	33,400	3,38	0,027	2,482	36,000	3,199	46,4	276,278	135,71	82	180,779055	25	23,642	25,90642884
	SECON. AUMENT. AUTOCLAVE5	0,150	1"	33,400	3,38	0,027	2,482	36,000	3,199	46,4	276,278	135,71	82	180,779055	25	23,642	25,90642884
	SECON. AUMENT. AUTOCLAVE5	0,050	1"	33,400	3,38	0,027	2,482	36,000	3,199	46,4	276,278	135,71	82	180,779055	25	23,642	25,90642884
SECCIÓN C8	SECON. AUMENT. AUTOCLAVE5	0,150	1"	33,400	3,38	0,027	2,482	36,000	3,199	46,4	276,278	135,71	82	180,779055	25	23,642	25,90642884
	SECON. AUMENT. AUTOCLAVE6	0,050	1"	33,400	3,38	0,027	2,482	36,000	3,199	46,4	276,278	135,71	82	180,779055	25	23,642	25,90642884
	SECON. AUMENT. AUTOCLAVE6	0,150	1"	33,400	3,38	0,027	2,482	36,000	3,199	46,4	276,278	135,71	82	180,779055	25	23,642	25,90642884
SECCIÓN C9	SECON. AUMENT. AUTOCLAVE6	0,150	1"	33,400	3,38	0,027	2,482	36,000	3,199	46,4	276,278	135,71	82	180,779055	25	23,642	25,90642884
	SECON. AUMENT. AUTOCLAVE6	0,100	1"	33,400	3,38	0,027	2,482	36,000	3,199	46,4	276,278	135,71	82	180,779055	25	23,642	25,90642884
	SECON. AUMENT. AUTOCLAVE6	0,100	1"	33,400	3,38	0,027	2,482	36,000	3,199	46,4	276,278	135,71	82	180,779055	25	23,642	25,90642884

**Nota:**  
PERTENECE A TUBERIAS SECUNDARIAS

ANEXO 3.10:

NUMERO DE REYNOLDS REDISEÑO SECCIÓN A CASA DE MÁQUINAS

NUMERO DE REYNOLDS SECCIÓN A - CASA DE MAQUINAS																
REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	LONGITUD DE TUBERÍA	CEDULA 40				VELOCIDAD	PRESIÓN A		PRESIÓN ABSOLUTA		TEMPERATURA		VISCOSIDAD CINEMÁTICA		NUMERO DE REYNOLDS REDISEÑO
			diámetro nominal (pg)	diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)	diámetro int. rediseño (m)		bar	psi(lb/p g2)	bar	psi(lb/p g2)	°F	°C	cSt	m <sup>2</sup> /s	
PLANO		m														ADIMENSIONAL
SECCIÓN A1	SALIDA DEL DISTRIBUIDOR	4,850	1 1/2"	88,90	5,49	0,041	33,63	5,861	85	6,578	95,4	323,906	162,170	4,191133	0,000004191133	328508,86
	SALIDA DEL DISTRIBUIDOR	1,625	1 1/2"	60,30	3,91	0,041	33,63	5,861	85	6,578	95,4	323,906	162,170	4,191133	0,000004191133	328508,86
	SALIDA DEL DISTRIBUIDOR	0,320	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	33,63	5,861	85	6,578	95,4	323,906	162,170	4,191133	0,000004191133	328508,86
SECCIÓN A2	ENTRADA BANCO REDUCTOR	0,400	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	33,63	5,861	85	6,578	95,4	323,906	162,170	4,191133	0,000004191133	328508,86
	BANCO REDUCTOR	0,710	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	33,63	5,861	85	6,578	95,4	323,906	162,170	4,191133	0,000004191133	328508,86
	BANCO REDUCTOR	0,710	2	48,30	3,68	0,041	44,82	4,137	60	4,854	70,4	303,152	150,640	5,428557	0,000005428557	338008,39
SECCIÓN A3	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,400	2	48,30	3,68	0,041	44,82	4,137	60	4,854	70,4	303,152	150,640	5,428557	0,000005428557	338008,39
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,320	2	48,30	3,68	0,052	27,28	4,137	60	4,854	70,4	303,152	150,640	5,428557	0,000005428557	263682,61
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	1,680	2	60,30	3,91	0,052	27,28	4,137	60	4,854	70,4	303,152	150,640	5,428557	0,000005428557	263682,61
SECCIÓN A3	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,800	2	60,30	3,91	0,052	27,28	4,137	60	4,854	70,4	303,152	150,640	5,428557	0,000005428557	263682,61
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	3,000	2	60,30	3,91	0,052	27,28	4,137	60	4,854	70,4	303,152	150,640	5,428557	0,000005428557	263682,61
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,500	2	60,30	3,91	0,052	27,28	4,137	60	4,854	70,4	303,152	150,640	5,428557	0,000005428557	263682,61
SECCIÓN A3	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	11,800	2	60,30	3,91	0,052	27,28	4,137	60	4,854	70,4	303,152	150,640	5,428557	0,000005428557	263682,61
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,800	2	60,30	3,91	0,052	27,28	4,137	60	4,854	70,4	303,152	150,640	5,428557	0,000005428557	263682,61
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,500	2	60,30	3,91	0,052	27,28	4,137	60	4,854	70,4	303,152	150,640	5,428557	0,000005428557	263682,61
SECCIÓN A3	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	3,000	2	60,30	3,91	0,052	27,28	4,137	60	4,854	70,4	303,152	150,640	5,428557	0,000005428557	263682,61
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,500	2	60,30	3,91	0,052	27,28	4,137	60	4,854	70,4	303,152	150,640	5,428557	0,000005428557	263682,61
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	3,000	2	60,30	3,91	0,052	27,28	4,137	60	4,854	70,4	303,152	150,640	5,428557	0,000005428557	263682,61
SECCIÓN A3	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	1,270	2	60,30	3,91	0,052	27,28	4,137	60	4,854	70,4	303,152	150,640	5,428557	0,000005428557	263682,61
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,100	2	60,30	3,91	0,052	27,28	4,137	60	4,854	70,4	303,152	150,640	5,428557	0,000005428557	263682,61
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0,100	2	60,30	3,91	0,052	27,28	4,137	60	4,854	70,4	303,152	150,640	5,428557	0,000005428557	263682,61

PERTENECE A TUBERIAS PRINCIPALES

Nota:

ANEXO 3.11:

NUMERO DE REYNOLDS REDISEÑO SECCIÓN B QUIRÓFANOS

NUMERO DE REYNOLDS SECCIÓN B - QUIRÓFANOS

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	LONGITUD DE TUBERÍA	CEDULA 40				VELOCIDAD	PRESIÓN MANOMÉTRICA		PRESIÓN ABSOLUTA		TEMPERATURA		VISCOSIDAD CINEMÁTICA		NUMERO DE REYNOLDS REDISEÑO
			diámetro nominal (plg)	diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)	diámetro int. rediseño (m)		bar	psi(lb/p g2)	bar	psi(lb/pl g2)	°F	°C	cSt	m <sup>2</sup> /s	
PLANO	BIFURCACION A QUIROFANOS	2,250	1 1/2"	60,30	3,91	0,041	18,8348761	4,137	60	4,854	70,4	300,083	148,935	5,663915	0,000005663915	136142,54
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	0,100	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	18,8348761	4,137	60	4,854	70,4	300,083	148,935	5,663915	0,000005663915	136142,54
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1,000	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	18,8348761	4,137	60	4,854	70,4	300,083	148,935	5,663915	0,000005663915	136142,54
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	0,700	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	18,8348761	4,137	60	4,854	70,4	300,083	148,935	5,663915	0,000005663915	136142,54
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	11,600	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	18,8348761	4,137	60	4,854	70,4	300,083	148,935	5,663915	0,000005663915	136142,54
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	0,600	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	18,8348761	4,137	60	4,854	70,4	300,083	148,935	5,663915	0,000005663915	136142,54
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	0,800	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	18,8348761	4,137	60	4,854	70,4	300,083	148,935	5,663915	0,000005663915	136142,54
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	0,500	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	18,8348761	4,137	60	4,854	70,4	300,083	148,935	5,663915	0,000005663915	136142,54
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1,392	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	18,8348761	4,137	60	4,854	70,4	300,083	148,935	5,663915	0,000005663915	136142,54
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	0,592	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	18,8348761	4,137	60	4,854	70,4	300,083	148,935	5,663915	0,000005663915	136142,54
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	0,392	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	18,8348761	4,137	60	4,854	70,4	300,083	148,935	5,663915	0,000005663915	136142,54
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	0,150	3/4"	33,400	3,38	0,021	17,9645315	4,137	60	4,854	70,4	300,083	148,935	5,663915	0,000005663915	66479,91
SECCIÓN B2	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 1	0,050	3/4"	33,400	3,38	0,021	17,9645315	4,137	60	4,854	70,4	300,083	148,935	5,663915	0,000005663915	66479,91
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 1	0,050	3/4"	33,400	3,38	0,021	17,9645315	4,137	60	4,854	70,4	300,083	148,935	5,663915	0,000005663915	66479,91
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 1	0,150	3/4"	33,400	3,38	0,021	17,9645315	4,137	60	4,854	70,4	300,083	148,935	5,663915	0,000005663915	66479,91
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 1	0,150	3/4"	33,400	3,38	0,021	17,9645315	4,137	60	4,854	70,4	300,083	148,935	5,663915	0,000005663915	66479,91
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 2	0,150	3/4"	33,400	3,38	0,021	17,9645315	4,137	60	4,854	70,4	300,083	148,935	5,663915	0,000005663915	66479,91
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 2	0,150	3/4"	33,400	3,38	0,021	17,9645315	4,137	60	4,854	70,4	300,083	148,935	5,663915	0,000005663915	66479,91
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 2	0,150	3/4"	21,300	2,77	0,021	17,9645315	4,137	60	4,854	70,4	300,083	148,935	5,663915	0,000005663915	66479,91
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 2	0,150	3/4"	21,300	2,77	0,021	17,9645315	4,137	60	4,854	70,4	300,083	148,935	5,663915	0,000005663915	66479,91
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	0,150	3/4"	33,400	3,38	0,021	17,9645315	4,137	60	4,854	70,4	300,083	148,935	5,663915	0,000005663915	66479,91
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	0,050	3/4"	21,300	2,77	0,021	17,9645315	4,137	60	4,854	70,4	300,083	148,935	5,663915	0,000005663915	66479,91
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	0,150	3/4"	21,300	2,77	0,021	17,9645315	4,137	60	4,854	70,4	300,083	148,935	5,663915	0,000005663915	66479,91
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	0,150	3/4"	33,400	3,38	0,021	17,9645315	4,137	60	4,854	70,4	300,083	148,935	5,663915	0,000005663915	66479,91

**Nota:**  
 PERTENECE A TUBERIAS PRINCIPALES  
 PERTENECE A TUBERIAS SECUNDARIAS

ANEXO 3.12:

NUMERO DE REYNOLDS REDISEÑO SECCIÓN C SUBCENTRAL DE ESTERILIZACIÓN

NUMERO DE REYNOLDS SECCIÓN C - SUBCENTRAL DE ESTERILIZACIÓN

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	LONGITUD DE TUBERÍA m	CEDULA 40				VELOCIDAD m/s	PRESIÓN MANOMÉTRICA		PRESIÓN ABSOLUTA		TEMPERATURA		VISCOSIDAD CINEMÁTICA		NUMERO DE REYNOLDS REDISEÑO
			diámetro nominal (plg)	diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)	diámetro int. rediseño (m)		bar	psi(lb/p lg2)	bar	psi(lb/pl g2)	°F	°C	cSt	m <sup>2</sup> /s	
PLANO	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL.	0.100	1 1/2"	60.30	3.91	0.04048	32,7348044	4,137	60	4,854	70.4	303,152	150,640	5,428557	0,000005428557	244098,92
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL.	0.500	1 1/2"	60.30	3.91	0.04048	32,7348044	4,137	60	4,854	70.4	303,152	150,640	5,428557	0,000005428557	244098,92
SECCIÓN C1	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL.	0.400	1 1/2"	48.30	3.68	0.04094	32,0033235	4,137	60	4,854	70.4	303,152	150,640	5,428557	0,000005428557	241356,23
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL.	2.450	1 1/2"	48.30	3.68	0.04094	32,0033235	4,137	60	4,854	70.4	303,152	150,640	5,428557	0,000005428557	241356,23
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL.	0.500	1 1/2"	48.30	3.68	0.04094	32,0033235	4,137	60	4,854	70.4	303,152	150,640	5,428557	0,000005428557	241356,23
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL.	3.200	1 1/2"	48.30	3.68	0.04094	32,0033235	4,137	60	4,854	70.4	303,152	150,640	5,428557	0,000005428557	241356,23
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL.	3.560	1 1/2"	48.30	3.68	0.04094	32,0033235	4,137	60	4,854	70.4	303,152	150,640	5,428557	0,000005428557	241356,23
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL.	0.820	1 1/2"	48.30	3.68	0.04094	32,0033235	4,137	60	4,854	70.4	303,152	150,640	5,428557	0,000005428557	241356,23
SECCIÓN C2	ENTRADA BANCO REDUCTOR	0.710	1 1/2"	48.30	3.68	0.04094	32,0033235	4,137	60	4,854	70.4	303,152	150,640	5,428557	0,000005428557	241356,23
	BANCO REDUCTOR	0.710	1 1/2"	48.30	3.68	0.04094	40,0422441	3,447	50	4,164	60.4	292,91	144,95	6,187422	0,000006187422	264945,48
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	0.820	1 1/2"	48.30	3.68	0.04094	40,0422441	3,447	50	4,164	60.4	292,91	144,95	6,187422	0,000006187422	264945,48
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	3.100	1 1/2"	48.30	3.68	0.04094	40,0422441	3,447	50	4,164	60.4	292,91	144,95	6,187422	0,000006187422	264945,48
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1.420	1 1/2"	48.30	3.68	0.04094	40,0422441	3,447	50	4,164	60.4	292,91	144,95	6,187422	0,000006187422	264945,48
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1.356	1 1/2"	48.30	3.68	0.04094	40,0422441	3,447	50	4,164	60.4	292,91	144,95	6,187422	0,000006187422	264945,48
SECCIÓN C3	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1.900	1 1/2"	48.30	3.68	0.04094	40,0422441	3,447	50	4,164	60.4	292,91	144,95	6,187422	0,000006187422	264945,48
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	2.344	1 1/2"	48.30	3.68	0.04094	40,0422441	3,447	50	4,164	60.4	292,91	144,95	6,187422	0,000006187422	264945,48
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	4.300	1 1/2"	48.30	3.68	0.04094	40,0422441	3,447	50	4,164	60.4	292,91	144,95	6,187422	0,000006187422	264945,48
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 4	0.150	1"	33.400	3.38	0.02664	23,6420784	3,447	50	4,164	60.4	292,91	144,95	6,187422	0,000006187422	101791,18
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 4	0.050	1"	33.400	3.38	0.02664	23,6420784	3,447	50	4,164	60.4	292,91	144,95	6,187422	0,000006187422	101791,18
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 4	0.150	1"	33.400	3.38	0.02664	23,6420784	3,447	50	4,164	60.4	292,91	144,95	6,187422	0,000006187422	101791,18
SECCIÓN C4	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 5	0.150	1"	33.400	3.38	0.02664	23,6420784	3,447	50	4,164	60.4	292,91	144,95	6,187422	0,000006187422	101791,18
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 5	0.150	1"	33.400	3.38	0.02664	23,6420784	3,447	50	4,164	60.4	292,91	144,95	6,187422	0,000006187422	101791,18
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 5	0.150	1"	33.400	3.38	0.02664	23,6420784	3,447	50	4,164	60.4	292,91	144,95	6,187422	0,000006187422	101791,18
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 5	0.150	1"	33.400	3.38	0.02664	23,6420784	3,447	50	4,164	60.4	292,91	144,95	6,187422	0,000006187422	101791,18
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 5	0.150	1"	33.400	3.38	0.02664	23,6420784	3,447	50	4,164	60.4	292,91	144,95	6,187422	0,000006187422	101791,18
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 5	0.150	1"	33.400	3.38	0.02664	23,6420784	3,447	50	4,164	60.4	292,91	144,95	6,187422	0,000006187422	101791,18

PERTENECE A TUBERIAS PRINCIPALES  
PERTENECE A TUBERIAS SECUNDARIAS

Nota:

ANEXO 3.13:

FACTOR DARCY REDISEÑO SECCIÓN A CASA DE MÁQUINAS

CALCULO DEL FACTOR DARCY - SECCIÓN A - CASA DE MAQUINAS						
REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	CEDULA 40		N. Reynolds Rediseño	f De Rediseño	
PLANO		diámetro nominal (plg)	diámetro Int. (mm)	(ε) (mm)	ADIMENSIONAL	
SECCIÓN A1	SALIDA DEL DISTRIBUIDOR	1 1/2"	40,94	0,045	3,29E+05	0,021198974
	SALIDA DEL DISTRIBUIDOR	1 1/2"	40,94	0,045	3,29E+05	0,021198974
	SALIDA DEL DISTRIBUIDOR	1 1/2"	40,94	0,045	3,29E+05	0,021198974
SECCIÓN A2	ENTRADA BANCO REDUCTOR	1 1/2"	40,94	0,045	3,29E+05	0,021198974
	BANCO REDUCTOR	1 1/2"	40,94	0,045	3,29E+05	0,021198974
	BANCO REDUCTOR	2	40,94	0,045	3,38E+05	0,021180316
SECCIÓN A3	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	2	40,94	0,045	3,38E+05	0,021180316
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	2	52,48	0,045	2,64E+05	0,020314463
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	2	52,48	0,045	2,64E+05	0,020314463
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	2	52,48	0,045	2,64E+05	0,020314463
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	2	52,48	0,045	2,64E+05	0,020314463
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	2	52,48	0,045	2,64E+05	0,020314463
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	2	52,48	0,045	2,64E+05	0,020314463
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	2	52,48	0,045	2,64E+05	0,020314463
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	2	52,48	0,045	2,64E+05	0,020314463
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	2	52,48	0,045	2,64E+05	0,020314463
<b>Nota:</b>		PERTENECE A TUBERIAS PRINCIPALES				

ANEXO 3.14:

FACTOR DARCY REDISEÑO SECCIÓN B QUIRÓFANOS

CALCULO DEL FACTOR DARCY - SECCIÓN B - QUIRÓFANOS						
REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	CEDULA 40		Rugosidad (ε) (mm)	N. Reynolds Rediseño	f De Rediseño
PLANO		diámetro nominal (pig)	diámetro Int. (mm)		ADIMENSIONAL	ADIMENSIONAL
SECCIÓN B1	BIFURCACION A QUIROFANOS	1 1/2"	40,94	0,045	136142,54	0,022081802
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	0,045	136142,54	0,022081802
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	0,045	136142,54	0,022081802
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	0,045	136142,54	0,022081802
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	0,045	136142,54	0,022081802
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	0,045	136142,54	0,022081802
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	0,045	136142,54	0,022081802
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	0,045	136142,54	0,022081802
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	0,045	136142,54	0,022081802
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	0,045	136142,54	0,022081802
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	0,045	136142,54	0,022081802
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	0,045	136142,54	0,022081802
SECCIÓN B2	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 1	3/4"	20,96	0,045	66479,91	0,026370354
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 1	3/4"	20,96	0,045	66479,91	0,026370354
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 1	3/4"	20,96	0,045	66479,91	0,026370354
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 2	3/4"	20,96	0,045	66479,91	0,026370354
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 2	3/4"	20,96	0,045	66479,91	0,026370354
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 2	3/4"	20,96	0,045	66479,91	0,026370354
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	3/4"	20,96	0,045	66479,91	0,026370354
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	3/4"	20,96	0,045	66479,91	0,026370354
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	3/4"	20,96	0,045	66479,91	0,026370354
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	3/4"	20,96	0,045	66479,91	0,026370354
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	3/4"	20,96	0,045	66479,91	0,026370354
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 3	3/4"	20,96	0,045	66479,91	0,026370354
<b>Nota:</b>						
		PERTENECE A TUBERIAS PRINCIPALES				
		PERTENECE A TUBERIAS SECUDARIAS				

ANEXO 3.15:

FACTOR DARCY REDISEÑO SECCIÓN C SUBCENTRAL DE ESTERILIZACIÓN

Cálculo de Factor Darcy SECCIÓN C - SUBCENTRAL DE ESTERILIZACIÓN						
REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	CEDULA 40		Rugosidad (ε) (mm)	N. Reynolds Rediseño	f De Rediseño
PLANO		diámetro nominal (plg)	diámetro Int. (m)		ADIMENSIONAL	ADIMENSIONAL
SECCIÓN C1	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL.	1 1/2"	40,48	0,045	2,44E+05	0,021475082
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL.	1 1/2"	40,48	0,045	2,44E+05	0,021475082
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	0,045	2,41E+05	0,021434583
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	0,045	2,41E+05	0,021434583
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	0,045	2,41E+05	0,021434583
	BIFURCACION A SUBC. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	0,045	2,41E+05	0,021434583
SECCIÓN C2	ENTRADA BANCO REDUCTOR	1 1/2"	40,94	0,045	2,41E+05	0,021434583
	BANCO REDUCTOR	1 1/2"	40,94	0,045	2,41E+05	0,021434583
	BANCO REDUCTOR	1 1/2"	40,94	0,045	2,65E+05	0,021356344
	SALIDA DEL BANCO REDUCTOR	1 1/2"	40,94	0,045	2,65E+05	0,021356344
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	0,045	2,65E+05	0,021356344
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	0,045	2,65E+05	0,021356344
SECCIÓN C3	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	0,045	2,65E+05	0,021356344
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	0,045	2,65E+05	0,021356344
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	0,045	2,65E+05	0,021356344
	PRINCIPAL ALIMENT. ESTERIL.	1 1/2"	40,94	0,045	2,65E+05	0,021356344
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 4	1"	26,64	0,045	1,02E+05	0,024437297
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 4	1"	26,64	0,045	1,02E+05	0,024437297
SECCIÓN C4	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 4	1"	26,64	0,045	1,02E+05	0,024437297
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 4	1"	26,64	0,045	1,02E+05	0,024437297
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 5	1"	26,64	0,045	1,02E+05	0,024437297
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 5	1"	26,64	0,045	1,02E+05	0,024437297
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 5	1"	26,64	0,045	1,02E+05	0,024437297
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 5	1"	26,64	0,045	1,02E+05	0,024437297
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 6	1"	26,64	0,045	1,02E+05	0,024437297
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 6	1"	26,64	0,045	1,02E+05	0,024437297
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 6	1"	26,64	0,045	1,02E+05	0,024437297
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 6	1"	26,64	0,045	1,02E+05	0,024437297
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 6	1"	26,64	0,045	1,02E+05	0,024437297
	SECUND. ALIMENT. AUTOCLAVE 6	1"	26,64	0,045	1,02E+05	0,024437297

PERTENECE A TUBERIAS PRINCIPALES

PERTENECE A TUBERIAS SECUNDARIAS

**Nota:**

ANEXO 3.16:

CÁLCULO PERDIDAS REDISEÑO SECCIÓN A CASA DE MÁQUINAS

PÉRDIDAS POR FRICCIÓN Y PRESIÓN EN LAS TUBERÍAS - SECCION A - CASA DE MAQUINAS																			
REFERENCIA	DESCRIPCION	LONGITUD DE TUBERIA		CEDULA 40			VELOCIDAD / De Rediseño	PRESION MANOMETRICA		PRESION ABSOLUTA		TEMPERATURA		DENSIDAD	PERDIDAS POR FRICCIÓN	PERDIDAS DE PRESION			
		m	Longitud Corregida (+20%)	diametro nominal	diametro exterior	Espor (mm)		díametro int. rediseño (m)	m/s	adimensional	bar	psi(lb/pulg)	bar			psi(lb/pulg)	°F	°C	kg/m <sup>3</sup>
SECCIÓN A1	SAIDA DEL DISTRIBUIDOR	4.850	5.820	1 1/2"	48.30	3.68	0.041	33.63029582	0.021198974	5.861	85	6.578	95.4	323.906	162.170	3.458288	173.7210	5890.216883	0.88353253
	SAIDA DEL DISTRIBUIDOR	1.625	1.950	1 1/2"	48.30	3.68	0.041	33.63029582	0.021198974	5.861	85	6.578	95.4	323.906	162.170	3.458288	58.2649	1975.540078	0.28633101
SECCIÓN A2	SAIDA DEL DISTRIBUIDOR	0.320	0.384	1 1/2"	48.30	3.68	0.041	33.63029582	0.021198974	5.861	85	6.578	95.4	323.906	162.170	3.458288	11.4737	389.0294306	0.05855441
	ENTRADA BANCO REDUCTOR	0.400	0.480	1 1/2"	48.30	3.68	0.041	33.63029582	0.021198974	5.861	85	6.578	95.4	323.906	162.170	3.458288	14.3421	486.2867883	0.07294932
SECCIÓN A3	BANCO REDUCTOR	0.710	0.852	1 1/2"	48.30	3.68	0.041	33.63029582	0.021198974	5.861	85	6.578	95.4	323.906	162.170	3.458288	25.4573	863.1590492	0.12947386
	BANCO REDUCTOR	0.710	0.852	2	60.30	3.91	0.041	44.81919456	0.021180316	4.137	60	4.854	70.4	303.152	150.640	2.594265	45.1748	1149.686854	0.1745303
SECCIÓN A3	SAIDA DEL BANCO REDUCTOR	0.400	0.480	2	60.30	3.91	0.041	44.81919456	0.021180316	4.137	60	4.854	70.4	303.152	150.640	2.594265	25.4506	647.7109337	0.09715664
	SAIDA DEL BANCO REDUCTOR	0.320	0.384	2	60.30	3.91	0.052	27.77545924	0.02034463	4.137	60	4.854	70.4	303.152	150.640	2.594265	5.6420	143.5866843	0.021538
SECCIÓN A3	SAIDA DEL BANCO REDUCTOR	1.680	2.016	2	60.30	3.91	0.052	27.77545924	0.02034463	4.137	60	4.854	70.4	303.152	150.640	2.594265	29.6203	753.8300926	0.11307451
	SAIDA DEL BANCO REDUCTOR	0.800	0.960	2	60.30	3.91	0.052	27.77545924	0.02034463	4.137	60	4.854	70.4	303.152	150.640	2.594265	14.1049	359.9667207	0.05384501
SECCIÓN A3	SAIDA DEL BANCO REDUCTOR	3.000	3.600	2	60.30	3.91	0.052	27.77545924	0.02034463	4.137	60	4.854	70.4	303.152	150.640	2.594265	52.8935	1346.125165	0.20191877
	SAIDA DEL BANCO REDUCTOR	0.500	0.600	2	60.30	3.91	0.052	27.77545924	0.02034463	4.137	60	4.854	70.4	303.152	150.640	2.594265	8.8156	224.3541942	0.03365313
SECCIÓN A3	SAIDA DEL BANCO REDUCTOR	14.800	14.160	2	60.30	3.91	0.052	27.77545924	0.02034463	4.137	60	4.854	70.4	303.152	150.640	2.594265	208.0477	5294.758884	0.79421385
	SAIDA DEL BANCO REDUCTOR	0.800	0.960	2	60.30	3.91	0.052	27.77545924	0.02034463	4.137	60	4.854	70.4	303.152	150.640	2.594265	14.1049	359.9667207	0.05384501
SECCIÓN A3	SAIDA DEL BANCO REDUCTOR	0.500	0.600	2	60.30	3.91	0.052	27.77545924	0.02034463	4.137	60	4.854	70.4	303.152	150.640	2.594265	8.8156	224.3541942	0.03365313
	SAIDA DEL BANCO REDUCTOR	3.000	3.600	2	60.30	3.91	0.052	27.77545924	0.02034463	4.137	60	4.854	70.4	303.152	150.640	2.594265	52.8935	1346.125165	0.20191877
SECCIÓN A3	SAIDA DEL BANCO REDUCTOR	1.270	1.524	2	60.30	3.91	0.052	27.77545924	0.02034463	4.137	60	4.854	70.4	303.152	150.640	2.594265	22.3916	569.8595333	0.08547885
	SAIDA DEL BANCO REDUCTOR	0.100	0.120	2	60.30	3.91	0.052	27.77545924	0.02034463	4.137	60	4.854	70.4	303.152	150.640	2.594265	1.7631	44.87083884	0.00673063
<b>Nota:</b>														<b>TOTAL</b>	<b>772.9770</b>	<b>22067.42838</b>	<b>3.3101143</b>		
														PERTENECEN A TUBERIAS PRINCIPALES					

ANEXO 3.17:

CÁLCULO PERDIDAS REDISEÑO SECCIÓN B QUIRÓFANOS

PÉRDIDAS POR FRICCIÓN Y PRESIÓN EN LAS TUBERÍAS - SECCION B - QUIROFANOS

REFERENCIA	DESCRIPCION	LONGITUD DE TUBERIA		CEDULA 40				VELOCIDAD f de rediseño	PRESION MANOMETRICA		PRESION ABSOLUTA		TEMPERATURA		DENSIDAD	PERDIDAS POR FRICCIÓN	PERDIDAS DE PRESION		
		m	Longitud Corregida (+20%)	diametro nominal	diametro exterior	Espesor (mm)	diametro int. rediseño (m)		m/s	adimensional	bar	psi (lb/plg <sup>2</sup> )	bar	psi (lb/plg <sup>2</sup> )			°F	°C	kg/m <sup>3</sup>
PLANO	BUFUCACION A QUIROFANOS	2,250	2,700	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	32,73480438	0,02281802	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	79,6185	1,944,8326	0,29172489
	PRINCIPAL AUMENT. ESTERIL	0,100	0,120	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	32,73480438	0,02281802	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	3,5386	86,43700655	0,01296555
	PRINCIPAL AUMENT. ESTERIL	1,000	1,200	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	32,08323246	0,02281802	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	33,8222	826,1717974	0,12392577
	PRINCIPAL AUMENT. ESTERIL	0,700	0,840	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	32,08323246	0,02281802	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	23,6755	578,3202582	0,08674804
	PRINCIPAL AUMENT. ESTERIL	11,600	13,920	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	32,08323246	0,02281802	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	392,3377	9583,59285	1,43753883
	PRINCIPAL AUMENT. ESTERIL	0,600	0,720	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	32,08323246	0,02281802	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	20,2933	495,7030784	0,07455546
	PRINCIPAL AUMENT. ESTERIL	0,800	0,960	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	32,08323246	0,02281802	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	27,0578	660,9374379	0,0994462
	PRINCIPAL AUMENT. ESTERIL	0,500	0,600	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	32,08323246	0,02281802	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	16,9111	413,0858987	0,06196288
	PRINCIPAL AUMENT. ESTERIL	1,392	1,670	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	32,08323246	0,02281802	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	47,0805	1150,031142	0,17250467
	PRINCIPAL AUMENT. ESTERIL	0,592	0,710	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	40,04224406	0,02637054	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	31,3452	765,66468	0,11484973
SECCIÓN B1	PRINCIPAL AUMENT. ESTERIL	0,392	0,470	1 1/2"	48,30	3,68	0,041	40,04224406	0,02637054	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	20,7556	506,9943125	0,07604915
	PRINCIPAL AUMENT. ESTERIL	0,150	0,180	3/4"	26,700	2,87	0,021	40,04224406	0,02637054	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	18,5258	452,5286598	0,06787933
	SECONDA. AUMENT. AUTOCLAVE 1	0,050	0,060	3/4"	26,700	2,87	0,021	40,04224406	0,02637054	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	6,1753	150,8425533	0,02262644
	SECONDA. AUMENT. AUTOCLAVE 1	0,150	0,180	3/4"	26,700	2,87	0,021	40,04224406	0,02637054	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	18,5258	452,5286598	0,06787933
	SECONDA. AUMENT. AUTOCLAVE 1	0,150	0,180	3/4"	26,700	2,87	0,021	40,04224406	0,02637054	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	18,5258	452,5286598	0,06787933
	SECONDA. AUMENT. AUTOCLAVE 2	0,150	0,180	3/4"	26,700	2,87	0,021	40,04224406	0,02637054	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	18,5258	452,5286598	0,06787933
	SECONDA. AUMENT. AUTOCLAVE 2	0,050	0,060	3/4"	26,700	2,87	0,021	40,04224406	0,02637054	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	6,1753	150,8425533	0,02262644
	SECONDA. AUMENT. AUTOCLAVE 2	0,150	0,180	3/4"	26,700	2,87	0,021	23,64207837	0,02637054	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	6,4582	157,7541417	0,02566312
	SECONDA. AUMENT. AUTOCLAVE 2	0,150	0,180	3/4"	26,700	2,87	0,021	23,64207837	0,02637054	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	6,4582	157,7541417	0,02566312
	SECONDA. AUMENT. AUTOCLAVE 3	0,150	0,180	3/4"	26,700	2,87	0,021	23,64207837	0,02637054	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	6,4582	157,7541417	0,02566312
SECCIÓN B2	SECONDA. AUMENT. AUTOCLAVE 3	0,050	0,060	3/4"	26,700	2,87	0,021	23,64207837	0,02637054	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	2,1527	52,59471389	0,00788771
	SECONDA. AUMENT. AUTOCLAVE 3	0,150	0,180	3/4"	26,700	2,87	0,021	23,64207837	0,02637054	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	6,4582	157,7541417	0,02566312
	SECONDA. AUMENT. AUTOCLAVE 3	0,150	0,180	3/4"	26,700	2,87	0,021	23,64207837	0,02637054	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	6,4582	157,7541417	0,02566312
	SECONDA. AUMENT. AUTOCLAVE 3	0,150	0,180	3/4"	26,700	2,87	0,021	23,64207837	0,02637054	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	6,4582	157,7541417	0,02566312
	SECONDA. AUMENT. AUTOCLAVE 3	0,150	0,180	3/4"	26,700	2,87	0,021	23,64207837	0,02637054	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	6,4582	157,7541417	0,02566312
	SECONDA. AUMENT. AUTOCLAVE 3	0,150	0,180	3/4"	26,700	2,87	0,021	23,64207837	0,02637054	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	6,4582	157,7541417	0,02566312
	SECONDA. AUMENT. AUTOCLAVE 3	0,150	0,180	3/4"	26,700	2,87	0,021	23,64207837	0,02637054	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	6,4582	157,7541417	0,02566312
	SECONDA. AUMENT. AUTOCLAVE 3	0,150	0,180	3/4"	26,700	2,87	0,021	23,64207837	0,02637054	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	6,4582	157,7541417	0,02566312
	SECONDA. AUMENT. AUTOCLAVE 3	0,150	0,180	3/4"	26,700	2,87	0,021	23,64207837	0,02637054	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	6,4582	157,7541417	0,02566312
	SECONDA. AUMENT. AUTOCLAVE 3	0,150	0,180	3/4"	26,700	2,87	0,021	23,64207837	0,02637054	3,930	57	4,647	67,4	300,08266	148,935	2,49	6,4582	157,7541417	0,02566312
Nota:	<p style="text-align: center;">PERTENECE A TUBERIAS PRINCIPALES</p> <p style="text-align: center;">PERTENECE A TUBERIAS SECUNDARIAS</p>																		
TOTAL																817,3337	19,964,9280	2,9947392	



**PLANOS**