

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA: “DISEÑO DE LAS LINEAS DE VAPOR PARA
ELCALENTAMIENTO DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE
COMBUSTIBLE DE LA CENTRAL TERMICA MIRAFLORES”.**

AUTORES:

SANTIAGO XAVIER CABRERA NAVARRETE

DAVID ALEJANDRO TROYA VELASCO

DIRECTOR:

ING. LUIS ANDRANGO.

QUITO - JULIO DE 2012

Certifico que el presente trabajo, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico ha sido realizado en su totalidad por los señores: Santiago Xavier Cabrera Navarrete y David Alejandro Troya Velasco.

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

Atentamente:

Ing. Luis Andrango
DIRECTOR DE TESIS

DECLARACIÓN

Nosotros, Santiago Xavier Cabrera Navarrete y David Alejandro Troya Velasco, declaramos bajo juramento que el trabajo realizado es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en el presente documento.

A través de esta declaración, cedemos el derecho de propiedad intelectual correspondiente de este trabajo a la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad vigente.

Santiago Xavier Cabrera Navarrete

David Alejandro Troya Velasco

Dedicamos esta tesis a nuestros padres, y familiares quienes con su esfuerzo y dedicación incansable nos han apoyado en esta etapa de nuestras vidas.

Nuestro agradecimiento para todas las personas que hicieron posible el desarrollo de esta tesis.

A los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana que nos supieron impartir sus conocimientos y amistad.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El principio de funcionamiento de una central térmica se basa en el intercambio de energía calórica en energía mecánica y luego en energía eléctrica.

Estas centrales, generan energía eléctrica a partir de la combustión de carbón, fuel-oíl o gas en una caldera diseñada al efecto y emplean la tradicional turbina de vapor.

En el caso de la central térmica Miraflores ubicada en la ciudad de Manta, opera con generadores de Gran potencia que utilizan de combustible una mezcla de Fuel-Oil más diesel para su combustión.

El bunker o fuel Oíl, al ser el combustible más pesado y más económico por su proceso de refinación, necesita ser calentado a cierta temperatura para poder ser transportado por el sistema con facilidad, y también ayudar al proceso de combustión en los motores.

Para ello se utiliza un sistema de vapor de agua. En la central térmica Miraflores dicho sistema ha estado inactivo por varios años, de igual manerese encuentra deshabilitado el sistema de mezcla de combustible, ocasionando que se utilicen los generadores únicamente con combustible Diesel, encareciendo la producción de la energía eléctrica.

Por este motivo se plantea diseñar el nuevo sistema de vapor y retorno de condensado de la termoeléctrica, utilizando los recursos disponibles en la planta y del sistema de almacenamiento de Bunker actual.

JUSTIFICACIÓN

El 15 de agosto del 2008, las compañías **TERMOPICHINCHA S.A.** y **EMELMANABÍ S.A.**, suscribieron un Convenio de Cooperación Interinstitucional con el objeto de rehabilitar los grupos electrógenos de la Central Termoeléctrica Miraflores ubicada en la ciudad de Manta, con una capacidad instalada de 30 MW.

Posteriormente, bajo el convenio ratificatorio de Rehabilitación, Mantenimiento y Operación en las Centrales Termoeléctricas Miraflores y Pedernales suscrito entre la Corporación Nacional de Electricidad S.A., CNEL y la Corporación Eléctrica del Ecuador, CELEC. S. A., la Unidad de Negocio TERMOPICHINCHA se encuentra en proceso de operación de las dos Centrales y continúa con la rehabilitación de la **Central Miraflores**.

Dentro de este convenio se encuentra el proyecto de diseño y rehabilitación del sistema de vapor saturado y retorno de condensado para el calentamiento de fuel-oil de la central.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL.

Diseño de las líneas de vapor para el calentamiento de los tanques de almacenamiento de combustible de la central Térmica Miraflores.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- i. Estudiar las instalaciones de vapor saturado, desde su generación, distribución, retorno de condensado y accesorios para un ciclo de vapor.
- ii. Realizar el levantamiento de planta del sistema actual, para recolección de datos y complemento de información.
- iii. Diseñar las líneas de vapor saturado y retorno de condensado que alimentara el calentamiento de combustible de los tanques **TQB-01, TQB-02, TQB-03**. Esto incluye las líneas tracer de acompañamiento de vapor, retorno de condensado, distribuidor de vapor, selección de equipos y materiales de revestimiento térmico.
- iv. Elaborar los planos del sistema, correspondientes a los estudios de ingeniería realizados.
- v. Detallar los Costos del Diseño de las líneas de vapor y retorno de condensado, incluyendo las líneas tracer de acompañamiento de vapor, retorno de condensado, distribuidores de vapor, selección de equipos y materiales de revestimiento térmico.

ALCANCE.

Se diseñará un sistema de vapor el cual calentará combustible bunker a una temperatura de 75°C. Lo cual permitirá que este fluido disminuya su viscosidad para poder ser transportado a su lugar de almacenamiento en los tanques **TB-01, TB-02, TB-03**, estos con una capacidad total de almacenamiento de 127835 galones americanos de fuel-oil, esto comprende diseñar:

El diseño del distribuidor de vapor, el sistema de entrada de vapor hacia los serpentines de los tanques mencionados, y también hacia el tanque de mezcla controlando que la temperatura en su interior sea constante.

Las líneas tracer de acompañamiento de vapor del sistema de transporte de combustible desde el lugar de entrada en las casetas de bombeo de abastecimiento y durante todo el sistema.

El sistema de recuperación de condensado hacia el tanque disponible para el caso, la selección de los equipos necesarios y materiales, elaboración de planos y la elaboración del presupuesto para el proyecto.

INDÍCE GENERAL

CERTIFICACIÓN.....	II
DECLARACIÓN.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	VI
JUSTIFICACIÓN.....	VII
OBJETIVO GENERAL.....	VIII
OBJETIVOS ESPECIFICOS:	VIII
ALCANCE.....	IX

CAPÍTULO I

INSTALACIONES DE VAPOR

INDICE DE FIGURAS.....	XVIII
INTRODUCCION	2
1. CICLO DE VAPOR.....	3
1.1. GENERACIÓN DE VAPOR.....	4
1.1.1. CALDERAS PARA VAPOR.....	4
1.1.1.1. APLICACIONES.....	5
1.1.2. CLASIFICACION DE LAS CALDERAS	5
1.1.2.1. CALDERAS PIROTUBULARES.....	6
1.2. INSTALACIONES DE VAPOR	8
1.2.1. VAPOR DE AGUA	9
1.2.2. TEMPERATURA Y PRESION DE SATURACION.....	9
1.2.3. PRODUCCIÓN DE VAPOR.....	9
1.2.4. RELACIÓN PRESIÓN-TEMPERATURA DEL AGUA Y VAPOR	10
1.2.5. ESTADOS DE VAPOR DE AGUA	10
1.2.5.1. VAPOR SATURADO	11
1.2.5.2. VAPOR PARA CALENTAMIENTO	12

1.2.5.3. VENTAJAS DEL VAPOR SATURADO	12
1.2.5.4. VAPOR SATURADO Y VAPOR FLASH	13
1.3. DISTRIBUCION DE VAPOR.....	15
1.3.1. CABEZALES DE VAPOR (DISTRIBUIDORES DE VAPOR)	15
1.3.2. TUBERIAS (PIPING).....	16
1.3.3. TUBERÍAS PRINCIPALES DE VAPOR.....	17
1.3.4. TUBERIAS SECUNDARIAS DE VAPOR	17
1.3.4.1. EFECTOS DEL SUBDIMENSIONADO Y SOBREDIMENSIONADO DE TUBERIAS.....	18
1.3.4.2. VELOCIDADES EFECTIVAS PARA FLUJO EN TUBERIAS	19
1.3.4.3. PARAMETROS DE DIMENSIONAMIENTO DEL DIAMETRO.....	19
1.3.4.4. METODOS PARA EL DISEÑO DE TUBERIAS DE VAPOR.	20
1.3.4.5. SELECCION DE MÉTODO DE CALCULO PARA TUBERÍAS DE VAPOR.....	21
1.3.5. UNIÓN DE TUBERÍAS.....	21
1.3.5.1. UNIÓN POR CORDÓN DE SOLDADURAPROGRESIÓN VERTICAL ASCENDENTE.	22
1.3.5.2. PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA EN TUBERIAS.....	22
1.3.5.3. SEGURIDAD EN SOLDADURA SMAW(<i>Shielded metal arcwelding</i>)....	23
1.3.5.3.1. USO , VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	24
1.3.6. UNION DE TUBERIAS POR BRIDAS.....	24
1.3.6.1. SUJECION DE UNIONES BRIDADAS	26
1.3.7. DISEÑO DE SOPORTES PARA LA LÍNEA DE RETORNO Y LÍNEA DE VAPOR.	27
1.3.7.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN BÁSICA.....	27
1.3.7.2. ESPACIAMIENTOS DE SOPORTES.....	28
1.3.8. CALENTADORES DE SERPENTIN	29
1.3.8.1. TIPOS DE CONVECCIÓN.....	29

1.3.8.2. CONVECCIÓN LIBRE O NATURAL.....	30
1.3.8.3. CONSIDERACIONES FÍSICAS	30
1.3.8.4. SISTEMA DE CALENTAMIENTO EN TANQUES DE COMBUSTIBLE.	32
1.3.9. LÍNEAS TRACER.....	34
1.3.9.1. MATERIAL PARA LAS LINEAS TRACER.....	34
1.3.9.2. SUJECIÓN DE LAS LÍNEAS TRACER.....	35
1.3.9.3. SELECCIÓN DE LÍNEAS TRACERS	35
1.3.9.4. APLICACIONES DE LAS LINEAS TRACER.....	37
1.3.10. VALVULAS	37
1.3.10.1. VALVULAS RECOMENDADAS EN SISTEMAS DE VAPOR	37
1.3.10.2. VALVULA ESFERICA O DE BOLA	38
1.3.10.2.1. APLICACIONES, VENTAJAS Y DESVENTAJAS	39
1.3.10.2.2. CONDICIONES DE OPERACIÓN	40
1.3.10.3. VALVULA DE GLOBO	40
1.3.10.3.1. APLICACIONES, VENTAJAS Y DESVENTAJAS	42
1.3.10.3.2. CONDICIONES DE OPERACIÓN	42
1.3.11. VALVULAS DE COMPUERTA	43
1.3.11.1. APLICACIONES, VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	43
1.3.12. CORROSION Y EROSION EN LAS VALVULAS	44
1.4. GOLPE DE ARIETE (CHOQUE TERMICO)	44
1.4.1. GOLPE DE ARIETE EN LA DISTRIBUCIÓN DE VAPOR.....	45
1.4.2. GOLPE DE ARIETE EN TUBERÍA DE RECUPERACIÓN DE CONDENSADO	47
1.4.2.1. GOLPETEO	48
1.4.2.2. CONTRA FLUJO DE VAPOR	48
1.5. RETORNO DE CONDENSADO DE VAPOR DE AGUA	48
1.5.1. TRANSFERENCIA DE CALOR DESDE LA CONDENSACIÓN.....	49

1.5.2. RETORNO DE CONDENSADO EN CICLO ABIERTO O CERRADO	50
1.5.3. DRENADO DEL CONDENSADO	51
1.5.4. PRESENCIA DE AIRE Y CO ₂ EN EL SISTEMA	52
1.5.5. DIMENSIONAMIENTO DE LÍNEAS DE RETORNO DE CONDENSADO	52
1.5.5.1. DIMENSIONAMIENTO DE LINEAS DE DRENAJE DE CONDENSADO RESPECTO A LAS TRAMPAS.	54
1.5.5.2. DISEÑO DE LINEAS DE CONDENSADO POR MEDIO DEL METODO DE TAMAÑO CARTA	55
1.5.5.3. DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERIA DE LA LINEA COMUN DE RETORNO DE CONDENSADO.	55
1.5.6. POZOS DE GOTEO PARA TRAMOS HORIZONTALES	56
1.5.7. LA CORROSION	57
1.6. TRAMPAS DE VAPOR	58
1.6.1. FUNCIONAMIENTO DE UNA TRAMPA DE VAPOR	59
1.6.2. BENEFICIOS DE UNA TRAMPA DE VAPOR	59
1.6.3. PARÁMETROS PARA LA SELECCIÓN DE LA TRAMPA.	60
1.6.4. CLASIFICACION	61
1.6.4.1. GRUPO MECANICO.	61
1.6.4.2. TRAMPA DE FLOTADOR Y PALANCA	61
1.6.4.2.1. TRAMPA DE FLOTADOR LIBRE	63
1.6.4.2.2. VENTAJAS DE LAS TRAMPAS DE VAPOR DE FLOTADOR LIBRE:	63
1.6.4.2.3. TRAMPA DE BALDE ABIERTO	64
1.6.4.3. GRUPO TERMODINAMICO.	65
1.6.4.4. GRUPOS TERMOSTATICOS.	66
1.6.4.4.1. TRAMPA DE PRESIÓN BALANCEADA.	66
1.6.5. CONTRAPRESIÓN EN TRAMPAS DE VAPOR.	68

1.6.5.1. CONTRAPRESIÓN Y LA CAPACIDAD DE DESCARGA DE LA TRAMPA.....	70
1.6.5.1.1. CONTRAPRESIÓN PERMITIDA EN LA TRAMPA.....	70
1.6.5.2. CONTRAPRESION PERMITIDA EN TRAMPAS DE VAPOR.....	71
1.7. VALVULAS REGULADORAS DE PRESIÓN Y TEMPERATURA.....	72
1.8. AISLAMIENTO TÉRMICO.....	73
1.8.1. AISLAMIENTOS TERMICOS PARA TUBERIAS DE VAPOR.....	73
1.8.2. PARAMETROS A TOMAR EN CUENTA EN LA SELECCIÓN DEL AISLANTE TERMICO.	76
1.8.2.1. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LANA DE VIDRIO	76
1.9. JUNTAS DE EXPANSIÓN.....	77
1.10. TIPO DE EMPAQUE Y EMPAQUETADURAS.	79
1.11. FILTROS.....	80

CAPITULO II

CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DEL SISTEMA.

INTRODUCCION	82
2. GENERALIDADES DEL SISTEMA.....	85
2.1. INFORMACIÓN TÉCNICA DE LA CALDERA.....	85
2.2. CARACTERISITICAS DE LAS CALDERAS CENTRAL TERMOELECTRICA MIRAFLORES.....	86
2.2.1. CARACTERISTICAS DEL BUNKER	87
2.3. UBICACIÓN DE LOS TANQUES Y EQUIPOS EN EL SISTEMA.	88
2.3.1. TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE BUNKER.....	88
2.3.1.1. TANQUES DE ALMACENAMIENTO (TQB-01, TQB-02,TQB-03).....	89
2.3.1.2. TIEMPO DE CALENTAMIENTO EN TANQUES	92
2.3.1.3. CONSUMO DE VAPOR DE TANQUES ALMACENAMIENTO	92
2.3.1.3.1. CONSUMO DE VAPOR TANQUE TQB-01 (150000 GLA).....	93

CAPITULO III

DISEÑO DEL SISTEMA DE VAPOR Y RETORNO DE CONDENSADO.

INTRODUCCION

3.	DISEÑO DEL SISTEMA DE VAPOR Y RETORNO DE CONDENSADO...	96
	96
	INTRODUCCION	96
3.1.	DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA.....	97
3.2.1.	IDENTIFICACION DE LAS TUBERIAS	98
3.2.2.	TABLA DE DESIGNACION DE TUBERIAS SEGÚN CODIGO	99
3.3.	DIMENSIONAMIENTO DE LAS TUBERIAS DE VAPOR.....	99
3.3.1.	CÁLCULO DEL DIÀMETRO DEL SISTEMA DE VAPOR, BASADO EN LA VELOCIDAD DEL VAPOR.....	100
3.3.1.1.	CÁLCULOS REALIZADOS CON EL SOFTWARE SE-1® TLV.....	100
3.3.1.2.	CALCULOS REALIZADOS CON LA ECUACION DE LA CONTINUIDAD	102
3.3.1.3.	TABLA DE RESULTADOS DEL CALCULO DE DIAMETRO DE TUBERIAS SELECCIONADO PARA VAPOR	102
3.3.1.3.1.	ANALISIS DE TABLA DE RESULTADOS A1.....	104
3.4.	DIMENSIONAMIENTO DEL DISTRIBUIDOR POR EL METODO DE VELOCIDAD DEL VAPOR.	105
3.4.1.	DISEÑO DISTRIBUIDOR SALA DE MAQUINAS.....	106
3.4.1.1.	DISTANCIA ENTRE TUBERIAS DE ALIMENTACION.....	106
3.4.2.	DISEÑO DEL SISTEMA DE TRAMPEO DISTRIBUIDOR SALA DE MAQUINAS.	107
3.4.3.	DISEÑO DEL DISTRIBUIDOR PRINCIPAL DE VAPOR.....	108
3.4.3.1.	DISTANCIA ENTRE TUBERIAS DE ALIMENTACION.....	108
3.4.4.	DISEÑO BOTAS DE RECOLECCION DE CONDENSADO EN DISTRIBUIDORES DE VAPOR.....	109

3.5.	SELECCIÓN DE TRAMPAS DE VAPOR DE LOS EQUIPOS EN EL SISTEMA.....	110
3.5.1.	SELECCIÓN TRAMPA DE VAPOR TQB-01.....	110
3.5.1.1.	LOS PARÁMETROS DE SELECCION:.....	110
3.5.1.2.	EL PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN DE TRAMPA DE VAPOR:..	111
3.5.2.	DRENAJE DE CONDENSADO EN LINEAS PRINCIPALES DE ALIMENTACION PIERNAS COLECTORAS.	114
3.5.2.1.	FLUJO DE CONDENSADO.....	115
3.6.	SELECCIÓN DE JUNTA DE EXPANSION.....	117
3.7.	SELECCIÓN DE LAS LINEAS TRACER.....	118
3.7.1.1.	INSTALACIÓN DE LINEAS TRACER.....	120
3.8.	DISEÑO DE LINEAS DE CONDENSADO PARA LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE POR MEDIO DEL METODO DE TAMAÑO CARTA.....	121
3.8.1.	DISEÑO DE LA TUBERIA PRINCIPAL DE RETORNO DE CONDENSADO.	121
3.9.	DETERMINACION DE DISTANCIA ENTRE SOPORTES.....	125
3.9.1.	DESCRIPCION DE LOS ELECTRODOS DEL PROCESO DE SOLDADURA ELECTRICA (SMAW).	127
3.9.1.1.	ELECTRODO E-6011.....	127
3.9.1.2.	ELECTRODO E-6013.....	128
3.10.	SELECCIÓN VALVULA DE CONTROL DE TEMPERATURA.	130
3.10.1.	PARÁMETROS DE SELECCIÓN.....	131
3.11.	SELECCIÓN DE AISLAMIENTO TÈRMICO.....	132
3.11.1.	PROCEDIMIENTOS PRELIMINARES.....	134
3.11.2.	RECUBRIMIENTO EXTERIOR DEL AISLANTE TERMICO.....	134
3.11.3.	ACABADOS SUPERFICIALES RECOMENDADOS PARA EL RECUBRIMIENTO TERMICO.	135
3.11.4.	INSTALACION A LA INTEMPERIE.....	135

3.11.5. SISTEMA DE SUJECION DEL RECUBRIMIENTO EXTERIOR.....	136
3.11.6. AISLAMIENTO DE TRAMOS RECTOS	136
3.11.7. AISLAMIENTO DE ACCESORIOS	138
3.11.8. CODOS	138
3.11.9. TEES Y VÁLVULAS	139

CAPITULO IV

COSTOS

4. COSTOS DEL PROYECTO.....	140
-----------------------------	-----

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	143
5.1. CONCLUSIONES	143
5.2. RECOMENDACIONES	145
6. GLOSARIO.....	146
7. BIBLIOGRAFIA:.....	150
8. LINKOGRAFIA:	151
9. ANEXOS.....	153
10. <i>MEMORIAS DE CÁLCULO USANDO EL SOFTWARE SEI-TLV®</i>	189
11. <i>MEMORIAS DE CÁLCULO</i>	213
11.1. CALCULO DEL CONSUMO DE VAPOR DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO	214
11.1.1. CONSUMO DE VAPOR DEL TANQUE TQB-01 (150000 GLA).....	215
11.1.2. CONSUMO DE VAPOR DEL TANQUE TQB-02 (200 m ³)	218
11.1.3. CONSUMO DE VAPOR DEL TANQUE TQB-03 (60000 GLA).....	221
11.1.4. CONSUMO DE VAPOR DEL TANQUE TQB-MEZCLA (92.12 m ³).....	224
11.2. CALCULO MANUAL DEL DIAMETRO DE TUBERIA DE VAPOR...	227
12. <i>PLANOS</i>	229

INDICE DE FIGURAS

FIGURAS CAPITULO I

FIGURA 1.1 <i>Esquema del Ciclo ideal de vapor en circuito cerrado.....</i>	3
FIGURA 1.2 <i>Clasificación de las calderas.....</i>	6
FIGURA 1.3 <i>Esquema de Sección transversal de una caldera Piro tubular con el flujo de agua a través de los tubos (tubos de fuego).....</i>	8
FIGURA 1.4 <i>Movimiento de las moléculas de H₂O, las moléculas en el vapor se desplazarán más rápido que las del líquido, ya que tienen más energía y se expanden.....</i>	10
FIGURA 1.5 <i>Representación de la gráfica de calor sensible y calor latente en H₂O.....</i>	11
FIGURA 1.6 <i>Gráfica del diagrama Presión vs. Volumen específico.....</i>	11
FIGURA 1.7 <i>El vapor saturado será invisible a la salida de una tubería al ser ventado a la atmósfera.....</i>	15
FIGURA 1.8 <i>La caída de presión a la salida de una trampa de vapor, provoca el vapor flash.....</i>	15
FIGURA 1.9 <i>Instalación correcta del distribuidor de vapor.....</i>	15
FIGURA 1.10 <i>Ejemplo de la instalación de una línea de vapor principal líneas secundarias.....</i>	18
FIGURA 1.11 <i>Reductores concéntricos y excéntricos.....</i>	20
FIGURA 1.12 <i>Unión de tuberías por medio de la posición “G” de soldadura.....</i>	23
FIGURA 1.13 <i>Equipo de seguridad personal.....</i>	24
FIGURA 1.14 <i>Tipo de brida disponible y usada usualmente en el mercado e industria ecuatoriana.....</i>	26

FIGURA 1.15 Tornillo de maquina con tuerca y birlo con tuercas.....	27
FIGURA 1.16 Circulación estable e inestable.....	31
FIGURA 1.17 Tanque de almacenamiento – Serpentín.....	33
FIGURA 1.18 Tanque de almacenamiento –Sistema de bayoneta.....	33
FIGURA 1.19 Representación de la sujeción de líneas Tracers en curvas.....	35
FIGURA 1.20 Válvula de bola para el control de caudal.....	38
FIGURA 1.21 Válvula normalmente abierta-Válvula normalmente cerrada.....	39
FIGURA 1.22 Ejemplo de gráfica de condiciones de operación para una válvula de bola M10V_Spirax Sarco.....	40
FIGURA 1.23 Válvula de globo parcialmente abierta.....	41
FIGURA 1.24 Válvula de globo normalmente abierta y Válvula de globo normalmente cerrada.....	42
FIGURA 1.25 Gráfica de condiciones de operación para una válvula de globo_SpiraxSarco.....	43
FIGURA 1.26 Válvula normalmente abierta y Válvula normalmente cerrada.....	43
FIGURA 1.27 Un serpentín medio lleno de condensado no puede trabajar a su máxima capacidad.....	45
FIGURA 1.28 Pendientes consecuentes y recomendadas para evitar el golpe de ariete en las tuberías de distribución de vapor.....	45
FIGURA 1.29 Excesiva acumulación de condensado en la salida de las Tuberías.....	46
FIGURA 1.30 Golpe de ariete en una tubería de condensado debido al contraflujo del vapor flash.....	47
FIGURA 1.31 Golpe de ariete ocasionado por el contra flujo de vapor de las líneas de recuperación de condensado.....	48

FIGURA 1.32 <i>Grafica de los patrones de flujo de doble fase, dependiendo el porcentaje de vapor y el rango de flujo para una tubería de retorno de condensado.....</i>	49
FIGURA 1.33 <i>Gráfica del calor latente que se libera instantáneamente del calor generado hacia un sistema.....</i>	50
FIGURA 1.34 <i>Posibles reductores de la transferencia de calor el calor y la temperatura del vapor deben superar estas posibles barreras para poder hacer su trabajo.....</i>	51
FIGURA 1.35 <i>El condensado que se ha dejado acumular en las tuberías va a formar olas al pasarle vapor por encima de él, hasta que eventualmente puede bloquear el flujo (punto A). El condensado en el área B produce una diferencia de presión que permite a la presión de vapor empujar el tapón de condensado a lo largo del tubo como un “cilindro golpeador”.....</i>	51
FIGURA 1.36 <i>Cuando el vapor se condensa acarreado desde la caldera. Aún las dentro de una unidad de transferencia de calor, el aire se mueve hacia las superficies de transferencia de calor, donde se consolida en una capa que forma un aislamiento térmico bastante efectivo.....</i>	52
FIGURA 1.37 <i>Diferencial de presión positivo en una línea de flujo de condensado.....</i>	53
FIGURA 1.38 <i>Diferencial de presión negativa en una línea de flujo de condensado.....</i>	53
FIGURA 1.39 <i>Aplicaciones para compensar la caída de presión positiva o negativa.....</i>	54
FIGURA 1.40 <i>Figura de como dimensionar la línea común de retorno de condensado.....</i>	56
FIGURA 1.41 <i>Instalación de un pozo de goteo para la recuperación de condensado.....</i>	57
FIGURA 1.42 <i>Tuboscorroidos y con formacion de sarro.....</i>	58

FIGURA 1.43 <i>Funcionamiento Trampa para vapor mecánica de flotador con palanca.....</i>	<i>62</i>
FIGURA 1.44 <i>Operación de una trampa de vapor de flotador libre, venteo de aire.....</i>	<i>63</i>
FIGURA 1.45 <i>Trampa de balde invertido.....</i>	<i>65</i>
FIGURA 1.46 <i>Trampa de vapor termodinámico.....</i>	<i>66</i>
FIGURA 1.47 <i>Fuerzas balanceadas en una válvula de puerto balanceado.....</i>	<i>68</i>
FIGURA 1.48 <i>Tubería de condensado en la cual la contrapresión es = 0.....</i>	<i>69</i>
FIGURA 1.49 <i>Tubería de condensado con cambio de trayectos, forma la contrapresión.....</i>	<i>69</i>
FIGURA 1.50 <i>Contrapresión que se produce en una columna de condensado... </i>	<i>70</i>
FIGURA 1.51 <i>Válvula reguladora de presión 25PT¹</i>	<i>72</i>
FIGURA 1.52 <i>Instalación de una tubería para aislar térmicamente el calor.....</i>	<i>74</i>
FIGURA 1.53 <i>Representación esquemática del posicionamiento por capas del aislamiento, y la resistencia térmica que influye en el aislamiento.....</i>	<i>74</i>
FIGURA 1.54 <i>Instalación del aislante térmico, recubierto del foil de aluminio.....</i>	<i>75</i>
FIGURA 1.55 <i>Conductividad Térmica de la Lana de Vidrio (ASTM C 335-69).. ..</i>	<i>76</i>
FIGURA 1.56 <i>Dilatación lineal en un tramo de tubería.....</i>	<i>78</i>
FIGURA 1.57 <i>Gráfica de una junta de expansión simple.....</i>	<i>79</i>
FIGURA 1.58 <i>Montaje de dos bridas en el centro un empaque espiro metálico... </i>	<i>80</i>
FIGURA 1.59 <i>Gráfica de un filtro de tipo YE para la tubería.....</i>	<i>81</i>

¹ Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/us/pdfs/TT/ti-1-1124-us.pdf>

FIGURAS CAPITULO II

FIGURA 2.1 <i>Vista panorámica de la central térmica Miraflores en la ciudad de Manta</i>	83
FIGURA 2.2 <i>Sistema de caldera de recuperación de gases</i>	86
FIGURA 2.3 <i>Vista aérea de la Termoeléctrica Miraflores en la ciudad de Manta</i>	88
FIGURA 2.4 <i>Tanques de diesel cercanos a los de bunker TD02- TD03</i>	89
FIGURA 2.5 <i>Fotografía de los tanque TQB02- TQB03)</i>	90
FIGURA 2.6 <i>Esquema del tanque de 200m³</i>	93

FIGURAS CAPITULO III

FIGURA 3.1 <i>Diagrama de flujo del sistema</i>	97
FIGURA 3.2 <i>Codificación de tuberías</i>	98
FIGURA 3.3 <i>Gráfica del cálculo del diámetro de tubería a través de la velocidad según software</i>	101
FIGURA 3.4 <i>Esquema del tramo de tubería desde las calderas hasta el distribuidor de vapor de la sala de máquinas</i>	101
FIGURA 3.5 <i>Velocidades admisibles distribuidor de vapor</i>	105
FIGURA 3.6 <i>Gráfica de la curva para selección de trampa según Curva TI-2-306-US-09-06</i>	112
FIGURA 3.7 <i>Gráfica de una pierna colectora y modelo de dimensionamiento según SpiraxSarco</i>	114
FIGURA 3.8 <i>Sección transversal configuración líneas tracer</i>	119
FIGURA 3.9 <i>Instalación de una a tres líneas tracer</i>	119

FIGURA 3.10 <i>Gráfica de la línea en común a diseñar para los tanques</i>	122
FIGURA 3.11 <i>Electrodo E-6011</i>	127
FIGURA 3.12 <i>Electrodo E-6013</i>	129
FIGURA 3.13 <i>Válvula reguladora de presión y temperatura</i>	130
FIGURA 3.14 <i>Recubrimiento del aislamiento térmico y el foil metálico</i>	136
FIGURA 3.15 <i>Partes de una tubería con el revestimiento térmico</i>	137
FIGURA 3.16 <i>Sujeción de las cañuelas en una tubería</i>	137
FIGURA 3.17 <i>Representación gráfica del montaje del revestimiento térmico en codos</i>	138
FIGURA 3.18 <i>Representación gráfica del montaje de revestimiento térmico para una válvula</i>	139

INDICE DE TABLAS

TABLAS CAPITULO I

TABLA 1.1 <i>Ventajas y propiedades de usar vapor saturado para el calentamiento</i>	12
TABLA 1.2 <i>Tabla de velocidades efectivas</i>	19
TABLA 1.3 <i>Propiedades mecánicas de bridas de acero al carbono bajo norma</i>	25
TABLA 1.4 <i>Tabla de tolerancias en la fabricación de bridas</i>	25
TABLA 1.5 <i>Espaciado recomendado entre soportes para tubería</i>	28
TABLA 1.6 <i>Selección de líneas tracers en función con la temperatura del fluido a transportar</i>	36
TABLA 1.7 <i>Dimensionamiento para los cuatro tipos principales de líneas de condensado</i>	52
TABLA 1.8 <i>Medidas recomendadas para los pozos de goteo para líneas de vapor</i>	57

TABLA 1.9 Selección adecuada del tipo de trampas de vapor según parámetros de diseño.....	60
TABLA 1.10 Tabla de selección del tipo de accionamiento de la válvula reguladora.....	72
TABLA1.11 Características de quemado de la lana de vidrio.....	77
TABLA 1.12 Coeficientes de dilatación lineal para algunos materiales.....	78

TABLAS CAPITULO III

TABLA 2.1 Características de la Caldera.....	86
TABLA 2.2 Tabla de Datos Técnicos de Combustibles.....	87
TABLA 2.3 Tabla de datos del tanque de bunker TQB-01.....	89
TABLA 2.4 Tabla de datos del tanque de bunker TQB-02.....	90
TABLA 2.5 Tabla de datos del tanque de bunker TQB-03.....	91
TABLA 2.6 Tabla de datos del tanque de mezcla.....	91
TABLA 2.7 Tabla de datos fijos y variables para el cálculo del consumo de vapor de los diferentes tanques.....	94
TABLA 2.8 Tabla de consumo de vapor de los tanques de calentamiento.....	95

TABLAS CAPITULO III

TABLA 3.1 Tabla de listado de tuberías según código.....	99
TABLA 3.2 Tabla de datos fijos y variables para el cálculo del diámetro de tubería para los distintos trayectos.....	102
TABLA 3.3 Tabla de parámetros para el diseño del diámetro del distribuidor de sala maquinas.....	106
TABLA 3.4 Tabla de resultados del cálculo del diámetro del distribuidor de vapor de la sala de máquinas.....	106

TABLA 3.5 <i>Tabla de resultados del cálculo del diámetro del distribuidor principal de vapor.....</i>	108
TABLA 3.6 <i>Tabla en la cual se encuentran las cargas de condensado generados en las líneas de vapor principales según la presión y dimensión de tubería cuando esta estacionario en el arranque.....</i>	115
TABLA 3.7 <i>Tabla en la cual se encuentra la carga de condensado generado en las líneas de vapor principales según la presión y dimensión de tubería en operación.....</i>	116
TABLA 3.8 <i>Código de las líneas de combustible a calentar con las líneas tracer.....</i>	118
TABLA 3.9 <i>Tabla de selección de las líneas tracer de 1/2" según cada caso específico, normalizado según base del proveedor Spirax_Sarco.....</i>	119
TABLA 3.10 <i>Tabla de resultados del dimensionamiento de la línea principal de condensado para los tanques según los tramos seleccionados.....</i>	123
TABLA 3.11 <i>Distancia recomendado entre soportes para tubería.....</i>	125
TABLA 3.12 <i>Separaciones mínimas verticales para sujeción de tubería.....</i>	126
TABLA 3.13 <i>Dimensiones del Electrodo E-6011.....</i>	128
TABLA 3.14 <i>Dimensiones del Electrodo E-6013.....</i>	129
TABLA 3.15 <i>Tabla de válvulas reguladoras de presión TIS 1.1124AR.....</i>	131
TABLA 3.16 <i>Codificación de las tuberías que deben ser aisladas térmicamente..</i>	132

TABLA CAPITULO IV

TABLA 4.1 <i>Tabla de los costos directos e indirectos.....</i>	141
--	-----

TABLA DE RESULTADOS

<i>TABLA DE RESULTADOS A1</i>	103
<i>TABLA DE RESULTADOS A2</i>	113
<i>TABLA DE RESULTADOS A3</i>	124
<i>TABLA DE RESULTADOS A4</i>	133

ANEXOS A

ANEXOS CAPITULO I

1.1 PARTES DE UNA CALDERA PIROTUBULAR	154
1.2 PARTES DEL DISTRIBUIDOR DE VAPOR	156
1.3 HERRAMIENTAS Y EQUIPOS USADOS PARA LA SOLDADURA DE TUBERIA SEGÚN (ASME SECCION VIII, división I)	158
1.4 DIMENSIONES COMUNES PARA BRIDAS BAJO LA NORMA ASME B.16.5 PARA BRIDA DESLIZABLE	160
1.5 TABLA DE OPERACIÓN DE LA VALVULA DE BOLA M10V	162
1.6 TABLA DE OPERACIÓN DE LA VALVULA DE GLOBO	164
1.7 TUBERIA DE RETORNO DE CONDENSADO DE TAMAÑO CARTA	166
1.8 TABLA DE SELECCIÓN DE TRAMPAS DE VAPOR	168
1.9 HOJA TECNICA DE LA REGULADORA DE PRESION 25P	170
1.10 INSTALACION DE AISLAMIENTOS TERMICOS INDUSTRIALES ACCESORIOS Y TERMINADOS - LISTADO DE REFERENCIA	174
1.11 CATALOGO DE UNA JUNTA DE EXPANSIÓN GENEBRE PART: 2835A METAL EXPANSION JOINT, FLANGED ASA150	176
1.12 ESPESOR RECOMENDADO PARA AISLAMIENTO DE FIBRA DE VIDRIO	179
1.13 TABLA SEGÚN ASME/ANSI B36.10/19	181

ANEXOS CAPITULO II

2.1 AGUA SATURADA – TABLA DE PRESIONES (S.I.).....	183
2.2 DATOS TECNICOS DEL BUNKER- SEGÚN LEYCOM.....	185
2.3 CURVA DE SELECCIÓN DE TRAMPAS DE VAPOR PARA EL CONDENSADO.....	187
2.4 MEMORIAS DE CALCULO.....	189

SIMBOLOGIA

v_f = Velocidad del fluido [m/s]

Q = Caudal de fluido [m³/ s]

A = Área interna de la tubería [m²]

d_f = diámetro de la tubería. [m]

F_s = Flujo de vapor [kg/s]

v'' = Volumen específico [m³/kg]

V_s = Velocidad del flujo [m/s]

α = Coeficiente de dilatación lineal [°C⁻¹]

L_0 = Longitud inicial [m]

L_f = Longitud final. [m]

Δt = Diferencia de temperatura. [°C]

\dot{Q} = Calor total que se pierde en las líneas de distribución de vapor con deficiencias en el aislamiento.

$A_{transferencia}$ = Área de transferencia de calor en [m²]

ΔT = Diferencia de la temperatura (entre el ambiente y el fluido interior) [°C]

U = Factor global de transferencia de calor que modela el comportamiento del calor en la tubería y se modela con la siguiente ecuación

r_1 = Radio interior de la tubería en [m]

r_2 = Radio Exterior de la tubería en [m].

r_3 = Radio exterior del aislamiento en [m].

$h_{(\text{Fluido interior})}$ = Factor de transferencia de calor para el fluido interior (Vapor de agua) en [W/m²-k].

$h_{(\text{Fluido Exterior})}$ = Factor de transferencia de calor para el fluido exterior (Aire normal) en [W/m²-k].

$k_{\text{Tubería}}$: Factor de transferencia de calor para el material de la tubería en [W/m-k], normalmente este valor es provisto por el proveedor.

$k_{\text{aislamiento}}$ = Factor de transferencia de calor para el material del aislamiento en [W/m-k], normalmente este valor es provisto por el proveedor.

V = Volumen de la carga del tanque [m³]

δ = Densidad del combustible [$\frac{kg}{m^3}$]

Ce = Calor específico del combustible [$\frac{KJ}{kg \cdot ^\circ C}$]

ΔT = Incremento de la temperatura [°C]

t = Tiempo de calefacción [h]

\dot{q}_1 = Cantidad de energía necesario [$\frac{kJ}{h}$]

\dot{qv}_1 = Cantidad de vapor necesario [$\frac{kg}{h}$]

r = Entalpia de vaporización [$\frac{KJ}{kg}$]

INTRODUCCION

El 15 de agosto del 2008, las compañías *TERMOPICHINCHA S.A.* y *EMELMANABÍ S.A.*, suscribieron un Convenio de Cooperación Interinstitucional con el objeto de rehabilitar los grupos electrógenos de la Central Termoeléctrica Miraflores ubicada en la ciudad de Manta, con una capacidad instalada de 30 MW.

Posteriormente, bajo el convenio ratificatorio de Rehabilitación, Mantenimiento y Operación en las Centrales Termoeléctricas Miraflores y Pedernales suscrito entre la Corporación Nacional de Electricidad S.A., CNEL y la Corporación Eléctrica del Ecuador, CELEC. S. A., la Unidad de Negocio *TERMOPICHINCHA* se encuentra en proceso de operación de las dos Centrales y continúa con la rehabilitación de la *Central Miraflores*.

Dentro de este convenio se encuentra el proyecto de rehabilitación del sistema de vapor para el calentamiento de fuel-oíl de la central.

La presente tesis describe el diseño de un sistema para vapor, que deberá suplir el calentamiento del sistema de almacenaje y distribución de combustible, en el área de tanques de la central termoeléctrica.

El primer capítulo presenta la teoría de generación de vapor para sistemas de calentamiento industrial con vapor de agua, comprende la normativa internacional de sistema vapor ASME B31.1 POWER PIPING, normativa de tubería para sistemas de vapor ASTM A53., y recomendaciones de los fabricantes de los equipos a utilizarse.

En el segundo capítulo se analiza los recursos disponibles en la central térmica, específicamente en el área de tanques de almacenamiento, y del área en referencia.

En el tercer capítulo se diseña el sistema para vapor, los diámetros requeridos para transportar el vapor a través del sistema, dimensionar los distribuidores de vapor necesarios, selección de las líneas tracer y diseño del sistema de retorno de condensado, con sus respectivos accesorios.

En el cuarto capítulo se realiza el análisis de costos requeridos, para la construcción del diseño propuesto.

CAPÍTULO 1

1. CICLO DE VAPOR

Los ciclos de vapor están compuestos por varias etapas, la primera etapa es la generación de vapor en la cual se usa una caldera para crear energía ya que es un recipiente cerrado a presión en el que se calienta un fluido para utilizarlo por aplicación directa del calor resultante de la combustión de una materia combustible (sólida, líquida o gaseosa).



FIGURA 1.1 Esquema del Ciclo ideal de vapor en circuito cerrado²

La siguiente etapa es la distribución del vapor caliente (saturado), que fluye por las tuberías principales y secundarias para así calentar el fluido, en el caso de las líneas tracer o en su defecto entrar a un dispositivo termodinámico para la generación de energía.

En la etapa final el vapor cede energía y parte de este se convierte en condensado, el cual es recolectado y luego tratado, para poder ser reutilizado, ver (*FIGURA 1.1*).

Se debe tomar en cuenta las pérdidas de energía que existe en las tuberías y accesorios al momento de ser transportado, ya que las caídas de presión y temperatura disminuyen la eficiencia del sistema. Por lo cual es necesario aplicar un revestimiento térmico y trampas de vapor para la recolección correcta de condensado para que no presente fenómenos tales como el golpe de ariete.

² Fuente : <http://www.empresaeiciente.com/es/catalogo-de-tecnologias/generacion-de-vapor#ancla>

1.1. GENERACIÓN DE VAPOR.

Las calderas de vapor son máquinas térmicas en las que se produce vapor. El calor necesario para vaporizar el agua puede ser suministrado por un hogar, por gases calientes recuperados a la salida (horno, por ejemplo), por irradiación solar o por una corriente eléctrica. Cuando el calor es suministrado por el líquido caliente o por vapor que se condensa, se suelen emplear otras denominaciones, tales como *vaporizador* y *transformador de vapor*. El sinónimo *generador de vapor* se emplea de preferencia cuando se habla de calderas de una cierta importancia, la parte del grupo en que se produce la evaporación se llama *vaporizador* o *haz vaporizador*, si bien constituyen verdaderos evaporadores o calderas en sentido amplio de la palabra, se denominan normalmente *intercambiadores*. 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.

1.1.1. CALDERAS PARA VAPOR

Dentro de los diferentes tipos de calderas se han construido calderas para tracción, utilizadas en locomotoras para trenes tanto de carga como de pasajeros. Existen calderas del tipomulti-humotubular con haz de tubos amovibles, preparada para quemar carbón. El humo, es decir los gases de combustión caliente, pasan por el interior de los tubos cediendo su calor al agua que rodea a esos tubos.

Una caldera es un recipiente cerrado a presión en el que se calienta un fluido para utilizarlo por aplicación directa del calor resultante de la combustión de una materia combustible (sólida, líquida o gaseosa) o por utilización de energía eléctrica o nuclear.

Además se puede decir que una caldera de vapor, es un recipiente cerrado en el cual se genera vapor de agua o de otro fluido para su uso externo. Una caldera es un aparato de transferencia térmica que convierte un combustible (Fósil, bagazo, gas, eléctrica o nuclear) a través de un medio de trabajo.

El flujo de calor puede tener lugar de tres modos en el interior de una caldera.

1.1.1.1. APLICACIONES

Las calderas son un caso particular en el que se eleva a altas temperaturas de intercambiadores de calor, en las cuales se produce un cambio de fase. Además son recipientes a presión, por lo cual son construidas en parte con acero laminado a semejanza de muchos contenedores de gas.

Debido a las amplias aplicaciones que tiene el vapor, principalmente de agua, las calderas son muy utilizadas en la industria para generarlo para aplicaciones como:

- **Esterilización :** Es común encontrar calderas en los hospitales, las cuales generan vapor para "esterilizar" los instrumentos médicos, también en los comedores con capacidad industrial se genera vapor para esterilizar los cubiertos, así como para la elaboración de alimentos en marmitas.
- **Calentar otros fluidos:** por ejemplo, en la industria petrolera se calienta al crudo de petróleo y derivados, como es el caso del FUEL-OIL para mejorar su fluidez y que éste pueda ser transportado con facilidad hacia los puntos de destino y consumo.
- **Generar electricidad:** a través de un ciclo termodinámico, y con vapor en estado sobrecalentado se genera electricidad a través de turbinas para vapor, en las centrales termoeléctricas.
- Las calderas son parte fundamental de las centrales termoeléctricas.

1.1.2. CLASIFICACION DE LAS CALDERAS

Aunque el principio de trabajo es muy simple, las particularidades del proceso son complejas para un trabajo seguro y eficiente de la caldera, especialmente en las grandes instalaciones industriales.

Hay muchos tipos de calderas, estas se pueden clasificar, entre otras de acuerdo a las temperaturas y presiones finales, tipo de energía calorífica disponible y volumen o flujo de producción de vapor, ver (*FIGURA 1.2*).

Cabe destacar además, que incluso, para las mismas condiciones generales, existen un gran número de diseños constructivos en cuanto al modo de intercambio de calor,

la forma del quemado del combustible, forma de alimentación del agua y otros muchos factores, lo que hace el tema de las calderas, objeto de grandes tomos técnicos así como de constante desarrollo.

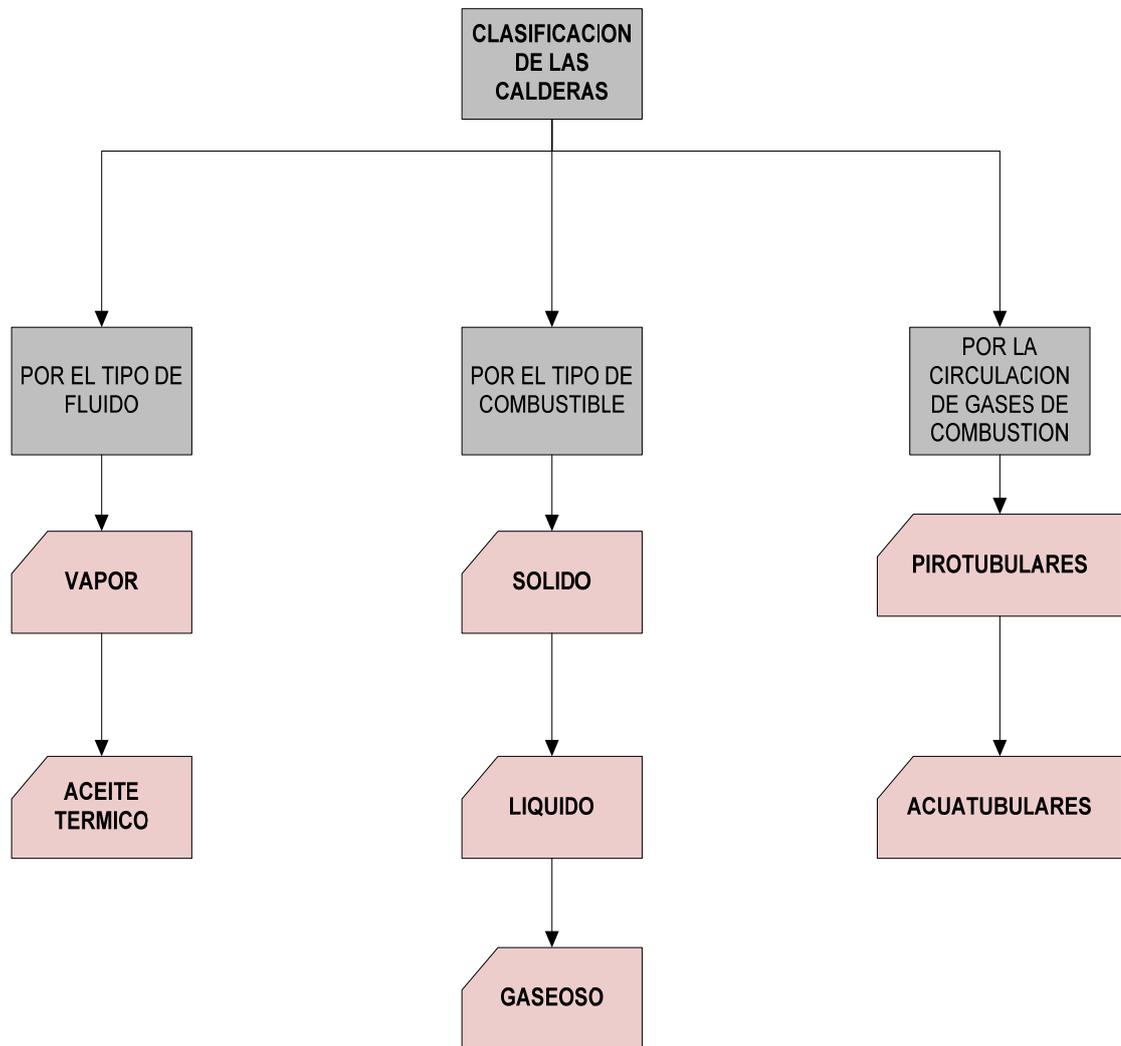


FIGURA 1.2 Clasificación de las calderas³

1.1.2.1. CALDERAS PIROTUBULARES

La caldera de vapor piro tubular, concebida especialmente para aprovechamiento de gases de recuperación presenta las siguientes características:

- El combustible se quema en un hogar, en donde tiene lugar la transmisión de calor por radiación, y los gases resultantes, se les hace circular a través de los

³ Fuente : Autores (Santiago Cabrera- David Troya)

tubos que constituyen el haz tubular de la caldera, y donde tiene lugar el intercambio de calor por conducción y convección.

- Según sea una o varias las veces que los gases pasan a través del haz tubular, se tienen las calderas de uno o de varios pasos. En el caso de calderas de varios pasos, en cada uno de ellos, los humos solo atraviesan un determinado número de tubos, cosa que se logra mediante las denominadas cámaras de humos. Una vez realizado el intercambio térmico, los humos son expulsados al exterior a través de la chimenea.

La caldera de vapor piro tubular, concebida especialmente para aprovechamiento de gases de recuperación presenta las siguientes características. (*VER ANEXO 1.1*)

El cuerpo de caldera, está formado por un cuerpo cilíndrico de disposición horizontal, incorpora interiormente un paquete multitubular de transmisión de calor y una cámara superior de formación y acumulación de vapor, ver (*FIGURA 1.3*)

La circulación de gases se realiza desde una cámara frontal dotada de brida de adaptación, hasta la zona posterior donde termina su recorrido en otra cámara de salida de humos. El acceso para la cámara de salida de gases, se realiza mediante puertas atornilladas y abisagradas en la cámara frontal y posterior de entrada y salida de gases, equipadas con bridas de conexión. En cuanto al acceso, para la entrada de agua se efectúa a través de la boca de hombre⁴, situada en la bisectriz superior del cuerpo y con tubuladuras de gran diámetro en la bisectriz inferior y placa posterior para facilitar la limpieza de posible acumulación de lodos. El conjunto completo, de generación y sus accesorios, se asientan sobre un soporte deslizante y bancada de sólida y firme construcción suministrándose como unidad compacta y dispuesta a entrar en funcionamiento tras realizar las conexiones en la instalación.

Todos los fabricantes de calderas, se rigen a las normas que aplican a recipientes sometidos a presión, específicamente bajo el código STAMP U-ASME⁵ cuyas certificaciones son otorgadas a los equipos, y finalmente al usuario final del equipo.

⁴http://www.marlia-ing.com/Productos/catalogos/valvula_emergencia.pdf

⁵http://www.redlineindustries.com/ASME_U_Stamp_and_National_Board_R_Stamp.html

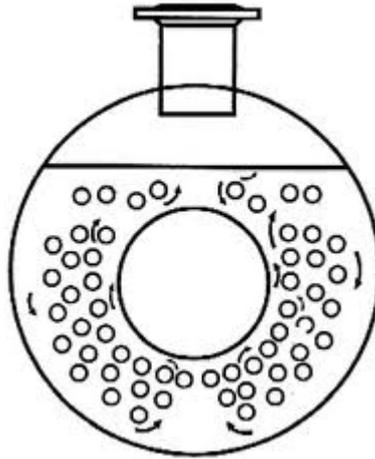


FIGURA 1.3 Esquema de Sección transversal de una caldera Pirotubular con el flujo de agua a través de los tubos (tubos de fuego)⁶.

1.2. INSTALACIONES DE VAPOR

El vapor o el agua caliente se producen mediante la transferencia de calor del proceso de combustión que ocurre en el interior de la caldera, elevando, de esta manera, su presión y su temperatura.

Debido a estas altas presiones y temperaturas se desprende que el recipiente contenedor o recipiente de presión debe diseñarse de forma tal que se logren los límites de diseño deseado, con un factor de seguridad razonable y apeándose a las normas de diseño para recipientes sometidos a presión ASME VIII Div.1⁷.

Las calderas grandes se diseñan para diferentes presiones y temperaturas, con base en la aplicación dentro del ciclo de calor para la cual se diseña la unidad, apeándose a los requerimientos del usuario industrial final y las especificaciones recomendadas por el fabricante.

⁶ Fuente : Autores (Santiago Cabrera- David Troya)

⁴Fuente : <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/what-is-steam.html>

1.2.1. VAPOR DE AGUA

El vapor de agua es el gas formado cuando el agua pasa de un estado líquido a uno gaseoso. A un nivel molecular esto es cuando las moléculas de H₂O logran liberarse de las uniones (ej. Uniones de hidrógeno) que las mantienen juntas.⁸

La generación industrial de vapores es el proceso mediante el cual se produce vapor a presiones por encima de la atmosférica, a partir de la energía de un combustible, sea el caso líquido, gaseoso o sólido o de energía eléctrica.

El vapor producido será posteriormente utilizado en diferentes puntos de consumo, sea esto en una planta industrial, central termoeléctrica, o dependencia de servicios tales como aportación de calor en procesos o movimiento de máquinas

El alto calor latente y la pequeña densidad de este fluido hacen que el vapor de agua sea especialmente efectivo en las operaciones de calentamiento. Su uso se extiende prácticamente a todas las unidades de procesos químicos.

1.2.2. TEMPERATURA Y PRESION DE SATURACION

La temperatura a la cual el agua empieza a hervir depende de la presión; en consecuencia, si se fija la presión, lo mismo sucede con la temperatura de ebullición. A una presión dada, la temperatura a la cual una sustancia pura empieza a hervir se llama temperatura de saturación (T.sat.). Del mismo modo, a una temperatura determinada, la presión a la cual una sustancia pura empieza a hervir recibe el nombre de presión de saturación (P.sat.). A una presión de 101.35 Kpa, (T.sat.) es 100 °C. En sentido inverso, a una temperatura de 100 °C, (P.sat.) es 101.35 Kpa.⁹

1.2.3. PRODUCCIÓN DE VAPOR

En el agua líquida, las moléculas de H₂O están siendo unidas y separadas constantemente, ver (*FIGURA 1.4*). Sin embargo, al calentar las moléculas de agua, las uniones que conectan a las moléculas comienzan a romperse más rápido de lo que

⁸<http://ingecap.com/pdf/CODIGOAS.pdf>

⁹ Tablas de temperatura y presión de saturación, CENGEL, Yunus, Termodinámica, cuarta edición.

pueden formarse. Eventualmente, cuando suficiente calor es suministrado, algunas moléculas se romperán libremente. Estas moléculas "libres" forman el gas transparente que se conoce como vapor, o más específico vapor seco.

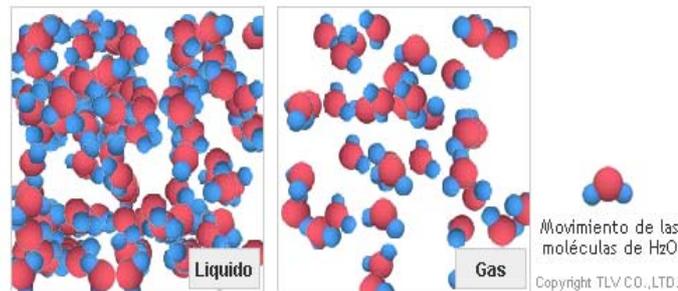


FIGURA 1.4 *Movimiento de las moléculas de H₂O, las moléculas en el vapor se desplazarán más rápido que las del líquido, ya que tienen más energía y se expanden¹⁰.*

Cuando aumenta la presión en la caldera generada por el aumento de temperatura, empuja al vapor hacia fuera de la cámara por las diferentes tuberías. El cambio de temperatura entre el vapor y el ambiente externo, produce que éste se vuelva a condensar. Entonces es necesario utilizar aislamiento térmico para mantener su temperatura. Aunque en el mejor de los casos se logra una eficiencia del 75%.

1.2.4. RELACIÓN PRESIÓN-TEMPERATURA DEL AGUA Y VAPOR

Los resultados del vapor saturado (seco) cuando el agua es calentada al punto de ebullición (calor sensible) y después evaporada con calor adicional (calor latente). Si este vapor es posteriormente calentado por arriba del punto de saturación, se convierte en vapor sobrecalentado (calor sensible), ver (**FIGURA 1.5**).

1.2.5. 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 ver (**FIGURA 1.6**).a la cual está sujeto. Estos son:

- Vapor Saturado
- Vapor Sobrecalentado

¹⁰ Fuente : <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/what-is-steam.html>

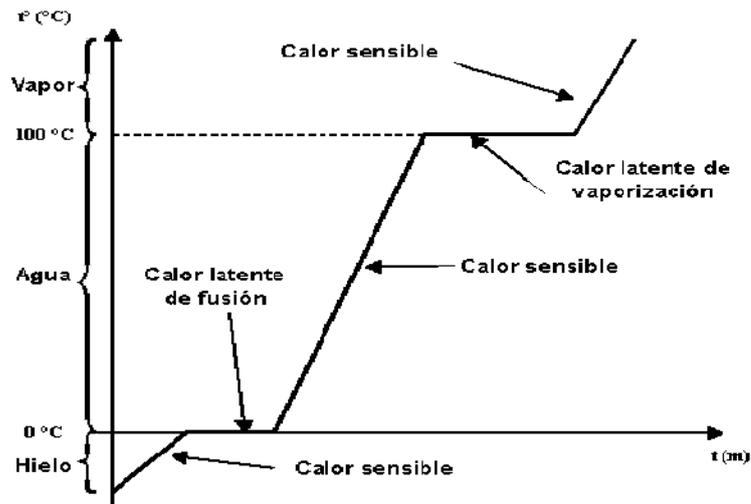


FIGURA 1.5 Representación de la gráfica de calor sensible y calor latente en H_2O ¹¹.

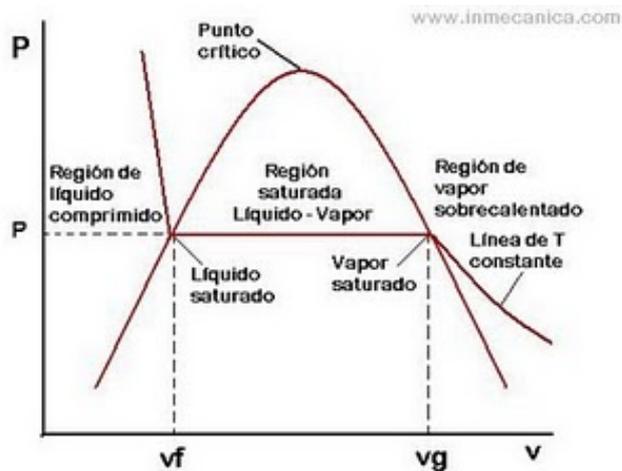


FIGURA 1.6 Gráfica del diagrama Presión vs. Volumen específico¹².

1.2.5.1. VAPOR SATURADO

El "vapor saturado" es vapor a la temperatura de ebullición del líquido. Es el vapor que se desprende cuando el líquido hierve. Se obtiene en calderas de vapor. El vapor saturado se utiliza en multitud de procesos industriales, pues interviene en procesos físicos, químicos, etc., en la obtención de múltiples elementos. También es el método más efectivo y de menor costo para esterilizar la mayoría de los objetos de uso hospitalario, mediante autoclaves¹³. Se utiliza el vapor saturado a presión atmosférica en la hidro-destilación, que son procesos donde por ejemplo se obtiene el aceite esencial de una planta aromática, en labores de limpieza con vapor, en la

¹¹ Fuente : http://www.herramientasingenieria.com/Psicometria_y_Refrigeracion.htm

¹² Fuente : <http://www.foros-fiuba.com.ar/viewtopic.php?t=19763>

¹³ Fuente : <http://www.promedikal.com.ar/autoclaves.htm>

pasteurización de alimentos y bebidas, en sistemas de calefacción central urbana, etc. El vapor saturado se presenta a presiones y temperaturas en las cuales el vapor (gas) y el agua (líquido) pueden coexistir juntos. En otras palabras, esto ocurre cuando el rango de vaporización del agua es igual al rango de condensación.

1.2.5.2. VAPOR PARA CALENTAMIENTO

El vapor generalmente es producido y distribuido en una presión positiva. En la mayoría de los casos, esto significa que es suministrado a los equipos en presiones mayores a 0 MPaG¹⁴ (0 psig) y a temperaturas mayores de 100°C (212°F).

Las aplicaciones de calentamiento para vapor a presión positiva se pueden encontrar en plantas procesadoras de alimentos, plantas químicas, y refinerías solo por nombrar algunas. El vapor saturado es utilizado como la fuente de calentamiento para fluido de proceso en intercambiadores de calor, reactores, pre calentadores de aire de combustión, y otros tipos de equipos de transferencia de calor. En un intercambiador de calor, el vapor eleva la temperatura del producto por transferencia de calor, el cual después se convierte en condensado y es descargado a través de una trampa de vapor.

1.2.5.3. VENTAJAS DEL VAPOR SATURADO

El vapor saturado tiene varias propiedades que lo hacen una gran fuente de calor, particularmente a temperaturas de 100 °C (212°F) y más elevadas. Algunas de estas son (Ver *TABLA 1.1*).

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 1.1 Ventajas y propiedades de usar vapor saturado para el calentamiento.*¹⁵

¹⁴ Fuente : http://es.wikipedia.org/wiki/Teor%C3%ADa_de_campo_de_gauge

¹⁵ Fuente: <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/types-of-steam.html>

Sabiendo las propiedades y las ventajas de usar vapor saturado para calentamiento es necesario tener presente lo siguiente cuando se calienta con vapor saturado:

- La eficiencia de calentamiento se puede ver reducida si se usa un vapor diferente al vapor seco para los procesos de calentamiento. Contrario a la percepción común, virtualmente no todo el vapor generado en una caldera es vapor seco, si no vapor húmedo, el cual contiene algunas moléculas de agua no vaporizadas.
- La pérdida de calor por radiación ocasiona que una parte del vapor se condense. Por lo tanto el vapor húmedo generado se vuelve aún más húmedo, y también se forma más condensado, el cual debe ser removido al instalar trampas de vapor en las locaciones apropiadas. Condensado el cual es más pesado caerá del flujo de vapor y puede ser removido a través de piernas de condensado y trampas de vapor. Sin embargo, el vapor húmedo que es arrastrado reducirá la eficiencia de calentamiento, y deberá ser removido por medio de estaciones de separación en el punto de uso o en la distribución.
- El vapor que incurre en pérdidas de presión debido a exceso de fricción en la tubería, etc., podría resultar también en su correspondiente pérdida en temperatura.

1.2.5.4. VAPOR SATURADO Y VAPOR FLASH

En un sistema de vapor, el vapor que es liberado por las trampas de vapor es generalmente confundido con vapor saturado (vapor vivo), mientras que en realidad es vapor flash. La diferencia entre los dos es que el vapor saturado es invisible ver (**FIGURA 1.7**), inmediatamente a la salida de la tubería mientras que el vapor flash contiene pequeñas gotas de agua que se forman una vez expuesto al ambiente¹⁶.

¹⁶Fuente : <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/types-of-steam.html>



FIGURA 1.7 El vapor saturado será invisible a la salida de una tubería al ser venteadado la atmosfera¹⁷.

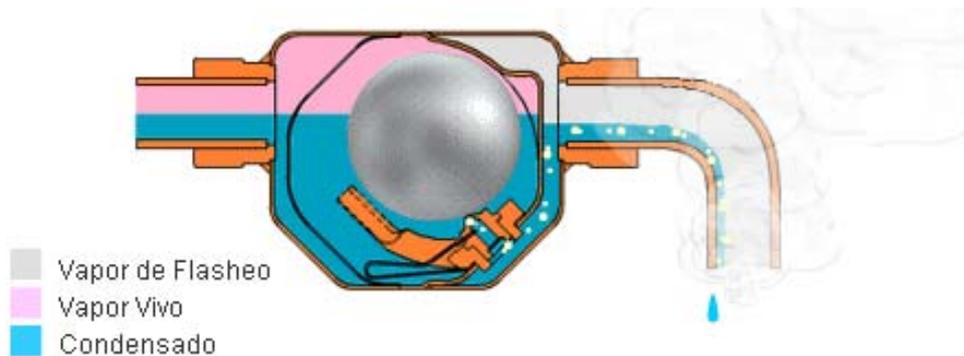
Vapor de Flash: Se define como la reflexión difusa de la luz sobre pequeñas gotas de agua de vapor en el aire que se muestra como una nube blanca. En otras palabras, el vapor flash, es agua en un estado líquido que flota en el aire se forma cuando se tiene H₂O caliente a una presión determinada y se libera a una presión más baja. Entonces parte de éstos líquidos se vuelve a evaporar. También se lo conoce como vapor secundario. Se lo puede utilizar para determinados procesos de secado donde no ameriten mucha temperatura, ver (**FIGURA 1.8**). El Vapor Flash es importante porque guarda unidades de calor o energía que pueden ser aprovechadas para una operación más económica de la planta. De lo contrario, esta energía es desperdiciada.

Gráfica y recipiente para recuperación de vapor

Cuando el agua se calienta a la presión atmosférica, su temperatura se eleva hasta que llega a 100°C (Dependiendo del lugar de experimentación) la temperatura más alta a la que el agua puede aún existir como líquido a esta presión. Cualquier calor adicional no eleva la temperatura, sino que transforma el agua en vapor.¹⁸

¹⁷ Fuente : <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/flash-steam-and-vapor.html>

¹⁸ Fuente : <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/flash-steam-and-vapor.html>



Cuando la temperatura es alta, si el condensado de alta presión se descarga a una menor presión, parte del condensado descargado cambia instantáneamente convirtiéndose en vapor. Esto se conoce como "vapor de flasheo".

FIGURA 1.8 La caída de presión a la salida de una trampa de vapor, provoca el vapor flash.¹⁹

1.3. DISTRIBUCION DE VAPOR

Los sistemas de distribución de vapor conectan a las calderas con el equipo que en realidad utiliza vapor. Estos sistemas de distribución transportan el vapor hasta cualquier sitio en la planta donde se necesita energía calorífica.

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

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

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

1.3.1. CABEZALES DE VAPOR (DISTRIBUIDORES DE VAPOR)

Un cabezal de vapor²⁰ es una tubería principal de distribución de vapor porque puede recibir vapor de una o varias calderas al mismo tiempo. (**VER ANEXO 1.2**).

Lo más común es que sea una tubería horizontal a la que se le alimenta el vapor por la parte superior, y al mismo tiempo se alimentan las tuberías principales de

¹⁹ Fuente: <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/flash-steam-and-vapor.html>

²⁰ Fuente : Dibujos de aplicación de handbook TLV

distribución. Es importante trampear el cabezal de forma correcta para asegurarse que cualquier sustancia indeseable (agua de la caldera y/o partículas) sea removida del vapor antes de su distribución (*Ver FIGURA 1.9*). Las trampas de vapor que le dan servicio al cabezal deben ser capaces de descargar grandes cantidades de condensado y partículas en forma instantánea. La resistencia al impacto hidráulico debe ser otro factor importante al seleccionar el tipo de trampa.

- Si el flujo del vapor en el cabezal es únicamente en una sola dirección, entonces una sola trampa de vapor es necesaria en el extremo de salida de cabezal.
- Cuando se tiene la alimentación de vapor a la mitad del cabezal en ambas direcciones, cada extremo del cabezal necesita trampeo.

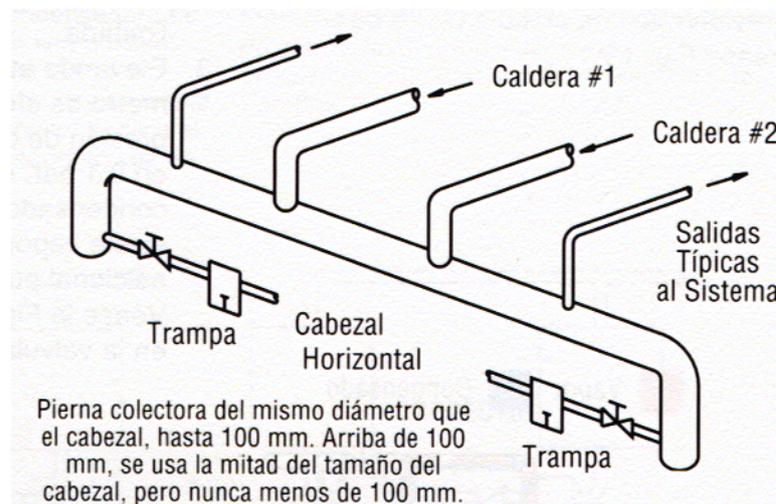


FIGURA 1.9 Instalación correcta del distribuidor de vapor.²¹

1.3.2. TUBERIAS (PIPING)

Se llama piping a un conjunto de tuberías, conductos cerrados destinados al transporte de fluidos, gases y otros y sus accesorios. La gran mayoría de sistemas de tuberías actúa como conductos a presión es decir, sin superficie libre, con el fluido mojando toda su área transversal, a excepción de los desagües o alcantarillado donde el fluido trabaja con superficie libre, como canales.

La necesidad del uso de tuberías surge del hecho de que el punto de almacenamiento o generación de los fluidos se encuentra generalmente distante de los puntos de

²¹ Fuente: HOOK UPS- SpiraxSarco.

utilización. Se usan para el transporte de todos los fluidos conocidos líquidos o gaseosos, para materiales pastosos o pulpa y para los fluidos en suspensión, en toda la gama de presiones que se usan en la industria, desde el vacío absoluto hasta presiones de hasta 4000 kg/cm^2 (400MPa) y desde cero absoluto hasta las temperaturas de fusión de los metales.

1.3.3. TUBERÍAS PRINCIPALES DE VAPOR

La red de distribución de vapor, junto con las reguladoras de presión y temperatura, constituye la parte central de una instalación para la generación de vapor; es la que conduce el vapor generado en la caldera hacia los diferentes puntos de demanda existentes en el proceso industrial.²² Algunas características típicas de las tuberías principales de distribución de vapor son:

- La velocidad recomendada para trabajar con vapor saturado, (Ver **TABLA 1.2**), para las líneas principales de vapor el rango va de (25 m/s-60 m/s).
- La cantidad de condensado generado en ellas es bastante pequeña, sus horas de operación son bastante largas y generalmente se encuentran en instalaciones exteriores. Por lo tanto, las trampas de vapor usadas en estas tuberías solo deben tener pérdidas de vapor en cantidades muy pequeñas, durante los ciclos de descarga de condensado, y las trampas deben ofrecer confiabilidad y operación estable en periodos largos. Las Trampas de Vapor de Flotador Libre para Tuberías Principales precisamente son diseñadas con estos puntos en mente, y por lo tanto, son ideales para su uso en las tuberías principales de distribución.

1.3.4. TUBERIAS SECUNDARIAS DE VAPOR

En las instalaciones de vapor es necesaria la instalación de tuberías secundarias, las cuales se encargan de llevar el vapor desde la línea principal hasta el equipo de servicio (Ver **FIGURA 1.10**), los rangos recomendados de la velocidad para las líneas secundarias de vapor según los fabricantes son (10 m/s – 25 m/s).

²²Fuente:http://www.tlv.com/global/LA/news/free-float-steam-traps-for-main-lines.html?utm_source=LV+Engineering+S.A.+DE+C.V.+List&utm_campaign=e22ab92f9c-009_PRV_TLA&utm_medium=email

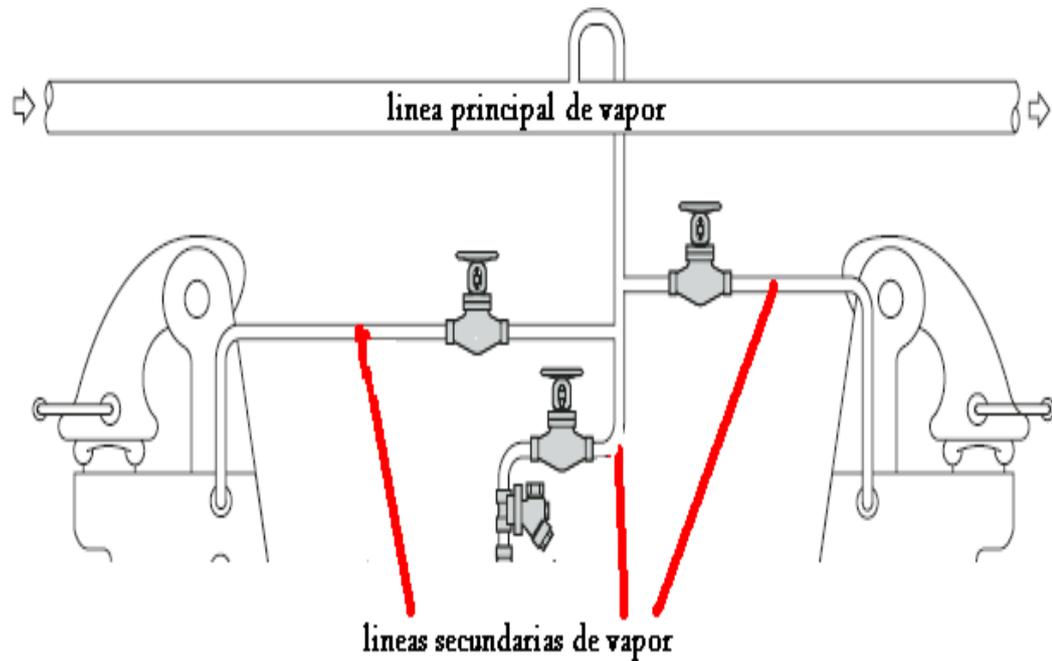


FIGURA 1.10 Ejemplo de la instalación de una línea de vapor principal y tres líneas secundarias.²³

1.3.4.1. EFECTOS DEL SUBDIMENSIONADO Y SOBREDIMENSIONADO DE TUBERIAS

Sobredimensionar las tuberías significa que:

- Las tuberías serán más caras de lo necesario.
- Se formara un mayor volumen de condensado a la causa de las mayores pérdidas de calor.
- La calidad de vapor y posterior entrega de calor será más pobre, debida al mayor volumen de condensado que se forma.
- Los costos de instalación serán mayores.

Subdimensionar las tuberías significa que:

- La velocidad del vapor y la caída de presión serán mayores, generando una presión inferior a la que se requiere en el punto de utilización.
- El volumen de vapor será insuficiente en el punto de utilización.
- Habrá un mayor riesgo de erosión, golpe de ariete y ruidos a la causa del aumento de velocidad.

²³Fuente:<http://www.spiraxsarco.com/resources/steamengineeringtutorials/condensaterecovery/sizing-condensate-return-lines.asp>

1.3.4.2. VELOCIDADES EFECTIVAS PARA FLUJO EN TUBERIAS²⁴

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 económicas. T, el mayor valor posible para el caudal y dándose un diámetro, calcúlese la velocidad:

$$vf = \frac{Q}{A} = \frac{4*Q}{\pi*d^2} \quad \text{EC.1.1}$$

Compárese la velocidad calculada con la velocidad económica para el líquido en servicio del proyecto. (Ver *TABLA 1.2*).

Red de distribución de agua en la ciudad	0.7 a 1.7 m/s
Red de agua en industria	1.7 a 3.5 m/s
Vapor saturado para calentamiento	20 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 1.2 Tabla de velocidades efectivas

Si la velocidad calculada fuera superior a la velocidad efectiva, significa que el diámetro escogido fue pequeño, debiendo entonces experimentarse con uno mayor.

1.3.4.3. PARAMETROS DE DIMENSIONAMIENTO DEL DIAMETRO.

Hay factores principales que definen el diámetro de las tuberías en un sistema de Vapor:

1. El flujo másico de vapor, el cual esta expresado en [Kg/h], para así poder determinar el diámetro necesario para la tubería.
2. El volumen especifico de vapor a la presión necesaria en el sistema.

²⁴Fuente : Seminario sobre: Diseño y montaje en el industria_pag115. CENDES

3. Velocidad del vapor. Erosión y ruido aumentan la velocidad. Las Velocidades recomendadas para vapor de proceso son de 30 a 60 m/s; y normalmente se tienen velocidades más bajas en sistemas de calentamiento a presiones más bajas.

4. La presión inicial en la caldera y la caída de presión permitida para todo el sistema de tuberías. La caída total de presión en el sistema no debe de exceder 20% de la presión máxima en la caldera.

Existe una tendencia natural cuando se seleccionan los tamaños de tuberías, a guiarse por el tamaño de las conexiones del equipo a las que van a conectarse. Si la tubería se dimensiona de este modo es posible que no se pueda alcanzar el caudal volumétrico deseado. Para corregir esto y poder dimensionar correctamente la tubería pueden utilizarse reductores concéntricos y excéntricos. (Ver **FIGURA 1.11**)

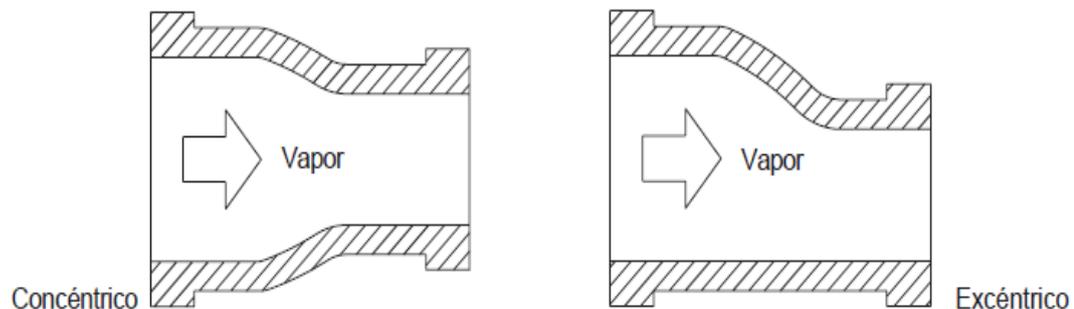


FIGURA 1.11 Reductores concéntricos y excéntricos²⁵

1.3.4.4. METODOS PARA EL DISEÑO DE TUBERIAS DE VAPOR.

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

- **Por medio de las ecuaciones matemáticas:**
 - Diseño de diámetro de tuberías de vapor considerando la velocidad.
 - Diseño de diámetro de tuberías de vapor por caídas de presión.

- **Por medio de monogramas:**
 - Diseño de diámetro de tuberías de vapor por medio de monogramas según el fabricante para el presente documento se usa como referencia el DESIGN OF FLUID SYSTEMS- HOOCK UPS-SpiraxSarco.

²⁵ Fuente: <http://www.frm.utn.edu.ar/irese/Descarags/Distribucion%20de%20vapor.pdf>

➤ **Por medio de un software:**

- Existen diferentes software de cálculo para el diseño de tuberías en un sistema de vapor, para el presente documento se usa el Software SE-1 de TLV, los cuales han condensado los modelos matemáticos de cálculo manual.

1.3.4.5. SELECCION DE MÉTODO DE CALCULO PARA TUBERÍAS DE VAPOR

Para el desarrollo del documento y para el diseño de sistema de vapor se seleccionara el método de diseño de diámetro de tuberías de vapor por medio de la velocidad, debido a que dicho parámetro y rangos se encuentran normados, de acuerdo al proceso en que está siendo utilizado el vapor. A continuación se encuentra la llamada Ecuación de la continuidad, por POCKET DATA BOOK_TLV²⁶.

$$\dot{F}s = \frac{\pi * d^2}{4} * \frac{Vs}{v''} \quad \text{EC.1.2}$$

Dónde:

d:diámetro interior del tubo [m]

*F**s*:Flujo de vapor [kg/s]

v'' :Volumen específico [m³/kg]

*V**s*: Velocidad del flujo[m/s]

Para la verificación de datos obtenidos en los cálculos se procederá a usar el Software (SE-1) de TLV.

1.3.5. 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 que aumentan su versatilidad.

²⁶Fuente :POCKET DATA BOOK_TLV.TECHNICAL HANBOOK_ pág. 144

Accesorios se llama a todos aquellos artículos que se conectan a las tuberías y que le permiten cambiar de dirección, cambiar de diámetro, o divergir en dos o más ramales. Los accesorios se fabrican de placa maquinada, tubería, fundirse o forjarse, en el caso de plásticos puede moldearse.

1.3.5.1. UNIÓN POR CORDÓN DE SOLDADURA PROGRESIÓN VERTICAL ASCENDENTE.

El procedimiento de soldadura para unión de tuberías sirve para las siguientes tuberías de: Acero al carbono, en espesores desde 1/16" hasta 5/8", con el proceso SMAW, antes de aplicar un tipo de soldadura se debe saber el tipo de características del material a soldar, en este caso:

Las características mecánicas de la tubería ASTM – A53 GRADO B son las siguientes.

- Porcentaje máximo de carbono 0.30
- Porcentaje máximo de manganeso 1.20
- Porcentaje máximo de fósforo 0.05
- Porcentaje máximo de azufre 0.045
- Límite a la fluencia de 35000 PSI
- Mínima resistencia a la tracción 60000 PSI

Así aplicando la soldadura con progresión vertical ascendente, pase de raíz, con electrodo E-6011 de 1/8", pases de relleno y presentación con E-6013 de 1/8", en el taller o en el campo de trabajo, de acuerdo al código ASME sección IX..

1.3.5.2. PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA EN TUBERIAS²⁷

Según ASME sección VIII, división I hay un procedimiento previo antes de realizar las soldaduras en las tuberías y es el siguiente:

- Corte
- Biselado
- Punteado
- Pase de Penetración

²⁷Fuente : ASME sección VIII, división I

- Pase de Relleno
- Pase de Presentación
- Inspección de Soldadura

El pase de penetración, raíz o primer pase, se puede realizar en posición: 2G, 5G o 6G, (Ver **FIGURA 1.12**).

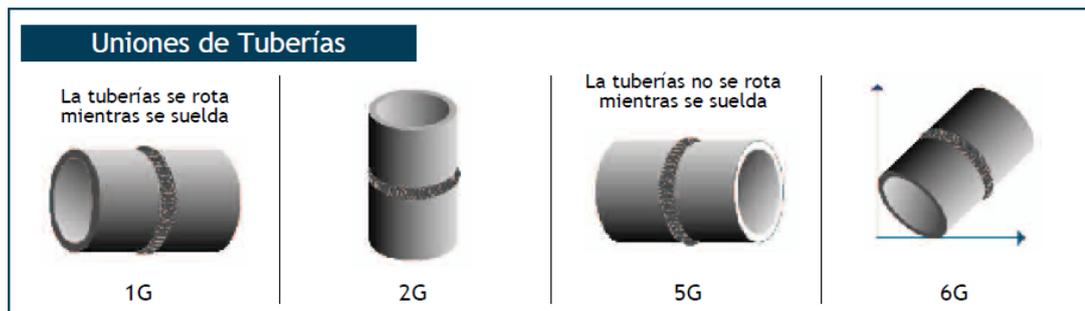


FIGURA 1.12 Unión de tuberías por medio de la posición “G” de soldadura.²⁸

La soldadura en las posiciones 5G y 6G se deben iniciar en la posición de sobre cabeza o denominada las 6 horas, y se debe terminar en la posición plana también denominada de las 12 horas. Las herramientas y equipos utilizados para el procedimiento de soldadura (Ver **ANEXO 1.3**)

1.3.5.3. SEGURIDAD EN SOLDADURA SMAW(Shielded metal arcwelding)

Cuando se realiza una soldadura al arco durante la cual ciertas partes conductoras de energía eléctrica están al descubierto, el operador tiene que observar con especial cuidado las reglas de seguridad, a fin de contar con la máxima protección personal y también proteger a las otras personas que trabajan a su alrededor.

En la mayor parte de los casos, la seguridad es una cuestión de sentido común. Los accidentes pueden evitarse si se cumplen las siguientes normas de seguridad:

²⁸Fuente : http://disensa.com/main/images/pdf/temas_generales.pdf



FIGURA 1.13 Equipo de seguridad personal.²⁹

1.3.5.3.1. USO , VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Es un método universal de unión de tuberías. Limitada solo por accesorios que por su naturaleza, no se puedan soldar.

Es el método de unión preferido para tramos muy largos, se realiza con un equipo muy accesible y sus juntas son a prueba de fugas. Al soldarse las uniones y accesorios, se impide que se puedan desarmar; el metal de la soldadura puede obstruir o ser atacado por el fluido del proceso.

1.3.6. UNION DE TUBERIAS POR BRIDAS

El medio más versátil para unir tuberías y sus accesorios es por medio de bridas, lo cual incrementa su mantenimiento; las bridas son caras y frecuentemente su uso de limita a ser compañeras de bridas de tanques, equipos, válvulas, instrumentos, o líneas de proceso que requieren de limpieza periódica. (Ver FIGURA 1.13)

BRIDAS DE ACERO AL CARBÓN FORJADO, CLASE 150.

Los materiales usados en la fabricación de las Bridas de Acero al Carbón Forjado deben cumplir los requisitos mínimos establecidos por la norma ASTM A-105³⁰, que rigen este tipo de conexión.

²⁹ Fuente : <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1810/1/CD-2779.pdf>

³⁰ Fuente : <http://www.astm.org/Standards/A105.htm>

PROPIEDADES MECÁNICAS	ASTM A-105
Resistencia a la tensión, min, psi (mpa)	70 000 (485)
Punto de cedencia, min, psi (mpa)	36 000 (250)
Elongación en 2" o 50 mm, min, %	30
Reducción de área, min, %	30
Dureza, máx. , Hb	187

TABLA 1.3: Propiedades mecánicas de bridas de acero al carbono bajo norma³¹

En el mercado Ecuatoriano se puede encontrar con las siguientes (*Ver FIGURA 1.14*), en términos generales, las dimensiones para las bridas de acero al carbón forjado son establecidas por las normas.

- ASME B16.5 Dimensiones de bridas de acero al carbón forjado
- ASME/ANSI B 1.20.1 Roscado (Bridas roscadas, tipos de rosca NPT).

TABLA DE TOLERANCIAS	+ / - PULGADAS
Espesor de la Brida, C	NPS 18 y menores + 0.12 in., - cero NPS 20 y mayores + 0.19 in., - cero
Diámetro Exterior del cuello en Brida de cuello Soldable, A	NPS 5 y menores + 0.09 in., - 0.03 in. NPS 6 y mayores + 0.16 in., - 0.03 in.
Bore (Conducto del Fluido) en Brida de cuello soldable, B1	NPS 10 y menores 0.03 in. NPS 12 a 18 0.06 in. NPS 20 y mayores + 0.12 in., - 0.06 in.
Bore (Conducto del Fluido) en Brida de cuello soldable, B2	NPS 10 y menores + 0.03 in., - cero NPS 12 y mayores + 0.06 in., - cero

TABLA 1.4 Tabla de tolerancias en la fabricación de bridas.³²

Para la información de diámetros disponibles en bridas ver (*ANEXO 1.4*)



Brida Deslizable

S.O. = Slip On

**150 lbs.
Acero forjado**

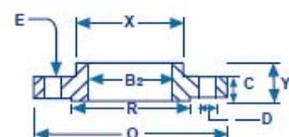


FIGURA 1.14 Tipo de brida disponible y usada usualmente en el mercado e industria ecuatoriana.³³

³¹Fuente: Extracto de la norma ASTM A-105

³²Fuente: <http://www.fluida.com>

1.3.6.1. SUJECION DE UNIONES BRIDADAS

Para sujetar una brida se usan sujetadores (tornillos, tuercas) para ese objetivo se realizan agujeros en las bridas los cuales están angularmente igual espaciados con respecto al centro y con un circulo de barreno definido.

Una brida definido un diámetro nominal “Ø “y norma de brida (ANSI B16.5) debe tener dimensiones específicas de: diámetro exterior, grosor, circulo de resalte, numero de agujeros, diámetro de los agujero, etc. Es importante hacer resaltar que cuando una brida no coincida en forma de espejo con otra, debe ponerse especial cuidado pues no corresponden al mismo rango de presión. Es muy importante que las bridas (sobre todo cuando estén fijas) sean colocadas de tal manera que el ángulo que forman los dos ejes radiales con respecto al centro quede centrado siempre entre los ejes teóricos fundamentales Norte-sur (el norte de la planta, no el norte geográfico) , y arriba-abajo (sobre la plomada). Esto evitará que cuando colocan algún accesorio, válvula o equipo con bridas fijas no quede desfasado.

Comúnmente para sujetar una brida se usan: tornillos de máquina y birlos. El tornillo de maquina tiene en un extremo una cabeza la cual generalmente es hexagonal (pudiéndose usar cuadrada), no es aconsejable usar otro tipo de cabeza. El birlo es un tornillo continuo sin cabeza en los extremos, se usa en los extremos una tuerca comúnmente hexagonal para sujetarlo (Ver **FIGURA 1.15**). Es importante usar una arandela para facilitar el apriete del lado de la tuerca.

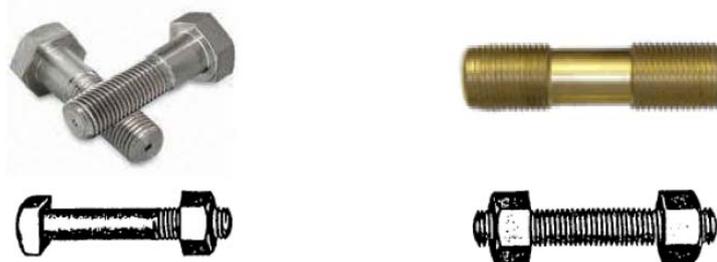


FIGURA 1.15 Tornillo de maquina con tuerca y birlo con tuercas³⁴

³³ Fuente: <http://www.fluida.com.mx/bridadas.html>

³⁴ Fuente : <http://es.scribd.com/doc/6416542/Curso-Elemental-de-Diseno-de-Tuberias-ales>

1.3.7. DISEÑO DE SOPORTES PARA LA LÍNEA DE RETORNO Y LÍNEA DE VAPOR.³⁵

La selección y el diseño de soportes para tuberías es una parte importante en el estudio de ingeniería de cualquier instalación de procesos industriales. Los problemas para diseñar tuberías para altas presiones y temperaturas, tienden a ser críticos en un punto donde es imperativo qué aspectos de diseño, tales como el efecto de cargas en soportes concentradas en estructuras, cargas sobre equipos conectados debido al peso de la tubería y tolerancias de los soportes respecto a tuberías y estructuras; sean tomados en consideración en las primeras etapas de un proyecto.

Existen métodos eficientes establecidos para ejecutar los trabajos requeridos para arribar a un diseño apropiado de soportes. A continuación se determinan varios pasos involucrados en el diseño de soportes.

1.3.7.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN BÁSICA

El primer paso involucrado en el diseño de soportes es determinar y obtener la cantidad necesaria de información básica antes de proceder a los detalles de los soportes. El diseño no será completo si el ingeniero no tiene la oportunidad de revisar el equivalente a la siguiente información:

- a) Especificación del soporte, cuando sea disponible.
- b) Un señalamiento completo de dibujos de tuberías.
- c) Un señalamiento completo de estructuras.
- d) Una especificación apropiada de tuberías y datos que incluyan: tamaño de la tubería, composición, espesor de pared, temperaturas y presiones de operación.
- e) Una copia de la especificación del aislante con su densidad.
- f) Válvulas y accesorios especiales, indicando sus características (peso, dimensiones, etc).
- g) Deflexiones de todas las conexiones de succión de equipos críticos como fondos de caldera, tambores de vapor, conexiones de tuberías, etc.

³⁵ Fuente: Normas conjuntas del American Estándar Institute y la American Society of MechanicalEngineers ANSI/ASME B31.1, B31.3.

1.3.7.2. ESPACIAMIENTOS DE SOPORTES

La localización de los soportes depende del tamaño de la tubería, configuración de la misma, localización de las válvulas y accesorios y de la estructura disponible para el soporte de tuberías.

En un tendido de tubería horizontal, sencillo, en campo abierto, el espaciamiento de soportes depende únicamente de la resistencia del tubo. Dentro de los límites de una unidad de proceso, por otra parte, el espaciamiento de soportes está determinado mayormente por el espaciamiento de columnas convenientemente ubicadas.

El máximo espacio sugerido entre soportes, se encuentra listado en la **TABLA 1.5**. Este espaciado se basa sobre un esfuerzo de torsión y cortante combinado de 1500 Psi (10.34 MPa), cuando la tubería está llena de líquido 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.

En caso que se presenten cargas concentradas, los soportes deberían estar puestos tan cerca como sea posible a la carga, con la intención de mantener el esfuerzo flector e al mínimo.

En la práctica, un soporte debería ser colocado inmediatamente después de cualquier cambio de dirección en la tubería.

∅	Pulg	1	1 ½	2	2 ½	3	3 ½	4
	Mm	25,4	38,1	50,8	63,5	76,5	88,9	101,6
Espacio	Pies	7	9	10	11	12	13	14
	Mts.	2,134	2,743	3,048	3,353	3,658	3,962	4,267
∅	Pulg.	5	6	8	10	12	14	16
	Mm	127	152,4	203,2	254	304,8	355,6	406,4
Espacio	Pies	16	17	19	22	23	25	27
	Mts.	4,877	5,182	5,791	6,706	7,01	7,62	8,23

TABLA 1.5 Espaciado recomendado entre soportes para tubería.³⁶

³⁶ Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos25/disenio-tuberias/disenio-tuberias.shtml>

1.3.8. CALENTADORES DE SERPENTIN

INTRODUCCION A LA CONVECCION³⁷

La convección es una de las tres formas de transferencia de calor y se caracteriza porque se produce por intermedio de un fluido (aire, agua) que transporta el calor entre zonas con diferentes temperaturas. La *convección* se produce únicamente por medio de materiales fluidos. Éstos, al calentarse, aumentan de volumen y, por lo tanto, disminuyen su densidad y ascienden desplazando el fluido que se encuentra en la parte superior y que está a menor temperatura. Lo que se llama *convección* en sí, es el transporte de calor por medio de las corrientes ascendente y descendente del fluido.

La transferencia de calor implica el transporte de calor en un volumen y la mezcla de elementos macroscópicos de porciones calientes y frías de un gas o un líquido. Se incluye también el intercambio de energía entre una superficie sólida y un fluido o por medio de una bomba, un ventilador u otro dispositivo mecánico (convección mecánica o asistida).

En la transferencia de calor libre o natural en la cual un fluido es más caliente o más frío y en contacto con una superficie sólida, causa una circulación debido a las diferencias de densidades que resultan del gradiente de temperaturas en el fluido.

1.3.8.1. TIPOS DE CONVECCIÓN

La convección libre consiste en la transferencia de calor cuando el fluido suficientemente lejos del sólido está parado y la convección forzada se produce cuando el fluido se mueve lejos del sólido. Por ejemplo, el radiador de un coche tiene un ventilador que mueve el aire y favorece el enfriamiento del agua que contiene (convección forzada); en cambio, una estufa, un brasero o un radiador de calefacción calienta el aire que le rodea pero el aire "no se mueve" (convección libre). El problema de la convección tanto libre como forzada está muy relacionado con la mecánica de fluidos, el coeficiente de película depende directamente del gradiente de temperaturas normal al sólido en las proximidades del sólido, y este a su vez del

³⁷Fuente : Teoría de la convección extraído de: Fundamentos de Transferencia de Calor 4 ed, por Frank P. Incropera y David P DeWitt / School of MechanicalEngineering of PurdueUniversity/ Editado en Monterrey México 1999.

gradiente de velocidades. La convección siempre implica un movimiento del fluido, pero en convección libre éste se produce solo en las proximidades del sólido y en convección forzada en todo el fluido. En fluidos compresibles, es decir, cualquier gas la convección puede producir eso en una habitación el aire caliente siempre está cerca del techo.

1.3.8.2. CONVECCIÓN LIBRE O NATURAL

La convección libre o natural se origina cuando una fuerza de cuerpo actúa sobre un fluido en el que hay gradientes de densidad. El efecto neto es una fuerza de empuje, que induce corrientes de convección libre. En el caso más común, el gradiente de densidad se debe a un gradiente de temperatura, y la fuerza de cuerpo se debe al campo gravitacional.

Hay, por supuesto, muchas aplicaciones. La convección libre influye marcada en la transferencia de calor de tubos y líneas de transmisión, así como de varios dispositivos electrónicos. La convección libre es importante también para transferir calor de calentadores de zócalo eléctrico o de radiadores de vapor para aire ambiental y para disipar calor del serpentín de una unidad de refrigeración al aire de los alrededores. Es asimismo relevante para las ciencias ambientales, donde es responsable de los movimientos oceánicos y atmosféricos, así como de los procesos relativos de transferencia de calor

1.3.8.3. CONSIDERACIONES FÍSICAS

En la convección libre, el movimiento del fluido se debe a las fuerzas de empuje dentro de éste. *El empuje se debe a la presencia combinada de un gradiente de densidad del fluido y de una fuerza de cuerpo que es proporcional a la densidad.* Hay también varias formas en las que un gradiente de densidad de masa puede surgir en un fluido, pero en la situación más común se debe a la presencia de un gradiente de temperatura. Sabemos que la densidad de gases y líquidos depende de la temperatura, que por lo general disminuye (debido a la expansión del fluido) al aumentar la temperatura ($dp/dT < 0$).

En este trabajo nos concentraremos en la convección libre, en los que el gradiente de densidad se debe a un gradiente de temperatura y en los que la fuerza de cuerpo es gravitacional.

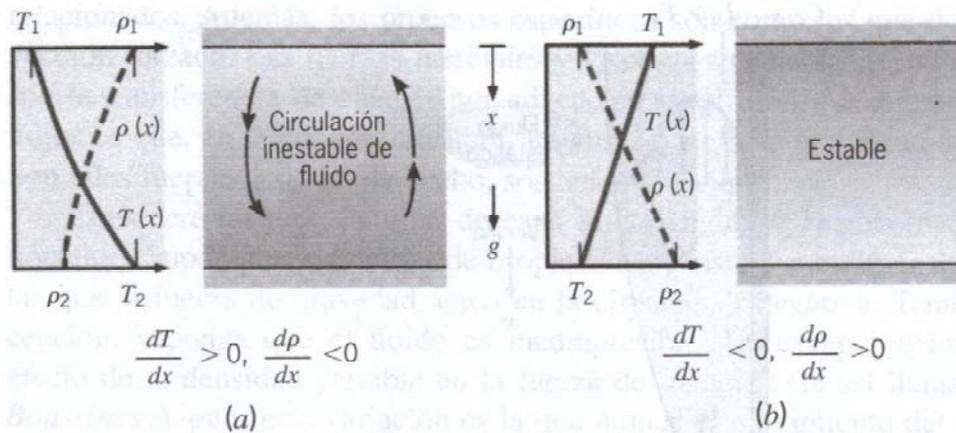


FIGURA 1.16 *Circulación estable e inestable*³⁸

Sin embargo, la presencia de un gradiente de densidad de fluido en un campo gravitacional no asegura la existencia de corrientes de convección libre. Considere las condiciones de la **FIGURA 1.16**. Un fluido está encerrado por dos placas horizontales largas a diferentes temperaturas (T_1 diferente a T_2). En el caso (a), la temperatura de la placa inferior excede la de la placa superior y la densidad disminuye en la dirección de la fuerza gravitacional. Si la diferencia de temperaturas excede un valor crítico, las condiciones son inestables y las fuerzas de empuje son capaces de vencer la influencia de retardo de las fuerzas viscosas. La fuerza gravitacional sobre el fluido más denso de las capas superiores excede a la que actúa sobre el fluido más ligero en las capas inferiores, y existirá el patrón de circulación designado. El fluido más pesado descenderá, calentándose en el proceso, mientras que el fluido más ligero se elevará, enfriándose conforme se mueve. Sin embargo, esta condición no caracteriza al caso (b), para el cual $T_1 > T_2$ y la densidad ya no disminuye en la dirección de la fuerza gravitacional. Las condiciones son ahora estables y no hay movimiento global del fluido. En el caso (a), la transferencia de calor ocurre de la superficie inferior a la superior por convección libre; para el caso (b), la transferencia de calor (de la superior a la inferior) ocurre por conducción. Los flujos por convección libre se pueden clasificar de acuerdo a si el flujo está limitado por una superficie.

³⁸Fuente : <http://es.scribd.com/doc/6942440/principios-de-termodinamica-para-ingenieros>

La velocidad de transferencia de calor a través de un fluido es mucho mayor por convección que por conducción. Cuanto mayor es la velocidad del fluido mayor es la velocidad de transferencia de calor.

La transferencia de calor por convección depende de las propiedades del fluido, de la superficie en contacto con el fluido y del tipo de flujo. Entre las propiedades del fluido se encuentran: la viscosidad dinámica μ ³⁹, la conductividad térmica k , la densidad ρ . También se podría considerar que depende de la viscosidad cinemática \mathbf{n} , puesto que $\mathbf{n} = \mu / \rho$. Entre las propiedades de la superficie que intervienen en la convección están la geometría y la aspereza. El tipo de flujo, laminar o turbulento, también influye en la velocidad de transferencia de calor por convección.

1.3.8.4. SISTEMA DE CALENTAMIENTO EN TANQUES DE COMBUSTIBLE.⁴⁰

El petróleo (crudo) y otras sustancias se almacenan en tanques, calentados por serpentines u otra forma de superficie de intercambio térmico para conseguir la temperatura necesaria para su bombeo, en el literal (1.3.8.3) se especifica los parámetros necesarios para la transferencia de calor en función del fluido y otras características como son:

Temperatura del serpentín, coeficiente de transferencia, densidad del fluido, viscosidad cinemática.

Existen diversas formas para calentar estos grandes tanques. Pueden usarse serpentines con diversos tramos colocados en el fondo del tanque (*Ver FIGURA 1.17*)

³⁹Fuente: Teoría del flujo de fluidos en tuberías. Pag : 1-2 -CRANE_editorialMcGRAW-HILL

⁴⁰Fuente : Información técnica SpiraxSarco.Pdf (pág. 51)

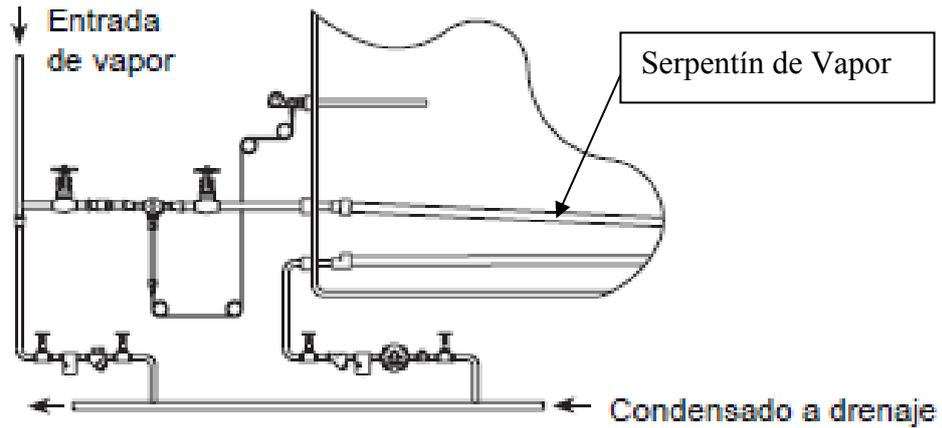


FIGURA 1.17 Tanque de almacenamiento – Serpentín.⁴¹

O bien el sistema de bayoneta (Ver **FIGURA 1.18**), consiste en una tubería de gran diámetro sellada en ambos extremos, donde se introduce vapor por un extremo mediante una tubería interna y se purga por el extremo opuesto.

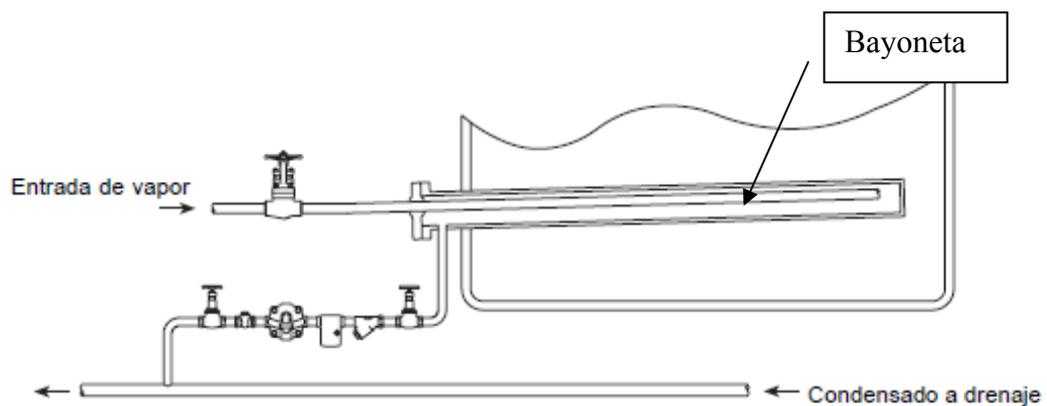


FIGURA 1.18 Tanque de almacenamiento – Sistema de bayoneta.⁴²

Los serpentines largos son susceptibles a los golpes de ariete, ya que inevitablemente el condensado se acumulara, al menos que tenga una pendiente bien diseñada con una caída constante en la dirección del flujo de vapor. La trampa de vapor de boya-termostático moderno puede resistir altos niveles de golpe de ariete, pero si estos síntomas fuesen extremos, se recomienda usar trampas de vapor de cubeta invertida. Puede ser necesario cubrir con revestimiento térmico estas trampas para que no haya daños por heladas.

⁴¹ Fuente : Información técnica SpiraxSarco.Pdf (pág. 52)

⁴² Fuente : Información técnica SpiraxSarco.Pdf (pág. 53)

1.3.9. LÍNEAS TRACER

El uso de las línea tracer⁴³, tienen como objetivo principal mantener el contenido de la línea de producto a una temperatura satisfactoria de trabajo, bajo todas las condiciones de baja temperatura ambiental con una adecuada reserva para soportar condiciones extremas.

Definición: Es una línea secundaria que se la utiliza para mantener fluidos a temperaturas constantes (ejemplo: Usado generalmente en las refinerías para el transporte de fluido viscoso como el caso del Bunker u otro derivado de petróleo). En muchas aplicaciones las líneas tracer son económicas y eficientes. La temperatura debe mantenerse no sólo en la tubería primaria, sino también a través de las bombas, válvulas y uniones, en resumen, donde sea que el fluido primario este expuesto a las condiciones climáticas. El vapor es el medio más común para mantener la temperatura de una línea de proceso. Si se requiere mantener la temperatura del fluido primario, lo más cercano posible a la temperatura del vapor disponible, una tubería enchaquetada se vuelve indispensable.

1.3.9.1. MATERIAL PARA LAS LINEAS TRACER

El material empleado en el montaje de las líneas tracer puede ser de:

- Cobre,
- Acero al carbono e inclusive,
- Acero inoxidable,

De tal forma que dependiendo del material de la línea de proceso, dependerá obviamente el material de la línea tracer, para así evitar que nunca se produzca la corrosión electrolítica en cualquier punto de contacto.

⁴³Fuente : www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/.../14709/...vapor+lineasprincipales.=b

1.3.9.2. SUJECIÓN DE LAS LÍNEAS TRACER

La manera más sencilla de sujetar una línea tracer es con alambre alrededor de la tubería principal. Los clips de sujeción no deben estar alejados más de 12" a 18" en tracers de 3/8", 18" a 24" en líneas de 1/2" y 24" a 36" en tracer iguales o mayores a 3/4". La máxima transferencia de calor se logra cuando la línea tracer está en contacto estrecho con la línea de producto.

Para lograr mantener el mejor contacto entre la tracer y la línea de producto es mejor usar planchas galvanizadas o de acero inoxidable de cerca de 1/2" de ancho y de espesor de 18 a 20gauge⁴⁴. Cuando la tracer es llevada alrededor de curvas, se debe tener un cuidado especial, para asegurar el mejor contacto posible, esto se puede lograr usando tres o más bandas (Ver **FIGURA 1.19**).

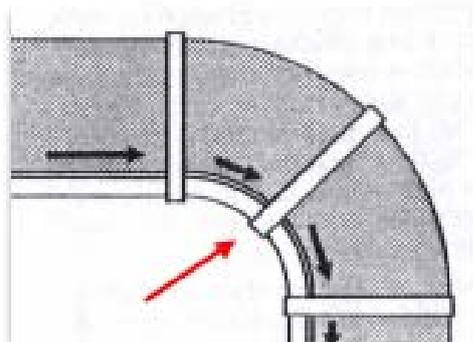


FIGURA 1.19 Representación de la sujeción de líneas Tracers en curvas⁴⁵

1.3.9.3. SELECCIÓN DE LÍNEAS TRACERS

Existen opiniones variadas en el dimensionamiento de las líneas tracers, muchas de ellas se basan en la experiencia, otras son aplicadas por los fabricantes atreves de los cálculos por el método matemático.

En la selección del tamaño y el número de las líneas tracer intervienen la pérdida de calor del fluido de la línea primaria, el diámetro de la tubería principal y la temperatura requerida en el fluido principal

⁴⁴Fuente : <http://www.online-dictionary.biz/english/spanish/meaning/gauge>

⁴⁵Fuente : www.dspace.espol.edu.ec/.../123456789/14709/.../CAPITULO%20II...

Las medidas más comunes utilizadas en tracers son de 3/8", 1/2", 3/4" o 1" e inclusive tuberías de mayor tamaño. Otra corriente se basa en que debido a que las líneas tracers tienen sólo un mínimo contacto con la línea de producto, éstas aportarán con una mejor distribución de calor si todas son de 1/2" de diámetro (**VER TABLA 1.6**).

El método más usado para la selección de tamaño de las líneas tracer es por medio de las tablas, ya que es una recopilación de los resultados obtenidos por los cálculos y modelos matemáticos.⁴⁶

A continuación se detalla la tabla 1.6 para la selección de las líneas tracer:

Número de Tracers de 1/2" (15 mm) usadas con líneas de producto de diferentes tamaños			
C a t e g o r í a	Tipo A	Tipo B	Tipo C
	No Critico		Critico
	Para transportar fluido con temperaturas bajo 75°F-24°C	Para transportar fluido con temperaturas entre (75-150)°F - (24-66)°C	Para transportar fluido con temperaturas entre (150-300)°F - (66-149)°C
Línea de Producto	# de Tracers de 1/2"	# de Tracers de 1/2"	# de Tracers de 1/2"
1"	1	1	1
1-1/2'	1	1	2
2'	1	1	2
3'	1	1	3
4'	1	2	3
6'	2	2	3
8'	2	2	3
10'-12'	2	3	6
14'-16'	2	3	8
18'-20'	2	3	10

TABLA 1.6 Selección de líneas tracers en función con la temperatura del fluido a transportar.⁴⁷

⁴⁶Fuente : Design of fluid systems –HOOK-UPS.(Spiraxsarco) ,pág : 12

⁴⁷Fuente: www.dspace.espol.edu.ec/.../123456789/14709/.../CAPITULO%20II...

1.3.9.4. APLICACIONES DE LAS LINEAS TRACER

El tipo de instalación es suficiente para muchos de los calentamientos de fuel oil ya que además reúne los requerimientos de aquellas líneas que transportan ácidos, fenol, agua y muchos otros químicos. La presión del vapor es importante y debe ser escogida de acuerdo a la temperatura del producto requerida para líneas tracers **no críticas (Tipos A y B)**, la presión de vapor ideal recomendada debería ser de 50 Psig, (Ver *TABLA 1.6*). Para el **tipo C** se requiere una presión de vapor más alta, una excesiva presión de vapor causa mucho desgaste y sólo debería usarse donde es esencial una alta temperatura del producto.

1.3.10. VALVULAS

Una válvula se puede definir como un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza móvil que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

Las válvulas son unos 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 una fracción de pulgada hasta 30 ft (9 m) o más de diámetro. Pueden trabajar con presiones que van desde el vacío hasta más de 20000 lb/in² (140 Mpa) y temperaturas desde las criogénicas hasta 1500 °F (815 °C). En algunas instalaciones se requiere un sellado absoluto; en otras, las fugas o escurrimientos no tienen importancia.

1.3.10.1. VALVULAS RECOMENDADAS EN SISTEMAS DE VAPOR

Debido a su principio de funcionamiento en sistemas de vapor es recomendable trabajar esencialmente con 2 tipos de válvulas, de acuerdo a las necesidades en la industria las aplicaciones son innumerables, sin embargo acotamos éstas debido a que los fabricantes recomiendan las aplicaciones para el mejor aprovechamiento del sistema de vapor. Estas son:

1.3.10.2. VALVULA ESFERICA 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.⁴⁸

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*. Esta no es adecuada para su uso en una posición de apertura parcial para ningún propósito, tal como el control de caudal.

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 1.20**).

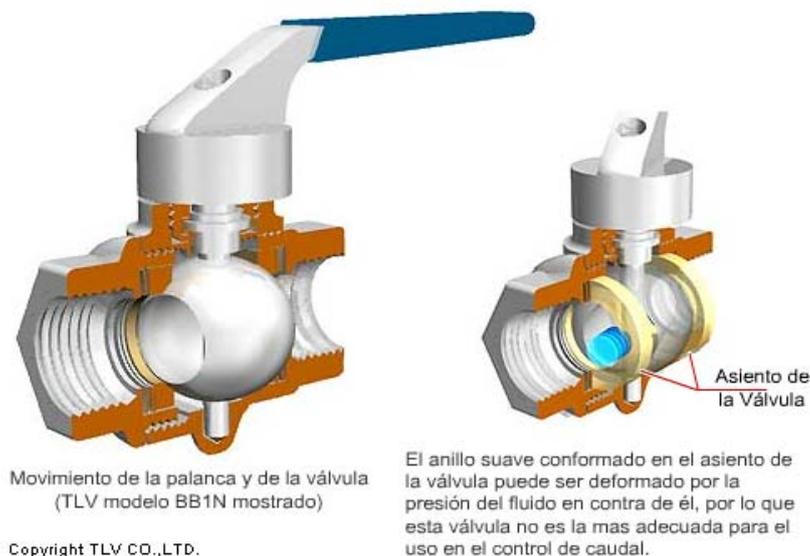


FIGURA 1.20 Válvula de bola para el control de caudal⁴⁹

⁴⁸Fuente : <http://www.tlv.com/global/LA/types-of-valves.html>

⁴⁹Fuente : <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/types-of-valves.html>

Si el elemento de cierre 'rota' en la vía de circulación para detener el flujo, es llamada válvula de bola.⁵⁰

Las válvulas de bola son de $\frac{1}{4}$ de vuelta, por lo que acotamos que en nuestra industria local en ocasiones son mal llamadas “válvulas de $\frac{1}{2}$ ” vuelta”, y su principio de funcionamiento se basa en una bola taladrada que gira entre asientos elásticos, lo cual permite la circulación directa en la posición abierta y corta el paso cuando se gira la bola 90° y cierra el conducto (**FIGURA 1.21**).

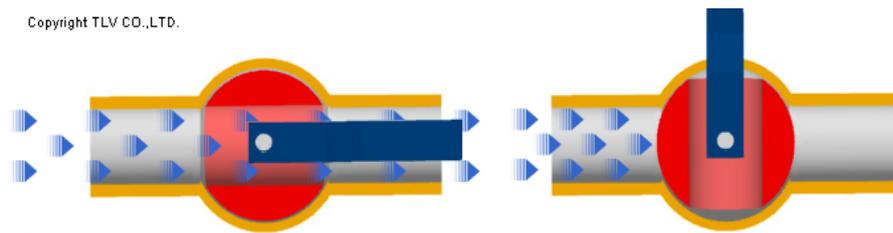


FIGURA 1.21 *Válvula normalmente abierta* *Válvula normalmente cerrada*⁵¹

1.3.10.2.1. APLICACIONES, VENTAJAS Y DESVENTAJAS

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).

⁵⁰Fuente : <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/types-of-valves.-steam.html>

⁵¹Fuente : <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/types-of-valves.html>

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.⁵²

1.3.10.2.2. CONDICIONES DE OPERACIÓN

Las condiciones de operación de la válvula de bola, varían según el fabricante y su aplicación. (Ver FIGURA 1.22). Para una mejor visualización de la gráfica completa de condiciones de la válvula de bola M10V (VER ANEXO 1.5)

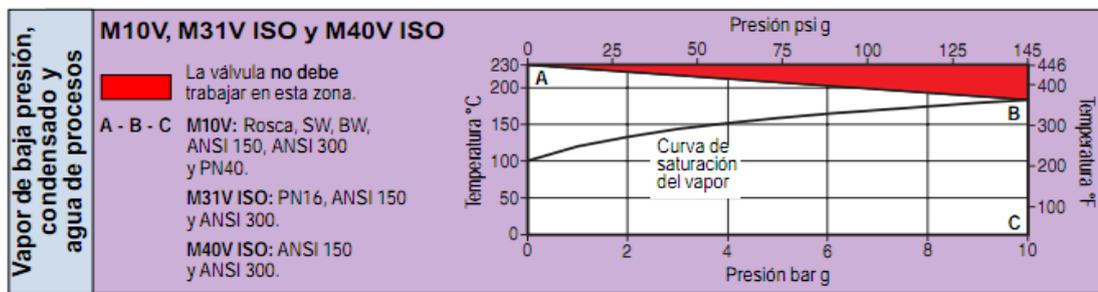


FIGURA 1.22 Ejemplo de gráfica de condiciones de operación para una válvula de bola M10V_Spirax Sarco.⁵³

1.3.10.3. VALVULA 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 (Ver FIGURA 1.23). 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

⁵² Fuente : <http://es.wikipedia.org/wiki/Cavitaci%C3%B3n>

⁵³ Fuente: <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/types-of-valves.html>

fluido. En particular, el principal tipo de válvula de globo utilizada para control de caudal es la válvula de aguja.

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.⁵⁴

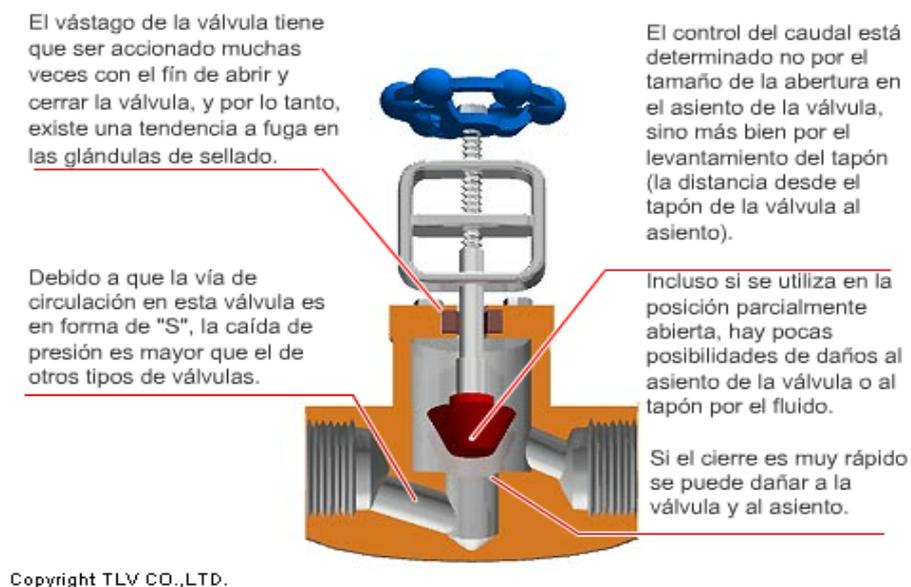


FIGURA 1.23 Válvula de globo parcialmente abierta⁵⁵

Si el elemento de cierre actúa como un 'sello o tapón' en la vía de circulación para detener el flujo, toma el nombre de válvula de globo. (Ver FIGURA 1.24)

⁵⁴ Fuente :<http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/types-of-valves-Mv10.html>

⁵⁵ Fuente : www.tlv.com/global/LA/steam-theory/pressure-reducing-valves-for-steam.html#

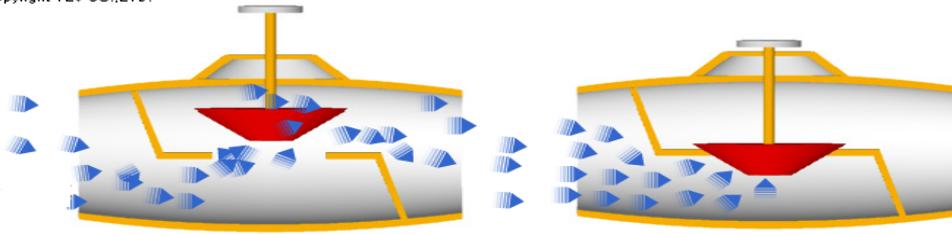


FIGURA 1.24 *Válvula de globo normalmente abierta*
*cerrada*⁵⁶

Válvula de globo normalmente

1.3.10.3.1. APLICACIONES, VENTAJAS Y DESVENTAJAS

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.

1.3.10.3.2. CONDICIONES DE OPERACIÓN

Las condiciones de operación de la válvula de globo, según el fabricante son (*Ver FIGURA 1.25*). Para una mejor visualización de la gráfica completa de condiciones de la válvula de globo (*VER ANEXO 1.6*)

⁵⁶ Fuente: <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/check-valve-installation-and-benefits.html>

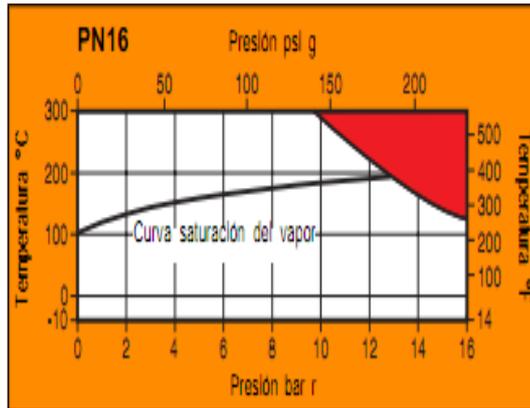


FIGURA 1.25 *Grafica de condiciones de operación para una válvula de globo_SpiraxSarco.*⁵⁷

1.3.11. VALVULAS DE COMPUERTA

Si el elemento de cierre de la válvula es 'insertado' en la vía de circulación para detener el flujo y este puede ser normalmente abierto o normalmente cerrado (*Ver FIGURA 1.26*), se usa la válvula de compuerta.

Copyright TLV CO., LTD.

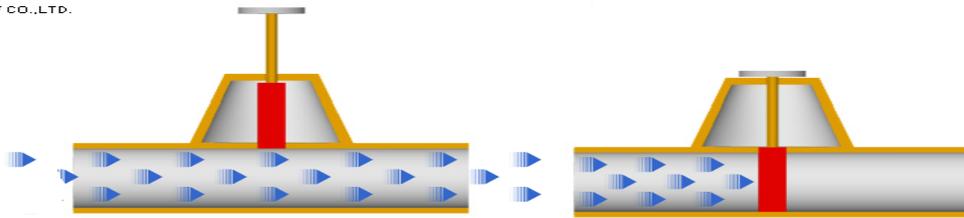


FIGURA 1.26 *Válvula normalmente abierta*

*Válvula normalmente cerrada*⁵⁸

1.3.11.1. APLICACIONES, VENTAJAS Y DESVENTAJAS

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

- Servicio con apertura total o cierre total, sin estrangulación.
- Para uso poco frecuente.
- Para resistencia mínima a la circulación.
- Para mínimas cantidades de fluido o líquido atrapado en la tubería.
- Servicio general, aceites y petróleo, gas, aire, pastas semilíquidas, líquidos espesos, vapor, gases y líquidos no condensables, líquidos corrosivos.

⁵⁷www.tlv.com/global/LA/steam-theory/pressure-reducing-valves-for-steam.html#

⁵⁸Fuente : <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/types-of-valves.html>

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

- Alta capacidad.
- Cierre hermético.
- Bajo costo.
- Diseño y funcionamiento sencillos.
- Poca resistencia a la circulación.

Sin embargo tiene algunas características que son una desventaja para el sistema, las desventajas más notables son:

- Control deficiente de la circulación.
- Se requiere mucha fuerza para accionarla.
- Produce cavitación con baja caída de presión.
- Debe estar cubierta o cerrada por completo.
- La posición para estrangulación producirá erosión del asiento y del disco.

1.3.12. CORROSION Y EROSION EN LAS VALVULAS

No existe actualmente ningún material que resista la corrosión de todos los fluidos, por lo cual en muchos casos es necesario utilizar materiales combinados cuya selección dependerá del medio específico donde deban trabajar. Cuando el material es caro o no adecuado, pueden utilizarse materiales de revestimiento, tales como plásticos, elastómeros, vidrio, plomo y tantalio.

La erosión se produce cuando partículas en el seno del fluido chocan contra la superficie del material de la válvula. La posible presencia del fenómeno de erosión obliga a seleccionar el tipo y material del cuerpo y del obturador a fin de resistirla, en particular en condiciones extremas de presión diferencial y de temperatura.

1.4. GOLPE DE ARIETE (CHOQUE TERMICO)

Cuando el vapor se encuentra con condensado que ha sido enfriado a una temperatura menor que la del vapor, se produce otro tipo de golpe de ariete que se lo conoce como “CHOQUE TERMICO”. Al mismo tiempo el condensado ocupa espacio dentro del intercambiador lo cual reduce el tamaño físico y la capacidad de la

unidad que además estará aislada para la eficiencia del vapor con una película de aire y gases no condensables que se encuentran presentes en la tubería y forman el sarro en las paredes.(Ver **FIGURA 1.27**)

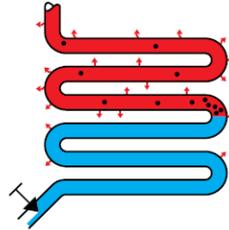


FIGURA 1.27 Un serpentín medio lleno de condensado no puede trabajar a su máxima capacidad.⁵⁹

1.4.1. GOLPE DE ARIETE EN LA DISTRIBUCIÓN DE VAPOR

El golpe de ariete en líneas de distribución ocurre usualmente cuando se suministra el vapor por primera vez. El método previamente mencionado que consiste en la operación lenta de válvulas podría ayudar si el golpe de ariete es ocasionado por condensado a alta velocidad chocando contra las paredes de la tuberías, etc., pero esto no será efectivo si el golpe de ariete lo ocasiona la condensación repentina del vapor.

Ya que el condensado se relaciona con cualquier tipo de golpe de ariete, removerlo apropiadamente conducirá a una solución más efectiva. Las trampas de vapor deberán instalarse correctamente para que el condensado dentro de las líneas de distribución sea removido de manera rápida y completa para que de este modo el condensado se recolecte a través de un sistema de tuberías, para posteriormente ser tratado y reutilizado.

Si el golpe de ariete se sigue presentando aun cuando se presta la atención adecuada al número y ubicación de las trampas de vapor instaladas, es más probable que el problema se deba a una incorrecta inclinación de la tubería.

Si la inclinación de la tubería no es correcta (Ver **FIGURA 1.28**), el condensado no podrá fluir hacia las trampas como estaba previsto, lo que podría llevar a altos niveles de condensado en ubicaciones no esperadas.

⁵⁹ Fuente: <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/heating-with-steam.html>

En líneas de distribución, incluso una ligera elevación en la tubería puede resultar en golpe de ariete. Cuando se instala la tubería usando una línea de techo o del suelo como referencia, asegúrese de revisar dos veces la pendiente de la tubería⁶⁰.

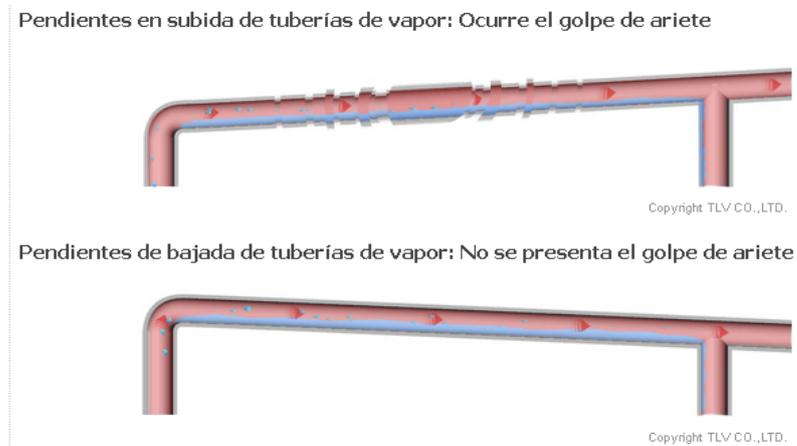


FIGURA 1.28 Pendientes consecuentes y recomendadas para evitar el golpe de ariete en las tuberías de distribución de vapor.⁶¹

Dentro de otras posibles causas del golpe de ariete podría deberse a la acumulación de condensado en la terminación de las líneas. Esto es solo una porción de las razones del por qué ocurre el golpe de ariete. (Ver FIGURA 1.29). De acuerdo para eliminar el problema de raíz, se deberá realizar un estudio de la tubería para determinar las causas y el plan de contramedidas exactas.

División de los Métodos de Tubería que Previenen y Ocasianan el Golpe de Ariete

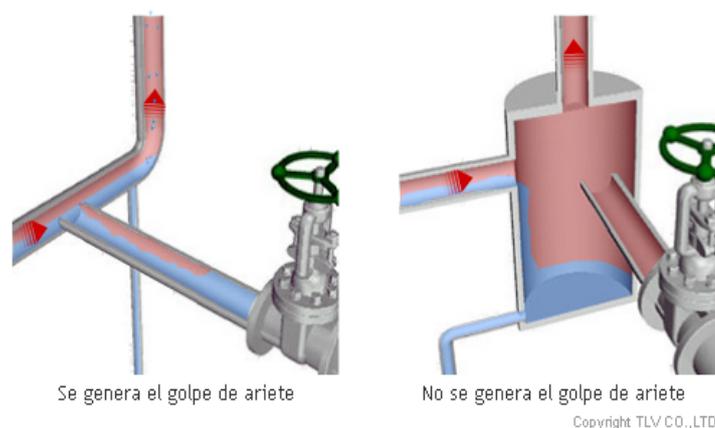


FIGURA 1.29 Excesiva acumulación de condensado en la salida de las tuberías.

⁶⁰Fuente: <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/waterhammer-steam-distribution-lines.html>

⁶¹ Fuente: <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/heating-with-steam.html>

1.4.2. GOLPE DE ARIETE EN TUBERÍA DE RECUPERACIÓN DE CONDENSADO

El golpe de ariete en la tubería de recuperación de condensado normalmente es ocasionado debido a la interacción del condensado de baja temperatura y el vapor de alta temperatura. Generalmente este se forma de la presencia dual del condensado y el vapor flash en la tubería.

Este tipo de golpe de ariete ocurre en las uniones en donde las líneas de recuperación de condensado con diferenciales de presión grandes se unen, o en puntos cercanos en donde las líneas de recuperación se unen a un tanque de flasheo (Ver **FIGURA 1.30**). En estas uniones el vapor de alta presión fluye dentro de las líneas de recuperación de baja presión y se genera el golpe de ariete.

El condensado no puede ser removido para resolver este tipo de golpe de ariete porque la función de la tubería es la de transportar condensado. No existen contramedidas directas en contra del golpe de ariete en este tipo de tubería, solo remedios para reducir sus efectos.

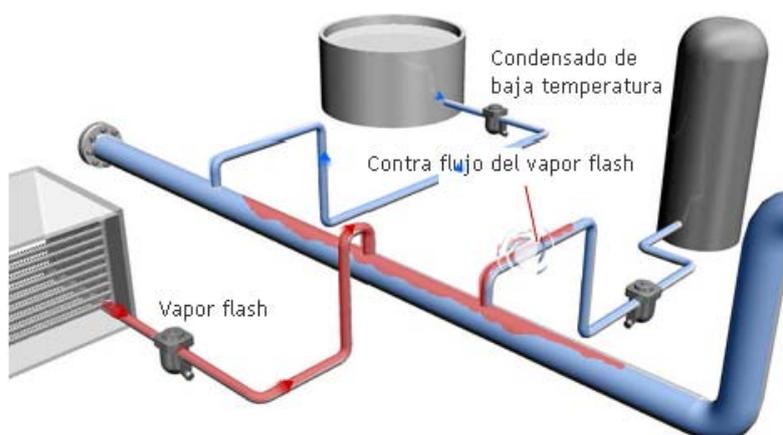


FIGURA 1.30 Golpe de ariete en una tubería de condensado debido al contraflujo del vapor flash.⁶²

El golpe de ariete en la tubería de recuperación de condensado ocurre de muchas maneras, las cuales son causadas fundamentalmente por la condensación repentina del vapor. Las dos formas más comunes son:

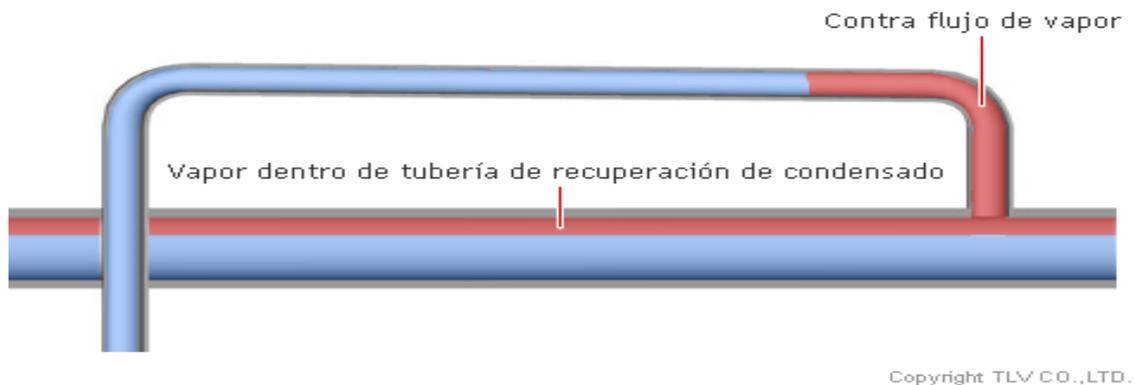
⁶² Fuente: <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/waterhammer-condensate-transport-piping.html>

1.4.2.1. GOLPETEO

Cuando se unen dos líneas de recuperación, vapor flash de alta temperatura puede entrar en contacto con el condensado de baja temperatura. Si no se tienen grandes bolsas de vapor, el vapor se condensará rápidamente y generará a una pequeña escala, impactos cíclicos a gran velocidad conocidos como golpeteo. El nombre se deriva del ruido producido como cuando un motor se ahoga.

1.4.2.2. CONTRA FLUJO DE VAPOR

El golpe de ariete del contra flujo es ocasionado por un flujo pulsante de condensado de baja temperatura en la tubería de recuperación, y es observado generalmente en fábricas (Ver *FIGURA 1.31*).



*FIGURA 1.31 Golpe de ariete ocasionado por el contra flujo de vapor de las líneas de recuperación de condensado.*⁶³

Una contramedida en contra de esto es la instalación de una válvula check para prevenir el contra flujo de vapor. Sin embargo, la efectividad de esta contramedida se reduce si la locación o el tipo de válvula check son incorrectos

1.5. RETORNO DE CONDENSADO DE VAPOR DE AGUA

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. Este debe ser removido lo más pronto posible y regresado al tanque de

⁶³ Fuente: <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/heating-with-steam.html#>

alimentación de la caldera porque su temperatura es muy útil para consumir menos combustible en volverlo a evaporar.

Las tuberías que transportan el condensado reciben el nombre de tuberías de recuperación o líneas 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. El diseño de una tubería de recuperación de condensado requiere de más especialización.

La tubería de recuperación de condensado debe ser diseñada para un flujo de doble fase (Ver **FIGURA 1.32**). En este caso un flujo de doble fase se refiere en que fluye vapor conjuntamente con un líquido, es decir condensado. Por favor note que esto no quiere decir que el vapor y el condensado están fluyendo en dos capas separadas dentro de la tubería.⁶⁴

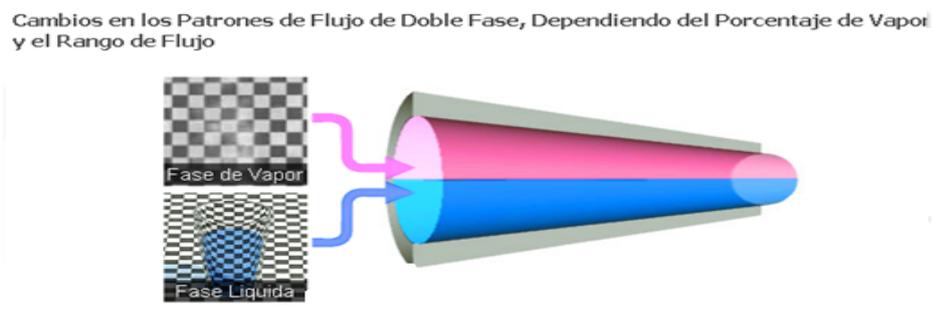


FIGURA 1.32 Grafica de los patrones de flujo de doble fase, dependiendo el porcentaje de vapor y el rango de flujo para una tubería de retorno de condensado.⁶⁵

1.5.1. TRANSFERENCIA DE CALOR DESDE LA CONDENSACIÓN

Cuando ocurre la transferencia de calor desde la condensación, existe un motivo por el cual se produce la generación y entrega de calor y es la transferencia de calor provocada por el proceso de condensación. El calor latente contenido en el vapor se libera en el instante en que el vapor se condensa hacia la fase líquida (Ver **FIGURA 1.33**). La cantidad de calor latente entregado es de 2 - 5 veces mayor que la cantidad de calor sensible contenido en el agua caliente (agua saturada) después de la

⁶⁴Fuente: <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/condensate-recovery-piping.html>

⁶⁵ Fuente: <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/heating-with-steam.html#>

condensación. Este calor latente se libera instantáneamente y se transfiere por medio del intercambiador de calor al producto que se está calentando.



FIGURA 1.33 Gráfica del calor latente que se libera instantáneamente del calor generado hacia un sistema⁶⁶

1.5.2. RETORNO DE CONDENSADO EN CICLO ABIERTO O CERRADO

El condensado que es descargado de las trampas de vapor se puede manejar de dos formas según el requerimiento de la planta.

Ciclo abierto: En el ciclo abierto de retorno de condensado se puede lograr recoger el condensado y enviarlo a un tanque de almacenamiento, para que sea tratado y luego desechado.

Ciclo cerrado: El condensado que es descargado de las trampas de vapor ya sea drenándolo fuera del sistema en el punto en donde deja a la trampa o fluye dentro de otra tubería para ser transportado a otra parte para ser tratado en un torre de enfriamiento y ser reutilizado.

⁶⁶<http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/steam-heat-transfer.html>

1.5.3. DRENADO DEL CONDENSADO⁶⁷

En las especificaciones técnicas se hace referencia que dentro de las tuberías, luego de un periodo de trabajo se puede producir suciedad, sarro, las cuales forman resistencia a la transferencia de calor (*Ver FIGURA 1.34*), el vapor viaja a velocidades de hasta 120 Km/h, entonces al pasar sobre el condensado, tiende a producir olas por arrastre. Si se ha acumulado demasiado condensado, el vapor a alta velocidad lo estará empujando, lo cual produce un tapón de H₂O que va en crecimiento al empujar el líquido delante de él, produciendo el GOLPE DE ARIETE (*Ver FIGURA 1.35*), que puede destruir codos, conexiones, válvulas, serpentines, etc. Así mismo el agua viajando a altas velocidades produce corrosión en las tuberías.

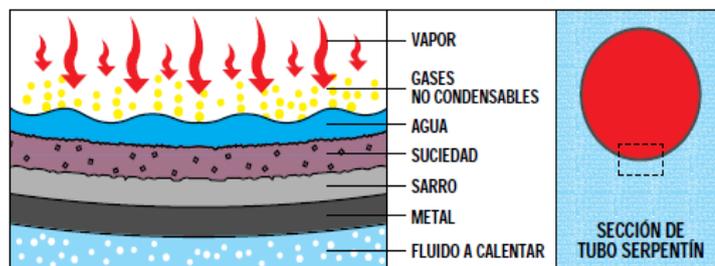


FIGURA 1.34 Posibles reductores de la transferencia de calor el calor y la temperatura del vapor deben superar estas posibles barreras para poder hacer su trabajo.

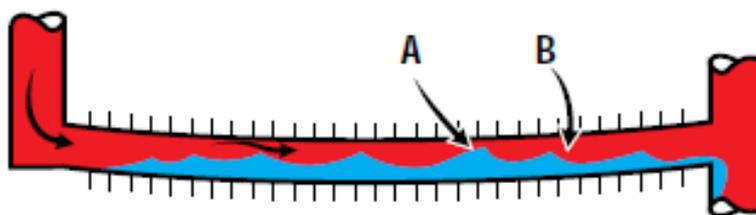


FIGURA 1.35 El condensado que se ha dejado acumular en las tuberías va a formar olas al pasarle vapor por encima de él, hasta que eventualmente puede bloquear el flujo (punto A). El condensado en la el área B produce una diferencia de presión que permite a la presión de vapor empujar el tapón de condensado a lo largo del tubo como un “cilindro golpeador”.

⁶⁷ Fuente: <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/condensate-recovery-piping.html>

1.5.4. PRESENCIA DE AIRE Y CO₂ EN EL SISTEMA

El aire siempre está presente durante el arranque del equipo y en el agua de alimentación a la caldera. Además el agua de alimentación puede tener disueltos ciertos carbonatos que liberan DIOXIDO DE CARBONO. La velocidad a la que fluye el vapor, empuja éstos gases hacia las paredes de los intercambiadores de calor, lo que empeora el drenaje de condensados, dado que éstos gases deben ser removidos del sistema junto con el condensado (*Ver FIGURA 1.36*). Cuando los gases no condensables (principalmente el aire) se continúan acumulando en el sistema, puede producir un bloqueo y por lo tanto reducir en un 50% la eficiencia de transferencia de calor del vapor.

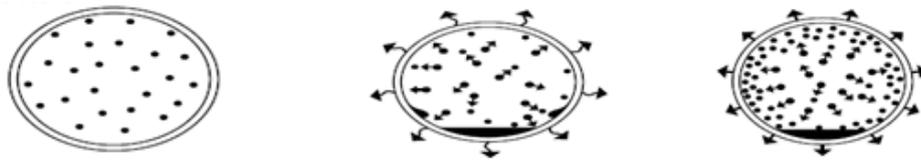


FIGURA 1.36 Cuando el vapor se condensa acarreado desde la caldera. El aire se mueve hacia las superficies de transferencia de calor, donde se consolida en una capa que forma un aislamiento térmico bastante efectivo.⁶⁸

1.5.5. DIMENSIONAMIENTO DE LÍNEAS DE RETORNO DE CONDENSADO

Para dimensionar las líneas de condensado, se menciona los cuatro tipos principales de líneas de condensado (*Ver TABLA 1.7*)

TIPO DE LINEA DE CONDENSADO	LINEA DE CONDENSADO DIMENSIONADA PARA CONDUCIR.
DRENAJE DE LINEAS PARA LA TRAMPA	CONDENSADO
LINEAS DE DESCARGA DESDE LAS TRAMPAS	VAPOR FLASH
LINEA COMUN DE RETORNO DE CONDENSADO	VAPOR FLASH
LINEA DE RETORNO BOMBEADA	CONDENSADO

TABLA 1.7 Dimensionamiento para los cuatro tipos principales de líneas de condensado.⁶⁹

⁶⁸ Fuente : <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/steam-partial-pressure-pt2.html>

De forma general el dimensionamiento de todas las líneas de condensado están en función de:

- **PRESIÓN**

La diferencia de presión entre un extremo del tubo y el otro.

Esto detalla que la diferencia de presión entre la entrada en la trampa de vapor y la salida de la mismas, bien puede promover el flujo o hacer que el flujo de condensado sea intermitente o sea estancado. En base a esto se puede determinar las dos condiciones siguientes:

Cuando se tiene un diferencial de presión positivo, se considera que el sistema de retorno de condensado se realiza de forma normal, es decir el condensado regresara al tanque de forma autónoma hacia el tanque de recolección. (*Ver FIGURA 1.37*)

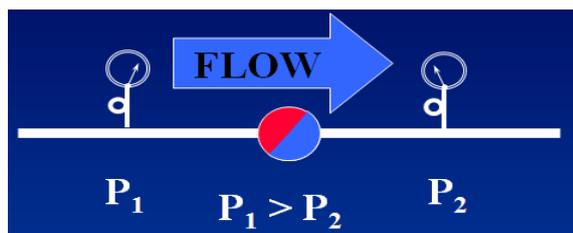


FIGURA 1.37 Diferencial de presión positivo en una línea de flujo de condensado.⁷⁰

De otra manera, cuando se tiene un diferencial de presión negativo, (*FIGURA 1.38*) tenemos que el flujo y columna de condensado no puede ser llevado de manera normal y requiere de ayuda mecánica como es el uso de una bomba de condensados accionada por el mismo vapor saturado.



FIGURA 1.38 Diferencial de presión negativa en una línea de flujo de condensado⁷¹

⁶⁹Fuente:<http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/condensaterecovery/introduction-to-condensate-recovery.asp>

⁷⁰ Fuente: Autores (Santiago Cabrera- David troya)

Una presión diferencial negativa causa que el condensado se acumule en los equipos, volviéndolos inestables en su funcionamiento, provocando corrosión en los sistemas y provocando problemas en el sistema de control en general.

En resumen se puede mencionar lo siguiente (*Ver FIGURA 1.39*)

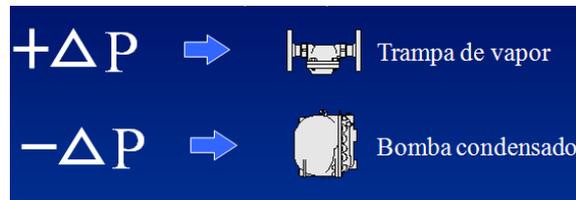


FIGURA 1.39 Aplicaciones para compensar la caída de presión positiva o negativa.⁷²

- **CANTIDAD** - La cantidad de condensado que necesita ser evacuado del sistema.
- **CONDICIÓN** Se trata de determinar el caso en que se está trabajando en cada uno de los equipos, y especificar si el condensado predominante es vapor flash o condensado líquido en la línea.

1.5.5.1. DIMENSIONAMIENTO DE LINEAS DE DRENAJE DE CONDENSADO RESPECTO A LAS TRAMPAS.

No se debe suponer que la línea de drenaje (y la trampa) debe ser del mismo tamaño que la conexión de salida de la planta (tubería principal de retorno de condensado (*VER PLANO 10 – 1411 – 1374 - 05*)).

La planta y sus equipos pueden operar a una serie de presiones y caudales de funcionamiento diferentes, especialmente cuando se controla la temperatura. Sin embargo, una vez que la trampa ha sido correctamente dimensionada, es de forma general el caso de que la línea de drenaje será del mismo tamaño que la conexión de entrada trampa.⁷³ Cuando se realiza el dimensionamiento de la línea de drenaje, es necesario considerar lo siguiente:

- **La tasa de condensación de los equipos de su evacuación en plena carga.**

⁷¹Fuente: Autores (Santiago Cabrera- David Troya)

⁷²Fuente: Autores (Santiago Cabrera- David Troya)

⁷³<http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/condensate-recovery/sizing-condensate-return-lines.asp>

La tasa de condensación de los equipos en la puesta en marcha que puede ser de dos hasta tres veces la carga o consumo de vapor en cada equipo, aquí es donde la diferencia de temperatura entre el vapor y el condensado es máxima. La línea de drenaje, línea de trampas, y la descarga también tiene que llevar el aire que es desplazado por el vapor entrante durante este tiempo.

1.5.5.2. DISEÑO DE LINEAS DE CONDENSADO POR MEDIO DEL METODO DE TAMAÑO CARTA⁷⁴

La tubería de tamaño carta 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 (15mm por cada 100m).
- 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.
- Las velocidades aceptables son de 15 a 20 m / s, según el tamaño de la tubería.
- 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.

Para el dimensionamiento de las tuberías para cada tramo es necesario (*Ver ANEXO 1.7*)

1.5.5.3. DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERIA DE LA LINEA COMUN DE RETORNO DE CONDENSADO.

Una vez dimensionado la tubería para cada uno de los equipos es necesario dimensionar la tubería principal de retorno de condensado, la cual recolecta el condensado de cada uno de los equipos, para el dimensionamiento del diámetro

⁷⁴<http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/condensate-recovery/sizing-condensate-return-lines.asp>

principal se procede por el método de los fabricantes.⁷⁵ Para la visualización de un ejemplo de dimensionamiento de una línea en común de retorno de condensado. (*Ver FIGURA 1.40*)

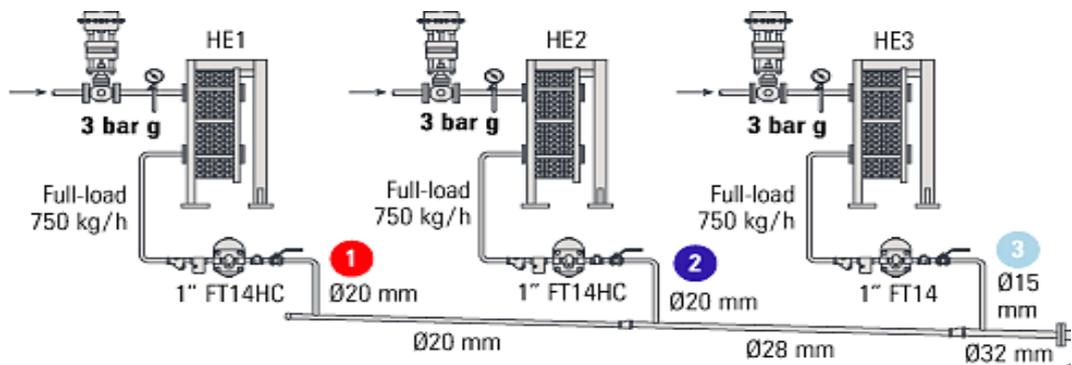


FIGURA 1.40 Figura de como dimensionar la línea común de retorno de condensado.⁷⁶

Para ser dimensionados los tramos 1, 2, 3 es necesario dimensionar los tramos de tuberías por **medio del método de tamaño carta, especificado en el extracto anterior 1.4.5.2** y así después para la tubería principal de retorno de condensado es necesario proceder con la suma de tramos según el uso que tenga la línea en común:

$$\begin{aligned} \text{línea en comun para el tramo de } & \textcircled{1} + \textcircled{2}, & = \sqrt{20^2 + 20^2} = 28 \text{ mm} \\ \text{línea en comun para el tramo de } & (\textcircled{1} + \textcircled{2}) + \textcircled{3} = \sqrt{28^2 + 15^2} = 32 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luego de realizar el dimensionamiento, es necesario ver en el catálogo de tuberías ASTM A-53 para ver cuál es la tubería comercial que hay en el mercado nacional.

1.5.6. POZOS DE GOTEO PARA TRAMOS HORIZONTALES ⁷⁷

No trate nunca de purgar un tramo horizontal mediante la conexión de una tubería de pequeño diámetro en el fondo.

Utilizar siempre un pozo de goteo de tamaño adecuado para permitir la entrada del condensado, que se desplaza con velocidad como indica (*FIGURA 1.41*),

⁷⁵Fuente:<http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/condensate-recovery/sizing-condensate-return-lines.asp>

⁷⁶ Fuente:<http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/condensate recovery/sizing-condensate-return-lines.asp>

⁷⁷ Fuente: Información técnica SpiraxSarco.Pdf (pag 86)

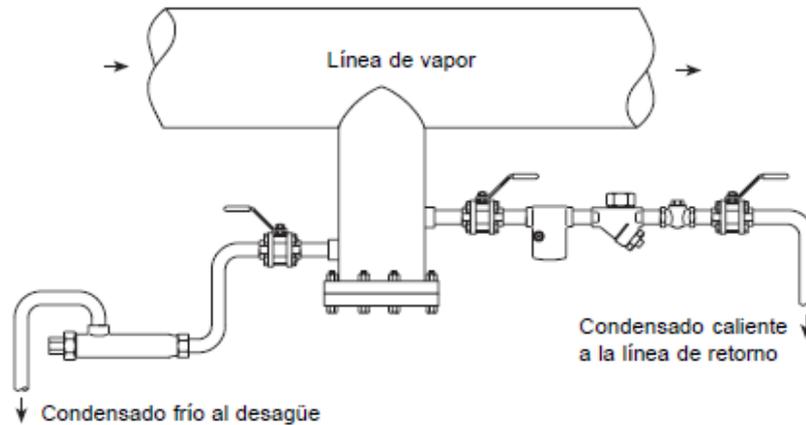


FIGURA 1.41 Instalación de un pozo de goteo para la recuperación de condensado.

Para una correcta instalación de los pozos de goteo para las líneas de vapor es necesario instalarlos cada (50 m), y poder así recolectar el condensado de una manera adecuada como recomendaciones de los fabricantes (**TABLA 1.8**).

Diámetro de la línea - D	Diámetro del pozo - d_1	Profundidad del pozo - d_2
Hasta 100 mm	$d_1 - D$	Mínimo $d_2 - 100$ mm
125 - 200 mm	$d_1 - 100$ mm	Mínimo $d_2 - 150$ mm
250 mm y superior	$d_1 - D / 2$	Mínimo $d_2 - D$

TABLA 1.8 Medidas recomendadas para los pozos de goteo para líneas de vapor.

1.5.7. LA CORROSION

Dos causas principales para la formación de sarro y para la corrosión son:

- el dióxido de carbono(CO_2)
- el oxígeno.

El CO_2 entra al sistema en los carbonatos que están disueltos en el agua de alimentación, y cuando ésta se mezcla con el condensado enfriado, se forma ácido

carbónico. Este es extremadamente corrosivo y puede comerse las tuberías y los intercambiadores de calor (*Ver FIGURA 1.42*).

El oxígeno entra al sistema como un gas disuelto en el agua de alimentación y hace más grave aún el efecto del ácido carbónico, incrementando la corrosión y superficies de hierro y acero.

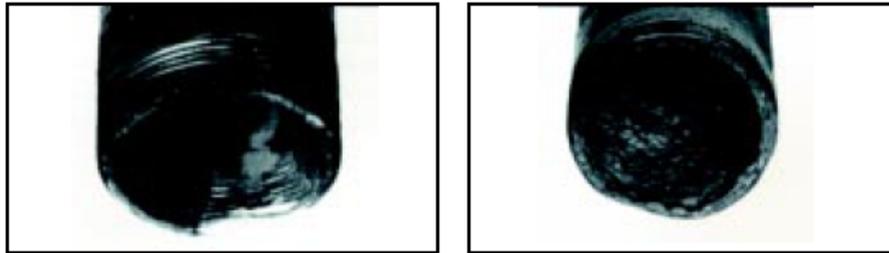


FIGURA 1.42 Tuboscorroidos y con formacion de sarro⁷⁸

1.6. TRAMPAS DE VAPOR

Una trampa para vapor es un dispositivo que permite eliminar: condensado, aire y otros gases no condensables, además de prevenir pérdidas de vapor.

- **Eliminación de condensado:** El condensado debe pasar siempre, rápido y completamente a través de la trampa para vapor para obtener un mejor aprovechamiento de la energía térmica del vapor.
- **Eliminación de aire y otros gases no condensables:** El aire y los gases disminuyen el coeficiente de transferencia de calor. Además, se debe tener presente que el O₂ y el CO₂ causa corrosión.
- **Prevención de pérdidas de vapor:** No deben permitir el paso de vapor sino hasta que éste ceda la mayor parte de energía que contiene, también las pérdidas de vapor deben ser mínimas mientras la trampa libera vapor condensado, aire y gases no condensables.

Tan pronto como el vapor deja la caldera empieza a ceder parte de su energía a cualquier superficie de menor temperatura. Al hacer esto, parte del vapor se condensa convirtiéndose en agua, prácticamente a la misma temperatura.

⁷⁸Fuente: <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/steam-heat-transfer.html>

La combinación de agua y vapor hace que el flujo de calor sea menor ya que el coeficiente de transferencia de calor del agua es menor que el del vapor.

De estos se determina la importancia de las trampas de vapor para una empresa que utiliza algún equipo calentado con vapor. Las ventajas de utilizar trampas son muchas, nombrando unas de las más comunes la de economizar grandes cantidades del combustible requerido para calentar las inmensas cantidades de agua lo que conlleva a un ahorro en los costos no despreciable. Teniendo en cuenta la energía que puede entregar al trabajar con vapor es que en el mercado existen varios tipos de trampas de vapor, las cuales se dividen por grupos, que veremos a continuación.

1.6.1. FUNCIONAMIENTO DE UNA TRAMPA DE VAPOR

El trabajo de una trampa de vapor es el de sacar el condensado, aire CO₂ y gases no condensables tan pronto como se empiezan a acumular, así mismo por razones de economía éstas deben hacer su trabajo por largos períodos de operación y con un mínimo de mantenimiento, por ésta razón una trampa de vapor debe también ofrecer:

- a).- **Pérdida mínima de vapor:** Ciclado y sellado exacto.
- b).- **Larga vida y servicio seguro:** Relacionada con el desgaste de sus partes.
- c).- **Resistencia a la corrosión:** Materiales de fabricación.
- d). **Venteo de aire y CO₂:** Estos deben ser drenados a la temperatura igual o menor que la del vapor.
- e).- **Funcionamiento con contrapresión:** Debe vencer las presiones iguales a la de descarga en un sistema cerrado.
- f).- **Libre de problemas por suciedad.-** Como se instalan en niveles inferiores a los de los sistemas, se acumula suciedad. Por tanto éstas deben trabajar con ello y tener filtros incorporados.

1.6.2. BENEFICIOS DE UNA TRAMPA DE VAPOR

- 1).- Calentamiento rápido de las unidades de transferencia de calor.
- 2).- Temperaturas máximas en las unidades para una mejor transferencia de calor.
- 3).- Funcionamiento a máxima capacidad de los equipos.
- 4).- Máximo ahorro energético.
- 5).- Reducción de la mano de obra por unidad.
- 6).- Una larga vida sin problemas y un mínimo de mantenimiento.

1.6.3. PARÁMETROS PARA LA SELECCIÓN DE LA TRAMPA

- 1.- Carga de condensado (kg/h)
- 2.- Presión nominal de vapor
- 3.- Diferencial de presión (P2 - P1) (antes y después de la trampa)
- 4.- Tipo de conexión (Roscada, soldada, bridada)
- 5.- Material.

Se recomienda que los colectores de condensado de la línea de vapor tengan un Diámetro que no sea inferior a 1/3 del diámetro de la línea. Algunas especificaciones son necesarias hacerlas por medio de (*Ver TABLA 1.9*) se puede visualizar un extracto.

Para una selección rápida de las trampas de vapor según las condiciones del proceso se puede verificar en (*VER ANEXO 1.8*).

A - Mejor elección, B - Alternativa aceptable. 1 (eliminador de aire en paralelo), 2 (tub. enfriamiento de 1 m), 5 (cápsula 'prox. a vapor'), 6 (disco elimin. aire)

	Boya cerrada Termostático	Boya cerrada FT-C	Termodinámico	Presión equilibrada	Bimetálico	Expansión liquida	Cubeta invertida
Tanques de almacenamiento	A						B1
Intercambiadores de línea	A						B1
Intercambiadores flujo saliente	A						B1
Líneas de acompañamiento			B	A	B2 (solo no crítico)		B
Tuberías encamisadas			B1,6	A5			B1

*TABLA 1.9 Selección adecuada del tipo de trampas de vapor según parámetros de diseño.*⁷⁹

⁷⁹Fuente: Información técnica SpiraxSarco.Pdf (pag 50)

1.6.4. CLASIFICACION

Luego de tener clara la definición y función de trampa de vapor, se determina los diferentes grupos que existen en el mercado:

- Grupo mecánico.
- Grupo termodinámico.
- Grupo termostático.

1.6.4.1. GRUPO MECANICO

Las trampas de vapor del tipo mecánico trabajan con la diferencia de densidad entre el vapor y el condensado. Estas trampas trabajan mediante un flotador, el cual hace de válvula, en la que, cuando se acumula condensado ésta se abre descargándolo.

Cuando está cerrada, comienza nuevamente el ciclo llenándose de vapor para luego comenzar nuevamente. Entre las trampas de este tipo tenemos:

- Trampa de flotador y palanca.
- Trampa de flotador libre.
- Trampas de balde.

1.6.4.2. TRAMPA DE FLOTADOR Y PALANCA

La trampa de flotador y palanca y la válvula principal controladora del flujo de condensado es conectada mediante una palanca al flotador, el cual ascenderá o descenderá en el condensado presente de la trampa para vapor.

Cuando la trampa es conectada al equipo de vapor y el vapor empieza a fluir, el aire es empujado a la parte superior de la trampa. El flotador está en su posición más baja manteniendo la válvula cerrada. Sin embargo, el elemento termostático está frío permitiendo pasar a través del orificio el aire.

Luego el condensado frío sigue al aire en el cuerpo de la trampa. Como el condensado se incrementa elevando al mismo tiempo el flotador y por consiguiente abriendo la válvula para así desalojar el mismo.

Este es un tipo muy parecido al mencionado anteriormente, donde entra el vapor al cuerpo de la trampa y al comenzar a condensar hace subir una esfera flotante; la

diferencia con el anterior es que ahora la esfera está conectada a una palanca, la que a su vez está conectada con la válvula de salida o drenaje.

Así, cuando el nivel del condensado empieza a subir también lo hace la válvula de salida, la que gradualmente descargará el condensado. Al igual que la trampa de flotador libre ésta mantiene una descarga continua del condensado. Una vez terminada la descarga, el flotador baja y nuevamente se acomoda sobre un asiento, impidiendo así el escape del vapor.

Uno de los inconvenientes de la trampa de flotador y palanca, al igual que la trampa de flotador libre es que en ambas el aire que se mantiene dentro de la trampa no puede salir por la válvula de drenaje, por esto a veces se instala una válvula de escape del aire y gases no condensables en la parte superior de la trampa.

Entre algunas ventajas de este tipo de trampa tenemos que él drenado puede ir del mínimo al máximo de condensado con igual eficiencia sin verse afectado por los grandes cambios de presión.

Existe una variedad de ésta trampa, en vez de llevar una válvula manual que descargue el aire y gas no condensable posee una válvula automática (eliminador termostático de aire), la cual posee un elemento termostático que se dilata o contrae según la temperatura del fluido; se dilata y cierra el orificio de salida cuando el vapor llega, y se contrae y abre una vez que se ha producido el condensado.

Luego cuando tenga aire nuevamente, éste se irá a la parte superior y automáticamente se descargará. (Ver FIGURA 1.43).

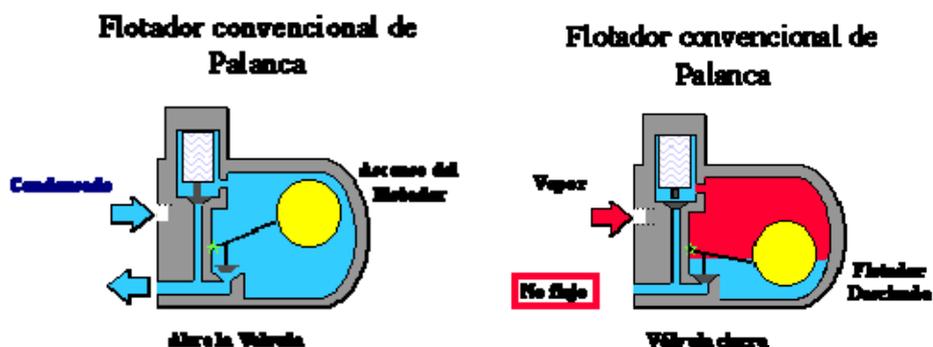


FIGURA 1.43 Funcionamiento Trampa para vapor mecánica de flotador con palanca.⁸⁰

⁸⁰ Fuente: <http://www.tlv.com/global/LA/products/080100.html>

1.6.4.2.1. TRAMPA DE FLOTADOR LIBRE

Este tipo de trampa 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.

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. Luego, el nuevo ciclo hará lo mismo, así que entonces el drenado es continuo. Debido a que estas trampas no poseen partes mecánicas es muy poco probable que falle, lo que nos dice que el mantenimiento es prácticamente cero.

De la **FIGURA 1.44** se puede apreciar que la esfera flotadora es bastante grande en comparación con el orificio de drenaje, lo cual hace que sea difícil tener un buen asiento, esta trampa de vapor posee venteo de aire y gases no condensables termostático.

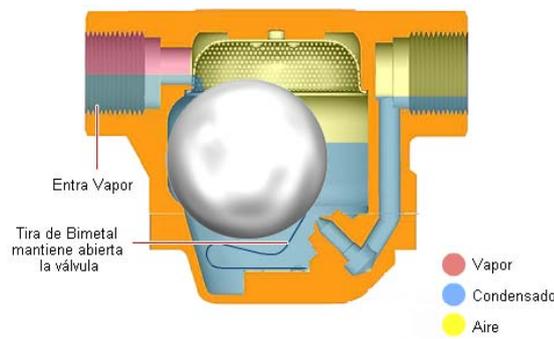


FIGURA 1.44 Operación de una trampa de vapor de flotador libre, venteo de aire.⁸¹

1.6.4.2.2. VENTAJAS DE LAS TRAMPAS DE VAPOR 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.

⁸¹Fuente: http://www.tlv.com/global/LA/news/free-float-steam-traps-for-main-lines.html?utm_source=LV+Engineering+S.A.+DE+C.V.+List&utm_campaign=e22ab92f9c-09_PRV_TLA&utm_medium=email

- 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.

1.6.4.2.3. TRAMPA DE BALDE ABIERTO

Se llama así ya que el tipo de balde está dentro del cuerpo de la trampa, con su parte abierta hacia arriba. Este balde flotará con el condensado cuando permanezca vacío, pero caerá por su peso cuando esté lleno de condensado.

Una vez que entra el flujo de condensado, éste poco a poco irá llenando el espacio bajo el balde, con esto el balde comenzará a subir y la válvula se cerrará. Como aumenta el nivel de condensado éste comenzará a llenar el interior del balde, que debido al peso, tenderá a bajar, abriendo la válvula. Así mismo la presión ejercida por el vapor empujará el condensado por la guía de la varilla de la válvula, descargando el condensado hasta que nuevamente el balde pueda flotar (*Ver FIGURA 1.45*).

Este es un tipo de trampa que no genera mayores problemas de mantenimiento debido a que posee un mecanismo simple pero a causa de que posee un ciclo intermitente de descarga es más probable que sufra los efectos de la corrosión.

Además como no posee un sistema de descarga de aire y gases no condensables, solo podemos hacerlo manualmente o bien con un sistema termostático.

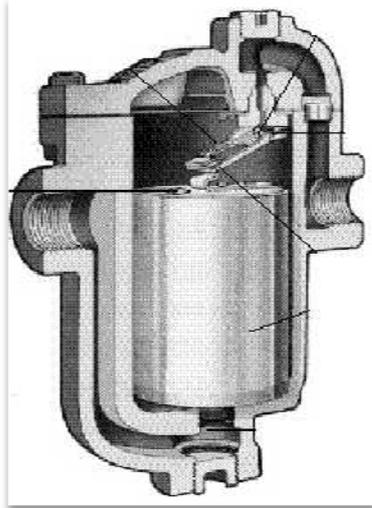


FIGURA 1.45 Trampa de balde invertido⁸²

Estas trampas son pesadas y de gran tamaño en relación con su capacidad de descarga, esto es debido a que por el hecho de trabajar en función de la presión ejercida sobre el agua dependen de la sección que posea el balde.

1.6.4.3. GRUPO TERMODINAMICO

Este tipo de trampas de vapor opera con el principio de diferencia entre flujo de vapor sobre la superficie comparado con el flujo del condensado. Al entrar el vapor este viene con una velocidad mayor y el disco que usan como válvula se cierra, y éste disco se abre al presentarse la baja velocidad del condensado. Su funcionamiento es relativamente simple, ya que en su interior solo poseen una sola pieza en movimiento, un disco flotante.

En el comienzo, la presión del condensado y o aire levanta el disco de su asiento. El flujo es radial debajo del disco, hacia la salida. La descarga prosigue hasta que el condensado se acerca a la temperatura del vapor. Un chorro de vapor flash reduce la presión debajo del disco y al mismo tiempo por re compresión, origina presión en la cámara de control encima del disco, esto empuja a este último contra su asiento, asegurando un cierre perfecto, sin pérdida de vapor.

⁸² Fuente: <http://www.tlv.com/global/LA/products/080100.html>

Luego, al acumularse condensado, se reduce el calor en la cámara de control, conforme se va condensando el vapor bloqueado en la cámara la presión se reduce. El disco es levantado por la presión de entrada y se descarga el condensado (*Ver FIGURA 1.46*). Estas trampas tienen una gran cantidad de descarga en comparación con su tamaño, ya que son ligeras, simples y compactas. Además debido a que la única parte en movimiento es el disco, es posible hacer un mantenimiento fácil.

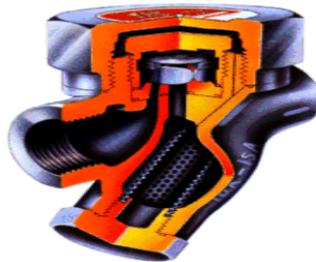


FIGURA 1.46 Trampa de vapor termodinámico⁸³

1.6.4.4. GRUPOS TERMOSTATICOS

Los tipos de trampas de vapor Termostáticos son los que funcionan con cambios de temperatura. La temperatura del vapor saturado está establecida por su presión. En el proceso, donde se produce el intercambio, el vapor, cede su entalpía de evaporación, produciendo condensado a la temperatura del vapor. Cualquier pérdida de calor posterior significa que la temperatura de vapor de este condensado disminuye. Un purgador termostático capta la temperatura y posiciona la válvula con relación al asiento para descargar el condensado.

1.6.4.4.1. TRAMPA DE PRESIÓN BALANCEADA

Este tipo de trampa posee un termostato que en su interior está lleno de una mezcla de alcohol, que siente la temperatura del condensado y el vapor.

Cuando el cuerpo de la trampa está lleno de condensado, la mezcla está a una temperatura baja, en comparación con el vapor, debido a esto el alcohol no ejerce presión dentro del tubo corrugado en el que se encuentra, dejando salir el condensado a través por el canal de salida.

⁸³ Fuente : <http://www.tlv.com/global/LA/products/080100.html>

Una vez que el vapor entra al cuerpo de la trampa es tal la temperatura de éste, que la mezcla de alcohol comienza a hervir, causando un aumento en la presión del interior del elemento. Esta presión es superior a la que se encuentra en el cuerpo de la trampa con lo que se tiene una expansión del elemento termostático, causando el cierre de la válvula.

Una vez que la válvula se ha cerrado, el vapor no puede escapar. Entonces éste vapor nuevamente se condensará y también se enfriará, con lo que también enfriará la mezcla de alcohol en el elemento.

Con esto la presión del elemento disminuirá causando que la válvula se abra, descargando el condensado. Como se ha visto, cuando mayor es la presión ejercida por el vapor, mayor será la presión en el elemento termostático que cause el cierre.

El principio de presión equilibrada es ahora el más ampliamente aceptado para aplicaciones donde el vapor termostático puede utilizar trampas de calor sensible en el condensado y reducir las pérdidas de vapor flash. (*Ver FIGURA 1.47*)

A diferencia de otros tipos de trampas de vapor termostática, que no se ven afectadas por la contrapresión, asegurando a la planta la eficiencia en todas las condiciones del sistema operativo.

El diseño modular de los componentes internos ofrece una solución rápida y fácil de la trampa de mantenimiento. Con más de seis millones de cápsulas de acero inoxidable instalado actual y en uso en todo el mundo, la versatilidad de la trampa de presión equilibrada está bien demostrada en una amplia gama de aplicaciones

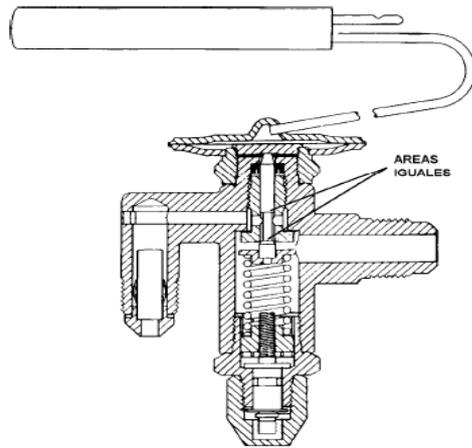


FIGURA 1.47 Fuerzas balanceadas en una válvula de puerto balanceado⁸⁴

Las trampas termostáticas de presión balanceada son de pequeño tamaño, con una gran capacidad de descarga. Además, para variaciones de presión se ajusta automáticamente dentro del rango de trabajo para el que se halla elegido.

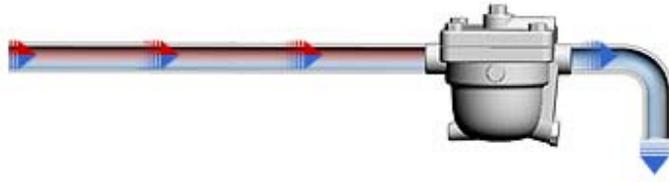
En la mayoría de este tipo de trampas no se puede trabajar con vapor sobrecalentado debido a que el exceso en la temperatura en el interior del elemento origina una presión tan alta que no puede ser balanceada por la presión a su alrededor.

1.6.5. CONTRAPRESIÓN EN TRAMPAS DE VAPOR

En lo que respecta a una trampa o a una válvula, 'contrapresión' es la presión justo después de la trampa o válvula. En otras palabras, 'contrapresión' es la presión de salida o secundaria de la trampa o de la válvula. La diferencia entre la presión de entrada (primaria) de la trampa y la 'contrapresión' es la 'presión diferencial' de operación.

Si el condensado se descarga a la atmósfera justo después de la trampa, no se genera contrapresión.(Ver FIGURA 1.48)

⁸⁴ Fuente: <http://www.tlv.com/global/LA/products/080303.html>



Copyright TLV CO., LTD.

FIGURA 1.48 Tubería de condensado en la cual la contrapresión es =0⁸⁵

Pero, incluso cuando el condensado se descarga a la atmósfera, si el flujo de condensado pasa a través de una serie de cambios de trayectoria de la tubería, este encuentra resistencia que afecta el flujo y se genera contrapresión (*Ver FIGURA 1.49*)



FIGURA 1.49 Tubería de condensado con cambio de trayectos, forma la contrapresión.⁸⁶

Para los tramos de recolección de condensado donde hay una tubería principal de recolección a una altura considerable, es necesario tener en cuenta la contrapresión que se produce cuando la columna de agua supera una altura de 1m ya que será necesario vencer la contrapresión de 0.01Mpa para que el condensado logre llegar a la tubería de recolección sin ningún problema, y sin necesidad de usar una bomba de condensado. (*Ver FIGURA 1.50*)

⁸⁵ Fuente: <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/trap-back-pressure.piping.html>

⁸⁶ Fuente: <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/trap-back-pressure.html>

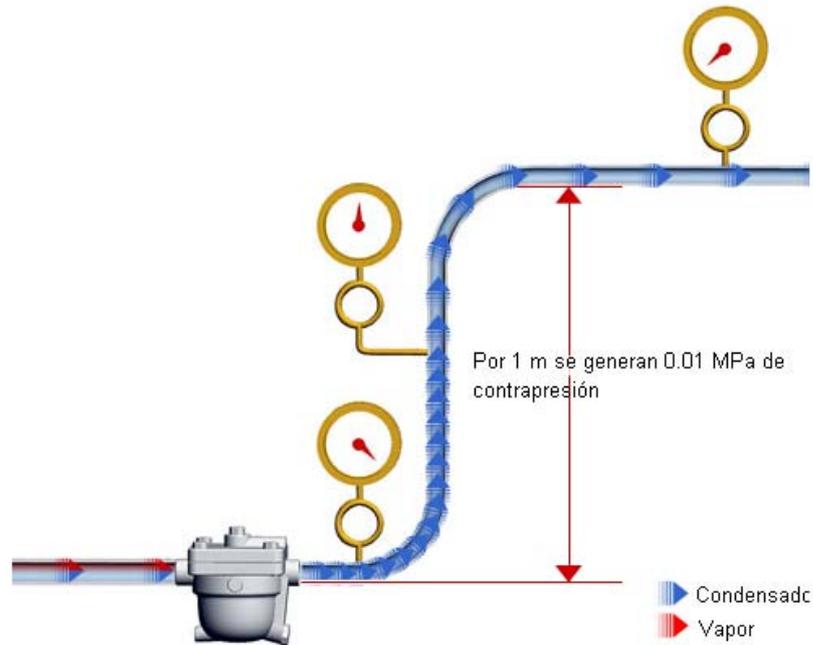


FIGURA 1.50 *Contrapresión que se produce en una columna de condensado.*⁸⁷

1.6.5.1. CONTRAPRESIÓN Y LA CAPACIDAD DE DESCARGA DE LA TRAMPA

Si la presión a la entrada (primaria) se mantiene estable, así como la contrapresión se incrementa la presión diferencial de la trampa disminuye. En la misma trampa, cuando la presión diferencial para la operación de la trampa se incrementa, la capacidad de descarga de la trampa también se incrementa.

1.6.5.1.1. CONTRAPRESIÓN PERMITIDA EN LA TRAMPA

El tema de la contrapresión es mucho más complicado que solo limitarse a su relación con la capacidad de descarga de condensado. Existe también la cuestión de la contrapresión permitida en la trampa.

La contrapresión permitida es la máxima contrapresión que se permite con el fin de que la trampa sea capaz de operar con normalidad y se expresa como un porcentaje de la presión a la entrada (primaria) de la trampa. Generalmente, así como la contrapresión se incrementa, la trampa pierde su capacidad de operar con normalidad.

⁸⁷ Fuente: <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/trap-back-pressure.html>

En muchas trampas, la contrapresión ejerce una fuerza sobre la válvula en la dirección que esta abre y, por tanto, actúa como la fuerza de apertura de la válvula. Si la presión de entrada (primaria) se mantiene constante mientras la contrapresión se incrementa, la fuerza de apertura de la válvula incrementa. En algunos tipos de trampas, esto resulta en la pérdida de la habilidad de mantener a la válvula en la posición cerrada y la válvula termina abriéndose y manteniéndose abierta.

1.6.5.2. CONTRAPRESION PERMITIDA EN TRAMPAS DE VAPOR.

La contrapresión permitida para trampas de disco generalmente es del 50% al 80% dependiendo de su diseño. Esto significa que para una presión de entrada de 1.0 MPaG, la contrapresión tiene que ser menor de 0.5 a 0.8 MPaG.

Las trampas de flotador, por otro lado, tienen una relativamente alta contrapresión permitida por arriba del 90%. Si la presión de entrada es de 1.0 MPaG, las trampas de flotador pueden ser utilizadas sin problema con una contrapresión de alrededor de 0.9 MPaG.

La contrapresión permitida difiere dependiendo del tipo de trampa, por lo que a la hora de seleccionar una trampa, además de considerar la capacidad de descarga de condensado, también es necesario tomar en cuenta a la contrapresión en la localidad planeada para su instalación.

Si alteramos un sistema con el fin de recuperar condensado desde las trampas actualmente instaladas, las trampas estarán sujetas a mayor contrapresión que tuvieron antes de que fuera implementada la recuperación de condensado, por lo que se debe tomar en cuenta tanto la capacidad de descarga como la contrapresión permitida.

1.7. VALVULAS REGULADORAS DE PRESIÓN Y TEMPERATURA

Los sistemas de vapor bien diseñados producen vapor limpio y seco para distribuir a alta presión - el vapor de mejor calidad a menor costo (*Ver FIGURA 1.51*). El vapor a menor presión se necesita normalmente en el punto de uso. Un control eficaz exige una válvula automática que pueda reducir la presión de manera precisa, fiable y a un costo adecuado para la aplicación. Una de las válvulas más usadas es el modelo 25PT, la cual controla temperatura en un proceso, mediante un piloto colocado o sumergido, censando dicho parámetro en la aplicación. Para detalles de selección y capacidad. (*Ver ANEXO 1.9*)



FIGURA 1.51: Válvula reguladora de presión 25P⁸⁸

Los rangos de presión para las válvulas reductoras de presión son importantes para la selección, ya que se puede seleccionar una válvula pilotada, con actuador neumático. Etc. (*Ver TABLA 1.10*).

Tipo de Válvula	Válvulas Reductoras de Presión		Válvulas Limitadoras de Presión				Con Actuador Neumático SPIRA-TROL
	Pilotada	Acción Directa	Acción Directa Compacta				
	DP	DRV	BRV2	BRV7	SRV2	LRV2	
Aplicaciones de Vapor	•	•	•	•	•		•
Aplicaciones de Gas	•	•	•	•	•		•
Aplicaciones de Líquidos		•				•	•
Espacio Mínimo de Tubería	•		•	•	•	•	
Líneas de Distribución Menores	•		•	•	•	•	•
Líneas de Distribución Principales	•	•					•
Distribución de vapor	•	•					•
Opciones de Control Preciso	•						•
Clases de Opciones de Control	•						•
Alta Capacidad		•					•
Malas Condiciones del Fluido		•	•	•			•
Documentación Técnica	La documentación para estos productos está disponible abajo						See Control Valves

TABLA 1.10 Tabla de selección del tipo de accionamiento de la válvula reguladora.⁸⁹

⁸⁸ Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/us/pdfs/TI/ti-1-1124-us.pdf>

⁸⁹ Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/us/pdfs/IM/im-3-017-us.pdf>

1.8. AISLAMIENTO TÉRMICO

Aislar térmicamente es la capacidad de los materiales para oponerse al paso del calor por conducción⁹⁰. Se evalúa en los materiales por la resistencia térmica que tienen.

La medida de la resistencia térmica, es la capacidad de aislar térmicamente, se expresa, en el Sistema Internacional de Unidades (SI) en $m^2.K/W$ (metro cuadrado y kelvin por vatio).

Se considera material aislante térmico cuando su coeficiente de conductividad térmica: λ es inferior a $\lambda < 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ medido a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ (obligatorio).

La resistencia térmica es inversamente proporcional a la conductividad térmica.

Todos los materiales oponen resistencia, en mayor o menor medida, al paso del calor a través de ellos. Algunos, muy escasa, como los metales, por lo que se dice de ellos que son buenos conductores; los materiales de construcción (yesos, ladrillos, morteros) tienen una resistencia media. Aquellos materiales que ofrecen una resistencia alta, se llaman aislantes térmicos específicos o, más sencillamente, aislantes térmicos.

Ejemplos de estos aislantes térmicos específicos pueden ser las lanas minerales (lana de roca y lana de vidrio), las espumas plásticas (Poliestireno expandido, Polietileno expandido, PUR, Poliuretano expandido), reciclados como los aislantes celulósicos a partir de papel usado, vegetales (paja, virutas madera, fardos de pasto, etc.); entre otros. (*Ver ANEXO 1.10*).

1.8.1. AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA TUBERÍAS DE VAPOR

Típicamente la distribución del vapor se da en tuberías con aislamientos térmicos que mantengan las condiciones termodinámicas del fluido en el mismo estado como al salir de la caldera, dicho aislamiento posee unas propiedades físicas que lo hacen resistente a las altas temperaturas (*Ver FIGURA 1.52*), generando una barrera donde el calor se mantenga a un lado del aislamiento; pero existen casos en la industria,

⁹⁰ http://es.wikipedia.org/wiki/Aislamiento_t%C3%A9rmico

donde los aislamientos no existen o se encuentran deteriorados, permitiendo la transferencia de energía térmica desde la tubería hacia el exterior.



FIGURA 1.52: Instalación de una tubería para aislar térmicamente el calor⁹¹

En la **FIGURA 1.53** se muestra un esquema de la distribución de los elementos que componen una línea de distribución de vapor en un corte perpendicular a la tubería:

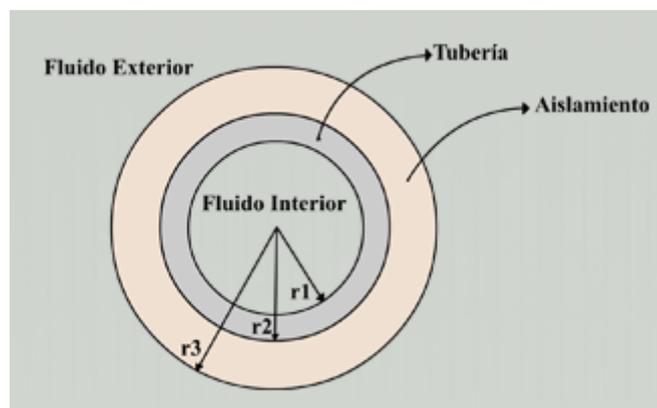


FIGURA 1.53: Representación esquemática del posicionamiento por capas del aislamiento, y la resistencia térmica que influye en el aislamiento.⁹²

La tubería de vapor va recubierta con el aislante térmico, y sobre este va un foil de recubrimiento que le sirve como protección contra el agua de la lluvia u otros factores. (Ver **FIGURA 1.54**)

⁹¹Fuente:http://www.ingemecanica.net/index.php?option=com_content&view=article&id=47:mejora-miento-de-las-condiciones-de-aislamiento-de-la-linea-devapor&catid=35:auditoriasenergéticas&temid

⁹²Fuente:<http://www.fiberglasscolombia.com/>



FIGURA 1.54: Instalación del aislante térmico, recubierto del foil de aluminio.⁹³

Para calcular el calor total de energía que se pierde en líneas de distribución de vapor con deficiencias en el aislamiento se parte de la siguiente ecuación:

$$Q = U * A \text{ transferencia} * \Delta T \quad \text{EC. 1.3}$$

Dónde:

Atransferencia= Área de transferencia de calor en [m²]

ΔT= Diferencia de la temperatura (entre el ambiente y el fluido interior) [°C]

U = Factor global de transferencia de calor que modela el comportamiento del calor en la tubería y se modela con la siguiente ecuación **EC. 1.4**

$$U = \frac{1}{\frac{r_3}{h_{\text{fluido interior}} * r_1} + \frac{r_3 * \ln(\frac{r_3}{r_2})}{k_{\text{aislamiento}}} + \frac{r_3 * \ln(\frac{r_2}{r_1})}{k_{\text{tuberia}}} + \frac{1}{h_{\text{fluido exterior}}}}$$

Dónde:

- **r₁**: Radio interior de la tubería en [m]
- **r₂**: Radio exterior de la tubería en [m].
- **r₃**: Radio exterior del aislamiento en [m].
- **h_{fluido interior}** : Factor de transferencia de calor para el fluido interior (Vapor de agua) en [W/m²-k].

⁹³Fuente:<http://www.fiberglasscolombia.com/confort-termico.php>

- $h_{\text{fluido exterior}}$: Factor de transferencia de calor para el fluido exterior (Aire normal) en $[\text{W}/\text{m}^2\text{-k}]$.
- $k_{\text{tubería}}$: Factor de transferencia de calor para el material de la tubería en $[\text{W}/\text{m-k}]$, normalmente este valor es provisto por el proveedor.
- $k_{\text{aislamiento}}$: Factor de transferencia de calor para el material del aislamiento en $[\text{W}/\text{m-k}]$, normalmente este valor es provisto por el proveedor.

1.8.2. PARAMETROS A TOMAR EN CUENTA EN LA SELECCIÓN DEL AISLANTE TERMICO.

En la práctica se escoge el aislamiento en función de los siguientes requerimientos y condiciones.

- Conservación de Energía reduciendo las pérdidas o ganancias de calor.
- Control de la Temperatura Superficial para protección y confort personal.
- Estabilidad y Control de Procesos.
- Control de la condensación sobre superficies frías.
- Control de Congelación en Líneas de Agua Helada.
- Aumentar las eficiencias de Operación de sistemas de calefacción/enfriamiento, vapor, potencia y procesos en instalaciones comerciales e industriales.
- Protección de equipos a agentes externos (corrosivos o químicos).
- Protección al fuego.
- Control de sonido.

1.8.2.1. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LANA DE VIDRIO

Lana de vidrio rígida, preformada en forma de medias cañas para aislar tuberías calientes y frías, con temperaturas entre -84°C (-120°F) y 454°C (850°F) y con diámetro nominal desde $1/2$ hasta 12 pulgadas. Disponible con y sin laminado de foil de aluminio FRK.

- **Conductividad Térmica:** $K = 0.034 \text{ W}/\text{m } ^{\circ}\text{C}$ a 24°C = (0.24 BTU. pulg/h. pie². °F a 75°F de temperatura promedio(*Ver FIGURA 1.55*).

Para ver las características de resistencia a la exposición de la llama (*Ver TABLA 1.11*)

Superficie del aislamiento	Propagación de la llama	Desarrollo de humo
Sin recubrimiento	25	50
Con foil expuesto	5	0
Con kraft expuesto	25	10

TABLA 1.11 Características de quemado de la lana de vidrio⁹⁴

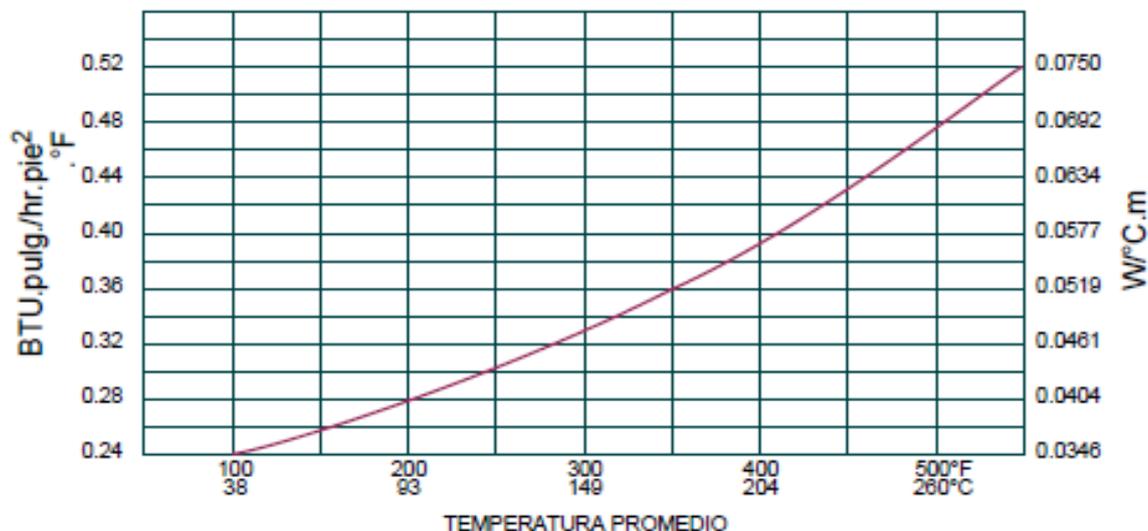


FIGURA 1.55 Conductividad Térmica de la Lana de Vidrio (ASTM C 335-69)⁹⁵

1.9. JUNTAS DE EXPANSIÓN

Las juntas de expansión en una tubería son elementos que absorben las deformaciones de flexibilidad que soportan las líneas de vapor al cambiar de temperatura o ser requeridas por algún esfuerzo mecánico. Las juntas de expansión pueden ser clasificadas de una manera amplia como deslizante y flexible. Para seleccionar el tipo de junta de expansión primero se determina la dilatación lineal en el punto más crítico (tramo de mayor longitud).

Dilatación Lineal: Es aquella en la que predomina la variación en una dimensión de un cuerpo, es decir el largo ver (**FIGURA 1.56**). Ejemplo: dilatación en hilos, cabos y barras. Para la determinación de la dilatación térmica en la tubería se recomienda

⁹⁴ Fuente: http://www.fiberglasscolombia.com/confort-acustico-sub-producto_detalle.php?tabla=productodetalle2&id=1&pro=AISLAMIENTOS%20PARA%20TUBERIAS&id2=5

⁹⁵ Fuente: http://www.fiberglasscolombia.com/admin/assetmanager/images/catalogos/aislamiento/si_ca_muestras.pdf

tomar el tramo más largo de tubería y dependiendo del tipo de material de la tubería (*Ver TABLA 1.12*), con lo cual se puede seleccionar una junta de expansión adecuada según su dilatación lineal. (*Ver ANEXO 1.11*)



FIGURA 1.56 Dilatación lineal en un tramo de tubería.⁹⁶

La ecuación que determina la dilatación lineal es:

$$L_f = L_0 (1 + \alpha \Delta t) \quad \text{EC.1.5}$$

Dónde:

α =coeficiente de dilatación lineal [$^{\circ}\text{C}^{-1}$]

L_0 = Longitud inicial.

L_f = Longitud final.

Δt = Diferencia de temperatura.

Según su naturaleza cada cuerpo posee lo que se llama coeficiente de dilatación térmica, cuyo símbolo es α y su unidad de medida es $1/^{\circ}\text{C}$ o $^{\circ}\text{C}^{-1}$, algunos valores son:

Material	Coficiente α
Aluminio	0,000024
Acero	0,000011
Hormigón	0,000007 a 0,000014
Cobre	0,000018
Vidrio	0,000001 a 0,000013
Mercurio	0,000006

TABLA 1.12 Coeficientes de dilatación lineal para algunos materiales.⁹⁷

Junta de Expansión simple: La forma más simple de junta de expansión, de construcción en un solo fuelle, diseñada para absorber todo el movimiento de la sección de tubería en la cual está instalada. (*Ver FIGURA 1.57*).

⁹⁶Fuente: <http://es.scribd.com/doc/54569528/seminario-de-dilatacion>

⁹⁷ Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/termodinamica/termodinamica.pdf>



FIGURA 1.57 Gráfica de una junta de expansión simple⁹⁸

Deben instalarse cada 21 pies para temperaturas de 650°F y cada 12 pies para temperaturas de 850°F. Generalmente, el material aislante de la tubería se interrumpe 1" y se llena con lana de vidrio de baja densidad. (Lana AW). En las tuberías verticales las juntas de expansión deben coincidir con la parte inferior de los anillos o soportes de aislamiento.

1.10. TIPO DE EMPAQUE Y EMPAQUETADURAS.

Las juntas espiro metálicas se hacen con una cinta metálica espiral y se le coloca un material suave como relleno, gracias a lo cual, puede brindar un sello muy efectivo al estar comprimida entre las bridas. Estas juntas pueden incluir un anillo centrador, un anillo interior o ambos, de acuerdo al tipo de brida a sellar. Bajo norma ASME B16.20⁹⁹.

La selección de un empaque se decide de acuerdo a:

- 1.- Temperatura, presión, y naturaleza corrosiva del fluido.
- 2.- Si el mantenimiento u operación requieren desacoplamiento frecuente.
- 3.- Los requerimientos que pida alguna norma o código.
- 4.- Costo.

La elasticidad y resistencia de las juntas espiro metálicas las convierte en una buena elección para dar servicio en; refinerías, plantas de procesos químicos, plantas generadoras de energía, industria aeronáutica y donde se requiera de un sellado fuerte y efectivo.

⁹⁸ Fuente: <http://www.vaportec.com.ar/juntasexpansion.htm>

⁹⁹ Fuente: <http://es.scribd.com/doc/6416542/Curso-Elemental-de-Diseno-de-Tuberias-ales>

Elaboradas con una combinación alternada de cinta metálica preformada y un material no metálico como relleno, estas juntas forman un sello de gran efectividad cuando se comprime. Un perfil en "V" al centro de la parte metálica actúa como resorte, permitiendo a la junta incrementar su eficiencia, un ejemplo del montaje final de un empaque espiro metálico (*Ver FIGURA 1.58*).

Ya que estas juntas son capaces de soportar altas temperaturas (hasta 2000 °F - 1090 °C) y altas presiones (hasta 3000 psi - 1200 bar), son recomendadas para refinerías, industrias químicas y plantas de energía.



FIGURA 1.58 Montaje de dos bridas en el centro un empaque espiro metálico.¹⁰⁰

Para Industrias; Plantas de proceso de hidrocarburos, plantas de proceso químico, plantas de generación de energía, aeronáutica, entre muchas otras aplicaciones de ingeniería. Para sellar Vapor, Aceites, Gases, Ácidos y Alcalinos. Versatilidad en la presión de operación desde vacío hasta 3000 psi y cuentan con un amplio rango de temperatura desde criogénicas hasta 1093°C, además de su excelente adaptabilidad a ciclos térmicos y vibración del sistema.

1.11. FILTROS

En un diseño de un sistema de distribución de vapor, es importante colocar dispositivos que recolecten el material indeseable que se haya quedado atrapado en las tuberías, como restos de soldadura, basuras, desperdicios, herrumbre, material de proceso descompuesto o sin reaccionar, precipitados, lubricantes, aceites o agua; estos materiales pueden dañar a los equipos de proceso, al comienzo o cuando se mantiene estable el sistema. Las formas comunes de recolectar en una forma sencilla los materiales indeseables de un flujo es la utilización de: separadores,

¹⁰⁰ Fuente : http://www.teadit.com.br/new/images/publicacoes/juntas_espanhol.pdf

filtros, coladeras y trampas. Separadores más elaborados se pueden obtener, pero ya sea por su complejidad o por su tamaño, caen dentro de la categoría de equipo de proceso.

Aire y algunos otros gases en líneas normalmente se auto colectan en los puntos altos de tuberías, y en las terminales de los cabezales y se descargan con válvulas especiales.

Filtros: Se colocan en la línea inmediatamente antes de un equipo delicado; los filtros recolectan partículas sólidas en un rango de 0.5 a 13 mm, durante el paso del fluido a través de la malla del mismo. Las localizaciones típicas para filtros son: antes de válvulas de control, turbinas o trampas de vapor. Filtros con malla 20 Mesh se usan para vapor, agua y aceites medios o pesados; la malla 40 Mesh es apropiada para vapor, aire, gases y aceites ligeros.

El filtro más común es el tipo “YE” (*Ver FIGURA 1.59*), en donde la malla es cilíndrica y detiene las partículas adentro; este tipo de filtro se desarma fácilmente, algunos modelos pueden ser equipados con una válvula para facilitar la puga del material recolectado, sin tener que desmantelar la línea. También se pueden obtener filtros en forma “TE“, de canasta y enchaquetados. Existe una amplia variedad en el mercado, y entre más sofisticado se debe pensar en el cómo equipo de proceso.

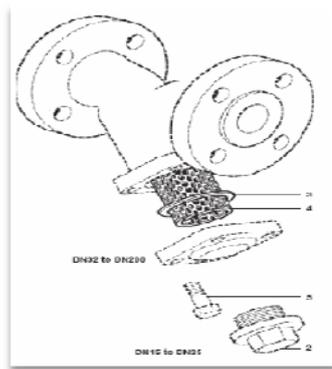


FIGURA 1.59 Gráfica de un filtro de tipo YE para la tubería¹⁰¹

¹⁰¹Fuente:<http://www.armstronginternational.com/es/strainers-y-type>

CAPITULO II

CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DEL SISTEMA.

INTRODUCCION

La Central Termoeléctrica Miraflores ubicada en la ciudad de Manta, sector Miraflores tiene una capacidad de generación de 30 MW. Cuenta con 11 unidades de generación con motores de combustión interna que consumen fuel oíl y diesel en mezcla. Dicha mezcla se realiza en un tanque llamado de mezcla o combinación “antes de ser ingresado a los generadores de la central”.

El **fuel oíl** o en el medio conocido como **bunker** es una fracción del petróleo que se obtiene como residuo en la destilación fraccionada.

Pequeñas moléculas, como aquellas del gas propano, nafta, gasolina para automóviles, y combustible de jet tienen puntos de ebullición relativamente bajos, y se separan al comienzo del proceso de destilación fraccionada.

Los productos de petróleo más pesados, tales como el diesel, así como el aceite lubricante, se precipitan más despacio, y el *bunker* se ubica literalmente al fondo del barril, la única sustancia más densa que el combustible bunker es el residuo.

Por este motivo es el combustible más pesado y literalmente el de menor costo que se puede obtener o destilar a presión atmosférica, su color es negro y el fuel oíl es apetecido para ser utilizado como combustible para plantas de energía eléctrica, calderas y hornos.

El inconveniente que comúnmente ocasiona problemas en una planta de energía eléctrica, como es el caso de la central térmica Miraflores (**VER FIGURA 2.1**), es que debido a la alta viscosidad del bunker dicho combustible debe permanecer a una temperatura mayor a 60 °C, para así disminuir su viscosidad y poder ser transportado y despachado desde su punto de almacenaje.

La forma más eficiente y con menor costo de calentar el “bunker” para una central de esta capacidad, es aprovechar las bondades y propiedades del vapor saturado (ver

marco teórico bondades del vapor saturado), generado en una caldera a presión constante.

Bondades y ventajas tales como el calentamiento equilibrado a través de la transferencia de calor latente y su rapidez, así cómo controlar la temperatura de cualquier proceso con la regulación de presión, y su elevado coeficiente de transferencia de calor lo hacen idóneo para ser utilizado en un sistema de transporte, almacenamiento de bunker de este tipo.



FIGURA 2.1 Vista panorámica de la central térmica Miraflores en la ciudad de Manta¹⁰²

El diseño del sistema partirá con el estudio de ingeniería para la construcción de la línea principal de vapor, que será aquella que parte de la generación (Caldera), terminando en el distribuidor o cabezal de vapor y será a partir de este que se diseñara las líneas principales que llevaran el vapor necesario para el calentamiento del “bunker” en los tanques TB-01, TB-02 y TB03 y el tanque de combinación o “mezcla”.

¹⁰² Fuente: Autores (Santiago Cabrera- David Troya)

El transporte de este combustible desde las islas de carga o abastecimiento de combustible hacia los respectivos tanques y punto de consumo, y cuyas tuberías deberán ser acompañadas con una línea de calentamiento para mantener la temperatura requerida durante el proceso de transporte, serán también diseñadas.

La entrega del calor latente del vapor (VER MARCO TEORICO CAP.1), en el proceso de calentamiento del combustible en los serpentines de los tanques mencionados y en las líneas de acompañamiento, generan o producen condensado, el cual tendrá que ser evacuado en todos sus puntos con un sistema de retorno de condensado completo, y devuelto al tanque de recolección existente en las instalaciones de la central Térmica.

El proceso de calentamiento en el tanque de mezcla, deberá ser controlado mediante el equipo necesario, para mantener constante la temperatura en dicho tanque ya que es el último punto de almacenamiento y distribución antes de ser enviado a la combustión en los generadores de la termoeléctrica.

Como ya es conocido, la viscosidad del bunker es elevada a bajas temperaturas por lo que se debe calentar previamente para poder ser transportado mediante un sistema de bombeo y además contiene una cantidad variable de agua e impurezas sólidas, lo que nos obliga a realizar un tratamiento de purificación del bunker, previo a su combustión en los motores.

El proceso de purificación del Bunker da lugar a un residuo llamado Cieno como desecho, que no es más que Agua con BUNKER y partículas menores de tierra, este Cieno se deposita en primer lugar en un Pozo de cieno, el cual almacena y calienta al cieno temporalmente y después es bombeado a un tanque de separación, que aplica el método de vasos comunicantes, denominado Tanque API, para separar agua del Cieno, por diferencia de densidades. Este tanque API también consume vapor de la caldera y la línea respectiva de abastecimiento de vapor se encuentra diseñada y operativa, por lo que se debe considerar en el diseño del distribuidor de vapor su toma de tubería para poderse acoplar. El proceso de funcionamiento de la central y su oficina de producción solicita dejar una toma de vapor en el distribuidor de al menos 2 pulgadas, para destinar a la máquina purificadora de aceite de los motores Mitsubishi. *(Ver plano 10-1411-1374-08/09).*

2. GENERALIDADES DEL SISTEMA

2.1. INFORMACIÓN TÉCNICA DE LA CALDERA

En la termoeléctrica Miraflores existen dos calderas principales que abastecerán de vapor al sistema de calentamiento. (*VER PLANO 10-1411-1374-04*)

Dichos equipos tienen algunos años de servicio precisamente desde que la termoeléctrica fue construida y puesta en operación en el año de 1975.¹⁰³

Las calderas tanto principal como auxiliar son del tipo piro tubular y por su interior circulan los gases de escape de combustión de los motores Mitsubishi de generación.

Estas calderas han sido rehabilitadas y modificadas en varias ocasiones lo que ha causada que sus características originales de diseño varíen de su operación y construcción original.

La caldera auxiliar de menor capacidad la cual podrá entrar en operación en futuros mantenimientos de los equipos principales o daños repentinos de los mismos, evitando así paros inesperados en el sistema de calentamiento de combustible y consecuentemente la operación de la central termoeléctrica.

Para el diseño del sistema se considera a los equipos principales y que éstos se encuentran en un funcionamiento satisfactorio, las propiedades importantes de operación que constan en el manual de instrucciones del equipo en la biblioteca de mantenimiento se muestran a continuación.

¹⁰³ Archivos de la central termoeléctrica Miraflores Manta-Ecuador

2.2. CARACTERISITICAS DE LAS CALDERAS CENTRAL TERMOELECTRICA MIRAFLORES

Los datos anotados en la **TABLA 2.1** aplican para los 2 equipos generadores de marca MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTDA YOKOHAMA SHIPYARD & ENGINE WORKS, los cuales trabajan y abastecen de vapor al sistema. En la (**FIGURA 2.2**), se puede visualizar que las calderas que son usadas actualmente en la Termoeléctrica Miraflores, son piro tubulares a consumo de gas de escape.

DESCRIPCIÓN	INFORMACION
FABRICANTE	MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES,LTDA YOKOHAMA SHIPYARD&ENGINE WORKS
TIPO	PIROTUBULAR (A GAS DE ESCAPE)
PRESION DE DISEÑO	8 Kg/cm ²
EVAPORACION	800 Kg/h a 7 Kg/cm ²
SUPERFICIE DE CALENTAMIENTO	110 m ²
PRESION EN LA LÍNEA DE SALIDA	7 Kg/cm ²
VOLUMENDEL GAS DE ESCAPE	36 000 Kg/h
TEMPERATURA DEL GAS DE ESCAPE	330 °C
CONTRAPESION PERMISIBLE	200 mmAq
AÑO DE FABRICACIÓN	1975
COMBUSTIBLE	GASES DE RECUPERACIÓN
DIÁMETRO TUBERIA SALIDA CALDERA.	4 PULGADAS

TABLA 2.1. Características de la Caldera¹⁰⁴

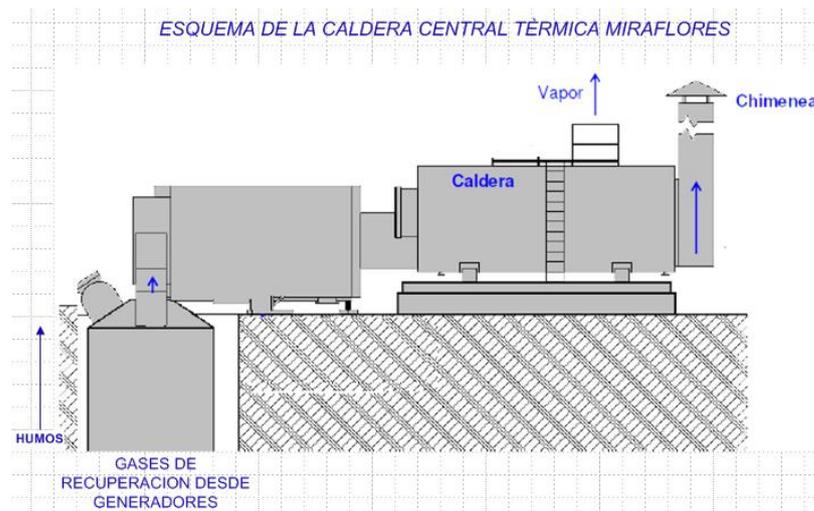


FIGURA 2.2 Sistema de caldera de recuperación de gases.¹⁰⁵

¹⁰⁴Fuente: Levantamiento de datos Autores (Santiago Cabrera – David Troya)

¹⁰⁵Fuente: Autores (Santiago Cabrera – David Troya)

2.2.1. CARACTERISTICAS DEL BUNKER

El bunker que se consume en la central termoeléctrica Miraflores es de procedencia nacional específicamente el que es comercializado desde la Refinería estatal Esmeraldas a través de los distintos distribuidores a nivel nacional.

El búnker de Esmeraldas es un combustible de acuerdo a la norma ASTM (D -341), corresponde a la clasificación de Fuel Oil #6. Es producido por la refinería Esmeraldas y transportado vía marítima hasta Guayaquil desde donde se distribuye a todo el País junto con un pequeño porcentaje de residuo de la refinería estatal La Libertad. En la (**TABLA 2.2**), se muestra los datos técnicos.

Parámetros de Bunker, del Crudo Reducido y el Diesel				
Parámetro	Método	Búnker	Crudo Reducido	Diesel
Densidad, Kg/litro	ASTM D4052	0.96	0.98	0.856
Viscosidad Saybolt,(50°C) SSF	ASTM D88	180-230	230-270	3.64
Viscosidad SRW1 (100°F)	--	4000-5000	4500-12000	35
° API	ASTM D287	13-15	14-15	34
Poder calorífico, kcal/kg	ASTM D40	10400-10200	10300-10000	10874
Contenido de agua,%vol	ASTM D95	<0.1	0.1	<0.05
Punto de escurrimiento, °C	ASTM D97	-6	13	-20
Contenido de ceniza, % m	ASTM D482	0.1	0.05	---
Punto de inflamación, °C	ASTM D92	109-130	124-150	74.6
CCAI	--	820-850	850-880	808
Contenido de Azufre, %m	ASTM D4294	1.5-2.3	1.5-1.7	---
CONTENIDO DE METALES , PPM				
Vanadio	A.*	190-240	165	---
Sodio	A.	14	8	---
Níquel	A.	74	70	0.5

** Absorción atómica

TABLA 2.2 Tabla de Datos Técnicos de Combustibles¹⁰⁶

Nota: Estos datos se consideran representativos del bunker y del residuo, Una de las cualidades que más variación tiene es la viscosidad.

¹⁰⁶Fuente: <http://leycom.aplicnet.com/infotec.html>

2.3. UBICACIÓN DE LOS TANQUES Y EQUIPOS EN EL SISTEMA.

Es de suma importancia conocer las ubicaciones aproximadas de los elementos del sistema dentro de la central termoeléctrica. Para esto se presenta una imagen satelital ilustrando los objetos y elementos que consumirán el vapor del sistema. (Ver **FIGURA 2.3**)

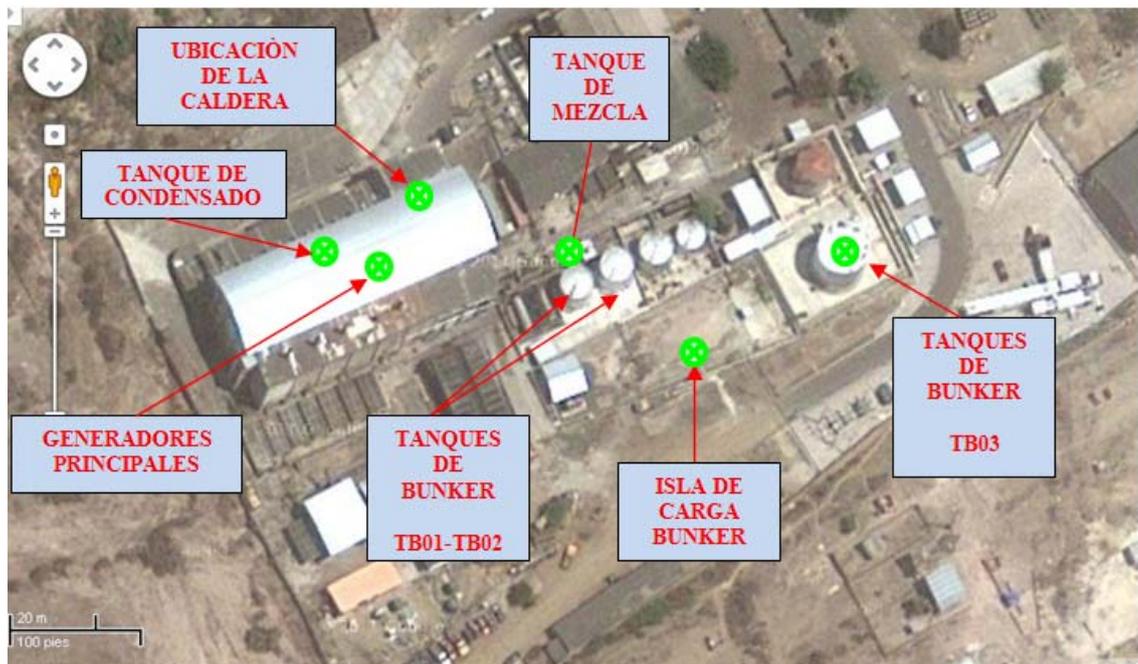


FIGURA 2.3 Vista aérea de la Termoelectrica Miraflores en la ciudad de Manta¹⁰⁷

2.3.1. TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE BUNKER

La Central termoeléctrica Miraflores cuenta con 3 tanques de almacenamiento de bunker los cuales han sido construidos de acuerdo al crecimiento y ampliaciones que se ha tenido la central. Así también y muy cercanos a estos se encuentra 2 tanques de diesel (TQD-01 Y TQD-2), los cuales no necesitan calentamiento o calefacción con vapor, por esto no incluyen líneas o tubería de vapor pero se considera importante mencionarlos por su proximidad al sistema. (Ver **FIGURA 2.4**)

¹⁰⁷Fuente: Autores (Santiago Cabrera – David Troya)



FIGURA 2.4 Tanques de diesel cercanos a los de bunker TD02-TD03¹⁰⁸

2.3.1.1. TANQUES DE ALMACENAMIENTO (TQB-01, TQB-02, TQB-03)

El almacenamiento de combustible BUNKER en la central termoeléctrica Miraflores se la realiza en tres tanques ubicados estratégicamente para facilitar su carga desde las islas de abastecimiento.

El TQB-01, se encuentra en construcción, la misma que se encuentra a una distancia de 68 metros desde la caldera de generación vapor principal y la información que se tiene del fabricante es la siguiente (*Ver TABLA 2.3*).

TANQUE DE BUNKER TQB-01	
ESTADO:	EN CONSTRUCCIÓN
TIPO:	TECHO FIJO
CAPACIDAD:	150 000 GLS m3
TIPO FLUIDO:	BUNKER #5
ENTRADA BUNKER Ø	SCH 40 6 PULGADAS
SALIDA BUNKER Ø	SCH 40 6 PULGADAS
ENTRADA SERPENTIN VAPOR Ø	SCH40 2PULGADAS
SALIDA CONDENSADO SERPENTIN Ø	SCH40 2PULGADAS
PROCEDENCIA DE FABRICACION	ECUADOR

TABLA 2.3 Tabla de datos del tanque de bunker TQB-01¹⁰⁹

¹⁰⁸Fuente: Autores (Santiago Cabrera – David Troya)

¹⁰⁹Fuente: Levantamiento de datos Autores (Santiago Cabrera – David Troya)

Los tanques de bunker TQB-02 y TQB-03 (*Ver FIGURA 2.5*), se encuentra ubicado a una distancia de 53 metros medidos desde la caldera de generación de vapor, y separados entre sí una distancia de 8.5 metros.

Los datos técnicos se los puede visualizar en (*Ver TABLA 2.4 – TABLA 2.5*), respectivamente. El tanque TQB-02 Posee una capacidad de 200 metros cúbicos de almacenaje, el tanque TQB-03 una capacidad de 60 000 GLS y los dos son del tipo techo fijo.

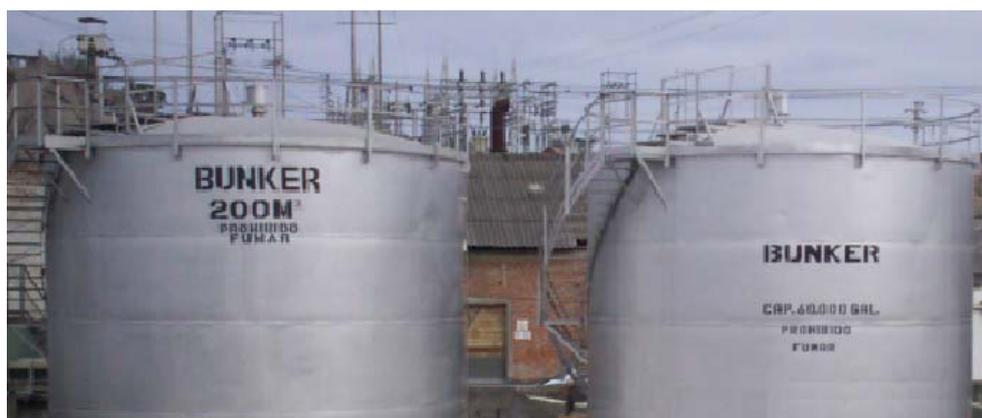


FIGURA 2.5 Fotografía de los tanque TQB02- TQB03)¹¹⁰

TANQUE DE BUNKER TQB-02	
ESTADO:	OPERATIVO
TIPO:	TECHO FIJO
CAPACIDAD:	200 m3
TIPO FLUIDO:	BUNKER #5
ENTRADA BUNKER Ø	SCH 40 6 PULGADAS
SALIDA BUNKER Ø	SCH 40 6 PULGADAS
ENTRADA SERPENTIN VAPOR Ø	SCH40 2PULGADAS
SALIDA CONDENSADO SERPENTIN Ø	SCH40 2PULGADAS
PROCEDENCIADE FABRICACION	ECUADOR

TABLA 2.4 Tabla de datos del tanque de bunker TQB-02¹¹¹

¹¹⁰Fuente: Autores (Santiago Cabrera – David Troya)

¹¹¹Fuente: Levantamiento de datos Autores (Santiago Cabrera – David Troya)

TANQUE DE BUNKER TQB-03	
ESTADO:	OPERATIVO
TIPO:	TECHO FIJO
CAPACIDAD:	60 000 GLS
TIPO FLUIDO:	BUNKER #5
ENTRADA BUNKER Ø	SCH 40 6 PULGADAS
SALIDA BUNKER Ø	SCH 40 6 PULGADAS
ENTRADA SERPENTIN VAPOR Ø	SCH40 2PULGADAS
SALIDA CONDENSADO SERPENTIN Ø	SCH40 2PULGADAS
PROCEDENCIA DE FABRICACION	ECUADOR

TABLA 2.5 *Tabla de datos del tanque de bunker TQB-03*¹¹²

El tanque de combinación o mezcla se encuentra a 16.5 metros de distancia del distribuidor de vapor, este tanque es considerado crítico, debido a que en él se realizará la mezcla de bunker más diesel, previo al ingreso al sistema de bombeo que llevara el combustible a los generadores. Los datos técnicos del tanque de mezcla que se obtuvieron en el levantamiento de planta están tabulados en **(TABLA 2.6)**.

TANQUE DE COMBUSTION O MEZCLA	
ESTADO:	OPERATIVO
TIPO:	TECHO FIJO
CAPACIDAD:	2642 GLS
TEMPERATURA INTERNA CONSTANTE REQUERIDA	75°C
ENTRADA VAPOR Ø	SCH 40 2 PULGADAS
TIPO DE CONTROL	MECANICO PILOTADO

TABLA 2.6 *Tabla de datos del tanque de mezcla.*¹¹³

Para visualizar la configuración del sistema de transporte de combustible actual, **(Ver PLANO 10-1411-1374-01)**

¹¹²Fuente: Levantamiento de datos Autores (Santiago Cabrera – David Troya)

¹¹³Fuente: Levantamiento de datos Autores (Santiago Cabrera – David Troya)

2.3.1.2. TIEMPO DE CALENTAMIENTO EN TANQUES

La central termoeléctrica Miraflores en la ciudad de Manta empieza su funcionamiento o arranque a las 18:00 horas. Debido a que en esa hora empieza la mayor demanda de energía en los distintos puntos de consumo, tiempo en cual el grupo electrógeno consume 20 000 litros de bunker #5.

El Bunker es el combustible operativo más barato, con la única desventaja que presenta cierta dificultad en su almacenamiento y manipulación, esto debido a su viscosidad, el uso de dicho combustible es recomendable para calderas con potencia mayor a 80 BHP y con tiempos de operación de 24 horas al día esto como regla general para centrales térmicas.¹¹⁴

Según la información proporcionada por la Gerencia de producción de la termoeléctrica, los serpentines de cada tanque fueron diseñados para proporcionar un calentamiento en 24 horas ($U= 50 \text{ btu/ h pie}^2\text{°F}$), cuyo dato será utilizado en adelante y para futuros cálculos.

2.3.1.3. CONSUMO DE VAPOR DE TANQUES ALMACENAMIENTO

Es importante determinar el consumo de vapor que abastecerá el calentamiento del bunker almacenado en cada uno de los tanques, debido a que el usuario y personal de mantenimiento de la planta sugiere realizar dicho cálculo ya que no se tiene los datos específicos del mismo y son de crucial importancia para el diseño de diámetros de tuberías que tendrá el sistema.

Para esto se procede de la siguiente manera:

Una ilustración del sistema se muestra a continuación (*Ver FIGURA 2.6*), y de igual forma el procedimiento para determinar el consumo de energía para suficiente para el calentamiento de cada sistema.

¹¹⁴ Manual técnico de la biblioteca de la Central Térmica Miraflores documento 001-02-MAN.33

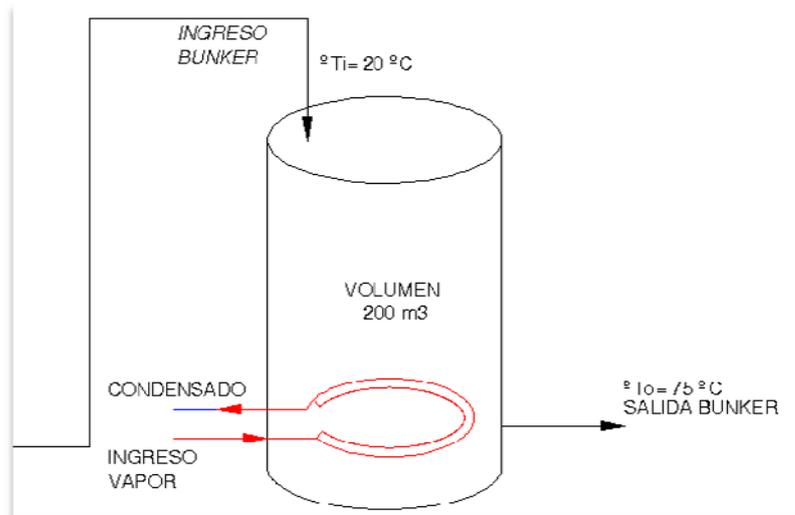


FIGURA 2.6 Esquema del tanque de 200m³.¹¹⁵

La temperatura de entrada del bunker, se asume a 20°C o representada por la temperatura ambiente promedio en la ciudad de Manta, la temperatura de salida del bunker deberá mantenerse en un valor de 60-75°C, para disminuir la viscosidad del Búnker a menos de 200 CSt y facilitar su bombeo y transporte. La presión del vapor saturado en la generación será de 7 Bar.

2.3.1.3.1. CONSUMO DE VAPOR TANQUE TQB-01 (150000 GLA)

Para el cálculo del consumo de vapor del tanque de 150000 GLA, se procederá por medio de las EC.2.1 y EC.2.2¹¹⁶, con los datos proporcionados por la (TABLA 2.7)

$$q1 = \frac{V \cdot \delta \cdot Ce \cdot \Delta T}{t} \quad \text{EC.2.1}$$

$$FS = \frac{q1}{r} \quad \text{EC.2.2}$$

¹¹⁵Fuente: Autores (Santiago Cabrera – David Troya)

¹¹⁶ Fuente: <http://rodin.uca.es:8081/xmlui/bitstream/handle/10498/12120/35149371.pdf?sequence=1>

Dónde:

V = Volumen de la carga del tanque [m^3]	Variable
δ = Densidad del combustible [$\frac{kg}{m^3}$] - Ver ANEXO 2.2 BUNKER #5	960 [$\frac{kg}{m^3}$]
Ce = Calor específico del combustible [$\frac{KJ}{kg \cdot ^\circ C}$] - pocket data book (TLV)	2.18 [$\frac{KJ}{kg \cdot ^\circ C}$]
ΔT = Incremento de la temperatura [$^\circ C$]	55 $^\circ C$
t = Tiempo de calefacción [h] - Ver sección 2.2.1.2	24 horas
\dot{q}_1 = Cantidad de energía necesario [$\frac{kJ}{h}$]	Variable
$\dot{F}S$ = Cantidad de vapor necesario [$\frac{kg}{h}$]	Variable
r = Entalpía de vaporización [$\frac{KJ}{kg}$] - Ver (ANEXO 2.1) $h_{fg} @ 7 \text{ Bar}$	2065.8 [$\frac{KJ}{kg}$]

TABLA 2.7 *Tabla de datos fijos y variables para el cálculo del consumo de vapor de los diferentes tanques.*¹¹⁷

Para cada uno de los tanques de combustible se calcula cuanto es el consumo neto de vapor que necesitan para calentar el combustible en el tiempo de 24 horas y con los datos antes mencionados, variaran en volumen para cada tanque.

Según la publicación técnica HOOKUPS de SpiraxSarco, es necesario multiplicar por un factor de (1.1)¹¹⁸ para los sistemas de calentamiento, por el motivo de pérdidas de calor ocurridos en los tanques. Para la determinación del consumo de vapor neto para cada tanque ver la tabla de resultados (**TABLA 2.8**)

(EL PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO MANUAL SE PUEDE VISUALIZAR EN LA MEMORIA DE CÁLCULO 2.2.1.3.1.)

¹¹⁷Fuente: Autores (Santiago Cabrera – David Troya)

¹¹⁸Fuente: Design of fluid systems – HOOKUPS (SpiraxSarco).

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD		CONSUMO DE VAPOR	
		GLA	m ³	Kg/h	Lbs./h
TQB-01	TANQUE ALM. BUNKER 01	150 000	567.7	1448.07	3185.7
TQB-02	TANQUE ALM. BUNKER 02	43993,76	200	510.10	1122.24
TQB-03	TANQUE ALM. BUNKER 03	60000	227.1	579.22	1274.3
TQM-01	TANQUE DE MEZCLA	2642	92.12	235.19	517,418
TQ API	TANQUE DE SEPARACION API*	4000	15.4	300*	660
TRACER	ACOMPANAMIENTO TRACER	NA	NA	400*	880
SO-1	DISPOSITIVOS PURIFICADORES DE ACEITE (GENERADORES)	NA	NA	500*	1100
		Σ Consumo Vapor		3972,6	8739,7

*Datos de consumo proporcionado por el personal de la Termoeléctrica Miraflores.

TABLA 2.8 Tabla de consumo de vapor de los tanques de calentamiento.¹¹⁹

¹¹⁹Fuente: Autores (Santiago Cabrera – David Troya)

CAPITULO III

3. DISEÑO DEL SISTEMA DE VAPOR Y RETORNO DE CONDENSADO.

INTRODUCCION

En el capítulo anterior se realizó un estudio del levantamiento y situación del sistema, dando prioridad e importancia a los consumos de vapor que tendrá cada punto de aplicación.

Con el consumo de vapor establecido para cada uno de los tanques determinado en el capítulo II se diseña el sistema de tuberías, los distribuidores de vapor, el control de temperatura de ser el caso, las líneas de calentamiento o acompañamiento de la tubería de FUEL-Oíl, las líneas de retorno de condensado y el sistema de trampeo, consecuentemente en este capítulo se desarrolla el concepto de aislamiento térmico de las líneas en que sean requeridas.

La **TABLA 2.8** contiene el consumo teórico de vapor que requeriría el sistema para operar en su totalidad, es probable que el vapor que es generado por las calderas no sea suficiente para mantener un trabajo continuo en todos los equipos de acuerdo a esta sumatoria de energía requerida, para esto es importante anotar que hay equipos que no trabajaran de modo continuo, y que el sistema será diseñado para trabajar en su punto máximo de consumo, de acuerdo a la cantidad de vapor que requiere cada equipo, y de ser necesario se realizará la recomendación de aumento y mejoramiento de equipos de generación de vapor.

3.1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA

Es preciso señalar que cada nota indica la línea de vapor a diseñarse en el presente capítulo.

A partir de la generación se diseñarán las líneas con las capacidades y características necesarias de operación, para el sistema de vapor propuesto (*Ver FIGURA 3.1*)

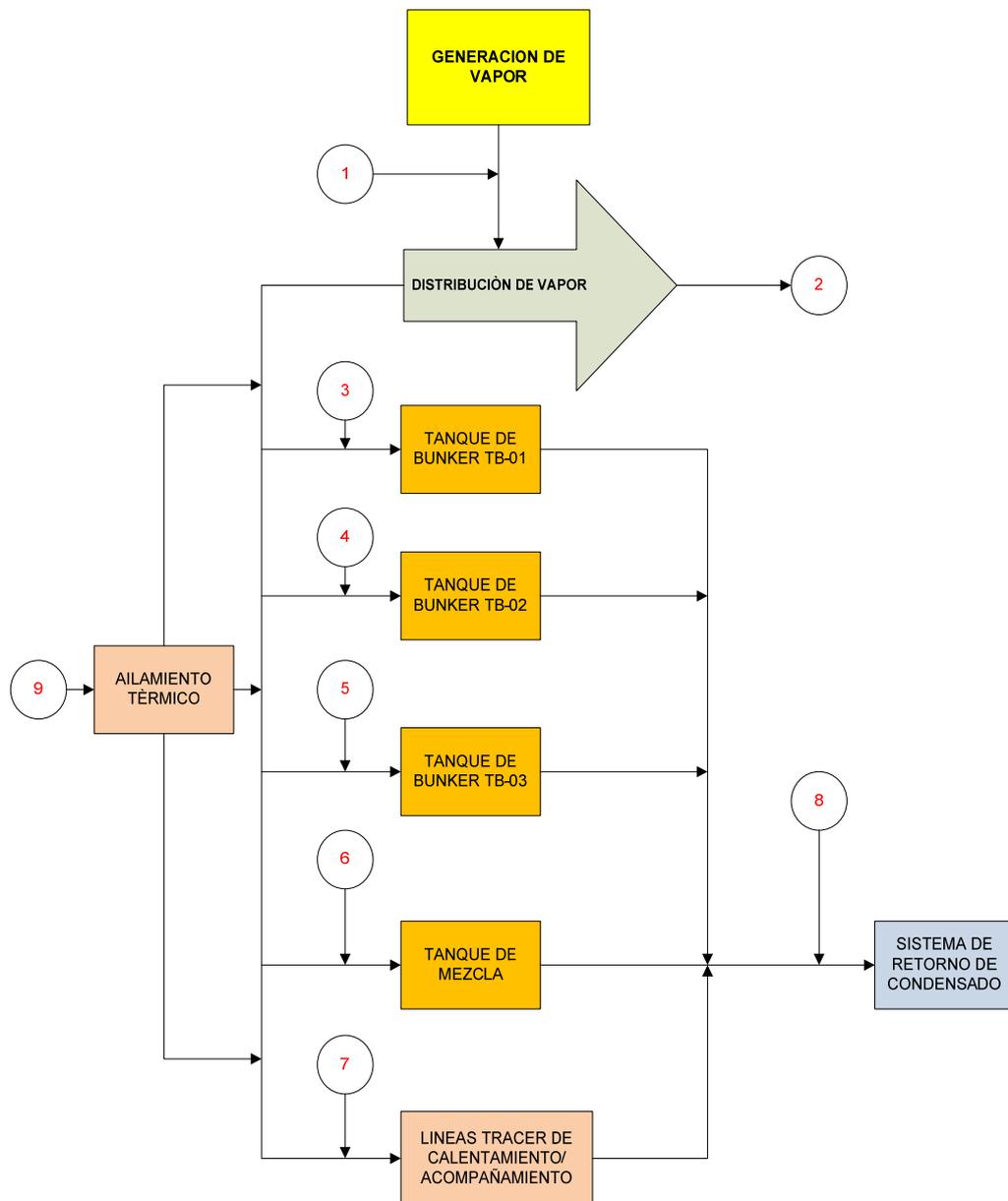


FIGURA 3.1 Diagrama de flujo del sistema¹²⁰

¹²⁰Fuente: Autores (Santiago Cabrera – David Troya)

3.2. SISTEMA DE VAPOR

3.2.1. IDENTIFICACION DE LAS TUBERIAS

Para reconocer las tuberías se codifica, teniendo en consideración el diámetro nominal, el servicio que presta o fluido o gas que conduce (vapor, combustible, condensado, etc.), indicando si es tubería principal o secundaria.

En la **FIGURA 3.2** se detalla la codificación para los casos posibles en esta investigación.

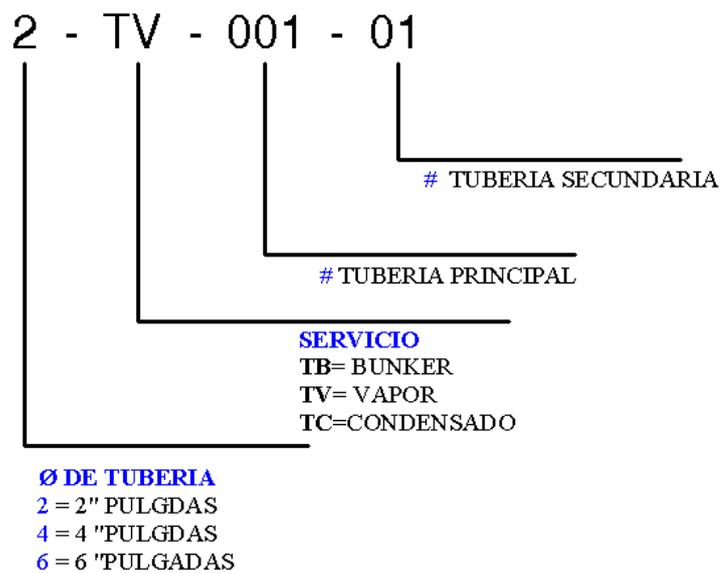


FIGURA 3.2 Codificación de tuberías¹²¹

La codificación de las tuberías que se plantea es importante, de esta manera las líneas serán reconocidas e identificadas claramente cuando se relacionen con la aplicación y el diseño en general.

¹²¹Fuente: Autores (Santiago Cabrera – David Troya)

3.2.2. TABLA DE DESIGNACION DE TUBERIAS SEGÚN CODIGO

Para poder identificar más específicamente las tuberías de vapor (*Ver TABLA 3.1*) se ha codificado cada una de ellas con la especificación como se muestra en el literal (3.2.1)

DESCRIPCION	DESCRIPCIÓN EN EL SISTEMA	CÒDIGO
PRINCIPAL	TUBERIA DE VAPOR PRINCIPAL CALDERA 1 (DISTRIBUIDOR S/MAQUINAS)	03-TV-01-00
PRINCIPAL	TUBERIA DE VAPOR PRINCIPAL CALDERA 2 (DISTRIBUIDOR S/MAQUINAS)	03-TV-02-00
PRINCIPAL	TUBERIA DE VAPOR PRINCIPAL (DISTRIBUIDOR PRINCIPAL)	06-TV-03-00
PRINCIPAL	CONEXIÓN TUBERIA DE VAPOR TANQUE API	02-TV-04-00*
PRINCIPAL	TUBERIA DE VAPOR TANQUE DE MEZCLA	01-TV-05-00
PRINCIPAL	CONEXIÓN TUBERIA DE VAPOR PURIFICADORES	02-TV-06-00
PRINCIPAL	SISTEMA TRACER DE ACOMPAÑAMIENTO	02-TV-07-00
PRINCIPAL	TUBERIA DE VAPOR TANQUES DE ALMACENAMIENTO	03-TV-08-00
SECUNDARIA	TUBERIA DE VAPOR TQB-03	02-TV-08-01
SECUNDARIA	TUBERIA DE VAPOR TQB-02	02-TV-08-02

*TABLA 3.1 Tabla de listado de tuberías según código.*¹²²

3.3. DIMENSIONAMIENTO DE LAS TUBERIAS DE VAPOR

PARÁMETROS DE DISEÑO PARA TUBERIA

Para el cálculo es necesario tener los datos tomados del levantamiento de planta y estos datos para todos los tramos en cada uno de los puntos del sistema son los siguientes:

- El vapor en la línea principal es de 7 Bar [700 Kpa] (*ver TABLA 2.1*), el volumen específico a esa presión = $0.2729 \left(\frac{m^3}{kg}\right)$.
- Para la velocidad del vapor se tienen en el (Cap. 1) que para el vapor saturado de calentamiento es de 25 a $35\frac{m}{s}$ los cuales se encuentran dentro de los rangos permisibles.
- Se sabe que según la ecuación de velocidad : $v = \frac{Q}{A} = \frac{4 Q}{\pi d^2}$

¹²²Fuente: Autores (Santiago Cabrera – David Troya)

La velocidad es inversamente proporcional al diámetro de la tubería, y por costos será diseñada para el menor diámetro de tubería efectivo, con la velocidad y caída de presión admisible en el proceso.

- d) La distancia de tubería incluyendo elevaciones, desviaciones, es tomada y especificada en la tabla general para cada trayecto.

3.3.1. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DEL SISTEMA DE VAPOR, BASADO EN LA VELOCIDAD DEL VAPOR.

Para el cálculo del diámetro de la tubería se procede a hacer uso del SOFTWARE SE-1® DE TLV, y para comprobar los resultados obtenidos se lo realizara manualmente usando la ecuación de la continuidad, de tal manera que se pueda tabular la información total de los resultados obtenidos en la **(TABLA DE RESULTADOS A1)**

3.3.1.1. CÁLCULOS REALIZADOS CON EL SOFTWARE SE-1® TLV.¹²³

En la **FIGURA 3.3**, 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.[PSI]
- Temperatura del vapor (el software lo coloca automáticamente en base a las tablas de propiedades del vapor). [°F]
- Flujo de vapor requerido [Lb/ hora]
- 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).

¹²³<http://www.tlv.com/global/LA/products/170000.html>

Pipe Grade			Enter		SI	
Pipe Grade	ANSI-Sch40		Pipe Size			
Steam Pressure	0.10	MPa abs	Pipe Inner Diameter		in	
Steam Temperature	100.0	C	Velocity		m/s	
Steam Flow Rate	0.0	lb/h	Pressure Loss		bar	
Maximum Allowable Velocity	0.00	m/s	Reynolds Number			
Pipe Length	0.00	m	Equivalent Length of Straight Pipe		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	0.05	mm				

FIGURA 3.3 Gráfica del cálculo del diámetro de tubería a través de la velocidad según software.¹²⁴

Con los parámetros determinados, para cada tramo de tubería se realiza el cálculo en el software, el cual como se anotó anteriormente toma en cuenta otros parámetros de diseño, como lo son la distancia total del tramo de tubería (Ver **FIGURA 3.4**), cantidad de válvulas y accesorios en el sistema.

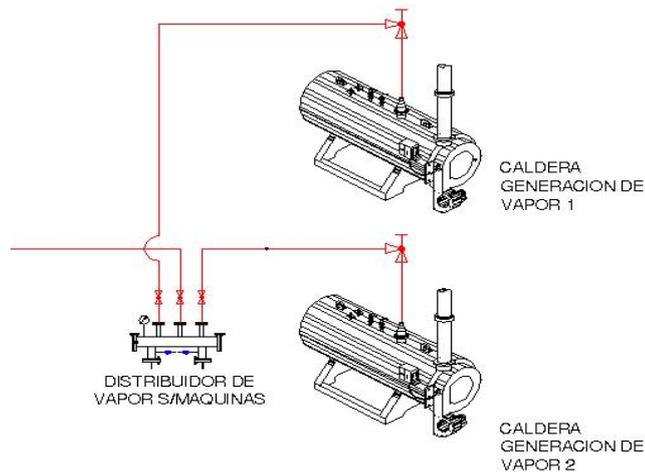


FIGURA 3.4 Esquema del tramo de tubería desde las calderas hasta el distribuidor de vapor de la sala de máquinas.¹²⁵

¹²⁴Fuente: TLV-SE1 -Autores (Santiago Cabrera – David Troya)

¹²⁵Fuente: Autores (Santiago Cabrera – David Troya)

3.3.1.2. CALCULOS REALIZADOS CON LA ECUACION DE LA CONTINUIDAD

Por medio de la ecuación *EC.1.2* se despeja y se obtiene el diámetro(*d*) de la tubería, con la ayuda de los datos obtenidos en la (*TABLA 3.2*), ya se hace el cálculo de los diámetros correspondientes a cada tramo de tubería de vapor.

$$F_s = \frac{\pi * d^2}{4} * \frac{V_s}{v''}$$

EC.1.2

<i>d</i> : diámetro interior del tubo (m)	VARIABLE
<i>F_s</i> :Flujo de vapor (kg/s)	VARIABLE
<i>v''</i> :Volumen especifico (m ³ /kg)	0.2729 [$\frac{m^3}{kg}$]
<i>V_s</i> :Velocidad del flujo (m/s)-Según (tabla 1.2)	35 [$\frac{m}{s}$]
<i>π</i> :3.1415...	[<i>π</i>]

TABLA 3.2 Tabla de datos fijos y variables para el cálculo del diámetro de tubería para los distintos trayectos.¹²⁶

Para poder visualizar el cálculo realizado para cada tramo de tubería, utilizando la ecuación de la continuidad (Ver *MEMORIAS DE CÁLCULO 3.3.1.2*).

3.3.1.3. TABLA DE RESULTADOS DEL CALCULO DE DIAMETRO DE TUBERIAS SELECCIONADO PARA VAPOR

Los resultados de los diámetros de la tubería de vapor, se pueden verificar en:

(**VERTABLA DE RESULTADOS A1 SEGÚN ASME/ANSI B36.1**) en la cual se especifican los diámetros de tubería calculados para el sistema.

¹²⁶Fuente: Autores (Santiago Cabrera – David Troya)

3.3.1.3.1. ANALISIS DE TABLA DE RESULTADOS A1

Se observa en la (*TABLA DE RESULTADOS A1*), los resultados obtenidos en el software de cálculo SE-1 de TLV, la cual muestra el flujo de vapor que sería necesario para obtener las temperaturas deseadas y en el tiempo establecido, y la caída de presión admisible.

En dicha tabla el código 02-TV-04-00, cabe anotar que para el flujo establecido basta con una tubería de diámetro 1 ¼”, sin embargo se procede a seleccionar una de mayor diámetro (2 pulgadas), debido a que existe la conexión de dicha tubería en el diámetro indicado. En otras palabras, dicha salida del distribuidor de vapor principal, deberá acoplarse a una conexión de tubería de 2 “.

Con respecto al código de tubería 06-TV-03-00, cabe indicar que es un tramo de tubería principal crítico, ya que es aquel que tiene la mayor longitud y contenido de accesorios en el sistema, esto por su geometría de instalación. Debido a esto se muestra en la hoja de cálculo 04-TV-03-00, en el cual se procede al cálculo con la velocidad permisible para vapor (Ver tabla 1.2), y en dicha hoja se observa que la caída de presión excede considerablemente (15%), de la presión requerida para el calentamiento del sistema.

Por este motivo en la hoja de cálculo 05-TV-03-00 , se muestra el cálculo en el cual se varia la velocidad dentro de los rangos permitidos, obteniendo así un diámetro de tubería de 5 pulgadas (ASTM A53/GRADO B), sin embargo este diámetro de tubería no es de tipo comercial en el Ecuador, y se procede al Re-cálculo , variando la velocidad dentro del rango de tuberías principales de vapor (20 m/s), obteniendo un diámetro de tubería de 6 pulgadas (ASTM A53/GRADO B), Ver hoja de cálculo 06-TV-03-00 . La velocidad corregida para este punto es de 14.2 m/seg, la cual nos asegura una caída mínima de presión (0.18 Bar), admisible en el sistema.

3.4. DIMENSIONAMIENTO DEL DISTRIBUIDOR POR EL METODO DE VELOCIDAD DEL VAPOR.¹²⁷

El distribuidor o cabezal de vapor es considerado un recipiente sometido a presión en el cual se estabilizan flujo y presiones provenientes de los generadores de vapor. Generalmente es un recipiente de forma cilíndrica el cual se considera una tubería de diámetro mayor, recibiendo el flujo de vapor de dichos generadores.

La diferencia con una tubería de transporte normal de vapor, radica en que las velocidades admisibles a manejarse son relativamente inferiores a las que comúnmente viaja el vapor saturado (*Ver FIGURA 3.5*), siendo la velocidad recomendada la siguiente:

V.min	Vmax.
5 m/s	8 m/s

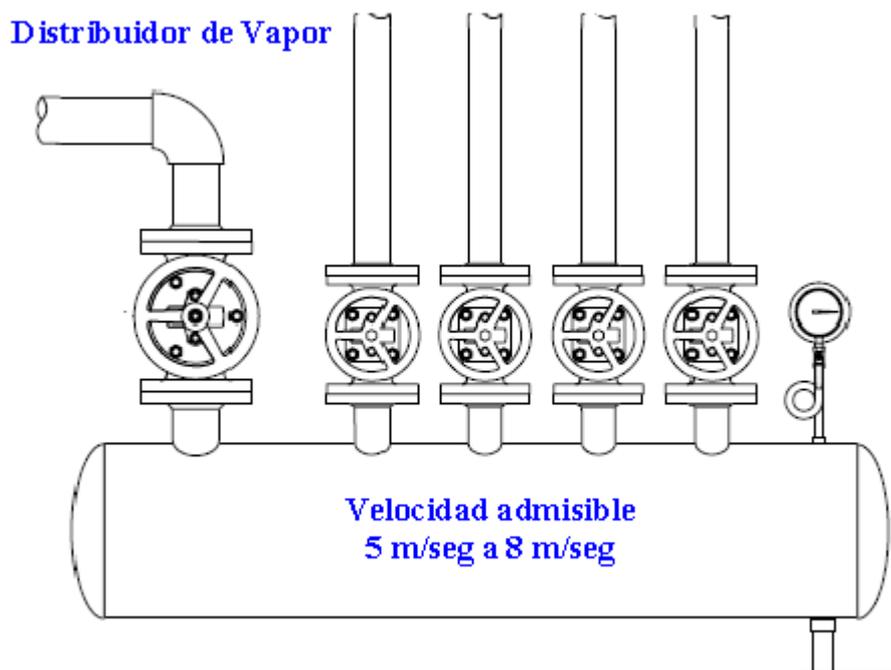


FIGURA 3.5: Velocidades admisibles distribuidor de vapor.

¹²⁷ Fuente: Seminario de vapor SPIRAX SARCO Junio 2012

3.4.1. DISEÑO DISTRIBUIDOR SALA DE MAQUINAS

Para el diseño de este dispositivo, se anotan los siguientes parámetros de diseño (*Ver TABLA 3.3*):

Velocidad	8 m/s
Flujo de vapor	3972.6 Kg/hora
Presión	7 BAR
Cédula	SCH 40

TABLA 3.3 *Tabla de parámetros para el diseño del diámetro del distribuidor de sala maquinas.*¹²⁸

Para realizar este cálculo, se procede a utilizar el software SE-1 de TLV para dimensionamiento de tubería en base a la velocidad, obteniendo los siguientes resultados (*Ver TABLA 3.4*):

Rugosidad tubería*	Ø TUBERIA	Ø Interno Tubería		Caída de Presión		Numero de Reynolds	Velocidad Corregida
		[mm]	[in]	[Bar]	[Kpa]		
0,05	10	254.5	10.020	0.02	1.8	375594	5.21

TABLA 3.4 *Tabla de resultados del cálculo del diámetro del distribuidor de vapor de la sala de máquinas.*¹²⁹

Con dichos resultados se procede a realizar el plano del distribuidor (**VER PLANO 10-1411-1374-06/07**).

3.4.1.1. DISTANCIA ENTRE TUBERIAS DE ALIMENTACION.

El cabezal distribuidor de vapor presenta una longitud que ha sido determinada en base al número de tuberías que ingresan y extraen vapor para el abastecimiento de recurso energético a los equipos de consumo, para este propósito se ha tomado en consideración los siguientes aspectos:

- Esta distancia es de vital importancia ya que son tuberías de un diámetro de 2 y 2 ½ pulgadas y están acopladas a válvulas de compuerta que poseen un tamaño considerable y para facilidad de instalación, manipulación y

¹²⁸ Fuente: Autores (Santiago Cabrera- David Troya)

¹²⁹ Fuente: Tabla de resultados- Autores (Santiago Cabrera – David Troya)

mantenimiento se ve la necesidad de brindar un espaciado adecuado entre ellas con finalidad de evitar cualquier eventualidad y que la operación de estos accesorios sea adecuada.

- Tener una tolerancia adecuada entre tuberías, para que estas puedan aislarse térmicamente sin dificultad.
- La distancia entre tuberías de servicio se ha considerado en base a los criterios anteriores, y se estima que esta distancia equivale de 2 a 3 veces el diámetro de la tubería de servicio indicada, siempre y cuando se cumpla con los parámetros de seguridad y manipulación acotados.

3.4.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRAMPEO DISTRIBUIDOR SALA DE MAQUINAS.

Para diseñar el sistema de trampeo, primero se debe usar las condiciones de operación y seleccionar según estas condiciones el tipo de trampa de vapor, por lo tanto:

- Flujo atreves del distribuidor o cabezal de vapor: 3972.6 Kg/hora
- En este tipo de cabezal se considera que el 10 % del flujo se condensa¹³⁰ (y luego considerar un factor de seguridad de 2).
- El cabezal de vapor es uno de los puntos más importantes ya que es el primer paso donde debe realizarse el secado de vapor, por tal motivo se necesita de una trampa que evacua el condensado de forma estable y continua.

La trampa de vapor que cumple con esta función, es la trampa de flotador y palanca con venteo termostático.

Por lo tanto se considera lo siguiente:

- Porcentaje de flujo (10 % del total): 397.26 Kg/hora
- Factor de seguridad recomendado: 2
- Flujo a considerar para selección de trampa: 794.52 Kg/hora.
- Presión diferencial: **5.6BAR**

Con los datos obtenidos se procede a seleccionar en base al manual de productos mecánicos de SPIRAX-SARCO¹³¹, seleccionamos la trampa de flotador y venteo

¹³⁰ Seminario SPIRAXSARCO

termostático FT-14-14 (1 pulgada), cuya curva de descarga de condensado es la siguiente: TI-2-306-US 09_06 (PAG 2:187). (Ver ANEXO 2.3)

La trampa que cumple estos parámetros de funcionamiento es el modelo:

FT-14-14 (1 pulgada) (VER PLANO 10-1411-1374-06/07)

3.4.3. DISEÑO DEL DISTRIBUIDOR PRINCIPAL DE VAPOR.

Considerando el plano (***VER PLANO 10-1411-1374-07/08***), el distribuidor principal de vapor recibirá el flujo de las calderas disponibles, por tanto maneja en teoría el flujo proveniente de las 2 calderas, es conocido que el diámetro que debe tener un cabezal o distribuidor de vapor no está en función de su longitud, sino más bien del flujo que puede abarcar de acuerdo al rango de velocidad bajo de vapor que maneja (5 m/s a 8 m/seg). (***Ver TABLA 3.5***)

Por este motivo se concluye que dicho cabezal debe tener los siguientes parámetros, de similares características al equipo del punto (3.4.2)

Rugosidad tubería*	Ø TUBERIA		Ø Interno Tubería		Caída de Presión		Numero de Reynolds	Velocidad
	mm	Inch	[mm]	[in]	[Bar]	[Kpa]		Corregida [m/s]
0,05	10	254.5	10.020	0.02	1.8	375594	5.21	

TABLA 3.5 Tabla de resultados del cálculo del diámetro del distribuidor principal de vapor.¹³²

De igual manera la trampa que drena el condensado de este equipo es:

FT-14-14(1 pulgada)

3.4.3.1. DISTANCIA ENTRE TUBERIAS DE ALIMENTACION.

El cabezal distribuidor de vapor presenta una longitud que ha sido determinada en base al número de tuberías que ingresan y extraen vapor para el abastecimiento de recurso energético a los equipos de consumo, para este propósito se ha tomado en consideración los siguientes aspectos.

¹³¹ Manual de productos mecánicos

¹³²Fuente: Tabla de resultados- Autores (Santiago Cabrera – David Troya)

Esta distancia es de vital importancia ya que son tuberías de un diámetro de varias diámetros en pulgadas y están acopladas a válvulas tipo globo, que poseen un tamaño considerable y para facilidad de instalación, manipulación y mantenimiento se ve la necesidad de brindar un espaciamiento adecuado entre ellas con finalidad de evitar cualquier eventualidad y que la operación de estos accesorios sea adecuada.

Como se analizó en el diseño de distribuidor de la sala de máquinas, La distancia entre tuberías de servicio se ha considerado en base a los criterios anotados, y se estima que esta distancia equivale de 2 a 3 veces el diámetro de la tubería de servicio indicada, siempre y cuando se cumpla con los parámetros de seguridad y manipulación acotados.

Tomando en cuenta una posible implementación de nuevos equipos de consumo por parte de la Termoeléctrica Miraflores, se diseña el distribuidor con dos salidas auxiliares con un diámetro de (2) pulgadas para poder abastecer con un flujo aceptable a los equipos que se deseen implementar y que no excedan la capacidad de generación de las calderas.

Para una clara observación de la cantidad de entradas y salidas que tiene el distribuidor de vapor y sus dimensiones (*VER PLANO 10-1411-1374-06/07/08/09*)

3.4.4. DISEÑO BOTAS DE RECOLECCION DE CONDENSADO EN DISTRIBUIDORES DE VAPOR

Se debe tener en cuenta que cada uno de los distribuidores diseñados, requieren de sus respectivas trampas o drenes de condensado, el diseño propuesto y en base a las trampas seleccionadas a continuación en (sección 4), el sistema recomendado se encuentra en el (*VER PLANO 10-1411-1374-10*) sustentado en el capítulo uno de este documento. (*Ver Sección 1.5.6*)

3.5. SELECCIÓN DE TRAMPAS DE VAPOR DE LOS EQUIPOS EN EL SISTEMA

Los parámetros necesarios para dimensionar las trampas de vapor, las cuales su teoría se anotan en el capítulo 3, serán los utilizados para dimensionar la capacidad de descarga de condensado de cada uno de los equipos que requieren.

El orden a seguir será de acuerdo a la codificación de las líneas, y el orden de ubicación de los tanques, el cálculo que se muestra a continuación refiere a una selección manual de la trampa de dicho equipo, luego de esto se muestra una tabla que contiene exactamente el mismo procedimiento de selección para el resto de equipos y de forma resumida.

3.5.1. SELECCIÓN TRAMPA DE VAPOR TQB-01.

En este tipo de calentamiento por medio de serpentín, los fabricantes de sistemas de vapor recomiendan utilizar trampas mecánica de flotador*, debido a que la generación de condensado es constante y se asume que todo el vapor que entra al tanque o equipo se condensa, dicha trampa tiene la característica de poder desalojar el condensado de forma continua y constante.

Además que este tipo de serpentines son susceptibles a los golpes de ariete, como ya se anotó en la sección del capítulo uno.

3.5.1.1. LOS PARÁMETROS DE SELECCION:

Para esto la publicación de instalaciones de vapor¹³³, refiere que el consumo de vapor debe ser multiplicado por un factor de seguridad de 2, para respaldar la confiabilidad de la trampa al momento de descargar el condensado y colaborar con la eficiencia del equipo, con esto tenemos:

Presión en la línea de vapor: 7 BAR

Consumo de vapor del tanque: 1448 Kg/hora.¹³⁴

- Flujo de descarga requerido en la trampa de vapor es el siguiente:

2896 Kg/hora

¹³³ Fuente: Hookups Spirax Sarco

¹³⁴ Fuente: Diseño de las líneas de vapor para el calentamiento de los tanques de almacenamiento de combustible de la central térmica Miraflores – (sección 2.2.1.3.1)

En la sección de la publicación técnica Mecánica Productos (Productos Mecánicos), en la página 1:142, se encuentra los modelos disponibles de trampas de vapor de flotador y venteo termostático de aire.

3.5.1.2. EL PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN DE TRAMPA DE VAPOR:

Tipo de trampa: flotador y termostato:

- Capacidad requerida de descarga **2896 Kg/hora** (aplicando factor de seguridad de 2)¹³⁵ = **4792 Kg/hora**
- Presión: 7 Barg
- Contrapresión o columna: 20% (1.4 BAR= 20.3 PSI)
- Diferencial de Presión: 5.6 (BAR)

Por configuración de montaje, la trampa adecuada es el modelo FT-14, y que tiene la entrada de vapor y salida de condensado en forma lineal. Con los parámetros propuestos se analiza la curva de capacidad de descarga de dicha trampa (*Ver FIGURA 3.6*).

¹³⁵Hookups SPIRAX SARCO

Capacities in lb/h hot condensate

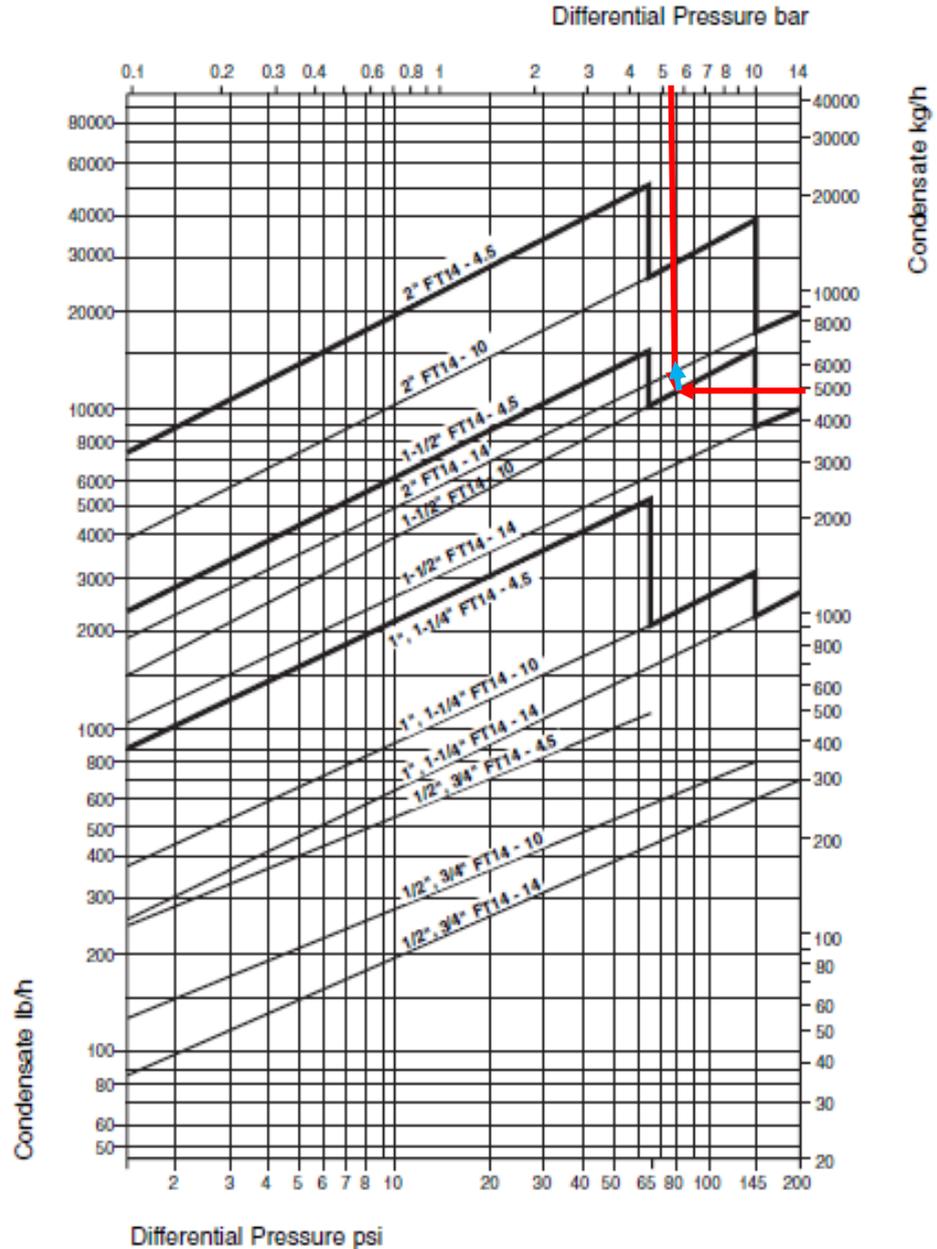


FIGURA 3.6: Gráfica de la curva para selección de trampa según Curva TI-2-306-US-09-06¹³⁶. Se puede apreciar que la trampa FT-14-14 de diámetro de conexión una 1 1/2", puede admitir dicha carga de condensado, por tanto es la adecuada para esta aplicación.

El resumen de selección de trampas se encuentra (**VER TABLA DE RESULTADOS A2**)

¹³⁶Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/condensate-recovery/sizing-condensate-return-lines.asp>

3.5.2. DRENAJE DE CONDENSADO EN LINEAS PRINCIPALES DE ALIMENTACION PIERNAS COLECTORAS.

Es importante realizar el trapeo en las líneas principales de vapor, debido a que estas generan condensado por la pérdida de calor ocurrida en el trayecto desde la generación, hacia los puntos de consumo en las paredes de las tuberías, y con mayor razón el arranque del sistema.

Para esto los fabricantes especialistas recomiendan realizar dicho trapeo en una distancia prudente equivalente a 30 metros de distancia entre cada estación y tener en cuenta las cargas de condensado que se generan en el arranque del sistema. Este drenaje de condensado se lo realiza con botas colectoras tal como se muestran a continuación(Ver FIGURA 3.7).

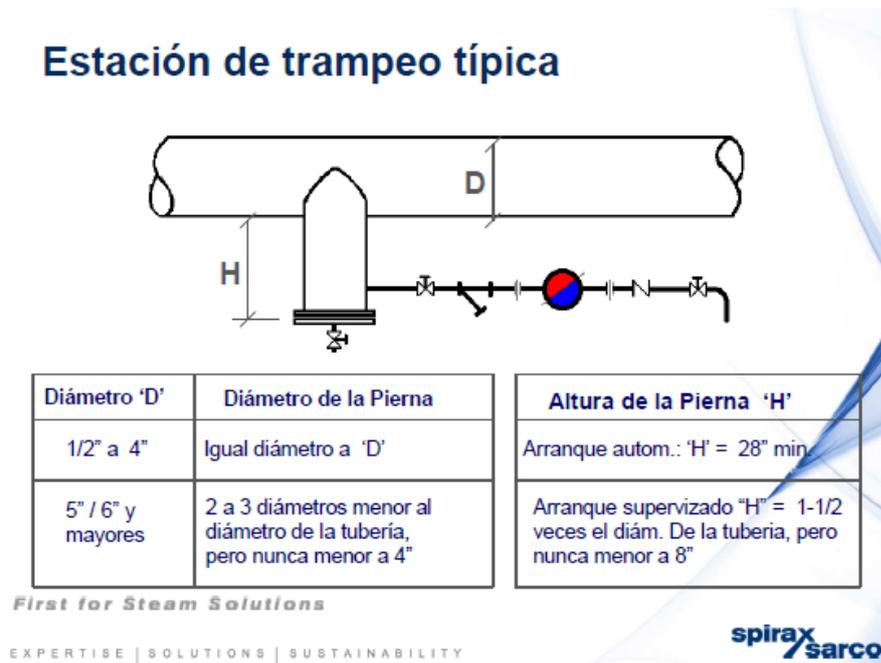


FIGURA 3.7: Gráfica de una pierna colectoras y modelo de dimensionamiento según SpiraxSarco.¹³⁷

Como se puede apreciar, y acorde al plano (VER PLANO 10-1411-1374-10), los diámetros de los bolsillos, altura de pierna se encuentran en el plano adjunto, con la especificación dada por el fabricante. Para la selección de la trampa con capacidad suficiente, se plantea los siguientes parámetros:

¹³⁷Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/condensate-recovery/sizing-condensate-return-lines.asp>

- Vapor saturado: 7 BAR
- Longitud de tubería **35 metros ((VER PLANO 10-1411-1374-04))**
- Tubería 4 pulgadas SCH 40
- °Ambiente:30°C temporada caliente, 22°C en la temporada más fría (Manta)
- Se asume arranque automático 2 horas, contrapresión de 0.345 BAR:
- Tubería aislada máxima eficiencia.

3.5.2.1. FLUJO DE CONDENSADO.

En la (TABLA 3.6), de la publicación técnica del fabricante SPIRAX SARCO, se encuentran las cargas de condensado generadas en líneas de vapor principales por cada 30,48 metros (100 pies), generadas en el arranque.

Warm-Up Load in Pounds of Steam per 100 Ft of Steam Main															
Ambient Temperature 70°F. Based on Sch. 40 pipe to 250 psi, Sch. 80 above 250 except Sch. 120 5" and larger above 800 psi															
Steam Pressure psi	2"	2½"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"	O°F Correction Factor†
0	6•2	9•7	12•8	18•2	24•6	31•9	48	68	90	107	140	176	207	308	1•50
5	6•9	11•0	14•4	20•4	27•7	35•9	48	77	101	120	157	198	233	324	1•44
10	7•5	11•8	15•5	22•0	29•9	38•8	58	83	109	130	169	213	251	350	1•41
20	8•4	13•4	17•5	24•9	33•8	44	66	93	124	146	191	241	284	396	1•37
40	9•9	15•8	20•6	30•3	39•7	52	78	110	145	172	225	284	334	465	1•32
60	11•0	17•5	22•9	32•6	44	57	86	122	162	192	250	316	372	518	1•29
80	12•0	19•0	24•9	35•3	48	62	93	132	175	208	271	342	403	561	1•27
100	12•8	20•3	26•6	37•8	51	67	100	142	188	222	290	366	431	600	1•26
125	13•7	21•7	28•4	40	55	71	107	152	200	238	310	391	461	642	1•25
150	14•5	23•0	30•0	43	58	75	113	160	212	251	328	414	487	679	1•24
175	15•3	24•2	31•7	45	61	79	119	169	224	265	347	437	514	716	1•23
200	16•0	25•3	33•1	47	64	83	125	177	234	277	362	456	537	748	1•22
250	17•2	27•3	35•8	51	69	89	134	191	252	299	390	492	579	807	1•21
300	25•0	38•3	51	75	104	143	217	322	443	531	682	854	1045	1182	1•20
400	27•8	43	57	83	116	159	241	358	493	590	759	971	1163	1650	1•18
500	30•2	46	62	91	126	173	262	389	535	642	825	1033	1263	1793	1•17
600	32•7	50	67	98	136	187	284	421	579	694	893	1118	1367	1939	1•16
800	38	58	77	113	203	274	455	670	943	1132	1445	1835	2227	3227	1•156
1000	45	64	86	126	227	305	508	748	1052	1263	1612	2047	2485	3601	1•147
1200	52	72	96	140	253	340	566	833	1172	1407	1796	2280	2767	4010	1•140
1400	62	79	106	155	280	376	626	922	1297	1558	1988	2524	3064	4440	1•135
1600	71	87	117	171	309	415	692	1018	1432	1720	2194	2786	3382	4901	1•130
1750	78	94	126	184	333	448	746	1098	1544	1855	2367	3006	3648	5285	1•128
1800	80	97	129	189	341	459	764	1125	1584	1902	2427	3082	3741	5420	1•127

†For outdoor temperature of 0°F, multiply load value in table for each main size by correction factor shown.

TABLA 3.6: Tabla en la cual se encuentran las cargas de condensado generados en las líneas de vapor principales según la presión y dimensión de tubería cuando esta estacionario en el arranque.¹³⁸

ARRANQUE:

$$(37 \text{ lbs por } 100 \text{ ft}) \times 1 = 37 \text{ lbs}$$

¹³⁸ Fuente: HOOK-UPS – SpiraxSarco.

37 lbs.por 2 hrs = 37lbs / 2 hr = **18,5lbs/hr**

OPERACIÓN:

Running Load in Pounds per Hour per 100 Ft of Insulated Steam Main															
Ambient Temperature 70°F. Insulation 80% efficient. Load due to radiation and convection for saturated steam.															
Steam Pressure psi	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	Main Size					24"	0°F Correction Factor†		
							8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"		
10	6	7	9	11	13	16	20	24	29	32	36	39	44	53	1*58
30	8	9	11	14	17	20	26	32	38	42	48	51	57	68	1*50
60	10	12	14	18	24	27	33	41	49	54	62	67	74	89	1*45
100	12	15	18	22	28	33	41	51	61	67	77	83	93	111	1*41
125	13	16	20	24	30	36	45	56	66	73	84	90	101	121	1*39
175	16	19	23	26	33	38	53	66	78	86	98	107	119	142	1*38
250	18	22	27	34	42	50	62	77	92	101	116	126	140	168	1*36
300	20	25	30	37	46	54	68	85	101	111	126	138	154	184	1*35
400	23	28	34	43	53	63	80	99	118	130	148	162	180	216	1*33
500	27	33	39	49	61	73	91	114	135	148	170	185	206	246	1*32
600	30	37	44	55	68	82	103	128	152	167	191	208	232	277	1*31
800	36	44	53	69	85	101	131	164	194	214	244	274	305	365	1*30
1000	43	52	63	82	101	120	156	195	231	254	290	326	363	435	1*27
1200	51	62	75	97	119	142	185	230	274	301	343	386	430	515	1*26
1400	60	73	89	114	141	168	219	273	324	356	407	457	509	610	1*25
1600	69	85	103	132	163	195	253	315	375	412	470	528	588	704	1*22
1750	76	93	113	145	179	213	278	346	411	452	516	580	645	773	1*22
1800	79	96	117	150	185	221	288	358	425	467	534	600	667	800	1*21

†For outdoor temperature of 0°F, multiply load value in table for each main size by correction factor shown.

TABLA 3.7: Tabla en la cual se encuentra la carga de condensado generado en las líneas de vapor principales según la presión y dimensión de tubería en operación.¹³⁹

En la (TABLA 3.7), se puede apreciar las cargas de condensado en líneas principales de vapor por cada 30,8 metros (100 pies), esto ya cuando el sistema se encuentra en operación.

(22 lbs/hr por 100 ft) x 1 = **22 lbs/hr**

Factor de seguridad = 2

Carga de diseño:

18,5 lbs/hr X 2 (FS) = **37lbs/hr**

Presión Diferencial = 7 – 0.345 = 6,655 BAR

La trampa adecuada para cada pata de goteo es la siguiente:

Trampas elegida ½” **TD52L**

¹³⁹Fuente: HOOK-UPS – SpiraxSarco.

La trampa con principio de funcionamiento termodinámico es la más adecuada para esta aplicación:¹⁴⁰

3.6. SELECCIÓN DE JUNTA DE EXPANSION

Para la selección de la junta de expansión se procede previamente a determinar cuál es el tramo de tubería más largo, ya que este es el tramo más crítico de deformación, y el tramo más largo es el de 65m, que va desde el distribuidor 1 al distribuidor 2. **(VER PLANO 10-1411-1374-04)**

Usando la Ecuación:

$$L_f = L_o (1 + \alpha * \Delta t) \quad \text{EC.1.5}$$

Dónde:

α =coeficiente de dilatación lineal [$^{\circ}\text{C}^{-1}$]

L_o = Longitud inicial.

L_f = Longitud final.

Δt = Diferencia de temperatura.

Material (Acero al Carbono) = 0,0000111/ $^{\circ}\text{C}$ Ver tabla de material

Donde después de hacer el procedimiento de cálculo, se determina el resultado en cual se basara para el selecciona miento de la junta de expansión adecuada para el tramo de tubería de vapor indicado.

Dilatación calculada = 0.03932 m [39mm], por lo cual se selecciona:

JUNTA DE EXPANSIÓN GENEVRE PART: 2835A METAL EXPANSION JOINT, FLANGED ASA150.¹⁴¹

Las especificaciones técnicas como la expansión máxima, la temperatura máxima y todos los ciclos que puede soportar están detallados en el **(ANEXO 1.11)**.

¹⁴⁰Fuente: HOOKUPS spiraxsarcoPag. 40.

¹⁴¹ Fuente: <http://www.allvalves.co.uk/uploads/documents/Expansion%20joint%202835A.pdf>

3.7. SELECCIÓN DE LAS LINEAS TRACER

En la selección del tamaño y el número de las líneas tracer intervienen la pérdida de calor del fluido de la línea primaria, el diámetro de la tubería principal y la temperatura requerida en el fluido principal

Las medidas más comunes utilizadas en tracers son de 3/8", 1/2", 3/4" o 1" e inclusive tuberías de mayor tamaño. Otra corriente se basa en que debido a que las líneas tracers tienen sólo un mínimo contacto con la línea de producto, éstas aportarán con una mejor distribución de calor si todas son de 1/2" de diámetro.

El método más usado para la selección de tamaño de las líneas tracer es por medio de las tablas, ya que es una recopilación de los resultados obtenidos por los cálculos y modelos matemáticos los cuales se muestran en el capítulo I.¹⁴²

Para el presente diseño, la codificación 02-TV-07-00 se utiliza para especificar la línea tracer en general que cumple la función de calefacción en el sistema.

Las líneas en las se debe realizar ésta técnica de calentamiento y calefacción son las siguientes (*Ver TABLA 3.8*).

DIAMETRO	DESCRIPCIÓN EN EL SISTEMA	CÓDIGO
6" SCH40	TUBERIA PRINCIPAL BUNQUER CARGA	06-TB-01-00
6" SCH40	TUBERIA PRINCIPAL BUNQUER DESCARGA	06-TB-02-00

TABLA 3.8: Código de las líneas de combustible a calentar con las líneas tracer.¹⁴³

Para el diseño se plantea lo siguiente:

Se considera una línea de calefacción tracer, NO-crítico del tipo A, de acuerdo a la ***TABLA 3.9***, de la publicación HOOK-UPS, ya que en la ciudad de Manta por su ubicación en las costas del Pacífico, la temperatura más baja registrada es de 21 °C.

La (***TABLA 3.9***) se muestra a continuación:

¹⁴²Fuente: Design of fluid systems –HOOK-UPS.(Spirax_Sarco) .pág : 12

¹⁴³Fuente : Autores (Santiago Cabrera- David Troya).

Number of 1/2" (15mm) Tracers Used with Different Sizes of Product Lines			
	Type A Noncritical General frost protection or where solidification may occur at temps below 75°F	Type B Noncritical Where solidification may occur at temps between 75-150°F	Type C Critical When solidification may occur at temps between 150-300°F
Product Line Size	Number of 1/2" Tracers	Number of 1/2" Tracers	Number of 1/2" Tracers
1"		1	1
1 1/2"		1	2
2"		1	2
3"		1	3
4"	1	2	3
6"	2	2	3
8"	2	2	3
10"-12"	2	3	6
14"-16"	2	3	8
18"-20"	2	3	10

TABLA 3.9: *Tabla de selección de las líneas tracer de 1/2" según cada caso específico, normalizado según base del proveedor SpiraxSarco.*¹⁴⁴

Tanto la línea de producto bunker *06-TB-01-00* y *06-TB-02-00*, son de diámetro 6 pulgadas.

De acuerdo a esto las líneas tracer serán construidas en un diámetro de 1/2 pulgada, utilizando la siguiente sección de configuración (*Ver FIGURA 3.8*)

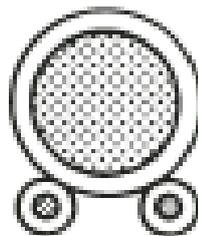


FIGURA 3.8 *Sección transversal configuración líneas tracer.*¹⁴⁵

¹⁴⁴Fuente: HOOK-UPS – SpiraxSarco.

¹⁴⁵ Fuente : Autores (Santiago Cabrera – David Troya)

3.7.1.1. INSTALACIÓN DE LINEAS TRACER

Se requieren procedimientos de instalación apropiados para asegurar la eficiencia de una línea tracer. En líneas de fluido horizontal, el vapor de la línea tracer generalmente fluye en la dirección opuesta a la del fluido primario en la tubería, pero debe instalarse de tal forma que el condensado pueda drenarse por gravedad.

En los puntos bajos de las líneas tracer se puede crear estancamiento y son lugares donde se forman zonas frías y deben ser evitadas.

Generalmente cuando se usa una sola línea tracer (**FIGURA 3.9**) (a), ésta es ubicada bajo la tubería del fluido primario.

Cuando hay dos líneas tracer (**FIGURA 3.9**) (b), éstas son ubicadas normalmente bajo la tubería principal separadas en un ángulo de 30°.

Si es que se tienen tres líneas tracer instaladas (**FIGURA 3.9**) (c), éstas deberían estar ubicadas igualmente en la parte inferior de la tubería principal pero apartadas con ángulos de 45°.

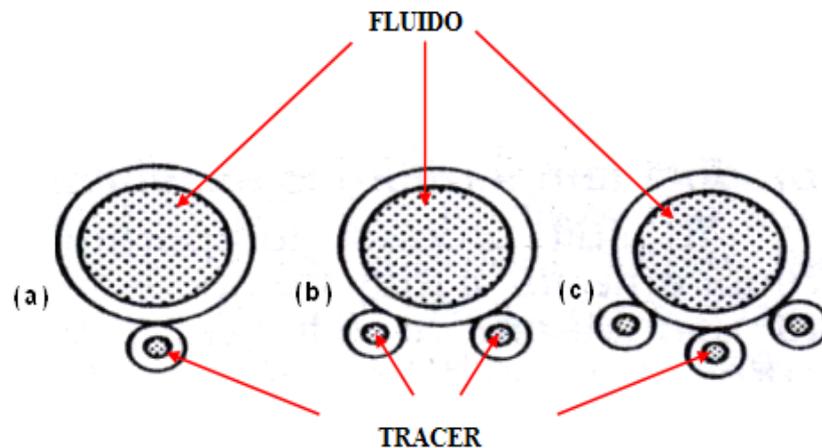


FIGURA 3.9 Instalación de una a tres líneas tracer.¹⁴⁶

¹⁴⁶Fuente : Design of fluid systems –HOOK-UPS.(SpiraxSarco) .pág 15

3.8. DISEÑO DE LINEAS DE CONDENSADO PARA LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE POR MEDIO DEL METODO DE TAMAÑO CARTA¹⁴⁷

La tubería de tamaño carta se puede utilizar para el dimensionamiento 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 luego de ceder su calor latente, 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 (15mm por cada 100m).
- 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.
- Las velocidades aceptables son de 15 a 20 m / s, según el tamaño de la tubería.

Para el dimensionamiento de las tuberías para cada equipo es necesario (Usar *ANEXO 1.7*) para así determinar una tabla de resultados:

3.8.1. DISEÑO DE LA TUBERIA PRINCIPAL DE RETORNO DE CONDENSADO.

Como se menciona en la sección (1.5.5.1), una vez seleccionadas las trampas de vapor para los determinados equipos, se considera que el diámetro de tubería secundaria de retorno de condensado es equivalente al diámetro seleccionado en la curva de funcionamiento de la trampa de vapor. Para la visualización de los diámetros y código de las tuberías de retorno de condensado (*Ver TABLA DE RESULTADOS A3*).

La descarga de condensado en la mayor parte de los equipos se lo hace hacia una línea común paralela a las líneas de distribución de vapor, la línea principal de retorno de condensado está a un nivel de referencia de 0 [m] y las líneas secundarias

¹⁴⁷Fuente:<http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/condensate-recovery/sizing-condensate-return-lines.asp>

de retorno de condensado no debe sobrepasar los 3 [m] de altura por debajo de la referencia para así poder superar la columna de contrapresión del 20%, ya que si sobrepasa esta altura se debe utilizar un sistema de bombeo.

Para el diseño de la línea de retorno de condensado que tienen en común los tanques de combustible en la Termoeléctrica Miraflores usaremos la (FIGURA 3.10), para ver más detalladamente el sistema de retorno de condensado (PLANO 10-1411-1374-05)

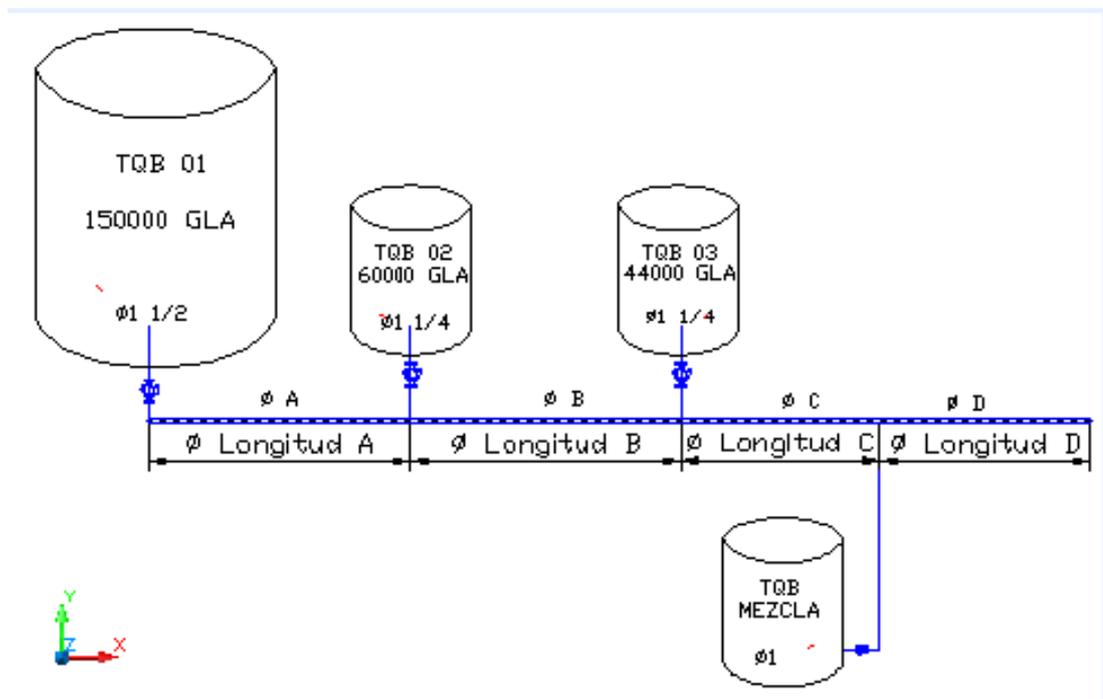


FIGURA 3.10 Gráfica de la línea en común a diseñar para los tanques¹⁴⁸

El diámetro de la tubería común para el tramo de longitud, se determina por las ecuaciones:

$$\emptyset \text{ Longitud A} = \emptyset \text{ tubería TQA} - 01$$

$$\emptyset \text{ Longitud B} = \sqrt{(\emptyset \text{ Longitud A})^2 + (\emptyset \text{ tubería TQB} - 02)^2}$$

$$\emptyset \text{ Longitud C} = \sqrt{(\emptyset \text{ Longitud B})^2 + (\emptyset \text{ tubería TQB} - 03)^2}$$

$$\emptyset \text{ Longitud D} = \sqrt{(\emptyset \text{ Longitud C})^2 + (\emptyset \text{ tubería Tanque mezcla})^2}$$

¹⁴⁸Fuente : Autores (Santiago Cabrera – David Troya)

El diámetro calculado servirá para seleccionar un diámetro de tubería existente en el mercado nacional, bajo la norma ASTM A-53.

Para la selección de los diámetros están involucrados la experiencia y el criterio del diseñador. Los resultados del diseño de la tubería principal de retorno de condensado se encuentran en la (**TABLA 3.10**).

DISEÑO DE LA LÍNEA PRINCIPAL DE CONDENSADO PARA LOS TANQUES			
TRAMO DE TUBERIA	Ø CALCULADO [mm]	Ø CALCULADO [inch]	Ø SELECCIONADO [inch]
<i>Ø Longitud A</i>	38.1	1.5	1 ½
<i>Ø Longitud B</i>	49.59	1.95	2
<i>Ø Longitud C</i>	62.48	2.46	2 ½
<i>Ø Longitud D</i>	65.27	2.57	3

TABLA 3.10 *Tabla de resultados del diseño de la línea principal de condensado para los tanques según los tramos seleccionados.*¹⁴⁹

Para una selección de las tuberías de retorno de condensado y sus características se puede visualizar la (**TABLA DE RESULTADOS A3**)

¹⁴⁹Fuente : Autores (Santiago Cabrera – David Troya)

3.9. DETERMINACION DE DISTANCIA ENTRE SOPORTES

La localización de los soportes depende del tamaño de la tubería, configuración de la misma, localización de las válvulas y accesorios y de la estructura disponible para el soporte de tuberías.

En un tendido de tubería horizontal, sencillo, en campo abierto, el espaciamiento de soportes depende únicamente de la resistencia del tubo. Dentro de los límites de una unidad de proceso, por otra parte, el espaciamiento de soportes está determinado mayormente por el espaciamiento de columnas convenientemente ubicadas.

El máximo espacio sugerido entre soportes, se encuentra listado en la **TABLA 3.11**. Este espaciado se basa sobre un esfuerzo de torsión y cortante combinado de 1500 Psi (10.34 MPa), cuando la tubería está llena de líquido 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.

En caso que se presenten cargas concentradas, los soportes deberían estar puestos tan cerca como sea posible a la carga, con la intención de mantener el esfuerzo flector al mínimo.

En la práctica, un soporte debería ser colocado inmediatamente después de cualquier cambio de dirección en la tubería.

∅	Pulg	1	1 ½	2	2 ½	3	3 ½	4
	Mm	25,4	38,1	50,8	63,5	76,5	88,9	101,6
Espacio	Pies	7	9	10	11	12	13	14
	Mts.	2,134	2,743	3,048	3,353	3,658	3,962	4,267
∅	Pulg.	5	6	8	10	12	14	16
	Mm	127	152,4	203,2	254	304,8	355,6	406,4
Espacio	Pies	16	17	19	22	23	25	27
	Mts.	4,877	5,182	5,791	6,706	7,01	7,62	8,23

TABLA 3.11 Distancia recomendado entre soportes para tubería.¹⁵⁰

¹⁵⁰Fuente: NORMA ASTM B31.3 PROCESS PIPING GUIDE

Para los tramos verticales de tubería es necesario tomar las consideraciones dadas por los especialistas, las consideraciones más importantes están en la **TABLA 3.12**

Ubicación	Separación Mínima	
	Pies	Mm
Sobre vías principales abiertas al tránsito libre (tales como la periferia de los límites del área de unidades de proceso)	20 pies	6100
Dentro de las áreas de unidades de proceso: encima de vías internas provistas para el acceso de equipo de mantenimiento y contra incendio.	16 pies	4880
Debajo de puentes de tubería donde el acceso es:	12 pies	3650
<ul style="list-style-type: none"> • Requerido para equipos vehiculares • Requerido solamente para equipo de servicio portátil (temporal) 	10 pies	3050
Encima de pasarelas y plataformas elevadas	6 pies 9 pulg.	2050
Debajo de cualquier tubería a bajo nivel y sobre áreas pavimentadas o sin pavimentar	1 pie	300

TABLA 3.12 Separaciones mínimas verticales para sujeción de tubería.¹⁵¹

Ya que hay varios tramos de tubería de distintos diámetros se procede a distanciar los soportes según el tramo a sujetar bajo las tablas anteriormente especificadas.

(VER PLANO 10-1411-1374-14)

¹⁵¹Fuente: NORMA ASTM B31.3 PROCESS PIPING GUIDE

3.9.1. DESCRIPCION DE LOS ELECTRODOS DEL PROCESO DE SOLDADURA ELECTRICA (SMAW).

Para el proceso de soldadura vale recalcar que en la Central Térmica Miraflores hay en bodega electrodos revestidos E-6011 y E-6013, de los procesos anteriores de reparaciones y construcción.

El proceso de soldadura será realizado por los soldadores calificados, contratados de manera que sumara un costo indirecto como mano de obra, el cual será sumado al costo total del proyecto en el capítulo de Costos. Las características de los electrodos son:

3.9.1.1. ELECTRODO E-6011

El electrodo 6011 posee un revestimiento de tipo celulósico diseñado para ser usado con corriente continua, electrodo positivo. (*Ver FIGURA 3.11*).

La rápida solidificación del metal depositado, facilita la soldadura en posición vertical y sobre cabeza. El arco puede ser dirigido fácilmente en cualquier posición permitiendo altas velocidades de deposición.

Características:

- Electrodo para acero dulce o al carbono.
- Toda posición.
- Corriente continua, electrodo positivo.
- Corriente alterna.
- Revestimiento blanco.
- Punto azul.



FIGURA 3.11: Electrodo E-6011¹⁵²

Se encuentran en el mercado electrodos 6011 de las siguientes dimensiones (*Ver TABLA 3.13*).

¹⁵² Fuente: Laboratorio de soldadura.

ϕ (mm)	ϕ (pulg)	Longitud (mm)	Intensidad (Amp)
2.50	3/32	350	50 – 80
3.25	1/8	350	75 – 120
4.00	5/32	350	110 – 160
5.00	3/16	350	140 – 200

TABLA 3.13: Dimensiones del Electrodo E-6011¹⁵³

Aplicaciones:

- Cordón de raíz en cañería.
- Cañerías de oleoductos.
- Reparaciones generales.
- Estructuras.
- Planchas galvanizadas.

Propiedades Mecánicas típicas del depósito.

- Composición Química: C:0.10% máx. Mn:0.6% Si:0.3%.
- Resistencia a la Tracción: (460-500) N/mm² (6.7-72.5) KSI
- Alargamiento (L=5d):25%.
- Resistencia al impacto: 60 N.m a -29°C
- Límite de Fluencia:420 Mpa (61000 lb/pulg²)

Operación:

La potencia del arco permite la soldadura en vertical descendente a mayor velocidad, mejorando así la productividad del proceso. Para soldadura en vertical descendente se emplea la técnica de arrastre, manteniendo el electrodo dentro de la unión, de forma que genere una peroración que avanza con el electrodo dentro del bisel. Para soldadura en vertical ascendente debe disminuirse la corriente. Límpiase bien la escoria entre pases.

3.9.1.2. ELECTRODO E-6013

Electrodo de revestimiento rutilico, de alto rendimiento, operación muy suave, de casi nula salpicadura, de fácil encendido y re encendido. (*Ver FIGURA 3.12*) Genera

¹⁵³ Fuente: Linconl Electric

cordones de penetración media, convexos, de excelente apariencia y con escoria auto desprendible.

Características:

- Electrodo para acero al carbono.
- Toda posición.
- Corriente continua, ambas polaridades.
- Corriente alterna.
- Revestimiento: gris



FIGURA 3.12: Electrodo E-6013¹⁵⁴

Aplicaciones:

- Cerrajería
- Muebles Metálicos
- Estructuras livianas

En el mercado se encuentran de las siguientes dimensiones(Ver TABLA 3.14):

ϕ (mm)	ϕ (plg)	Longitud (mm)	Intensidad (A)
2.50	3/32	350	60 - 100
3.25	1/8	350	100 - 140
4.00	5/32	350	140 - 190
5.00	3/16	350	190 - 240

TABLA3.14: Dimensiones del Electrodo E-6013¹⁵⁵

Por su alto rendimiento se recomienda su aplicación en trabajos que requieran altos volúmenes de soldadura. Excelente para soldadura de tanques, elementos de máquinas, calderas y estructuras metálicas; donde se requiera un cordón de soldadura de fino acabado. Su campo de aplicación abarca:

- Temperaturas de trabajo desde -10 hasta +450°C.

¹⁵⁴Fuente : Laboratorio de Soldadura.

¹⁵⁵ Fuente: Linconl Electric.

- Resistencia a la Tracción : (500-550) N/mm² (72.5-79.7) KSI
- Punto de Fluencia: (490) N/mm² min.(71) KSI.
- Alargamiento: (L=5d) 25% min.
- Resistencia ultima a la tracción : 4710-5000 Kg/ cm² (67000 A 71100 PSI)
- Limite Elástico : 4200-4600 Kg/cm² (59725 A 65410 PSI)
- Alargamiento en 5 cm: 25%
- Dureza Brinell : 160 BHN

Operación:

Se recomienda limpiar el área de soldadura y utilizar los rangos de corriente indicados para cada diámetro.

3.10. SELECCIÓN VALVULA DE CONTROL DE TEMPERATURA.

Como se acoto en el capítulo 2, existe la necesidad de controlar la temperatura en el tanque de mezcla, para esto se plantea utilizar una válvula controlada por un piloto de presión y un piloto de temperatura combinado. (*Ver FIGURA 3.13*).



FIGURA 3.13 *Válvula reguladora de presión y temperatura.*¹⁵⁶

156 http://www.termodinamica.cl/cgi-bin/procesa.pl?plantilla=/v2/componente_display.html&id_prod=1197&nseccion=Componentes%20%3A%20V%20E1lvula%20Reguladora%20de%20Presi%20F3n%20y%20Temperatura%20modelo%2025PT

Con esta combinación se elimina la necesidad de utilizar válvulas termos reguladores y reductores de presión en forma separada. Normalmente responde al piloto de temperatura y actúa a la vez como protección contra presiones elevadas en sistemas de calentamiento. Si como resultado de la demanda de mayor temperatura, la presión en el equipo resulta excesiva, la válvula estrangula el paso de vapor automáticamente, evitando que la presión supere el valor prefijado.

3.10.1. PARÁMETROS DE SELECCIÓN

- Flujo de vapor necesario: 235,19 Kg/hora
- Presión antes de la regulación: Ideal: 7 Bar (7,13 Kg/cm²)
- °T deseada en el tanque de mezcla: 100 °C.
- Presión: después de la regulación: 1,01BAR: (1,29 Kg/cm²). (Tabla de temperaturas P y °T).

Con los datos indicados se procede a la tabla de rangos de operación (**TABLA 3.15**)

Para lo cual se obtiene lo siguiente:

**Válvulas Reguladoras 25T, 25E, 25TE
25PT y 25PTE - Vapor Saturado**

Capacidades (kg/h)		MEDIDA NOMINAL									
PRESION ENTRADA Kg/cm ²	PRESION SALIDA Kg/cm ²	½" S"	½"	¾"	1"	1¼"	1½"	2"	2½"	3"	4"
7,0	6,0	46,30	138,47	261	420	560	801	1300	2241	2960	4500
	5,3	70,37	208,84	392	633	844	1207	2111	3379	4463	6939
	0-3,4	90,80	272,40	508	826	1093	1565	2740	4370	5800	8900

TABLA 3.15: Tabla de válvulas reguladoras de presión TIS 1.1124AR

Para esto se concluye que la válvula que cumple los requerimientos de selección, es la válvula 25 PT de diámetro ½ pulgada de conexión.

Para detalles de instalación, ver plano 10-1411-1374-11, **ANEXO 1.9**

3.11. SELECCIÓN DE AISLAMIENTO TÉRMICO

Como se explica en capítulo I de aislamiento térmico, a continuación se muestran las tuberías que deberán ser cubiertas por el aislamiento de cañuelas de fibra de vidrio (*Ver TABLA 3.16*).

DESCRIPCIÓN EN EL SISTEMA	CÓDIGO
TUBERIA DE VAPOR PRINCIPAL CALDERA 1 (DISTRIBUIDOR S/MAQUINAS)	03-TV-01-00
TUBERIA DE VAPOR PRINCIPAL CALDERA 2 (DISTRIBUIDOR S/MAQUINAS)	03-TV-02-00
TUBERIA DE VAPOR PRINCIPAL (DISTRIBUIDOR PRINCIPAL)	04-TV-03-00
CONEXIÓN TUBERIA DE VAPOR TANQUE API	1 1/4-TV-04-00
TUBERIA DE VAPOR TANQUE DE MEZCLA	01-TV-05-00
CONEXIÓN TUBERIA DE VAPOR PURIFICADORES	01 –TV-06-00
TUBERIA DE VAPOR TANQUES DE ALMACENAMIENTO	03-TV-08-00
TUBERIA DE VAPOR TQB-03	1 1/2-TV-08-01
TUBERIA DE VAPOR TQB-02	1 1/2-TV-08-02

*TABLA 3.16 Codificación de las tuberías que deben ser aisladas térmicamente.*¹⁵⁷

Para una mejor visualización de los detalles de las tuberías a aislar térmicamente (*Ver TABLA DE RESULTADOS A4*).

¹⁵⁷Fuente : Autores (Santiago Cabrera – David Troya)

3.11.1. PROCEDIMIENTOS PRELIMINARES

- Todo el sistema de tuberías deberá ser aislado incluyendo accesorios, por lo cual se tendrá que medir con precisión los metros lineales de tubería, la cantidad de codos, tees, válvulas, trampas de vapor, etc. E igualmente hacer la inspección correspondiente para prever que quede espacio suficiente para instalar la cantidad de aislamiento recomendado.
- La red de tuberías deberá someterse anticipadamente a las pruebas hidrostáticas o cualquier otro tipo de prueba que se ajuste a las exigencias de temperatura y presión con que trabajará la tubería.
- Antes de aplicar el aislamiento, todas las superficies deben estar limpias, completamente secas y libres de cualquier impureza. Para esto y según lo requiera el estado de la superficie deberán utilizarse los métodos de limpieza mecánica o química necesarios.
- Recubrir la superficie del metal con una pintura anticorrosiva inorgánica (silicatos y polvo de zinc) o con cualquier otro revestimiento protector según la temperatura de servicio. Debe aplicarse en forma uniforme y con el espesor adecuado, siguiéndolas instrucciones del fabricante.

Para el aislamiento en tuberías tenemos varios tipos de tramos los cuales tendrán que ser aislados de formas diferentes como es el caso de las tuberías:

3.11.2. RECUBRIMIENTO EXTERIOR DEL AISLANTE TERMICO

La decisión de emplear un acabado externo sobre la cañuela, además de los siguientes factores, depende básicamente de si la tubería presta servicio en caliente o en frío¹⁵⁸

- a) Localización de la tubería:
 - Bajo cubierta
 - A la intemperie
 - Bajo tierra
- b) Con o sin abuso Mecánico sobre la tubería
- c) Medio ambiente:
 - Normal, Agresivo, salino, ácido, alcalino, etc.

¹⁵⁸ Fuente:<http://www.fiberglasscolombia.com/admin/assetmanager/images/notas/aislamiento/NTAisl-Ind48.pdf>

3.11.3. ACABADOS SUPERFICIALES RECOMENDADOS PARA EL RECUBRIMIENTO TERMICO.

Las cubiertas protectoras están divididas en los siguientes seis grupos funcionales.

- *Barreras contra la intemperie:* La principal función de estos acabados es la de prevenir la entrada de agua, hielo o residuos atmosféricos dentro del aislamiento. Las aplicaciones pueden ser: chaquetas metálicas, (aluminio liso, corrugado, acero inoxidable, lámina galvanizada), plásticas o masillas con resistencia a la intemperie y traslapadas convenientemente tanto transversal como longitudinalmente para impedir la entrada de agua.
- *Retardo res y barreras de vapor:* Las barreras de vapor están diseñadas para retardar el paso del vapor de agua presente en el aire que rodea el aislamiento, el cual podría condensarse en instalaciones para servicio en frío dentro del aislamiento, si se dan las condiciones.
- *Cubiertas para abuso mecánico:* Las chaquetas rígidas generalmente metálicas, proporcionan la mejor protección contra abusos mecánicos originados por maquinaria, equipos o tráfico de personal. En el diseño de los aislamientos, por protección mecánica se debe considerar la resistencia del aislante a la compresión.
- *Protección a la corrosión:* Se pueden aplicar varios materiales de cubierta para protección corrosiva y deben ser resistentes a ambientes ácidos o alcalinos. Los más conocidos son los de plástico reforzado y otras masillas de naturaleza plástica.
- *Resistencia al fuego:* Se usan chaquetas metálicas o masillas cuya resistencia al fuego como generador de llama y desarrollo de humo son conocidos y especificados por la norma correspondiente.

3.11.4. INSTALACION A LA INTEMPERIE

En casos donde exista abuso mecánico o riesgo de humedad o aplicaciones la intemperie, se recomienda usar chaquetas metálicas de lámina de aluminio liso de 0.7 mm y temple H18 o acero inoxidable SS304 corrugado de 0.5 mm dejando traslapes de 2" tanto transversal como longitudinalmente, orientados lateralmente hacia abajo para impedir que el agua penetre al aislamiento (Ver **FIGURA 3.14**). Estas juntas,

en caso de instalaciones con humedad, deberán ser rebordeadas y selladas con masilla.



FIGURA 3.14 Recubrimiento del aislamiento térmico y el foil metálico¹⁵⁹

3.11.5. SISTEMA DE SUJECION DEL RECUBRIMIENTO EXTERIOR

Para la sujeción de la chaqueta metálica se recomiendan los siguientes sistemas:

- Usar bandas de acero inoxidable de 3/4” de ancho y 0.020” de espesor distanciadas cada 12” para tuberías con diámetros nominales hasta de 12”, para diámetros mayores se pueden aplicar cada 9”. Se debe ubicar una banda sobre el traslapo circunferencial de la chaqueta.

La grapa que sujeta la banda debe ser del mismo material de ésta. En tuberías verticales con diámetros mayores de 10” la sección más baja de la chaqueta se debe apoyar sobre un aro de soporte. La inmediatamente superior, debe ser soportada sobre la anterior utilizando dos clips “s” enfrentados entre sí, o un sistema similar de ejecución.

3.11.6. AISLAMIENTO DE TRAMOS RECTOS

Determinar y aplicar para cada sección el espesor económico óptimo de aislamiento o aquel con el cual se logran las condiciones de temperatura superficial exterior requeridas. La aplicación del aislamiento sobre la tubería puede ser en una o varias capas anidadas (*Ver FIGURA 3.15*).

¹⁵⁹Fuente : Autores (Santiago Cabrera – David Troya)

En la mayoría de las instalaciones se utiliza una sola capa, sin embargo pueden requerirse varias capas en tuberías grandes o con temperaturas demasiadas altas que exigen altos espesores de aislamiento¹⁶⁰. **(VER PLANO 10-1411-1374-12)**

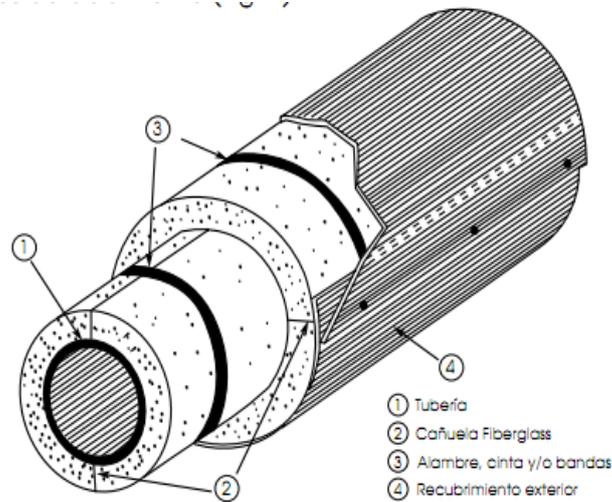


FIGURA 3.15 Partes de una tubería con el revestimiento térmico.¹⁶¹

Se colocan las dos secciones que conforman las cañuelas sobre la tubería y se amarran con alambre calibre 16, cintas metálicas o adhesivas, espaciadas cada 9” (Ver FIGURA 3.16). Si se usa alambre se debe tener la precaución de doblar hacia adentro del aislamiento el nudo de amarre. El alambre debe ajustarse lo suficiente, pero sin causar la deformación o rotura de las cañuelas.

Para una correcta selección del revestimiento (VER ANEXO 1.12)

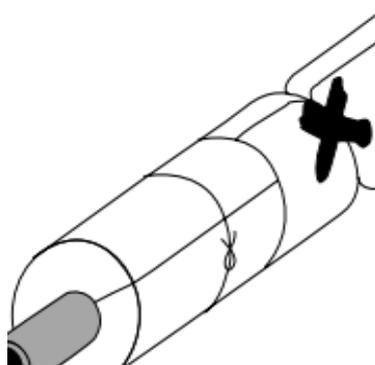


FIGURA 3.16 Sujeción de las cañuelas en una tubería¹⁶²

¹⁶⁰<http://www.fiberglasscolombia.com/admin/assetmanager/images/notas/aislamiento/NTAisl-Ind47.pdf>

¹⁶¹ Fuente: <http://www.fiberglasscolombia.com/centro-conocimiento.php>

¹⁶² Fuente: <http://www.fiberglasscolombia.com/confort-termico-productos.php>

Cuando se apliquen varias capas anidadas de cañuela, cada una debe asegurarse antes que la siguiente sea aplicada, colocándolas en forma tal que las uniones de cada una de ellas, no coincidan, para así aumentar la eficiencia térmica del conjunto, al reducir el flujo de calor en las uniones. En el caso de anidados las secciones de cañuelas interiores se amarran con cinta adhesiva de 1/2” o 1” de ancho, cuidando que las juntas longitudinales no coincidan con las de la capa exterior.

En caso que se utilicen bandas metálicas como medio de sujeción y que queden en contacto con la superficie metálica externa, estas bandas deben ser del mismo material de la chaqueta metálica exterior. No deben quedar espacios vacíos entre cañuelas contiguas.

3.11.7. AISLAMIENTO DE ACCESORIOS

Algunos de los Accesorios en las instalaciones de vapor también tienen que ser aislados como:

3.11.8. CODOS

El aislamiento para codos se fabrica en el sitio de obra, cortando segmentos trapezoidales o «casquetes» de la misma cañuela, pegándolos entre sí, con adhesivos, masillas. No deben quedar espacios vacíos (*Ver FIGURA 3.17*). Caso contrario, se deben llenar con lana de vidrio de baja.

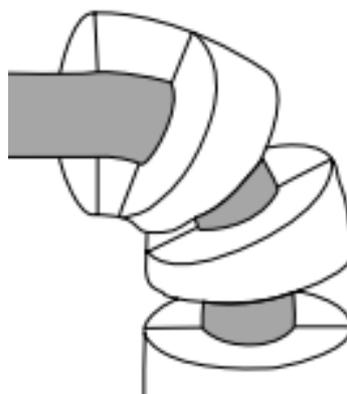


FIGURA 3.17 Representación gráfica del montaje del revestimiento térmico en codos.¹⁶³

¹⁶³ Fuente: <http://www.fiberglasscolombia.com/2.php>

3.11.9. TEES Y VÁLVULAS

Para el aislamiento de válvulas y otros equipos, se utilizan cañuelas de un mayor diámetro que el accesorio, fabricando una especie de caja, rellenando el espacio vacío con lana de vidrio de baja densidad tipo AW.

Al instalar esta caja se debe prever que el extremo del aislamiento de los tubos que llegan a la válvula esté provisto de un acabado a prueba de humedad (Ver FIGURA 3.18). Si se requiere una inspección frecuente, la caja metálica con aislamiento se puede diseñar removible. Su cierre deberá ser hecho a presión y con mastique sellador. Para válvulas menores de 2" se puede utilizar cemento aislante.

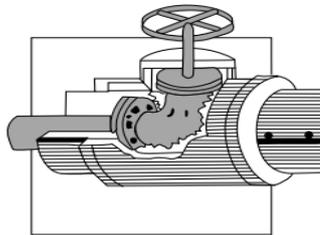


FIGURA 3.18 Representación gráfica del montaje de revestimiento térmico para una válvula¹⁶⁴

¹⁶⁴ Fuente: <http://www.fiberglasscolombia.com/mantengase-informado.php>

CAPITULO IV

4. COSTOS DEL PROYECTO

INVERSION EN MATERIALES Y EQUIPOS

Para el diseño propuesto en este documento, es necesario considerar que se hace la rehabilitación del sistema, por lo cual hay algunos equipos o instrumentos que ya están adquiridos en la Termoeléctrica Miraflores ubicada en la ciudad de Manta.

En la **(TABLA 4.1)** se indican los costos del proyecto, (los costos que se indican con un asterisco, corresponden a costos indirectos, y los que no son directos).

Para esto se recalca que en bodegas de la central térmica Miraflores, y para este proyecto se dispone de electrodos E-6011, electrodos E- 6013, y tubería ASTM-A53 GRD.B., por lo cual no se realizará la adquisición de estos elementos.

CAPITULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La central térmica Miraflores, ha permanecido fuera de funcionamiento desde algunos años atrás, el diseño propuesto en este documento, implica la rehabilitación del sistema de vapor, el cual tomo como base algunos de los elementos que ya existían. Para esto se concluye que las calderas generadoras de vapor que existen actualmente no pueden abastecer el calentamiento de todos los tanques a la vez. El diseño propuesto trabajará de forma BATCH, o intermitente con los tanques en los que se desea realizar el calentamiento, los cuales serán previamente planificados con el departamento de operación de la central térmica Miraflores.
- La tubería recomendada para sistemas 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 (Ver ANEXO 1.13).
- Las trampas de vapor que se seleccionan para evacuar el condensado de los tanques (TB01-TB02-TB03-TQMEZCLA) en los que se calienta el bunker, corresponden al tipo mecánico de flotador con palanca y venteo termostático, Debido a que en este tipo de aplicación los fabricantes y desarrolladores de la ingeniería de vapor consideran que el consumo de vapor de cada tanque debe ser considerado en su totalidad como flujo para la selección del tamaño y capacidad de la trampa, a esto se concluye que el factor de seguridad adecuado para este proceso debe ser de 2, ya que así lo recomienda la reconocida publicación técnica HOOKUPS de SpiraxSarco
- El motivo de seleccionar la trampa de vapor de flotador con palanca y venteo termostático, es debido a que estas tienen la capacidad de evacuar el condensado generado de forma continua, y de igual manera de evacuar el aire y gases no condensables que se producen por reacciones químicas en la generación y aberturas o juntas bridadas en el sistema. Este tipo de

característica es nula en la trampa de balde invertido, la cual trabaja de forma intermitente pudiendo ocasionar que el condensado se acumule en el serpentín de calentamiento y creando una columna de condensado ocasionando así que no se tenga la temperatura deseada en el proceso, provocando un enfriamiento y gran posibilidad de golpes de ariete y daños internos en el serpentín de calentamiento.

- Para diseñar el (los), distribuidor de vapor se considera al mismo como una tubería de transporte de vapor, en el cual se manejará o llevara vapor a una velocidad dentro de un rango de 5 m/s a 8 m/s, y con el flujo que debería tener en el punto máximo de operación aún en un futuro cuando se implementen las calderas para abastecer el consumo de vapor del sistema trabajando a un 100%. Este flujo se ha considerado como la sumatoria de consumos de vapor en el sistema 3090 kg/hora.
- El mejor tipo de válvulas para manejar vapor, son las válvulas tipo Globo, esto depende el caso donde el usuario desea aplicarlas. Las válvulas tipo On-off (compuerta, globo), al ser actuadas producen que el vapor entre bruscamente en los equipos y puede ocasionar golpes de ariete o daños en el sistema que ingresan por la alta velocidad que lleva el vapor. Con la válvula tipo globo éste ingreso o permiso de 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 que deseamos. Las válvulas utilizadas en el presente proyecto corresponden a la clase 300, según la norma ASME de fabricación de válvulas, y conexiones bridadas ASME B36.3 PROCESS PIPING GUIDE.
- El proceso de dimensionamiento de tubería poder 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 cual 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 destinaremos 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/>.

- Debido a que el vapor conforme viaja a través del sistema pierde un 15 % de energía y este se condensa, es necesario colocar las llamadas patas de goteo, las cuales deben tener en cuenta la generación de condensado que se forma cada 100 pies (30 metros), y cuyos datos se encuentran tabulados en base a casos experimentales en publicaciones técnicas como el HOOKUPS de SPIRAX SARCO. Esta carga es diferente al momento del arranque del sistema y cuando este se encuentra ya totalmente en operación. Se concluye que no tener en cuenta este detalle al momento del arranque se pueden provocar excesivos golpes de ariete en el sistema, vapor más húmedo con menos calidad y por tanto, no se pueden obtener las temperaturas deseadas en los sistemas de calentamiento.

5.2. RECOMENDACIONES

- A los estudiantes de ingeniería y los ingenieros que laboran en distintas áreas, aplicar la variedad de herramientas modernas y software de cálculos, ya que ayudan a la optimización de tiempos operativos y de logística, y así entregar a futuras generaciones las técnicas avanzadas de producción en sistemas de vapor y aprovechar sus grandes ventajas.

Para las Líneas de vapor:

- Para el sistema de vapor diseñado, en este documento es indispensable la implementación de calderas de mayor capacidad, de al menos de 3098 Kg/hora de flujo de vapor, debido de que al momento de calentar todos los tanques, las dos calderas que están actualmente en el sistema no pueden abastecer la cantidad de flujo necesario para el calentamiento y por tanto no podrán calentarel bunker de aproximadamente 20 a 75 °C.
- Es recomendable programar y cuantificar los consumos de vapor, en cada uno de los tanques y equipos para poder evitar los picos de consumo de vapor, y tener apagada la caldera por un mayor tiempo, ya que se obtiene un mayor ahorro de combustible en la generación de la planta

6. GLOSARIO

- ASME: Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (American Society of Mechanical Engineers).
- CALDERAS DE VAPOR: Son máquinas térmicas en las que se produce vapor para poder usar su energía calorífica en algún sistema o equipo.
- CALOR: Energía que se produce debido a un cambio de temperatura.
- 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 fluido 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.
- CORROSIÓN: Desgaste lento de los sólidos, especialmente en los metales, por ataque químico.
- CONTROL DE CALIDAD: son todas las tareas y operaciones encaminadas a la obtención de una soldadura sana libre de defectos, hay control antes, durante y posterior al proceso de soldadura.
- ENERGÍA: Capacidad para producir un efecto.
- EBULLICIÓN: Es el proceso físico en el que la materia pasa a estado gaseoso. Se realiza cuando la temperatura de la totalidad del líquido iguala al punto de ebullición del líquido a esa presión. Si se continúa calentando el líquido, éste absorbe el calor, pero sin aumentar la temperatura: el calor se emplea en la conversión de la materia en estado líquido al estado gaseoso, hasta que la totalidad de la masa pasa al estado gaseoso.
- ENERGÍA INTERNA: Energía poseída por una masa debido a su actividad molecular.
- ELECTRODOS CELULÓSICOS: En estos electrodos la celulosa, obtenida a partir de la pulpa de la madera, es el componente principal. Esta sustancia orgánica se descompone por el calor desarrollado en el arco, proporcionando un gas protector que aísla y protege de la oxidación al Mn y al resto de los componentes. Las reacciones de reducción se desarrollan en una atmósfera de hidrógeno que cubre el metal fundido.

- **ELECTRODOS RUTILICOS:** El principal componente de estos electrodos es el rutilo, mineral obtenido a partir de menas que en su estado natural contienen de un 88-94% de TiO_2 . También puede extraerse de la ilemita, mineral compuesto por un 45-55% de TiO_2 y el resto de Fe_2O_3 . La protección en estos electrodos la proporciona la escoria.
- **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.
- **FLUIDEZ:** Término inverso a la viscosidad.
- **ILMENITA:** ($FeTiO_3$) Es un mineral débilmente magnético, de color negro o gris, que se encuentra en las rocas metamórficas y en las rocas básicas ígneas (gabro, diabasa, piroxenita), o en placeres. El nombre deriva de las montañas "Ilmen" en Rusia, uno de sus principales yacimientos. La mayoría de la ilmenita, sin embargo, está recubierta de capas, como por ejemplo, de arena de playa. Contiene el 47,34% de FeO y el 52,66% de TiO_2 , aunque esta proporción es variable por la entrada del óxido férrico, reemplazable por magnesio y manganeso.
- **IGNEA:** Las rocas ígneas (latín *ignis*, "fuego") se forman cuando el magma (roca fundida) se enfría y se solidifica.
- **INCRUSTACIÓN:** Depósito de carbonato de cal que se forma en las paredes de la caldera y tubos.
- **PRESION:** Fuerza ejercida en un área determinada. Si la presión atmosférica es mayor que la absoluta, hay vacío.
- **RADIACION:** Es la transmisión de calor en forma de energía radiante o en ondas de un cuerpo a otro, a través de un espacio.
- **SMAW:** Proceso de soldadura manual por arco eléctrico con electrodo revestido, o soldadura eléctrica.
- **POSICIÓN 1G:** Unión de dos tubos a tope, en la cual el eje del tubo está en posición horizontal, el tubo gira durante la aplicación de la soldadura y esta se aplica en posición plana, de derecha a izquierda o viceversa.

- POSICIÓN 2G: Unión de dos tubos a tope, en la cual el eje del tubo está en posición Vertical, el tubo permanece fijo durante la aplicación de la soldadura y el eje del cordón está en posición horizontal.
- POSICIÓN 5G (U) Unión de dos tubos a tope, en la cual el eje del tubo está en posición horizontal, el tubo permanece fijo durante la aplicación de la soldadura y esta se aplica con progresión vertical ascendente.
- POSICIÓN 6G (U) Posición de prueba a tope, en la cual el eje del tubo está a 45° con relación al plano horizontal, el tubo permanece fijo durante la aplicación de la soldadura y esta se aplica en progresión vertical ascendente.
- W.P.S-EPS: WELDING PROCEDURE SPECIFICATIONS (Especificaciones del procedimiento de soldadura).
- P.Q.R-RPC: PROCEDURE QUALIFICATION RECORDS (Registros de calificación del procedimiento de soldadura).
- W.P.Q: WELDING PERFORMANCE QUALIFICATIONS (Calificación de la habilidad del soldador).
- TRACER: Línea de calentamiento por la cual fluye vapor, el cual ayudara a calentar una tubería de un fluido o liquido viscoso para bajar su viscosidad, y tenga mayor fluidez.
- 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.
- TEMPERATURA: Índice de energía interna relativa a la masa.
- VARIABLE FUNDAMENTAL O ESENCIAL: hace referencia a los aspectos que no se deben cambiar durante la ejecución de la junta, pues al variarlos se afecta el resultado definido en el procedimiento calificado, ejemplo cambiar el tipo de electrodo.
- VISCOCIDAD: La viscosidad expresa la facilidad que tiene un fluido para fluir cuando se le aplica una fuerza externa. El coeficiente de viscosidad absoluta, o simplemente la viscosidad absoluta de un fluido, es una medida de su resistencia al deslizamiento o a sufrir de formaciones internas. La melaza es un fluido muy viscoso en comparación con el agua; a su vez, los gases son menos viscosos en comparación con el agua.

- **VISCOSIDAD ABSOLUTA O DINÁMICA:** La unidad de viscosidad dinámica en el sistema internacional (SI) es el pascal segundo (Pa s) o también newton segundo por metro cuadrado (Ns/m^2), o sea kilogramo por metro segundo (kg/ms). Esta unidad se conoce también con el nombre de poiseuille (Pl) en Francia.
- **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 (m^2/s). La unidad CGS correspondiente es el stoke (St), con dimensiones de centímetro cuadrado por segundo y el centistoke (cSt), 10^{-2} stokes, que es el submúltiplo más utilizado

7. BIBLIOGRAFIA:

- CENGEL, Yúnus, TERMODINÁMICA, Cuarta edición, p.32
- CRANE, Teoría del flujo de fluidos en tubería, editorial McGraw-Hill, p.15-p.16.
- INCROPERA Frank P y DEWITT David P, Teoría de la convección extraído de: Fundamentos de Transferencia de Calor 4 edición, Editado en Monterrey México 1999.
- POCKET DATA BOOK_TLV. TECHNICAL HANDBOOK_ p.144.
- Normas conjuntas del American Estándar Institute y la American Society of Mechanical Engineers ANSI/ASME B31.1, B31.3.
- Información técnica SpiraxSarco.Pdf, p.51.
- Dibujos de aplicación de handbook TLV p.130
- Manual de operación técnica de Centrales Termoeléctricas de CELEC Termopichincha/ 2009.
- Design of fluid systems –HOOK-UPS.(Spiraxsarco) .p.12.
- Teoría del espesor de aislamiento extraído de: Artículo de Aislamiento José P. Monteagudo Yanes, José j. Pérez Landín y Eddy Guerra Fernández. Facultad de Ingeniería Mecánica. Universidad de Cienfuegos (Cuba) OCTUBRE 1998
- Design of fluid systems –HOOK-UPS.(SpiraxSarco) .pág 15

8. LINKOGRAFIA:

- Fuente:http://www.fisicanet.com.ar/fisica/termoestatica/ap05_dilatacion.php
- Fuente: http://disensa.com/main/images/pdf/temas_generales.pdf
- Fuente: <http://www.astm.org/Standards/A105.htm>
- Fuente: <http://es.scribd.com/doc/6416542/Curso-Elemental-de-Diseno-de-Tuberias-ales>.
- Fuente: <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/types-of-steam.html>
- Fuente:<http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/flash-steam-andvapor.html>
- Fuente:<http://ww.empresaeeficiente.com/es/catalogo-detecnologias/generacion-de-vapor#ancla>
- Fuente:http://www.marlia-ing.com/Productos/catalogos/valvula_emergencia.pdf
- Fuente: http://www.redlineindustries.com/ASME_U_Stamp_and_National_Board_R_Stamp.html
- Fuente:www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/.../14709/...vapor+lineasprincipales.=b
- Fuente:<http://www.online-dictionary.biz/english/spanish/meaning/gauge>
- Fuente:<http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/what-is-steam.html>
- Fuente:<http://ingecap.com/pdf/CODIGOAS.pdf>
- Fuente:<http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/types-of-valves.html>
- Fuente:<http://es.wikipedia.org/wiki/Cavitaci%C3%B3n>
- Fuente:<http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/types-of-valves.html>
- Fuente:<http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/types-of-valves.html>
- Fuente:<http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/types-of-valves.html>
- Fuente:<http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/condensate-recovery-piping.html>
- Fuente:<http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/steam-heat-transfer.html>
- Fuente:<http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/condensate-recovery/sizing-condensate-return-lines.asp>
- Fuente:Información técnica SpiraxSarco.Pdf (pag 86)
- Fuente:Información técnica SpiraxSarco.Pdf (pag 50)

- Fuente:http://www.tlv.com/global/LA/news/free-float-steam-traps-for-main-lines.html?utm_source=LV+Engineering+S.A.+DE+C.V.+List&utm_campaign=e22ab92f9c-009_PRV_TLA&utm_medium=email
- Fuente:http://es.wikipedia.org/wiki/Aislamiento_t%C3%A9rmico
- Fuente:http://www.ingemecanica.net/index.php?option=com_content&view=article&id=47:mejoramiento-de-las-condiciones-de-aislamiento-de-la-linea-de-vapor&catid=35:auditorias-energeticas&Itemid=57
- Fuente:http://www.fiberglasscolombia.com/admin/assetmanager/images/catalogos/aislamiento/si_cannuelas.pdf
- Fuente:<http://es.scribd.com/doc/6416542/Curso-Elemental-de-Diseno-de-Tuberias-ales>
- Fuente:<http://www.sc.ehu.es/nmwmigaj/dimenstubvap.doc>
- Fuente:http://www.fisicanet.com.ar/fisica/termoestatica/ap05_dilatacion.php
- Fuente:<http://www.scribd.com/doc/7773622/Dilatacion-Lineal-de-solidos>
- Fuente:<http://www.armstronginternational.com/files/products/traps/pdf/108spanish.pdf>

9. ANEXOS

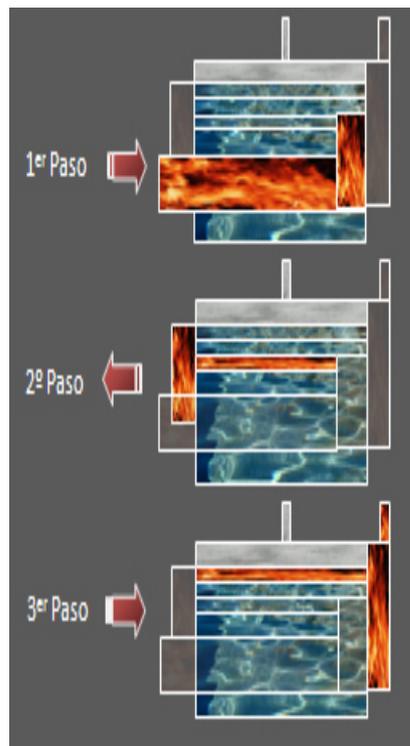
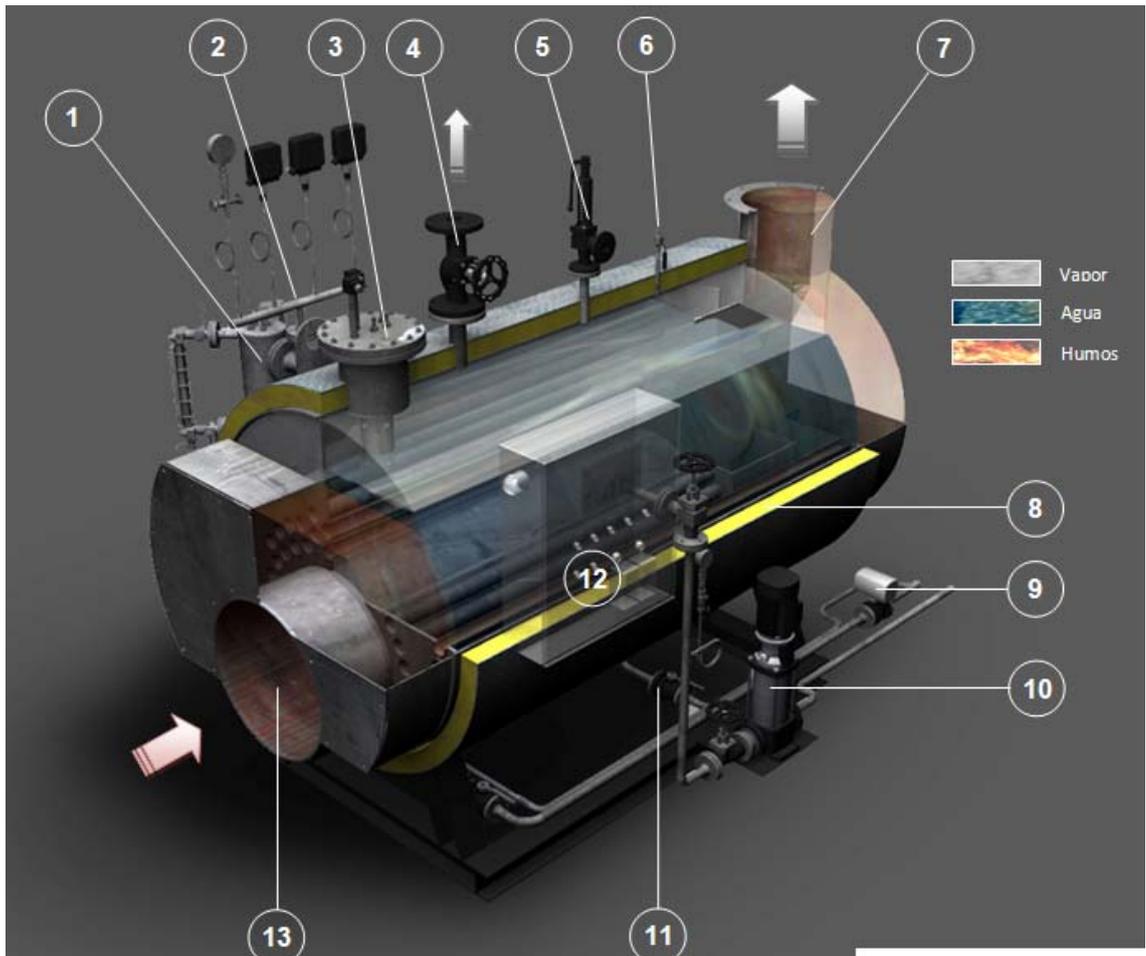
ANEXO 1.1:

PARTES DE UNA CALDERA PIROTUBULAR

Partes de una caldera piro tubular (tubos de fuego), que funciona con el humo que salen de los generadores eléctricos, mostrando los pasos para su funcionamiento. Cortesía fabricante Cleaver Brooks.

Partes:

- 1.- Botellín sondas. (Sondas de seguridad, Botellines de nivel).
- 2.- Colector de Presostatos (Presostatos, Manómetro de la caldera).
- 3.- Broc de sondas (Sondas de seguridad, Presostatos).
- 4.- Salida de Vapor.
- 5.- Válvula de Seguridad.
- 6.- Venteo.
- 7.- Chimenea.
- 8.- Aislamiento.
- 9.- Purga Automática.
- 10.- Alimentación (Bomba, Válvulas de interrupción, Válvulas de Retención).
- 11.- Purga de lodos
- 12.- Control eléctrico (Controles, Placa Autónoma).
- 13.- Hogar.



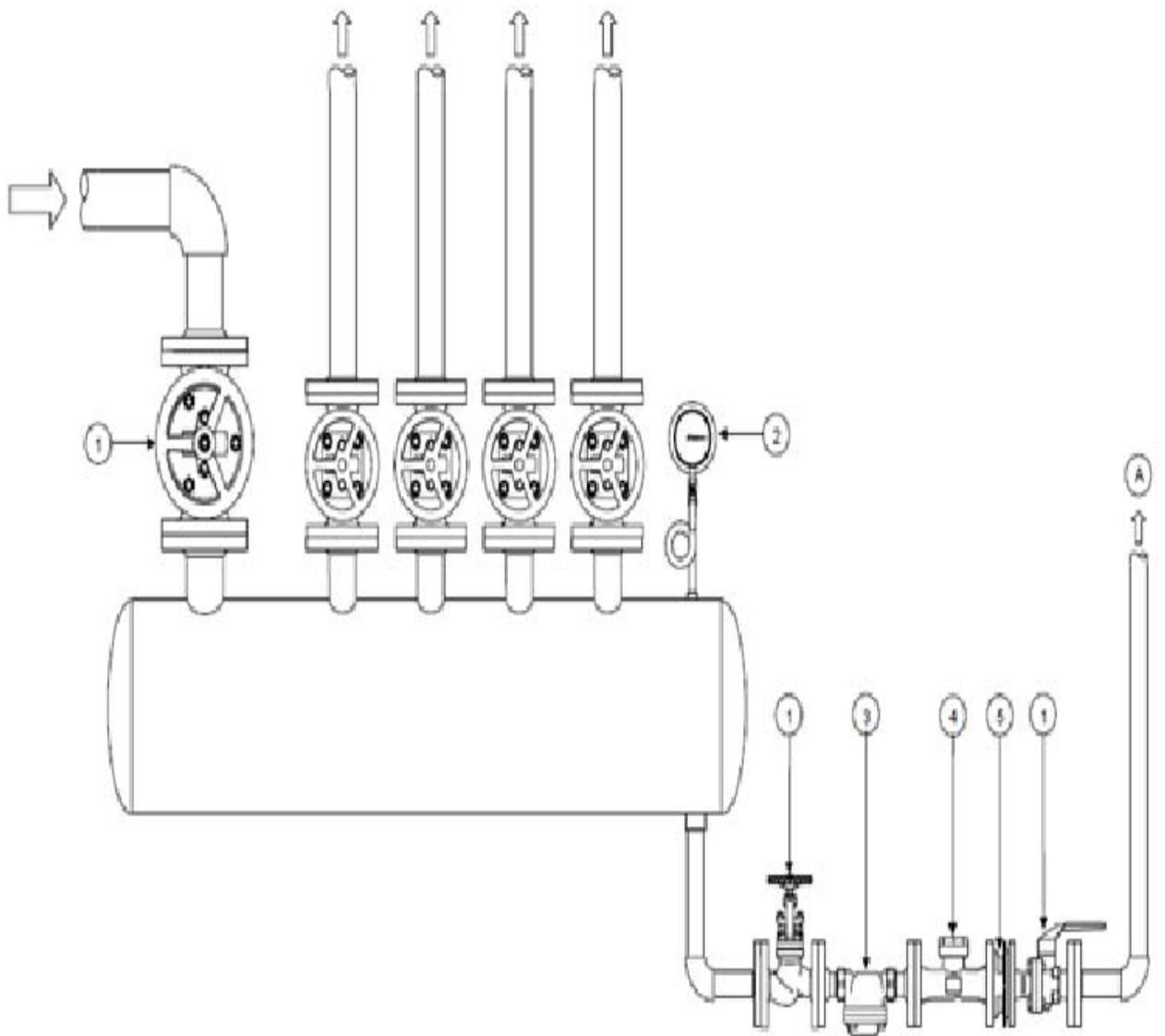
ANEXO 1.2:

PARTES DEL DISTRIBUIDOR DE VAPOR

Para la distribución de vapor en las industrias es indispensable hacerlo por medio de un distribuidor de vapor o cabezal de distribución a continuación se presentan las partes indispensables:

Partes:

1. TLV Válvula de cierre
2. TLV Manómetro.
3. TLV Trampa de vapor de flotador libre
4. TLV Mirilla
5. TLV Válvula check
6. A: Retorno de condensado



ANEXO 1.3:

***HERRAMIENTAS Y EQUIPOS USADOS PARA LA
SOLDADURA DE TUBERIA SEGÚN (ASME SECCION
VIII, división I)***

HERRAMIENTAS Y EQUIPOS USADOS

- Fuente de poder de corriente alterna o corriente continúa.
- Horno Portátil para soldadura.
- Pulidora eléctrica (con discos apropiados).
- Equipo de Oxicorte y de calentar (con todos sus componentes).
- Elementos de Seguridad y protección personal; gafas de seguridad, botas de seguridad, mangas y delantal de cuero para el soldador, tapones auditivos, careta para soldar con filtro adecuado, caretas para esmerilar, cubre cabeza para el soldador, casco de seguridad, ropa apropiada, guantes para soldador.
- Herramientas: martillo, cincel, cepillo, escuadra, flexo metro, nivel, grapas para alinear tubería, soportes para instalar tubería, correa para marcar tubería, tiza para marcar metales, tiza térmica, linterna, gratas de acero, marcador de pintura, soportes para tubería, espaciadores para posicionar la junta a soldar.
- Electrodo consumibles, de acuerdo al WPS.
- Horno estacionario.
- Biombos y o facilidades para proteger el charco de fusión.
- Equipo de corte por plasma (opcional).
- Maquina biseladora / cortadora de tubería (opcional).
- Segueta manual o mecánica (opcional).
- Torno mecánico (opcional)

MATERIALES

- Electrodo E-6010 de 1/8”.
- Electrodo E-7018 de 1/8”.
- Tubería de acero al carbono.
- Disco de pulidora de ¼” y de 1/8” para aceros al carbono.
- Cepillo de alambre de acero.
- Grata circular entorchada de 1/8” para acero al carbono.
- Tiza industrial.
- Tiza térmica.

ANEXO 1.4:

***DIMENSIONES COMUNES PARA BRIDAS BAJO LA
NORMA ASME B.16.5 PARA BRIDA DESLIZABLE.***

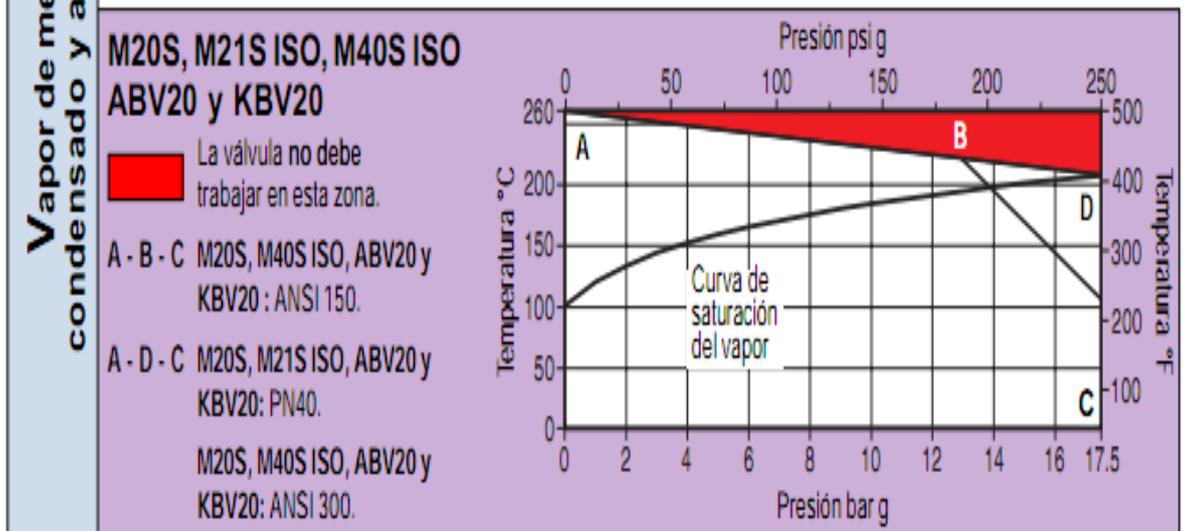
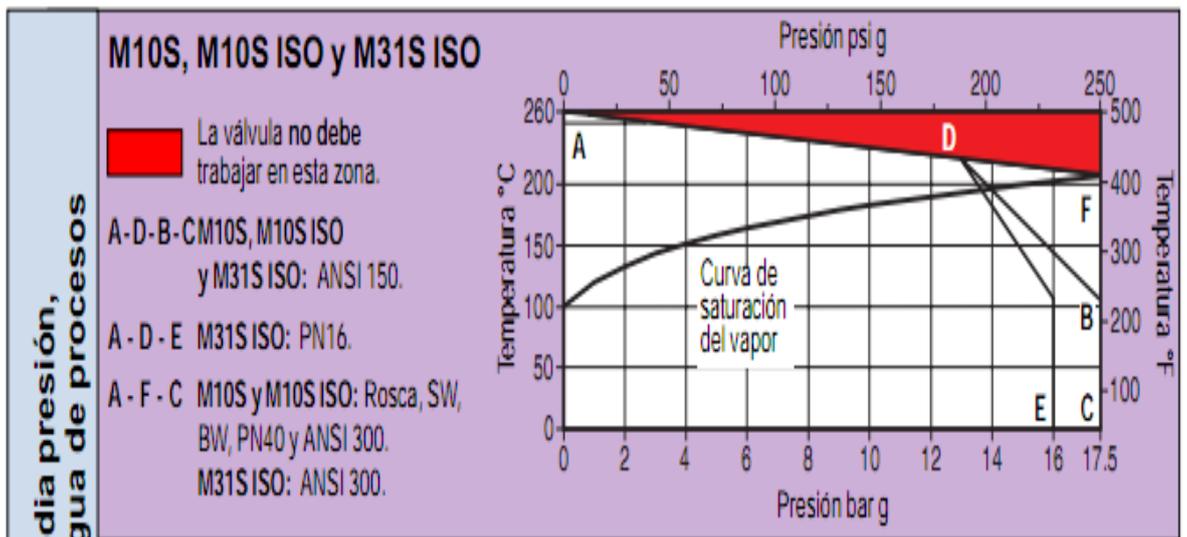
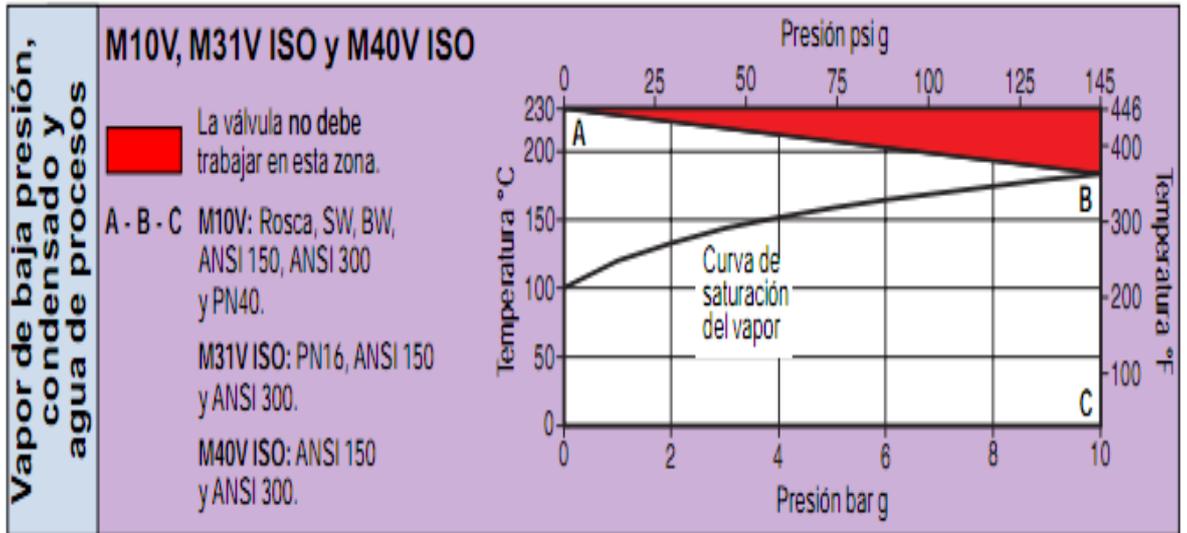
MEDIDA	DIÁMETRO EXTERIOR O	ESPESOR MIN. C	DIÁMETRO DEL TUBO X	DIÁMETRO DEL TUBO MIDIENDO DESDE EL CHAFLÁN A	LONGITUD A TRAVÉS DEL CUBO		BORE B
					DESLIZABLE Y	CUELLO SOLDABLE Y	
1/2	3.75	0.56	1.50	0.84	0.88	2.06	0.88
3/4	4.62	0.62	1.88	1.05	1.00	2.25	1.09
1	4.88	0.69	2.12	1.32	1.06	2.44	1.36
1 1/4	5.25	0.75	2.50	1.66	1.06	2.56	1.70
1 1/2	6.12	0.81	2.75	1.90	1.19	2.69	1.95
2	6.50	0.88	3.31	2.38	1.31	2.75	2.44
2 1/2	7.50	1.00	3.94	2.88	1.50	3.00	2.94
3	8.25	1.12	4.62	3.50	1.69	3.12	3.57
3 1/2	9.00	1.19	5.25	4.00	1.75	3.19	4.07
4	10.00	1.25	5.75	4.50	1.88	3.38	4.57
5	11.00	1.38	7.00	5.56	2.00	3.88	5.66
6	12.50	1.44	8.12	6.63	2.06	3.88	6.72
8	15.00	1.62	10.25	8.63	2.44	4.38	8.72
10	17.50	1.88	12.62	10.75	2.62	4.62	10.88
12	20.50	2.00	14.75	12.75	2.88	5.12	12.88
14	23.00	2.12	16.75	14.00	3.00	5.62	14.14
16	25.50	2.25	19.00	16.00	3.25	5.75	16.16
18	28.00	2.38	21.00	18.00	3.50	6.25	18.18
20	30.50	2.50	23.12	20.00	3.75	6.38	20.20
24	36.00	2.75	27.62	24.00	4.19	6.62	24.25

Notas generales: Todas las dimensiones están en pulgadas.

***Sera especificado por el comprador.**

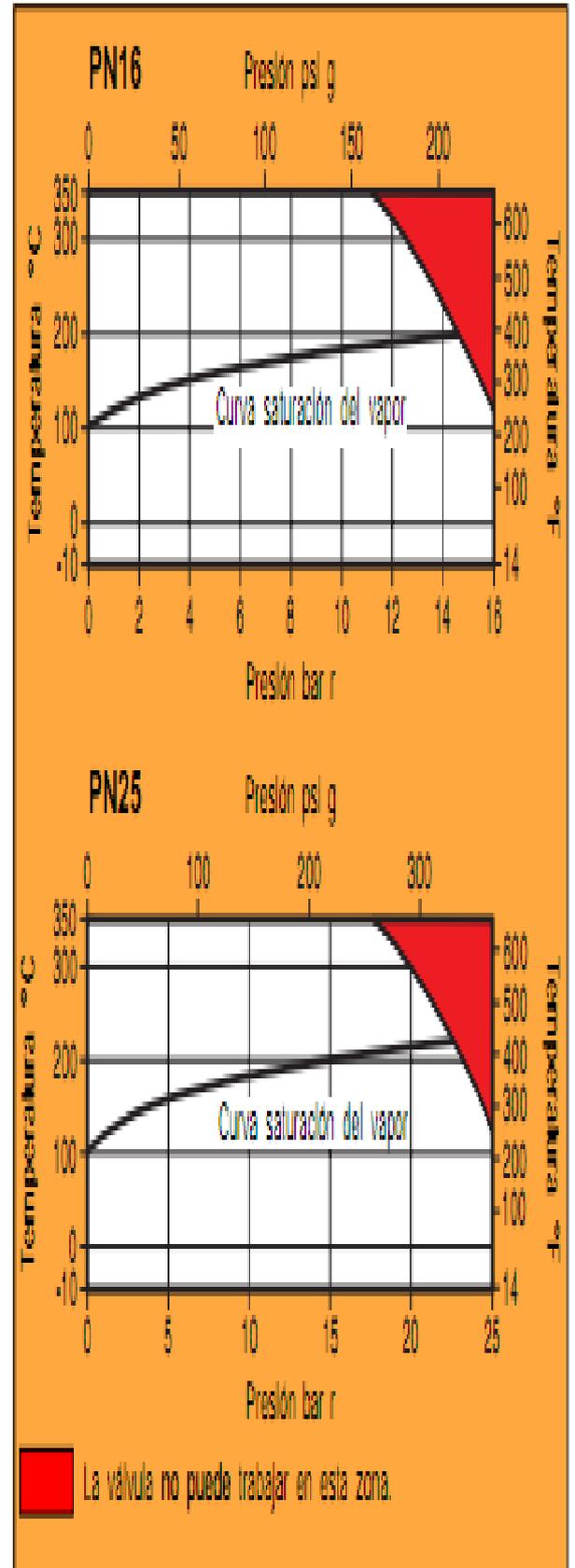
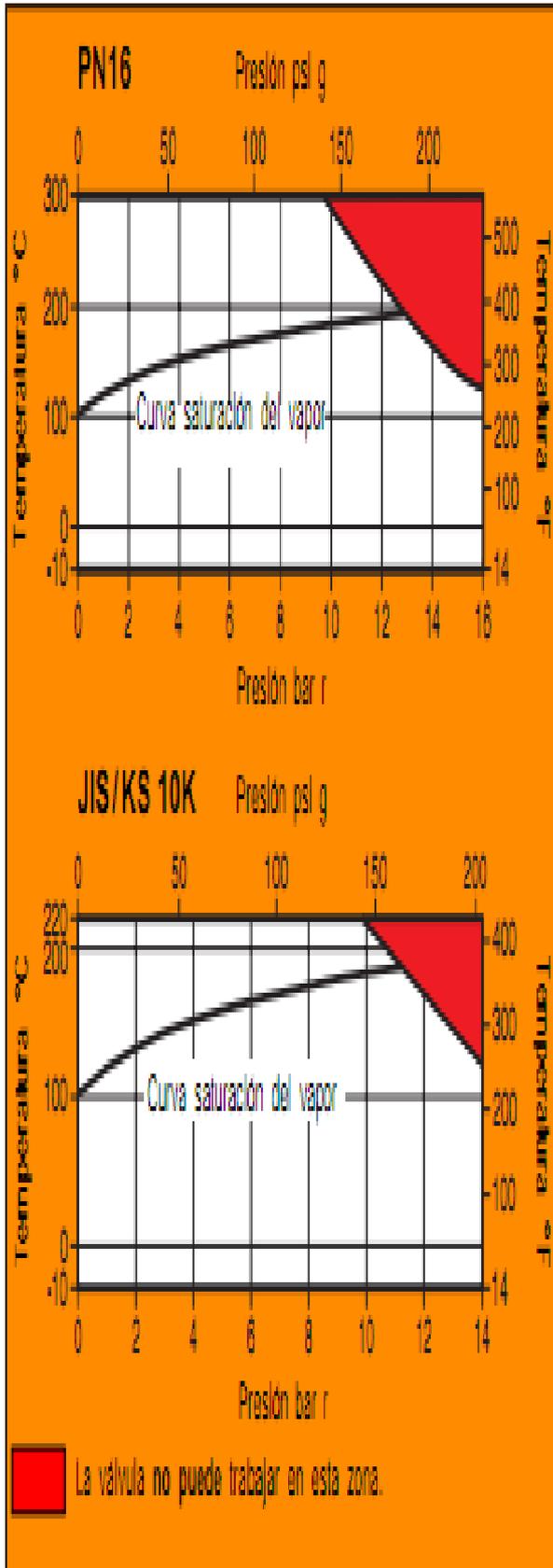
ANEXO 1.5:

***TABLA DE OPERACIÓN DE LA VALVULA DE BOLA
M10V***



ANEXO 1.6:

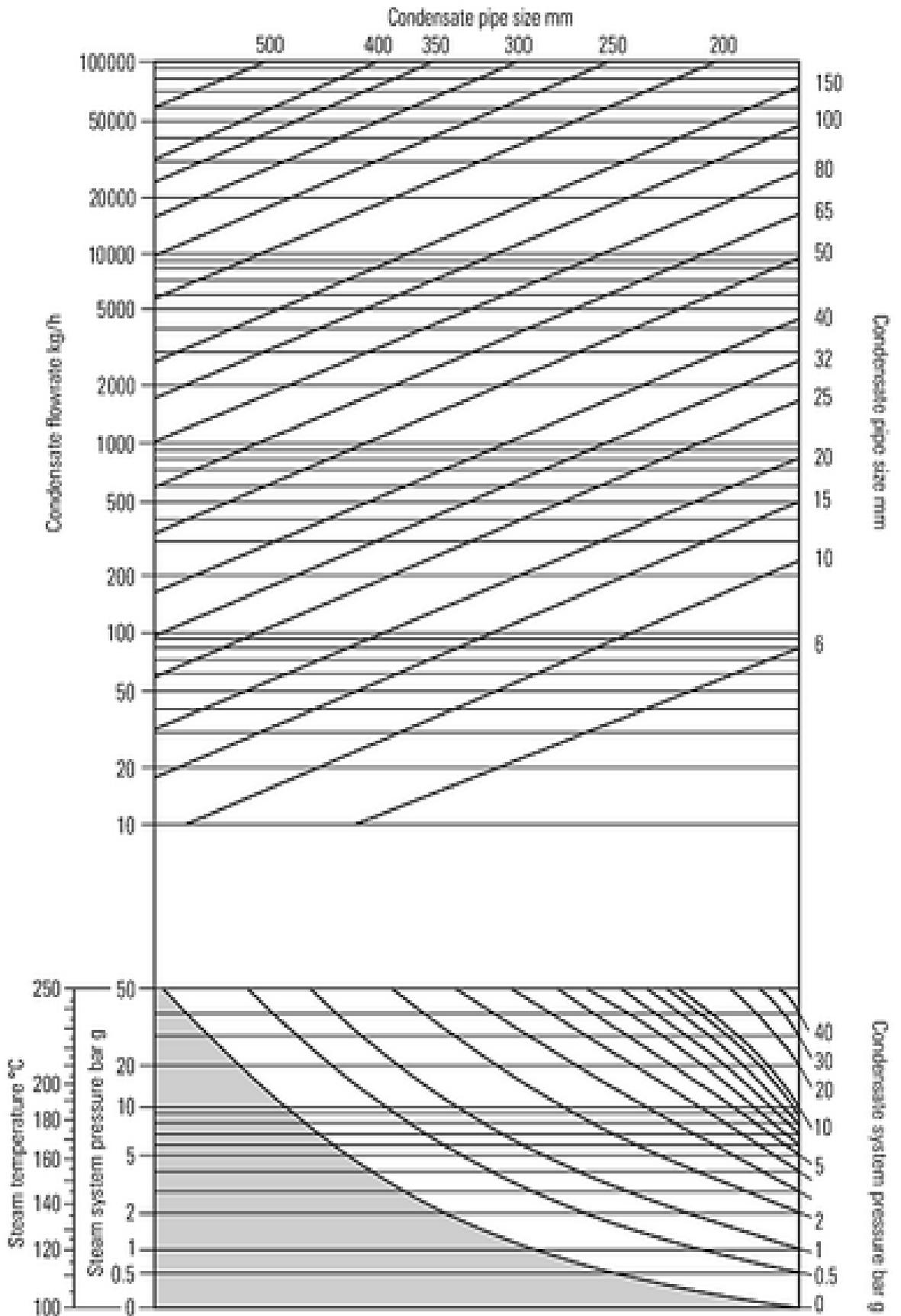
TABLA DE OPERACIÓN DE LA VALVULA DE GLOBO



ANEXO 1.7:

TUBERIA DE RETORNO DE CONDENSADO DE TAMAÑO CARTA

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:

TABLA DE SELECCIÓN DE TRAMPAS DE VAPOR

Para la selección de trampas de vapor es primordial tener los datos y características del tipo de funcionamiento como al equipo en el que va a estar drenando o los rangos de presión etc. las trampas de vapor se seleccionan bajo los siguientes rangos.

Application		1st Choice						2nd Choice				
		Float & Thermosstatic	Thermo-Dynamic®	Balanced Pressure	Bimetallic	Liquid Expansion	Inverted Bucket	Float & Thermosstatic	Thermo-Dynamic®	Balanced Pressure	Bimetallic	Liquid Expansion
Steam Mains	to 30 psig	✓										✓
	30-400 psig		✓									✓
	to 600 psig		✓									✓
	to 900 psig		✓									✓
	to 2000 psig with Superheat		✓						✓			✓
Separators		✓										✓
Steam Tracers	Critical		✓					✓				
	Non-Critical			✓								
Heating Equipment												
	Shell & Tube Heat Exchangers	✓										✓
	Heating Coils	✓										✓
	Unit Heaters	✓										✓
	Plate & Frame Heat Exchangers	✓										✓
	Radiators			✓								
General Process Equipment	to 30 psig	✓										✓
	to 200 psig	✓										✓
	to 465 psig	✓										✓
	to 600 psig					✓						
	to 900 psig					✓						
	to 2000 psig					✓						
Hospital Equipment	Autoclaves	✓						✓				
	Sterilizers	✓						✓				
Fuel Oil Heating	Bulk Storage Tanks			✓			✓					
	Line Heaters	✓										
Tanks & Vats	Bulk Storage Tanks			✓			✓					
	Process Vats	✓					✓					
Vulcanizers			✓				✓					
Evaporators		✓										✓
Reboilers		✓										✓
Rotating Cylinders		✓										
Freeze Protection					✓							

ANEXO 1.9:

***HOJA TECNICA DE LA REGULADORA DE PRESION
25PT***

Para la selección de la reguladora de presión es necesario analizar la hoja técnica del producto, en este caso la reguladora de presión 25PT

ANEXO 1.10:

***INSTALACION DE AISLAMIENTOS TERMICOS
INDUSTRIALES ACCESORIOS Y TERMINADOS -
LISTADO DE REFERENCIA***

REF.	MATERIAL	DESCRIPCION	FABRICANTE/DISTRIBUIDOR
ACCESORIOS DE INSTALACION			
(1)	PINTURA ALTA TEMP.	Pintura a base de resina alquídica temperatura. max. 260_C (500_F)	Pintuco S.A.
(1)	PINTURA ALTA TEMP.	Pintura a base de silicona y grafito Temperatura. max. 400_C (752_F)	Pintuco S.A.
(4)	CINTAS ADHESIVAS	Cinta de Polipropileno N_3701	3M COLOMBIA S.A.
(5)	CINTAS ADHESIVAS	Cinta foil autoadhesiva de aluminio reforzada de 3" de ancho	FASSON
(7)	BANDAS	Bandas de 3/4" x 0.02", 2S H18	Aluminio Reynolds S.A.
(10)	SELLANTE	Cemento Marino Plástico, revestimiento Protector de aislamientos	Toxement S.A.
(10)	SELLANTE	Sella-Sil. Líquido transparente de silicona	Toxement S.A.
(10)	SELLANTE	Colflex. Masilla Bituminosa en cordones.	Colpisa S.A.
(12)	ADHESIVO	Foster 81-10 Adhesivo fibroso para aislamiento de fibra de vidrio.	H.B. FULLER CO.
(12)	ADHESIVO	Foster 81-27 Adhesivo fibroso para silicato de calcio	H.B. FULLER CO.
(14)	ADHESIVO	Insulkote ET recubrimiento protector Material bituminoso con fibras y relleno.	Johns Manville
(16)	PINES	Soldados. Long. hasta 12". Acero de 0.17"	Midwest Fastener, Inc.
(16)	PINES	Soldados. Long. hasta 12". Aluminio de 0.17"	Midwest Fastener, Inc.
(17)	ARANDELAS	Cuadradas de acero de 1 1/2"	Midwest Fastener, Inc.
(17)	ARANDELAS	Cuadradas de aluminio de 1 1/2"	Midwest Fastener, Inc.

TERMINADOS Y RECUBRIMIENTOS

(2)	PLASTICO	Laminados y preformados para codos y accesorios	Zeston Johns Manville/P.I.C. Plastics
(3)	LAMINADO	Foil aluminio/refuerzo fibra de vidrio/papel kraft	Lamtec/Compac/Tepsa
(6)	ACERO INOXIDABLE	Liso, 3x10 ples calibre 28	Pabco/Childers/Premetco/ Al-cor-Jac
(8)	ALUMINIO	Liso, 2000x1000x0.5mm 2SH18	Aluminio Reynolds S.A.
(8)	ALUMINIO	Liso, 2000x1000x0.7mm 2SH18	Aluminio Reynolds S.A.
(8)	ALUMINIO	Liso, 2000x1000x1.0mm 2SH18	Aluminio Reynolds S.A.
(9)	ALUMINIO	Corrugado de 3/16", 0.5mm	Contersa/Pabco/ Childers/Premetco
(11)	BASE FELT REFORZADO	Tela de fibra de vidrio para refuerzo en la aplicación de mastiques	Fiberglass Colombia S.A.

ANEXO 1.11:

CATALOGO DE UNA JUNTA DE EXPANSIÓN GENEVRE PART: 2835A METAL EXPANSION JOINT, FLANGED ASA150.¹⁶⁵

En las industrias es indispensable tener en cuenta los esfuerzos que se producen por la deformación térmica, por lo cual se puede dilatar o contraer la tubería para eso es imprescindible la colocación de una junta de expansión para los tramos más largos ya que son los más críticos, continuación se presentan las partes indispensables:

Partes:

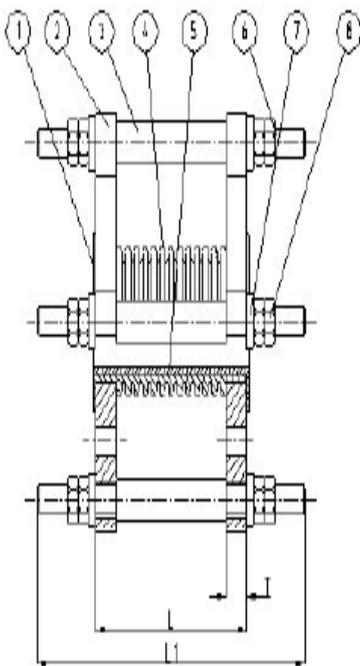
1. - junta (*Joint*).
2. - brida (*Flange*).
3. - tubo (*Pipe*).
4. - fuelle (*Bellows*)
5. - mango interior (*Inner Sleeve*)
- 6.-barra (*rod*)
- 7.-Soportecaucho (*Washer rubber*)
8. - tuerca (*nut*).

¹⁶⁵<http://www.allvalves.co.uk/uploads/documents/Expansion%20joint%202835A.pdf>

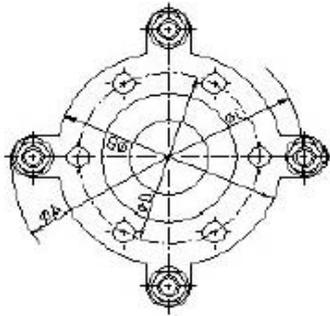


SPECIFICATIONS

1	Helps absorb vibration
2	Working temp range -40°C to $+300^{\circ}\text{C}$
3	Pressure 19 Bar
4	Limiting rods fitted
5	Inner sleeve reduces losses and product accumulation



PART No	PART	MATERIAL
1	Joint	SS 304
2	Flange	Galvanised carbon steel
3	Pipe	Galvanised carbon steel
4	Bellows	SS 304
5	Inner Sleeve	SS 304
6	Rod	Galvanised carbon steel
7	Washer	Rubber
8	Nut	Galvanised carbon steel



DIMENSIONS					
AVOL REF	SIZE	L mm	L1 mm	A mm	Wt Kg
2835A 09	2"	150	225	235	9.5
2835A 10	2 1/2"	150	225	255	11.4
2835A 11	3"	150	225	270	12.8
2835A 12	4"	150	225	305	17.0
2835A 13	5"	150	245	360	28.9
2835A 14	6"	200	295	390	32.5
2835A 16	8"	200	295	430	36.7

	Axial compensation			
	1,000 cycles	≥5,000	≥10,000	Spring rate
	mm	mm	mm	Kg/mm
2835A 09	15	9	7	28
2835A 10	17	9	7	33
2835A 11	17	9	7	34
2835A 12	16	9	6	45
2835A 13	14	8	6	63
2835A 14	18	10	8	76
2835A 16	26	15	12	56

ANEXO 1.12:

***ESPESOR RECOMENDADO PARA AISLAMIENTO DE
FIBRA DE VIDRIO.***

Diámetro nominal Tubería en pulgadas	Temperatura de operación en grados Fahrenheit				
	100 - 199	200 - 299	300 - 399	400 - 499	500 - 599
0.50	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50
0.75	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00
1.00	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00
1.50	1.00	1.50	2.50	3.00	3.00
2.00	1.00	2.00	3.00	3.00	3.00
2.50	1.00	2.00	3.00	3.00	3.00
3.00	1.50	2.50	3.00	3.00	3.00
4.00	1.50	2.50	3.00	3.00	3.50
5.00	1.50	2.50	3.00	3.00	4.00
6.00	1.50	3.00	3.00	3.50	4.00
8.00	1.50	3.00	3.00	3.50	4.50
10.00	1.50	3.00	3.00	4.00	4.50
12.00	1.50	3.00	3.50	4.00	5.00
14.00	1.50	3.00	3.50	4.00	5.00
16.00	1.50	3.00	3.50	4.00	5.00
18.00	1.50	3.00	3.50	4.50	5.00
20.00	2.00	3.00	3.50	4.50	5.00
24.00	2.00	3.00	4.00	4.50	5.50
30.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
36.00	2.50	4.50	6.00	7.50	9.00

FUENTE: Curso Plantas de vapor, USAC, Material de apoyo

ANEXO 1.13:

***TABLA DE DIAMETRO DE TUBERIA SEGÚN
ASME/ANSI B36.10/19.***

Pipe Size (inches)	Outside Diameter (inches)	Identification			Wall Thickness - t (inches)	Inside Diameter - d (inches)	Area of Metal (square inches)	Transverse Internal Area (square feet)		Moment of Inertia - I _x (inches ⁴)	Weight Pipe (pounds per foot)	Weight (pounds per foot)	External Surface (square feet per foot of pipe)	Elastic Section Modulus (in ³)
		Steel		•a• (square inches)				•A• (square feet)						
		Iron Pipe Size	Schedule No.						Stainless Steel Schedule No.					
2 1/2	2.875	-	-	5S	.083	2.709	7.230	0.4002	.7100	2.48	2.50	.753	4839	
		-	-	10S	.120	2.655	1.039	0.6787	.9873	3.53	2.36	.753	8868	
		S1D	40	40S	.203	2.469	1.704	0.6322	1.630	1.630	5.79	2.37	.753	1,064
		XS	80	80S	.278	2.323	2.254	0.2942	1.924	1.924	7.88	1.37	.753	1,339
		-	160	-	.375	2.125	2.946	0.4463	2.353	2.353	10.01	1.54	.753	1,633
3	3.500	-	-	5S	.083	3.334	8.910	0.6703	1.301	3.03	3.78	.918	7435	
		-	-	10S	.120	3.290	1.274	0.6786	1.822	4.33	3.32	.918	1,041	
		S1D	40	40S	.216	3.068	2.223	0.7393	2.6130	3.017	7.58	3.20	.918	1,724
		XS	80	80S	.300	2.900	3.016	0.6035	3.894	3.894	10.25	2.6	.918	2,225
		-	160	-	.438	2.624	4.205	0.438	5.032	5.032	14.32	2.35	.918	2,876
3 1/2	4.000	-	-	5S	.083	3.834	10.21	0.6017	1.890	3.48	5.00	1.047	9,789	
		-	-	10S	.120	3.780	1.463	0.7711	2.755	4.97	4.31	1.047	1,373	
		S1D	40	40S	.226	3.548	2.680	0.886	3.6870	4.788	9.11	1.047	2,304	
		XS	80	80S	.318	3.384	3.678	0.888	5.170	6.280	12.60	1.047	3,140	
		-	160	-	.438	3.102	4.354	1.152	6.245	7.810	16.58	1.30	.918	3,424
4	4.500	-	-	5S	.083	4.334	11.52	0.6017	2.810	3.92	6.39	1.178	12,49	
		-	-	10S	.120	4.280	1.651	0.6898	3.983	5.61	6.18	1.178	1,761	
		S1D	40	40S	.237	4.028	3.174	0.6840	5.233	7.233	10.79	5.50	1.178	3,214
		XS	80	80S	.337	3.826	4.407	1.130	6.610	8.610	14.08	4.98	1.178	4,271
		-	160	-	.438	3.624	5.595	1.031	8.165	11.65	19.0	4.47	1.178	5,173
5	5.563	-	-	5S	.083	4.834	13.01	0.6017	4.045	4.32	8.38	1.178	5,888	
		-	-	10S	.120	4.780	2.811	0.6898	5.233	6.945	11.78	4.32	1.178	8,791
		S1D	40	40S	.237	4.528	4.045	1.130	6.610	8.610	14.08	4.98	1.178	9,250
		XS	80	80S	.337	4.326	5.233	1.031	8.165	11.65	19.0	4.47	1.178	12,060
		-	160	-	.438	4.124	6.425	1.130	9.610	12.60	21.54	3.38	1.178	14,66
6	6.625	-	-	5S	.109	5.345	15.68	0.6017	5.647	6.36	9.72	1.466	24,83	
		-	-	10S	.134	5.295	2.288	0.6898	7.233	8.425	14.66	9.54	1.466	3,029
		S1D	40	40S	.258	5.047	3.300	0.6898	8.610	10.610	16.62	8.37	1.466	3,451
		XS	80	80S	.375	4.813	4.112	1.031	9.610	12.60	20.78	7.38	1.466	4,231
		-	160	-	.500	4.583	5.633	1.130	11.30	13.30	25.73	7.38	1.466	5,250
8	8.625	-	-	5S	.125	6.345	21.34	0.6017	8.165	8.38	12.60	1.466	36,85	
		-	-	10S	.150	6.295	7.811	0.6898	10.610	10.610	16.62	12.60	1.466	42,31
		S1D	40	40S	.275	6.047	9.610	1.130	12.60	14.08	21.54	10.610	1.466	50,000
		XS	80	80S	.375	5.813	11.30	1.031	14.08	15.610	25.73	10.610	1.466	58,000
		-	160	-	.500	5.583	13.30	1.130	16.610	18.610	30.03	10.610	1.466	68,000

ANEXO 2.1:

AGUA SATURADA – TABLA DE PRESIONES (S.I.)

(Tomadas de “Tablas Termodinámica.”, Libro Carlos J. Renedo)

Propiedades del agua saturada (liquido-vapor): Tabla de presiones

Presión bar	Temp, °C	Volumen específico		Energía interna		Entalpia			Entropía	
		m ³ /kg		kJ/kg		kJ/kg			kJ/kg, K	
		Líquido sat, v _f x 10 ³	Vapor sat, v _g	Líquido sat, u _f	Vapor sat, u _g	Líquido sat, h _f	Vapor vaporiz., h _{fg}	Vapor sat, h _g	Líquido sat, s _f	Vapor sat, s _g
0,04	28,96	1,0040	34,800	121,45	2415,2	121,46	2432,9	2554,4	0,4226	8,4746
0,06	36,16	1,0064	23,739	151,53	2425,0	151,53	2415,9	2567,4	0,5210	8,3304
0,08	41,51	1,0084	18,103	173,87	2432,2	173,88	2403,1	2577,0	0,5926	8,2287
0,10	45,81	1,0102	14,674	191,82	2437,9	191,83	2392,8	2584,7	0,6493	8,1502
0,20	60,06	1,0172	7,649	251,38	2456,7	251,40	2358,3	2609,7	0,8320	7,9085
0,30	69,10	1,0223	5,229	289,20	2468,4	289,23	2336,1	2625,3	0,9439	7,7686
0,40	75,87	1,0265	3,993	317,53	2477,0	317,58	2319,2	2636,8	1,0259	7,6700
0,50	81,33	1,0300	3,240	340,44	2483,9	340,49	2305,4	2645,9	1,0910	7,5939
0,60	85,94	1,0331	2,732	359,79	2489,6	359,86	2293,6	2653,5	1,1453	7,5320
0,70	89,95	1,0360	2,365	376,63	2494,5	376,70	2283,3	2660,0	1,1919	7,4797
0,80	93,50	1,0380	2,087	391,58	2498,8	391,66	2274,1	2665,8	1,2329	7,4346
0,90	96,71	1,0410	1,869	405,06	2502,6	405,15	2265,7	2670,9	1,2695	7,3949
1,00	99,63	1,0432	1,694	417,36	2506,1	417,46	2258,0	2675,5	1,3026	7,3594
1,50	111,4	1,0528	1,159	466,94	2519,7	467,11	2226,5	2693,6	1,4336	7,2233
2,00	120,2	1,0605	0,8857	504,49	2529,5	504,70	2201,9	2706,7	1,5301	7,1271
2,50	127,4	1,0672	0,7187	535,10	2537,2	535,37	2181,5	2716,9	1,6072	7,0527
3,00	133,6	1,0732	0,6058	561,15	2543,6	561,47	2163,8	2725,3	1,6718	6,9919
3,50	138,9	1,0786	0,5243	583,95	2546,9	584,33	2148,1	2732,4	1,7275	6,9405
4,00	143,6	1,0836	0,4625	604,31	2553,6	604,74	2133,8	2738,6	1,7766	6,8959
4,50	147,9	1,0882	0,4140	622,25	2557,6	623,25	2120,7	2743,9	1,8207	6,8565
5,00	151,9	1,0926	0,3749	639,68	2561,2	640,23	2108,5	2748,7	1,8607	6,8212
6,00	158,9	1,1006	0,3157	669,90	2567,4	670,56	2088,3	2756,8	1,9312	6,7600
7,00	165,0	1,1080	0,2729	696,44	2572,5	697,22	2066,3	2763,5	1,9922	6,7080
8,00	170,4	1,1148	0,2404	720,22	2576,8	721,11	2048,0	2769,1	2,0462	6,6628
9,00	175,4	1,1212	0,2150	741,83	2580,5	742,83	2031,1	2773,9	2,0946	6,6226
10,0	179,9	1,1273	0,1944	761,68	2583,6	762,81	2015,3	2778,1	2,1387	6,5863
15,0	198,3	1,1539	0,1318	843,16	2594,5	844,84	1947,3	2792,2	2,3150	6,4448
20,0	212,4	1,1767	0,09963	906,44	2600,3	908,79	1890,7	2799,5	2,4474	6,3409
25,0	224,0	1,1973	0,07998	959,11	2603,1	962,11	1841,0	2803,1	2,5547	6,2575
30,0	233,9	1,2165	0,06668	1004,8	2604,1	1008,4	1795,7	2804,2	2,6457	6,1869
35,0	242,6	1,2347	0,05707	1045,4	2603,7	1049,8	1753,7	2803,4	2,7253	6,1253
40,0	250,4	1,2522	0,04978	1082,3	2602,3	1087,3	1714,1	2801,4	2,7964	6,0701
45,0	257,5	1,2692	0,04406	1116,2	2600,1	1121,9	1676,4	2798,3	2,8610	6,0199
50,0	264,0	1,2859	0,03944	1147,8	2597,1	1154,2	1640,1	2794,3	2,9202	5,9734
60,0	275,6	1,3187	0,03244	1205,4	2589,7	1213,4	1571,0	2784,3	3,0267	5,8892
70,0	285,9	1,3513	0,02737	1257,6	2580,5	1267,0	1505,1	2772,1	3,1211	5,8133
80,0	295,1	1,3842	0,02352	1305,6	2569,8	1316,6	1441,3	2758,0	3,2068	5,7432
90,0	303,4	1,4178	0,02048	1350,5	2557,8	1363,3	1378,9	2742,1	3,2858	5,6772
100	311,1	1,4524	0,01803	1393,0	2544,4	1407,6	1317,1	2724,7	3,3596	5,6141
110	318,2	1,4886	0,01599	1433,7	2529,8	1450,1	1255,5	2705,6	3,4295	5,5527
120	324,8	1,5267	0,01426	1473,0	2513,7	1491,3	1193,6	2684,9	3,4962	5,4924
130	330,9	1,5671	0,01278	1511,1	2496,1	1531,5	1130,7	2662,2	3,5606	5,4323
140	336,8	1,6107	0,01149	1548,6	2476,8	1571,1	1066,5	2637,6	3,6232	5,3717
150	342,2	1,6581	0,01034	1585,6	2455,5	1610,5	1000,0	2610,5	3,6848	5,3098
160	347,4	1,7107	0,009306	1622,7	2431,7	1650,1	930,6	2580,6	3,7461	5,2455
170	352,4	1,7702	0,008364	1660,2	2405,0	1690,3	856,9	2547,2	3,8079	5,1777
180	357,1	1,8397	0,007489	1698,9	2374,3	1732,0	777,1	2509,1	3,8715	5,1044
190	361,5	1,9243	0,006657	1739,9	2338,1	1776,5	688,0	2464,5	3,9388	5,0228

ANEXO 2.2

DATOS TECNICOS DEL BUNKER- SEGÚN LEYCOM

Tabla de comparación de combustibles, parámetros del bunker, del crudo reducido y el diesel (características técnicas).

**Leycom****TABLA DE COMPARACIÓN DE COMBUSTIBLES**

Parámetros del Búnker, del Crudo Reducido y el Diesel				
Parámetro	Método	Búnker	Crudo Reducido	Diesel
Densidad, kg/litro	ASTM D4052	0.96	0.98	0,856
Viscosidad Saybolt, (50° C) SSF	ASTM D88	180-230	230-270	3,64
Viscosidad SRW1 (100° F)		4000-5000	4500-12000	35
° API	ASTM D287	13-15	14-15	34
Poder calorífico, kcal/kg	ASTM D40	10400-10200	10300-10000	10874
Contenido de agua, % vol	ASTM D95	<0.1	0.1	<0,05
Punto de escurrimiento, ° C	ASTM D97	-6	13	-20
Contenido de ceniza, % m	ASTM D482	0.1	0.05	---
Punto de Inflamación, ° C	ASTM D92	109-130	124-150	74,6
CCAI		820-850	850-880	808
Contenido de Azufre, % m	ASTM D4294	1.5-2.3	1.5-1.7	---
Contenido de metales, ppm				
Vanadio	A. A. *	190-240	165	---
Sodio	A. A.	14	8	---
Niquel	A. A.	74	70	0,5

** Absorción atómica

Nota: Estos datos se consideran representativos del búnker y del residuo, no obstante se espera que varíe la composición del residuo debido a que este combustible es función del crudo oriente que se procese. Uno de las cualidades que más variación tiene es la viscosidad.

Ing. Oscar Rubio

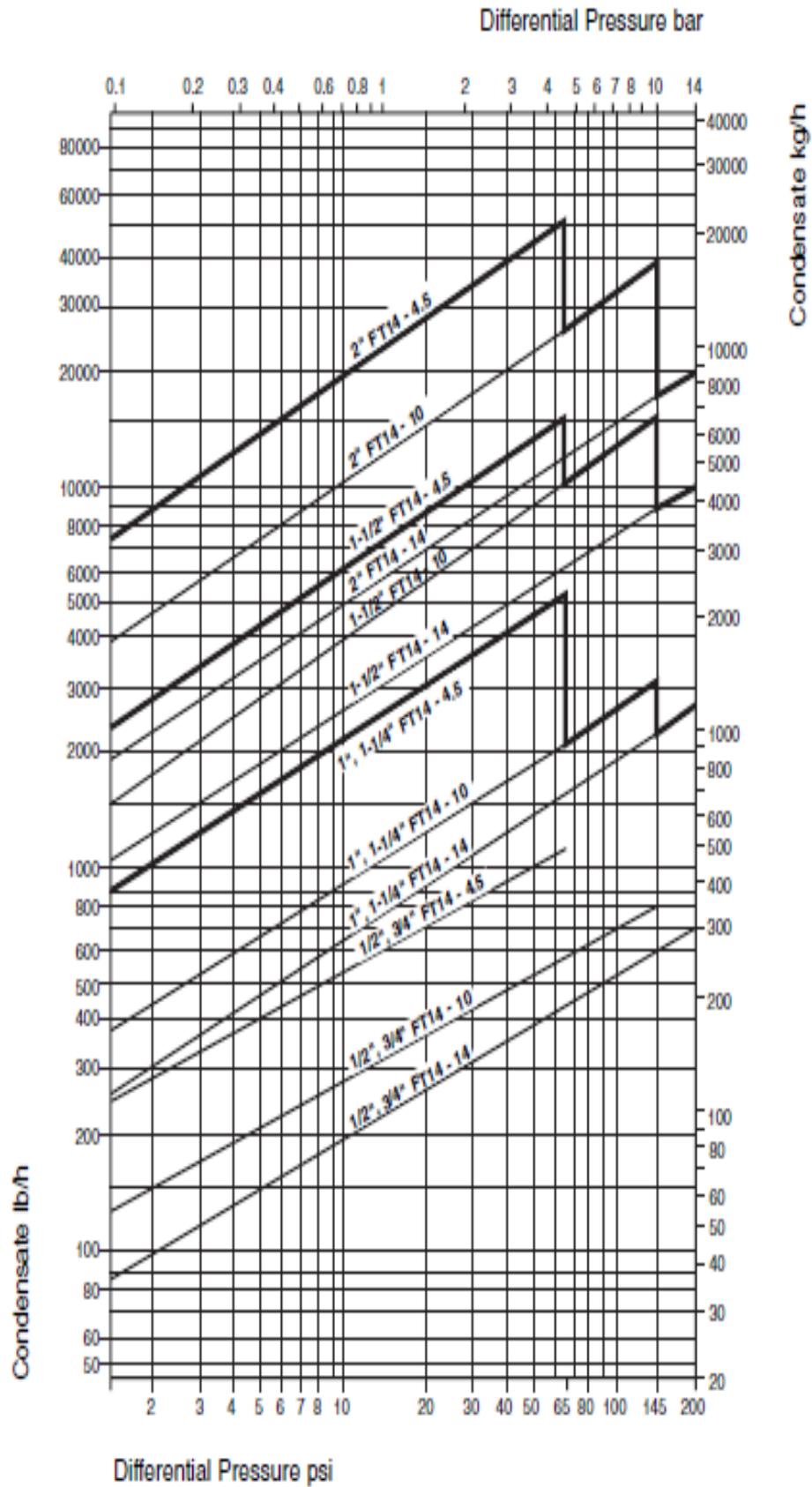
Leycom Gestión Energética C.A.

Telefax: 022554723. Teléfono: 098741885

ANEXO 2.3:

***CURVA DE SELECCIÓN DE TRAMPAS DE VAPOR PARA
EL CONDENSADO***

Capacities in lb/h hot condensate



**10. *MEMORIAS DE
CÁLCULO USANDO EL
SOFTWARE SE1-TLV®***

***B CÁLCULO BASADO EN LA VELOCIDAD DE VAPOR
ATRAVEZ DE LA TUBERIA.***

B.1 CÁLCULO BASADO EN LA VELOCIDAD DE VAPOR ATRAVEZ DE LA TUBERIA.

- ***CODIGO TUBERIA: 03-TV-01-00***

***B.2 CÁLCULO BASADO EN LA VELOCIDAD DE VAPOR
ATRAVEZ DE LA TUBERIA.***

- ***CODIGO TUBERIA: 03-TV-02-00***

***B.3 CÁLCULO BASADO EN LA VELOCIDAD DE VAPOR
ATRAVEZ DE LA TUBERIA.***

- ***CODIGO TUBERIA: 06-TV-03-00***

B.3.1 CÁLCULO BASADO EN LA VELOCIDAD DE VAPOR ATRAVEZ DE LA TUBERIA.

- ***CODIGO TUBERIA: 05-TV-03-00***

B.3.2 CÁLCULO BASADO EN LA VELOCIDAD DE VAPOR ATRAVEZ DE LA TUBERIA.

- ***CODIGO TUBERIA: 04-TV-03-00***

***B.4 CÁLCULO BASADO EN LA VELOCIDAD DE VAPOR
ATRAVEZ DE LA TUBERIA.***

- ***CODIGO TUBERIA: 1 ¼ -TV-04-00***

***B.5 CÁLCULO BASADO EN LA VELOCIDAD DE VAPOR
ATRAVEZ DE LA TUBERIA.***

- ***CODIGO TUBERIA: 01-TV-05-00***

B.6 CÁLCULO BASADO EN LA VELOCIDAD DE VAPOR ATRAVEZ DE LA TUBERIA.

- ***CODIGO TUBERIA: 02-TV-06-00***

***B.7 CÁLCULO BASADO EN LA VELOCIDAD DE VAPOR
ATRAVEZ DE LA TUBERIA.***

- ***CODIGO TUBERIA: 03-TV-08-00***

***B.8 CÁLCULO BASADO EN LA VELOCIDAD DE VAPOR
ATRAVEZ DE LA TUBERIA.***

- ***CODIGO TUBERIA: 02-TV-08-01***

***B.9 CÁLCULO BASADO EN LA VELOCIDAD DE VAPOR
ATRAVEZ DE LA TUBERIA.***

- ***CODIGO TUBERIA: 02-TV-08-02***

11. *MEMORIAS DE CÁLCULO*

**11.1. CALCULO DEL CONSUMO
DE VAPOR DE LOS TANQUES
DE ALMACENAMIENTO**

SEGÚN EXTRACTO 2.2.1.3.1

**11.1.1. CONSUMO DE VAPOR DEL
TANQUE TQB-01 (150000 GLA)**

Para el cálculo del consumo de vapor del tanque de 150000 GLA, se procederá por medio de las ecuaciones: ecuación 2.1 y ecuación 2.2 (ver capítulo 1):

$$q_1 = \frac{V * \delta * C_e * \Delta T}{t} \quad \text{EC.2.1}$$

$$\dot{F}S = \frac{q_1}{r} \quad \text{EC.2.2}$$

Donde:

V = Volumen de la carga del tanque [m^3]

δ = Densidad del combustible [$\frac{kg}{m^3}$]

C_e = Calor específico del combustible [$\frac{KJ}{kg * ^\circ C}$]

ΔT = Incremento de la temperatura [$^\circ C$]

t = Tiempo de calefacción [h]

$\dot{F}S$ = Cantidad de vapor necesario [$\frac{kg}{h}$]

r = Entalpia de vaporización [$\frac{KJ}{kg}$]

Para los datos tomados se realizarán las transformaciones necesarias para aplicar las unidades del sistema métrico.

- Para el volumen:

$$150000 \text{ GLA} * \frac{3.785 \text{ l}}{1 \text{ GLA}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} = 567.75 \text{ m}^3$$

- Para la densidad del combustible (BUNKER #5):

Tabla del proveedor del bunker ANEXO 2.2

- Calor específico:

$$\text{Dato obtenido del pocket data book (TLV)} = C_e = 2.18 \left[\frac{KJ}{kg * ^\circ C} \right]$$

- Incremento de temperatura:

$$\Delta T = (^\circ T \text{ de calentamiento del bunker}) - (^\circ T \text{ ambiente de la ciudad de Manta})$$

$$\Delta T = 75 \text{ }^\circ C - 20 \text{ }^\circ C$$

$$\Delta T = 55 \text{ }^\circ C$$

- Tiempo de calefacción:

Ver sección 2.2.1.2 (TIEMPO DE CALENTAMIENTO EN TANQUES)

Tiempo de calefacción 24 horas

- Entalpia de vaporización:

Ver (ANEXO 2.1)

El valor de la entalpia para obtener h_{fg} @ 7 Bar

$$h_{fg} @ 700 \text{ Bar} = 2066.3 \left[\frac{KJ}{kg} \right]$$

Remplazando los valores en la ecuación 2.1:

$$\dot{q}1 = \frac{567.75 [m^3] * 960 \left[\frac{kg}{m^3} \right] * 2.18 \left[\frac{KJ}{kg * ^\circ C} \right] * 55 \text{ }^\circ C}{24 h}$$

$$\dot{q}1 = 2720929 \left[\frac{KJ}{h} \right]$$

Remplazando los valores en la ecuación 2.2:

$$\dot{F}s = \frac{\dot{q}1}{r}$$

$$\dot{F}s = \frac{2720929 \left[\frac{KJ}{h} \right]}{2066.3 \left[\frac{KJ}{kg} \right]}$$

$$\dot{F}s = 1316.42 \left[\frac{Kg}{h} \right] * (1.1)$$

Y según el HOOKUPS de SpiraxSarco, es necesario multiplicar por un factor de $(1.1)^{166}$ para los sistemas de calentamiento, por el motivo de pérdidas de calor ocurridos en los tanques.

$$\dot{F}s = 1448.07 \left[\frac{Kg}{h} \right]$$

CONCLUSION:

Por lo tanto se necesitara $1469.87 \left[\frac{Kg}{h} \right]$ para calentar el volumen de 567.75 m^3 en un tiempo de 24 horas.

¹⁶⁶Design of fluid systems – HOOKUPS (SpiraxSarco).

**11.1.2. CONSUMO DE VAPOR DEL
TANQUE TQB-02 (200 m³)**

Para el cálculo del consumo de vapor del tanque de 200 m³, se procederá por medio de las ecuaciones: ecuación 2.1 y ecuación 2.2 (ver capítulo 1):

$$\dot{q}_1 = \frac{V \cdot \delta \cdot C_e \cdot \Delta T}{t} \quad \text{EC.2.1}$$

$$\dot{F}_S = \frac{\dot{q}_1}{r} \quad \text{EC.2.2}$$

Donde:

V = Volumen de la carga del tanque [m³]

δ = Densidad del combustible [$\frac{kg}{m^3}$]

C_e = Calor específico del combustible [$\frac{KJ}{kg \cdot ^\circ C}$]

ΔT = Incremento de la temperatura [°C]

t = Tiempo de calefacción [h]

\dot{F}_S = Cantidad de vapor necesario [$\frac{kg}{h}$]

r = Entalpía de vaporización [$\frac{KJ}{kg}$]

Para los datos tomados se realizarán las transformaciones necesarias para aplicar las unidades del sistema métrico.

- Para el volumen = 200 m³
- Para la densidad del combustible (BUNKER #5):
Tabla del proveedor del bunker ANEXO 2.2
- Calor específico:
Dato obtenido del pocket data book (TLV) = $C_e = 2.18 \left[\frac{KJ}{kg \cdot ^\circ C} \right]$
- Incremento de temperatura:
 $\Delta T = (^\circ T \text{ de calentamiento del bunker}) - (^\circ T \text{ ambiente de la ciudad de Manta})$
 $\Delta T = 75 \text{ }^\circ C - 20 \text{ }^\circ C$
 $\Delta T = 55 \text{ }^\circ C$
- Tiempo de calefacción:
Ver sección 2.2.1.2 (TIEMPO DE CALENTAMIENTO EN TANQUES)
Tiempo de calefacción 24 horas
- Entalpía de vaporización:

Ver (ANEXO 2.1)

El valor de la entalpia para obtener h_{fg} @ 7 Bar

$$h_{fg} @ 700 \text{ Bar} = 2066.3 \left[\frac{KJ}{kg} \right]$$

Remplazando los valores en la ecuación 2.1:

$$\dot{q1} = \frac{200[m^3] * 960 \left[\frac{kg}{m^3} \right] * 2.18 \left[\frac{KJ}{kg * ^\circ C} \right] * 55 ^\circ C}{24 h}$$

$$\dot{q1} = 959200 \left[\frac{KJ}{h} \right]$$

Remplazando los valores en la ecuación 2.2:

$$\dot{F}s = \frac{q1}{r}$$

$$\dot{F}s = \frac{2720929 \left[\frac{KJ}{h} \right]}{2066.3 \left[\frac{KJ}{kg} \right]}$$

$$\dot{F}s = 464.21 \left[\frac{kg}{h} \right] * (1.1) \quad \cdot$$

$$\Rightarrow \dot{F}s = 510.10 \left[\frac{kg}{h} \right]$$

CONCLUSION:

Y según el HOOKUPS de SpiraxSarco, es necesario multiplicar por un factor de (1.1)¹⁶⁷.

Por lo tanto se necesitara $510.10 \left[\frac{kg}{h} \right]$ para calentar el volumen de 200 m^3 en un tiempo de 24 horas.

¹⁶⁷Design of fluid systems – HOOKUPS (SpiraxSarco).

**11.1.3. CONSUMO DE VAPOR DEL
TANQUE TQB-03 (60000 GLA)**

Para el cálculo del consumo de vapor del tanque de 60000 GLA, se procederá por medio de las ecuaciones: ecuación 2.1 y ecuación 2.2 (ver capítulo 1):

$$\dot{q}_1 = \frac{V * \delta * C_e * \Delta T}{t} \quad \text{EC.2.1}$$

$$\dot{F}S = \frac{\dot{q}_1}{r} \quad \text{EC.2.2}$$

Donde:

V = Volumen de la carga del tanque [m^3]

δ = Densidad del combustible [$\frac{kg}{m^3}$]

C_e = Calor específico del combustible [$\frac{KJ}{kg * ^\circ C}$]

ΔT = Incremento de la temperatura [$^\circ C$]

t = Tiempo de calefacción [h]

$\dot{F}S$ = Cantidad de vapor necesario [$\frac{kg}{h}$]

r = Entalpia de vaporización [$\frac{KJ}{kg}$]

Para los datos tomados se realizarán las transformaciones necesarias para aplicar las unidades del sistema métrico.

- Para el volumen:

$$60000 \text{ GLA} * \frac{3.785 \text{ l}}{1 \text{ GLA}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} = 227.1 \text{ m}^3$$

- Para la densidad del combustible (BUNKER #5):

Tabla del proveedor del bunker ANEXO 2.2

- Calor específico:

Dato obtenido del pocket data book (TLV) = $C_e = 2.18 \left[\frac{KJ}{kg * ^\circ C} \right]$

- Incremento de temperatura:

$\Delta T = (^\circ T \text{ de calentamiento del bunker}) - (^\circ T \text{ ambiente de la ciudad de Manta})$

$\Delta T = 75 \text{ }^\circ C - 20 \text{ }^\circ C$

$\Delta T = 55 \text{ }^\circ C$

- Tiempo de calefacción:

Ver sección 2.2.1.2 (TIEMPO DE CALENTAMIENTO EN TANQUES)

Tiempo de calefacción 24 horas

- Entalpia de vaporización:

Ver (ANEXO 2.1)

El valor de la entalpia para obtener h_{fg} @ 7 Bar

$$h_{fg} @ 700 \text{ Bar} = 2066.3 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg}} \right]$$

Remplazando los valores en la ecuación 2.1:

$$\dot{q}_1 = \frac{227.1 \text{ [m}^3\text{]} * 960 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] * 2.18 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg} * ^\circ\text{C}} \right] * 55 \text{ }^\circ\text{C}}{24 \text{ h}}$$

$$\dot{q}_v = 1089171.6 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{h}} \right]$$

Remplazando los valores en la ecuación 2.2:

$$\dot{F}s = \frac{\dot{q}_1}{r}$$

$$\dot{F}s = \frac{1089171.6 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{h}} \right]}{2066.3 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg}} \right]}$$

$$\dot{F}s = 527.11 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{h}} \right] * (1.1)$$

Y según el HOOKUPS de SpiraxSarco, es necesario multiplicar por un factor de $(1.1)^{168}$ para los sistemas de calentamiento, por el motivo de pérdidas de calor ocurridos en los tanques.

$$\dot{F}s = 579.2 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{h}} \right]$$

CONCLUSION:

Por lo tanto se necesitara $579.2 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{h}} \right]$ para calentar el volumen de 227.1 m^3 en un tiempo de 24 horas.

¹⁶⁸Design of fluid systems – HOOKUPS (SpiraxSarco).

**11.1.4. CONSUMO DE VAPOR DEL
TANQUE TQB-MEZCLA (92.12 m³)**

Para el cálculo del consumo de vapor del tanque de 92.12 m³, se procederá por medio de las ecuaciones: ecuación 2.1 y ecuación 2.2 (ver capítulo 1):

$$q_1 = \frac{V * \delta * C_e * \Delta T}{t} \quad \text{EC.2.1}$$

$$\dot{F}_s = \frac{q_1}{r} \quad \text{EC.2.2}$$

Donde:

V = Volumen de la carga del tanque [m³]

δ = Densidad del combustible [$\frac{kg}{m^3}$]

C_e = Calor específico del combustible [$\frac{KJ}{kg * ^\circ C}$]

ΔT = Incremento de la temperatura [°C]

t = Tiempo de calefacción [h]

\dot{F}_s = Cantidad de vapor necesario [$\frac{kg}{h}$]

r = Entalpia de vaporización [$\frac{KJ}{kg}$]

Para los datos tomados se realizarán las transformaciones necesarias para aplicar las unidades del sistema métrico.

- Para el volumen:
92.12 m³
- Para la densidad del combustible (BUNKER #5):
Tabla del proveedor del bunker ANEXO 2.2
- Calor específico:
Dato obtenido del pocket data book (TLV) = $C_e = 2.18 [\frac{KJ}{kg * ^\circ C}]$
- Incremento de temperatura:
 $\Delta T = (^\circ T \text{ de calentamiento del bunker}) - (^\circ T \text{ ambiente de la ciudad de Manta})$
 $\Delta T = 75^\circ C - 20^\circ C$
 $\Delta T = 55^\circ C$
- Tiempo de calefacción:
Ver sección 2.2.1.2 (TIEMPO DE CALENTAMIENTO EN TANQUES)
Tiempo de calefacción 24 horas
- Entalpia de vaporización:

Ver (ANEXO 2.1)

El valor de la entalpia para obtener h_{fg} @ 7 Bar

$$h_{fg} @ 700 \text{ Bar} = 2066.3 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg}} \right]$$

Remplazando los valores en la ecuación 2.1:

$$\dot{q1} = \frac{92.12 \text{ [m}^3\text{]} * 960 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] * 2.18 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg} * ^\circ\text{C}} \right] * 55 \text{ }^\circ\text{C}}{24 \text{ h}}$$

$$\dot{q1} = 441807.52 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{h}} \right]$$

Remplazando los valores en la ecuación 2.2:

$$\dot{F}s = \frac{q1}{r}$$

$$\dot{F}s = \frac{1089171.6 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{h}} \right]}{2066.3 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg}} \right]}$$

$$\dot{F}s = 213.81 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{h}} \right] * (1.1)$$

Y según el HOOKUPS de SpiraxSarco, es necesario multiplicar por un factor de $(1.1)^{169}$ para los sistemas de calentamiento, por el motivo de pérdidas de calor ocurridos en los tanques.

$$\dot{F}s = 235.19 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{h}} \right]$$

CONCLUSION:

Por lo tanto se necesitara $235.19 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{h}} \right]$ para calentar el volumen de 92.12 m^3 en un tiempo de 24 horas.

¹⁶⁹Design of fluid systems – HOOKUPS (SpiraxSarco).

11.2. **CALCULO MANUAL DEL
DIAMETRO DE TUBERIA DE
VAPOR**

SEGÚN EXTRACTO 3.3.1.2

CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA BASADO EN LA VELOCIDAD DEL VAPOR.

Por medio de la formula EC.1.2 se despeja el d = diámetro de la tubería

$$\dot{F}S = \frac{\pi * d^2}{4} * \frac{Vs}{v''} \quad \text{EC.1.2}$$

d : Diámetro interior del tubo (m)

$\dot{F}S$: Flujo de vapor =[3972.58 $\frac{kg}{h}$]

v'' : Volumen específico =[0.2729 $\frac{m^3}{kg}$]

Vs : Velocidad del flujo (m/s) = [20 $\frac{m}{s}$]Según (tabla 1.2)

Se procede al cálculo:

$$\dot{F}S = 3972.58 \frac{kg}{h} * \frac{1 h}{3600 s} = 1.1 \frac{kg}{s}$$

Se despeja el diámetro (d) de la tubería de la EC. 1.2 y se obtiene:

$$d^2 = \frac{4 * 0.2729 \frac{m^3}{kg} * 1.1 \frac{kg}{s}}{20 \frac{m}{s} * \pi}$$

Realizando la operación:

$$d = 0.138 \text{ m} \Rightarrow 0.138 \text{ m} * \frac{3.28 \text{ pies}}{1 \text{ m}} * \frac{12 \text{ [in]}}{1 \text{ pie}} = 5.6 \text{ [in]} \quad (142.24 \text{ mm})$$

Para abastecer el flujo de vapor adecuado bajo las condiciones de presión, velocidad, y temperatura establecida, necesitaríamos un diámetro de 5.6 pulgadas (142.24 mm).

Por lo tanto se aproxima al diámetro mayor encontrado en el mercado Ecuatoriano. = 6 pulgadas.

NOTA: SE PROCEDE CON EL MISMO PROCEDIMIENTO PARA EL RESTO DE DIAMETROS A CALCULAR.

12. *PLANOS*