



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

“Cálculo, selección, procedimiento de montaje de un sistema de generación de vapor y diseño de tanques de almacenamiento de combustible para una planta procesadora de chocolate”

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previa la obtención del Título de:

INGENIEROS MECÁNICOS

Presentado por:

OSWALDO FABRIZIO ARMAS SÁNCHEZ
RODRIGO JAVIER CHÓEZ MARCILLO

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2014

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a la ESPOL, por la formación profesional impartida durante estos años. Al Ing. Ernesto Martínez, por la valiosa ayuda prestada para la realización de este proyecto. A los maestros, amigos y compañeros que me acompañaron durante mi carrera estudiantil. A mi madre, apoyo incondicional en mi vida. A todas las personas que colaboraron para la culminación de este trabajo.

Oswaldo Armas S.

AGRADECIMIENTO

Agradezco al Ing. Ernesto Martínez por su invaluable ayuda en el desarrollo de este proyecto, a mi familia en especial a mis padres Rodrigo y Lupita por el apoyo que me han brindado y darme la oportunidad de estudiar en esta prestigiosa institución y a todas las personas que colaboraron en la realización de este trabajo.

Rodrigo Chóez M.

DEDICATORIA

Este trabajo está especialmente dedicado a mi madre, por sus enseñanzas, consejos y ejemplo que me brinda cada día.

Oswaldo Armas S.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios y a los seres que más aprecio en la vida, a mis padres: Rodrigo Chóez, Lupita Marcillo y a mis hermanas: Diana Lizz y Valeria, quienes con su comprensión y apoyo me han ayudado a culminar mi carrera profesional, meta que tanto anhele en la vida.

Rodrigo Chóez M.

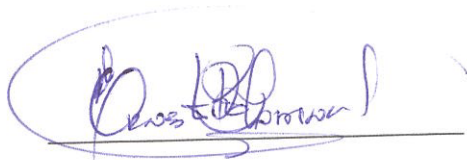
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Dr. Kleber Barcia V., Ph.D.

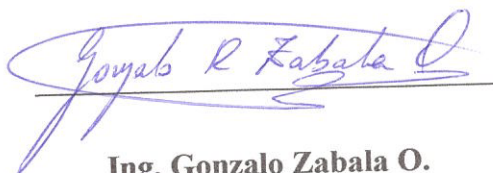
DECANO DE LA FIMCP

PRESIDENTE



Ing. Ernesto Martínez L.

DIRECTOR DE PROYECTO



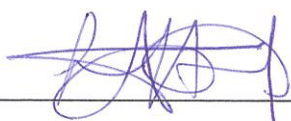
Ing. Gonzalo Zabala O.

VOCAL PRINCIPAL

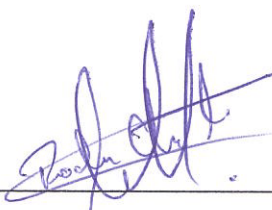
DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado,
nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio
intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR
POLITÉCNICA DEL LITORAL

(Reglamento de graduación de la ESPOL)



Oswaldo Fabrizio Armas Sánchez



Rodrigo Javier Chóez Marcillo



CD-ESPOL

RESUMEN

Este proyecto de graduación está orientado a la actividad de una industria alimenticia chocolatera ubicada en el cantón Manta, provincia de Manabí, en la cual se utiliza vapor para sus procesos de producción.

Debido a que la industria objeto del estudio ha planificado a futuro crear una nueva línea de producción de chocolate de confitería, el presente proyecto tiene como objetivo el diseño e implementación de un nuevo cuarto de fuerza para la generación de vapor.

En la etapa de selección de los equipos principales para esta nueva línea, se ha realizado un balance de masa de la producción de chocolate requerida. Esta actividad conlleva al análisis de los porcentajes de materia prima aprovechable en el proceso de transformación del chocolate.

Los cálculos de uso del vapor en los diferentes consumidores utilizados para la producción proyectada, da como resultado que la generación de vapor debe ser del orden de 600 BHP. Además, para la generación de vapor en las calderas se ha calculado las capacidades de los tanques de almacenamiento diario y semanal de combustible. También se presenta el procedimiento de montaje para la instalación de la caldera de 600 BHP, incluyendo una adicional de respaldo, los equipos auxiliares, las líneas de distribución de vapor y de retorno de condensado.

El diseño de los tanques de almacenamiento de combustible se ha desarrollado de acuerdo a la Norma API 650, ASME SECCIÓN VIII y otras Normas internacionales,

tomando en consideración la optimización de material con la finalidad de reducir costos.

Para la planificación del procedimiento de montaje de los generadores de vapor, equipos auxiliares, conexiones y tanques de almacenamiento de combustible, se ha considerado normas de montaje, adecuación de los sitios, accesibilidad para mantenimiento y confiabilidad, garantizando una correcta instalación y funcionamiento del proyecto.

Se estima que el proceso de montaje tomara aproximadamente 8 semanas, empezando con la instalación de las calderas, anclaje, conexiones, accesorios, aislamiento térmico, instrumentación; y posteriormente las pruebas y puesta en marcha todo el sistema de generación de vapor para el uso en el proceso productivo de chocolate.

Palabras claves: Caldera, vapor, cacao, cuarto de fuerza, diseño, montaje.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ABREVIATURAS.....	IX
SIMBOLOGÍA.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XVII
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO 1

1. DESCRIPCIÓN DE LA INDUSTRIA	3
1.1. Descripción de la industria alimenticia.....	3
1.2. Descripción del proceso para obtener crema de chocolate	3
Obtención de estearina de palma.....	4
1.2.2. Obtención de polvo de cacao.....	6
1.2.3. Almacenamiento.....	8

1.3.	Propuesta de nuevo producto	9
1.4.	Objetivos generales	9
1.5.	Objetivos específicos	10

CAPÍTULO 2

2.	DESARROLLO DE NUEVO PRODUCTO	11
2.1.	Chocolate de confitería.....	11
2.1.1.	Presentación.....	12
2.1.2.	Proceso de obtención del nuevo producto	13
2.1.3.	Diagrama de proceso	21
2.1.4.	Diagrama de equipos	22
2.2.	Equipos requeridos para el proceso	22

CAPÍTULO 3

3.	CÁLCULO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS A INSTALAR	25
3.1.	Balance de masas del proceso.....	25
3.2.	Selección de equipos principales	26
3.2.1.	Selección de equipos limpiadores	28
3.2.2.	Selección de tostadores.....	29

3.2.3.	Selección de descascaradores	30
3.2.4.	Selección de molino de pines	31
3.2.5.	Selección de molino de bolas	32
3.2.6.	Selección de tanques de esterilización de licor de cacao	33
3.2.7.	Selección de prensa para licor de cacao	35
3.2.8.	Selección de mezcladora y refinadora	38
3.2.9.	Selección de atemperadora para chocolate	41
3.2.10.	Selección de equipos para moldeo de chocolate	43
3.3.	Demanda de vapor para el proceso	46
3.4.	Cálculo y selección de equipos auxiliares	47
3.4.1.	Cálculo y selección de la caldera.....	47
3.4.2.	Cálculo y selección del tanque de almacenamiento y diario de combustible	58
3.4.3.	Cálculo y selección del sistema de ablandamiento de agua	65
3.4.4.	Cálculo y selección del tanque de agua de alimentación	69
3.5.	Dimensionamiento, selección de tubería de vapor y retorno de condensado y aislamiento de tuberías.....	71

CAPÍTULO 4

4. DISEÑO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE	
DIARIO Y SEMANAL PARA LA CALDERA	102
4.1. Códigos aplicables	102
4.2. Diseño de tanque de almacenamiento semanal.....	107
4.2.1. Consideraciones de diseño	107
4.2.2. Cálculos para diseño de tanque	108
4.2.3. Planos de diseño de tanque de almacenamiento semanal.....	151
4.3. Diseño de tanque de alimentación diaria	152
4.3.1. Consideraciones de diseño	152
4.3.2. Cálculos para diseño de tanque	153
4.4. Selección de sistema contra incendios para tanques de almacenamiento de combustible	167

CAPÍTULO 5

5. PROCEDIMIENTO PARA EL MONTAJE DE LOS EQUIPOS	191
5.1. Procedimiento para el montaje de equipo de generación de vapor.....	191
5.2. Procedimiento para el montaje de tanques de almacenamiento.....	215
5.3. Cronograma de montajes	232

CAPÍTULO 6

6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	233
6.1.	Conclusiones	233
6.2.	Recomendaciones	235

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

A	Área
H	Altura
V	Volumen
ton	Toneladas
ton/h	Tonelada por hora
°C	Grados centígrados
H	Hora
kg	Kilogramo
kg/h	Kilogramo por hora
kJ/kg	Kilojoule por kilogramo
lb/h	Libra por hora
lbm	Libra masa
gal/h	Galón por hora
m/s	Metro por segundo
m ³	Metro cubico
mm	Milímetro
P	Potencia
kgf/cm ²	Kilogramo fuerza por centímetro cuadrado

PPM	Partes por millón
BHP	Caballos de potencia
Psat	Presión de saturación
psig	Presión manométrica
bar g	Presión manométrica
in	Pulgada
BTU	Unidad térmica británica
BTU/h	Unidad térmica británica por hora
BTU/Lb-°F	Unidad térmica británica por libra masa
BTU/gal	Unidad térmica británica por galón
T	Temperatura
Ta	Temperatura ambiente
Tsat	Temperatura de saturación
TDS	Total de sólidos disueltos
<i>EFF</i>	Eficiencia
ft	Pie
ft ³ /lbm	Pie cúbico por libra masa
ft ³ /s	Pie cúbico por segundo
ft/s	Pie por segundo

SIMBOLOGÍA

$\dot{Q}_{\text{fuel}}$	Caudal másico de combustible
S_d	Esfuerzo máximo permisible de diseño
S_t	Esfuerzo máximo prueba hidrostática
m_s	Masa de vapor
h_{fg}	Entalpía de evaporación
h_g	Entalpía del vapor saturado
h_f	Entalpía del líquido saturado
Q	Caudal
D	Diámetro
g	Gravedad
N_{RE}	Número de Reynolds
$\%$	Porcentaje
μ	Viscosidad dinámica
P_1	Presión
μm	Micras
A	Amperios
σ	Constante de Stefan- Boltzmann
G	Gravedad específica
ρ	Densidad
H_B	Altura dinámica

f	Coeficiente de fricción
v_g	Volumen específico del vapor

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Estearina de aceite de palma.....	5
Figura 1.2 Diagrama de proceso para obtención de estearina de palma.....	5
Figura 1.3 Cacao en grano.....	6
Figura 1.4 Cacao en polvo.....	7
Figura 1.5 Diagrama de proceso para obtención de polvo de cacao.....	8
Figura 2.1 Diagrama de flujo del proceso.	21
Figura 2.2 Diagrama de equipos del proceso.	22
Figura 3.1 Balance de masas del proceso.....	26
Figura 3.2 Equipo limpiador aspirador y clasificador de granos.....	29
Figura 3.3 Equipo tostador de granos.....	30
Figura 3.4 Equipo de descascarado de granos.....	31
Figura 3.5 Equipo molino de pines.....	32
Figura 3.6 Equipo molino de bolas.....	33
Figura 3.7 Tanque esterilizador de licor de cacao.....	34
Figura 3.8 Prensa para licor de cacao.....	36
Figura 3.9 Tanque de almacenamiento de manteca de cacao.....	37
Figura 3.10 Equipo mezclador de masas de chocolate.....	39
Figura 3.11 Equipo refinador de masas de chocolate.....	40
Figura 3.12 Equipo atemperador de chocolate.....	42

Figura 3.13	Equipo moldeador de chocolate.....	44
Figura 3.14	Equipo línea formadora de chocolate.....	45
Figura 3.15	Diagrama básico de una caldera.....	47
Figura 3.16	Principio pirotubular.....	49
Figura 3.17	Dimensiones de cubeto.....	64
Figura 3.18	Sistema de ablandamiento de agua Cleaver Brooks.....	69
Figura 3.19	Gráfico para dimensionar tuberías para vapor saturado y vapor recalentado (método de la velocidad).....	76
Figura 3.20	Dimensiones de bolsillo para condesado.....	88
Figura 4.1	Diámetro exterior de fondo.....	121
Figura 4.2	Colocación del techo y dimensiones de ángulo rigidizador.....	123
Figura 4.3	Posicionamiento de boquillas.....	125
Figura 4.4	Detalles boquilla de venteo.....	126
Figura 4.5	Detalles boquilla de entrada de producto.....	128
Figura 4.6	Detalles boquilla de salida de producto.....	131
Figura 4.7	Detalles boquilla de drenaje.....	132
Figura 4.8	Detalles boquilla de drenaje sumidero.....	134
Figura 4.9	Detalles soporte para andamios.....	135
Figura 4.10	Escalera metálica para mantenimiento de tanques.....	136
Figura 4.11	Método de preparación de traslape en placas de fondo.....	138
Figura 4.12	Soldadura de tope a escuadra horizontal y vertical.....	139
Figura 4.13	Dimensiones de soldadura unión cuerpo fondo.....	140

Figura 4.14	Filete continuo en techos.....	141
Figura 4.15	Detalles de soldadura en juntas de boquillas.....	143
Figura 4.16	Esquema del sistema de protección catódica.....	151
Figura 4.17	Cubierta elipsoidal para las caras laterales del cilindro.....	154
Figura 4.18	Posicionamiento de boquillas tanque de alimentación diaria.....	160
Figura 4.19	Área/densidad.....	170
Figura 4.20	Descarga de agua de un rociador.....	171
Figura 4.21	Rociador tipo window.....	172
Figura 4.22	Esquema de distribución de rociadores.....	173
Figura 4.23	Cable térmico sensor de temperatura.....	174
Figura 4.24	Central de detección de incendios.....	175
Figura 4.25	Ubicación de central de detección de incendios.....	175
Figura 4.26	Válvula de diluvio.....	176
Figura 4.27	Ubicación de válvula de diluvio.....	177
Figura 4.28	Esquema de instalación de válvula de diluvio.....	177
Figura 4.29	Panel de control para bomba motor diesel.....	178
Figura 4.30	Gabinete tipo III.....	179
Figura 4.31	Ubicación del reservorio de agua en la planta.....	180
Figura 4.32	Extintor tipo aff al 3% de espuma.....	190
Figura 5.1	Ubicación planta de chocolate.....	194
Figura 5.2	Canales para tuberías de retorno de condensado.....	199
Figura 5.3	Sistema de tratamiento de agua.....	202

Figura 5.4	Montaje de tuberías de vapor y retorno.....	203
Figura 5.5	Pierna de condensado y conjunto de purga.....	204
Figura 5.6	Derivación tipo cuello de ganso para cada equipo.....	205
Figura 5.7	Línea de vapor montada en soporte para tubería.....	206
Figura 5.8	Estación reductora de presión.....	207
Figura 5.9	Conjunto de purga para cada equipo.....	209
Figura 5.10	Tubería de retorno de condensado montada en el canal.....	210
Figura 5.11	Ubicación de manifold en el área de calderas.....	211
Figura 5.12	Esquema de instalación de manifold de vapor.....	212

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 3.1 Características de tanque esterilizador de licor de cacao.....	35
Tabla 3.2 Característica de prensa para licor de cacao.....	36
Tabla 3.3 Característica de tanque de almacenamiento de manteca de cacao.....	38
Tabla 3.4 Característica de equipo mezclador de masas de chocolate.....	39
Tabla 3.5 Característica de equipo refinador de masas de chocolate.....	41
Tabla 3.6 Característica de equipo atemperador de chocolate.....	43
Tabla 3.7 Característica de equipo moldeador de chocolate.....	44
Tabla 3.8 Característica de formadora de chocolate.....	45
Tabla 3.9 Demanda de vapor por cada equipo.....	46
Tabla 3.10 Comparación de calderas de acuerdo a la configuración de los gases.....	48
Tabla 3.11 Parámetros de operación establecidos por la industria para la caldera.....	50
Tabla 3.12 Requisitos específicos para la caldera.....	52
Tabla 3.13 Características de calderas Cleaver Brooks 4WG.	53
Tabla 3.14 Poder calorífico de fuel oil 6.....	57
Tabla. 3.15 Resultados de dimensiones de tanques de almacenamiento de combustible y cubeto.....	65

Tabla. 3.16	Grados De Dureza del agua según Water Quality Association.....	66
Tabla 3.17	Selección de sistema de ablandamiento.....	68
Tabla 3.18	Selección de tubería según flujo másico o caída de presión.....	72
Tabla 3.19	Parámetros conocidos de caldera y equipos.....	73
Tabla 3.20	Parámetros de operación de caldera y manifold.....	76
Tabla 3.21	Resultados de dimensionamiento de tubería primer tramo.....	77
Tabla 3.22	Parámetros de operación manifold-esterilizado.....	82
Tabla 3.23	Factor de presión para dimensionado de tuberías.....	84
Tabla 3.24	Factor de capacidad de tuberías y caída de presión.....	85
Tabla 3.25	Resultados de dimensionamiento de tubería segundo tramo.....	86
Tabla 3.26	Resultados de aislamientos.....	90
Tabla 3.27	Resultados dimensionamiento de tuberías de retorno de condensado.....	101
Tabla 4.1	Espesor requerido de pared del cuerpo.....	109
Tabla 4.2	Materiales más comunes y esfuerzos permisibles.....	110
Tabla 4.3	Bases de diseño para tanque de almacenamiento semanal.....	113
Tabla 4.4	Planchas comerciales de acero al carbono.....	114
Tabla 4.5	Ángulos comerciales laminados A-36.....	120
Tabla 4.6	Dimensiones mínimas de filete para unión cuerpo fondo.....	140
Tabla 4.7	Soldadura mínima requerida en boquillas.....	142
Tabla 4.8	Categorías de corrosión atmosférica.....	144
Tabla 4.9	Sistema de pinturas a aplicar en tanque de almacenamiento.....	145

Tabla 4.10	Litros de pintura necesarios para exterior tanque de almacenamiento...	146
Tabla 4.11	Sistema de pinturas para interior de tanque de almacenamiento.....	147
Tabla 4.12	Litros de pintura necesarios para interior de tanque de almacenamiento.....	148
Tabla 4.13	Bases de diseño tanque de alimentación diaria.....	155
Tabla 4.14	Planchas de acero comerciales A-36.....	156
Tabla 4.15	Litros de pintura necesarios para tanque de alimentación diaria.....	167
Tabla 4.16	Operaciones de riesgo contra incendio.....	169
Tabla 4.17	Limitaciones del área de protección del sistema.....	169
Tabla 4.18	Longitudes equivalentes de accesorios para tubería contra incendios.....	185
Tabla 4.19	Selección de sistema de bombeo.....	188
Tabla 4.20	Resultados de diámetro de tuberías para el sistema contra incendios.....	189
Tabla 5.1	Dimensiones y conexiones de sistema de tratamiento de agua.....	201
Tabla 5.2	Espacio máximo sugerido entre soportes para tubería.....	203
Tabla 5.3	Mínimo precalentamiento del metal.....	220

INTRODUCCIÓN

Una nueva línea de producción en una industria alimenticia implica una demanda de vapor no considerada en el diseño inicial de la planta, lo que se hace necesario instalar nuevos equipos de generación de vapor.

En este trabajo se diseña la implementación de un nuevo cuarto de fuerza para la generación de vapor, debido a que el requerimiento de vapor de la planta en funcionamiento es aproximadamente igual a la capacidad de los generadores actuales. Además, se diseña los tanques de almacenamiento de combustible bajo Normas internacionales.

El presente proyecto se ha estructurado en seis capítulos: el primero, capítulo introductorio en donde se describe la industria en la cual se realizará el estudio y los diferentes procesos necesarios para la obtención de la materia prima con la cual actualmente se procesa manteca de chocolate.

En el segundo capítulo se muestra la presentación del nuevo producto, el proceso industrial de elaboración de dicho producto, además, de los equipos necesarios para ello y sus respectivas áreas de producción.

En el tercer capítulo se presenta un estudio sobre la demanda de vapor necesaria para el proceso de obtención de chocolate, por medio de los usuarios de vapor; posteriormente se realiza la selección de cada equipo principal tomando en cuenta la capacidad máxima de producción diaria de chocolate que se desea obtener en la

planta, luego los cálculos respectivos para la selección de los equipos generadores de vapor, sus líneas de distribución y retorno de condensados.

En el cuarto capítulo se efectúa el diseño de los tanques de almacenamiento de combustible de acuerdo a la Norma API 650, ASME SECCIÓN VIII y otras Normas internacionales aplicables al diseño de tanques de almacenamiento de combustible.

El quinto capítulo es la etapa donde se planifican los procedimientos de montaje basándose en criterios de ingeniería, de acuerdo a la Norma API 650 SECCIONES 6 y 7.

Finalmente en el sexto capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

CAPÍTULO 1

1. DESCRIPCIÓN DE LA INDUSTRIA

1.1. Descripción de la industria alimenticia

Este proyecto está dirigido a la industria alimenticia dedicada a desarrollar productos basados en chocolates; actualmente la empresa donde se llevará a cabo este trabajo tiene como línea de producción crema de chocolate, que establece como materias primas la estearina de palma, cacao en polvo e insumos.

1.2. Descripción del proceso para obtener crema de chocolate

A continuación se describirá el proceso para obtener la crema de chocolate, empezando por el procesamiento de la palma para obtener estearina de palma y después el polvo de cacao para su posterior mezclado.

1.2.1. Obtención de estearina de palma

El aceite de palma es de origen vegetal obtenido del mesocarpio de la fruta de la palma (Figura 1.1). La estearina de palma debe ser almacenada en lugar fresco y seco; no debe ser expuesta al sol o al calor, ya que a altas temperaturas se deteriora.

La Estearina es usada como elemento componente de grasa dura en la fabricación de manteca y margarinas para pastelería y panadería, como reemplazo para la manteca de cerdo y como base grasa para la fabricación de jabones, en combinación con el aceite de palma [1].

La Estearina es una grasa comestible, una fracción media de palma, no hidrogenada, sometida a un proceso de refinación que después incluye blanqueo y/o pre tratamiento previos al proceso de desodorización, esta es la fracción sólida obtenida por la cristalización fraccionada del aceite de palma a temperaturas controladas [2].

El siguiente paso es la mezcla con el polvo de cacao, ya que la estearina de palma es usada como sustituta de la manteca de cacao obteniendo así crema de chocolate. El proceso para su obtención se muestra en el diagrama de la Figura 1.2.



FIGURA 1.1 ESTEARINA DE ACEITE DE PALMA



FIGURA 1.2 DIAGRAMA DE PROCESO PARA OBTENCIÓN DE
ESTEARINA DE PALMA

1.2.2. Obtención de polvo de cacao

La empresa donde se llevara a cabo el proyecto no realiza el proceso de obtención de polvo de cacao, ésta la adquiere por medio de compras a proveedores de empresas chocolateras, pero de igual manera se describe el proceso que lleva a la obtención del polvo de cacao.

La transformación del polvo de cacao se inicia en las haciendas productoras, en donde después de cosechadas las bayas de cacao se abren para extraer las semillas y la jugosa pulpa (Figura 1.3), luego las semillas son amontonadas y se mantienen cubiertas con hojas, o se colocan en cajas durante unos días. El calor generado en los montones de la fruta da comienzo a un proceso de fermentación. Este proceso es muy importante porque ayuda a que se desarrolle el sabor del chocolate. Luego las semillas se secan al sol o por medio de aire caliente, las semillas secas tienen un color chocolate y su peso se reduce a la mitad del que tienen cuando están frescas [1].



FIGURA 1.3 CACAO EN GRANO

Cuando llegan a la industria, las semillas se clasifican y se limpian; luego se tuestan en un horno durante una hora a una temperatura de 135°C. La cascarilla se vuelve frágil y se desarrolla por completo el sabor de chocolate. Después, se pasan las semillas por un molino, las pequeñas piezas o partes de semilla tostada que quedan se llaman granos de cacao y pasan a un molino triturator.

El grano de cacao contiene alrededor de un 50% de grasa que al molerse se convierte en un líquido espeso llamado licor de cacao, el mismo que expuesto a grandes presiones en una prensa hidráulica, se traduce en terrones sólidos de cacao y manteca de cacao [1].

Los terrones sólidos se muelen y se obtiene cacao en polvo (Figura 1.4), el mismo que después se transporta a las mezcladoras junto con la estearina de palma. El diagrama de proceso para obtención de polvo de cacao se muestra en la Figura 1.5.



FIGURA 1.4 CACAO EN POLVO

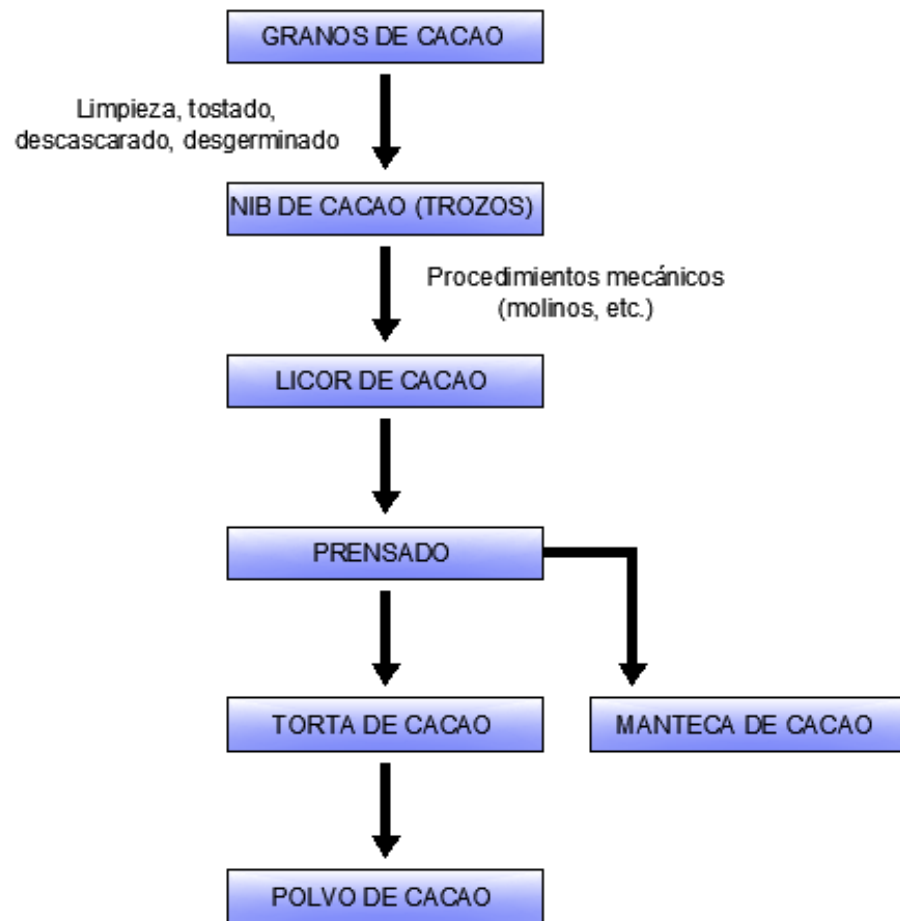


FIGURA 1.5 DIAGRAMA DE PROCESO PARA OBTENCIÓN
DE POLVO DE CACAO

1.2.3. Almacenamiento

La temperatura a la que se almacena la crema de chocolate oscila entre 10 y 15°C, y la humedad relativa no debe superar el 70%. Debido a que

el chocolate absorbe fácilmente los aromas de su entorno, es guardado en recipientes herméticamente cerrados.

1.3. Propuesta de nuevo producto

La propuesta que se plantea consiste en diseñar la implementación de un nuevo cuarto de fuerza para la generación de vapor (caldera, tanques de combustible, tratamiento de agua y demás equipos auxiliares), ya que con el sistema actual no abastecería la demanda de vapor de la nueva línea de producción. Además, la selección de equipos propios para el proceso, partiendo desde el grano de cacao, siguiendo con su respectiva transformación y finalmente la obtención del producto listo para el consumo. De este modo ya no será necesario para la fábrica, obtener materias primas de otros proveedores, lo cual resulta beneficioso para la empresa.

Dicho proceso será realizado en su totalidad en la planta, tomando en cuenta estrictas normas de higiene, seguridad y calidad.

1.4. Objetivos generales

- Diseñar la implementación de una nueva línea de producción de chocolate.
- Diseñar tanques de almacenamiento de combustible empleando Normas internacionales.

1.5. Objetivos específicos

- Realizar cálculos necesarios en la selección de equipos principales y de generación de vapor, de acuerdo a la capacidad máxima requerida por la industria, tomando en cuenta aspectos de eficiencia, confiabilidad, seguridad, etc.
- Planificar el procedimiento de montaje de los equipos y tanques de combustible.

CAPÍTULO 2

2. DESARROLLO DE NUEVO PRODUCTO

2.1. Chocolate de confitería

En la planta, el cacao es sometido a varios procedimientos de refinación y transformación durante los cuales se da lugar a una transferencia simultánea de masa y calor, en donde la temperatura es un factor muy importante, además del tiempo de permanencia del chocolate en determinadas áreas del proceso.

Un tueste controlado ayuda a intensificar el aroma y el sabor del chocolate final, en la refinación le otorga textura y suavidad, tal procedimiento se realiza en dos etapas: en la transformación del grano a licor de cacao y en la elaboración del chocolate como producto final (mezcla de licor, manteca de cacao, leche en polvo, azúcar).

Otra etapa es el conchado, que necesita la aplicación de temperatura, fricción y tiempo para asegurar la textura del producto, este paso es esencial para la obtención de un chocolate de alta calidad, el temperado ayuda en la cristalización uniforme del producto para así poder moldearlo y empacarlo, este es también un proceso de operación preciso y controlado de temperaturas, el cual garantiza el brillo y permite una buena conservación en almacenamiento, siempre y cuando se haga en condiciones frescas, sin luz, y libre de olores, es por esto que en cada una de estas áreas se requiere de una gran demanda de vapor y llegar a las temperaturas necesarias en cada punto, para así poder cumplir con el objetivo que es brindar un producto de alta calidad [4].

2.1.1. Presentación

Hoy en día, el consumo de chocolate sigue incrementándose en mercados internos y externos, cada vez más productos nacionales de calidad compiten en las perchas, y aún más en mercados internacionales, esto conlleva a diseñar un sistema de producción moderno mediante la adquisición de equipos y maquinarias de última tecnología. Además, con la alta calidad del cacao ecuatoriano se espera en un futuro incrementar tanto el volumen de exportaciones como el consumo de chocolate nacional.

La calidad del chocolate que tendrá el producto final, si bien viene determinada por el origen del cacao, es también definida por el procedimiento de fabricación.

Lo principal es su proceso de transformación, ya que sin un estricto control de factores importantísimos en cada área procesadora durante sus diferentes fases, no sería posible obtener características de texturas, las cuales definen el producto, además, de su durabilidad, estabilidad al calor, y en general, la satisfacción del consumidor.

2.1.2. Proceso de obtención del nuevo producto

El proceso empieza con la recepción de los granos de cacao, los cuales se obtienen de varios proveedores, el siguiente paso es tomar muestras de los granos recibidos para realizar un control de calidad (pruebas de humedad y moho) ya que en el procesamiento de cacao priman dos criterios muy importantes: sabor y textura. Esto depende de la manera que fue cosechado, el primero se refiere a la importancia de obtener un chocolate que no posea un sabor extremadamente amargo y a lograr un aroma que sea del gusto del consumidor; y el segundo, la textura, se refiere al hecho que el chocolate debe ser sólido entre los 20 y 25 °C y debe fundirse rápidamente en la boca a 37 °C. Posteriormente después de haber pasado control de calidad es transportado hacia las

instalaciones de la planta en tolvas por medio de un sistema neumático para de esta manera empezar el proceso industrial del grano.

El primer paso es llevar el grano a un proceso de limpieza para eliminar materias extrañas como arena y piedras [5].

A continuación se describirá el proceso industrial que conlleva a obtener licor de cacao, y sus derivados manteca de cacao y torta de cacao como ingredientes para los distintos productos ya sea como chocolate de mesa o de confitería [5].

Tostado

Una de las etapas más importantes del proceso es el tostado, ya que facilita la remoción de la cascarilla, así como la eliminación de compuestos aromáticos indeseables.

El tostado se puede realizar de varias formas: con aire caliente, con vapor saturado, o con radiación infrarroja, en este proyecto se lo realizará con vapor saturado con un proceso de tostado por convección. La temperatura será de 150°C y el tiempo de tueste, dependerá de la humedad con la que ingrese el grano al tostador, con el tostado de las habas de cacao termina la primera fase de transformación del cacao hacia el chocolate [5].

Descascarado

Una vez que el cacao ha sido tostado, se deberá descascarar inmediatamente mientras esté caliente para facilitar la remoción de las cubiertas. Para esta etapa se utiliza un equipo rompedor de grano que por lo general está provisto de una turbina central que por fuerza centrífuga tira los granos contra placas metálicas (martillos) fijadas en la pared del cilindro donde se rompen. El cacao quebrado junto con su cáscara cae sobre una zaranda inclinada con vibración con tamices de diferente abertura (0.04 mm, 0.06 mm, 0.08mm, y 0.1 mm) y por medio de un flujo de aire es separada la cascara del cacao troceado (nib de cacao), en un método llamado “winnowing” o aventamiento. El nib cacao libre de cascarilla pasa a la siguiente etapa, la molienda [5].

Primera molienda - molino de pines

En esta etapa del proceso el nib se muele para transformarlo en pasta de cacao, se utilizan molinos de pines que muelen los granos hasta alcanzar una finura aproximada del 90%. Durante este proceso se libera la manteca de cacao y se funde como resultado de la elevación de la temperatura por la fricción, el siguiente paso es la segunda molienda donde por medio de molinos de bolas se conseguirá una masa más fina y homogénea [5].

Tanque reservorio

En este tanque se almacena por cierto lapso de tiempo la pasta que se obtiene de la primera molienda, debido a que el molino de pines y el de bolas tiene diferentes tiempos de producción. Después, por bombas se fluye la pasta hasta la segunda molienda.

Segunda molienda - molino de bolas

La función de la segunda molienda es el aumento de la finura de la pasta hasta el 99 % aproximadamente. Para este proceso son muy comunes los molinos de bolas. Estos molinos tienen un cuerpo de trituración que gira y está relleno con bolas o cilindros trituradores.

La temperatura que alcanza la pasta en esta etapa está entre 65 y 70 °C de donde se consigue una masa fina y homogénea que se denomina pasta o licor de cacao, el cual se dirige principalmente a la producción de chocolates.

Sistema de cedazos

Por un sistema de cedazos descendentes, se seleccionan, se muelen y dan como resultado una pasta fluida, la pasta de cacao, que contiene una media de 54-55% de mantequilla de cacao [5].

Tanques esterilizadores de licor de cacao

Es necesario realizar una esterilización para reducir la carga microbiana, en este proceso el producto es expuesto a altas temperaturas (112°C) por prolongado tiempo (24 o 48 horas), afectando las características naturales del cacao con que fue procesado [5].

Prensado

El prensado es el proceso donde la pasta de cacao es desengrasada utilizando prensas horizontales, las cuales contienen cámaras que son llenadas por bombeo de pasta de cacao. Así, la pasta finalmente molida tiene una temperatura de 90 a 100 °C.

Se somete a presiones de 900 kg/cm a través de émbolos de acero. El resultado de este proceso es la transformación del licor de cacao en dos derivados los cuales porcentualmente representan el 45% y 55% de manteca de cacao y torta de cacao respectivamente. La manteca de cacao constituye la materia grasa contenida en los granos [5].

Transformación de la manteca de cacao

Desde este punto del proceso, el proyecto estará enfocado en la producción de chocolate para confitería usando como materia prima la manteca de cacao, la misma que por medio de un proceso de

transformación permitirá obtener diferentes productos para así poder llevarlos al consumidor final, no se pondrá en consideración el proceso que conlleva el uso de torta de cacao como materia prima debido a que su transformación hasta su producto final ya tienen un proceso en la planta que está en operación [5].

Tanques de almacenamiento de manteca de cacao

En estos tanques se almacena la manteca de cacao a una temperatura de 60 °C antes de transferir la materia al área de masas en donde se procederá al mezclado de los ingredientes necesarios dependiendo el tipo de chocolate que se necesite producir [5].

Tanque mezclador refinador

En este paso se realizan simultáneamente las funciones de mezcla de la manteca de cacao, molino de azúcar, mezclado homogéneo de los ingredientes y el refinado de los mismos hasta los niveles requeridos, así como el conchado del chocolate [5].

Atemperadora

El atemperado del licor es muy importante, debido a que si este no se realiza o es mal ejecutado, trae consigo crecimientos indeseables de cristales y malas características de solidificación.

El atemperado tiene 4 etapas: en la primera, la pasta debe estar completamente libre de cristales, esto es a más de 41 °C. En la segunda etapa, se enfría suavemente la pasta bajando de 5 a 7 grados de temperatura (por lo general hasta 33 °C) para iniciar las primeras etapas de formación de cristales. La tercera etapa, tiene lugar a un súper enfriamiento gradual de 5 grados (hasta 28 °C), para inducir a la formación homogénea de cristales. El tiempo de retención mínimo en esta etapa es de 10 a 12 minutos. Por último, en la cuarta etapa, se incrementa un poco la temperatura alrededor de 4 grados para que se formen los cristales maduros. Ya en esta etapa, la pasta tiene una estructura fina con pequeños cristales y solidificará rápidamente en el envasado [5].

Moldeado del chocolate

El chocolate es administrado en moldes tipos tableta, pasándolos por unos dosificadores que llenan los moldes con cantidades de chocolate, las mismas que son controladas por sistemas de control que vienen incorporados en cada equipo formador de chocolate, es conveniente que los moldes se encuentren a la misma temperatura que la masa para que así no existan choques térmicos al momento de ser dosificados.

Es en este punto del proceso donde se agregan los diferentes aderezos dependiendo del tipo de chocolate que se esté moldeando en ese

momento tales como avellana, maní, galletas, almendras, o cualquier otro tipo de elemento que se desea forme parte del producto final.

Estos moldes plásticos son sometidos a vibraciones y pequeños golpes en donde son agitados para eliminar espacios de aire que se pudieran formar al caer la masa en el molde, después pasan por un túnel a temperaturas bajas, los que enfriarán uniformemente el chocolate hasta que éste se endurezca y así tomen una forma definitiva, cuando la masa se enfría se contrae más que el molde facilitando que se desprenda y se desmolde [5].

2.1.3. Diagrama de proceso

La Figura 2.1 muestra el diagrama de proceso completo que se llevará a cabo en la planta para la obtención de chocolate de confitería.

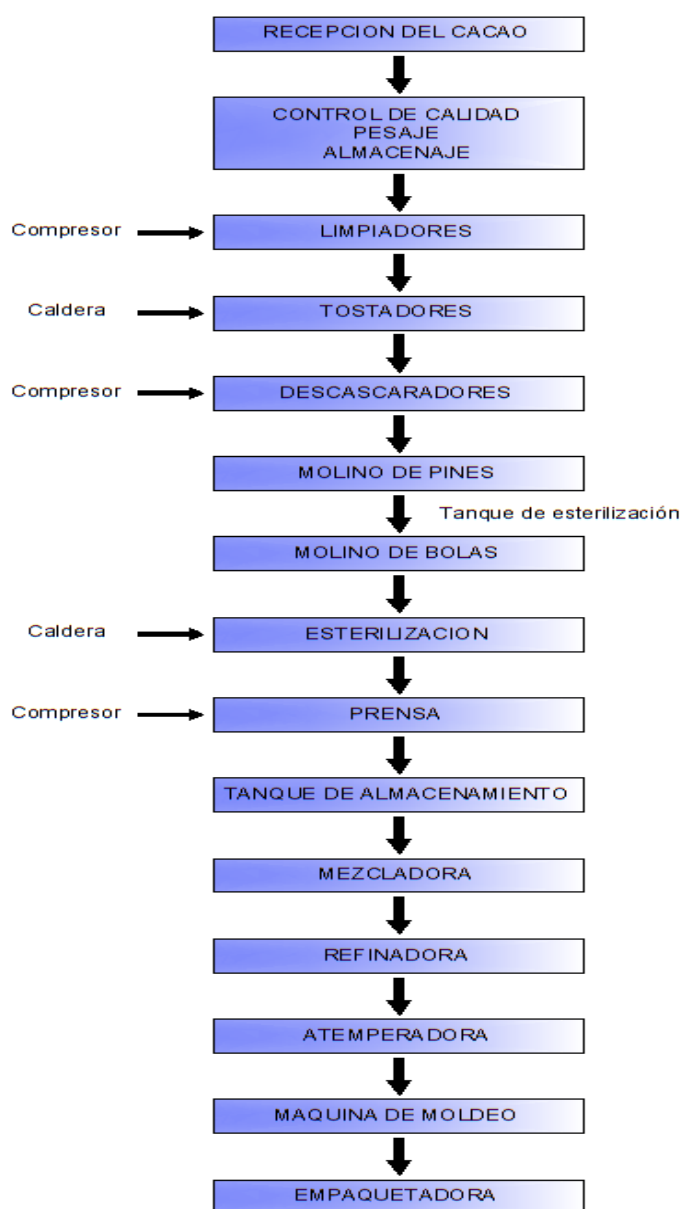


FIGURA 2.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

2.1.4. Diagrama de equipos

A continuación se muestra la Figura 2.2 donde se detallan los equipos que serán utilizados en la planta para el procesamiento del chocolate:

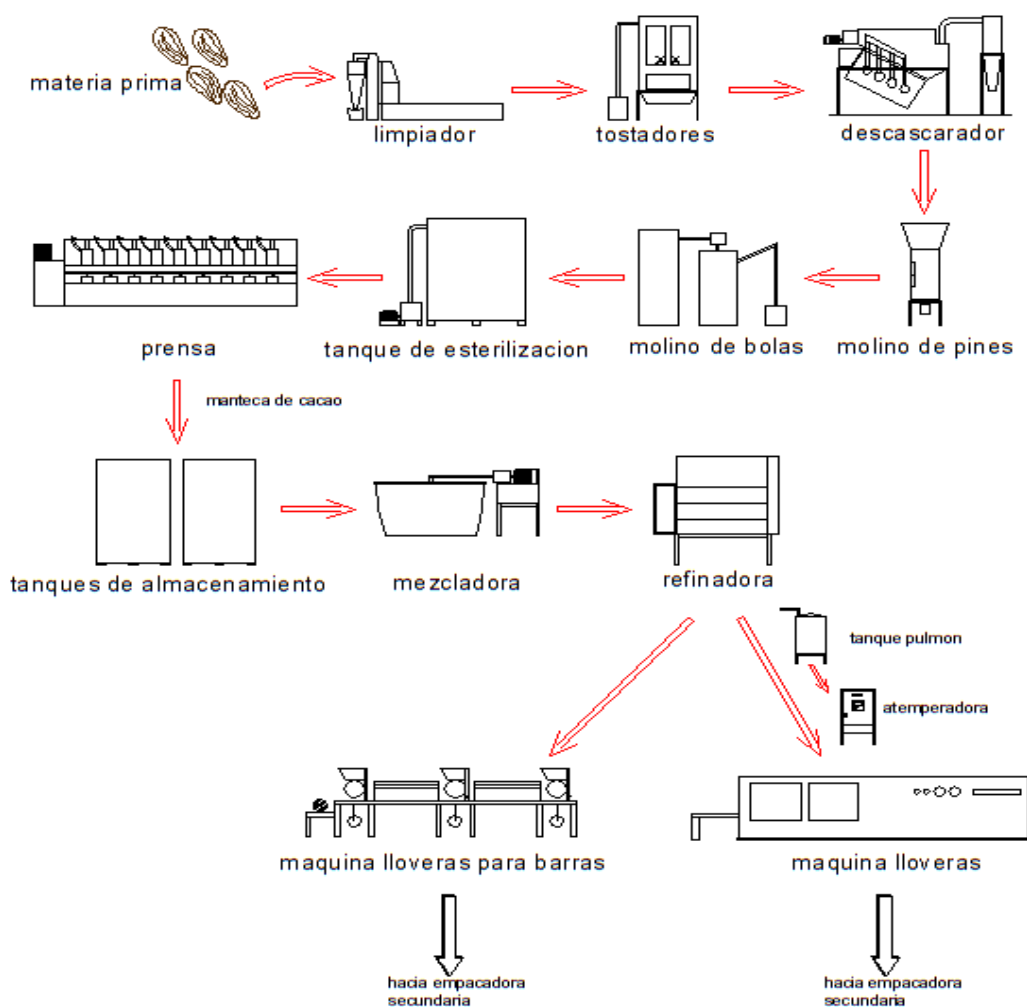


FIGURA 2.2 DIAGRAMA DE EQUIPOS DEL PROCESO

2.2. Equipos requeridos para el proceso

La planta para cubrir los requerimientos de calentamiento en sus procesos, y poder transformar la materia prima en un producto final, necesita equipos de

operación apropiados, los que serán seleccionados mediante análisis de ventajas y desventajas, estrictas normas de calidad y salubridad. Además, de los respectivos cálculos que se presentarán en el capítulo siguiente.

Mediante un estudio de producción para el procesamiento de cacao, se pudo determinar el tipo de equipos que se necesitan por áreas, para cumplir los requerimientos y necesidades de la planta.

Área cuarto de fuerza:

En esta área se encuentra el sistema de generación de vapor, el cual incluye los siguientes equipos:

- Caldera
- Ablandador de agua
- Tanque de agua de alimentación
- Tanques de combustible

Áreas de procesamiento:

La planta se divide en cuatro grandes áreas de procesamiento: área tostado y descascarado, área molienda prensas y esterilizado, área masas y refinado, área de moldeo.

Estas áreas están compuesto por los siguientes equipos:

- Limpiadores de grano
- Tostadores de grano
- Descascaradores
- Molino de pines
- Molino de bolas
- Esterilizadora de licor de cacao
- Prensadora de torta de cacao
- Mezcladora refinadora
- Atemperadora
- Moldeadoras

Ver Distribución de Planta en Plano 1.

CAPÍTULO 3

3. CÁLCULO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS A INSTALAR

3.1. Balance de masas del proceso

De acuerdo a información adquirida se pudo realizar el siguiente balance de masas presentado a través de la Figura 3.1, donde se observa la cantidad de masa en porcentajes que se gana y se pierde en el proceso de transformación del chocolate.

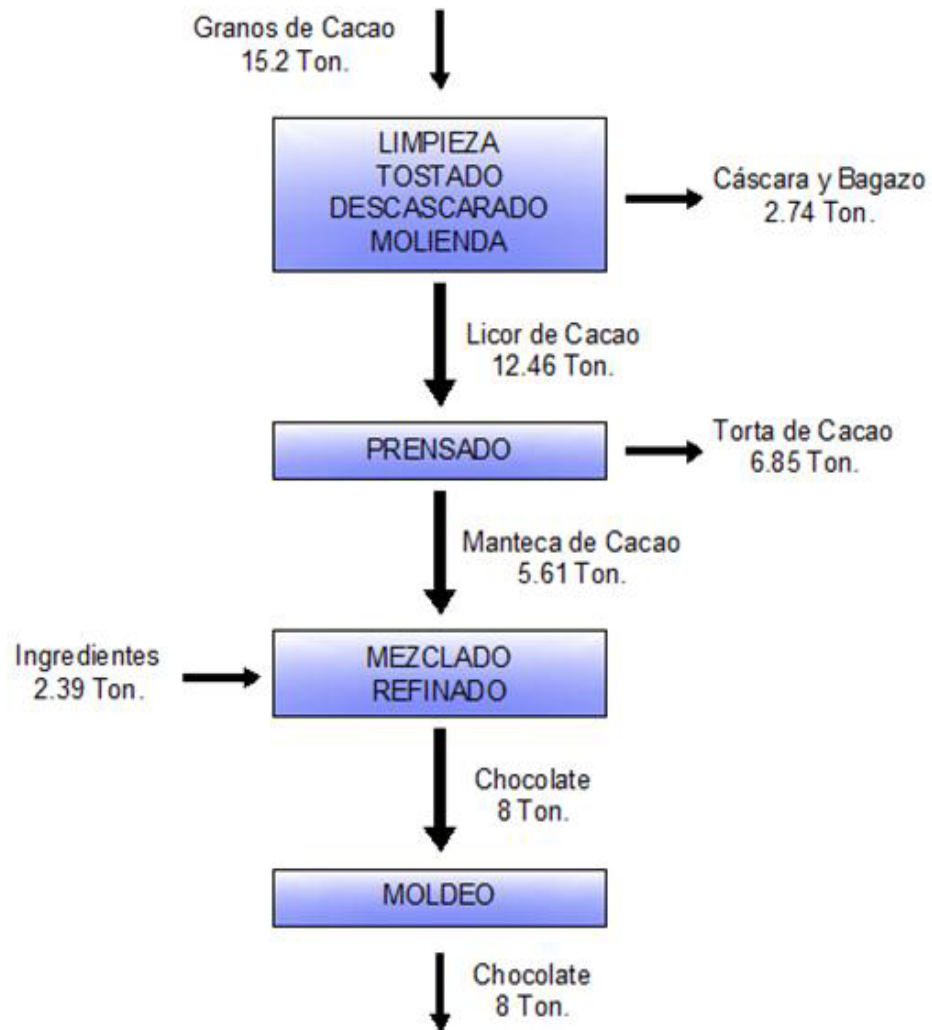


FIGURA 3.1 BALANCE DE MASAS DEL PROCESO

3.2. Selección de equipos principales

Los equipos que sirven para el procesamiento del cacao hasta convertirlo en chocolate, serán seleccionados de acuerdo a la necesidad de producción de la industria, la cual mediante el departamento de producción estableció un

máximo de producción de 15,2 toneladas de granos de cacao por periodo de trabajo el cual es de 8 horas al día.

La producción por hora con la que se ha seleccionado los equipos en el caso de limpiadores, tostadores, descascarador, molino de pines y de bolas será de 1,9 ton/h, se calcula con esta capacidad debido a que el grano ingresa al proceso de transformación al 100% de su masa, pero en los siguientes puntos del proceso su masa disminuye. Esto se debe a que al momento de moler el cacao se desecha el bagazo que es aproximadamente 18% (0,34 ton/h), el licor de cacao que es 82 % (1,56 ton/h) avanza hasta las prensas y se divide en manteca de cacao que representa el 45% (0,7 ton/h), y en torta de cacao que es el 55% (0,86 ton/h).

A partir este punto se trabaja sólo con manteca de cacao más los ingredientes (0,3 ton/h) que se añaden para obtener chocolate de confitería, seleccionando equipos para esta capacidad (1 ton/h).

Para la selección de los equipos principales, se toma en consideración tres de las más grandes compañías productoras de equipos y maquinarias industriales alimenticias reconocidas a nivel mundial.

Bühler Compañía:

Bühler es una compañía global especialista en maquinaria, instalaciones y servicios para procesamiento de granos y alimentos, así como para la fabricación de materiales de alta calidad [6].

Martin Lloveras S.A.:

Martin Lloveras S.A. fabrica maquinaria que permite la mejora de la rentabilidad de sus clientes, con el suministro de equipos para la industria del chocolate y sus derivados [7].

Carle & Montanari:

Carle & Montanari diseña y fabrica instalaciones y maquinaria para el procesamiento de cacao, modelado y envasado de chocolate [8].

3.2.1. Selección de equipos limpiadores

Bühler Schmidt-Seeger Tas Laab limpieza, clasificación y aspiración:

Se seleccionan dos equipos Schmidt - Seeger Tas Laab, marca BÜHLER, con una capacidad de 1.000 kg/h cada uno, mostrado en la Figura 3.2.

Características:

Las máquinas de la serie TAS se han desarrollado para proporcionar un funcionamiento continuo. Las cribas perforadas con bastidor metálico estable se mantienen limpias gracias al proceso acreditado de limpieza de bolas de goma. La regulación continua del caudal de aire en la máquina, así como el tamiz vertical con sección transversal ajustable y

ventanilla de inspección, garantizan una óptima calidad de limpieza en los productos [6].



FIGURA 3.2 EQUIPO LIMPIADOR ASPIRADOR Y
CLASIFICADOR DE GRANOS

3.2.2. Selección de tostadores

Bühler tostador vertical Roastar

Se seleccionan dos equipos tostadores ROASTAR BÜHLER, con una capacidad de 1000 kg/h de cacao tostado cada uno y un consumo de vapor de 3000 lbm/h por equipo, mostrado en la Figura 3.3.

Características:

El aire se calienta en un proceso de tostado por medio de vapor saturado a aproximadamente 150 °C, con la ayuda de intercambiadores de calor de recuperación de calor, una gran parte de la energía de los gases liberados en el medio ambiente de nuevo se puede utilizar en el proceso de tostado [6].



FIGURA 3.3 EQUIPO TOSTADOR DE GRANOS

3.2.3. Selección de descascaradores

Sistema de descascarado “W” de Bühler Barth

Se seleccionan dos equipos MODELO W1000 BÜHLER, con una capacidad de 1000 kg/h de grano de cacao sin cascara cada uno, mostrado en la Figura 3.4.

Características:

La combinación de proceso de trituración de dos niveles, unidad de cribado y sistema de aspiración permite la adaptación flexible a las demandas individuales para los distintos tipos de cacao. El potente sistema de cribado, que consta de 3 a 7 tapas de criba y aspiración de cáscaras integrada, garantiza la separación cuidadosa necesaria de cáscaras y pepitas de cacao. El sistema de descascarado “W” se caracteriza por su proceso de trituración de dos niveles con dos aventadoras [6].



FIGURA 3.4 EQUIPO DE DESCASCARADO DE GRANOS

3.2.4. Selección de molino de pines

Bühler molino triturador Pregrind™ SCBZ

Se seleccionan dos molinos trituradores PREGRIND™ SCBZ, marca BÜHLER, con una capacidad de 500 kg/h de pasta de cacao cada uno, mostrado en la Figura 3.5.

Características:

El molino garantiza la trituración homogénea y constante del producto, se caracteriza por la construcción robusta de la criba de barras y de la carcasa, también se caracteriza por una eficiente entrada de energía durante el funcionamiento del sistema y la garantía de estrictos requisitos de higiene [6].



FIGURA 3.5 EQUIPO MOLINO DE PINES

3.2.5. Selección de molino de bolas

Bühler molino de bolas Finegrind™ SCAA

Se seleccionan dos molinos de bolas FINEGRIND™ SCAA, marca BÜHLER, con una capacidad de 500 kg/h de licor de cacao cada uno, mostrado en la Figura 3.6.

Características:

El diseño robusto y sencillo de la máquina permite el funcionamiento continuo, seguro y una alta productividad. La configuración optimizada de las piezas consumibles garantiza un mantenimiento reducido, lo que se traduce en largos tiempos de producción sin interrupciones [6].



FIGURA 3.6 EQUIPO MOLINO DE BOLAS

3.2.6. Selección de tanques de esterilización de licor de cacao

Esterilizador de licor Lloveras modelo APH-5000

Se seleccionan 9 tanques de esterilizado modelo APH-5000 con una capacidad de 5000 kg cada uno, mostrado en la Figura 3.7.

Debido a que el proceso de esterilización tarda 48 en completarse, se tiene la necesidad de dividirlos en 3 grupos de 3 tanques cada uno. Por

lo tanto cada grupo deberá trabajar durante 48 horas, con lo cual se obtendrá licor de cacao esterilizado de un grupo, mientras los dos grupos restantes continúan con el proceso de esterilización. Con esto se obtiene una producción máxima de 15 ton/día, satisfaciendo el requerimiento de 12,46 ton/día establecido por el departamento de producción de la planta.

Características:

Se trata de que con el mínimo gasto energético, se garantice una transferencia de energía suficiente a la masa procesada para el correcto tratamiento. La instalación de eficientes controles de temperatura y de potentes bombas de vacío que eliminan el contenido de humedad inherente al proceso asegura la obtención del producto final requerido.

En la Tabla 3.1 se muestran las características del equipo [7].



FIGURA 3.7 TANQUE ESTERILIZADOR DE LICOR DE CACAO

TABLA 3.1 CARACTERÍSTICAS DE TANQUE ESTERILIZADOR
DE LICOR DE CACAO

características characteristics		
	APH-3000	APH-5000
Motor (kW) Motor (kW)	30	37
Bomba recirculación/descarga (kW) Circulación pump/discharge (kW)	2	2
Bomba agua (kW) Water pump (kW)	0,75	0,75
Bomba vacío (kW) Vacuum pump (kW)	4	4
Consumo agua auxiliar bomba de vacío Vacuum pump water consumption	150 lts/h 12°C	150 lts/h 12°C
Aire comprimido Compressed air	100 lts/min 6-7 bar	100 lts/min 6-7 bar
Vapor calentamiento Vapour heating	500 kgs/h; 4 bar	600 kgs/h; 4 bar
Largo (mm) Length (mm)	3900	4850
Ancho (mm) Width (mm)	2800	2800
Alto (mm) Height (mm)	2700	2700
Peso neto (kg) Net weight (kg)	6500	7900

3.2.7. Selección de prensa para licor de cacao

Se seleccionan dos prensas hidráulicas horizontales MODELO PO54010 Carle & Montanari con capacidad de 811 kg/h de licor de cacao procesado cada uno, mostrada en la Figura 3.8, con tiempos de ciclo de 12-15 minutos para la torta de cacao con un 10-12% de cacao residual manteca de cacao.

Características:

Las características principales (Tabla 3.2) incluyen unidades neumáticas de alimentación, ollas intercambiables, columnas de acero forjadas y cojinetes autolubricantes, válvula de seguridad de presión para evitar daños a la alimentación de las unidades [8].



F

FIGURA 3.8 PRENSA PARA LICOR DE CACAO

TABLA 3.2 CARACTERÍSTICAS DE PRENSA PARA LICOR
DE CACAO

		PO540 6	PO540 10	PO540 12	PO540 14	PO540 16	PO590 16
Ollas	n °	6	10	12	14	16	16
Capacidad de carga	l	78	129	155	181	206	234
Pot diámetro	mm	423	423	423	423	423	450
Diámetro de pistón	mm	540	540	540	540	540	590
Máxima presión	bar	500	500	500	500	500	550
Longitud	mm	4,100	5,400	6,400	7,200	7,850	8,000
Ancho	mm	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,700
Altura	mm	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,700
Peso total	kg	14,000	27,000	30,000	34,000	36,000	42,000
Ciclos de trabajo por hora	n / h	5	5	5	5	5	5
Capacidad de carga por hora	kg / h	460	811	921	1.074	1.227	1.390

Selección tanque de almacenamiento

Se seleccionan 3 tanques de almacenamiento de manteca de cacao, MacIntyre modelo SCT-80 con capacidad de 8 toneladas cada uno, mostrado en la Figura 3.9.

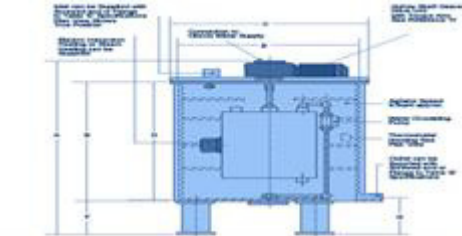
Características:

Tanques revestidos de acero están dotados de paletas, impulsado a baja velocidad a través de un eje montado en un motor reductor, diseñado para facilitar el mantenimiento, temperatura de trabajo 60 °C. Las características se muestran en la Tabla 3.3 [9].



FIGURA 3.9 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE MANTECA
DE CACAO

TABLA 3.3 CARACTERÍSTICAS DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE MANTECA DE CACAO



Tamaño del tanque	Calentador de inmersión (3 kW)
CST5 - CST30	1
CST40 - CST80	2
CST100 - CST120	3
CST150 - CST300	4

Ref. No.	Capacidad (kg)	La	B	C	D	E	F	T	Drive Unidad H (kw)	Tamaño de eje	Peso neto (kg)	X
CST5	500	1495	890	950	864	800	225	254.5	1.5	60	562	400
CST10	1000	1737	1132	1150	1186	1000	225	254.5	1.5	60	913	400
CST20	2000	2118	1513	1370	1487	1220	225	254.5	1.5	60	1315	400
CST30	3000	1867	1262	1830	1252	1680	225	254.5	1.5	60	1728	400
CST40	4000	2199	1594	1830	1568	1680	225	254.5	1.5	60	2065	600
CST50	5000	2591	1986	1830	1960	1680	225	254.5	1.5	60	2361	600
CST60	6000	2983	2378	1830	2352	1680	225	254.5	1.5	70	2699	600
CST70	7000	3755	3160	2055	3134	1600	225	254.5	2.2	70	3095	600
CST80	8000	3069	2464	2055	2438	1905	225	254.5	2.2	90	3235	600
CST100	10000	3070	2465	2280	2439	2130	225	254.5	4	90	3660	600
CST120	12000	3066	2461	2485	2435	2335	225	254.5	4	90	4049	600
CST150	15000	3675	3070	2485	3044	2335	225	254.5	5.5	100	5782	700
CST200	20000	4172	3567	2685	3541	2500	225	254.5	7.5	100	6918	700
CST250	25000	4425	3820	2850	3794	2700	225	254.5	7.5	100	7887	700
CST300	30000	4578	3973	3050	3947	2900	225	254.5	7.5	100	8776	700

3.2.8. Selección de mezcladora y refinadora

Mezcladora Carle & Montanari modelo PN-MC100

Se selecciona un equipo mezclador con capacidad de carga de 1.250 kg/h, mostrado en la Figura 3.10.

Características:

Mezcladora automática para la dosificación y mezcla de masas de chocolate, cremas y compuestos que consisten de polvo sólido, líquido o materias primas tales como azúcar refinado, azúcar cristal, cacao, mantequilla, leche, etc.

Los mezcladores PN son capaces de optimizar el ciclo de mezclado a través de una serie de características especiales a partir de la precisión

del sistema de dosificación electrónica (utilizando células de carga) hasta la alimentación continua de las líneas de refinación. Las características se muestran en la Tabla 3.4 [8].



FIGURA 3.10 EQUIPO MEZCLADOR DE MASAS DE CHOCOLATE

TABLA 3.4 CARACTERÍSTICAS DE EQUIPO MEZCLADOR DE MASAS DE CHOCOLATE

Technical Specifications				OUTPUT WITH ICE SUGAR		OUTPUT WITH CRYSTAL SUGAR	
MIXER TYPE		CAPACITY WITH ICE SUGAR	CAPACITY WITH CRYSTAL SUGAR	SCREW CONVEYOR UNLOADING (3-4 BATCH/H)	FREE UNLOADING (4-5 BATCH/H)	SCREW CONVEYOR UNLOADING (3.5-4.5 BATCH/H)	FREE UNLOADING (4.5-5.5 BATCH/H)
FREE UNLOADING	SCREW CONVEYOR UNLOADING	KG/BATCH	KG/BATCH	KG/H	KG/H	KG/H	KG/H
PN-M50	PN-MC50	500	650	1500-2000	2000-2500	2300-2900	2900-3600
PN-M75	PN-MC75	750	1000	2250-3000	3000-3750	3500-4500	4500-5500
PN-M100	PN-MC100	1000	1250	3000-4000	4000-5000	4400-5600	5600-6900
PN-M150	PN-MC150	1500	1850	4500-6000	6000-8250	6500-8300	8300-10200
PTC 50		500	650		2000-2500		2900-3600
PTC 75		750	1000		3000-3750		4500-5500
PTC 100		1000	1250		4000-5000		5600-6900
PTC 150		1500	1850		6000-8250		8300-10200
ESTIMATED LOADING TIME				4' + 5'	4' + 5'	4' + 5'	4' + 5'
ESTIMATED MIXING TIME				8' + 10'	8' + 10'	5' + 8'	5' + 8'
ESTIMATED UNLOADING TIME				5' + 7'	3'	5' + 7'	3'

Refinadora Carle & Montanari modelo HFI-518

Se selecciona el modelo HFI-518, el cual brinda una capacidad de 1200 kg/h, que satisface el requerimiento. El equipo se muestra en la Figura 3.11.

Características:

Está equipado con un sistema que permite el control independiente de la velocidad del rodillo de rotación a través de una unidad de velocidad variable. El primer rodillo se encuentra ubicado cerca del segundo rodillo, que permanece fijo en su posición, por medio de un cilindro hidráulico equipado con un sistema de posicionamiento preciso.

Puede procesar una amplia variedad de masas; capacidad de producción de acuerdo con el grado de finura requerida; reducción del tamaño de partícula óptimo para los productos de alta calidad; trabajo completamente automático. Las características principales como potencia de motor y peso se muestran en la Tabla 3.5 [8].



FIGURA 3.11 EQUIPO REFINADOR DE MASAS DE CHOCOLATE

TABLA 3.5 CARACTERÍSTICAS DE EQUIPO
REFINADOR DE MASAS DE CHOCOLATE

Modelo	Motor principal kW de potencia	Rollo primera potencia del motor kW	Peso Kg
HFI 513	75	5,5	8000
HFI 518	90	7,5	9500

3.2.9. Selección de atemperadora para chocolate

Atemperadora vertical para chocolate Lloveras modelo AVV-1000

Se selecciona el modelo AAV-1000, el cual brinda una capacidad de 1.000 kg/h, que satisface el requerimiento. El equipo se muestra en la Figura 3.12.

Características:

Las unidades de atemperado de chocolate AAV son el paso previo idóneo a los procesos de moldeo o bañado. El objetivo es el de conferir a la manteca de cacao contenida en el chocolate, la cristalización y estructura adecuadas tanto para el procesado posterior como para el mantenimiento una vez el producto ha sido solidificado y embalado.

La bomba de impulsión previa a la AAV abastece el producto a la unidad, equipada de platos rotatorios montados en un eje principal comandado por el correspondiente motor. Estos platos se alojan en compartimentos independientes a doble fondo, a través de los cuales

circula el agua refrigerada que debe suministrarse de forma controlada y continua. El hecho de provocar una película muy fina de chocolate que circula entre los platos y el compartimento, la división del equipo por zonas y el control exhaustivo de las temperaturas de trabajo permiten una rápida transferencia de frío al chocolate, el atemperado del chocolate. La propia circulación del producto abastecerá el punto de consumo posterior, y el chocolate no utilizado regresará a un tanque de almacén previo a la AAV. La regulación del flujo permite controlar el tiempo del atemperado. Las características se muestran en la Tabla 3.6 [7].



FIGURA 3.12 EQUIPO ATEMPERADOR DE CHOCOLATE

TABLA 3.6 CARACTERÍSTICAS DE EQUIPO

ATEMPERADOR DE CHOCOLATE

características characteristics		AAV-250		AAV-500		AAV-750		AAV-1000	
Motor (kW) Motor (kW)		2,2		4		4		4	
Calefacción (kW) Heating (kW)		9		9		9		9	
Bombas circulación (kW) Circulation pumps (kW)		2,3		2,3		2,3		2,3	
Potencia total (kW) Total power (kW)		13,5		15,3		15,3		15,3	
Largo (mm) Length (mm)		1200		1200		1200		1200	
Ancho (mm) Width (mm)		850		850		850		850	
Alto (mm) Height (mm)		1800		1800		1800		1800	
Peso neto (kg) Net weight (kg)		1075		1195		1270		1400	

3.2.10. Selección de equipos para moldeo de chocolate

Instalaciones de moldeo Lloveras modelo SIMA N-600

Se selecciona el modelo SIMA N-600 con capacidades de producciones del orden de 800 kg/h, la cual, además, permite adaptar la máquina a futuros incrementos de productividad. El equipo se muestra en la Figura 3.13.

Características:

Posibilidad de fabricar cualquier producto moldeado, bien sea sólido, relleno mediante el procedimiento clásico de tres estaciones, relleno tipo one-shot o inclusión de frutos secos. Características adicionales del modelo seleccionado se muestran en la Tabla 3.7 [7].

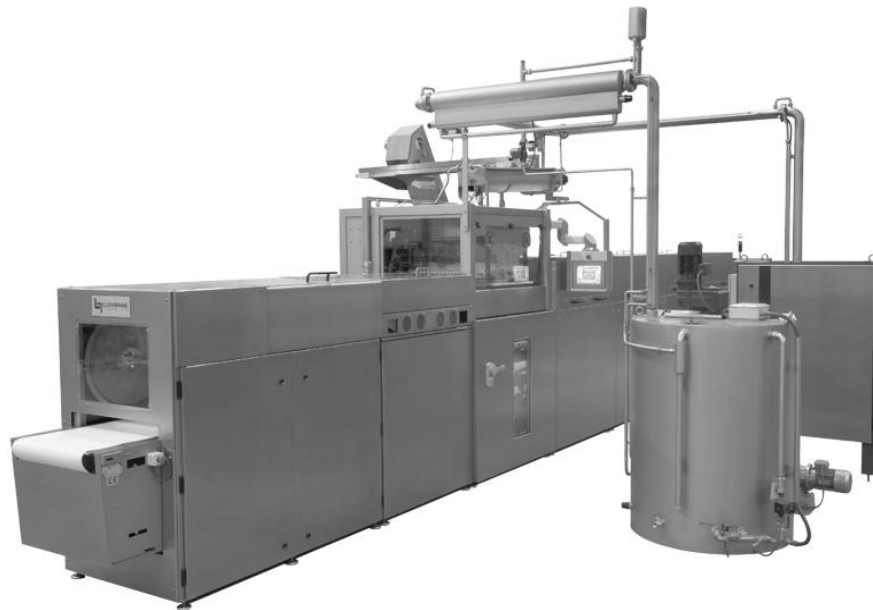


FIGURA 3.13 EQUIPO MOLDEADOR DE CHOCOLATE

TABLA 3.7 CARACTERÍSTICAS DE EQUIPO MOLDEADOR
DE CHOCOLATE

características characteristics						
	SIMA N-400/1M	SIMA N-400/2M	SIMA N-400/4M	SIMA N-600/1M	SIMA N-600/2M	SIMA N-600/4M
Medidas molde Mould sizes	400x200x30	400x200x30	400x200x30	600x200x30	600x200x30	600x200x30
Moldes requeridos Moulds required	196	272	424	196	272	424
Motor principal (kW) Main drive (kW)	3	4,2	4,2	3	4,2	4,2
Equipo frigorífico (kW) Cooling equipment (kW)	11	16,5	18	14	20	28
Otros elementos (kW) Other elements (kW)	22	27,8	29,8	25	30,8	35,8
Aire comprimido (ltz/min) Compressed air (ltz/min)	30 ltz/min	30 ltz/min	30 ltz/min	30 ltz/min	30 ltz/min	30 ltz/min
Longitud total Total length	8,8	10,3	13,2	8,8	10,3	13,2

Línea formadora de barras

Se selecciona el modelo BKXL con capacidad de producción de 800 kg/h de chocolate. El equipo se muestra en la Figura 3.14.

Características:

El diseño de los cilindros formadores garantizan la perfecta formación y transferencia de frío desde el chiller enfriador de los cilindros hasta el producto. Las características se muestran en la Tabla 3.8.



FIGURA 3.14 EQUIPO LÍNEA FORMADORA DE CHOCOLATE

TABLA 3.8. CARACTERÍSTICAS DE FORMADORA DE CHOCOLATE

principales medidas línea BK main sizes BK lines					
	BK"LAB"	BK"S"	BK"M"	BK"L"	BK"XL"
Rangos de ancho de manta Total slab rank sizes	160-210mm.	170-220mm.	378-400mm.	490-640mm.	700-880mm.
Ancho de cinta Belt width	230mm.	300mm.	500mm.	720mm.	950mm.
Ancho de tunel de frío Cooling tunnel width	400mm.	400mm.	600mm.	800mm.	1000mm.
Sonotrodos, cuchillas en la guillotina Sonotrodes, knives at the guillotine	1 unit.	1 unit.	2 units.	3 units.	4 units.
Ancho de la guillotina Guillotine width	325mm.	325mm.	650mm.	925mm.	1250mm.
Modelo Sire Sire model	Sire N045	Sire N045	Sire N065 or Sire N805	Sire N105 or Sire N125	Sire N105 or Sire N125

3.3. Demanda de vapor para el proceso

Para obtener la capacidad de la caldera se ha calculado la demanda máxima de vapor, mostrada en la Tabla 3.9, tomando en cuenta los consumos a plena carga de todos y cada uno de los equipos que trabajan con vapor.

SECCIÓN	SERVICIOS	Vapor [lbm/h]
CALDEROS	Calentamiento de bunker de uso diario	70
SUBTOTAL		70
TOSTADO Y DESCASCARADO	Tostadoras de granos de cacao	6.107
SUBTOTAL		6.107
PRENSADO	Tanques de esterilizado de licor de cacao	11.905
	Tanques de almacenamiento de manteca de cacao	833
SUBTOTAL		12.673
TOTAL		18.850

TABLA 3.9 DEMANDA DE VAPOR POR CADA EQUIPO

3.4. Cálculo y selección de equipos auxiliares

3.4.1. Cálculo y selección de la caldera

Las calderas o generadores de vapor son instalaciones industriales que, aplicando el calor de un combustible sólido, líquido o gaseoso, vaporizan o calientan el agua para aplicaciones industriales [10].

Un diagrama básico de una caldera podría representarse como se muestra en la siguiente figura:

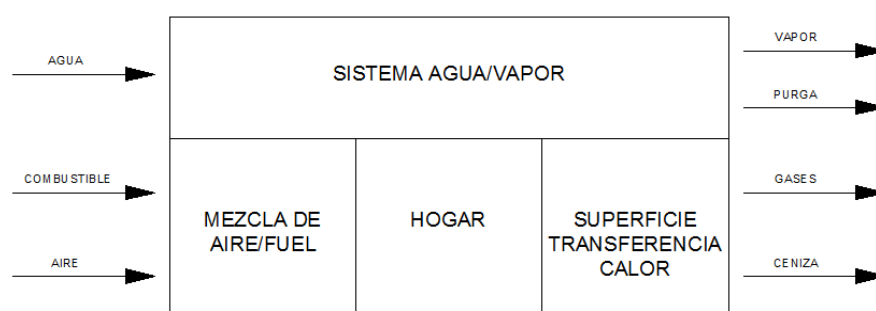


FIGURA 3.15 DIAGRAMA BÁSICO DE UNA CALDERA [10]

“En esta figura se pueden diferenciar dos sistemas distintos. El primero sería el sistema agua-vapor. En él, el agua que se introduce en la caldera es convertida en vapor, que sale de la caldera al recibir el calor necesario mediante la transferencia de calor a través del metal de los tubos. El segundo sistema es de combustible aire-gases que es el que proporcionará el calor que se transmite al agua. En este sistema, el aire y el combustible se mezclan y queman en el hogar. El hogar suele estar formado por paredes de tubos de agua que reciben el calor radiante de la llama y es por tanto donde se produce la máxima transferencia de calor.

Los gases de combustión, como resultante de esta pérdida de calor, se enfrían y abandonan el hogar pasando a la zona de recuperación de calor formada por tubos de vapor en donde la llama ya no se ve y el calor se transmite por convección” [10].

Para la selección de la caldera del presente proyecto se analizan las calderas pirotubulares y acuotubulares, y se exponen las ventajas de un tipo con respecto al otro. Como se presenta en la siguiente tabla:

Criterio	Caldera Pirotubular	Caldera Acuotubular
Presión de operación	0-300 psig	0-2200 psig
Calidad del agua	Menor exigencia	Mayor exigencia
Mantenimiento	Fácil limpieza	Costoso
Revisiones periódicas	Inspección ordinaria, prueba hidrostática	Necesaria medición con ultrasonido, prueba hidrostática
Costo inicial	Menor	Mayor
Rendimiento	Mayor. Fácil mantener durante el funcionamiento	Menor. Es más difícil mantener durante el funcionamiento
Contenido de agua	Mayor	Menor
Necesidades de espacio	Reducidas	Elevadas

**TABLA 3.10 COMPARACIÓN DE CALDERAS DE ACUERDO A
LA CONFIGURACIÓN DE LOS GASES**

La caldera pirotubular cumple el requisito de presión que se necesita para la planta, lo cual es un factor muy importante a tomar en cuenta.

Las calderas acuotubulares son óptimas para trabajar a presiones más altas. Además, las calderas pirotubulares tienen como ventaja el menor costo inicial, menor mantenimiento, menor exigencia en cuanto a calidad de agua. Por lo tanto, la selección de la caldera, de acuerdo a la disposición de los fluidos, será pirotubular.

Caldera pirotubular:

También son conocidas como "calderas de tubos de humo", mostrada en la Figura 3.16. Su nombre se deriva del hecho que en las calderas de este tipo todo el trabajo o la mayor parte del mismo es realizado por transferencia de calor desde los productos de combustible caliente, los cuales fluyen por el interior de los tubos, mientras que el agua se encuentra rodeando a dichos tubos.

En estas calderas el agua y el vapor se encuentran contenidos en una carcasa o envolvente, incluyendo los elementos para producir vapor [11].

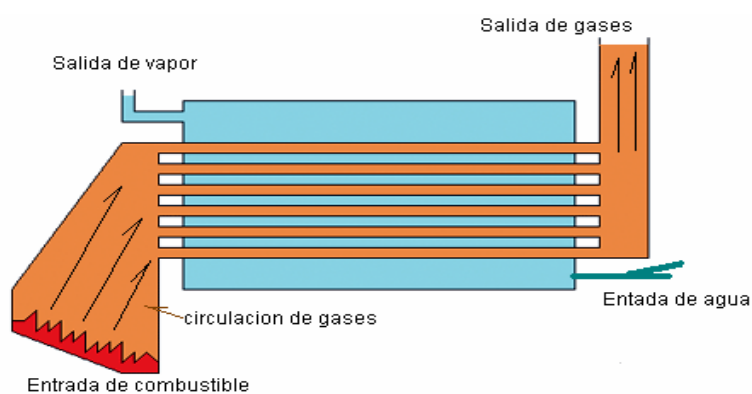


FIGURA 3.16 PRINCIPIO PIROTUBULAR [11]

Cálculo de la potencia de la caldera

Para obtener la capacidad de la caldera se ha calculado la demanda máxima de vapor en la Tabla 3.11, tomando en cuenta los consumos a plena carga de todos y cada uno de los equipos que utilizan vapor.

De acuerdo a la demanda de vapor obtenido y parámetros de operación establecidos por la industria se tienen los siguientes datos:

TABLA 3.11 PARÁMETROS DE OPERACIÓN ESTABLECIDOS POR LA INDUSTRIA PARA LA CALDERA

Caudal de vapor por hora	18.850 lbm/h =8.550,22 kg/h
Presión máxima de operación	150 psi =10,55 kgf/cm²
Temperatura de agua de alimentación de la caldera	70°C

La caldera será seleccionada con las condiciones de 0 psig y 100°C. Con estos datos se obtendrá como resultado una caldera con suficiente margen de seguridad para que trabaje correctamente y produzca la cantidad de vapor requerida.

$$P = m_s * (h_g - h_f) \quad \text{EC. 3.1}$$

En donde:

P = Potencia de la caldera.

m_s = Peso del vapor producido por la caldera.

h_g = Entalpía del vapor saturado, a las condiciones 0 psig y 100°C.

h_f = Entalpía del líquido saturado, a las condiciones 0 psig y 100°C.

$$P = 18850 \frac{lb}{h} * (970.33 \frac{BTU}{lb})$$

$$P = 18'290.721 \frac{BTU}{h}$$

$$si \ 1 \ BHP = 33471 \ BTU/h$$

$$entonces \ P = 18'290.721 \frac{BTU}{h} * \frac{1 \ BHP}{33471 \ BTU/h}$$

$$P = 547 \ BHP$$

Se obtuvo una caldera de 547 BHP, por lo tanto, se selecciona con la potencia inmediata superior disponible, la cual es de 600 BHP.

Por motivos de mantenimiento, y puesto que la planta deberá seguir produciendo aun cuando la caldera se encuentre detenida, se ha optado por adquirir e instalar dos calderas de igual capacidad. De este modo la

planta también estará protegida en caso de que la caldera principal falle o sufra alguna avería imprevista.

A continuación se presenta la Tabla 3.12 con los requisitos específicos que debe tener la caldera:

TABLA 3.12 REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA LA CALDERA

Circulación de los gases:	Pirotubular
Configuración:	Horizontal
Número de pasos:	4
Tipo de espalda:	Húmeda
Tipo de combustible:	Fuel Oil 6
Temperatura de agua de alimentación:	70°C

Se escogió una caldera de configuración horizontal debido a que posee mayor eficiencia térmica, mayor producción de vapor y fácil mantenimiento con respecto a una caldera de configuración vertical.

Se seleccionó el intercambiador con 4 pasos y espalda húmeda, lo cual brinda una combinación de alta eficiencia debido a los 4 pasos, y un menor costo de mantenimiento asociado a la espalda húmeda. Además, se provee un área adicional para la transferencia de calor.

En lo correspondiente a la temperatura del agua de alimentación, se recomienda que en promedio sea de 70°C, debido a que con este valor es más fácil alcanzar la temperatura de ebullición del agua y poder

alcanzar la presión de operación de la caldera. Lo cual permitiría optimizar el consumo del combustible [12].

En cuanto al combustible utilizado, se escogió Fuel Oil 6, debido a que posee mayor poder calorífico que el Fuel Oil 2, además de que tiene menor costo en el mercado. Una desventaja es que el Fuel Oil 6 al ser muy denso necesita ser calentado para poder fluir hacia la caldera, esto se soluciona colocando serpentines de calentamiento en los tanques de combustible que funcionarán con el mismo vapor de la caldera.

La siguiente Tabla 3.13 muestra el modelo seleccionado, el cual será Cleaver Brooks 4WG.

**TABLA 3.13 CARACTERÍSTICAS DE CALDERAS CLEAVER
BROOKS 4WG [14]**

<i>4WG Ratings - Steam</i>												
BOILER H.P.	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800
BURNER MODEL	FP-3	FP-3	FP-3	FP-4	FP-4	FP-4	D145P	D175P	D210P	D252P	D300P	D378P
RATINGS - SEA LEVEL TO 700 FT.												
Rated Capacity (lbs-steam/hr from and at 212 OF)	3450	4313	5175	6900	8625	10350	12075	13800	17250	20700	24150	27600
Btu Output (1000 Btu/hr)	3347	4184	5021	6694	8368	10042	11715	13389	16736	20083	23430	26778
APPROXIMATE FUEL CONSUMPTION AT RATED CAPACITY BASED ON NOMINAL 82% EFFICIENCY												
Light Oil gph (140,000 Btu/gal)	29.2	36.4	43.7	58.3	72.9	87.5	102.0	116.6	145.8	174.9	204.1	233.3
Gas CFH (1000 Btu)	4082	5102	6123	8164	10205	12246	14287	16328	20410	24492	28574	32656
Gas (Therm/hr)	40.8	51.0	61.2	81.6	102.0	122.5	142.9	163.3	204.1	244.9	285.7	326.6
POWER REQUIREMENTS - SEA LEVEL TO 700 FT. (60 HZ)												
Blower Motor hp	2	3	5	5	5	7-1/2	15	20	25	30	40	75
Circulating Oil Pump Motor hp (Oil only)	1/3*	3/4*	3/4*	1/2	1/2	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	1	1
Oil Metering Pump Motor hp (Oil only)	-	-	-	-	-	-	-	1/2	3/4	3/4	3/4	1
Integral Oil/Air Motor hp (Oil only)	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
Air Compressor Motor hp (Oil only)	**	**	**	3	3	3	-	5	5	7-1/2	7-1/2	15
BOILER DATA												
Heating Surface sq-ft. (Fireside)	500	625	750	1000	1250	1500	1750	2000	2500	3000	3500	See Note "B"

Cálculo de la potencia de la caldera mediante factor de evaporación

Para conocer la capacidad de la caldera que se deberá seleccionar se toma como referencia el libro del Ing. Ángel Vargas Zúñiga titulado - “Calderas Industriales y Marinas”, en el cual se indica el método para selección de calderas de acuerdo a su factor de evaporación [12].

El factor de evaporación es la relación que existe entre la evaporación nominal y la evaporación real bajo las condiciones efectivas de trabajo de la caldera [12].

Para obtener el factor de evaporación se utiliza la tabla mostrada en el libro “Calderas Industriales y Marinas” (Ver Anexo 1), tomando en cuenta la temperatura del agua de alimentación (70°C) y la presión de trabajo (150 psi). Por lo tanto, se obtuvo un factor de evaporación **F=1,1**.

$$\text{Factor de Evaporación} = \frac{\text{Evaporación Nominal}}{\text{Evaporación Real}} \quad \text{EC. 3.2}$$

Donde:

Factor de evaporación =1.1

Evaporación real=18.850 lbm/h=8.568,2 kg/h

Haciendo uso de la EC. 3.2 se calcula la evaporación nominal, como se muestra a continuación:

$$18.850 \text{ lbm/h} * 1.1 = 20.735 \text{ lbm/h}$$

$$8.550 \text{ kg/h} * 1.1 = 9.405 \text{ kg/h}$$

$$\frac{20.735 \text{ lbm/h}}{34,5 \text{ lbm/h}} = 601 \text{ BHP}$$

$$\frac{9.405 \text{ kg/h}}{15,65 \text{ kg/h}} = 600 \text{ BHP}$$

Cálculo de consumo de combustible

Se procederá a calcular el consumo de combustible en dos partes. La primera será con todos los equipos que consumen vapor trabajando, es decir, los tostadores, tanques de esterilizado, tanques de almacenamiento y calentamiento de combustible, durante ocho horas por día. La segunda parte no incluirá el consumo de los tostadores, lo que equivale al trabajo durante dieciséis horas por día.

- Consumo de 8 h/día

$$P = m_s * (h_g - h_f)$$

$$P = 18.850 \frac{lbm}{h} * (970,33 \frac{BTU}{lb})$$

$$P = 18'290.721 \text{ BTU}/h$$

$$\dot{Q}_{fuel} = \frac{P}{PC * EFF}$$

$$EFF = 82\%$$

$$\dot{Q}_{fuel} = \frac{18'290.721 \text{ BTU}/h}{150.000 \text{ BTU}/gal * 0.82}$$

$$\dot{Q}_{fuel} = 153 \text{ gal}/h \quad \text{durante } 8 \text{ h}/\text{dia}$$

- Consumo de 16 h/día

$$P = m_s * (h_g - h_f)$$

$$P = 12.743 \frac{lbm}{h} * (970,33 \frac{BTU}{lb})$$

$$P = 12'364.915 \text{ BTU}/h$$

$$\dot{Q}_{fuel} = \frac{P}{PC * EFF}$$

$$EFF = 82\%$$

$$\dot{Q}_{fuel} = \frac{12'364.915 \text{ BTU/h}}{150.000 \text{ BTU/gal} * 0.82}$$

$$\dot{Q}_{fuel} = 103 \text{ gal/h} \quad \text{durante 16 h/dia}$$

Por lo tanto, el consumo diario de combustible será:

$$\dot{Q}_{fuel} = 2872 \text{ gal/dia}$$

El poder calorífico del combustible fuel oil 6 se obtuvo de la siguiente tabla:

TABLA 3.14 PODER CALORÍFICO DEL FUEL OIL 6 [16]

Electricity:	
1 KW	3,412 Btu/hr
Natural Gas:	
1 Cubic Foot of Natural Gas	1,030 Btu's
1 CCF = 100 Cu Ft = 1 Therm	103,000 Btu's
1 MCF = 1,000 Cu Ft = 10 Therms	1,034,000 Btu's = 1.034 MMBtu's
Propane:	
1 Gal Propane	91,600 Btu's
1 Cu Ft Propane	2,500 Btu's
Gasoline:	
1 Gal of Gasoline (mid grade)	125,000 Btu's
Ethanol:	
1 Gal of Ethanol	76,000 Btu's
Fuel Oil:	
1 Gal of #1 Kerosene	135,000 Btu's
1 Gal of #2 Fuel Oil	138,000 Btu's
1 Gal of #4 Fuel Oil	145,000 Btu's
1 Gal of #6 Fuel Oil	150,000 Btu's

3.4.2. Cálculo y selección del tanque de almacenamiento y diario de combustible

En la siguiente sección se dimensionan los tanques y el cubeto de retención, ya que el diseño se verá ampliamente en el capítulo 4 denominado “Diseño de tanques de almacenamiento de combustible para la caldera”, estos tanques se desarrollan bajo la "NORMA A.P.I. 650", del Instituto Americano del Petróleo", para tanques de almacenamiento a presión atmosférica.

De acuerdo a estudios se trabajará en dos ciclos en las 24 horas; 8 horas al día a plena carga y las restantes 16 horas trabajará a carga parcial ya que los tostadores no estarán en funcionamiento.

El dimensionamiento del tanque de almacenamiento semanal y tanque diario de combustible se basa en el consumo de combustible expresado en metros cúbicos que necesitaría la caldera para cumplir con la demanda de vapor.

Se procede a calcular el consumo de combustible por ciclo de trabajo con la siguiente fórmula, la cual se obtuvo por medio de consultas a expertos en calderas:

$$\dot{Q} = \frac{P}{PC * EFF} \quad \text{EC. 3.3}$$

Donde:

$\dot{Q}$ = Caudal de combustible (gal/h)

P= Potencia que consumen los equipos en funcionamiento (BTU/h)

PC = Poder calorífico del Fuel oil #6

EFF = Eficiencia de la caldera según Cleaver Brooks 82%

Consumo de combustible para ciclo de trabajo de 8 horas:

$$\dot{Q} = \frac{18'290.721 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}}{150.000 \frac{\text{BTU}}{\text{gal}} * 0,82}$$

$$\dot{Q} = 153 \text{ gal/h}$$

Consumo de combustible para ciclo de trabajo de 16 horas:

$$\dot{Q} = \frac{12'364.915 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}}{150.000 \frac{\text{BTU}}{\text{gal}} * 0,82}$$

$$\dot{Q} = 103 \text{ gal/h}$$

Entonces el consumo diario de combustible es igual a:

$$\text{Consumo diario} = 153 \text{ gal/h} * 8 \text{ h} + 103 \text{ gal/h} * 16 \text{ h}$$

$$\text{Consumo diario} = 2.872 \text{ gal/dia } (10,87\text{m}^3)$$

Debido a la necesidad de tener un tanque de almacenamiento de combustible que cubra la demanda por 7 días de producción con los mismos ciclos de trabajo se calcula el consumo de combustible semanal:

$$\text{Consumo semanal} = 153 \text{ gal/h} * 8 \text{ h} + 103 \text{ gal/h} * 16 \text{ h}$$

$$\text{Consumo semanal} = 2.872 \text{ gal/dia} * (7 \text{ dias})$$

$$\text{Consumo semanal} = 20.104 \text{ gal/semana } (76,1\text{m}^3)$$

Por razones de seguridad los tanques de almacenamiento de combustible no deben estar al 100% lleno, se recomienda un 80% de la capacidad del tanque.

Tanque diario de combustible

De acuerdo a la capacidad calculada anteriormente se considera que este tanque debe ser cilíndrico horizontal.

Entonces por medio del volumen de un cilindro se tiene lo siguiente:

$$\frac{V}{0,8} = \frac{\pi * D^2}{4} * H$$

Donde:

H: altura del cilindro (m)

D: diámetro del cilindro (m)

V: Volumen del cilindro (m³)

$$\frac{10,87\text{m}^3}{0,8} = \frac{\pi * D^2}{4} * H$$

$$\text{si } D = 1,94 \text{ m}$$

entonces se tendrá una altura: $H = 4,6\text{m}$

Tanque de almacenamiento de combustible para 7 días (semanal)

En este caso de acuerdo a la capacidad que debe tener este tanque, se ha considerado que necesariamente debería ser un tanque cilíndrico vertical, asumiendo que permita ser posesionado en el área disponible, el tanque no debe sobrepasar 4,78 m, por lo tanto este valor se considera como diámetro nominal del tanque.

Entonces por medio del volumen de un cilindro se tiene lo siguiente:

$$\frac{V}{0,8} = \frac{\pi * D^2}{4} * H$$

$$\frac{76.1m^3}{0,8} = \frac{\pi * D^2}{4} * H$$

$$\text{si } D = 4,78m$$

entonces se tendrá una altura: $H = 5,25m$

Dimensiones del cubeto

Con los tanques de almacenamiento diario y semanal ya dimensionados se calcula el cubeto o muro de contención, considerando un cubeto de área rectangular debido a que se trata de la misma sustancia, el volumen que debería contener el cubeto según la Norma de NFPA 30 “La capacidad volumétrica del área con diques no debe ser inferior a la mayor cantidad de líquido que pueda ser liberado del tanque de mayor capacidad dentro del área con dique, suponiendo tanque lleno. Algunos diseños también podrían incorporar suficiente capacidad adicional para acomodar el agua empleada en incendios. Esta capacidad adicional generalmente está determinada por las condiciones locales” [32].

Las distancias consideradas entre tanques y las paredes de los tanques al cubeto fueron determinadas por varias razones; para que existan espacios para mantenimiento e instalación de bombas y tuberías.

$$(x * y * H) - \frac{\pi * D^2}{4} * H = \text{Volumen del tanque de mayor capacidad}$$

Donde:

x: Largo del cubeto (m)

y: Ancho del cubeto (m)

H: Altura del cubeto (m)

D: Diámetro del tanque de mayor capacidad (**m**)

$$(14 * 8 * H) - \frac{\pi * D^2}{4} * H = 95,12 \text{ m}^3 * 1,1$$

$$(112H) - (18,02H) = 104 \text{ m}^3$$

$$(93,98H) = 104$$

$$H = 1,1\text{m}$$

Con los resultados obtenidos se procedió a realizar un esquema (Figura 3.17) con las dimensiones del cubeto:

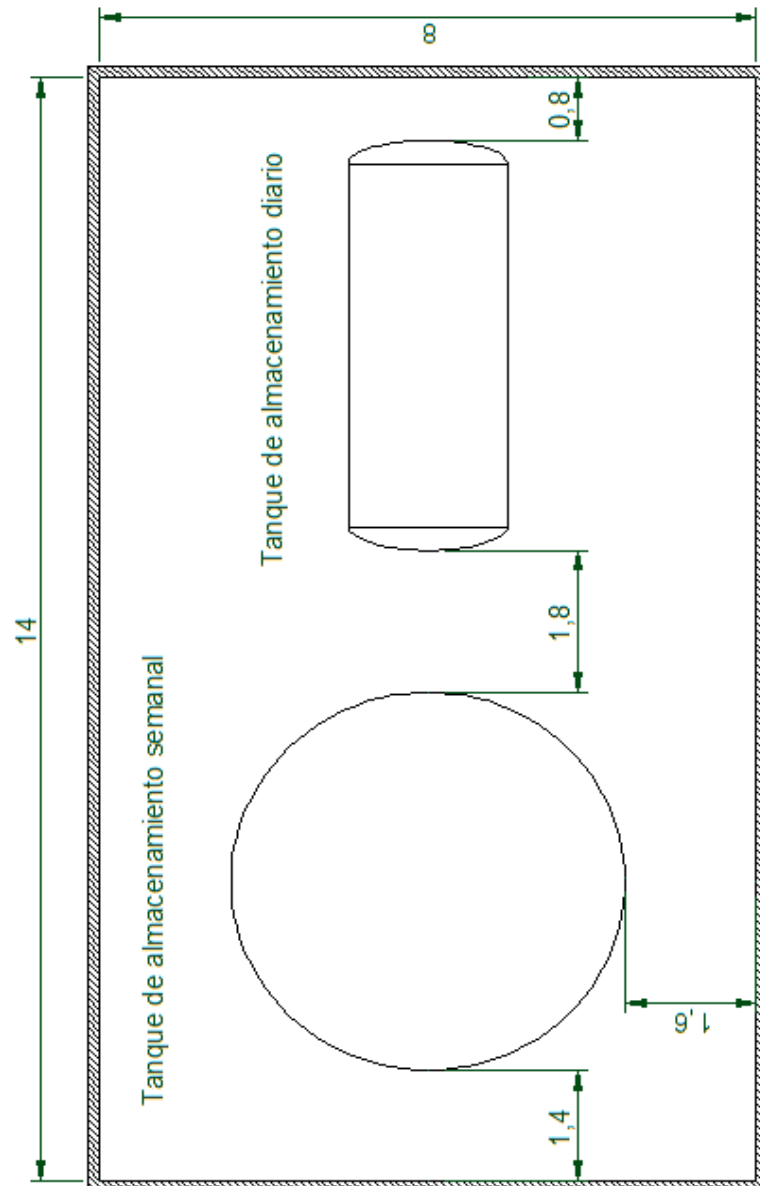


FIGURA 3.17 DIMENSIONES DEL CUBETO

De acuerdo a los resultados se plantea la siguiente tabla de resultados:

TABLA 3.15 RESULTADOS DE DIMENSIONES DE TANQUES
DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE Y CUBETO

TANQUE DE ALMACENAMIENTO DIARIO			
Volumen	Diámetro	Largo	Posición
13,58 m ³	1,94 m	4,6 m	Horizontal
TANQUE DE ALMACENAMIENTO SEMANAL (7días)			
Volumen	Diámetro	Altura	Posición
95,12 m ³	4,78 m	5,25 m	Vertical
CUBETO O MURO DE CONTENCIÓN DE TANQUES			
Volumen	Ancho	Largo	Altura
104 m ³	8 m	14 m	1,1 m

3.4.3. Cálculo y selección del sistema de ablandamiento de agua

Antes de seleccionar el sistema de ablandamiento para la alimentación del agua a la caldera, se debe revisar el análisis de dureza del agua (cantidad de sólidos suspendidos) en la ciudad de Manta, la cual es proporcionada por la planta de tratamiento de agua del cantón, así como la cantidad de granos necesarios en “partes por millón” (PPM) para que el sistema de tratamiento de agua pueda disminuir esta dureza.

De acuerdo con los datos proporcionados por la Empresa de Agua Potable de Manta se tiene que:

- Partes por millón dureza (mg/l)= 220
- PH= 8,05

Con los datos obtenidos anteriormente de las PPM disueltas en el agua se procede a determinar el número de Granos por Galón (GPG) que se necesitarán en el proceso. En la siguiente Tabla 3.16, se podrá comparar los grados de dureza de acuerdo a los cálculos de GPG que han sido establecidos por Water Quality Association (WQA):

$$GPG = \frac{PPM}{17,1} \quad \text{EC. 3.4}$$

$$GPG = \frac{220}{17,1} = 12,86$$

TABLA 3.16 GRADOS DE DUREZA DEL AGUA SEGÚN
WATER QUALITY ASSOCIATION [17]

Grado de Dureza	Granos por Galón	PPM
Suave	< 1,0	< 17,1
Poca dureza	1,0 – 3,5	17,1 – 60
Mediana Dureza	3,5 – 7,0	60 – 120
Dura	7,0 – 10,5	120 – 180
Muy Dura	> 10,5	> 180

De acuerdo a los resultados de GPG y de PPM se puede decir que se tiene agua muy dura, con granos por galón mayor a 10,5 y partes por millón mayor a 180.

Para determinar los granos totales que utiliza el sistema de ablandamiento de agua que se selecciona, se toma como guía la fórmula establecida por SISTEAGUA, donde se indican los pasos para seleccionar ablandadores de agua [18]:

$$\text{Granos} = (\text{BHP}) 4,25 \frac{\text{gal}}{\text{BHP}} * (1 - \text{Condesado\%})(\text{Turno})(\text{GPG}) \quad \text{EC. 3.5}$$

Donde:

BHP: Potencia de la caldera

Condesado: Porcentaje de condensado estimado en el proceso

Turno: Horas de trabajo por día

GPG: Granos por Galón

Debido a que se tendrá dos turnos de trabajo uno en el día (8 horas) y otro en la noche y madrugada (16 horas) con la caldera operando a diferentes cargas, se deberán realizar dos cálculos por separado, para obtener el total de granos que permita seleccionar el sistema de ablandamiento correcto.

Reemplazando valores se tiene:

$$\text{Granos}_{\text{totals}} = \text{Granos (8h)} + \text{Granos(16h)}$$

$$\text{Granos}_{\text{totals}} = \left[600 * 4,25 \frac{\text{gal}}{\text{BHP}} * (1 - 0,9) * 8 * 12,86 \right] +$$

$$\left[370 * 4,25 \frac{\text{gal}}{\text{BHP}} * (1 - 0,9) * 16 * 12,86 \right]$$

$$= 78.702 \text{ granos}$$

Con el valor antes obtenido se procederá a seleccionar el sistema de ablandamiento de agua mediante el siguiente catálogo de Cleaver Brooks (Tabla 3.17), junto con su esquema (Figura 3.18):

TABLA 3.17 SELECCIÓN DE SISTEMA DE ABLANDAMIENTO

SMR 150M-1500M TIMECLOCK SPECIFICATION TABLE													
SYSTEM SIZE	MODEL	150	210	300	450	600	750	900	1050	1200	1500		
	Max Capacity (Kilograins)	150	210	300	450	600	750	900	1050	1200	1500		
FLOWRATE	Min Capacity (Kilograins)	100	140	200	300	400	500	600	700	800	1000		
	Valve Size (in)	1½ 2	1½ 2	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	3 4	3 4		
TIMER SETTINGS	Continuous Flowrate (gpm)	45 57	64 80	92 165	82 140	110 175	90 160	105 188	95 173	215 310	225 405		
	Peak Flowrate (gpm)	69 97	86 110	125 230	115 190	125 250	116 230	133 279	124 259	300 410	308 600		
SOFTENER TANK	Backwash & Fast Flush (gpm)	10	15	20	20	30	30	45	45	60	80		
	Brine Draw & Rinse (gpm)	2.5	3.5	5	5	7	7	10	10	12	15		
BRINE SYSTEMS EQUIPMENT	Backwash & Fast Flush (min)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
	Brine Draw & Rinse (min)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60		
MAX	Fast Flush (min)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6		
	Size (in)	20x54	24x54	30x54	30x60	36x60	36x72	42x60	42x72	48x72	54x72		
MIN	Gravel (lbs)	100	200	300	300	400	400	600	600	900	1200		
	Resin (ft³)	5	7	10	15	20	25	30	35	40	50		
	Freeboard (in)	24	24	27	20	23	27	20	25	33	34		
	Tank size	24x50	24x50	24x60	30x60	39x60	39x60	42x60	50x60	52x60	66x46		
	Max Salt Storage (lbs)	700	600	600	1000	1900	1700	1900	2300	2600	3300		
	Injector Code	541-1-RED	541-2-WHT	541-3-BLUE	541-3-BLUE	542-1-RED	542-1-RED	542-2-WHT	542-2-WHT	12-150	15-150		
	Injector Size	¾"	¾"	¾"	¾"	1"	1"	1"	1"	1 ½"	1 ½"		
	Salt Dosage- Max (lbs)	75	105	150	225	300	375	450	525	600	750		
	Brine Valve Float Height (in)	12	19	26	26	19	26	26	19	*N/A	*N/A		
	Salt Dosage- Min (lbs)	30	42	60	90	120	150	180	210	240	300		
	Brine Valve Float Height (in)	3	8	9	9	8	9	9	8	*N/A	*N/A		

*These brine tank have a different float mechanism



FIGURA 3.18 SISTEMA DE ABLANDAMIENTO DE AGUA
CLEAVER BROOKS [14]

3.4.4. Cálculo y selección del tanque de agua de alimentación

El agua de alimentación a la caldera es comúnmente almacenada en un tanque, con capacidad suficiente para atender la demanda de la caldera ya que este constituye la materia prima para la producción de vapor.

De acuerdo a la recomendación tomada del libro del Ing. Ángel Vargas Zúñiga "Calderas Industriales y Marinas", como la generación de vapor depende directamente de la cantidad que se suministra a esta, es recomendable que la cantidad de agua de reserva y la capacidad del tanque de alimentación almacene una cantidad mínima de agua suficiente para sostener la evaporación en la caldera por lo menos durante 20 minutos. Generalmente se sabe que para satisfacer la demanda de agua de un caballo caldera se requieren 0,069 galones

americanos por minuto (GPM) o sea 0,261 litros por minuto (L/min) [12].

De acuerdo a la capacidad de 600 BHP de la caldera seleccionada se tiene una demanda de agua de alimentación de:

$$600 \text{ BHP} * \frac{0,261 \text{ L/min}}{\text{BHP}} * \frac{1 \text{ gal}}{3,78533 \text{ L}} = 41,4 \text{ gal/min}$$

Si la reserva mínima de agua deberá satisfacer la evaporación en la caldera durante 20 minutos, por lo tanto la reserva mínima total de acuerdo al resultado anterior es de:

$$41,4 \text{ gal/min} * 20 \text{ min} = 828 \text{ gal}$$

El tanque de almacenamiento del agua de alimentación no deberá nunca estar 100% lleno, sino que es recomendable que este se encuentre siempre solamente con un nivel de agua que cubra el 70% de la capacidad del tanque. Esto significa que la reserva mínima de agua deberá ser determinada conforme la siguiente relación:

$$\frac{\text{Reserva minima de agua}}{0,7} = \frac{828 \text{ gal}}{0,7} = 1183 \text{ gal}$$

Con estos valores obtenidos por cálculos basados de la referencia antes mencionada se ha de dimensionar un tanque de 1200 galones ($4,6\text{m}^3$).

3.5. Dimensionamiento, selección de tubería de vapor y retorno de condensado y aislamiento de tuberías

En el dimensionamiento de las líneas de vapor se debe considerar la velocidad de flujo del vapor dentro del tubo y la caída de presión, para ello se toma como base la guía de referencia técnica de distribución de vapor proporcionada por Spiraxsarco, compañía especialista en sistemas de vapor. Además, se realizan cálculos matemáticos para ser más exactos en las dimensiones de las tuberías y así no tener sobredimensionamientos o subdimensionamientos en las mismas, ya que de existir se tendrían problemas, por ejemplo, en el caso de sobredimensionamiento se provocará mayor formación de condensados a causa de mayores pérdidas de calor, la calidad de vapor será más pobre, y los costos de instalación serían más altos, mientras que subdimensionando las tuberías, se tendría que la velocidad de vapor y la caída de presión serán mayores, el volumen de vapor será insuficiente en el punto de utilización, habrá un mayor riesgo de erosión, golpe de ariete, y ruidos a causa del aumento de la velocidad [19].

Estas tuberías pueden seleccionarse basándose en una de estas dos características:

- Velocidad de fluido.
- Caída de presión.

Se realizan cálculos para determinar los diámetros óptimos de las tuberías de distribución, y para verificar estos resultados se comprueba mediante el método gráfico, el cual se basa en la distancia a la que están ubicados los equipos desde el cuarto de generación de vapor hasta los mismos. En la siguiente tabla establecida por Spiraxsarco donde se puede observar la clasificación:

TABLA 3.18 SELECCIÓN DE TUBERIA SEGÚN FLUJO MASICO O
CAIDA DE PRESION [19]

Selección de tubería según	Distancia (m)
Velocidad de fluido	≤ 35
Caída de presión	≤ 250

Datos conocidos de caldera y equipos con los cuales se trabaja en los cálculos de dimensionamiento de tuberías desde la caldera hacia cada uno de ellos:

TABLA 3.19 PARAMETROS CONOCIDOS DE
CALDERA Y EQUIPOS

DATOS CONOCIDOS	Caudal Másico kg/h [lb/h]	Presión de trabajo psi [bar]	Longitud de tubería ft [m]
Caldera	8.550,2 [18.850]	150 [10,30]	-
Manifold			21
Tostadores	2.770 [6.107]	68,96 [4,84]	62
Esterilizadores	5.400 [11.905]	59,02 [4]	37
Tanques de almacenamiento	377,8 [833]	2,87 [0,20]	66
Calentador de fuel oíl #6	31,75 [70]	22,05 [1,52]	25

Se considera por tramos la selección y el dimensionamiento de las tuberías, el primero será desde la caldera hasta el manifold y de éste al calentador de fuel oíl #6 debido a que la distancia que existe entre ellos es relativamente baja a la de los demás equipos, el segundo tramo en el cual se tienen distancias mayores será desde el manifold hacia los diferentes receptores de vapor, esterilizadores, tostadores, tanques de almacenamiento de manteca de cacao.

Selección y dimensionamiento del primer tramo - Cálculo de diámetro óptimo.

El primer dimensionamiento será para la sección caldera-manifold, para lo cual se tienen los siguientes datos:

- Flujo másico = 18.850 lbm/h
- Presión = 150 psi
- Vapor saturado $v_g = 2,756 \text{ ft}^3/\text{lb}$

De la tabla de las propiedades del vapor saturado (ver Anexo 2), se toma el valor de volumen de vapor por unidad de masa a 150 psig y se obtiene $2,756 \text{ ft}^3/\text{lb}$.

De acuerdo a la ecuación 3.6 tomada de Spiraxsarco se calcula el caudal de vapor que circula por la tubería.

$$Q = \dot{m} * v_g \quad \text{EC. 3.6}$$

$$Q = 18.850 \frac{\text{lbm}}{\text{h}} * 2,756 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb}} * \frac{1\text{h}}{3.600\text{s}} = 14,43 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}}$$

En la ecuación 3.7 se muestra que el caudal también es igual a la velocidad que viaja el vapor en la tubería por el área de sección transversal, entonces para calcular el diámetro de la tubería se utiliza el valor calculado en la ecuación 3.8.

$$Q = A * V \quad \text{EC. 3.7}$$

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} * V$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{V * \pi}} \quad \text{EC. 3.8}$$

Para encontrar la velocidad del vapor en la tubería de distribución se toma como base una regla general de campo, la cual indica que se puede utilizar velocidades entre 80 ft/s y 120 ft/s, pero para este caso se toma el valor promedio, el cual es de 100 ft/s (30,5 m/s).

$$D = \sqrt{\frac{4 * 14,43}{100 * \pi}}$$

$$D = 0,41 \text{ ft} = 4,95 \text{ in} = 126,24 \text{ mm}$$

El diámetro ideal es 4,95 in, pero no es una medida estándar así que se redondea a 5 in, la cual sí es una medida comercial.

Verificación del cálculo mediante método gráfico

La distancia de la caldera al manifold es de 21 m, además de que se considera el espacio que se necesita para maniobras de mantenimiento y seguridad en caso de emergencias que puedan poner en peligro la vida del operador.

Para poder seleccionar el diámetro de la tubería se deben conocer los siguientes parámetros mostrados en la Tabla 3.20 (se usan presiones manométricas):

TABLA 3.20 PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE CALDERA Y MANIFOLD

Presión de vapor	10,30 bar g
Temperatura de vapor	185 °C
Velocidad de vapor	30,5 m/s
Flujo másico de la caldera	8.550,22 kg/h

Con estos datos se ingresa a la guía de referencia técnica de Spiraxsarco donde se encuentra la siguiente figura:

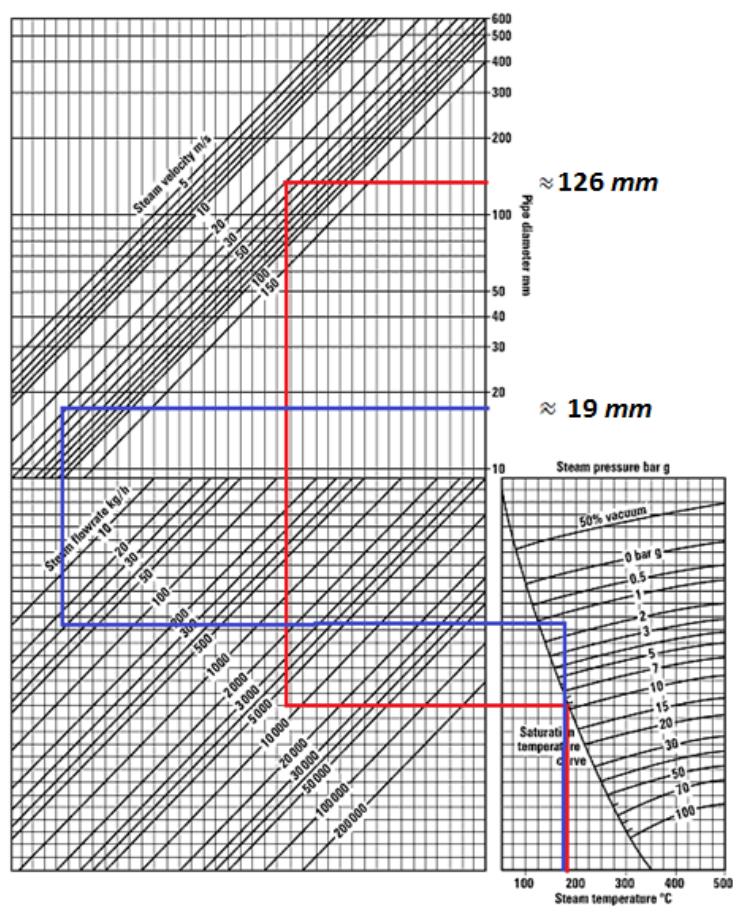


FIGURA 3.19 GRÁFICO PARA DIMENSIONAR TUBERÍAS PARA VAPOR SATURADO Y VAPOR RECALENTADO [19]

De acuerdo a la figura 3.19 se obtiene que para la sección caldera- manifold (LINEA ROJA) se tiene 5 in de diámetro de tubería, con estos datos se compara con tuberías disponibles y existentes en el mercado y se selecciona la más conveniente. Además, se muestran datos del tramo manifold – calentador de fuel oil #6 (LINEA AZUL) calculados por el mismo método por encontrarse a una distancia de 25m desde la caldera.

Tabla de resultados del primer tramo

Tomando como referencia el ejemplo mostrado de la sección caldera-manifold se repiten los cálculos de diámetro óptimo y verificación por método de método gráfico, consiguiendo así un correcto dimensionamiento de todas las secciones que conforman el primer tramo, mostrándose los resultados en la Tabla 3.21.

TABLA 3.21 RESULTADOS DE DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍA PRIMER TRAMO

SECCIÓN	Caldera- Manifold	Manifold- Calentador de fuel oil #6
Diámetro (in)	5	3/4
Cédula	40	40
Tipo	Sin costura	Sin costura
Material	ASTM A-53	ASTM A-53

Selección y dimensionamiento del segundo tramo - Cálculo de diámetro óptimo.

Para las secciones manifold-esterilizadores, manifold-tostadores, manifold-tanques de almacenamiento, se incluirán dos etapas de dimensionamiento para cada sección, la primera será de una tubería madre, la que estará encargada de alimentar a los equipos en sus respectivas áreas, y la segunda una tubería que se conecta desde la tubería madre hasta la toma en cada uno de ellos.

Dimensionamiento sección manifold-esterilizadores tubería madre

Se aplica el mismo procedimiento del primer tramo en donde nuevamente se cita la ecuación 3.6 tomada de Spiraxsarco, se calcula el caudal de vapor que circula por la tubería madre, para lo cual se tienen los siguientes datos:

- Flujo másico = 11.905 lbm/h
- Presión = 150 psi
- Vapor saturado $v_g = 2,756 \text{ ft}^3/\text{lb}$

$$Q = \dot{m} * v_g$$

$$Q = 11.905 \frac{\text{lbm}}{\text{h}} * 2,756 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb}} * \frac{1\text{h}}{3.600\text{s}} = 9,113 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}}$$

De la tabla de las propiedades del vapor saturado del apéndice 2 (ver Anexo 2), se toma el valor de volumen de vapor por unidad de masa a 150 psig y se obtiene $2,756 \text{ ft}^3/\text{lb}$.

Reemplazando el valor de caudal calculado anteriormente, para así obtener el diámetro de la tubería:

$$Q = A * V$$

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} * V$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{V * \pi}}$$

Se menciona nuevamente la regla general de campo de 100 ft/s (30,5 m/s), como velocidad del vapor en tuberías de distribución.

$$D = \sqrt{\frac{4 * 9,113}{100 * \pi}}$$

$$D = 0,33 \text{ ft} = 3,97 \text{ in} = 100,84 \text{ mm}$$

El diámetro ideal es 3,97 in para la tubería madre, pero no es una medida estándar así que se redondea a 4 in, el cual sí es una medida comercial.

Dimensionamiento sección manifold-esterilizadores desde tubería madre a toma de equipos

Para el dimensionamiento de la toma de vapor desde la tubería madre hasta el equipo, se debe tener en cuenta el consumo de vapor de cada uno de ellos y la presión de trabajo, para el caso de esterilizado son 9 los equipos a abastecer, se realiza el dimensionamiento para uno de ellos, el resultado que se obtenga será igual para los 8 tanques restantes.

Para lo cual se tienen los siguientes datos:

- Flujo másico para cada equipo = 1.322,77 lbm/h
- Presión de trabajo del equipo = 58,02 psi
- Vapor saturado $v_g = 5,99 \text{ ft}^3/\text{lb}$

$$Q = \dot{m} * v_g$$

$$Q = 1.322,77 \frac{\text{lbm}}{\text{h}} * 5,99 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb}} * \frac{1\text{h}}{3.600\text{s}} = 2,2 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}}$$

De la tabla de las propiedades del vapor saturado del apéndice 2, se toma el valor de volumen de vapor por unidad de masa a 58,02 psig y se obtiene $5,99 \text{ ft}^3/\text{lb}$.

Reemplazando el valor de caudal calculado anteriormente, para así obtener el diámetro de la tubería.

$$Q = A * V$$

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} * V$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{V * \pi}}$$

Velocidad de vapor en tubería de distribución: 100 ft/s (30,5m/s).

$$D = \sqrt{\frac{4 * 2,2}{100 * \pi}}$$

$$D = 0,167 \text{ ft} = 2 \text{ in} = 50,8 \text{ mm}$$

De acuerdo al cálculo se obtuvo un diámetro ideal de 2 in para la tubería, la misma que será utilizada para las tomas de vapor de los 9 equipos de esterilizado.

El mismo proceso se aplica para los equipos de tostado y tanques de almacenamiento de manteca, en la Tabla 3.25 se muestran los resultados obtenidos por cálculo.

Verificación del cálculo mediante caída de presión

Dimensionamiento sección manifold-esterilizadores tubería madre

Cuando se tienen grandes distancias es necesario considerar las pérdidas de presión existentes en el sistema, el método que se utiliza para verificar el

resultado anterior toma en cuenta las caídas de presiones indicado en la guía de referencia técnica de Spiraxsarco [19].

Para realizar los cálculos se debe conocer los parámetros indicados en la Tabla 3.22 (se deberán usar presiones manométricas).

La longitud de la tubería madre desde el manifold hasta esterilizadores es de 37 m,

De acuerdo a Spiraxsarco, (Pag.52): considera, *“suponiendo que tubería este aislada es razonable sumar un 1% del caudal de vapor por cada 30 m de recorrido por pérdidas de calor”* [19], esto quiere decir que por cada 30 m se tendrá 1% menos de temperatura en el vapor, en este caso se consideran pérdidas de 1,3%.

TABLA 3.22 PARAMETROS DE OPERACIÓN MANIFOLD-
ESTERILIZADO

Presión de vapor en manifold.	10.30 bar g
Temperatura de vapor en manifold.	185 C ⁰
Presión de vapor en tubería madre de esterilizado.	9,99 bar g
Temperatura de vapor considerando pérdida de 1,5% de calor en la tubería madre.	183,22 °C
Caudal másico total de esterilizado.	5400 kg/h

Con estos datos se ingresa a la guía de referencia técnica de Spiraxsarco en donde se explica los pasos a seguir para la selección y dimensionamiento de las tuberías.

En primer lugar se deberá determinar el Factor de Presión del sistema (PF), el cual se calcula mediante la siguiente ecuación 3.9:

$$FP = \frac{P_1 - P_2}{L} \quad \text{EC. 3.9}$$

Donde:

FP: Factor de Presión

P₁: Factor de Presión de tubería madre

P₂: Factor de Presión de manifold

L: Longitud total de tubería (m)

Luego, se obtienen los factores de presión para el manifold y para la tubería madre de esterilizado usando la tabla de factores de presión de Spiraxsarco en la siguiente Tabla 3.23.

TABLA 3.23 FACTOR DE PRESIÓN PARA DIMENSIONADO DE
TUBERÍAS

Bar relativo	Volumen m ³ /kg	Factor de presión
7.70	0.222	66.31
7.80	0.219	67.79
7.90	0.217	69.29
8.00	0.215	70.80
8.10	0.212	72.33
8.20	0.210	73.88
8.30	0.208	75.44
8.40	0.206	77.02
8.50	0.204	78.61
8.60	0.202	80.22
8.70	0.200	81.84
8.80	0.198	83.49
8.90	0.196	85.14
9.00	0.194	86.81
9.10	0.192	88.50
9.20	0.191	90.20
9.30	0.189	91.92
9.40	0.187	93.66
9.50	0.185	95.41
9.60	0.184	97.18
9.70	0.182	98.96
9.80	0.181	100.75
9.90	0.179	102.57
10.00	0.177	104.40
10.20	0.174	108.10
10.40	0.172	111.87

Aplicando estos datos a la ecuación 3.9 de factor de presión se obtuvo un valor de 0,08 que posteriormente usando la tabla de factores de capacidad de tubería y caída de presión de Spiraxsarco (Tabla 3.24) con el flujo másico total para todos los equipos de esterilizado, permitirá dimensionar la tubería madre para la distribución de vapor de estos equipos.

TABLA 3.24 FACTOR DE CAPACIDAD DE TUBERÍAS Y
CAÍDA DE PRESIÓN

Factor F		Tamaño de tubería en mm									
		15	20	25	32	40	50	65	80	100	125
0,00016	x						30,40	55,41	90,72	199,1	360,4
	y						4,30	4,86	5,55	6,82	7,90
0,00020	x					16,18	34,32	62,77	103,0	225,6	407,0
	y					3,96	4,85	5,51	6,31	7,72	8,92
0,00025	x				10,84	17,92	38,15	69,31	113,2	249,9	450,3
	y				3,74	4,39	5,40	6,08	6,92	8,56	9,87
0,00030	x				11,95	19,31	41,83	75,85	124,1	271,2	491,9
	y				4,13	4,73	5,92	6,65	7,60	9,29	10,79
0,00035	x		6,86	12,44	20,59	43,76	80,24	130,01	285,3	519,2	
	y		3,88	4,30	5,04	6,21	7,04	7,96	9,77	11,38	
0,00045	x	3,62	7,94	14,56	23,39	50,75	92,68	150,9	333,2	604,6	
	y	3,64	4,49	5,03	5,73	7,18	8,13	9,24	11,42	13,26	
0,00055	x	4,04	8,99	16,18	26,52	57,09	103,8	170,8	373,1	674,2	
	y	3,96	5,09	5,69	6,49	8,08	9,10	10,46	12,78	14,78	
0,00065	x	4,46	9,56	17,76	29,14	62,38	113,8	186,7	409,8	739,9	
	y	4,37	5,41	6,13	7,14	8,82	9,98	11,43	14,04	16,22	
0,00075	x	4,87	10,57	19,31	31,72	68,04	124,1	203,2	445,9	804,5	
	y	4,77	5,98	6,67	7,77	9,62	10,88	12,44	15,28	17,64	
0,00085	x	5,52	11,98	21,88	35,95	77,11	140,7	230,2	505,4	911,8	
	y	5,41	6,78	7,56	8,80	10,91	12,34	14,09	17,32	19,99	
0,00100	x	1,95	5,84	12,75	23,50	38,25	81,89	148,6	245,2	539,4	968,5
	y	4,10	5,72	7,21	8,12	9,37	11,58	13,03	15,01	18,48	21,24
0,0030	x	3,44	10,34	22,5	40,45	66,66	143,4	262,0	429,8	924,4	1701
	y	7,20	10,13	12,73	13,97	16,33	20,29	22,98	26,32	32,29	37,30
0,0040	x	4,17	12,50	26,97	48,55	80,91	173,1	313,8	514,9	1128	2040
	y	8,73	12,25	15,26	16,77	19,82	24,49	27,52	31,53	38,65	44,73
0,0050	x	4,71	14,12	30,40	54,92	90,23	196,1	364,0	578,6	1275	2305
	y	9,86	13,83	17,20	18,97	20,10	27,74	31,05	35,43	43,68	50,54
0,0060	x	5,25	15,69	35,80	60,31	99,05	215,8	392,3	647,3	1412	2250
	y	10,99	15,37	20,26	20,83	24,26	30,53	34,41	39,63	48,38	55,92
0,0080	x	6,08	18,34	39,23	70,12	116,2	251,5	456,0	750,3	1648	2976
	y	12,72	17,97	22,20	24,22	28,46	35,58	40,00	45,95	58,46	69,26
0,0100	x	6,86	20,64	44,13	79,44	130,4	283,9	514,9	845,9	1853	3334
	y	14,36	20,22	24,97	27,44	31,94	40,16	45,16	51,80	63,83	73,11
0,0125	x	7,35	22,20	47,28	81,00	140,1	302,1	547,3	901,9	1983	3589
	y	15,38	21,75	26,75	27,98	34,31	42,74	48,00	55,22	67,94	78,70
0,0150	x	8,27	25,00	53,33	95,62	157,2	342,0	620,6	1020	2230	4045
	y	17,31	24,49	30,18	33,03	38,50	43,38	54,43	62,46	76,40	88,70
0,0175	x	9,58	28,39	59,78	100,4	165,8	360,4	665,1	1073	2360	4291
	y	17,95	25,85	31,56	34,58	40,65	50,99	58,34	65,70	80,52	94,09
0,020	x	9,80	30,16	63,75	114,7	189,3	411,9	760,1	1226	2697	49,04
	y	20,51	29,55	36,07	39,62	46,36	58,27	66,67	75,01	92,41	107,5
0,025	x	10,99	33,48	70,73	127,3	209,8	459,7	834,6	1367	2970	5422
	y	23,00	32,80	40,02	43,97	51,39	65,03	73,20	83,70	101,7	118,9
0,030	x	12,00	36,78	77,23	137,9	229,9	501,1	919,4	1480	3264	5884
	y	25,11	36,03	43,70	47,53	56,31	70,89	80,64	90,62	111,8	129,0
0,040	x	14,46	44,16	93,17	169,2	279,5	600,7	1093	1790	3923	7710
	y	30,26	43,23	52,72	58,44	68,46	84,98	95,87	109,6	134,4	155,9
0,050	x	16,43	49,53	104,4	191,2	313,8	676,7	1231	2020	4413	8042
	y	34,38	48,52	59,08	66,04	76,86	95,73	108,0	123,7	151,2	176,3
0,06	x	18,14	52,96	115,7	210,8	343,2	750,3	1373	2231	4855	8827
	y	37,95	51,88	65,47	72,81	84,06	105,1	120,4	136,6	165,3	193,5
0,08	x	21,08	62,28	134,8	245,2	402,1	872,8	1594	2599	5688	10249
	y	44,11	61,02	76,28	86,69	98,49	123,5	139,8	159,1	194,9	224,7
0,030	x	12,00	36,78	77,23	137,9	229,9	501,1	919,4	1480	3264	5884
	y	25,11	36,03	43,70	47,53	56,31	70,89	80,64	90,62	111,8	129,0

De acuerdo a la Tabla 3.24 se tendrá como resultado un diámetro aproximadamente igual al calculado anteriormente de 100,84 mm (4 in), para la tubería madre de vapor para esterilizadores.

Tabla de resultados del segundo tramo

Tomando como referencia el ejemplo mostrado de la sección manifold - esterilizadores se repiten los cálculos de diámetro óptimo y verificación por

método de caída de presión, consiguiendo así un correcto dimensionamiento de todas las secciones que conforman el segundo tramo, mostrándose los resultados en la Tabla 3.25.

TABLA 3.25 RESULTADOS DE DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍA SEGUNDO TRAMO

SECCIÓN	Manifold-Esterilizador	Manifold-Tostador	Manifold-Tanque de almacenamiento
Diámetro tubería madre (in)	4	3	1 ½
Diámetro tubería toma del equipo (in)	2	3	2
Número de equipos	9	2	3
Cédula	40	40	40
Tipo	Sin costura	Sin costura	Sin costura
Material	ASTM A-53	ASTM A-53	ASTM A-53

Dimensionamiento de manifold

Para el dimensionamiento del Manifold se debe considerar que es de mucha importancia realizarlo correctamente, ya que de no ser así este se podría convertirse en un punto de generación de condensado de vapor, el mismo que es seriamente perjudicial para los diferentes usuarios de vapor.

De acuerdo a la ecuación 3.6 citada nuevamente y tomada de Spiraxsarco se calcula el caudal de vapor que circula por la tubería con los siguientes datos:

- Flujo másico = 18.850 lbm/h
- Presión = 150 psi
- Vapor saturado $v_g=2,756 \text{ ft}^3/\text{lb}$

De la tabla de las propiedades del vapor saturado del Apéndice 2, se toma el valor de volumen de vapor por unidad de masa a 150 psig y se obtiene $2,756 \text{ ft}^3/\text{lb}$.

$$Q = \dot{m} * v_g$$

$$Q = 18.850 \frac{\text{lbm}}{\text{h}} * 2,756 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb}} * \frac{1\text{h}}{3.600\text{s}} = 14,43 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}}$$

El valor obtenido anteriormente se lo reemplaza en:

$$Q = A * V$$

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} * V$$

Para el caso del manifold se toma como base una regla general de campo la cual indica una velocidad de vapor de 15 m/s (49,2 ft/s) bajo condiciones de carga máxima, esto se debe a que al tener una baja velocidad de vapor en el manifold

se podrá eliminar cualquier condensado por medio de la purga, y así poder distribuir vapor seco a los equipos [19].

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{V * \pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 14,43}{49,2 * \pi}}$$

$$D = 0,611 \text{ ft} = 7,332 \text{ in} = 18,54 \text{ cm}$$

Como resultado se tiene un manifold de diámetro 18,54 cm.

Para el dimensionamiento del bolsillo del manifold, se toma como base la siguiente Figura 3.20, la cual indica las dimensiones de éste, de acuerdo al diámetro del manifold ya obtenido anteriormente.

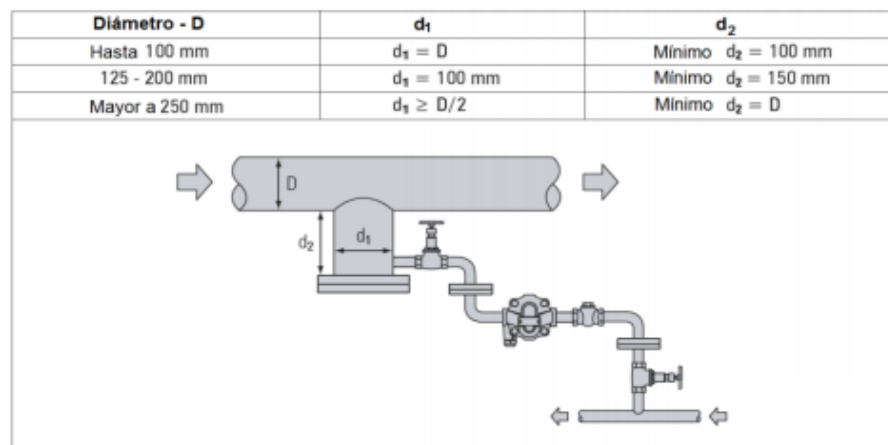


FIGURA 3.20 DIMENSIONES DE BOLSILLO PARA
CONDENSADO [19]

Como resultados se tiene un bolsillo con diámetro $D_1 = 100\text{mm}$, y $D_2 = 150\text{mm}$.

Constará, además, con un aislamiento de lana de vidrio de $2 \frac{1}{2}$ in de espesor, con una chapa de aluminio de 6 mm de espesor.

Aislamiento de tuberías para líneas de vapor

Una tubería sin aislar o mal aislada, además de las pérdidas de energía, ocasiona problemas mecánicos por el incremento de condensados.

Para la selección del espesor de los aislamientos se determina la temperatura a trabajar de cada línea de vapor.

Cálculo del espesor óptimo

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

Parámetros considerados:

- Diámetro nominal de la tubería;
- Temperatura de operación;

De acuerdo a la guía técnica de aislamiento térmico de OWENS CORNING Fiberglas, se selecciona el aislamiento por medio de la tabla presentada (ver

Anexo 3), de espesores recomendados para tuberías calientes, estos valores son una referencia para cálculos específicos con los valores indicados.

En la Tabla 3.26 se muestran los espesores que se seleccionaron para cada línea de vapor, de acuerdo a la temperatura de trabajo, diámetro nominal de la tubería, y la temperatura ambiente, en este caso estos datos son para una temperatura ambiente de 25 °C, la cual es una temperatura ambiente promedio en la costa.

TABLA 3.26 RESULTADOS DE AISLAMIENTOS

LINEA DE VAPOR	Diámetro tubería madre (in)	Espesor de aislamiento (in)	Diámetro tubería toma del equipo (in)	Espesor de aislamiento (in)
Línea de vapor Caldera-Manifold	5	2 ½	-	-
Línea de vapor Manifold-Calentador de fuel oil #6	¾	1	-	-
Línea de vapor Manifold-Tanque de almacenamiento	1 ½	2	2	1 ½
Línea de vapor Manifold-Tostador	3	2	3	1 ½
Línea de vapor Manifold-Esterilizadores	4	2	2	1 ½

Se usará lana de vidrio como material aislante ya que es uno de los aislantes térmicos más empleados a nivel industrial, debido a que posee buenas características aislantes.

Además del aislamiento de las tuberías, este tendrá como acabado una chapa de aluminio de 0,6 mm de espesor.

Selección de accesorios para las líneas de vapor

Estación reductora de presión

En la toma de vapor para cada equipo se colocará una estación de reducción de presión la cual debe constar con los siguientes accesorios:

- Separador de humedad
- Válvulas de tipo esféricas
- Válvula reductora de presión
- Manómetros

Para los equipos de esterilizado se necesitaran los siguientes accesorios:

- Reductora de presión marca Watson McDaniels modelo “O” de 2 in de tamaño, con una reducción de 150 a 70 psig, y una capacidad de flujo másico de 1332 lb/h.
- Separador de humedad marca Watson McDaniels modelo “WDS” carbon steel, tamaño 2 in con presión de operación de 150 psig.
- 2 válvulas esféricas manuales Spiraxsarco tamaño 2 in.
- 2 manómetros tipo R, uno de rango de presión de [0-230] psig, y otro con un rango de [0-145] psig.

Para los equipos de tostado se necesitaran los siguientes accesorios:

- Reductora de presión marca Watson McDaniels modelo “455” de 3 in de tamaño, con una reducción de 150 a 70 psig, y una capacidad de flujo másico de 1332 lb/h.
- Separador de humedad marca Watson McDaniels modelo “WDS” carbón steel, tamaño 3 in con presión de operación de 150 psig.
- 2 válvulas esféricas manuales Spiraxsarco tamaño 3 in.
- 2 manómetros tipo R, uno de rango de presión de [0-230] psig, y otro con un rango de [0-145] psig.

Para los tanques de almacenamiento de manteca de cacao se necesitaran los siguientes accesorios:

- Reductora de presión Watson McDaniels modelo “0” de 2 in de tamaño, con una reducción de 150 a 30 psig.
- Separador de humedad Watson McDaniels modelo “WDS” carbón steel, tamaño 2 in con presión de operación de 150 psig.
- 2 válvulas esféricas manuales Spiraxsarco tamaño 2 in.
- 2 manómetros tipo R, uno de rango de presión de [0-230] psig, y otro con un rango de [0-23] psig.

Para el calentador se necesitaran los siguientes accesorios:

- Reductora de presión Watson McDaniels modelo “0” de $\frac{3}{4}$ in de tamaño, con una reducción de 150 a 30 psig.
- Separador de humedad Watson McDaniels modelo “WDS” carbón steel, tamaño 2 in con presión de operación de 150 psig.
- 2 válvulas esféricas manuales Spiraxsarco tamaño 2 in.
- 2 manómetros tipo R, uno de rango de presión de [0-230] psig, y otro con un rango de [0-53] psig.

Los catálogos de cada accesorio se mostraran en el Anexo 4, 5.

Dimensionamiento de la tubería de retorno de condensado

Para el dimensionamiento de la tubería de retorno de condensado en los equipos se toma en cuenta primero la selección de la trampa de vapor, el cual por medio de la diferencia de presión del tanque de condensado y el equipo se obtendrá la dimensión de la tubería a contener la trampa a la salida de cada equipo.

Por otra parte, para el dimensionamiento de la tubería madre de retorno de condensado se debe tomar en cuenta que por ella circulará una mezcla de líquido y vapor debido a que en esta se produce normalmente una cierta revaporización del condensado llamada vapor flash, ya que si no fuese tomado en cuenta al dimensionar la tubería y se asume que solo circulara líquido, se podría elegir un diámetro demasiado pequeño, teniendo así problemas en las trampas de vapor con su diferencial de presión a la cual ellos trabajan, esta

disminuiría debido a que la presión en la línea aumentaría y los equipos consumidores de vapor no trabajarían bien por esto, además, existiría inundaciones en la líneas de condensado a operaciones máxima del sistema [20].

En la Tabla 3.27 se muestran los resultados del dimensionamiento de la tubería, tanto de los equipos como de la tubería madre de retorno.

Selección y dimensionamiento de piernas de condensado y tuberías ubicadas en las líneas de vapor (tuberías madre)

En las líneas de distribución de vapor (tubería madre) se deberá instalar una pierna de condensado, debido a que por regla general de campo se condensará un 10 % de vapor cada 30 metros de distancia, de esta manera se podrá separar el condensado en las líneas de vapor y así no evitar algún tipo de daño en los equipos consumidores, estas piernas deberán contar con los siguientes accesorios:

- Bolsillo para condensado
- Trampa de vapor tipo balde invertido
- Válvulas de tipo esféricas
- Filtros para vapor tipo Y

El bolsillo de condensado será seleccionado de acuerdo a lo indicado en la figura 3.20 dimensiones de bolsillo.

Para la tubería madre de los equipos de esterilizado, se necesitaran los siguientes accesorios:

- Bolsillo de condensado con dimensiones de diámetro $D_1 = 19,5\text{mm}$, y $D_2 = 200\text{mm}$.
- Trampa de vapor tipo balde invertido “IB”, marca Watson Mc Daniels, modelo 1033, de $\frac{3}{4}$ in de tamaño, con una presión de operación de 200 psig.
- 2 válvulas esféricas manuales Spiraxsarco tamaño $\frac{3}{4}$ in.
- Filtros para vapor tipo “Y” marca Watson Mc Daniels modelo WCIY-13-020S250, tamaño $\frac{3}{4}$ in NPT, con presión de operación de 250 psig.
- Tubería de retorno de condensado de diámetro $\frac{3}{4}$ in.

Para la tubería madre de los equipos de tostado de cacao, se necesitaran los siguientes accesorios:

- Bolsillo de condensado con dimensiones de diámetro $D_1 = 50,8\text{mm}$, y $D_2 = 200\text{mm}$.
- Trampa de vapor tipo balde invertido “IB”, Watson McDaniels, modelo 1032, de 1 in de tamaño, con una presión de operación de 250 psig.
- 2 válvulas esféricas manuales Spiraxsarco tamaño 1 in.

- Filtros para vapor tipo “Y” Watson McDaniels modelo WCIY-14-020S250, tamaño 1 in NPT, presión de operación de 250 psig.
- Tubería de retorno de condensado de diámetro 1 in.

Para la tubería madre de los tanques de almacenamiento de combustible, se necesitarán los siguientes accesorios:

- Bolsillo de condensado con dimensiones de diámetro $D_1 = 19,5\text{mm}$, y $D_2 = 200\text{mm}$.
- Trampa de vapor tipo balde invertido “IB”, marca Watson Mc Daniels, modelo 1031S, de $\frac{3}{4}$ in de tamaño, con una presión de operación de 150 psig.
- Filtros para vapor tipo “Y” marca Watson Mc Daniels modelo WCIY-13-020S250, tamaño $\frac{3}{4}$ in NPT, con presión de operación de 250 psig.
- Tubería de retorno de condensado de diámetro $\frac{3}{4}$ in.

Los catálogos de cada accesorio se mostrarán en el Anexo 6, 7.

Selección y dimensionamiento de tubería de retorno de condensado de los equipos

El retorno de condensado de cada equipo, deberá constar con los siguientes accesorios:

- Trampa de vapor tipo flotador y termostato

- Válvulas de tipo esféricas
- Filtros para vapor tipo Y.

Para la línea de retorno de los equipos esterilizado, se necesitaran los siguientes accesorios:

- Trampa de vapor tipo marca Watson McDaniels tipo flotador y termostato FTT, modelo FTT-145, de 1 in de tamaño, con una presión de operación de 145 psig.
- 2 válvulas esféricas manuales Spiraxsarco tamaño 1 in.
- Filtros para vapor tipo “Y” Watson McDaniels modelo WCIY-14-020S250, tamaño 1 in NPT, presión de operación de 250 psig.
- Tubería de retorno de condensado de diámetro 1 in.

Para la línea de retorno de los equipos tostado, se necesitaran los siguientes accesorios:

- Trampa de vapor tipo marca Watson McDaniels tipo flotador y termostato FTT, modelo FTT-145, de 1 ½ in de tamaño, con una presión de operación de 145 psig.
- 2 válvulas esféricas manuales Spiraxsarco tamaño 1 ½ in.
- Filtros para vapor tipo “Y” Watson McDaniels modelo WCIY-16-020S250, tamaño 1 ½ in NPT, presión de operación de 250 psig.
- Tubería de retorno de condensado de diámetro 1 ½ in.

Para la línea de retorno de los tanques de almacenamiento de manteca de cacao, se necesitaran los siguientes accesorios:

- Trampa de vapor tipo marca Watson McDaniels tipo flotador y termostato FTT, modelo FTT-145, de 1 in de tamaño, con una presión de operación de 145 psig.
- 2 válvulas esféricas manuales Spiraxsarco tamaño 1 in.
- Filtros para vapor tipo “Y” Watson McDaniels modelo WCIY-14-020S250, tamaño 1 in NPT, presión de operación de 250 psig.
- Tubería de retorno de condensado de diámetro 1 in.

Para la línea de retorno de calentador de fuel oil #6, se necesitaran los siguientes accesorios:

- Trampa de vapor tipo marca Watson McDaniels tipo flotador y termostato FTT, modelo FTT-65, de ½ in de tamaño, con una presión de operación de 145 psig.
- 2 válvulas esféricas manuales Spiraxsarco tamaño 1 in.
- Filtro para vapor tipo “Y” Watson McDaniels modelo WCIY-12-020S250, tamaño ½ in NPT, presión de operación de 250 psig.
- Tubería de retorno de condensado de diámetro ½ in.

Los catálogos de accesorio se mostraran en el Anexo 8.

Cálculo de vapor flash

El vapor flash se produce siempre que un condensado (líquido saturado) a alta presión (una temperatura mayor que la de saturación del líquido a baja presión) se somete a una reducción de presión y será descargado a una presión menor [19].

Para el caso de la tubería madre de los esterilizadores se obtiene el vapor flash que produciría cada equipo, por medio de la ecuación 3.10 de Spiraxsarco, y después se dimensiona la tubería para la mezcla vapor-líquido para el sistema de retorno de condensado de los esterilizadores.

$$\% Vapor flash = \frac{h_f@P_1 - h_f@P_2}{h_{fg}@P_2} \quad \text{EC. 3.10}$$

Entonces se tiene que para un caudal de 1.322,77 lbm/h de condensado, a 4 bar g de presión, pasando a través de una trampa que descarga a la atmósfera (0 bar g) tiene una energía de $h_f=604,74$ kJ/kg, para la descarga a 0 bar g se tiene un $h_f=419$ kJ/kg, usando la ecuación 3.10 se obtendrá el porcentaje de vapor flash producido.

$$\% Vapor flash = \frac{604,74 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 419 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{2.257 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} * 100$$

$$\% Vapor flash = 8,22$$

Entonces el vapor flash producido es de 108,73 lbm/h en cada esterilizador, debido a que son 9 equipos se tendrá un total de vapor flash de 978 lbm/h en 11.905 lbm/h de condensado.

El mismo procedimiento de cálculo de vapor flash se realiza para los demás consumidores de vapor (tostadores, tanques de almacenamiento de manteca de cacao, calentador de fuel oil #6), obteniendo así el caudal para vapor y para condensado, el cual servirá para dimensionar las tuberías por medio de la ecuación 3.7 de caudal, y con una velocidad para el vapor y condensado de 25 m/s recomendado por Spiraxsarco, los resultados en la tabla 3.27.

Lo más recomendado es que la línea madre de retorno de condensado este sobredimensionada, debido a que como ya se mencionó es la causa de varios problemas en las instalaciones de vapor [19].

Tabla de resultados

La Tabla 3.27 muestra los resultados del dimensionamiento de tuberías de retorno de condensado para todos los equipos.

TABLA 3.27 RESULTADOS DIMENSIONAMIENTO DE TUBERIAS DE
RETORNO DE CONDENSADO

SECCIÓN	Esterilizado	Tostado	Tanque de almacenamiento	Calentador de fuel oil #6
Diámetro tubería madre retorno de condensado (in)	5	4	3	1
Diámetro tubería de retorno del equipo (in)	1	1 ½	1	½
Número de equipos	9	2	3	1
Cédula	40	40	40	40
Tipo	Sin costura	Sin costura	Sin costura	Sin costura
Material	ASTM A-53	ASTM A-53	ASTM A-53	ASTM A-53

Ver circuito de Distribución de vapor en Plano 2.

CAPÍTULO 4

4. DISEÑO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE DIARIO Y SEMANAL PARA LA CALDERA

4.1. Códigos aplicables

Básicamente los códigos aplicables a estos tanques atmosféricos de almacenamiento con los que se diseñan y construyen, son las Normas API 650, que hacen referencia a los materiales fijados por las Normas ASTM (American Society for Testing and Materials), además de seguir las Normas de seguridad dadas por la NFPA (National Fire Protection Association), y también se toman

en cuenta las reglamentaciones de la ASME (American Society of Mechanical Engineers) [22].

- API Standard 650
- Código A.S.T.M.
- Código A.S.M.E Sección VIII división 1.
- Reglamentación N.F.P.A.

Apartados empleados

Materiales

Las especificaciones para materiales se han extraído de la Norma A.P.I. 650, Sección 4 “Materiales”, páginas 4-1, 4-2, 4-3. Allí se pueden encontrar los tipos de planchas y aceros que se recomienda ocupar en la construcción del tanque [22].

Montaje

Se realizará siguiendo las prescripciones de la Norma A.P.I. 650, Sección 6 "Construcción". Se cumplirán estrictamente las tolerancias mencionadas en el apartado 6.5 donde se especifica todo lo relacionado con las tolerancias de dimensiones como son: medidas, cimientos, desviación local [22].

Soldadura

Se toma en cuenta lo especificado en la Norma A.P.I. 650, Sección 4 página 4-8, Sección 5 apartado 5.1 y la Sección 8 “Procedimientos de soldadura y Certificación de soldadores”, que se refieren a lo relacionado con los tipos y procedimientos de soldaduras, así como también de los soldadores [22].

Radiografiado de soldadura

La Norma A.P.I. 650 en su apartado 8.1 describe el método de radiografiado que debe hacerse a la soldadura utilizada para la unión de las placas del tanque [22].

Piso

Se aplica la Norma A.P.I. 650, Sección 5, “Placas de fondo” y “Placas anulares de fondo” en estos se especifican los espesores mínimos y tipos de materiales a utilizar en las placas de fondo y del primer anillo del tanque, además de la circularidad de las mismas [22].

Esfuerzos permisibles

En lo que respecta a los esfuerzos permisibles, la Norma A.P.I. 650 los especifica en el apéndice P y el apartado 5.6.3 donde se especifican los valores de corrosión permisible y esfuerzos permisibles.

En lo referente a las cargas, la Norma lo establece en la Sección 5 apartado 5.3 tabla 5.13 que muestra las consideraciones de cargas externas, factores de

diseño, presiones externas, capacidad del tanque y medidas de protección necesarias [22].

Conexiones y accesorios

La Norma A.P.I. 650 recomienda la ubicación de los accesorios en las hojas de especificación L5 a L7. El paso de hombre en la envolvente se colocan según el apartado 5.7.5., y el paso de hombre en el techo según el apartado H.7.1.

Lo especificado en la Sección 5, establecen las condiciones de los tipos conexiones como son: Entradas y Salidas del Producto, para Toma de Temperatura, Toma de Presión y para Caja de Espuma.

El apartado 5.8.6 figura 5-16 de la Norma establece el tipo de brida que se deberá utilizar para la Purga de Fondo y su sumidero interior correspondiente.

Una alternativa para determinar las dimensiones y espesores mínimos para los cuellos de boquillas es utilizar el apartado 7L de la Norma A.P.I. 650 y los apartados A53 o A106 de la Norma A.S.T.M. Las dimensiones para bridas de boquillas se pueden utilizar los apartados B16.5 y B16.1 de la Norma A.N.S.I. que se refieren a la clase 150 en acero y 125 en acero forjado respectivamente.

La Puerta de Limpieza está regulada de acuerdo al apartado 5.7.8 de la Norma API 650.

El apartado 3.8.9 de la Norma API 650 establece las condiciones de las escaleras exteriores [22].

Techo

Los apartados 4.6.1 5.1, 5.10 y 5.10.6 de la Norma API 650 establecen las designaciones para la construcción del techo, así como de la pendiente del mismo. En el apéndice G se muestran alternativas de construcción del techo como son la posibilidad de cambiar el material de acero por aluminio [22].

Baranda del techo

El tanque deberá estar provisto de una baranda perimetral con superficie antiderrapante que debe cumplir con las especificaciones de la tabla 5-22 de la Norma API 650 [22].

Plataformas

En el apartado 5.8., cumplir con lo especificado en la Tabla 3-19 de la Norma API 650, en la cual indica que la plataforma debe tener baranda en ambos lados. Estos apartados establecen la posición con respecto a la inclinación del techo y la posición de los accesorios del techo, también el tipo de material a ser utilizado y la superficie que deben tener [22].

Pintura

El tanque se pintará del lado exterior e interior con un tipo de pintura acorde a las condiciones de operación y ambiente en la que estará el tanque [22].

Protección catódica

Se cumple con la Norma NACE RP 0193, para "External Cathodic Protection of On-Grade Carbon Steel Vessels". Se utiliza ánodos de sacrificio de magnesio distribuidos en un lecho bajo el fondo del tanque, el monitoreo se lo realizará con un electrodo de referencia para comprobar el estado de la protección.

4.2. Diseño de tanque de almacenamiento semanal

4.2.1. Consideraciones de diseño

Este tanque almacenará semanalmente combustible para la caldera, específicamente fuel oil #6. Este será un tanque atmosférico, con un volumen de $95,12 \text{ m}^3$, diámetro de 4,78 m y una altura de 5,25 m, de posición vertical, el peso específico del fluido a almacenar es de 0.95, con punto de inflamación de 144 C^0 , este se llenará solo al 80% de la capacidad del tanque, el cual se encontrará en un clima marino tropical, ambiente industrial, por lo tanto estará expuesto a corrosión tanto atmosférica como por sedimentos acumulados en el interior del tanque como lodos y agua, de acuerdo a esto el sobre espesor por corrosión será de 2mm, el cual se incluirá en el cuerpo, fondo, techo, y estructura del tanque, además del sistema de pinturas a usar y protección catódica. Para la construcción del tanque se usará como material planchas de acero ASTM A-36 en el cuerpo, fondo, techo, y ángulo de soporte, para las boquillas en la mayoría se usará acero ASTM A-53.

4.2.2. Cálculos para diseño de tanque

Diseño de fondo

El área del fondo se calcula utilizando las siguientes ecuaciones:

$$A_{fondo} = \frac{\pi D^2}{4} \quad \text{EC. 4.1}$$

$$A_{PL} = \frac{\pi D^2}{4}$$

Donde:

A: Área de fondo (m²)

D: Diámetro del tanque (m)

Diseño del cuerpo

El espesor de la pared del cuerpo requerido para resistir la carga hidrostática es mayor que el calculado por condiciones de diseño y por condiciones de prueba hidrostática, pero en ningún caso será menor a lo que se muestra en la tabla 5.6.1 de la Norma API 650 (Tabla 4.1).

TABLA 4.1 ESPESOR REQUERIDO DE PARED DEL

CUERPO. Fuente: API 650 Sección 5, literal 5.6.1.1 Pg. 5-12

Nominal Tank Diameter		Nominal Plate thickness	
(m)	(ft)	(mm)	(in)
<15	<50	5	3/16
15 to <36	50 to <120	6	1/4
36 to 60	120 to 200	8	5/16
>60	>200	10	3/8

El espesor de la pared por condición de diseño, se calcula con base al nivel del líquido tomando la densidad relativa del fluido establecido por el usuario. El espesor, por condiciones de prueba hidrostática, se obtiene considerando el mismo nivel de diseño, pero ahora utilizando la densidad relativa del agua. El esfuerzo calculado de la carga hidrostática para cada anillo no deberá ser mayor que el permitido por el material y su espesor no será menor que el de los anillos subsecuentes. El esfuerzo máximo permisible de diseño (S_d) y de prueba hidrostática (S_t), se muestra en la Tabla 5.2a recomendado por el estándar API 650 en el diseño de tanques de almacenamiento (Tabla 4.2) [23].

TABLA 4.2 MATERIALES MÁS COMUNES Y ESFUERZOS

PERMISIBLES. Fuente: API 650 Sección 5, tabla 5.2a, Pg. 5-13

Table 5-2a—(SI) Permissible Plate Materials and Allowable Stresses

Plate Specification	Grade	Nominal Plate Thickness t mm	Minimum Yield Strength Mpa	Minimum Tensile Strength Mpa	Product Design Stress S_d Mpa	Hydrostatic Test Stress S_t Mpa
ASTM Specifications						
A 283M	C		205	380	137	154
A 285M	C		205	380	137	154
A 131M	A, B		235	400	157	171
A 36M	—		250	400	160	171
A 131M	EH 36		360	490 ^a	196	210
A 573M	400		220	400	147	165
A 573M	450		240	450	160	180
A 573M	485		290	485 ^a	193	208
A 516M	380		205	380	137	154
A 516M	415		220	415	147	165
A 516M	450		240	450	160	180
A 516M	485		260	485	173	195
A 662M	B		275	450	180	193
A 662M	C		295	485 ^a	194	208
A 537M	1	$t \leq 65$	345	485 ^a	194	208
		$65 < t \leq 100$	310	450 ^b	180	193
A 537M	2	$t \leq 65$	415	550 ^a	220	236
		$65 < t \leq 100$	380	515 ^b	206	221
A 633M	C, D	$t \leq 65$	345	485 ^a	194	208
		$65 < t \leq 100$	315	450 ^b	180	193

Cálculo de espesores del cuerpo por el método de un pie

Por condiciones de diseño y de prueba hidrostática se calcula el espesor requerido de la pared del tanque, considerando una sección transversal ubicada a 304.8 mm (1 pie) por debajo de la unión de cada anillo. Este método sólo es aplicable en tanques con un diámetro igual o menor a 60,960 mm (200 pies)” [23].

Las ecuaciones usadas por este método son:

Espesor mínimo de diseño requerido

$$t_d = \frac{4.9D(H - 0.3)G}{S_d} + CA \quad \text{EC. 4.2}$$

Para cálculo mediante prueba hidrostática

$$t_t = \frac{4.9D(H - 0.3)}{S_t} + CA \quad \text{EC. 4.3}$$

Dónde:

t_d : Espesor de diseño de la placa del cuerpo, en mm

t_t : Espesor de la placa por prueba hidrostática, en mm

H : Nivel de diseño del líquido, en m

D : Diámetro nominal del tanque, en m

G : Densidad relativa del líquido. (Fuel oil #6, 0.95)

S_d : Esfuerzo para la condición de diseño, en MPa. (Acero A36, 160MPa)

S_t : Esfuerzo para la condición de prueba hidrostática, en MPa. (Acero A36, 171MPa)

CA : Corrosión permisible, en mm

Los resultados obtenidos se redondean al espesor inmediato superior de plancha disponible en el mercado.

Diseño de techo

Techos cónicos autosoportados.-

Los techos cónicos autosoportados son empleados en tanques relativamente pequeños. Este consiste en un cono formado de planchas soldadas a tope, el cual por su forma física, además de confirmar mediante un análisis de flexión basado en la teoría de placas, es capaz de sostenerse sin ningún elemento estructural y únicamente soportado en su periferia por el perfil de coronamiento.

De acuerdo a la Norma API 650, estos techos son diseñados y calculados para tanques que no exceden de un diámetro de 18.288 mm. (60 pies), pero es recomendable fabricarlos hasta de un diámetro máximo de 12.192mm (40 pies), y cualquier dimensión mayor de las mostradas requiere el uso de una estructura capaz de soportar al techo. Los techos cónicos autosoportados tendrán como máximo una pendiente de 9:12 (37°), y como mínimo 2:12 (9.5°), con respecto a la horizontal. El espesor está determinado por la Ecuación 4.4, pero no deberá ser menor de 5 mm (3/16 in.), y no mayor de 12.7 mm. (1/2 in.) [23].

$$T_t = \frac{D}{4.8 \operatorname{sen} \theta} \quad \text{EC. 4.4}$$

Donde:

T_t : Espesor mínimo requerido (cm).

D : Diámetro medio del tanque (cm).

θ : Ángulo con respecto a la horizontal (grados).

Memoria de cálculo

Memoria de cálculo para tanque de almacenamiento semanal de fuel oil #6 con capacidad de $95,12 \text{ m}^3$. Bases de diseño en Tabla 4.3.

TABLA 4.3 BASES DE DISEÑO PARA TANQUE DE ALMACENAMIENTO SEMANAL

BASES DE DISEÑO	
Producto	Fuel oil # 6
Densidad relativa del producto	0,95
Código de diseño	API-650
Tipo de techo	Cónico autosoportado
Diámetro interior	4,78 m
Altura total	5,25m + 0,39m =5,64m
Material del cuerpo	ASTM-36

Cálculo de espesores

Planchas de acero comerciales

Se usará acero al carbono especificación ASTM A-36 (Tabla 4.4), laminado en caliente para construcción de tanques en tamaños diferentes con el objetivo de optimizar el material.

TABLA 4.4 PLANCHAS COMERCIALES DE ACERO AL CARBONO A-36.

ESPESOR	PLANCHAS (Kg)	A 36 PLANCHAS DE BOBINA *	
mm	1,220 x 2,440 mm	Espesor mm	PLANCHAS (Kg)
2.00	46.74		1,500 x 6,000 mm
3.00	70.10	5	353.25
4.00	93.47	6	423.90
5.00	116.84	Espesor mm	PLANCHAS (Kg)
6.00	140.21		1,800 x 6,000 mm
8.00	186.94	6	508.68
10.00	233.68		

* Planchas de bobina pueden ser proporcionados con largos a medida.

Líquido a almacenar: Fuel oil # 6. $G = 0.95$

Espesores de cada cinturón

Cálculo de los espesores del cuerpo por método de 1 pie

Primer cinturón:

$$t_d = \frac{4,9 * 4,78 * (5,25 - 0,3) * 0,95}{160} + 2$$

$$t_d = 2,68mm$$

$$t_t = \frac{4,9 * 4,78 * (5,25 - 0,3)}{171} + 2$$

$$t_t = 2,67mm$$

De acuerdo a la Tabla 4.1 de espesor mínimo requerido de pared del cuerpo, especificada en la Norma API 650 Sección 5 literal 5.6.1.1, indica que el espesor mínimo debe ser de 5 mm para tanques de diámetro nominal menores a 15 m, pero en la nota 4 del mismo literal se define que para diámetros menores a 15 m o mayores a 3,2 m el espesor nominal del primer cinturón no deberá ser menor a 6 mm.

Segundo cinturón:

$$t_d = \frac{4,9 * 4,78 * (3,75 - 0,3) * 0,95}{160} + 2$$

$$t_d = 2,54mm$$

$$t_t = \frac{4,9 * 4,7 * (4,26 - 0,3)}{171} + 2$$

$$t_t = 2,53mm$$

Tercer cinturón:

$$t_d = \frac{4,9 * 4,78 * (2,25 - 0,3) * 0,95}{160} + 2$$

$$t_d = 2,27mm$$

$$t_t = \frac{4,9 * 4,78 * (2,25 - 0,3)}{171} + 2$$

$$t_t = 2,26mm$$

Cuarto cinturón:

$$t_d = \frac{4,9 * 4,78 * (0,75 - 0,3) * 0,95}{160} + 2$$

$$t_d = 2,06mm$$

$$t_t = \frac{4,9 * 4,78 * (0,75 - 0,3)}{171} + 2$$

$$t_t = 2,06mm$$

Cálculo de planchas del cuerpo

Para la construcción del cuerpo se usarán planchas de bobina de medida

1,5m x 6m x 0,006m.

Perímetro del cuerpo:

$$P = \pi * D$$

$$P = \pi * 4,78$$

$$P = 15 \text{ m}$$

Número de placas a usar:

$$N_{planchas} = \frac{P}{\text{Largo de la plancha}} = \frac{15 \text{ m}}{6 \text{ m}}$$

$$N_{placas} = 2,5$$

Se usarán 2,5 planchas por cinturón, de 6 mm de espesor.

Longitud de la soldadura por cinturón:

$$\text{Long. de soldadura} = N_{planchas}(6\text{mm})$$

$$\text{Long. de soldadura} = (2,5)(6\text{mm}) = 15\text{mm}$$

Definición y Número total de planchas para el cuerpo:

1er cinturón	2,5 planchas de 1,5x6x0,006m
2do cinturón	2,5 planchas de 1,5x6x0,005m
3er cinturón	2,5 planchas de 1,5x6x0,005m
4to cinturón	1,25 planchas de 0,75x6x0,005m

Cálculo de pesos:

1er cinturón	1.059,7 kg
2do cinturón	883,12 kg
3er cinturón	883,12 kg
4to cinturón	441,56 kg
Peso total	3.267,5 kg

Fondo del tanque

De acuerdo a lo especificado en la Norma API 650 Sección 5 literal 5.4.1 en placas de fondo, indica que todas las placas deben tener un espesor mínimo nominal de 6 mm (1/4 in.) [23].

Espesor del techo cónico auto-soportado

De acuerdo a lo especificado en la Norma API 650 Sección 5 literal 5.10.5.1 indica que el ángulo de inclinación del techo no deberá ser menor de $9,28^\circ$ ni mayor de 37° , por esta razón se utilizará un ángulo de inclinación de $9,5^\circ$ [23].

$$t_{techo} = \frac{D}{4,8 \operatorname{sen} \theta} \gg 5mm$$

$$t_{techo} = \frac{4.7}{4,8 \operatorname{sen} 9.5}$$

$$t_{techo} = 5,93 \approx 6mm$$

Área de sección de ángulo de soporte exterior

$$A = \frac{D^2}{0,432 \sin \theta} \quad \text{EC. 4.5}$$

$$A = \frac{4.7^2}{0,432 \sin 5,9} = 3.9cm^2$$

De acuerdo a lo especificado en la Norma API 650 Sección 5, literal 5.1.5.9, en techo y junta de ángulo superior, indica que tanques con un diámetro inferior o igual a 11 m (35 ft), el tipo de ángulo que se recomienda es de 51x51x4,8 mm.; para tanques de diámetro mayor que

11 m (35 ft), pero inferior o igual a 18 m (60 ft), 51x51x6,4 mm, y para tanques con un diámetro mayor que 18 m (60 ft), 76x76x9,5 mm.

Con los datos obtenidos se seleccionan ángulos disponibles en el mercado en la tabla 4.5:

Ángulo laminado ASTM A-36

TABLA 4.5 ÁNGULOS COMERCIALES LAMINADOS ASTM

A-36

Propiedades de Angulos Laminados		
DESCRIPCION	PESO	AREA
	kg/ 6m	cm2
AI 20X3	5.28	1.13
AI 25X3	6.72	1.43
AI 25X4	8.67	1.86
AI 30X3	8.16	1.74
AI 30X4	10.68	2.27
AI 40X3	11.04	2.35
AI 40X4	14.52	3.08
AI 40X5	17.82	3.79
AI 40X6	20.91	4.48
AI 50X3	13.98	2.96
AI 50X4	18.36	3.89
AI 50X5	22.62	4.8
AI 50X6	26.82	5.69

Cálculo de placas de fondo y techo

Para calcular las placas de fondo es necesario considerar el diámetro exterior del fondo puesto que al diámetro del cuerpo se le agrega 3 in (Figura 4.1) con el fin de poder aplicar la soldadura que unirá el primer cinturón con el fondo tanto por el interior como por el exterior, esto se indica en la Norma API 650 Sección 5 figura 5-3a.

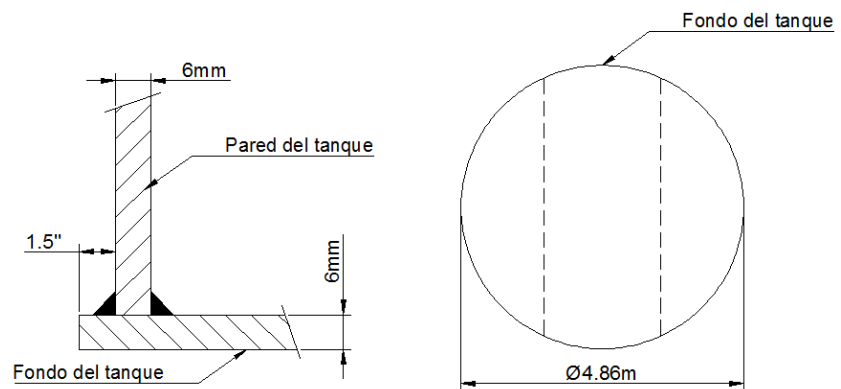


FIGURA 4.1 DIÁMETRO EXTERIOR DE FONDO

Área de fondo de tanque:

$$A_{fondo} = \frac{\pi(4,78 + 0,08)^2}{4} = 18,55m^2$$

Definir número de placas:

El número de placas se obtiene por medio de los planos.

Perímetro de soldadura:

$$P = 2b + 2h = 2(1,22) + 2(2,44) = 7,32m$$

De acuerdo a la Norma API 650 indica que el espesor del fondo deberá ser igual que el espesor del primer cinturón.

Definición de número de placas:

3 planchas de 2x6x0,006m

Peso:

844,68 kg

En lo que respecta a los cálculos del techo cónico autosoportado del tanque es necesario detallar las dimensiones que tendrá el cono (diámetro y altura), esto se debe a que el cono estará soportado por el cuerpo del tanque, pero para rigidizarlo y que no se deforme se

reforzar  con un ángulo de soporte exterior soldado en la parte externa del último cinturón del cuerpo del tanque. El diagrama de dicho arreglo se presenta a continuación en la Figura 4.2:

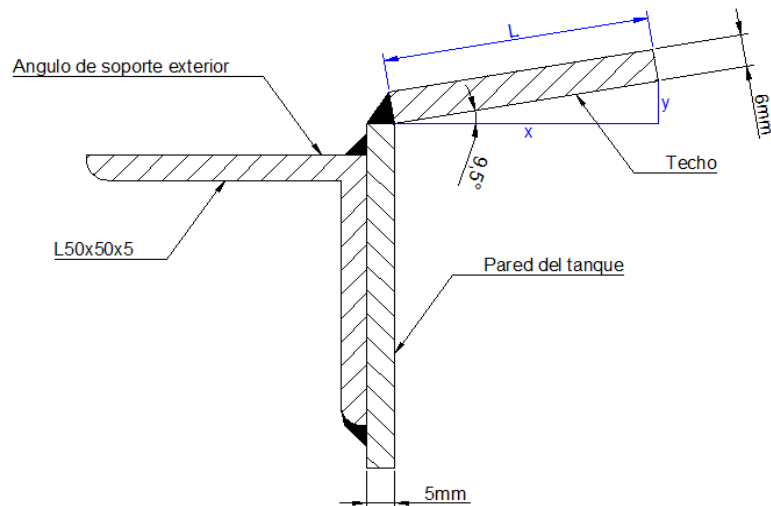


FIGURA 4.2 COLOCACIÓN DEL TECHO Y DIMENSIONES DE ÁNGULO RIGIDIZADOR

Diámetro del techo auto soportado:

$$D = 4,78m$$

Dimensionamiento del cono:

$$x = \frac{D}{2} = 2,39m$$

$$y = x * \tan\theta = 2,39 * \tan(9,5) = 0,4m$$

$$L = \sqrt{x^2 + y^2} = 2,42m$$

Área del cono:

$$\text{Área}_{lateral} = \pi * x * L = \pi * 2,35 * 2,38 = 18,17m^2$$

Definir número de placas:

$$N_{placas} = \frac{\text{Área}_{lateral}}{\text{Á}_{placas}} = \frac{17,57}{2,97} = 6,2$$

Debido a que estos cálculos no consideran desperdicios se sugiere utilizar 8 placas para la fabricación del techo.

Especificación:

8 planchas de 1,22x2,44x0,006m

Peso:

827,54 kg

Cálculo de refuerzos de boquillas para tanque de almacenamiento de combustible

Antes de iniciar los cálculos de refuerzos de las boquillas se debe especificar algunos parámetros tales como las diferentes alturas que tienen las aberturas de acuerdo a su ubicación en el tanque y

condiciones de presión hidrostática las cuales varían en forma directa a la altura en cada una de las aperturas (presión hidrostática del fondo 7,52 psig) (Figura 4.3).

Las boquillas con las que debe contar el tanque de almacenamiento serán:

1. Venteo
2. Entrada del producto
3. Registro Pasa-Hombre (Manhole)
4. Salida del producto
5. Drenaje
6. Drenaje del sumidero

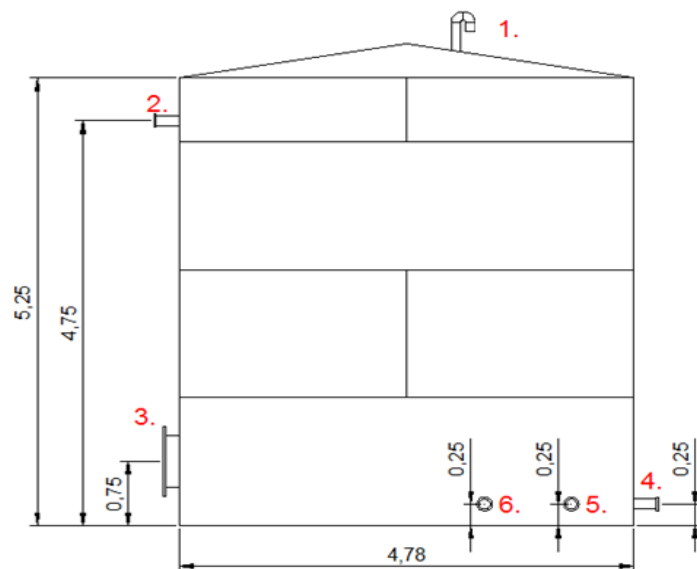


FIGURA 4.3 POSICIONAMIENTO DE BOQUILLAS

Cálculo de boquilla 1 (Venteo)

Material recipiente: ASTM A-36; SR=36000 psi.

Material del tubo: ASTM A-53-B; ST= 39885 psi.

De acuerdo a lo especificado en la Norma API 650, tabla 5-14a y Fig. 5-19 (ver Anexos 9), en Dimensiones para boquillas de techo, para boquillas con diámetro interno de 152mm indica lo siguiente:

Dnom = 6 NPS (nominal pipe size).

Cédula 40.

Diámetro de la placa de reforzamiento = 375mm.

Diámetro del agujero en la placa de techo = 170mm.

Nota: Debido a que la boquilla va a ser utilizada para venteo, el cuello será cortado al ras con la línea del techo, como lo indica la Norma API 650 en la Fig. 5-19.

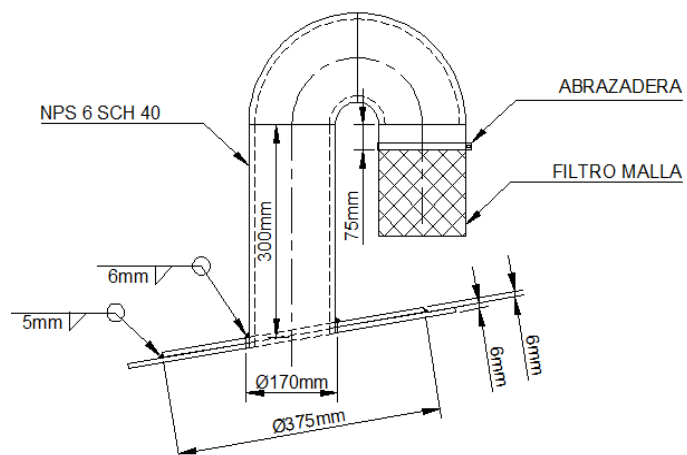


FIGURA 4.4 DETALLES BOQUILLA DE VENTEO

Cálculo de boquilla 2 (Entrada del producto)

Material recipiente: ASTM A-36; SR=36000 psi.

Material tubo: ASTM A-53; ST= 39885 psi.

De acuerdo a lo especificado en la Norma API 650, Tabla 5-6A y Tabla 5-8a (ver Anexos 10), en Dimensiones para boquillas de cuerpo, para boquillas con diámetro interno de 102mm indica lo siguiente:

$D_{nom} = 4$ NPS (nominal pipe size).

Cédula 40.

Diámetro de la placa de reforzamiento = 305 mm.

Espesor de la placa de reforzamiento= 5 mm.

Distancia desde el piso al centro de la boquilla=4750 mm.

Diámetro de la brida y de la tapa= 230 mm

Espesor de la tapa= 24 mm.

Espesor de la brida empernada= 24 mm.

Distancia del cuerpo del tanque a la tapa de la brida=175 mm.

Pernos y agujeros:

Para esta brida de 9 in. de diámetro, se utilizarán 8 pernos de 5/8 in. de diámetro y para los agujeros una perforación de 3/4 in de diámetro.

Empaque:

Para la brida seleccionada de 9 in de diámetro se necesita un empaque con las siguientes características:

Diámetro exterior: 130 mm.

Diámetro interior: 102 mm.; Espesor: 2 mm.

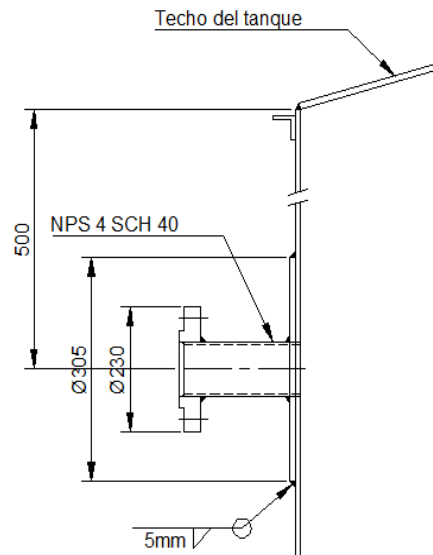


FIGURA 4.5 DETALLES BOQUILLA DE ENTRADA
DE PRODUCTO

Cálculo de boquilla 3 (Manhole)

Material recipiente: ASTM A-36; SR=36000 psi.

Material tubo: ASTM A-36; ST= 36000 psi.

Presión en el manhole= 8.7 psi.

De acuerdo a lo especificado en la Norma API 650, Tabla 5-6 y Fig. 5-19 (ver Anexos 9), en Dimensiones para boquillas de cuerpo y figura 5,7a manhole de cuerpo (ver Anexos 11), para boquillas con diámetro interno de 600mm indica lo siguiente:

Dnom = 24 NPS (nominal pipe size).

Diámetro de la placa de reforzamiento = 1255 mm.

Distancia desde el piso al centro de la boquilla= 750 mm.

Diámetro de la brida y de la tapa= 820 mm

Espesor de la tapa= 10 mm.

Espesor de la brida empernada= 6 mm.

Distancia del cuerpo del tanque a la tapa de la brida=300 mm.

Pernos y agujeros:

La Norma API 650 en la Fig. 3-4 A, indica que para manholes de 20 a 24 in de diámetro, se utilizarán 28 pernos de 3/4 in de diámetro y para agujeros una perforación de 7/8 in de diámetro.

Empaque:

Para el manhole seleccionado de 24 in de diámetro se necesita un empaque con las siguientes características:

Diámetro exterior: 735 mm.

Diámetro interior: 600 mm.

Espesor: 3 mm.

Presión hidrostática: 6,4 psig.

Cálculo de boquilla 4 (Salida del producto)

Material recipiente: ASTM A-36; SR=36000 psi.

Material tubo: ASTM A-53-B; ST= 39885 psi.

De acuerdo a lo especificado en la Norma API 650, Tabla 5-6 y Fig. 5-8, en Dimensiones para boquillas de cuerpo, para un diámetro interno de 102 mm indica lo siguiente:

$D_{nom} = 4$ NPS (nominal pipe size).

Cédula 40.

Diámetro de la placa de reforzamiento = 305 mm.

Espesor de la placa de reforzamiento = 6 mm.

Distancia desde el piso al centro de la boquilla = 250 mm.

Diámetro de la brida y de la tapa = 230 mm

Espesor de la tapa = 24 mm.

Espesor de la brida empernada = 24 mm.

Distancia del cuerpo del tanque a la tapa de la brida = 175 mm.

Pernos y agujeros:

Para esta brida de 9 in de diámetro, se utilizarán 8 pernos de 5/8 de in de diámetro y para los agujeros una perforación de 3/4 de in de diámetro.

Empaque:

Para la brida seleccionada de 9 in de diámetro se necesita un empaque con las siguientes características:

Diámetro exterior: 130 mm.

Diámetro interior: 102 mm.

Espesor: 2 mm.

Presión hidrostática: 7,1 psig

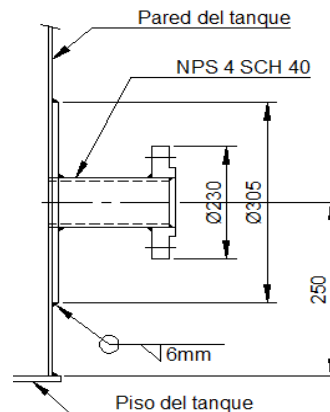


FIGURA 4.6 DETALLES BOQUILLA DE
SALIDA DE PRODUCTO

Cálculo de boquilla (Drenaje)

Material recipiente: ASTM A-36; SR=36000 psi.

Material tubo: ASTM A-53-B; ST= 39885 psi.

De acuerdo a lo especificado en la Norma API 650, Tabla 5-6 y Fig. 5-8, en Dimensiones para boquillas de cuerpo, para boquillas con diámetro interno de 102 mm indica lo siguiente:

Dnom = 4 NPS (nominal pipe size).

Cédula 40.

Diámetro de la placa de reforzamiento = 305 mm.

Espesor de la placa de reforzamiento= 6 mm.

Diámetro de la brida y de la tapa= 230 mm

Espesor de la tapa= 24 mm.

Espesor de la brida empernada= 24 mm.

Distancia del cuerpo del tanque a la tapa de la brida=175 mm.

Distancia desde el piso al centro de la boquilla=250 mm.

Pernos y agujeros:

Para la brida de 9 in de diámetro, se utilizarán 6 pernos de 5/8 in y para agujeros una perforación de 3/4 in de diámetro.

Empaque:

Para la brida de 9 in de diámetro se necesita un empaque con las siguientes características:

Diámetro exterior: 130 mm.

Diámetro interior: 102 mm.

Espesor: 2 mm.

Presión hidrostática: 7,1 psig

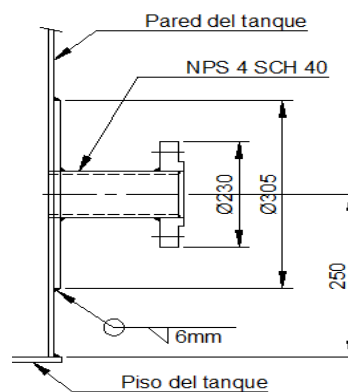


FIGURA 4.7 DETALLES BOQUILLA DE DRENAJE

Cálculo de boquilla 6 (Drenaje del sumidero)

Material recipiente: ASTM A-36; SR=36000 psi.

Material tubo: ASTM A-53-B; ST= 39885 psi.

De acuerdo a lo especificado en la Norma API 650, Tabla 5-6, Fig. 5-8, Tabla 5-16a y Fig. 5-21 (ver Anexos 12), en Dimensiones de sumideros, para boquillas con diámetro interno de 102 mm. indica lo siguiente:

Dnom. = 4 NPS (nominal pipe size).

Cédula 40.

Diámetro de la placa de reforzamiento = 305 mm.

Espesor de la placa de reforzamiento= 6 mm.

Diámetro de la brida y de la tapa= 230 mm

Espesor de la tapa= 24 mm.

Espesor de la brida empernada= 24 mm.

Distancia del cuerpo del tanque a la tapa de la brida=175 mm.

Distancia desde el piso al centro de la boquilla=250 mm.

Diámetro del sumidero = 1220 mm.

Profundidad del sumidero = 600 m.

Espesor de la placa del sumidero= 10 mm.

Pernos y agujeros:

Para esta brida de 9 in. de diámetro, se utilizarán 8 pernos de 5/8 in. de diámetro y para los agujeros una perforación de 3/4 in. de diámetro.

Empaque:

Para la brida de 9 in de diámetro se necesita un empaque con las siguientes características:

Diámetro exterior: 130 mm.

Diámetro interior: 102 mm.

Espesor: 2 mm.

Presión hidrostática: 7,1 psig

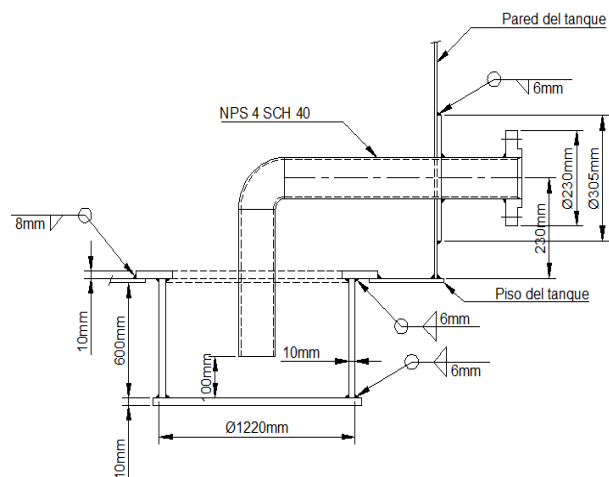


FIGURA 4.8 DETALLES BOQUILLA DE DRENAJE SUMIDERO

Soporte para andamios

El soporte para sostener los andamios deberá ser instalado de acuerdo a lo considerado en la Norma API 650 Sección 5 Figura 5.22 la cual se muestra a continuación:

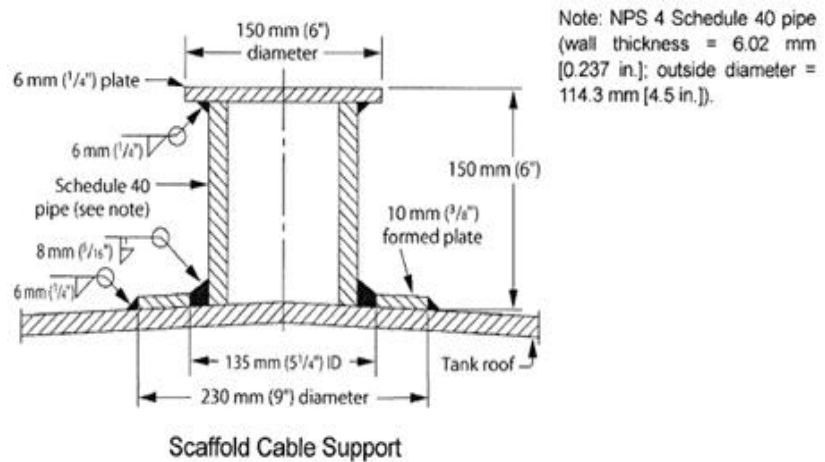


FIGURA 4.9 DETALLES SOPORTE PARA ANDAMIOS [23]

Fuente: API 650 Sección 5 literal 5.8.8.

Escalera y plataforma metálica según la Norma API 650

La escalera ha sido diseñada de acuerdo a los requerimientos de la Norma API 650 Sección 5 Tabla 5-18, para escaleras metálicas para mantenimiento, y para la plataforma y barandillas se procederá con los requerimientos de la Tabla 5-17.

La escalera y plataforma han sido diseñaron como se muestra en la Figura 4.10 debido a la disponibilidad de espacio en el área de tanques.

- Todos los elementos de la escalera y la plataforma son metálicos.
- Están provistas por pasamanos en todo el perímetro de la escalera y las plataformas, en ambos lados.
- La superficie será una plancha de 2 mm. antideslizante, el ancho de la escalera será 800 mm.

La especificación del proceso de soldadura será de arco eléctrico con electrodo revestido (SMAW).

En la construcción del tanque principalmente se usarán las juntas con traslape en el caso de la soldadura de fondo y de techo, y junta a tope en los anillos con bisel o sin bisel dependiendo del espesor de la lámina.

El tamaño de cada soldadura no deberá ser mayor de ½ in, ni menor que el espesor nominal de la lámina más delgada.

Juntas verticales del cuerpo

Las juntas verticales del cuerpo tendrán que ser de penetración y fusión completa, lo cual se podrá lograr con soldadura doble, de tal manera que se obtenga la misma calidad de metal depositado tanto en el interior como en el exterior de las partes soldadas para así cumplir con los requerimientos de procedimiento de soldaduras especificado en la Norma API 650 Sección 5 literal 5.1.5.2.

Juntas horizontales

Las juntas, serán de penetración y fusión completa, cumplimiento con el procedimiento de soldadura especificado en la Norma API 650 Sección 5 literal 5.1.5.3.

Soldadura de fondo

“El tipo de junta de soldadura para el fondo es de traslape de un solo lado, el traslape tendrá un ancho de, por lo menos, 50mm, las placas del fondo deberán ser rectangulares y estar escuadradas” especificado en la Norma API 650 Sección 5 literal 5.1.5.4.

Según se muestra en la fig. 5-3B Método de preparación de traslape en placas de fondo de la API 650.

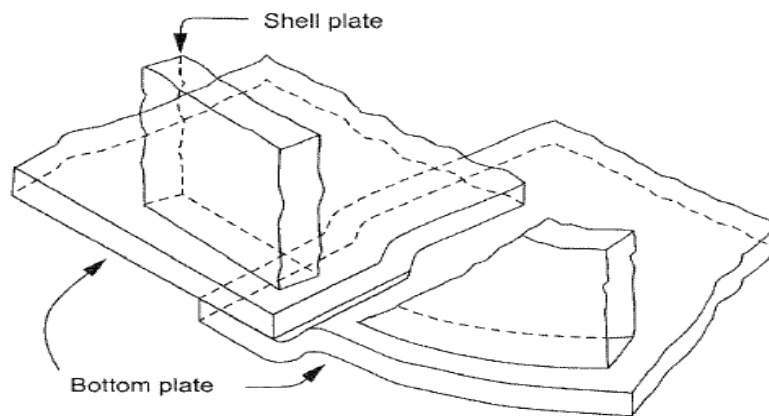


FIGURA 4.11 MÉTODO DE PREPARACIÓN DE TRASLAPE EN PLACAS DE FONDO. Fuente: API 650 Sección 5 figura 5-3B

Soldadura del cuerpo

De acuerdo a la Norma API 650, se usará soldadura a tope en escuadra como indica en la Fig. 5.1 Typical vertical Shell joints y Fig. 5.2 Typical horizontal Shell joints.

El esquema general de soldadura del cuerpo del tanque se muestra en el Anexo 14.

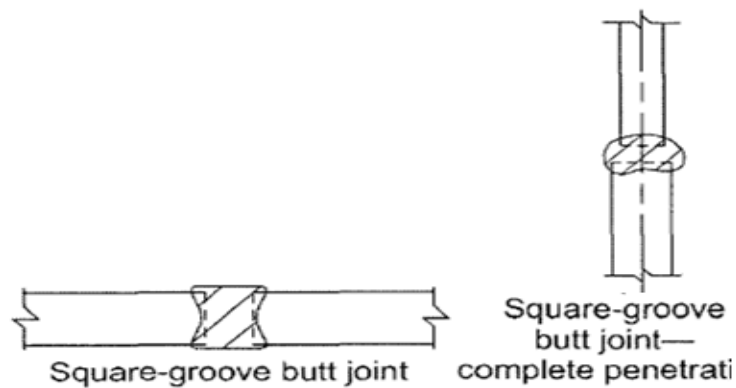


FIGURA 4.12 SOLDADURA DE TOPE A ESCUADRA HORIZONTAL

Y VERTICAL. Fuente: API 650 Sección 5 figura 5-1 y 5-2

Soldadura del cuerpo y fondo

Según la Norma API 650 en la Sección 5 literal 5.1.5.7 para espesores entre 5 mm y 20 mm la dimensión mínima del filete será de 6 mm., Tabla 4.6.

Para espesores de placa del fondo o de placas anulares que sean de 12,7mm. (1/2 in.) o menores sin incluir corrosión, la unión entre el fondo y el canto de las placas del cuerpo tendrá que ser hecha con un filete continuo de soldadura que descansa de ambos lados de la placa del cuerpo., Figura 4.13.

El tamaño de cada cordón, sin tomar en cuenta la corrosión permisible, no será mayor que 6 mm (1/4 in.) y no menor que el espesor nominal de la más delgada de las placas a unir, o menor que los valores de la tabla siguiente:

TABLA 4.6 DIMENSIONES MÍNIMAS DE FILETE PARA
UNIÓN CUERPO FONDO. Fuente: API 650 Sección 5 literal

5.1.5.7

Nominal Thickness of Shell Plate Diameter		Minimum Size of Fillet Weld	
(m)	(ft)	(mm)	(in)
5	0,1875	5	3/16
> 5 to 20	> 0,1875 to 0,75	6	1/4
> 20 to 32	> 0,75 to 1,25	8	5/16
> 32 to 45	> 1,25 to 1,75	10	3/8

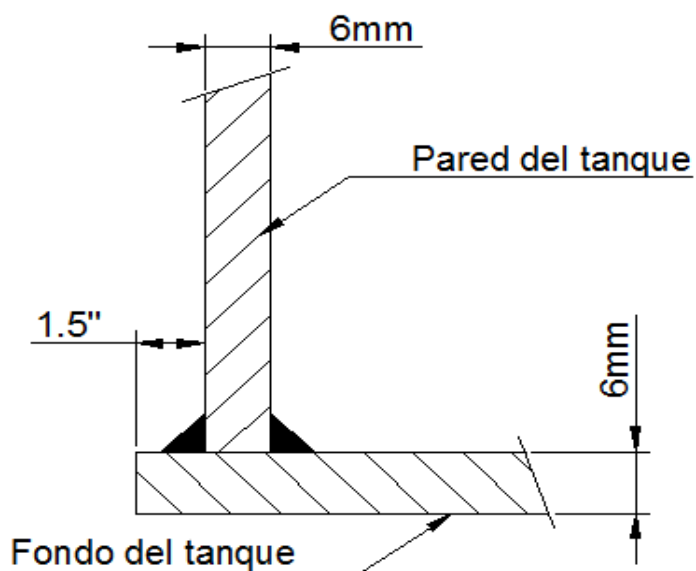


FIGURA 4.13 DIMENSIONES DE SOLDADURA UNIÓN
CUERPO FONDO

Soldadura en juntas de placas del techo y soldadura de techo y ángulo rigidizador

Las placas del techo deberán soldarse a traslape por el lado superior con un filete continuo igual al espesor de las mismas, soldaduras a tope también son permitidas.

Las secciones que conformen el perfil de coronamiento para techos auto-soportados estarán unidas por cordones de soldadura que tengan penetración y fusión completa.

El ángulo rigidizador superior deberá ser unido mediante soldadura a tope teniendo penetración y fusión completa.

Según se muestra en la Fig. 5.3a Typical roof and bottom joints las soldaduras en las juntas de placas de techo.

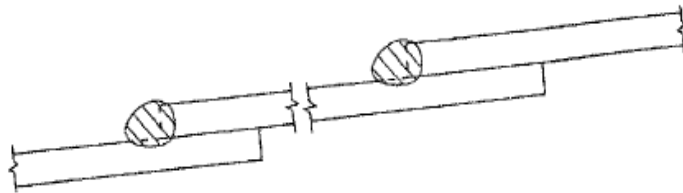


FIGURA 4.14 FILETE CONTINUO EN PLACAS DEL TECHOS

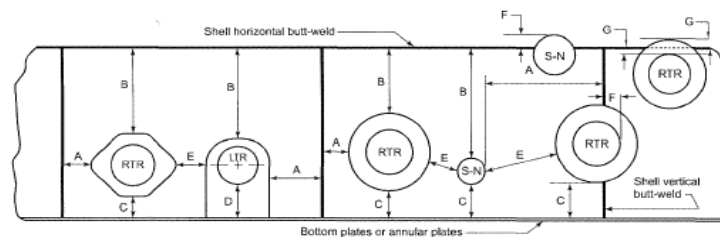
Fuente: API 650 Sección 5 figura 5.3.

Soldadura en juntas de boquillas

En la figura 5.6 de la Norma API 650 especifica la mínima distancia entre bordes de soldadura y en la figura 5.8 especifica tamaños de filetes

de soldadura en las boquillas, esta tabla 4.7 y figura 4.15 se complementa con la tabla 5-7a mostrada en anexos (ver Anexos 13).

TABLA 4.7 SOLDADURA MÍNIMA REQUERIDA EN BOQUILLAS. Fuente: API 650 Sección 5 figura 5.6.



Note:

- RTR = Regular-Type Reinforced Opening (nozzle or manhole) with diamond or circular shape reinforcing plate or insert plate that does not extend to the bottom (see Figure 5-7A and Figure 5-8).
- LTR = Low-Type Reinforced Opening (nozzle or manhole) using tombstone type reinforcing plate or insert plate that extends to the bottom (see Figure 5-8, Detail (a) and Detail (b)).
- S-N = Shell openings with neither a reinforcing plate nor with a thickened insert plate (i.e., integrally reinforced shell openings; or openings not requiring reinforcing).

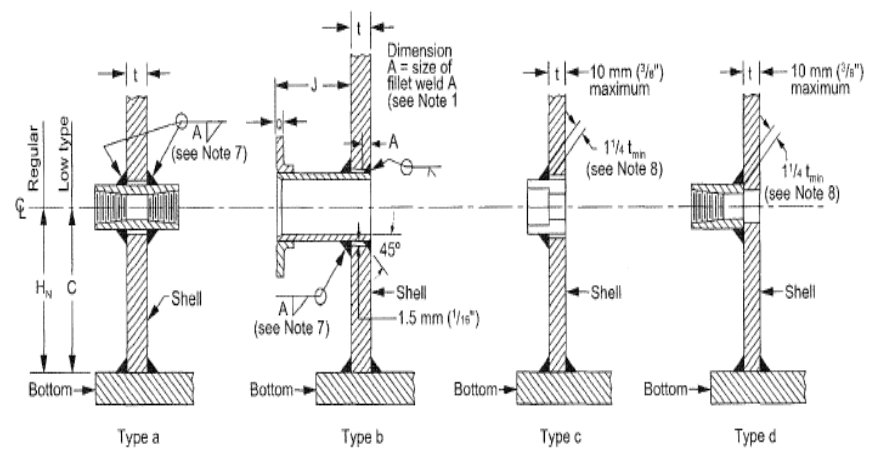
Variables		Reference	Minimum Dimension Between Weld Toes or Weld Centerline (1)(3)					
Shell t	Condition	Paragraph Number	A (2)	B (2)	C (2)	D (3)	E (2)	F (4) G (4)
$t \leq 12.5 \text{ mm}$ ($t \leq 1/2 \text{ in.}$)	As welded or PWHT	5.7.3.2	150 mm (6 in.)	75 mm (3 in.) or $2^{1/2}t$	75 mm (3 in.) or $2^{1/2}t$		75 mm (3 in.) or $2^{1/2}t$	
		5.7.3.3			75 mm (3 in.) or $2^{1/2}t$			
		5.7.3.3			75 mm (3 in.) for S-N			
		5.7.3.3				Table 5-6a and Table 5-6b		
		• 5.7.3.4						$8t$ or $1/2 r$
$t > 12.5 \text{ mm}$ ($t > 1/2 \text{ in.}$)	As Welded	5.7.3.1.a	8W or 250 mm (10 in.)	8W or 250 mm (10 in.)				
		5.7.3.1.b						
		5.7.3.3			8W or 250 mm (10 in.)		8W or 150 mm (6 in.)	
		5.7.3.3			75 mm (3 in.) for S-N			
		• 5.7.3.4				Table 5-6a and Table 5-6b		$8t$ or $1/2 r$
$t > 12.5 \text{ mm}$ ($t > 1/2 \text{ in.}$)	PWHT	5.7.3.2	150 mm (6 in.)	75 mm (3 in.) or $2^{1/2}t$	75 mm (3 in.) or $2^{1/2}t$		75 mm (3 in.) or $2^{1/2}t$	
		5.7.3.3			75 mm (3 in.) or $2^{1/2}t$			
		5.7.3.3			75 mm (3 in.) for S-N			
		5.7.3.3				Table 5-6a and Table 5-6b		
		• 5.7.3.4						$8t$ or $1/2 r$

Notes:

1. If two requirements are given, the minimum spacing is the greater value, except for dimension "F." See Note 4.
2. t = shell nominal thickness. 8W = 8 times the largest weld size for reinforcing plate or insert plate periphery weld (fillet or butt-weld) from the toe of the periphery weld to the centerline of the shell butt-weld.
3. D = spacing distance established by minimum elevation for low-type reinforced openings from Tables 5-6a and 5-6b, column 9.
4. Purchaser option to allow shell openings to be located in horizontal or vertical shell butt-welds. See Figure 5-9.

t = shell nominal thickness, r = radius of opening. Minimum spacing for dimension F is the lesser of $8t$ or $1/2 r$.

Minimum Weld Requirements for Openings in Shells

COUPLINGS AND FLANGED FITTINGS, NPS $\frac{3}{4}$ THROUGH NPS 2 (SEE NOTE 9)

Notes: (continued)

7. See Tables 5-7a and 5-7b, Column 6.

8. t_{min} shall be 19 mm ($\frac{3}{4}$ in.) or the thickness of either part joined by the fillet weld, whichever is less.

9. The construction details apply to unreinforced threaded, non-threaded, and flanged nozzles.

Shell Nozzles

FIGURA 4.15 DETALLES DE SOLDADURA EN JUNTAS DE
BOQUILLAS. Fuente: API 650 Sección 5 figura 5.8.

Sistema de preparación de superficie y pintura para tanque de almacenamiento semanal

Para la preparación de superficie se recomienda limpiar con chorros de arena al grado comercial.

Grado SSPC SP6 Arenado comercial – Limpieza con chorro de arena a metal gris comercial

Se usa este sistema de preparación de superficie metal gris grado comercial debido a que un metal muy blanco tendría que pintarse al instante ya que podría corroerse rápidamente.

La superficie debe verse libre de aceite, grasa, polvo, óxido y los restos de capa de laminación no deben superar al 33% de la superficie en cada pulgada cuadrada de la misma. Los restos deben verse sólo como de distinta coloración.

Sistema de pintura

Para el sistema de pinturas se usa la hoja técnica de Pinturas HEMPEL “Directrices para la protección anticorrosiva del acero y superficies metálicas con recubrimientos según la Norma ISO 12944” (ficha técnica del proveedor ver Anexo 15), la cual indica que para el ambiente y condiciones a la cual estará expuesto el tanque se lo identifica como categoría de corrosividad C4 alta para zonas industriales y zonas costeras de media salinidad, una vez identificado recomienda varios sistemas de pinturas y se utiliza la mostrada en la Tabla 4.8, con vida útil de 15 años.

TABLA 4.8 CATEGORÍAS DE CORROSIÓN ATMOSFÉRICA
DE ACUERDO CON LA NORMA ISO 12944 [26]

Categoría de corrosión	Ejemplos de ambiente		Sistemas de pinturas Hempel
	Exterior	Interior	
C1 Muy baja	-	Edificios con calefacción con una atmósfera limpia, tales como oficinas, tiendas, escuelas, hoteles.	Página 24 - 25
C2 baja	Atmósfera contaminada en una pequeña parte, principalmente en las regiones rurales.	Edificios sin calefacción, donde se puede producir condensación, por ejemplo almacenes, salas deportivas.	Página 24 - 25
C3 media	Ambientes industriales y urbanos con un nivel medio de contaminación de dióxido de azufre. Áreas industriales y áreas costeras de baja salinidad.	Espacio de producción de alta humedad y de la contaminación del aire, por ejemplo plantas de alimentos, lavanderías, fábricas de cerveza, industrias lácteas.	Página 26 - 27
C4 alta	Las zonas industriales y zonas costeras de media salinidad.	Plantas químicas, piscinas, astilleros de reparación de barcos.	Página 28 - 29
C5-I Muy alta (industrial)	Áreas industriales de alta humedad y ambiente agresivo.	Edificios y áreas de condensación casi constante y alta contaminación.	Página 30 - 31
C5-M Muy alta (marina)	Zonas de tierra (Inshore) y marítimas (offshore) de alta salinidad.	Edificios y áreas de condensación casi constante y alta contaminación.	Página 32 - 33

Se aplicarán 3 capas de pintura con los siguientes espesores (catálogos de los productos ver Anexos 17, 18, 19):

TABLA 4.9 SISTEMA DE PINTURAS A APLICAR EN TANQUE
DE ALMACENAMIENTO

Capa primera	BA Epoxy Zinc - HEMUDUR ZINC 18560	60 μm
Capa intermedia	BA Epoxy - HEMUDUR 18500	120 μm
Capa de acabado	BA Poliuretano - HEMUTHANE ENAMEL 58510	60 μm
Espesor Total:		240 μm

Área total exterior del tanque:

$$\text{Área}_{total\ exterior} = (\pi * D * h) + (2 * \pi * r^2)$$

$$\text{Área}_{total} = 114,79\text{m}^2 \approx 115\text{m}^2$$

De la hoja técnica suministrada por el proveedor de pinturas se obtuvo el rendimiento teórico sin pérdidas, para BA Epoxy Zinc - HEMUDUR ZINC 18560 de 10,2 m²/litro para película seca de 2.0 mils, para BA Epoxy - HEMUDUR 18500 es de 6,8 m²/litro para película seca de 3.0 mils, y para BA Poliuretano - HEMUTHANE ENAMEL 58510 es de 12 m²/litro para película seca de 1,6 mils [26].

Dft: Dry film thickness; Wft: Wet film thickness; S/V: Sólidos por volumen

Capas:	dft (μm)	% S/V	wft (μm)	η (m^2/L)
Primera	60 (2,3mils)	52	115,384	2,31
Intermedia	120 (4,72mils)	51	235,29	0,74
Acabado	60 (2mils)	49	122,44	2,94

De acuerdo a los datos obtenidos por cálculos de eficiencia de pintura y área total del tanque se tienen los litros (Tabla 4.10) que se necesitan para pintar el tanque de almacenamiento semanal de combustible.

TABLA 4.10 LITROS DE PINTURA NECESARIOS PARA
EXTERIOR DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Capas:	Pintura (L)
Primera	50
Intermedia	155
Acabado	40

Se recomienda evitar pintar cuando la temperatura esté por debajo de los 10 °C y por encima de los 35 °C, si la humedad relativa está por encima del 60%, durante la época de lluvia, cuando la velocidad del viento es mayor a 24 km/h. Se debe aplicar únicamente sobre una superficie limpia y seca con una temperatura superior al punto de rocío para evitar condensación. [26]

En la parte interior del tanque debido a que el fuel oil #6 se asimila a un medio pasivo a la corrosión, solo se pintará desde el piso hasta el primer anillo ya que es ahí donde se acumula sedimentos y agua, por ser más densa que el fuel oil# 6.

Se aplicarán 3 capas de pintura de acuerdo a lo indicado por HEMPEL en su hoja técnica para categoría de corrosividad C5 M ya que podría tener sedimentos de arena o agua salada en el interior del tanque (ver Anexo 19).

El sistema que se usará es el mostrado en la Tabla 4.11, con una vida útil mayor a 15 años.

TABLA 4.11 SISTEMA DE PINTURAS PARA INTERIOR DE
TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Capa primera	BA Epoxy Zinc - HEMUDUR ZINC 18560	60 μm
Capa intermedia	BA Epoxy - HEMUDUR 18500	200 μm
Acabado	BA Poliuretano - HEMUTHANE ENAMEL 58510 Black	60 μm
Espesor Total:		320 μm

Área interior del tanque

$$\text{Área}_{\text{interior}} = (\pi * D * h) + (\pi * r^2)$$

$$\text{Área}_{\text{interior}} = 40.47\text{m}^2 \approx 40.45\text{m}^2$$

Los litros que se necesitan para pintar el interior del tanque de almacenamiento semanal hasta el primer anillo son:

TABLA 4.12 LITROS DE PINTURA NECESARIOS PARA INTERIOR DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Capas:	Pintura (L)
Primera	18
Intermedia	55
Acabado	14

Selección de ánodos de sacrificio para protección catódica

Exterior del tanque: Se toma como referencia el libro de Peabody's Control of Pipeline Corrosión, second edition.

Primero se definirá el área a proteger:

$$A_{fondo} = \frac{\pi(4,86)^2}{4} = 18,55m^2$$

El valor de la resistividad del suelo natural donde se asentará el tanque será de $2400 \Omega - cm$, este valor fue proporcionado por el Departamento Técnico de la industria alimenticia cliente, la misma que obtuvo por medios de datos de construcciones de otros tanques de la misma

industria. Se tiene previsto una vida estimada alrededor de 50 años para el sistema de protección catódica.

Para el requerimiento de corriente se procederá a calcular la densidad de corriente del tanque por medio de la ecuación 4.14, con el dato de resistividad del suelo.

$$Dc_t = 13,35 \log \left(\frac{10^{5,523}}{\rho} \right) \quad \text{EC. 4.6}$$

$$Dc_t = 13,35 \log \left(\frac{10^{5,523}}{2400 \, \Omega \cdot cm} \right)$$

$$Dc_t = 28,60 \, mA/m^2$$

Usando el valor obtenido anteriormente de densidad de corriente, se lo reemplaza en la ecuación 4.15 de corriente para protección catódica, se considera una eficiencia de 90% de protección por pintura.

$$I = A * D_c * (1 - E) \quad \text{EC. 4.7}$$

$$I = 18,55m^2 * 0,0286 \frac{A}{m^2} * (1 - 0,9)$$

$$I = 0,53 \, A$$

Se recomienda la protección de ánodos de sacrificio para valores de corrientes $I \leq 5A$, y una resistividad del suelo de $\rho < 3000\Omega - cm$, de

acuerdo a los resultados obtenidos se seleccionan ánodos de sacrificio de magnesio [26].

Masa total de los ánodos

$$M = \frac{\text{Desgaste} * V * I}{0,85}$$

$$M = \frac{0,2 * 50 * 0,53}{0,85}$$

$$M = 6,23 \text{ kg}$$

Se seleccionan ánodos de sacrificio de Magnesio marca Galvotec (ver Anexo 20) modelo GA-MG-5 H-1 de 5 lb cada uno.

Numero de ánodos

$$n = \frac{M}{m}$$

$$n = \frac{6,23 \text{ kg}}{2,3 \text{ kg}}$$

$$n = 3 \text{ ánodos}$$

De acuerdo a los resultados se seleccionan ánodos de sacrificio de Magnesio distribuidos uniformemente usando una cama anódica de 3 ánodos como se muestra en la Figura 4.16:

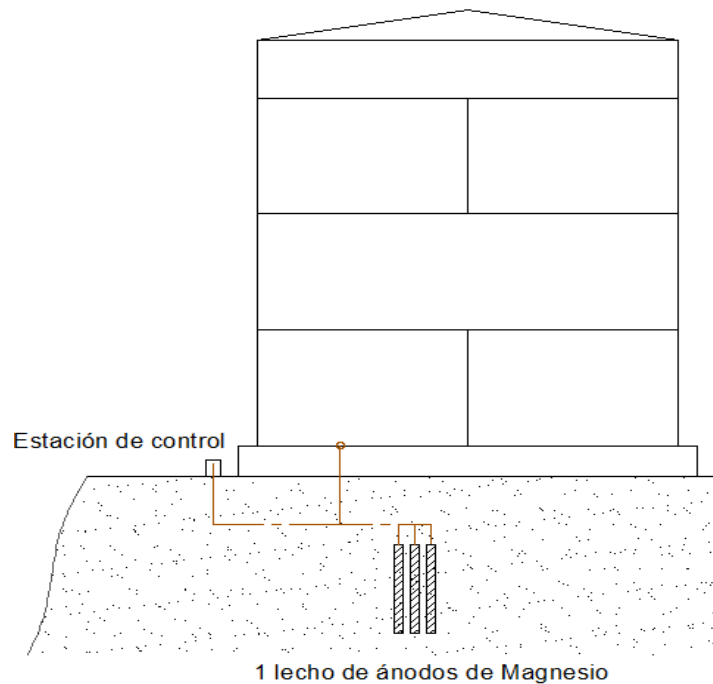


FIGURA 4.16 ESQUEMA DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN
CATÓDICA

Sensor medidor de nivel de fluido para el tanque de almacenamiento

Se recomienda la instalación de un sensor de nivel de fluido modelo NM 298 tipo flotador marca KOBOLD a futuro, debido a que no fue considerado necesario por el cliente por ahora.

4.2.3. Planos de diseño de tanque de almacenamiento semanal

Ver Tanque de almacenamiento de combustible en Planos 3, 4, 5, 8, 9, 10, 13.

4.3. Diseño de tanque de alimentación diaria

4.3.1. Consideraciones de diseño

Este tanque será de alimentación diaria de combustible para la caldera, específicamente fuel oil #6, será un tanque atmosférico, con un volumen de 13,58 m³, diámetro de 1,94 m y una longitud de 4,6 m, de posición horizontal. El peso específico del fluido a almacenar es de 0.95, con punto de inflamación de 144°C, este se llenará solo al 80% de la capacidad del tanque. Se encontrará en un clima marino tropical, ambiente industrial, por lo tanto estará expuesto a corrosión atmosférica, de acuerdo a esto el sobre espesor por corrosión será de 2mm el cual se incluirá en el cuerpo, y tapas laterales llamadas cabezales. Además, se utilizará un sistema de pinturas, ya que la protección catódica no será necesaria, debido a que no está en contacto con el suelo, ya que estará soportado por bases de hormigón, y en su interior no existirá presencia de sedimentos.

Para la construcción del tanque se usará como material planchas de acero ASTM A-36 en el cuerpo, en este caso no se aplica el código API 650 debido a que es un tanque horizontal, se toma como base el código ASME VIII DIVISION 1.

4.3.2. Cálculos para diseño de tanque

Según la ASME VIII en la división 1 sub Sección UG-16 indica que el espesor mínimo permitido para cuerpo y cabezales después de conformado e independientemente de la forma y material del producto, debería ser 1,5 mm sin considerar corrosión permisible.

Diseño del cuerpo

Según el código ASME Sección VIII división 1, sub Sección UG-27 Espesor del cuerpo bajo presión interna, especifica que el espesor mínimo requerido del cuerpo bajo presión interna no deberá ser inferior a la calculada por la siguiente fórmula:

$$t = \frac{P * R}{2\sigma E + 0,4P} \quad \text{EC. 4.8}$$

Dónde:

E: Eficiencia de la junta. (0,85)

P: Presión interior de diseño, en Pa

R: Radio interior del cilindro, en mm

σ : Esfuerzo permisible máximo en tensión en Pa

t: Mínimo espesor requerido

Diseño del cabezal o caras laterales del tanque

Según el código ASME Sección VIII división 1, sub Sección 1.4, muestra modelos de cabezales de tanques de la cual se selecciona el modelo de cubierta elipsoidal para las caras laterales del cilindro, mostrado en la Figura 4.17.

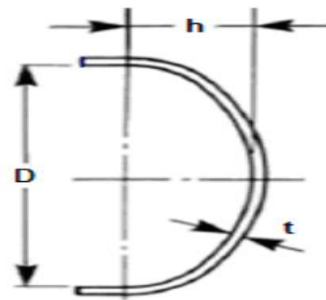


FIGURA 4.17 CUBIERTA ELIPSOIDAL PARA LAS CARAS LATERALES DEL CILINDRO. Fuente: ASME SECCIÓN VIII, división 1, figura 1-4

Para el cálculo se usa la fórmula mostrada en el apéndice 1-4C indicado para el tipo de cara elipsoidal.

$$t = \frac{P * D * K}{2\sigma E - 0.2P} \quad \text{EC. 4.9}$$

Donde:

E: Eficiencia de la junta. (0.85)

P: Presión interior de diseño, en Pa

D: Diámetro interior del cabezal en mm

σ: Esfuerzo permisible máximo en tensión en Pa

t: Mínimo espesor requerido

K: Factor en la fórmula para cabezales elipsoidales que depende de la proporción del cabezal

Donde *K* es:

$$K = \frac{1}{6} \left[2 + \left(\frac{D}{2H} \right)^2 \right] \quad \text{EC. 4.10}$$

Memoria de cálculo

Memoria de cálculo para tanque de alimentación diaria de fuel oil #6 con capacidad de 19.57 m^3 . Las bases del diseño de los tanques empiezan con información proporcionada en la Tabla 4.13.

BASES DE DISEÑO	
Producto	Fuel oil # 6
Densidad relativa del product	0,95
Código de diseño	ASME VIII
Diámetro interior	1,94 m
Longitud	4,6 m
Material del cuerpo	ASTM A-36

TABLA 4.13 BASES DE DISEÑO TANQUE DE ALIMENTACIÓN
DIARIA

Cálculo de espesores:

Planchas de acero comerciales.

Se usará acero al carbono especificación ASTM A-36 (Tabla 4.14), laminado en caliente para construcción de tanques en tamaños diferentes con el objetivo de optimizar el material.

TABLA 4.14 PLANCHAS DE ACERO COMERCIALES

IPAC ASTM A-36

ESPESOR	PLANCHAS (Kg)
mm	1,220 x 2,440 mm
2.00	46.74
3.00	70.10
4.00	93.47
5.00	116.84
6.00	140.21
8.00	186.94
10.00	233.68

Líquido a almacenar: Fuel oil # 6. $G = 0,95$

Está formado por 4 cinturones.

Espesor del cuerpo para cada cinturón:

$$t = \frac{(119.361) * (970)}{2(2,48 \times 10^8)(0,85) + 0,4(119.361)} + 2$$

$$t = 2,27 \text{ mm}$$

De acuerdo al resultado se tiene un espesor nominal de 2,27 mm, pero por petición del cliente por cuestiones de encontrarse en ambiente marítimo solicitó que el espesor final fuese 5 mm. para todas las planchas que conformarían el cuerpo del tanque.

Cálculo de planchas del cuerpo:

Para la construcción del cuerpo se usarán planchas de medida 1,22m x 2,44m x 0,005m.

Perímetro del cuerpo:

$$\begin{aligned} \text{Perímetro} &= \pi * D \\ &= \pi * 1.94 \\ &= 6,1 \text{ m} \end{aligned}$$

Número de placas a usar:

$$\begin{aligned} N_{planchas} &= \frac{P}{\text{Largo de la plancha}} = \frac{6,1 \text{ m}}{2,44 \text{ m}} \\ N_{placas} &= 2.5 \end{aligned}$$

Se usarán 2,5 planchas por cinturón, de 5 mm de espesor.

Longitud de la soldadura por cinturón:

$$\begin{aligned} \text{Long. de soldadura} &= N_{planchas}(5\text{mm}) \\ \text{Long. de soldadura} &= (2,5)(5\text{mm}) = 10,75\text{mm} \end{aligned}$$

Definición y Número total de planchas para el cuerpo:

1er cinturón	2,5 planchas de 1,22x2,44x0,005m
2do cinturón	2,5 planchas de 1,22x2,44x0,005m
3er cinturón	2,5 planchas de 1,22x2,44x0,005m
4to cinturón	2,5 planchas de 1,22x2,44x0,005m

Pesos:

Peso total del cuerpo del tanque	1.168,4 kg
----------------------------------	------------

Cálculo de cabezales o caras laterales del tanque:

Espesor de cabezales tipo elipsoidal.

.

$$t = \frac{(119.361)(1,94)(2,08)}{2(2,48 \times 10^8)(0,85) - 0,2(119.361)} + 2$$

$$t = 2,5mm$$

El valor de K es:

$$K = \frac{1}{6} \left[2 + \left(\frac{1,94}{2(0,3)} \right)^2 \right] = 2,08$$

De acuerdo a los resultados se tiene un espesor de plancha para las caras laterales de 2,5mm., pero debido a lo antes mencionado el espesor final será de 5mm.

Cálculo de planchas para las caras laterales:

Para la construcción de las caras laterales se usarán planchas de medida 1,22m x 2,44m x 0,005m.

Número de planchas a usar en las dos caras laterales:

$$N_{planchas} = 2 * \frac{\pi * (D + 2h + 0,1)^2 * P}{4 * \text{area de la plancha}}$$

$$N_{planchas} = 2 * \frac{\pi * (1,94 + 2(0,3) + 0,1)^2 * P}{4 * 1,22 * 2,44}$$

$$N_{planchas} = 4$$

Definición y número total de planchas:

4 planchas de 1,22x2,44x0,005m

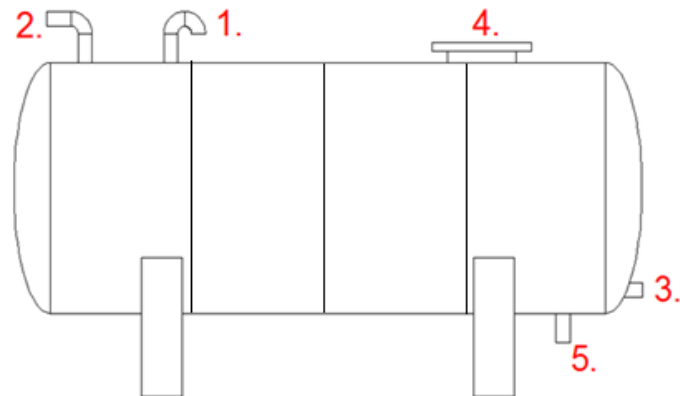
Pesos:

Peso total de cabezales	467,36 kg
-------------------------	-----------

Cálculo de refuerzos de boquillas para tanque de alimentación diaria de combustible

Las boquillas con las que debe contar el tanque de alimentación diaria de combustible serán (Figura 4.18):

1. Venteo
2. Entrada del producto
3. Salida del producto
4. Registro Pasa-Hombre (Manhole)
5. Drenaje



**FIGURA 4.18 POSICIONAMIENTO DE BOQUILLAS
TANQUE DE ALIMENTACIÓN DIARIA**

Cálculo de boquilla 1. (Venteo)

Material recipiente: ASTM A-36; SR=36000 psi.

Material del tubo: ASTM A-53-B; ST= 39885 psi.

De acuerdo a lo especificado en la Norma API 650, Tabla 5-14 y Fig. 5-19, en Dimensiones para boquillas de techo, para boquillas con diámetro interno de 76,2 mm indica lo siguiente:

$D_{nom} = 3$ NPS (nominal pipe size).

Cédula 40.

Diámetro exterior = 88,9 mm.

Espesor = 5,49 mm.

Diámetro de la placa de reforzamiento = 265 mm.

Diámetro del agujero en la placa de techo = 92 mm.

Nota: Debido a que la boquilla va a ser utilizada para venteo, el cuello será cortado al ras con la línea del techo, como lo indica la Norma API 650 en la Fig. 5-19.

Cálculo de boquilla 2. (Entrada del producto)

Material recipiente: ASTM A-36; SR=36000 psi.

Material tubo: ASTM A-53; ST= 39885 psi.

De acuerdo a lo especificado en la Norma API 650, Tabla 5-6A y Tabla 5-8, en Dimensiones para boquillas de cuerpo, para boquillas con diámetro interno de 102mm indica lo siguiente:

$D_{nom} = 4$ NPS (nominal pipe size).

Cédula 40.

Diámetro de la placa de reforzamiento = 305 mm.

Espesor de la placa de reforzamiento= 5 mm.

Diámetro de la brida y de la tapa= 190 mm

Espesor de la tapa= 24 mm.

Espesor de la brida empernada= 24 mm.

Distancia del tanque a la tapa de la brida=175 mm.

Pernos y agujeros:

Para esta brida, se utilizarán 8 pernos de 5/8 in de diámetro y para los agujeros una perforación de 3/4 in de diámetro.

Empaque:

Para la brida seleccionada se necesita un empaque con las siguientes características:

Diámetro exterior: 170 mm.

Diámetro interior: 102 mm.

Espesor: 1,5 mm.

Cálculo de boquilla 3. (Salida del producto)

Material recipiente: ASTM A-36; SR=36000 psi.

Material tubo: ASTM A-53-B; ST= 39885 psi.

De acuerdo a lo especificado en la Norma API 650, Tabla 5-6 y Fig. 3-19, en Dimensiones para boquillas de cuerpo, para un diámetro interno de 102mm indica lo siguiente:

$D_{nom} = 4$ NPS (nominal pipe size).

Cédula 40.

Diámetro de la placa de reforzamiento = 305 mm.

Espesor de la placa de reforzamiento= 5 mm.

Distancia desde la parte inferior del tanque al centro de la boquilla=250 mm.

Diámetro de la brida y de la tapa= 190 mm.

Espesor de la tapa= 24 mm.

Espesor de la brida empernada= 24 mm.

Distancia del cuerpo del tanque a la tapa de la brida=175 mm.

Pernos y agujeros:

Para esta brida, se utilizarán 8 pernos de 5/8 in de diámetro y para los agujeros una perforación de 3/4 in de diámetro.

Empaque:

Para la brida seleccionada se necesita un empaque con las siguientes características:

Diámetro exterior: 170 mm.

Diámetro interior: 102 mm.

Espesor: 1,5 mm.

Cálculo de boquilla 4. (Manhole)

Material recipiente: ASTM A-36; SR=36000 psi.

Material tubo: ASTM A-36; ST= 36000 psi.

De acuerdo a lo especificado en la Norma API 650, Tabla 5-6 y Fig. 5-19, en Dimensiones para boquillas de cuerpo, para boquillas con diámetro interno de 600mm indica lo siguiente:

$D_{nom} = 24$ NPS (nominal pipe size).

Longitud de tubo = 111,25 mm

Diámetro de la placa de reforzamiento = 1125 mm, espesor 5mm.

Diámetro de la brida y de la tapa = 812 mm

Espesor de la tapa = 6 mm.

Espesor de la brida = 6 mm.

Pernos y agujeros:

Se utilizarán 20 pernos de 5/8 in de diámetro, con agujeros de 3/4 in.

Empaque:

Para el Manhole seleccionado de 24 in de diámetro se necesita un empaque con las siguientes características:

Diámetro exterior: 735 mm.

Diámetro interior: 600 mm.

Espesor: 1,5 mm.

Cálculo de boquilla 5. (Drenaje)

Material recipiente: ASTM A-36; $SR=36000$ psi.

Material tubo: ASTM A-53-B; $ST= 39885$ psi.

De acuerdo a lo especificado en la Norma API 650, Tabla 5-6 y Fig. 5-19, en Dimensiones para boquillas de cuerpo, para boquillas con diámetro interno de 102mm indica lo siguiente:

$D_{nom} = 4 \text{ NPS (nominal pipe size)}$.

Cédula 40.

Diámetro de la placa de reforzamiento = 305 mm.

Espesor de la placa de reforzamiento= 5 mm.

Diámetro de la brida y de la tapa= 190 mm

Espesor de la tapa= 24 mm.

Espesor de la brida empernada= 24 mm.

Distancia del cuerpo del tanque a la tapa de la brida=175 mm.

Pernos y agujeros:

Para esta brida, se utilizarán 8 pernos de 5/8 in de diámetro y para los agujeros una perforación de 3/4 in de diámetro.

Empaque:

Para la brida seleccionada se necesita un empaque con las siguientes características:

Diámetro exterior: 170 mm.

Diámetro interior: 102 mm.

Espesor: 1,5 mm.

Sistema de preparación de superficie y pintura para tanque de alimentación diaria

Grado SSPC SP6 Arenado comercial – Limpieza con chorro de arena a metal gris comercial:

La superficie debe verse libre de aceite, grasa, polvo, óxido y los restos de capa de laminación no deben superar al 33% de la superficie en cada pulgada cuadrada de la misma. Los restos deben verse sólo como de distinta coloración.

Sistema de pintura:

Debido a que se tiene clima marino tropical, ambiente industrial, se usa el siguiente sistema de pintura:

Se aplicarán 3 capas de pintura similar al tanque de almacenamiento semanal, para ello se usan los datos del sistema de pintura del tanque de almacenamiento semanal

Área total exterior del tanque:

$$\text{Área}_{total\ exterior} = (\pi * D * h) + (2 * \pi * r^2)$$

$$\text{Área}_{total\ exterior} = 33m^2$$

De acuerdo a los datos obtenidos por cálculos de eficiencia de pintura y área total del tanque se tienen los litros que se necesitan para pintar el tanque de alimentación diaria de combustible.

TABLA 4.15 LITROS DE PINTURA NECESARIOS PARA
TANQUE DE ALIMENTACIÓN

Capas:	Pintura (L)
Primera	15
Intermedia	45
Acabado	12

Las condiciones de pintado son las mismas expuestas para el tanque de almacenamiento semanal.

4.3.3. Planos de diseño de tanque de alimentación diaria

Ver Tanque de alimentación diaria en Planos 3, 4, 5, 7.

4.4. Selección de sistema contra incendios para tanques de almacenamiento de combustible

Para la selección del sistema contra incendios se usa el código NFPA en la cual se menciona la NFPA 72 “Sistemas de detección”, NFPA 20 “Normas para la instalación de bombas estacionarias contra incendios”, NFPA 30 “Código de

líquidos inflamables y combustibles capítulo 4”, NFPA 13 “Instalación de sistemas de rociadores”, y la NFPA 1 “Código contra incendios”.

Se abarca lo concerniente al dimensionamiento del tanque de almacenamiento de agua y red de tuberías, selección de accesorios y rociadores, además de la selección del gabinete contraincendios, y cálculo de parámetros necesarios para la selección de bombas de agua tales como el caudal y la presión necesaria para el correcto funcionamiento del sistema contra-incendios, para ello se usa catálogos de compañías dedicadas al suministro de estos equipos, accesorios en general y materiales.

Análisis de riesgo

El análisis de riesgo está basado en la situación física de la planta en donde se podría esperar una propagación a las demás áreas.

El almacenamiento de fuel oil se clasifica según NFPA como clase C. Además, según la Norma NFPA 13 se cataloga el almacenamiento de combustible como “Riesgo Extra Grupo 2”, el cual incluye las ocupaciones donde se encuentren cantidades de moderadas a considerables de líquidos inflamables o combustibles, o donde se resguarden cantidades importantes de productos combustibles. También es importante mencionar que se deberá tener como respaldo mínimo de protección el sistema encendido durante una hora.

TABLA 4.16 OPERACIONES DE RIESGO CONTRA
INCENDIOS [28]

Clasificación de la actividad	Presión residual necesaria	Caudal aceptable en la base de la tubería vertical de alimentación	Duración en minutos
Riesgo ligero	15 PSI	500-750 gpm	30-60
Riesgo ordinario (Grupo 1)	15 PSI o más	700-1000 gpm	60-90
Riesgo ordinario (Grupo 2)	15 PSI o más	850-1500 gpm	60-90
Riesgo ordinario (Grupo 3)	Los requisitos de presión y de caudal para los rociadores y mangueras debe determinarlos la autoridad competente.		60-120
Almacenes	Los requisitos de presión y de caudal para los rociadores y mangueras debe determinarlos la autoridad competente. Además véase el Capítulo 7 de la norma 13 de la NFPA, y las normas 231 y 231C de la NFPA.		

TABLA 4.17 LIMITACIONES DEL AREA DE PROTECCIÓN DEL
SISTEMA [28]

Riesgo Leve	52.000 pies ² (4.831 m ²)
Riesgo Ordinario	52.000 pies ² (4.831 m ²)
Riesgo Extra	
Sistema Tabulado	25.000 pies ² (2.323 m ²)
Sistema Hidráulicamente	
Calculado	40.000 pies ² (3.716 m ²)
Almacenamiento - en Pilas de	
Gran Altura (tal como se define	
en 1-4.2) y Almacenamiento	
cubierto por otras normas NFPA	40.000 pies ² (3.716 m ²)

Determinación del caudal requerido para los rociadores

Debido a que la protección se brindará a los dos tanques por separado se calcula el caudal de necesario para los rociadores para cada tanque.

El área a proteger del tanque de almacenamiento semanal es de $39,40m^2$ ($430,5 ft^2$), y para el tanque de alimentación diaria es $18m^2$ ($194 ft^2$).

De acuerdo a la figura 4.19. Área/densidad de la Norma NFPA Sección 13, Figura 11.2.3.15 se obtiene el caudal que necesitan los rociadores en cada tanque, considerando un riesgo extra grupo 2.

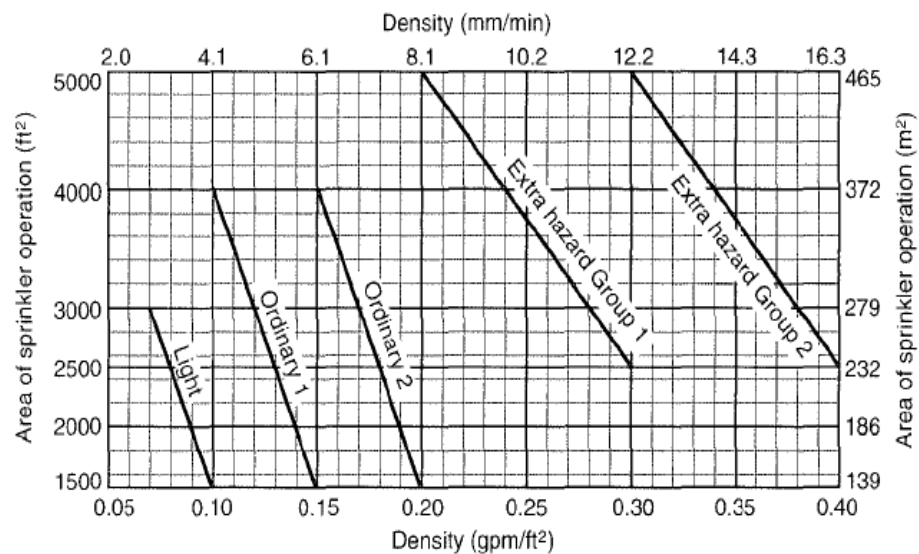


FIGURA 4.19 ÁREA/DENSIDAD [29]

- Caudal tanque de almacenamiento = $(430,5 ft^2) * (0,4 GPM/ft^2)$

Caudal tanque de almacenamiento = 172 GPM

- **Caudal tanque alimentación diaria** $= (194 \text{ ft}^2) * (0,4 \text{ GPM/ft}^2)$

Caudal tanque de alimentación diaria = 77 GPM

De acuerdo a la figura 4.20 de descarga de agua de un rociador de Manual de protección de sistemas contra incendios Norma NFPA, se seleccionan rociadores de ½ in, los cuales con presión de 50 psi proporcionan aproximadamente 40 GPM de agua.

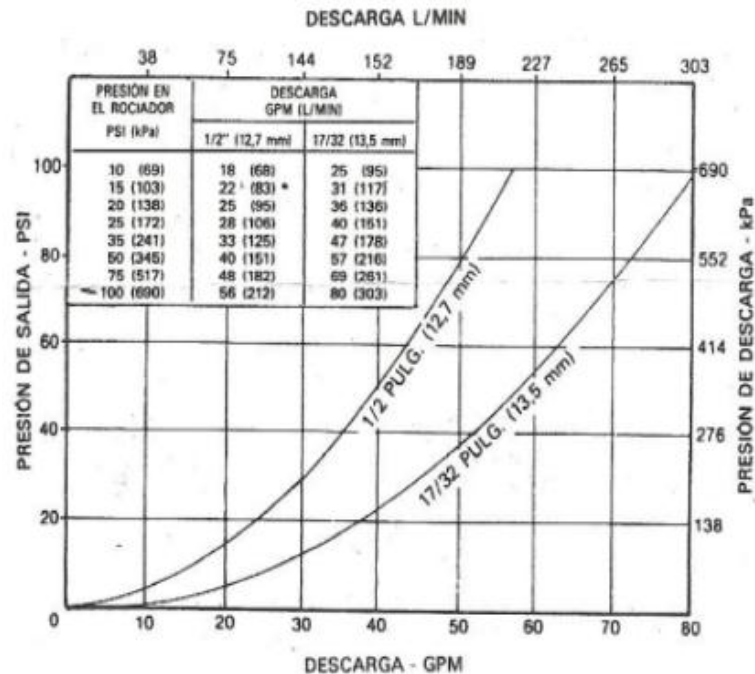


FIGURA 4.20 DESCARGA DE AGUA DE UN ROCIADOR [28]

- **# Rociadores tanque de almacenamiento = 172GPM/42,2GPM**
Rociadores tanque de almacenamiento = 4
- **# Rociadores tanque de alimentación diaria = 77GPM/42,2GPM**
Rociadores para tanque de alimentación diaria = 2

Selección y distribución del sistema de rociadores

Se seleccionan 6 rociadores marca VIKING modelo C-1 tipo Window Sprinkler, de ½ in de diámetro (Figura 4.21). Estos rociadores tienen un alcance de descarga de 180 grados, son usados en la protección de ventanas paredes y techos, con una demanda de agua 42,2 GPM cada uno. Ver hoja técnica del fabricante en el Anexo 21.



FIGURA 4.21 ROCIADOR TIPO WINDOW

Una vez seleccionados los rociadores se procederá de acuerdo a la Norma NFPA Sección 13, la cual indica que se deberá tener una distancia de 60cm. del tanque a los rociadores, y una separación como máxima entre rociadores de 3,2m.

De los 6 rociadores, se usarán de la siguiente forma: 4 para el tanque de almacenamiento semanal y 2 para el de alimentación diaria, distribuidos uniformemente, con una separación para el tanque de almacenamiento semanal

de 3,15 m y para el tanque de alimentación diaria de 2,05 m tal como se muestra en la Figura 4.22:

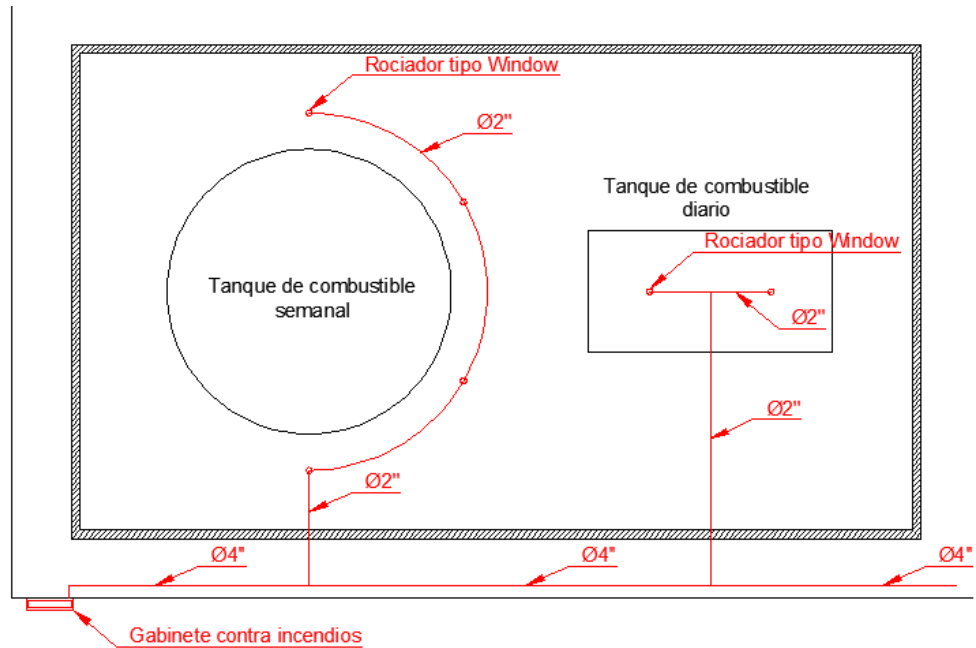


FIGURA 4.22 ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ROCIADORES

Selección del sistema de detección de incendios

El sistema de detección de incendios consta de los siguientes componentes:

- Cable térmico
- Central de detección de incendios

El cable sensor de temperatura para detección de incendios consta de dos conductores de acero trenzados cubiertos por una capa de polímero sensible al calor que, al alcanzar la temperatura prefijada, se rompe permitiendo el contacto

de los conductores para producir una alarma. Una cubierta exterior resistente a la corrosión y a la abrasión protege a los conductores (Figura 4.23).

Para la presente aplicación se deberá seleccionar un cable térmico para una temperatura de 68°C.

El cable térmico sensor de temperatura deberá ser colocado junto a la tubería que tiene los rociadores en cada uno de los tanques. Además, deberá seguir un recorrido hasta el panel de control donde no se vea afectado por fuentes de calor intensas que podrían provocar falsas señales de incendio. Ver hoja técnica de fabricante en el Anexo 22.

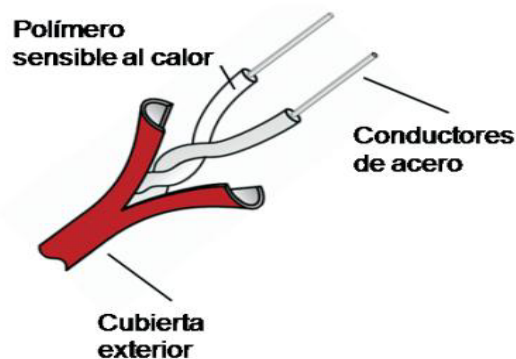


FIGURA 4.23 CABLE TÉRMICO SENSOR DE TEMPERATURA

La central de detección de incendios será de marca Gamewell modelo Flex GF506D (Figura 4.24), o similar, con control para sistemas pre-acción / diluvio, y compatible con el sistema de detección por medio de cable térmico. Ver hoja técnica del fabricante en el Anexo 23.

Pre-action / Deluge Control Panel



FIGURA 4.24 CENTRAL DE DETECCIÓN DE INCENDIOS

El lugar donde estará colocada la central de detección será junto al gabinete contra-incendios, el cual es un lugar visible y puede ser fácilmente detectada una señal de alarma por un operario de la planta. A continuación se muestra el esquema de la ubicación:

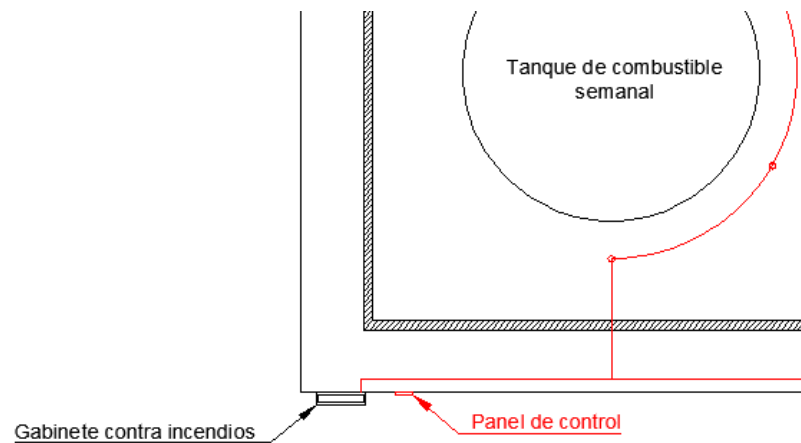


FIGURA 4.25 UBICACIÓN DE CENTRAL DE DETECCIÓN DE INCENDIOS

Selección de válvula diluvio

La válvula seleccionada será de marca VIKING modelo F-1 horizontal de 2 in operada con válvula solenoide (Figura 4.26), o similar. El principio de funcionamiento básico consiste en que la válvula recibe la señal del panel de control en caso de incendio, que a su vez recibe la señal del cable térmico. En ese momento la solenoide abre la válvula diluvio y el agua comienza a fluir a través de los rociadores tipo window. Ver hoja técnica del fabricante en el Anexo 24.

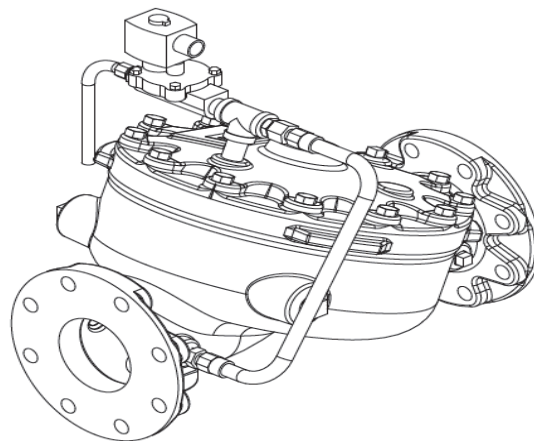


FIGURA 4.26 VÁLVULA DILUVIO

Adicionalmente, antes de la válvula diluvio se deberá instalar una válvula mariposa y un filtro en Y. El esquema de instalación y la ubicación se muestran a continuación (Figura 4.27, 4.28):

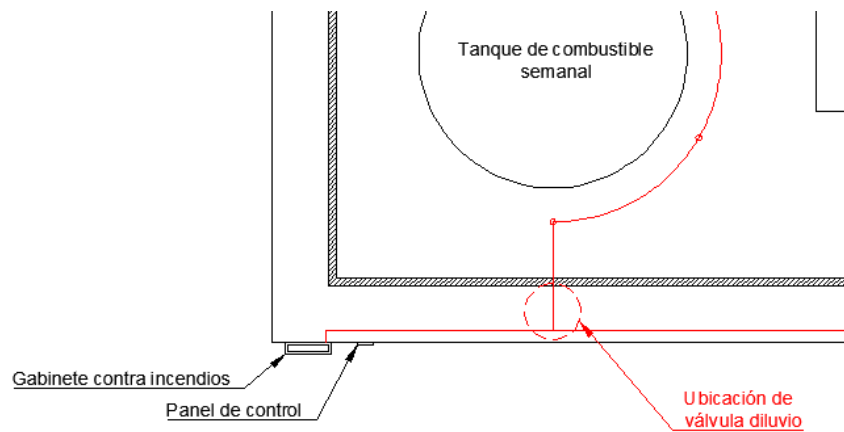
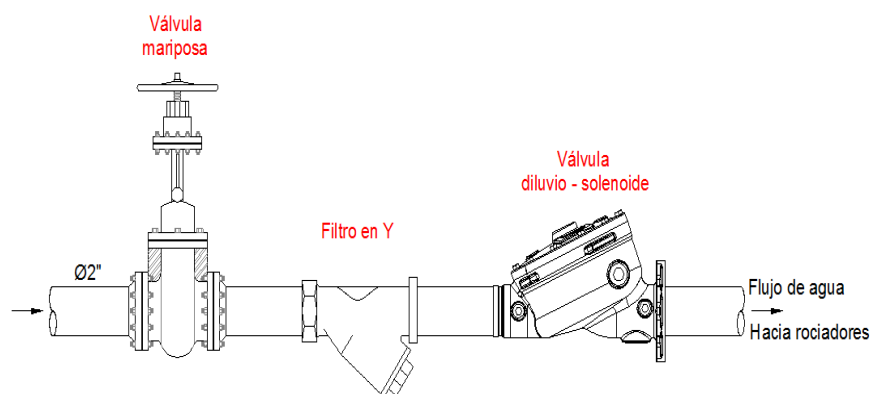


FIGURA 4.27 UBICACIÓN DE VÁLVULA DILUVIO

FIGURA 4.28 ESQUEMA DE INSTALACIÓN DE VÁLVULA
DILUVIO

La válvula mariposa deberá ser tipo concéntrica, de diámetro 2'', marca Newey, o similar. Es fabricada de conformidad con Norma API 609, de acero inoxidable.

Selección del panel de control para la bomba con motor diesel

Para controlar el funcionamiento de arranque y supervisión de la bomba y su motor diesel se utilizará un panel de control marca Emerson Firetrol modelo FTA1100-J, o de características similares (Figura 4.29).

Se encontrará ubicado en el cuarto de bombas junto al tanque de alimentación de agua del sistema contra incendios.



FIGURA 4.29 PANEL DE CONTROL PARA BOMBA
MOTOR DIESEL

Selección de gabinete contra incendios

Se utilizará un gabinete tipo III ubicado en el lugar donde indica el plano, los cuales vienen equipados con válvulas tanto de 2 ½ in como de 1 ½ in y están destinados para el uso de los ocupantes, bomberos y personal entrenado en el manejo de chorros pesados Figura 4.30.

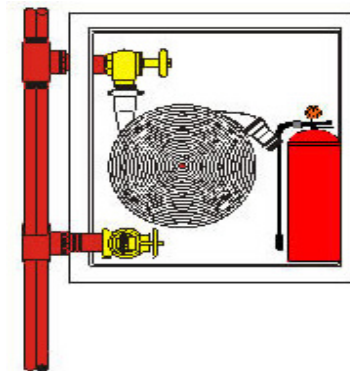


FIGURA 4.30 GABINETE TIPO III

Las principales características del gabinete deberán ser:

- Gabinete para equipo contra incendio fabricado en lámina cold rolled cal 0,20 de 75 x 75 x 25 cm (alto – ancho – fondo) de sobreponer, terminado en pintura electrostática roja, con vidrio.
- Válvula angular tipo globo en bronce de 1 ½ in x 1 ½ in NPT x NH (hembra – macho).
- Válvula angular tipo globo en bronce de 2 ½ in x 2 ½ in NPT x NH (hembra – macho).
- Tramo de manguera de 1 ½ in x 100 ft (30metros) acoplada, compuesta de un tejido exterior 100% poliéster y un tubo interior en caucho sintético, presión de servicio 60 psi, presión de prueba 150 psi, presión de rotura 300 psi, cumple Norma de fabricación y mantenimiento NFPA 1961 y 1962.

Dimensionamiento de reservorio de agua

De acuerdo a los datos de caudal de los rociadores y gabinete, se obtuvo un total 500 GPM. En caso de incendio el suministro de agua deberá abastecer al sistema contra incendios durante un tiempo de 60 minutos. Por lo tanto, el tanque tendrá un volumen de 114m^3 .

El tanque será cilíndrico vertical, metálico, ubicado a nivel del suelo, fabricado de acuerdo a Norma API 650. Las medidas son las siguientes: 6 m de diámetro, y 4,07 m de altura.

En la figura 4.31 se muestra la ubicación del tanque en la planta.

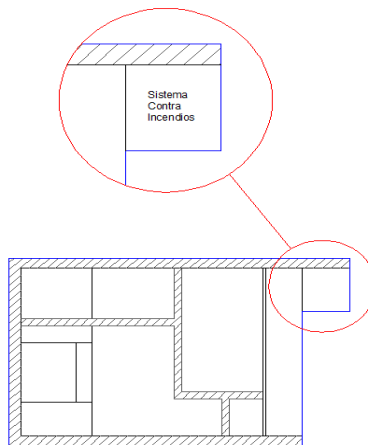


FIGURA 4.31 UBICACIÓN DEL RESERVORIO DE AGUA
EN LA PLANTA

Cálculo del cabezal dinámico de Bomba

Para el cálculo del cabezal dinámico se toma como base el caso más crítico, el cual es el que incluye al gabinete contraincendios, en donde se necesita una presión de operación de 100 psi, y por estar más alejado de la bomba.

Primero se determina el caudal (Q_T) que servirá para obtener la altura dinámica o carga de trabajo de la bomba (H_B).

Para la determinación del caudal se considera el caudal necesario para el gabinete, el cual es el más crítico.

$$Q_T = 250 \text{ GPM} = 0,0158 \frac{m^3}{s}$$

Para la determinación de la altura dinámica se emplea la fórmula siguiente:

$$H_B = h_{f_{total}} + \left[\frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 \right] - \left[\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 \right] \quad \text{EC. 4.11}$$

Dónde:

$h_{f_{total}}$ = pérdida de carga (m)

P_2 = presión en la salida de manguera = 100psi = 689.475,9 N/m²

V_2 = velocidad de flujo de agua a la salida de la manguera

Z_2 = altura de gabinetes respecto a la bomba = 1,5 m

P_1 = presión en el nivel de toma de agua en la cisterna = 0 psi

V_1 = velocidad de flujo de agua en la cisterna = 0 m/seg

Z_1 = altura toma de agua en cisterna respecto a bomba = 1 m

ρ = densidad del agua = 1.000 kg/m³

g = coeficiente de gravedad = 9,8 m/seg²

Para el cálculo correspondiente se requiere determinar previamente, la velocidad de flujo de agua a la salida de los rociadores (rociador más alejado de la bomba) $[V_2]$ y la pérdida de carga en el recorrido del agua por la tubería $[h_{ftotal}]$.

Para el cálculo de la velocidad de flujo de agua a la salida de la manguera se emplea la siguiente fórmula:

$$Q = A \times V_2 \quad \text{EC. 4.12}$$

Dónde:

Q = caudal en el extremo de la manguera (m³/seg)

A = sección interna de la tubería (m²)

$$V_2 = \frac{Q}{\frac{\pi \phi^2}{4}} = \frac{0,0158}{\frac{\pi}{4} \times (0,1016)^2} = 1,95 \frac{m}{seg}$$

Para la determinación de la pérdida de carga en el recorrido del agua por la tubería se emplea la siguiente fórmula:

$$h_{f_{total}} = \frac{(f \times L_{eq} \times V_2^2)}{2\phi g} \quad \text{EC. 4.13}$$

Dónde:

f = coeficiente de fricción

L_{eq} = longitud equivalente (m)

Ø = diámetro interior real de la tubería (m)

V₂ = velocidad de flujo de agua de la manguera (m/seg)

g = coeficiente de gravedad (m/seg²)

Para conocer la pérdida de carga total, se requerirá determinar previamente, tanto el coeficiente de fricción de la tubería como la longitud equivalente de la tubería de suministro de agua de los rociadores, que son datos aún sin determinar.

El coeficiente de fricción (f) se determina a partir del nomograma “*Factor de fricción en función del número de Reynolds con Rugosidad Relativa como parámetro*”, para lo cual se necesita conocer previamente, tanto el número de Reynolds (N_{RE}), como la rugosidad relativa (E/D) de la tubería.

Para el cálculo del número de Reynolds se emplea la siguiente fórmula:

$$N_{RE} = \frac{\emptyset \times V_2 \times \rho}{\mu} \quad \text{EC. 4.14}$$

Dónde:

$\emptyset$ = diámetro interior real de la tubería (m)

V_2 = velocidad del agua de la manguera (m/seg)

ρ = densidad del agua (kg/m^3)

μ = viscosidad = 0,001 cp (centipoise)

$$N_{RE} = \frac{0,1016m \times 1,95 \frac{m}{seg} \times 1.000 \frac{kg}{m^3}}{0,001cp}$$

$$N_{RE} = 198.120 = 1.98 \times 10^5$$

La rugosidad relativa $\left(\frac{E}{D}\right)$ se determina a partir del nomograma “*Rugosidad Relativa en función del diámetro para tubos de varios materiales*” (ver Anexo 25).

Considerando que para suministrar agua a los rociadores se emplea tuberías de acero comercial se determina:

$$\left(\frac{E}{D}\right) \cong 0,00048$$

Con los datos obtenidos para el N_{RE} y la $\left(\frac{E}{D}\right)$ se emplea el Diagrama de Moody (ver Anexo 26) para determinar el coeficiente de fricción, observando que:

$$f = 0.017$$

La longitud equivalente de la tubería está comprendida por la longitud de la tubería lineal y la longitud equivalente de los accesorios que participan en la línea de suministro de agua.

$$L_{eq} = L + L_{eq\ acc}$$

$$L = \text{longitud de tubería lineal} = 135\ m$$

Según NFPA 13 indica la longitud equivalente de accesorios:

TABLA 4.18 LONGITUDES EQUIVALENTES DE ACCESORIOS
PARA TUBERÍA CONTRA INCENDIOS [29]

Accesorio	Cantidad	L_{eq} (ft)	$L_{eq\ total}$ (ft)
Codo 90° x 4"	8	10	24
Válvula mariposa 4"	4	12	48
Long. Equiv. Accesorios			72 (21 m)

$$L_{eq} = 135 \text{ m} + 21 \text{ m}$$

$$L_{eq} = 156 \text{ m}$$

Con estos datos se determina la pérdida de carga total $h_{f_{total}}$.

$$h_{f_{total}} = \frac{(f \times L_{eq} \times V_2^2)}{2\phi g}$$

$$h_{f_{total}} = \frac{(0,017 \times 156 \times 1,95^2)}{2 \times 0,1023 \times 9,8}$$

$$h_{f_{total}} = 5,029 \text{ m}$$

Con estos datos se determina la altura dinámica o carga de trabajo de la bomba (H_B), a partir de la siguiente fórmula, en la que se han excluido las variables con valor cero.

$$H_B = h_{f_{total}} + \frac{P_2}{\rho \times g} + \frac{V_2^2}{2 \times g} + z_2 - z_1$$

Reemplazando los siguientes datos:

$$h_{f_{total}} = 5,029 \text{ m}$$

$$P_2 = 689.475,9 \text{ N/m}^2$$

$$\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,8 \text{ m/seg}^2$$

$$V_2 = 5,35 \text{ m/seg}$$

$$Z_2 = 1,5 \text{ m}$$

$$Z_1 = 1 \text{ m}$$

$$H_B = 5,029 \text{ m} + \left(\frac{689.475,9 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{seg}^2}}{1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}} \right) + \left(\frac{\left(5,35 \frac{\text{m}}{\text{seg}} \right)^2}{2 \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}} \right) + (1,5 \text{ m} - 1)$$

$$H_B = 76,156 \text{ m}$$

$$H_B = 108,31 \text{ psi}$$

Con este valor de cabezal dinámico y el caudal necesario se procede a la selección del sistema de bombeo.

Selección sistema de bombeo

A continuación se procederá con la selección de la bomba de marca Pentair Fairbanks Nijhuis, tipo horizontal y cuenta con un motor diesel.

De acuerdo a los datos obtenidos anteriormente se necesita una bomba de 522 GPM a 108 psi. Debido a que no existe en el mercado una bomba con ese caudal, se procederá a escoger una con el caudal inmediato superior.

En la siguiente tabla del fabricante se muestra el modelo escogido, donde, además, indica las RPM, potencia y peso.

TABLA 4.19 SELECCIÓN DE SISTEMA DE BOMBEO.

Fuente: Pentair Fairbanks Nijhuis

Flow GPM	Pressure		Diesel Driven			Engine Model	Engine HP	WT.
	(PSI)	(TDH)	Speed (RPM)	Horse Power (BHP)	Pump Size & Model			
7 5 0 G P M	95	219	1460	73	6"-1922AF	CFP5E-F10	84	3299
			1750	78	4"-1824F	JU4H-UFADJ8	86	2101
			2100	76	4"-2823CF	JU4H-UFADJ2	99	2360
			2300	80	4"-2823CF	JU4H-UFADJ2	99	2360
			3550	63	4"-1823DF	NA	NA	NA
	100	231	1460	79	6"-1922AF	CFP5E-F10	84	3299
			1750	75	4"-5824F	JU4H-UFADJ8	86	2365
			1750	98	5"-2824AF	JU4H-UFAD5G	100	3448
			2100	80	4"-2823CF	JU4H-UFADJ2	99	2360
			2300	85	4"-2823CF	JU4H-UFADJ2	99	2360
	105	243	3000	73	4"-2876AF	JU4H-UF24	83	3039
			3550	66	4"-1823DF	NA	NA	NA
			1460	85	6"-1922AF	CFP5E-F20	94	3159
			1750	84	4"-5824F	JU4H-UFADJ8	86	2365
			1750	104	5"-2824AF	JU4H-UFAD5G	110	3448
			2100	85	4"-2823CF	JU4H-UFADJ2	99	2360
			2300	90	4"-2823CF	JU4H-UFADJ2	99	2360
			3000	75	5"-1822CF	JU4H-UF24	83	1631
			3550	71	4"-1823DF	NA	NA	NA
	110	254	1460	91	6"-1922AF	CFP5E-F20	94	3159
			1750	89	4"-5824F	JU4H-UFAD5G	110	2920
			1750	111	5"-2824AF	JU4H-UFADP0	121	2986
			2100	90	4"-2823CF	JU4H-UFADJ2	99	2410
			2300	95	4"-2823CF	JU4H-UFADJ2	99	2410
			3000	91	5"-1822CF	JU4H-UF34	115	1656
			3550	75	4"-1823DF	NA	NA	NA

Dimensión y selección de tuberías

Para este sistema de tuberías no se toma en cuenta el dimensionamiento por tablas mencionado en la Norma NFPA, Sección 13, debido a que para la presente selección se considera el caudal de agua que se necesita en el sistema para poder operar.

Se tendrán dos secciones de tubería con diferente diámetro en el sistema, la primera será la tubería madre encargada de proveer de agua a los rociadores ubicados en los tanques y al gabinete contra incendio, y la segunda sección será la desde la tubería madre a los rociadores distribuidos tanto en el tanque de almacenamiento semanal como el de alimentación diaria. Se dimensionó el sistema contra-incendios tomando en cuenta los valores de caudal de agua

necesarios, y se obtuvieron los siguientes resultados de diámetros para tubería (Tabla 4.20):

**TABLA 4.20 RESULTADOS DE DIÁMETRO DE TUBERÍAS
PARA EL SISTEMA CONTRAINCENDIOS**

SECCIÓN	Tanque de almacenamiento seminal	Tanque de alimentación diaria	Gabinete contraincendios
Diámetro tubería madre (in.)	4	4	4
Diámetro tubería toma de rociadores (in.)	2	2	—
Material	ASTM A5-3	ASTM A5-3	ASTM A5-3

Selección de extintor

Se selecciona un carrito extintor de espuma para combustible tipo AFFF al 3 % de espuma con capacidad de 50 L. Ver Figura 4.32.

Esta selección se da debido a que la espuma AFFF posee una viscosidad baja, se propagan con rapidez y actúan como barrera superficial impidiendo el acceso del aire y deteniendo la vaporización del combustible, formando una capa flotante sobre la superficie del combustible evitando que este se pongan en contacto con el oxígeno y se evapore.



FIGURA 4.32 EXTINTOR TIPO AFFF AL 3% DE ESPUMA

CAPÍTULO 5

5. PROCEDIMIENTO PARA EL MONTAJE DE LOS EQUIPOS

5.1. Procedimiento para el montaje de equipo de generación de vapor

El capítulo tiene como objetivo describir los procedimientos básicos que se deben seguir en el montaje de equipos de generación de vapor, así como en la construcción y montaje de los tanques de combustible de alimentación y almacenamiento para la caldera.

Requisitos de seguridad antes de empezar con el montaje de los equipos de generación de vapor

- Cada obrero deberá estar capacitado e informado sobre los riesgos potenciales involucrados en el proceso de montaje, soldadura y Normas de seguridad que deben existir en cada área.
- Se deberá contar con extintores necesarios el cual será determinado por el supervisor de seguridad industrial o por la autoridad respectiva.
- Los niveles de ruido durante la ejecución de la obra se hará según lo determine el supervisor de seguridad industrial considerando los niveles de tolerancia permitidos.
- Se deberá contar con equipo de primeros auxilios.
- El calzado a usar por el obrero será: botas de cuero con planta antideslizante para evitar caídas y puntas de acero.
- Durante el tiempo que se realice el montaje el obrero deberá llevar puesto guantes, cascos y gafas de seguridad.
- Durante los trabajos en alturas superiores a 2 metros, los obreros deberán llevar cinturones de seguridad y arneses asegurados con una línea de vida, para evitar caídas graves y accidentes.

Adecuación de los sitios

Cuarto de generación de vapor

Los equipos para generación de vapor de la nueva planta se ubicarán en un área de 486 m², en la parte posterior de la planta principal como se muestra en la Figura 5.1.

Para definir la ubicación de los equipos se ha considerado como principales a la caldera, sistema de tratamiento de agua, tanques de almacenamiento de combustible, y de acuerdo a esto se los ubicará en el espacio idóneo para su funcionamiento. Se debe lograr una eficiente distribución de los equipos dentro de la planta.

Los equipos principales y auxiliares a instalar son:

- Dos calderas Cleaver Brooks de 600 BHP
- Manifold distribuidor de vapor
- Sistema de tratamiento de agua
- Tanque de alimentación de agua para la caldera
- Tanque de almacenamiento semanal de combustible
- Tanque de consumo diario de combustible



FIGURA 5.1 UBICACIÓN PLANTA DE CHOCOLATE

Distribución de equipos en el cuarto de generación de vapor

Como se indica en el plano, la caldera y los tanques de combustible han sido dispuestos en áreas separadas, el tanque de almacenamiento de combustible semanal será ubicado junto a la pared para facilitar la descarga de combustible desde el tanquero. Por motivo de espacio se diseñó un solo cubeto para los dos tanques de combustible, para que en caso de derrame el combustible quede contenido en ese lugar. La caldera ha sido ubicada respetando el espacio recomendado por el fabricante para una conveniente operación y mantenimiento.

Los equipos auxiliares (tanque de alimentación de agua, manifold, bombas, etc.) han sido ubicados de la forma más cercana posible de la caldera,

considerando distancias recomendadas para el tránsito de los trabajadores y para mantenimiento.

Planta de procesamiento de chocolate

Los equipos utilizados para la producción de chocolate fueron explicados en detalle en el Capítulo 3, y son los siguientes:

- Dos equipos limpiadores
- Dos equipos tostadores de grano
- Dos equipos descascaradores
- Dos molinos de pines
- Dos molinos de bolas
- Nueve tanques de esterilizado de licor de cacao
- Dos prensas hidráulicas horizontales para licor de cacao
- Tres tanques de almacenamiento de manteca de cacao
- Una mezcladora
- Una refinadora
- Una atemperadora vertical
- Una máquina moldeadora de chocolate
- Un equipo formador de barras de chocolate

Dichos equipos conjuntamente con las áreas de materia prima, producto terminado y oficinas ocuparán en la planta una superficie de 2.900m².

Los equipos han sido ubicados para facilitar el proceso y que, además, sea fluido, es decir, no provoque atrasos en ninguna sección de la línea de producción.

Las áreas también han sido separadas de acuerdo al proceso y de esta manera llevar el respectivo control del personal que labora.

En el plano se presenta la propuesta de ubicación de los equipos, tomando en cuenta los siguientes puntos para la instalación:

- Dejar el espacio para poder realizar los respectivos mantenimientos en el área.
- Considerar que cada uno de los cuartos será un área de tránsito para pallets, cajas y personal designado para trabajar en el área.

Montaje de equipos de generación de vapor

A continuación se explicará el procedimiento del trabajo a realizar en base a un cronograma de tiempo de ejecución de obra.

Suministro de materiales

Todos los materiales que se usarán en el montaje serán sometidos a la inspección de recepción por control de calidad.

Todos los equipos principales y auxiliares deberán llegar con sus respectivos sellos de seguridad del fabricante. En caso de que algún sello esté alterado se deberá rechazar.

Se deberá hacer una inspección visual de los equipos principales y auxiliares a recibir, y constatar que estén libres de golpes, óxidos, suciedad.

Obra civil

Preparación del área de montaje que debería estar ejecutada antes de proceder con el montaje de los equipos de generación de vapor:

El estudio del suelo estará a cargo del ingeniero civil asignado por la planta, el cual deberá proporcionar un suelo lo suficientemente resistente para soportar el peso de los equipos más críticos, en este caso serán las dos calderas de 600 HP cada una y tanques de alimentación diaria de combustible y almacenamiento semanal del mismo. Además, la instalación de la malla a tierra para la protección de los equipos, nivelación y la respectiva fundición del concreto.

Deberá ser colocada baldosa de cerámica en toda la superficie de la sala de calderas.

Los cerramientos de la sala de calderas, deberán ser de muros de ladrillo cerámico resistentes al fuego. Además, las puertas de acceso al local serán puertas cortafuegos para evitar la propagación de un incendio y en caso de emergencia permitir una rápida evacuación del edificio.

Esto se realizará después de que las calderas se encuentren en su sitio. La sala de calderas deberá tener una instalación de señal luminiscente exterior de incendios, y señal luminiscente de evacuación, además de extintores de polvo de ABC.

Elementos de protección:

Se deberá colocar elementos suficientes para que el montaje de la obra esté protegido, para ello se colocarán vallas metálicas, barras o cualquier otro sistema que pueda garantizar la seguridad del montaje.

Cubeto de retención de combustible:

En el Capítulo 3, Tabla 3.15 y Figura 3.17 se muestran las dimensiones que debe tener el cubeto de retención alrededor de los tanques de combustible, para los posibles derrames de éste en operaciones de llenado o vaciado, y en caso de rotura del tanque.

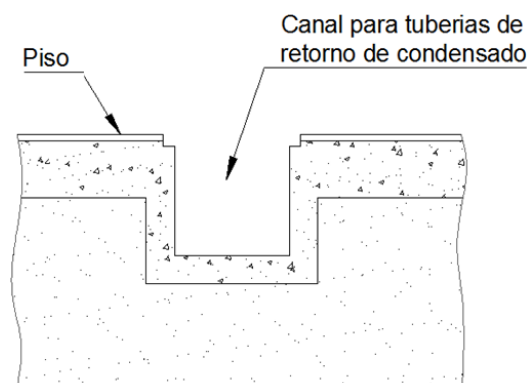
La construcción del cubeto estará a cargo del ingeniero civil asignado por la planta, el cual deberá realizar cálculos para el espesor que deberá tener el muro de contención del cubeto, para ello se le proporcionará información tales como fluido a almacenar en los tanques, el volumen que debería contener el cubeto en caso de derrame de los tanques y dimensiones como área y altura del cubeto, mostrados en la tabla y figura antes mencionada.

El piso del cubeto deberá contar con una pendiente tal que todo el combustible que se derrame escurra rápidamente hacia una zona del cubeto lo más alejada posible de los tanques, de las tuberías.

Se deberá finalizar la construcción del cubeto con sus respectivos acabados, enlucido, y pintado.

Canales para tuberías de retorno de condensado.

La construcción de los canales para retorno de condensado deberá realizarse coordinadamente con la obra civil debido ya que podrían presentarse inconvenientes al momento de montar las tuberías por espacio, además de que estos deben ser ubicados en la dirección como se indica en el plano de planta, el canal deberá tener como dimensiones 40 cm de ancho y 40 cm de profundidad (Figura 5.2), este deberá constar con rejillas metálicas en la parte superior a lo largo de todo el recorrido.



**FIGURA 5.2 CANALES PARA TUBERÍAS DE RETORNO DE
CONDENSADO**

Obra mecánica

Instalación de dos calderas de 600 HP

Una vez que las calderas lleguen a las instalaciones de la planta se procederá con el respectivo desembarque, y debido al peso de las calderas será necesario utilizar una grúa de 20 toneladas para ubicarlas en el sitio de montaje. Se debe tener en cuenta que hay que realizar una inspección visual de los equipos y chequear cada una de las partes y accesorios que el listado de compras menciona.

Los planos indican el lugar exacto para la colocación de las calderas, y se han tomado en cuenta recomendaciones del fabricante, tales como espacio para mantenimiento y para colocación de accesorios.

Cuando las calderas se encuentren en el sitio final de montaje se procederá a realizar las instalaciones necesarias por personal calificado.

La instalación eléctrica deberá estar terminada en el momento de la instalación de las calderas. Es responsabilidad del ingeniero eléctrico proveer los cables y accesorios necesarios hasta el lugar donde se encuentren los equipos. Es responsabilidad del Ingeniero Mecánico realizar la conexión de los cables al equipo.

La calibración y puesta en marcha la realizarán técnicos de Cleaver Brooks, y ejecutarán las pruebas necesarias hasta que los equipos se encuentren en total funcionamiento.

Instalación de sistema de tratamiento de agua

La instalación del sistema de tratamiento de agua se deberá realizar en base a lo expuesto en el manual de instalación de Cleaver Brooks, en donde se muestra forma de ensamble, tabla de dimensiones (Tabla 5.1) y conexiones de tubos, además de sus componentes principales (Figura 5.3).

TABLA 5.1 DIMENSIONES Y CONEXIONES DE SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA CLEAVER BROOKS [14]

SMR DIMENSIONS AND PIPE CONNECTIONS CHART								
MODEL	PIPE SIZES			DIMENSIONS				
	INLET/ OUTLET	DRAIN	INJECTOR	HEIGHT	WIDTH	LENGTH		
						SINGLE	TWIN	TRIPLE
300-2	2	1	¾"	6'-4"	3'-6"	5'-0"	9'-0"	13'-0"
300-3	3				3'-8"			
450-2	2	1	¾"	6'-10"	3'-6"	5'-6"	9'-6"	13'-6"
450-3	3				3'-8"			
600-2	2	1½	1"	7'-5"	4'-0"	6'-9"	11'-3"	15'-9"
600-3	3				4'-2"			
750-2	2	1½	1"	8'-5"	4'-0"	6'-9"	11'-3"	16'-9"
750-3	3				4'-2"			
900-2	2	2	1"	7'-10"	4'-6"	7'-6"	12'-6"	18'-6"
900-3	3				4'-8"			
1050-2	2	2	1"	8'-10"	4'-6"	8'-2"	13'-2"	18'-2"
1050-3	3				4'-8"			
1200-3	3	2	1 ½"	8'-4"	5'-4"	10'-0"	15'-8"	21'-3"
1200-4	4				5'-8"			
1500-3	3	2	1 ½"	8'-5"	5'-10"	11'-8"	17'-10"	24'-0"
1500-4	4				6'-2"			

deslizantes el cual irá dentro del canal como se muestra en la figura 5.4 lado izquierdo, y para el caso de las tuberías que distribuyen el vapor desde la caldera a los equipos se usaran soportes tipo colgante como se muestra en la misma figura lado derecho. El tiempo de instalación se lo detalla en el cronograma de montaje de la obra. Ver hoja técnica del fabricante “Espacios mínimos entre soportes” en el Anexo 27.

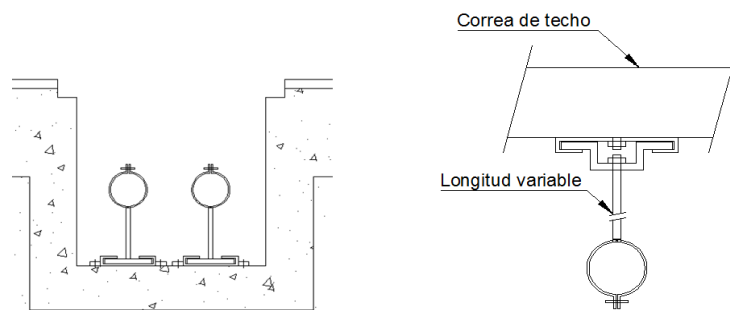


FIGURA 5.4 MONTAJE DE TUBERIAS DE VAPOR Y RETORNO

TABLA 5.2 ESPACIO MAXIMO SUGERIDO ENTRE SOPORTES
PARA TUBERÍA

Máximo espacio sugerido para soportes de las tuberías	
Diámetro nominal tubería (in)	Distancia (m)
1/2	2,7
1	2,7
3	4,6
4	5,2
5	6,4

Montaje de líneas de vapor y retorno de condensado

El montaje de las líneas madre de vapor desde el distribuidor hasta cada uno de los equipos consumidores de vapor, se dará una vez que el manifold y los soportes para las tuberías se encuentren listos y ubicados en sus sitios a la distancia mencionada en la Tabla 5.2 de máximos espacios para soportes de tuberías, verificando esto se procederá con las respectivas conexiones de la tubería de vapor colocando cada 30 metros una pierna de condensado como se indica en el Capítulo 3 en “Selección y dimensionamiento de piernas de condensado y tuberías ubicadas en las líneas de vapor (tuberías madre)”, la cual se muestra un esquema en la siguiente Figura 5.5:

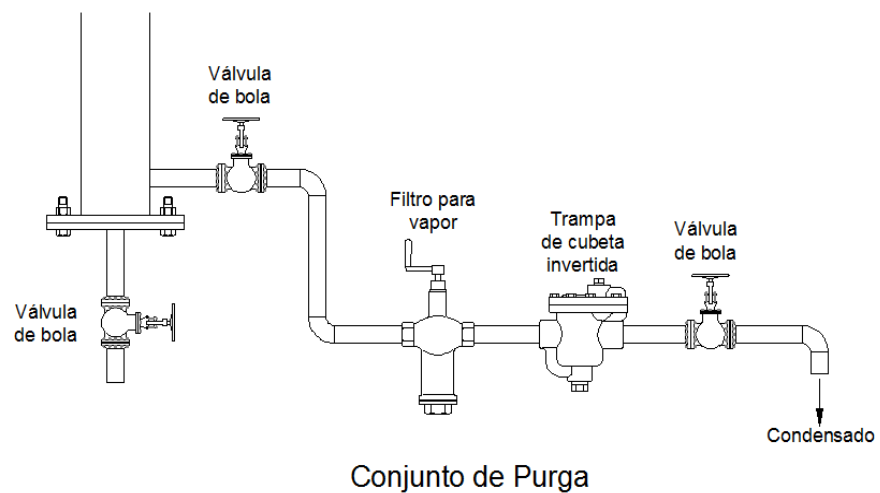


FIGURA 5.5 PIERNA DE CONDENSADO Y CONJUNTO DE PURGA

Se instalará una purga manual en el fondo de la pierna de condensado que servirá de emergencia, posteriormente en el conjunto de purga se tendrá una válvula de bola para cerrar el sistema para mantenimiento, además, se instalará un filtro para vapor separando así cualquier agente que pudiese contaminar el condensado, se montará una trampa de vapor tipo cubeta invertida, deberá montarse otra válvula de bola después de la trampa ya que de otro modo se permitiría que el condensado se introdujera de nuevo en la línea de vapor durante las paradas por mantenimiento.

Para las conexiones del equipo a la línea madre de vapor se lo realizará mediante derivaciones tipo cuello de ganso, así se evitará el paso de condensado si existiera en la línea, tal como se muestra en la Figura 5.6.

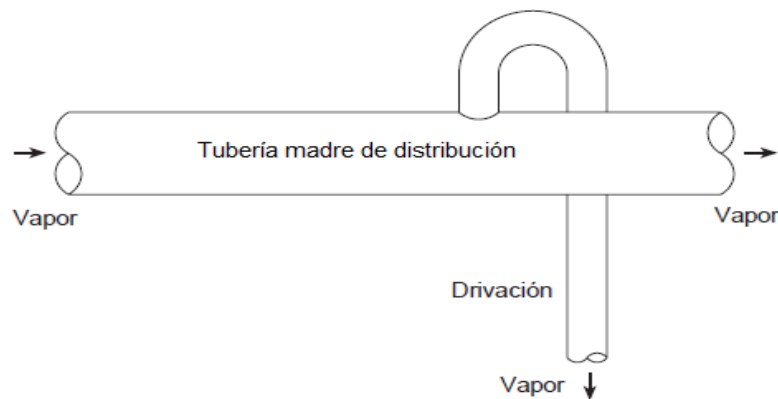


FIGURA 5.6 DERIVACIÓN TIPO CUELLO DE GANSO PARA CADA EQUIPO [19]

Cabe mencionar que la línea de vapor será aérea, estará suspendida en el aire por medio de soportes para tubería acoplados a una correa metálica soldada al techo (la correa metálica soldada al techo no es de alcance de esta tesis) como se muestra en la Figura 5.7.

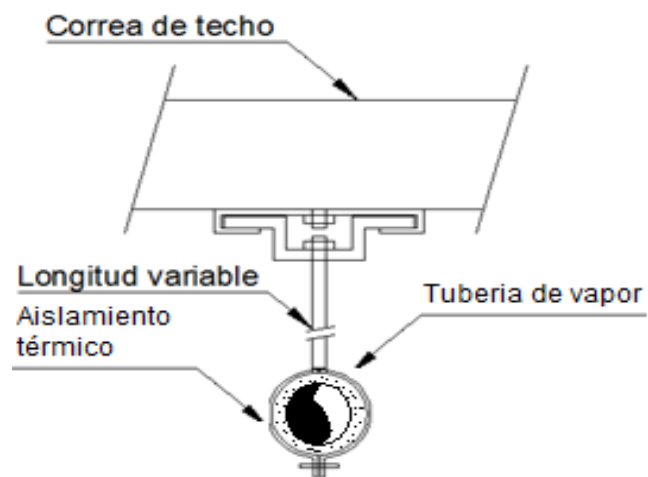


FIGURA 5.7 LÍNEA DE VAPOR MONTADA EN SOPORTE PARA TUBERÍA

Para ajustarse a los requerimientos de los equipos se instalarán estaciones reductoras de presión a la entrada de cada uno de ellos, montándolas como se muestra en la Figura 5.8.

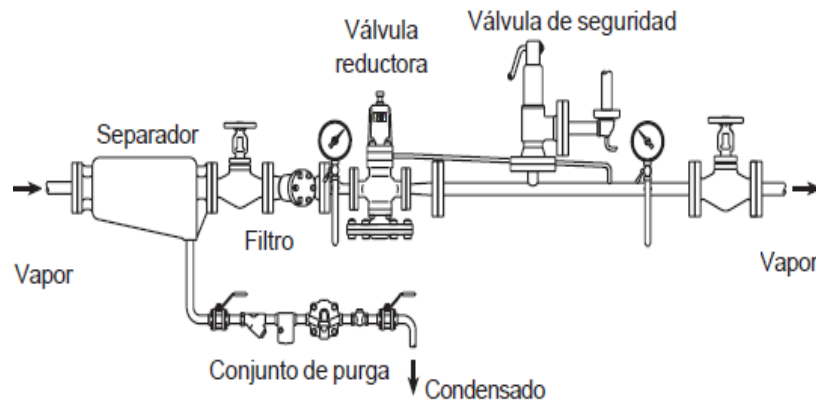


FIGURA 5.8 ESTACIÓN REDUCTORA DE PRESIÓN [19]

Se instalará un separador de humedad para eliminar el condensado que podría arrastra el vapor que entra garantizando tener solo vapor seco saturado, después se tendrá una válvula de bola para cerrar el sistema en tareas de mantenimiento, un manómetro para ver la presión a la cual ingresa el vapor a la válvula reductora, un filtro antes de la válvula reductora para eliminar cualquier agente dañino, posteriormente se instalará un segundo manómetro para así verificar la reducción de presión, por ultimo una válvula de bolas antes de ingresar el vapor al equipo.

Una vez armada las conexiones de las líneas de vapor y sus respectivos accesorios, estaciones de purga y reducción de presión, se deberá realizar una prueba neumática para determinar posibles fugas en las conexiones por falta de ajuste de accesorios y uniones bridadas o en uniones soldadas.

Realizada la prueba neumática y corregidos los problemas, se procederá a la instalación del material aislante en todas las líneas de vapor, el material a usar será lana de vidrio de diferentes espesores con una chapa de aluminio para impedir que la lana se moje, tal como se indica en la Tabla 3.26 “Resultados de espesores de aislamientos”, Capítulo 3.

Es importante que el material aislante no quede aplastado ni mojado, principalmente que se realice una protección mecánica adecuada del mismo, así se evitará pérdidas de calor y la formación de condensado en la línea de vapor.

Para la instalación de la tubería de retorno de condensado de los equipos a la tubería madre de retorno, primero se deberá verificar si los canales por donde circulará la tubería madre tiene las dimensiones correctas, además, constatar la ubicación y espacios entre soportes para las tuberías, una vez realizado esto, se realizará la conexión de la estación de purga del condensado a la salida de cada equipo, la cual constará de los siguientes elementos mostrados en la Figura 5.9.

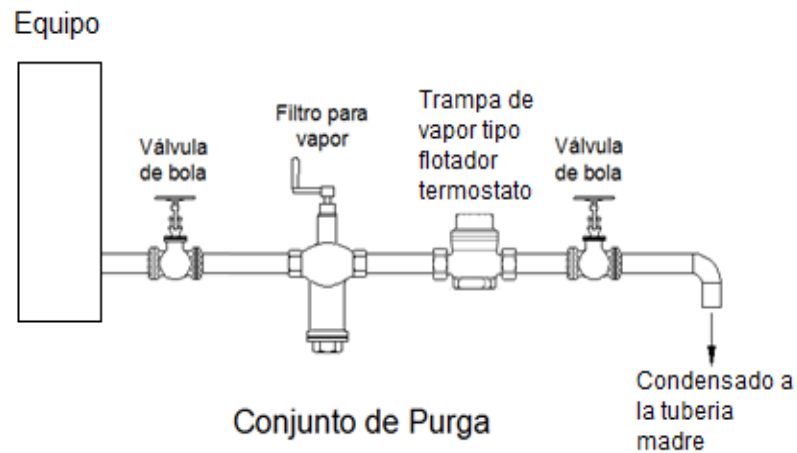


FIGURA 5.9 CONJUNTO DE PURGA PARA CADA EQUIPO

Se seleccionó para este conjunto de purga una trampa de vapor tipo flotador termostato, debido a que es la más recomendada para intercambiadores de calor; el mismo conjunto de purga será implementado en todos los equipos consumidores de vapor. El condensado que se recupere será llevado hasta la tubería madre de retorno, la misma que será montada en los soportes tipo patín ubicados en los canales de hormigón tal como se muestra en la Figura 5.10, para ser llevado hasta el tanque de condensado; una vez terminadas las conexiones se procederá a realizar la prueba neumática, verificando que no existan fugas en las conexiones de accesorios y uniones soldadas, las que de presentarse, deberán repararse inmediatamente.

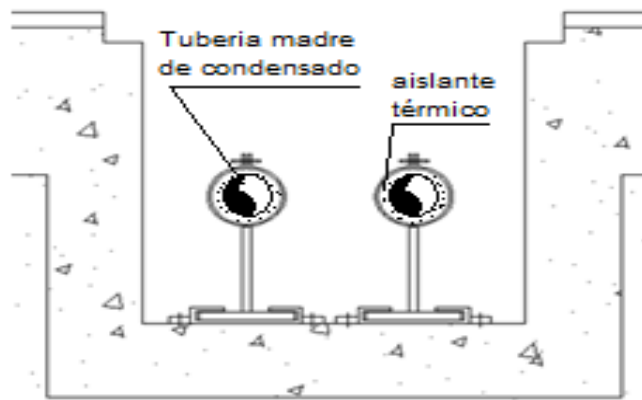


FIGURA 5.10 TUBERÍA DE RETORNO DE CONDENSADO
MONTADA EN EL CANAL

Construcción e instalación de manifold para vapor

El vapor generado por la caldera se distribuye a través de un manifold hacia las diferentes maquinas que forman parte del proceso de producción.

El manifold se diseñó de acuerdo al caudal y velocidad de vapor (recomendada de 15 m/s), y bajo condiciones de carga total; la baja velocidad recomendada es importante ya que ayuda a que cualquier humedad atrapada caiga hacia el bolsillo de condensado, y asegura que sólo vapor sea transportado hacia los equipos.

Es importante que el condensado sea removido tan pronto cuando se forme, para el efecto, se colocará una trampa de vapor de tipo cubeta invertida.

Específicamente la purga contará con los siguientes accesorios:

- Válvulas de bola.
- Filtro
- Trampa de cubeta invertida

La Figura 5.11 a continuación muestra la ubicación del manifold dentro del área de calderas:

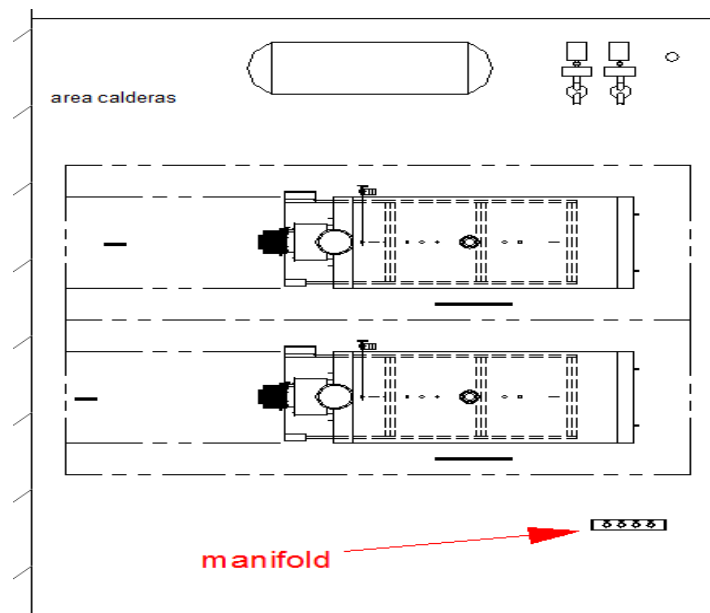


FIGURA 5.11 UBICACIÓN DE MANIFOLD EN EL ÁREA DE CALDERAS

Es importante indicar la dirección del vapor en las tuberías que salen del manifold y a qué proceso en particular van a alimentar.

A continuación se presenta un esquema del manifold de vapor con cada uno de sus partes para su correcto funcionamiento:

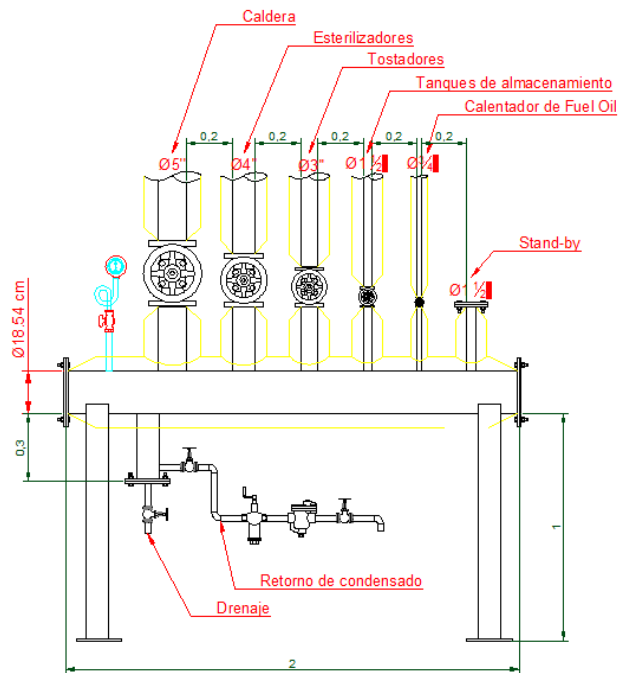


FIGURA 5.12 ESQUEMA DE INSTALACIÓN DE MANIFOLD DE VAPOR

El manifold deberá ser sometido a pruebas neumáticas con el fin de comprobar que no existan fugas en los cordones de soldadura. También deberá ser pintado con pintura anticorrosiva. Una vez colocado en su lugar se tiene que anclar con pernos en el piso para mayor seguridad.

Construcción e instalación de la chimenea

La chimenea será construida con planchas de acero de 6 mm de espesor, tendrá un diámetro de 24 in y estará bridada a la caldera.

La altura será 8m y sobresaldrá en la cubierta metálica del galpón por medio de un agujero que luego deberá ser impermeabilizado para evitar que el agua se filtre por ese lugar. Debido a la altura de la chimenea se deberá construir en dos tramos, uno de 6m y el otro de 2m, unidos entre sí por medio de bridas. En la parte superior de la chimenea se deberá colocar un sombrero chino o similar, con el fin de evitar que el agua ingrese al interior en días lluviosos. Para evitar que la chimenea se incline hacia algún lugar debido al viento o sismos se le deberán construir soportes que serán soldados a las correas de la cubierta; se recomienda también colocar una placa de reforzamiento sobre la cubierta.

El montaje se lo deberá realizar por tramos separados, para mayor facilidad. Y serán elevados con la ayuda de tecles.

Los trabajos debido a la altura serán realizados con andamios y todos los trabajadores contarán con sus respectivos equipos de protección de personal.

Todas las uniones bridadas deberán contar con sus respectivos empaques.

Calibración de la caldera

La calibración de la caldera estará a cargo por el personal técnico certificado de Cleaver Brooks, quienes realizarán la calibración del sistema de inyección y la mezcla de aire combustible, que se realizará con la caldera encendida y

partiendo de la calibración estándar de la misma; igualmente se calibrará la presión de trabajo, de instrumentos y elementos de control: manómetros, termómetros, válvulas de seguridad, esto en base a los requerimientos que necesitare el proceso de obtención de chocolate.

De acuerdo a criterios de los técnicos esta calibración tomará aproximadamente 3 días en realizarse.

Puesta en marcha, pruebas y ajustes

Completada la instalación de la caldera, equipos auxiliares, conexiones de tuberías, y obtenido el suministro de fuel oil # 6 en los tanques de combustible, se deberá realizar la puesta en marcha completa de toda la instalación, procediéndose a ajustar los equipos y el sistema de control y para la entrega de la obra, finalmente se realizarán pruebas de funcionamiento las que deberán hacerse bajo supervisión de los técnicos contratados por el cliente; estas pruebas de funcionamiento estarán bajo un protocolo definido por los mismos técnicos y deberá incluir medidas de parámetros de operación entre las más importantes se menciona: temperaturas, tiro de caldera, análisis de humos, pérdidas.

Obra eléctrica

Las conexiones para el suministro de energía a los equipos estará a cargo del ingeniero eléctrico asignado por la planta, en donde por seguridad de los equipos se deberá tener en cuenta lo siguiente:

Se deberá instalar para estos equipos tableros de control para voltajes de 110, 220 y 440.

La acometida para el suministro de energía eléctrica a los equipos deberá ser una línea aérea, siempre y cuando esta no atraviese ninguna área de instalación.

Todas las instalaciones de los equipos y materiales eléctricos usados deberán cumplir las exigencias de los reglamentos electrotécnicos de alta y baja tensión que les afecten.

Se deberá contar con protección contra los efectos de la electricidad estática y las corrientes que puedan ocasionarse por alguna anomalía, esta se establecerá mediante las puestas a tierra de todas las masas metálicas.

El sistema de alumbrado se deberá diseñar de tal forma que brinde una distribución y una intensidad de iluminación uniforme.

Deberá instalarse un sistema de alumbrado de emergencia.

5.2. Procedimiento para el montaje de tanques de almacenamiento

Requisitos de seguridad antes de empezar con el montaje del tanque

- Se deberá obtener un permiso de “Trabajo en Caliente”, emitido por la empresa donde se realizará el montaje para así poder realizar las actividades de soldadura.

- Cada obrero deberá estar capacitado e informado sobre los riesgos potenciales involucrados en el proceso de montaje, soldadura y Normas de seguridad que deben existir en cada área.
- Se deberá contar con extintores necesarios el cual será determinado por el supervisor de seguridad industrial o por la autoridad respectiva.
- Los niveles de ruido durante la ejecución de la obra se hará según lo determine el supervisor de seguridad industrial, considerando los niveles de tolerancia permitidos.
- Se deberá contar con equipo de primeros auxilios.
- El calzado a usar por el obrero será: botas de cuero con planta antideslizante para evitar caídas y puntas de acero.
- Durante el tiempo que se realice el montaje el obrero deberá llevar puesto guantes, cascos y gafas de seguridad.
- Durante los trabajos en alturas superiores a 2 metros, los obreros deberán llevar cinturones de seguridad y arneses asegurados con una línea de vida, para evitar caídas graves y accidentes.

Fabricación

Para la fabricación del tanque de almacenamiento semanal se tomará como base lo indicado en la Norma API 650 SECTION 6 –FABRICATION.

Los materiales a ser usados serán planchas y perfiles de acero que deberán estar especificados bajo la Norma ASTM designación: A 36.

Para soldar las planchas de acero A-36, se usaran, electrodos tipo E6010, y E7018; los electrodos deberán tener un bajo contenido de hidrógeno y adecuados para el material de la plancha que será soldada.

Los electrodos que se usarán para soldar tuberías, accesorios y perfiles estructurales de acero, deberán ser de tipo E6010, E7018 o similar, según el requerimiento.

De acuerdo a lo especificado en la Norma API 650 literal 6.1.3 todo el trabajo de fabricación de tanques API 650 se hará de acuerdo con esta Norma y con las alternativas especificadas en la orden del comprador.

La fabricación y el acabado deberán ser de primera clase en todos los sentidos y sujeto a la inspección del inspector del fabricante, incluso si el comprador ha renunciado a cualquier parte de la inspección.

Cuando el material requiere enderezado, el trabajo deberá ser hecho por presión u otro método no perjudicial antes de cualquier disposición o conformación al menos que el material sea mantenido a la temperatura de forja durante el enderezamiento.

Los materiales utilizados en la fabricación de tanques no deberán tener un efecto perjudicial sobre la integridad estructural del tanque.

Lubricantes, crayones, adhesivos y compuestos anti-salpicaduras de soldadura no deberán contener materiales que sean perjudiciales para el tanque [33].

Los soldadores deberán pasar una Prueba de calificación para poder determinar sus habilidades en la correcta realización del trabajo de soldadura requerido, esta prueba se hará de acuerdo al Código ASME IX.

Cualquier construcción que no estuviese especificada en las Normas citadas, se realizará de acuerdo a las mejores prácticas adoptadas en la industria petrolera.

Acabado de los bordes de la plancha

De acuerdo a lo indicado en la Sección 6 literal 6.1.2 de la Norma API 650 los bordes de las planchas pueden ser cizalladas, mecanizadas, o cortada a gas con máquina. El cizallamiento de estas se limitará a las placas de menos de o igual a 10 mm e / 8 in de espesor utilizado para soldadas a tope [33].

Cuando los bordes de las planchas se cortan con gas, las superficies resultantes serán uniformes y lisas, estas deberán limpiarse de acumulación de escoria antes de la soldadura. Después del corte o cizallamiento los bordes serán cepillados con cepillo de alambre, la fina película de óxido adherido a los bordes no necesita ser removido antes de la soldadura. Los bordes circunferenciales de fondo y de techo podrán ser cortados manualmente con gas [33].

Montaje

De acuerdo a lo indicado en la Norma API 650 Sección 6 literal 7.1.1 los fundamentos requeridos y grados de trabajo serán suministrados por el Comprador, a menos que se especifique lo contrario en el Contrato. El Fabricante comprobará tolerancias de nivel y curvas de nivel antes de empezar a trabajar, y deberá notificar al Comprador cualquier deficiencia descubierta que podría afectar a la calidad de la obra terminada. Las deficiencias observadas deberán ser rectificadas por el comprador a menos que se acuerde lo contrario por el fabricante. Todos los accesorios soldados temporalmente al exterior del tanque serán removidos y cualquier proyección notable de metal soldado deberá ser alisado con la superficie de la plancha. En el caso de desgarre inadvertido de la plancha cuando los accesorios son removidos, la zona dañada deberá ser reparada mediante soldadura, rectificado y posterior pulido de la superficie

Todos los accesorios soldados temporalmente al interior del tanque, incluyendo el cuerpo, techo, fondo del tanque, y otras estructuras internas deberán ser eliminados y cualquier proyección notable de metal soldado deberá ser alisado. En caso de desgarre accidental de la plancha cuando los accesorios son removidos, el área dañada deberá ser reparada mediante soldadura, rectificado y posterior pulido de la superficie. Este trabajo debe ser completado antes de la aplicación de los revestimientos internos [34].

Detalles de soldadura

De acuerdo a lo indicado en la Norma API 650 Sección 7 literal 7.1.1 ninguna soldadura de ningún tipo deberá ser realizada cuando las superficies a soldar están mojadas por la lluvia, la nieve o el hielo, o períodos de fuertes vientos, al menos que el soldador y el trabajo estén debidamente protegidos. Además, el precalentamiento se aplicará cuando la temperatura del metal es inferior a la temperatura requerida por las Tablas 7 y 7-1a-1b de la Norma, y mostrado en la Tabla 5.3 [34].

TABLA 5.3 MÍNIMO PRECALENTAMIENTO DEL METAL

ANTES DE SOLDAR. Fuente: Norma API 650 tabla 7.1a.

Material Group per Table 4-4a	Thickness (<i>t</i>) of Thicker Plate (mm)	Minimum Preheat Temperature
Groups I, II, III & IIIA	$t \leq 32$	0°C
	$32 < t \leq 40$	10°C
	$t > 40$	93°C
Groups IV, IVA, V & VI	$t \leq 32$	10°C
	$32 < t \leq 40$	40°C
	$t > 40$	93°C
7-1		

Los bordes de la soldadura se deberán fusionar sin problemas con la superficie de la placa sin un ángulo agudo.

Todas las soldaduras deberán estar libres de ondas gruesas, surcos, superposiciones, crestas abruptas y valles que interfieran con la interpretación de los resultados de END (ensayos no destructivos).

Durante la operación de soldadura, las planchas se deberán mantener en estrecho contacto en todas las puntas traslapadas.

Los puntos de soldadura usados durante el montaje de las juntas verticales del cuerpo del tanque deben ser removidos y no podrán permanecer en las juntas terminadas cuando las juntas sean soldadas manualmente.

Si los revestimientos protectores van a ser usados en superficies a soldar, los revestimientos deberán ser incluidos en el proceso de calificación de soldadura para la formulación de la marca y espesor máximo de recubrimiento a ser aplicado.

Montaje del fondo

Antes de proceder a la construcción del fondo del tanque se deberá verificar que la base no tenga problemas topográficos, ya que deformaciones de ésta se notarán en el fondo.

Esta inclinación se logrará por el diseño de la base de hormigón donde se asentará el tanque, correspondiente a la Obra Civil.

El montaje de las planchas del fondo será soportado por un anillo de hormigón cuya área y altura será determinada y calculada por el diseño de ingeniería civil aprobado por el fiscalizador

Al ubicar las planchas del fondo del tanque se deberá determinar con toda exactitud el centro y el diámetro del tanque.

Posteriormente que se ha determinado el centro del fondo se coloca sobre ésta la primera plancha central y sobre ésta nuevamente se marcará el centro observando la orientación de las planchas de acuerdo a lo especificado en los planos. Después se colocará la segunda y la tercera plancha desde el centro hacia fuera, considerando que estas planchas vayan quedando traslapadas por debajo del anterior 50 mm.

De acuerdo a lo indicado en el literal 7.2.1 de la Norma API 650 se deberá puntear con soldadura E - 6010, las planchas que se van distribuyendo en el fondo, para que éstas no se desplacen y/o desalineen.

Según la Norma API 650, Sección 7 después de que las planchas del fondo se encuentren ubicadas en su lugar, las juntas deberán ser unidas por soldadura en una secuencia que el constructor determine que cause la menor distorsión por contracción y por lo tanto proporcionar lo más cerca posible a una superficie plana.

La soldadura del cuerpo al fondo deberá estar prácticamente terminada antes de que se complete la soldadura de las juntas de fondo que pueden haber sido dejadas abiertas para compensar la contracción de las soldaduras realizadas anteriormente.

Las planchas del cuerpo pueden ser alineadas por clips metálicos unidos a las planchas de fondo, y el cuerpo pueden ser soldada por puntos a la parte inferior

antes de que se inicie la soldadura continua entre el borde inferior de la chapa del cuerpo y las planchas de fondo [34].

Montaje del cuerpo

Construcción del primer cinturón: Al momento de iniciar la construcción del primer cinturón, las planchas roladas serán colocadas como indica el plano constructivo. Por comodidad, la primera plancha del primer cinturón a montarse será aquella que contenga el manholes y boquillas de drenaje y drenaje del sumidero con el objetivo de que éstas sirvan para fijar orientación del casco.

Realizado este trabajo se colocarán guías con puntos de soldadura en el fondo, tanto interior como exteriormente, para impedir que se corra al subir las otras láminas.

A continuación se siguen montando las otras planchas tratando de mantener siempre la tolerancia que indican los planos para soldaduras verticales.

La tolerancia para soldar se mantiene con espaciadores asegurados con cuñas.

Se debe tener presente que al armar éste primer cinturón, las juntas verticales no coincidan, con las juntas del fondo. Esto se comprobará con anterioridad en planos y en el campo.

Al terminar de instalar todas las planchas del primer cinturón, se mide nuevamente el diámetro y perímetro del tanque.

La primera prueba que se realizará será por radiografía industrial y por tintas penetrantes, la cual se efectuará a las soldaduras de las planchas orilleras unidas al fondo, estas deberán estar limpia de toda escoria.

Soldadura del primer cinturón: La aplicación de las soldaduras verticales se empieza por la parte interior, dejando una junta intermedia sin soldar. Este procedimiento causa que las planchas en las juntas verticales se deformen temporalmente hacia fuera.

Según Norma API 650 Sección 7 se debe mantener las soldaduras libre de escorias o carbón dejado por los electrodos, con disco esmeril o con cinces manualmente por la parte exterior. Se procederá a terminar de soldar las juntas intermedias faltantes y se descarbonizan totalmente.

Se hace una inspección visual en todo el perímetro, adicionalmente se deberá realizar una prueba por partículas magnéticas o tintas penetrantes.

Se procede a soldar las planchas por la parte externa en sus juntas verticales.

Se debe hacer después el sello de base y el fondo. Luego se procederá a colocar el sumidero de drenaje.

Construcción del segundo cinturón: Se deberá verificar el espesor de la plancha de acuerdo al diseño del tanque para realizar los respectivos ajustes de diámetro respecto al anterior.

Se debe tener en cuenta el desarrollo del cuerpo como aparece en los planos, es decir, la forma como debe quedar la orientación de las juntas verticales del segundo cinturón con respecto al primer cinturón.

En este cinturón se deben soldar las orejas que servirán para sostener o amarrar los andamios tanto en la parte interior como exterior del tanque.

Cuando se termina el montaje del segundo cinturón, se verifica el diámetro, perímetro y la verticalidad.

El supervisor del trabajo será el responsable de registrar en la bitácora el Avance Diario de Obra hasta llegar a la culminación de cada actividad.

Soldadura del segundo cinturón: Se inicia la soldadura punteando las planchas del segundo cinturón con las del primer cinturón a medida que se vayan montando, después de realizar esto se procederá a soldar las juntas verticales del segundo cinturón y se sigue el mismo procedimiento consignado en el punto de soldadura del primer cinturón.

Montaje y soldadura de cinturones siguientes: A partir del tercer cinturón, el montaje y la secuencia es el mismo que se utiliza para los puntos de armado y soldadura del segundo cinturón.

Una vez finalizado el cuerpo del tanque, se suelda el ángulo rigidizador en la parte superior del cinturón; el cual ayuda a controlar la redondez del tanque y evitar que se deforme con el tiempo, como se indica en los planos. La

instalación del ángulo de rigidez al final del último cinturón y en la unión con el techo autosoportado será soldado a filetes con cordones alternados en todo el perímetro del tanque.

Cuando se haya concluido la soldadura del cuerpo se procede a perforar los huecos para las conexiones y manholes, los cuales se arman y se sueldan al cuerpo.

Según Norma API 650 Sección 7 literal 7.2.3 las planchas a unir mediante soldadura a tope se deben emparejar con precisión y mantenerse en posición durante la operación de soldadura. La desalineación de las juntas verticales terminadas para placas menores o iguales a 16 mm (5/8 in.) de espesor no deberá exceder de 1.5mm.

En las juntas a tope horizontales terminadas, la placa superior no deberá sobresalir más allá de la cara de la placa inferior en ningún punto en más de un 20% del espesor de la placa superior, con una proyección máxima de 3 mm (1/8 in.); sin embargo, para las placas superiores de menos de 8 mm (5/16 in.) de espesor, la proyección máxima se limitará a 1,5 mm (1/16 in.).

El reverso de las juntas a doble soldadura a tope deberá limpiarse a fondo de manera que dejará la superficie expuesta satisfactoria para la fusión del metal de soldadura que se añade, antes de la aplicación del primer talón hasta el segundo lado.

El supervisor del trabajo será el responsable de registrar en la bitácora el Avance Diario de Obra hasta llegar a la culminación de cada actividad [34].

Montaje del techo

Después que se tiene soldado el ángulo de soporte se procederá al montaje del techo.

La construcción del techo se realizará en el piso para mejor comodidad y maniobrabilidad de la misma.

Se deberá tender todas las planchas tomando cuidado con el traslazo que deben llevar y se irán juntando con puntos de soldadura, usando para ello soldadura con electrodo E-6010. Terminado el tendido de las planchas se procederá a soldar utilizando el mismo procedimiento que se empleó para soldar el fondo del tanque, dejando sueltas las planchas orilleras.

Las soldaduras aplicadas perimetralmente entre el techo-unión al ángulo de soporte, deberán ser en un solo pase rápido debido a que se podría desalinear.

Se usará una grúa de 5 toneladas para montar el techo auto-soportado en la parte superior del tanque la misma que se usará para montar el último anillo del cuerpo.

En el momento del montaje se deberá tener en cuenta ubicar la lámina que deberá ser la central, se determinará el centro del mismo y se instalará con la orientación que fija el plano.

Como trabajo final en la construcción y montaje del techo, se perforarán huecos para conexiones del techo se armarán y se soldarán, para ello se podrá aplicar equipo de oxicorte.

Boquillas

El montaje de las boquillas se lo realizará de acuerdo a lo especificado en la Figura 5-8, Tabla 5-6a, 5-8a, 5-7a de la Norma API 650 Sección 5. (Ver Anexos 10 y 13)

Ensayos

Para garantizar las soldaduras de fondo, cuerpo y techo del tanque se realizarán las siguientes inspecciones:

- Prueba Hidrostática.
- Ensayo radiográfico a soldadura según Norma API 650.
- Tintas penetrantes a soldadura.

Proceso de limpieza y pintura

Esto se realizará una vez que se hayan culminado los trabajos de soldaduras verticales, horizontales y los ensayos se procederá con la limpieza mecánica por chorros de arena de grado comercial SP6.

Se tomará como referencia la hoja técnica de SIKA “Preparación de superficies metálicas”, el proceso de preparación de superficie (sandblasting) deberá ser realizado por operadores experimentados con equipos de limpieza a chorro, tipo alimentación forzada, y de operación continua.

El área que se obtenga mediante sandblasting en ningún momento será mayor de aquella área que pueda ser pintada el mismo día; es decir, área preparada, área pintada.

Todas las áreas preparadas por sandblasting deberán estar libres de polvo antes de la aplicación de la pintura; por ejemplo, soplando con aire seco estas áreas preparadas, el aire debe estar libre de agua condensada y aceite. Se debe prever el uso de un separador de humedad adecuado o una trampa.

Una vez que se ha finalizado la preparación de la superficie del tanque, este deberá ser sometido a inspección visual o mediante un rugosímetro para constatar el grado de rugosidad requerido.

Excesiva cascarilla de laminado podrá ser removida con herramientas de impacto o por equipo especial de limpieza con chorro.

La operación de limpieza por chorro debe hacerse de tal manera que no se produzcan daños a áreas adyacentes al trabajo.

El "Sandblasting" no debe darse en superficies que pueden humedecerse después de la limpieza y antes de pintarse o cuando las condiciones ambientales son tales que aparece una visible oxidación antes de pintar.

Si se forma herrumbre después del "Sandblasting", la superficie debe ser limpiada nuevamente antes de pintar [35].

Luego de esto se aplicará la pintura final, según el sistema de pinturas ya establecido en el Capítulo 4 para cada uno de los tanques.

El espesor de cada una de las 3 capas de pintura, en estado húmedo o seco, deberá ser inspeccionado por el Fiscalizador designado, con un medidor de espesores de capa.

Se deberá dar atención prioritaria a las áreas en donde se aplicó soldadura, filos, esquinas del techo y fondo interior del tanque. Si se encontrasen fallas después de la aplicación de la segunda capa de pintura, se deberá repetir el proceso nuevamente (sandblasting y pintura) toda el área afectada.

No se deberá pintar sobre superficies preparadas por sandblasting el día anterior; esto podrá realizarse siempre y cuando la preparación de superficie haya sido el mismo día caso contrario se aplicará nuevamente sandblasting.

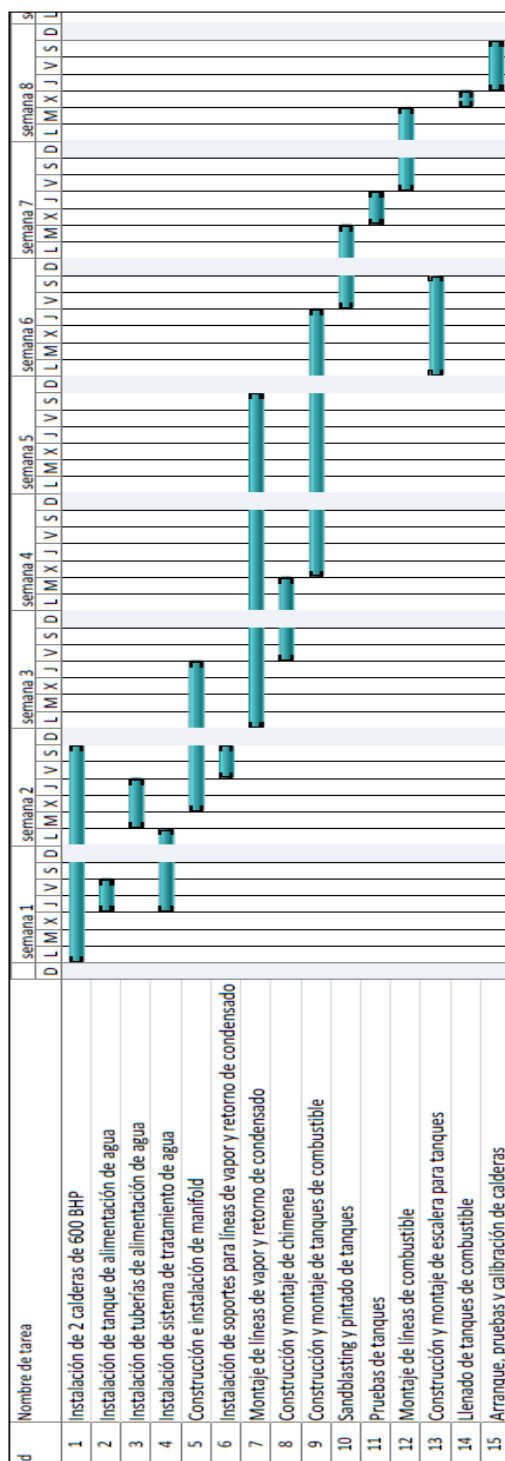
No se utilizarán brochas en este sistema de pintura, caso contrario si el Fiscalizador o Supervisor lo crea necesario.

Una vez finalizado todo el trabajo se elaborará un acta final de recibo.

Será responsable de la finalización del procedimiento el Supervisor de montaje y el ingeniero residente.

En la bitácora de trabajo se registrará el Avance Diario de Obra hasta llegar a la finalización de cada trabajo que se realice; la responsabilidad de registrar es del supervisor del frente de la obra.

5.3. Cronograma de montajes



CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

1. Se cumplió con el objetivo en la selección del cuarto de generación de vapor, el mismo que garantiza suministrar vapor suficiente que demanda el proceso de obtención de chocolate.
2. Los equipos para la nueva línea de producción, sistema de generación y distribución de vapor, y demás equipos auxiliares, se pueden adquirir localmente.
3. Las tuberías de vapor fueron dimensionadas utilizando tablas de Spiraxsarco, por lo tanto, es importante mencionar que las guías de

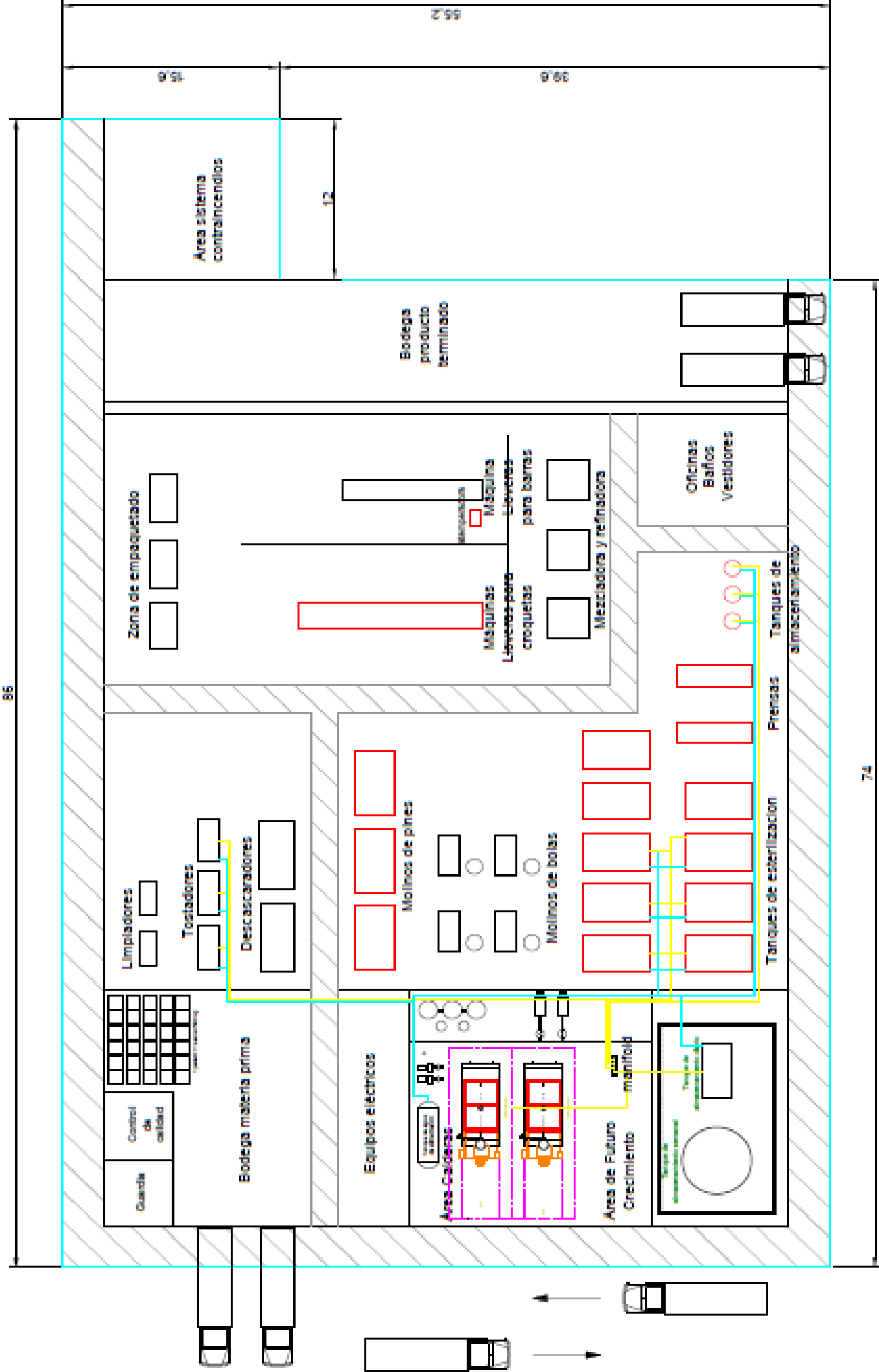
referencia de los fabricantes proporcionan valiosa información de ayuda para los ingenieros.

4. En el diseño de los tanques se obtuvieron valores de espesores menores a los que dicta la Norma API 650, por lo tanto se utilizarán los valores mínimos establecidos por la misma para las planchas metálicas de cada parte del tanque: fondo, cuerpo y techo.
5. Los tanques de almacenamiento son elementos críticos dentro de la planta en cuanto a seguridad, debido a que contienen sustancias inflamables, por lo tanto es muy importante que su diseño se lo realice siguiendo las pautas que determinan las normas internacionales (API, ASME, NFPA).
6. El diseño de las boquillas del tanque y sus accesorios se lo realizó bajo datos establecidos en la Norma API 650, los mismos que serán construidos y montados bajo las condiciones de la indicada Norma.
7. La instalación de la planta, montaje y construcción de los tanques de combustibles deberán basarse estrictamente en los lineamientos expuestos en este proyecto; sin embargo, la ingeniería detallada debe ser objeto de otro estudio, puesto que será la encargada de detallar minuciosamente todos los componentes de la planta para una correcta puesta en funcionamiento.

6.2. Recomendaciones

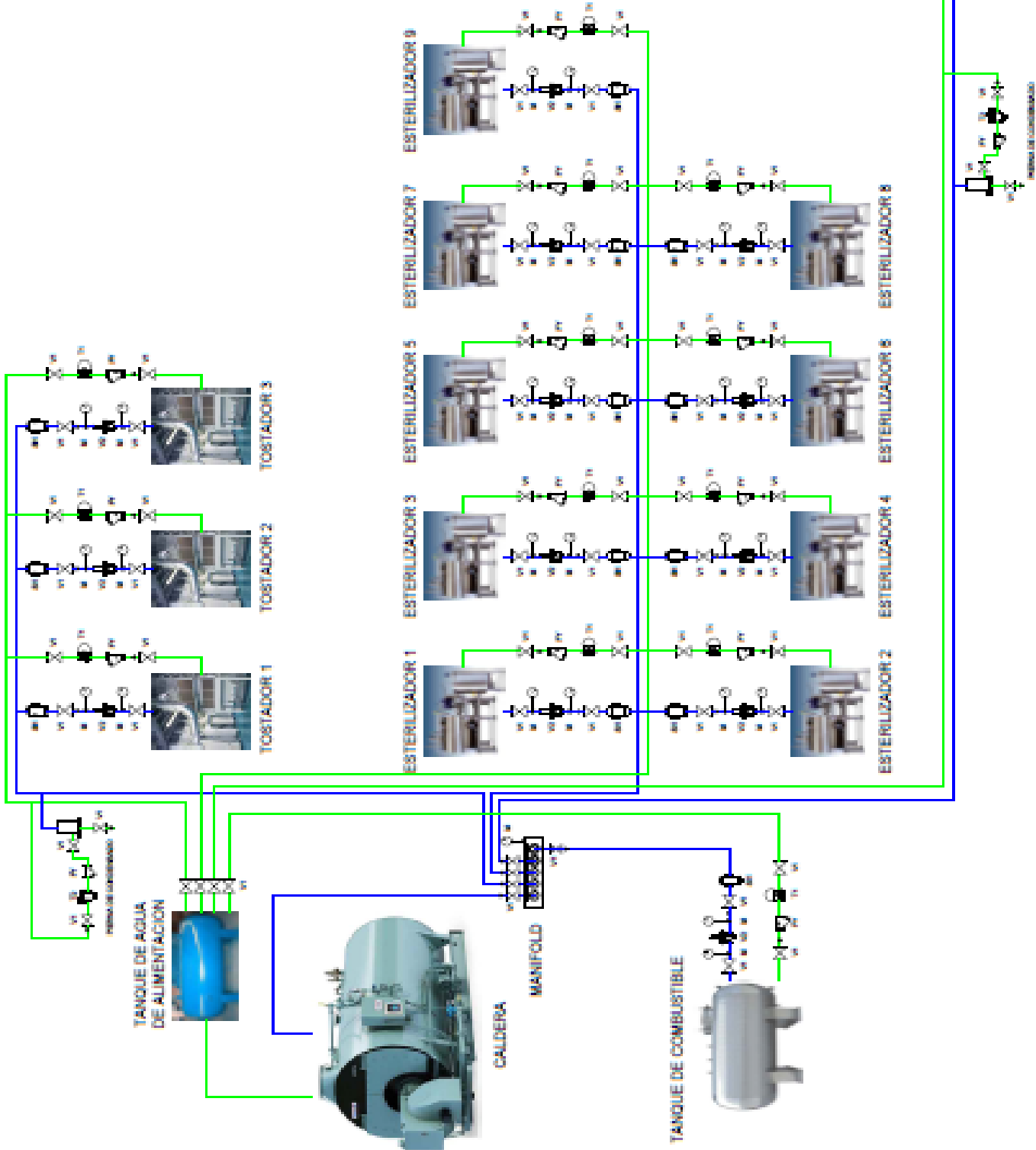
1. Desarrollar un plan de mantenimiento predictivo para todo el sistema de vapor, monitoreando en todo momento las condiciones técnicas de los equipos que conforman el sistema de generación de vapor mientras se encuentren en funcionamiento, minimizando así el tiempo muerto por mantenimientos preventivos, y maximizando la vida útil del componente.
2. Una forma de reducir el consumo de combustible es con un correcto aislamiento térmico de las líneas de suministro de vapor de la caldera hacia los consumidores. De esta forma se reducen las pérdidas de calor a través de las tuberías y a la vez se evitan posibles riesgos de quemaduras del personal.
3. Los trabajos de Ingeniería Civil se deberán coordinar con el Ingeniero Mecánico, quien deberá dar el visto bueno a dichos trabajos, tales como bases para calderas, cimientos para tanques y diques de contención.
4. Todo el personal que trabajará en el cuarto de calderas deberá ser capacitado permanentemente en el manejo de los equipos. Igualmente todos trabajadores de la planta deberán contar con capacitación en su respectiva área y especialmente en el uso constante y adecuado de equipos de protección personal.

PLANOS

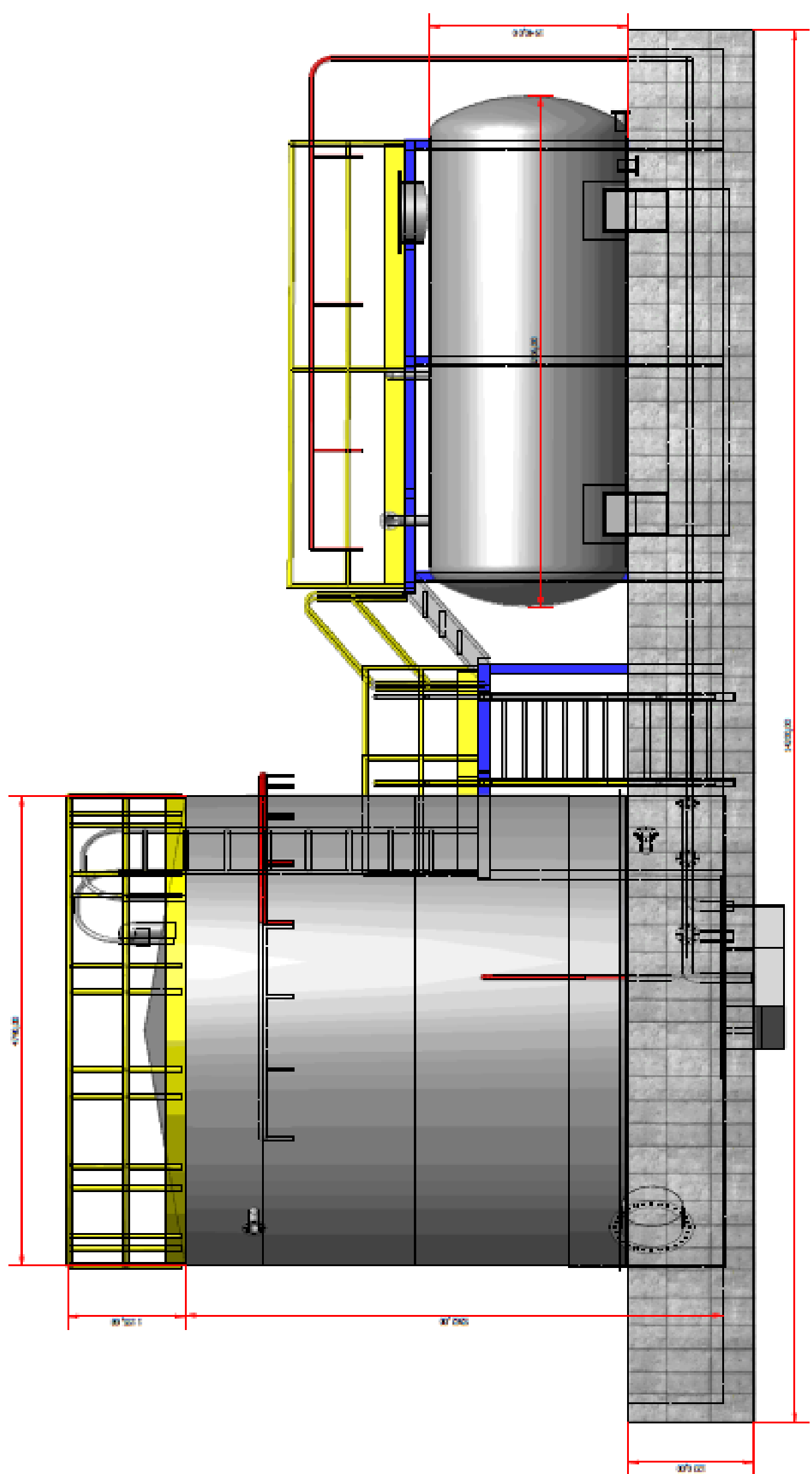


FIMCP - ESPOL		Plantilla	Plantilla	Plantilla	Plantilla
Planta de Procesamiento de Chocolate		Plantilla	Plantilla	Plantilla	Plantilla
Distribución de áreas en planta		Plantilla	Plantilla	Plantilla	Plantilla
S/E		Plantilla	Plantilla	Plantilla	Plantilla
1		Plantilla	Plantilla	Plantilla	Plantilla

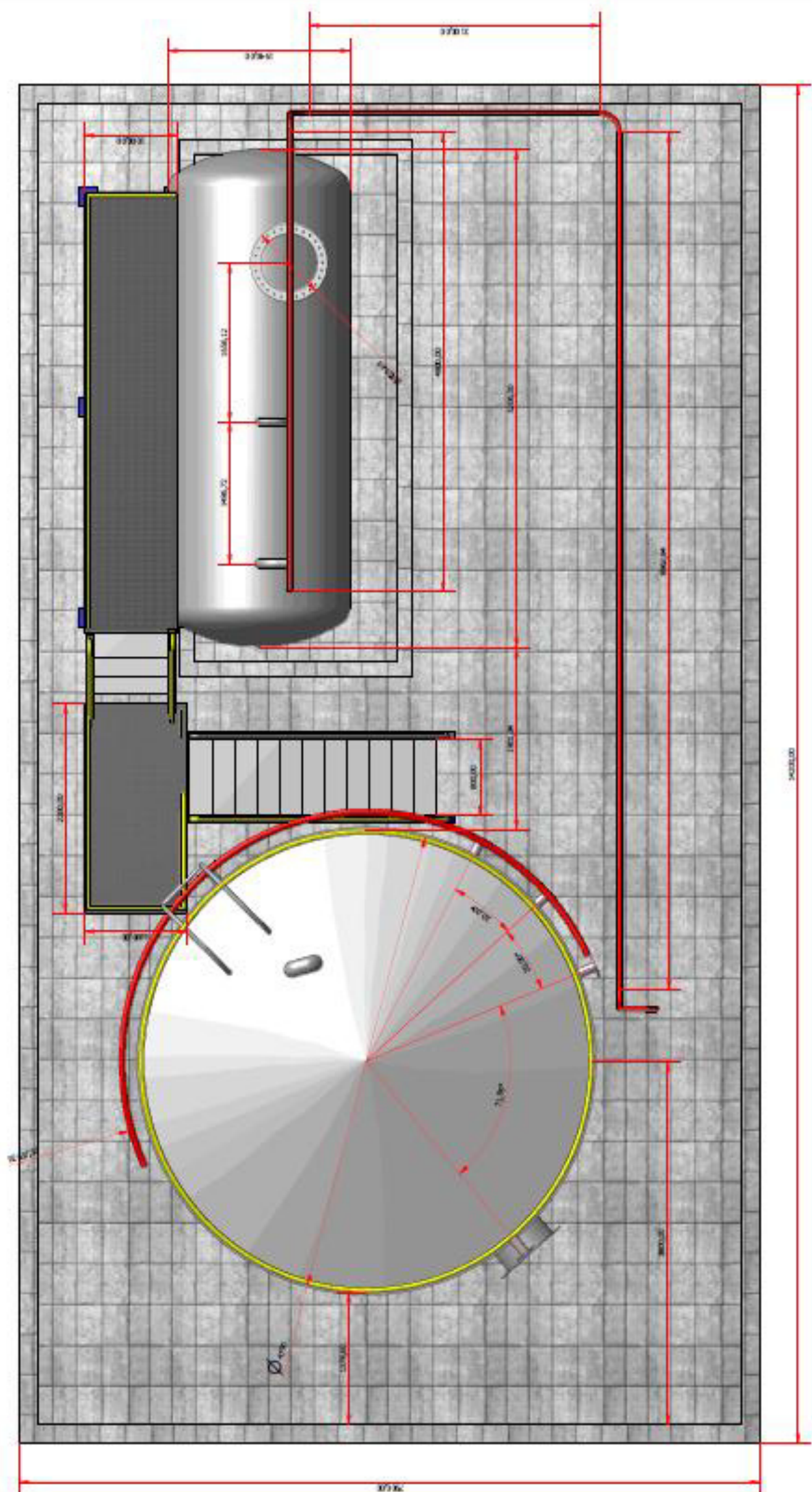
SIMBOLOGIA	
V1	Válvula de bola
V2	Válvula reductora de presión
M	Manómetro
BH	Separador de humedad
FY	Filtro Y
T1	Trampa de flotador y termostato
T2	Trampa de cubeta invertida



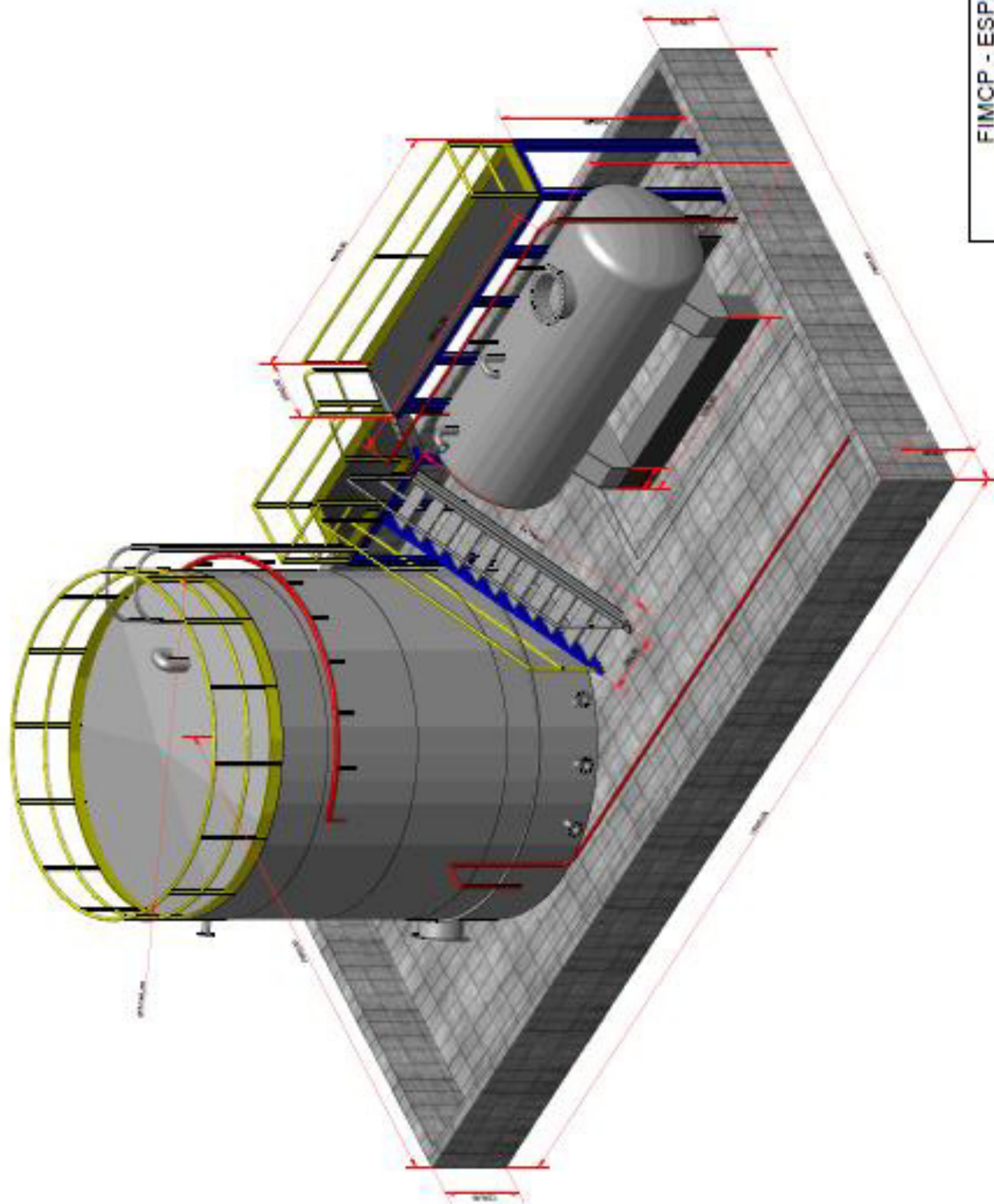
FIMCP - ESPOL		Fecha	Revisión
Circuito de Distribución de Vapor		20/02/2023	01.01.19
Proyecto		Revisión	02/02/2023
Código		2	
S/E		Usuarios de Vapor	
S/E		Usuarios	



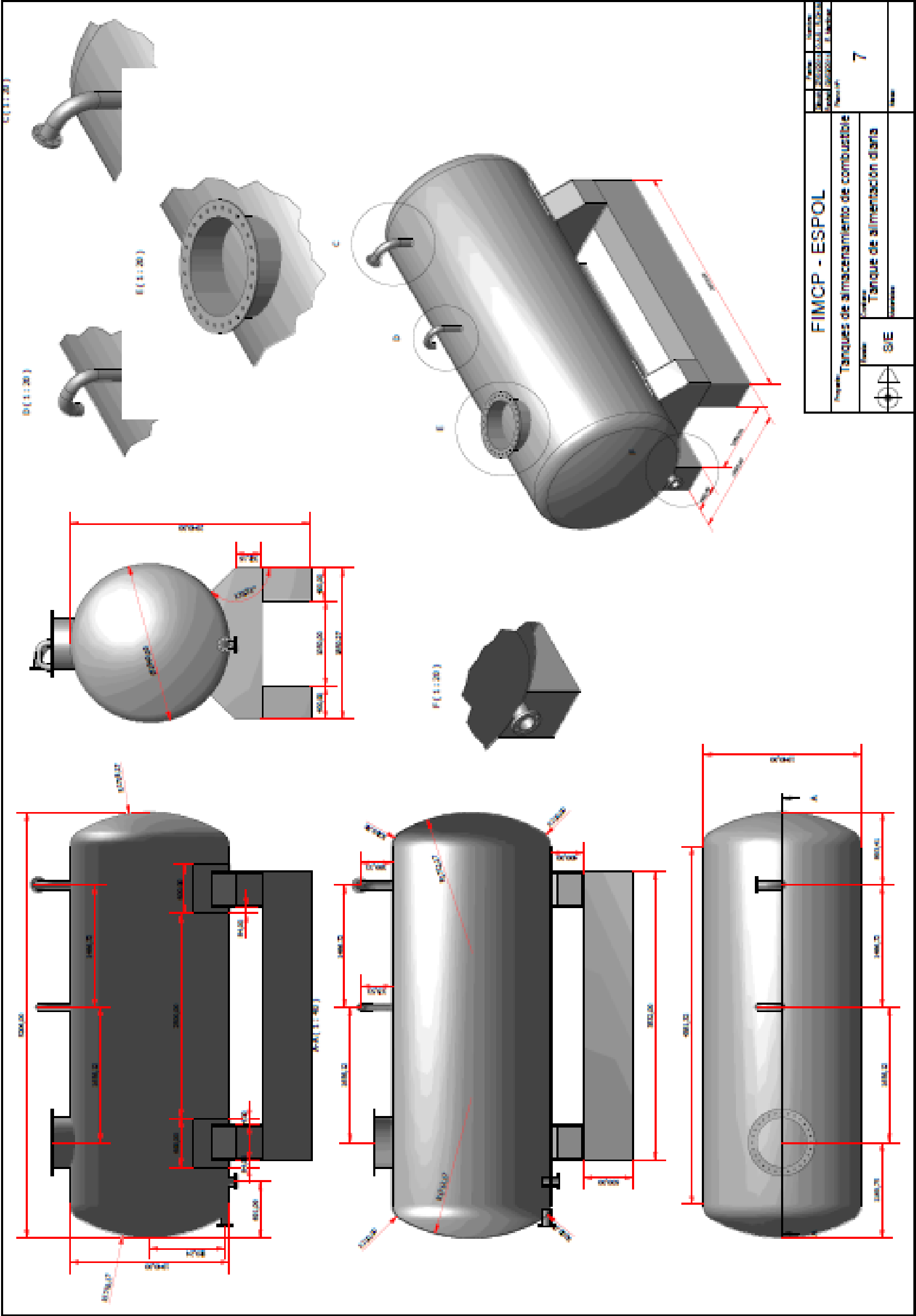
FIMCP - ESPOL		Proyecto		Diseno	27/01/2014	CALEN/COMAR	Revisado	28/02/2014	3
Tanques de almacenamiento de combustible		Nombre		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							
		Medidas		3					
		Medidas generales							
		S/E							

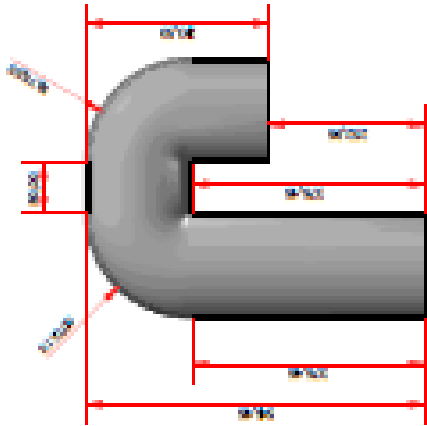


FIMCP - ESPOL		Plano 10	4
Proyecto	Tanques de almacenamiento de combustible	Revisión	Medidas generales
Revisión	S/E	Elaboración	Edición

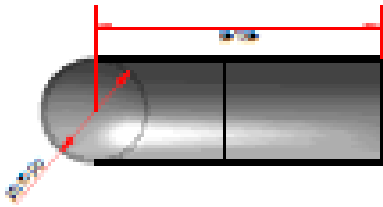


FIMCP - ESPOL		5	
Proyecto	Tanques de almacenamiento de combustible	Nombre	5
Fecha	S/E	Ubicación	Vista en perspectiva
S/E		Comentarios	

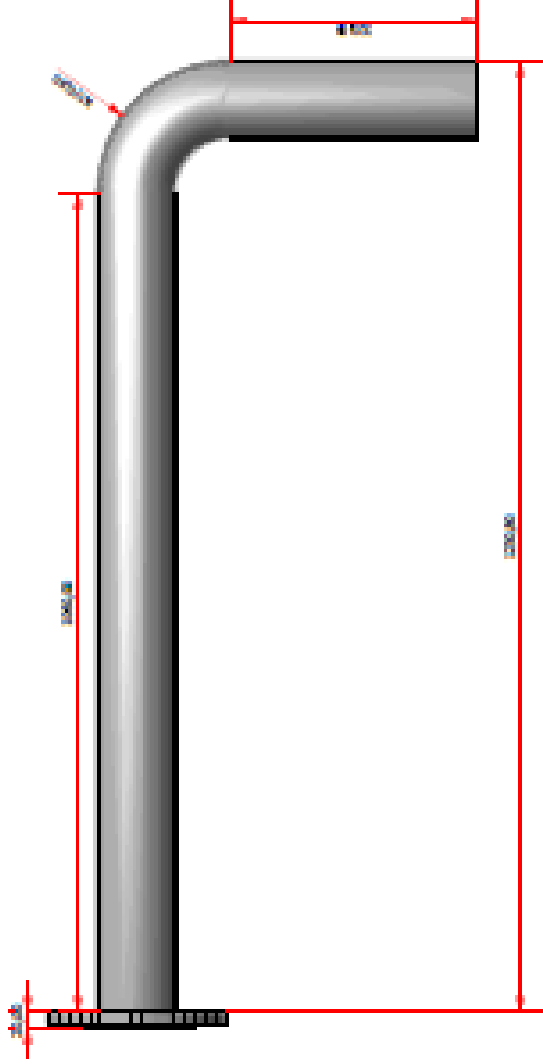
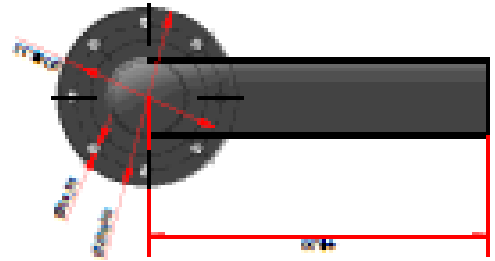
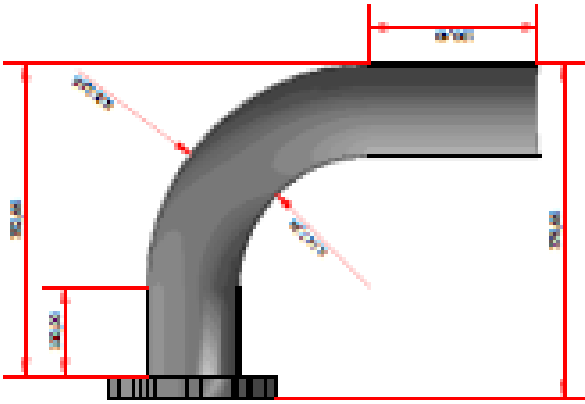
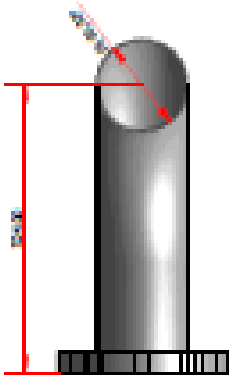
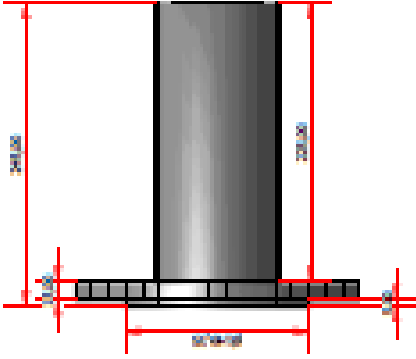
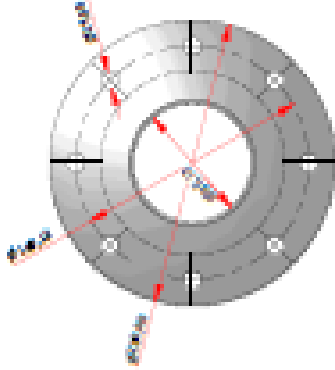




PART LIST			DESCRIPTION
ITEM	QTY	PART NUMBER	
1	1	1000-000	



PART LIST			DESCRIPTION
ITEM	QTY	PART NUMBER	
1	1	1000-000	



PART LIST			DESCRIPTION
ITEM	QTY	PART NUMBER	
1	1	1000-000	

PART LIST			DESCRIPTION
ITEM	QTY	PART NUMBER	
1	1	1000-000	

8

Detalle de boquillas

8/E

8

8

Detalle de boquillas

8

8

8

Detalle de boquillas

8

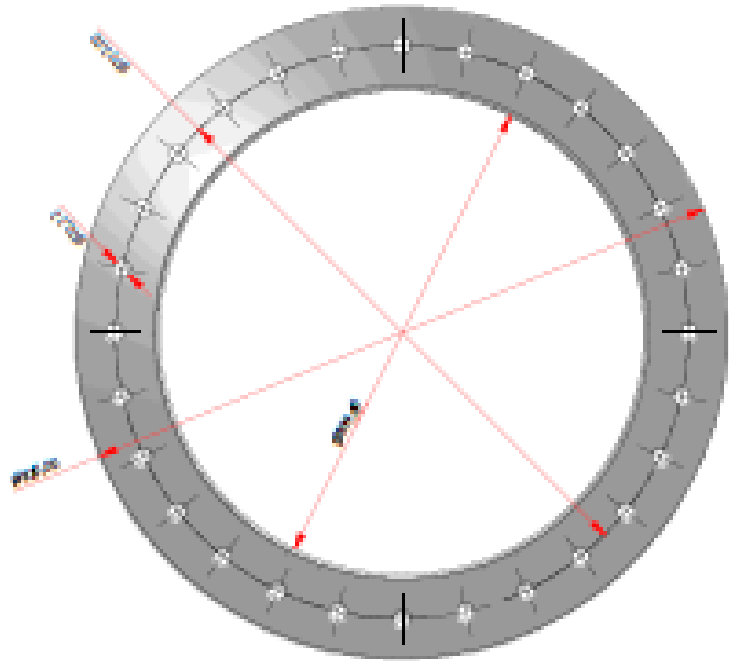
8

8

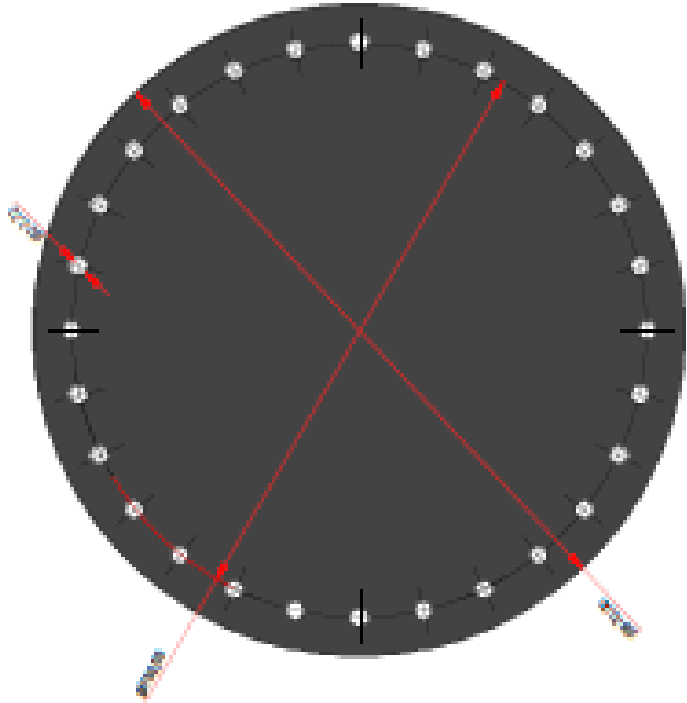
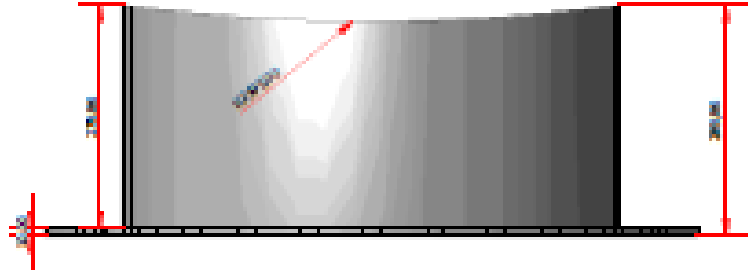
Detalle de boquillas

8

8



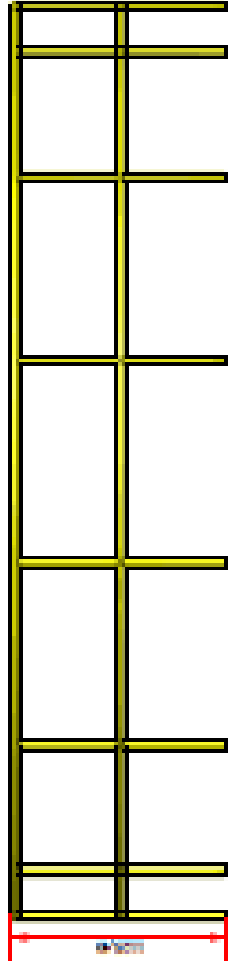
PART LIST				DESCRIPTION
ITEM	QTY	PART NUMBER	UNIT	
1	1	Manhole frame		



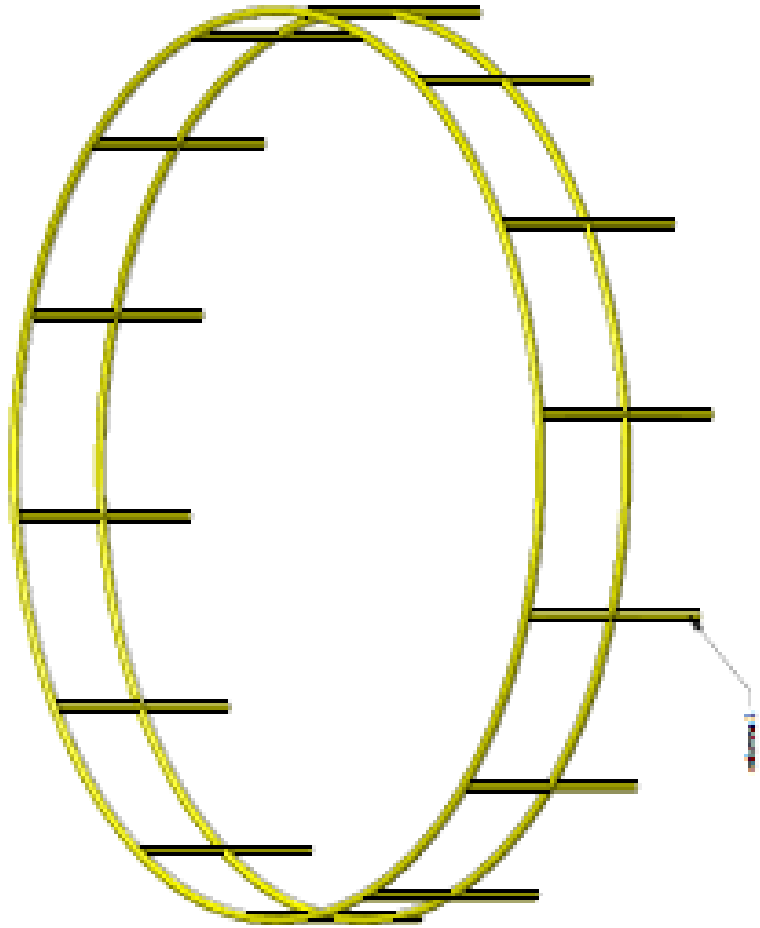
PART LIST				DESCRIPTION
ITEM	QTY	PART NUMBER	UNIT	
1	1	Manhole cover		



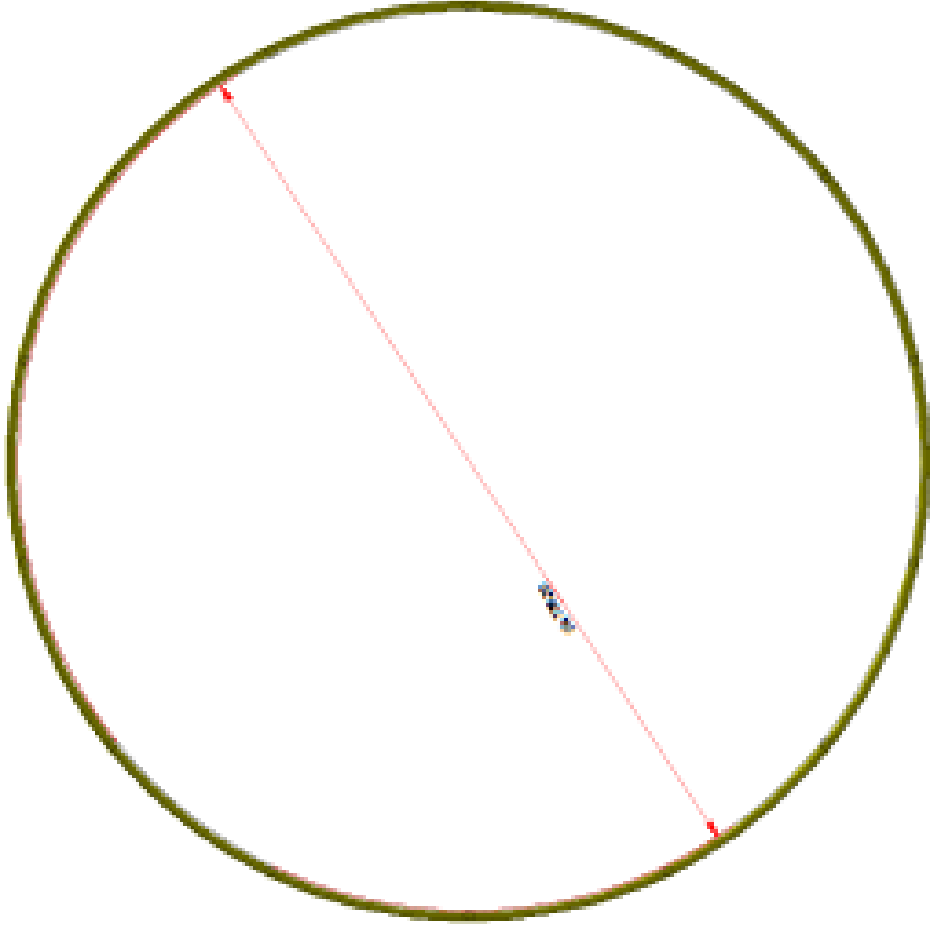
FIMCP - ESPOL				Page		Number	
Project: Tanques de almacenamiento de combustible				9		9	
Detail: Detalle de manhole						Scale	
S/E							



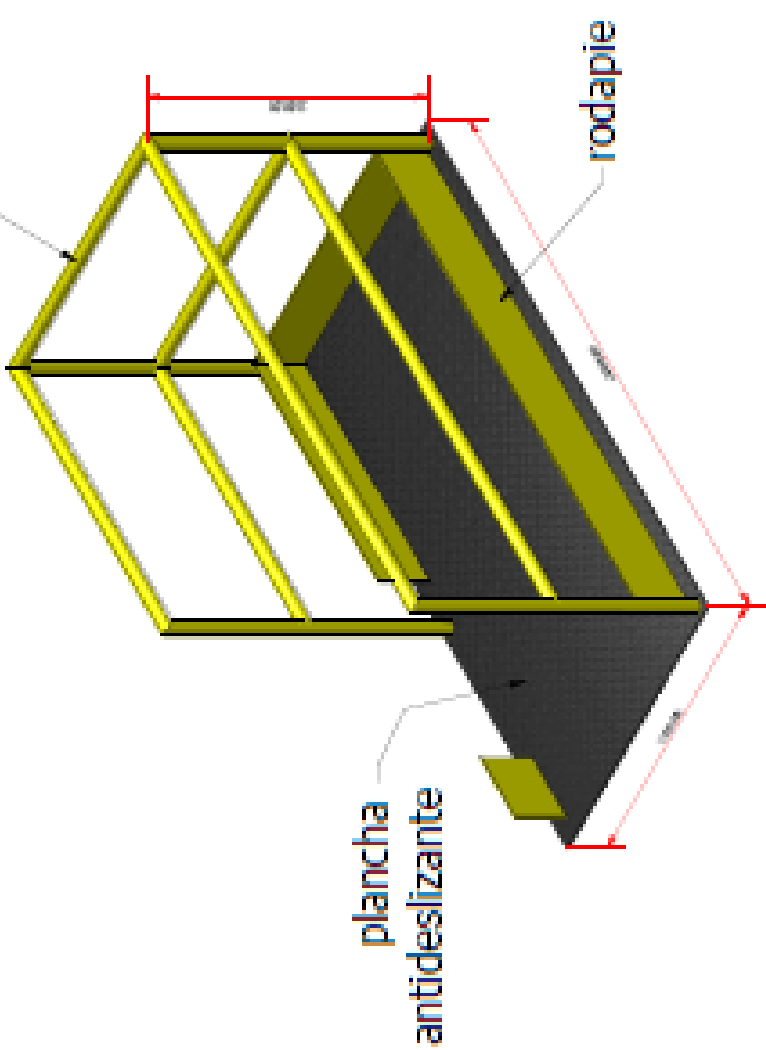
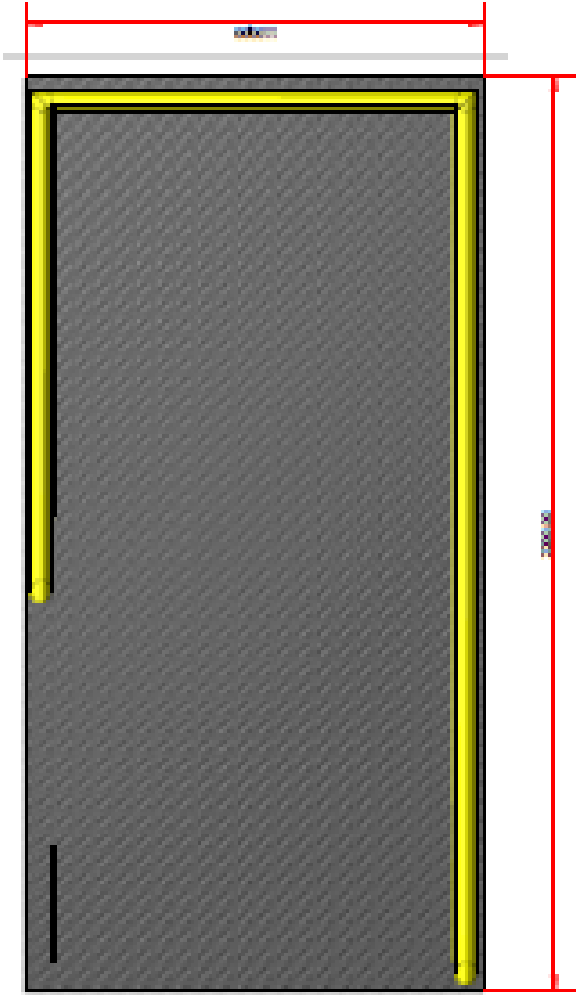
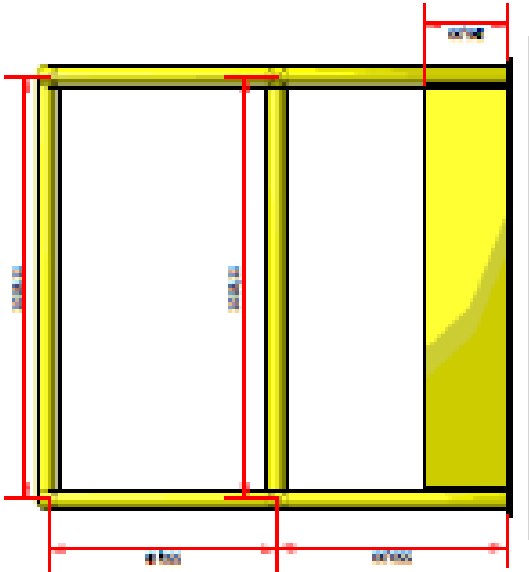
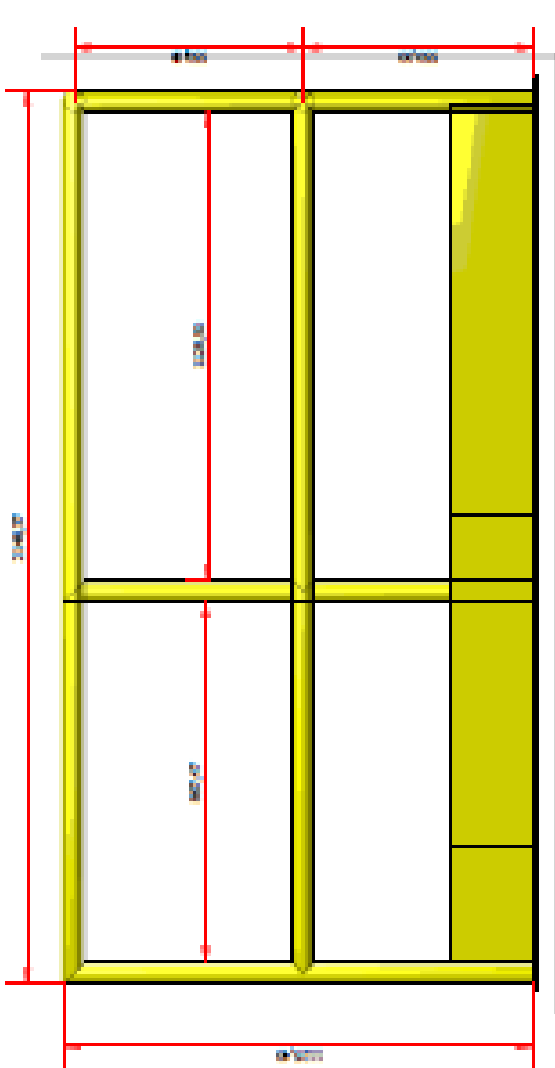
PART LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	1000000000	



PART LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	1000000000	

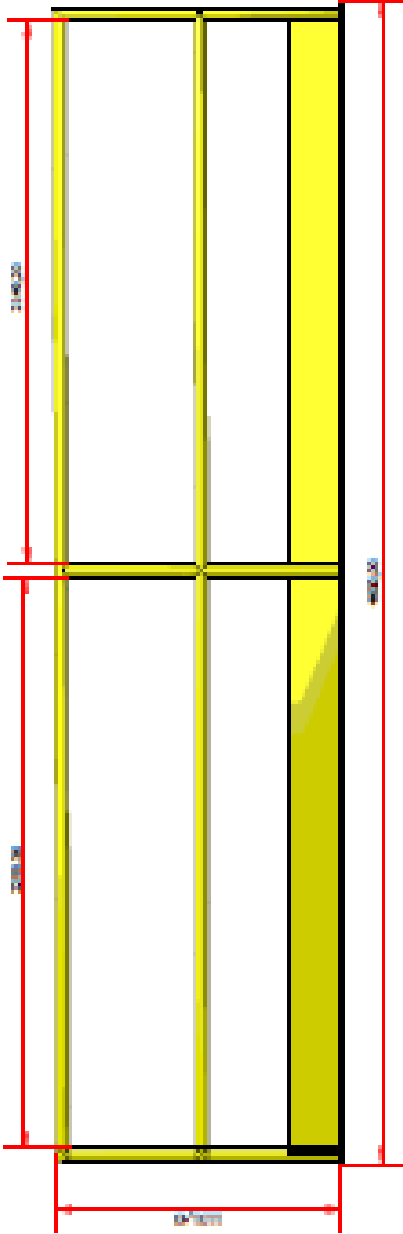


FIMCP - ESPOL			
TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE			
Detalle de pasamanos			
10			

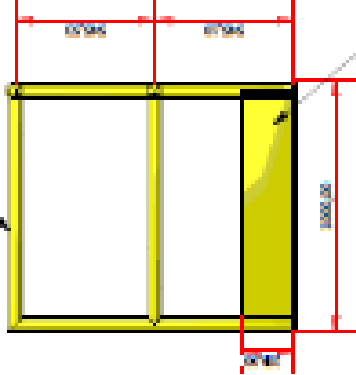


MATERIALES			
ITEM	QTY	UNIT	DESCRIPCION
1	1	m2	plancha antideslizante

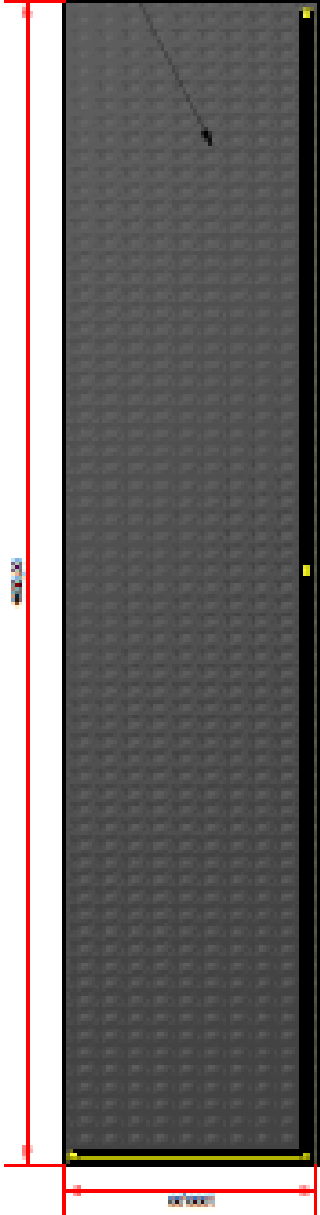
FIMCP - ESPOL		Fecha	Revisión
Tanques de almacenamiento de combustible		11/01/2024	01/01/2024
Detalle de plataforma		11	11
S/E		11/01/2024	01/01/2024



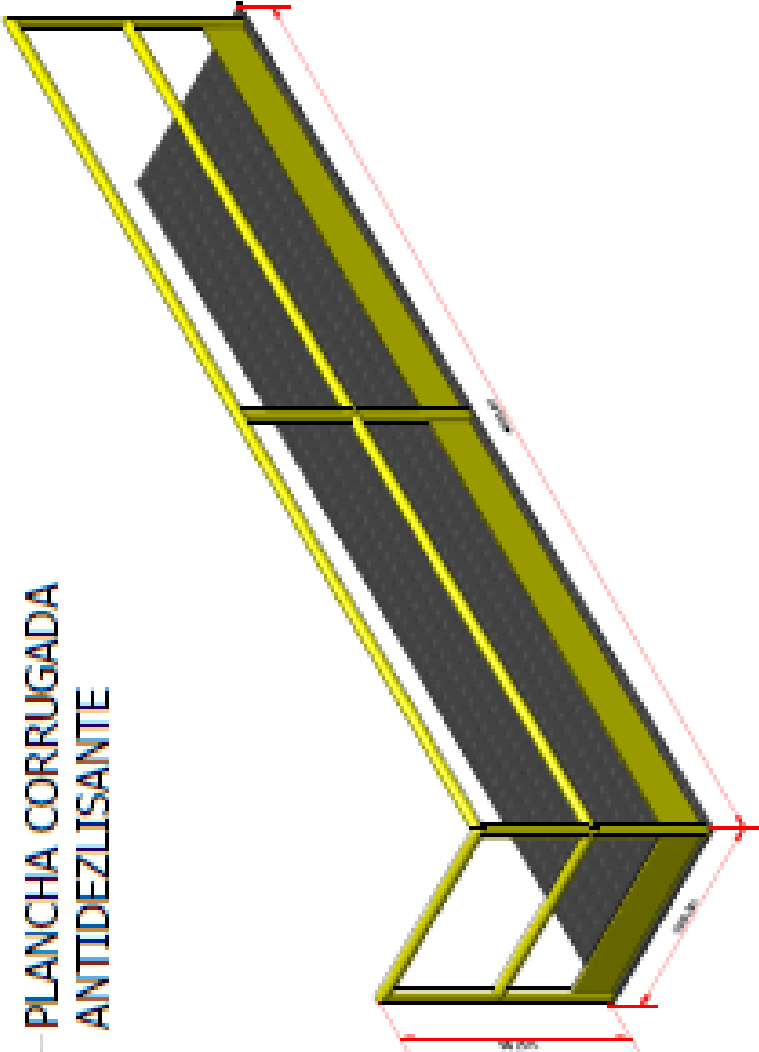
PASAMANO



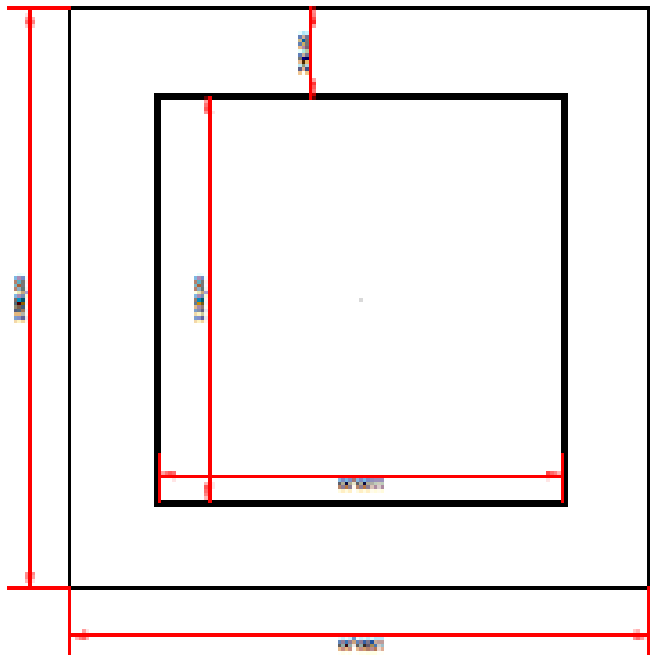
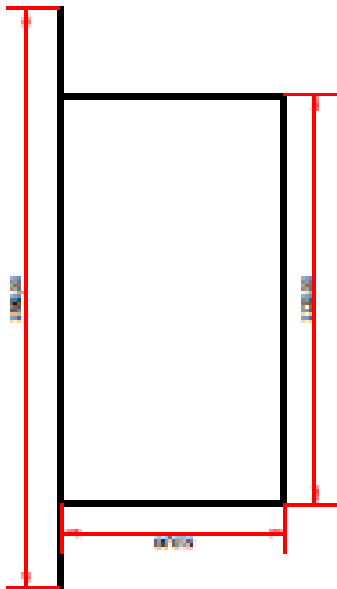
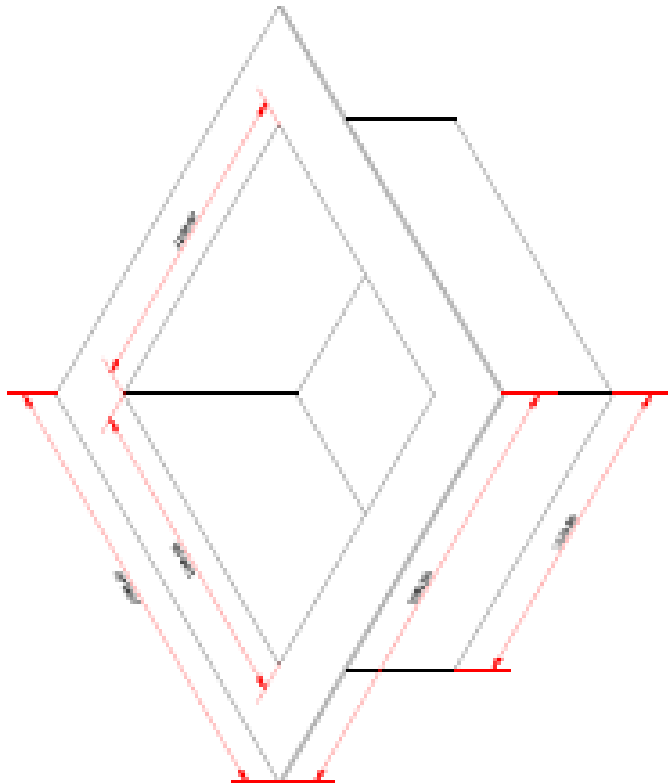
RODAPIE



PLANCHA CORRUGADA
ANTIDEZLISANTE



FIMCP - ESPOL		Fecha:	Elaborado:	Revisado:	Verificado:
Proyecto: Tanques de almacenamiento de combustible		Número:			
Detalle de plataforma		12			
Escala: 8/E		Folio:			
S/E		Página:			



FIMCP - ESPOL		Fecha	Revisión
Tanques de almacenamiento de combustible		13	
Dimensiones de sumidero			
S/E			

ANEXOS

ANEXO 1

TABLA DE FACTOR DE EVAPORACIÓN

Temperatura del agua de alimentación		Presión kg/cm2 (lb/pulg2)													
		0.35	0.70	1.41	3.52	4.92	6.33	7.03	7.73	9.14	10.5	12.0	13.4	14.1	15.8
°C	°F	5	10	20	50	70	90	100	110	130	150	170	190	200	225
0.0	32	1.19	1.19	1.20	1,214	1,219	1,223	1,225	1,226	1,229	1,231	1,233	1,235	1,236	1,237
4.4	40	1.18	1.18	1.19	1,206	1,211	1,215	1,217	1,218	1,221	1,223	1,225	1,227	1,227	1,229
10.0	50	1.17	1.17	1.18	1,196	1,201	1,205	1,206	1,208	1,211	1,213	1,215	1,216	1,217	1,219
15.6	60	1.16	1.16	1.17	1,185	1,190	1,194	1,196	1,198	1,200	1,202	1,204	1,206	1,207	1,209
21.1	70	1.15	1.15	1.16	1,175	1,180	1,184	1,186	1,187	1,190	1,192	1,194	1,196	1,196	1,198
26.7	80	1.14	1.14	1.15	1,162	1,170	1,174	1,176	1,177	1,180	1,182	1,184	1,185	1,186	1,188
32.2	90	1.13	1.13	1.14	1,154	1,160	1,164	1,165	1,167	1,170	1,172	1,173	1,175	1,176	1,178
37.8	100	1.12	1.12	1.13	1,144	1,149	1,153	1,155	1,156	1,159	1,161	1,163	1,165	1,166	1,167
43	110	1.11	1.11	1.12	1,134	1,139	1,143	1,145	1,146	1,149	1,151	1,153	1,155	1,155	1,157
49	120	1.10	1.10	1.11	1,124	1,129	1,133	1,134	1,136	1,139	1,141	1,143	1,144	1,145	1,147
54	130	1.09	1.09	1.10	1,113	1,118	1,123	1,124	1,126	1,128	1,130	1,132	1,134	1,135	1,137
60	140	1.08	1.08	1.09	1,103	1,108	1,112	1,114	1,115	1,118	1,120	1,122	1,124	1,125	1,126
66	150	1.07	1.08	1.08	1,093	1,098	1,102	1,104	1,105	1,108	1,110	1,112	1,114	1,114	1,116
71	160	1.06	1.07	1.08	1,082	1,088	1,092	1,093	1,095	1,097	1,100	1,102	1,103	1,104	1,106
77	170	1.05	1.05	1.07	1,072	1,077	1,081	1,083	1,084	1,087	1,089	1,091	1,093	1,094	1,095
82	180	1.04	1.04	1.05	1,062	1,067	1,071	1,073	1,074	1,077	1,079	1,081	1,083	1,083	1,085
88	190	1.03	1.03	1.04	1,052	1,057	1,061	1,062	1,064	1,066	1,069	1,071	1,072	1,073	1,075
93	200	1.02	1.02	1.03	1,041	1,047	1,050	1,052	1,053	1,056	1,058	1,060	1,062	1,063	1,064
99	210	1.01	1.01	1.02	1,031	1,036	1,040	1,042	1,043	1,046	1,048	1,050	1,052	1,052	1,054

ANEXO 2

Propiedades del vapor saturado

Presión (H _g vac)	Temp. (°F)	Calor (BTU/lb)			Volumen (ft ³ /lb)	
		Sensible	Latente	Total	Condensado	Vapor
25	133	101	1018	1119	0.01626	143.3
20	161	129	1002	1131	0.01640	75.41
15	179	147	991	1138	0.01650	51.41
10	192	160	983	1143	0.01659	39.22
5	203	171	976	1147	0.01666	31.82
(PSIG)						
0	212	180	970	1151	0.01672	26.80
1	215	184	968	1152	0.01674	25.21
2	219	187	966	1153	0.01676	23.79
3	222	190	964	1154	0.01679	22.53
4	224	193	962	1155	0.01681	21.40
5	227	195	961	1156	0.01683	20.38
6	230	198	959	1157	0.01685	19.46
7	232	201	957	1158	0.01687	18.62
8	235	203	956	1159	0.01689	17.85
9	237	206	954	1160	0.01690	17.14
10	239	208	953	1160	0.01692	16.49
12	244	212	950	1162	0.01696	15.33
14	248	216	947	1163	0.01699	14.33
16	252	220	944	1165	0.01702	13.45
18	255	224	942	1166	0.01705	12.68
20	259	228	940	1167	0.01708	11.99
22	262	231	937	1168	0.01711	11.38
24	265	234	935	1169	0.01713	10.83
25	267	236	934	1170	0.01715	10.57
26	268	237	933	1170	0.01716	10.33
28	271	240	931	1171	0.01719	9.874
30	274	243	929	1172	0.01721	9.459
32	277	246	927	1173	0.01723	9.078
34	279	249	925	1174	0.01726	8.728
35	281	250	924	1174	0.01727	8.563
36	282	251	923	1174	0.01728	8.404
38	284	254	922	1175	0.01730	8.104
40	287	256	920	1176	0.01733	7.826
42	289	258	918	1177	0.01735	7.566
44	291	261	916	1177	0.01737	7.323
45	292	262	916	1178	0.01738	7.208
46	294	263	915	1178	0.01739	7.096
48	296	265	913	1178	0.01741	6.883
50	298	267	912	1179	0.01743	6.683
55	303	272	908	1180	0.01748	6.230
60	307	277	905	1182	0.01753	5.837
65	312	282	901	1183	0.01757	5.491
70	316	286	898	1184	0.01761	5.184
75	320	291	895	1185	0.01766	4.911
80	324	295	892	1186	0.01770	4.665
85	328	298	889	1187	0.01774	4.444
90	331	302	886	1188	0.01778	4.242
95	335	306	883	1189	0.01782	4.059
100	338	309	881	1190	0.01785	3.891
105	341	312	878	1190	0.01789	3.736
110	344	316	876	1191	0.01792	3.594
115	347	319	873	1192	0.01796	3.462
120	350	322	871	1192	0.01799	3.340
125	353	325	868	1193	0.01803	3.226
130	356	328	866	1194	0.01806	3.119
135	358	331	864	1194	0.01809	3.020
140	361	333	861	1195	0.01812	2.927
145	363	336	859	1195	0.01815	2.839
150	366	339	857	1196	0.01818	2.756
155	368	341	855	1196	0.01821	2.678
160	371	344	853	1196	0.01824	2.605
165	373	346	851	1197	0.01827	2.535
170	375	349	849	1197	0.01830	2.469
175	377	351	847	1198	0.01833	2.407
180	380	353	845	1198	0.01835	2.347
185	382	355	843	1198	0.01839	2.291
190	384	358	841	1199	0.01841	2.237
195	386	360	839	1199	0.01844	2.185
200	388	362	837	1199	0.01847	2.136
205	390	364	836	1200	0.01850	2.089
210	392	366	834	1200	0.01852	2.044
215	394	368	832	1200	0.01855	2.001
220	395	370	830	1200	0.01857	1.960
225	397	372	829	1201	0.01860	1.920
230	399	374	827	1201	0.01863	1.882
235	401	376	825	1201	0.01865	1.845
240	403	378	823	1201	0.01868	1.810
245	404	380	822	1202	0.01870	1.776
250	406	382	820	1202	0.01873	1.744
255	408	384	818	1202	0.01875	1.712
260	409	385	817	1202	0.01878	1.682
265	411	387	815	1202	0.01880	1.652
270	413	389	814	1203	0.01882	1.624
275	414	391	812	1203	0.01885	1.596
280	416	392	811	1203	0.01887	1.570
285	417	394	809	1203	0.01889	1.544
290	419	396	808	1203	0.01891	1.520
295	420	397	806	1203	0.01894	1.497
300	422	399	805	1203	0.01896	1.473
310	425	402	802	1204	0.01901	1.428
320	428	405	799	1204	0.01906	1.386
330	430	408	796	1204	0.01910	1.346
340	433	411	793	1204	0.01915	1.309
350	436	414	790	1204	0.01919	1.273
360	438	417	787	1204	0.01923	1.240
370	441	420	785	1204	0.01927	1.207
380	443	423	782	1205	0.01932	1.177
390	446	426	779	1205	0.01936	1.148
400	448	428	777	1205	0.01940	1.120
450	460	441	764	1205	0.01961	0.9992
500	470	453	752	1205	0.01980	0.9010
550	480	464	740	1204	0.02000	0.8195
600	489	475	729	1203	0.02019	0.7509
650	497	485	718	1203	0.02038	0.6922
700	505	494	707	1202	0.02056	0.6415
750	513	504	697	1200	0.02074	0.5971
800	520	512	687	1199	0.02092	0.5580
900	534	529	667	1196	0.02128	0.4922
1000	546	545	648	1192	0.02164	0.4390
1250	574	581	601	1182	0.02256	0.3410
1500	598	614	556	1169	0.02352	0.2740
1750	618	644	510	1155	0.02456	0.2248
2000	637	674	463	1137	0.02572	0.1864
2250	654	703	413	1116	0.02707	0.1554
2500	669	734	358	1092	0.02871	0.1293
2750	683	766	295	1061	0.03097	0.1062
3000	696	805	211	1016	0.03465	0.0835
3194	706	906	0	906	0.05078	0.0508

ANEXO 3

Espesores Recomendados Aislamiento para Tubería Fiberglas® Tuberías Calientes Ta= 25 °C (77 °F)¹

TEMP. OPERACION		HASTA 65°C (150°F)						HASTA 121°C (250°F)						HASTA 177°C (350°F)						HASTA 232°C (450°F)					
DIAMETRO NOMINAL DEL TUBO		E.S.		P.C.		T.S.		E.S.		P.C.		T.S.		E.S.		P.C.		T.S.		E.S.		P.C.		T.S.	
pulg.	mm	pulg.	mm	STUB-B	W/m	°C	°F	pulg.	mm	STUB-B	W/m	°C	°F	pulg.	mm	STUB-B	W/m	°C	°F	pulg.	mm	STUB-B	W/m	°C	°F
1/2	12.7	1	25.4	7.44	7.15	28.7	83.6	1	25.4	20.0	19.23	33.8	92.9	1	25.4	36.2	34.80	40	104.0	1 1/2	38.0	45.9	44.13	38.9	102.0
3/4	19.1	1	25.4	8.96	8.60	29.4	84.9	1	25.4	24.2	23.27	35.4	95.8	1	25.4	43.7	42.01	42.2	108.0	1 1/2	38.0	53.3	51.24	41.1	106.0
1	25.4	1	25.4	9.28	8.92	28.8	83.9	1	25.4	25.0	24.03	34.2	93.5	1 1/2	38.0	45.2	43.45	40.6	105.0	2	50.8	49.7	47.78	36.4	97.5
1 1/2	38.0	1	25.4	12.1	11.63	29.3	84.8	1	25.4	32.5	31.24	35.3	95.6	1 1/2	38.0	46.5	44.70	36.8	98.2	2	50.8	57.6	55.37	36.2	97.2
2	51.0	1	25.4	14.1	13.56	29.5	85.1	1	25.4	38.2	36.72	35.8	96.5	1 1/2	38.0	53.0	50.95	37.1	98.7	2	50.8	70.2	67.49	38.3	101.0
3	76.0	1	25.4	19.1	18.36	29.9	85.9	1	25.4	51.6	49.61	36.8	98.2	1 1/2	38.0	70.3	67.58	38.3	101.0	2	50.8	91.6	88.06	40.0	104.0
4	102.0	1	25.4	22.9	22.02	30.3	86.5	1	25.4	62.1	59.70	37.0	98.6	2	50.8	69.7	67.01	35.7	96.2	2	50.8	109.3	105.08	40.5	105.0
6	152.0	1	25.4	33.9	32.59	30.6	87.1	1 1/2	38.0	66.6	64.03	34.3	93.8	2	50.8	94.4	90.75	36.6	97.8	2	50.8	148.0	142.28	42.2	108.0
8	203.0	1	25.4	42.3	40.67	30.7	87.3	1 1/2	38.0	80.4	77.29	34.3	93.8	2	50.8	116.0	111.52	37	98.6	2 1/2	63.5	149.0	143.24	38.9	102.0
10	254.0	1	25.4	54.6	52.49	31.2	88.2	1 1/2	38.0	94.2	90.56	34.2	93.6	2	50.8	137.0	131.71	37.1	98.7	2 1/2	63.5	181.0	174.01	39.4	103.0
12	304.0	1 1/2	38.0	40.6	39.03	28.9	84.0	1 1/2	38.0	109.0	104.79	34.4	93.9	2	50.8	158.0	151.90	37.3	99.1	2 1/2	63.5	208.0	199.96	40.0	104.0
14	356.0	1 1/2	38.0	46.8	44.99	29.2	84.6	2	50.8	99.0	95.18	32.8	91.0	2 1/2	63.5	149.0	143.24	35.6	96.1	2 1/2	63.5	233.0	224.00	40.6	105.0
16	406.0	1 1/2	38.0	52.8	50.76	29.3	84.7	2	50.8	110.0	105.75	32.9	91.2	2 1/2	63.5	167.0	160.55	35.8	96.4	3	76.0	225.0	216.31	38.3	101.0
18	457.0	1 1/2	38.0	58.8	56.53	29.1	84.4	2	50.8	124.0	119.21	33.0	91.4	2 1/2	63.5	185.0	177.85	35.9	96.7	3	76.0	249.0	239.38	38.9	102.0
20	508.0	1 1/2	38.0	64.9	62.39	29.3	84.8	2	50.8	136.0	130.75	33.1	91.5	2 1/2	63.5	203.0	195.16	36.1	96.9	3	76.0	273.0	262.45	38.9	102.0
24	610.0	1 1/2	38.0	76.9	73.93	29.4	84.9	2	50.8	161.0	154.78	33.2	91.7	2 1/2	63.5	239.0	229.77	36.2	97.2	3	76.0	320.0	307.64	38.9	102.0
26	660.0	1 1/2	38.0	81.0	77.87	29.3	84.8	2	50.8	170.4	163.82	33.1	91.5	2 1/2	63.5	254.7	244.86	36.2	97.1	3	76.0	340.0	326.87	38.9	102.0
28	711.0	1 1/2	38.0	86.9	83.54	29.3	84.8	2	50.8	182.5	175.45	33.1	91.6	2 1/2	63.5	271.5	261.01	36.2	97.2	3	76.0	364.0	349.94	38.9	102.0
30	762.0	2	50.8	73.6	70.76	28.4	83.2	2 1/2	63.5	163.0	156.70	31.8	89.2	3	76.0	250.0	240.34	34.7	94.4	3 1/2	89.0	342.0	328.79	37.4	99.4

TEMP. OPERACION	HASTA 287°C (550°F)						HASTA 343°C (650°F)						HASTA 399°C (750°F)						HASTA 454°C (850°F)						
DIAMETRO NOMINAL DEL TUBO	E.S.		P.C.		T.S.		E.S.		P.C.		T.S.		E.S.		P.C.		T.S.		E.S.		P.C.		T.S.		
pulg. mm	pulg.	mm	std. in.	W/in	°C	°F	pulg.	mm	std. in.	W/in	°C	°F	pulg.	mm	std. in.	W/in	°C	°F	pulg.	mm	std. in.	W/in	°C	°F	
1/2	12.7	2	50.8	67.0	64.41	44.4	112.0	2	50.8	82.2	79.02	44.4	112.0	2	50.8	110.00	105.75	50	122.0	2 1/2	63.5	126.0	121.13	47.2	117.0
3/4	19.1	2	50.8	77.7	74.70	47.2	117.0	2	50.8	93.6	89.98	46.7	116.0	2	50.8	126.00	121.13	52.8	127.0	2 1/2	63.5	140.0	134.59	49.4	121.0
1	25.4	2	50.8	72.5	69.70	44.1	106.0	2	50.8	100.7	96.81	46.1	115.0	2 1/2	63.5	122.00	117.29	46.7	116.0	3	76.0	147.0	141.32	47.8	118.0
1 1/2	38.0	2	50.8	83.9	80.66	40.6	105.0	2	50.8	116.6	112.10	45.6	114.0	2 1/2	63.5	142.00	136.51	46.7	116.0	3	76.0	171.0	164.39	48.3	119.0
2	51.0	2	50.8	102.0	98.06	43.3	110.0	2 1/2	63.5	142.1	136.61	49.4	121.0	2 1/2	63.5	169.00	162.47	50.6	123.0	3	76.0	201.0	193.23	51.7	125.0
3	76.0	2	50.8	134.0	128.82	45.6	114.0	2 1/2	63.5	161.5	155.26	47.2	117.0	3	76.0	194.00	186.51	48.3	119.0	3 1/2	89.0	230.0	221.11	50.0	122.0
4	102.0	2	50.8	159.4	153.24	46.7	116.0	2 1/2	63.5	191.1	183.72	48.3	119.0	3	76.0	225.00	216.31	49.4	121.0	3 1/2	89.0	268.0	257.65	51.1	124.0
6	152.0	2 1/2	63.5	184.0	176.89	43.9	111.0	3	76.0	224.4	215.73	46.1	115.0	3	76.0	302.00	290.33	52.2	126.0	3 1/2	89.0	346.0	332.63	53.3	128.0
8	203.0	2 1/2	63.5	217.0	208.62	43.9	111.0	3	76.0	164.7	158.34	46.1	115.0	3 1/2	89.0	319.00	306.68	66.7	120.0	4	102.0	382.0	367.24	51.1	124.0
10	254.0	2 1/2	63.5	264.0	253.80	45.0	113.0	3	76.0	319.5	307.16	47.8	118.0	3 1/2	89.0	383.00	368.20	50	122.0	4	102.0	454.0	436.46	52.8	127.0
12	304.0	2 1/2	63.5	304.0	292.26	45.6	114.0	3	76.0	366.6	352.44	48.3	119.0	3 1/2	89.0	438.00	421.08	50.6	123.0	4	102.0	518.0	497.99	53.3	128.0
14	356.0	3	76.0	293.0	281.66	43.3	110.0	3	76.0	406.8	391.08	49.4	121.0	3 1/2	89.0	483.00	464.34	51.7	125.0	4	102.0	555.0	533.56	53.9	129.0
16	406.0	3	76.0	328.0	315.33	43.9	111.0	3 1/2	89.0	401.1	385.60	46.1	115.0	4	102.0	472.00	453.77	48.3	119.0	4 1/2	114.3	578.0	556.67	52.2	126.0
18	457.0	3	76.0	362.0	348.02	43.9	111.0	3 1/2	89.0	443.0	425.89	46.7	116.0	4	102.0	520.00	499.91	48.9	120.0	4 1/2	114.3	636.0	611.43	52.8	127.0
20	508.0	3 1/2	89.0	349.0	335.52	41.7	107.0	3 1/2	89.0	484.7	465.98	47.2	117.0	4	102.0	568.00	546.06	48.9	120.0	4 1/2	114.3	694.0	667.19	53.3	128.0
24	610.0	3 1/2	89.0	409.0	393.20	41.7	107.0	4	102.0	494.4	475.30	44.4	112.0	4	102.0	664.00	638.35	50.6	122.0	4 1/2	114.3	810.0	778.71	53.9	129.0
26	660.0	3 1/2	89.0	434.0	417.23	41.7	107.0	4	102.0	538.9	518.08	42.8	109.0	4	102.0	724.00	696.03	50.6	123.0	4 1/2	114.3	856.0	824.85	53.9	129.0
28	711.0	3 1/2	89.0	464.0	446.07	42.2	108.0	4	102.0	575.1	552.88	45.0	113.0	4	102.0	773.00	743.14	50.6	123.0	4 1/2	114.3	915.0	879.65	53.9	129.0
30	762.0	4	102.0	432.0	415.31	40.0	104.0	4 1/2	114.3	559.0	537.40	43.3	110.0	4 1/2	114.3	751.00	721.99	48.3	119.0	5	127.0	897.0	862.35	51.7	125.0

E.R.: ESPESOR RECOMENDADO

T.S.: TEMPERATURA DE SUPERFICIE APROXIMADA

P.C.: PÉRDIDA DE CALOR

Ta.: TEMPERATURA AMBIENTE

ANEXO 4

SEPARADOR DE HUMEDAD WATSON MCDANIEL

WDS Series

Air/Steam Moisture Separator

CAST IRON

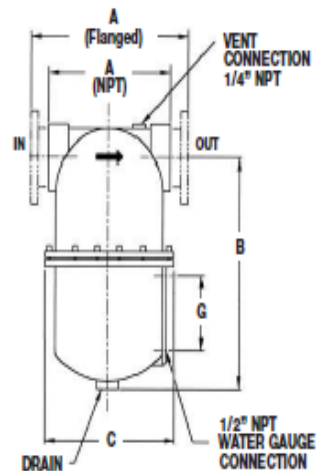
WDS CAST IRON NPT MODEL DIMENSIONS – inches / pounds

Size (NPT)	A	B	C	Vent NPT	Drain NPT	Gauge Centers G	Weight (lbs)
3/4"	5 1/2	10 1/8	5 3/4	1/4	3/4	N/A	23
1"	6	10 1/8	6 3/4	1/4	1	N/A	26
1 1/4"	6	10 3/8	7	1/4	1	N/A	30
1 1/2"	7 1/4	13 1/8	8 1/8	1/4	1	N/A	45
2"	8 1/8	15 5/8	8 1/2	1/4	1	N/A	50
2 1/2"	12	18 1/4	11 3/8	1/4	1 1/4	N/A	95
3"	11	18 1/4	11 3/8	1/4	1 1/4	3 1/2	90

WDS CAST IRON FLANGED MODEL DIMENSIONS – inches / pounds

Size (Flanged)	A	B	C	Vent NPT	Drain NPT	Gauge Centers G	Weight (lbs)
2"	10 1/2	13 3/4	8 1/2	1/4	1	N/A	50
3"	14	16	11 3/8	1/4	1 1/4	4 3/4	95
4"	15 7/8	19 3/8	14	1/4	1 1/4	5 3/4	195

CAST IRON WDS



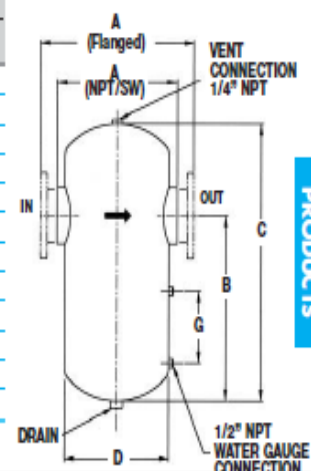
CARBON STEEL

WDS CARBON STEEL MODEL DIMENSIONS – inches / pounds

Size	NPT & 150# & 300# FLG		B	C	D	Gauge Centers G	NPT Drain		Weight (lbs)		
	A	A					Std.	Opt.	NPT & SW	150# FLG	300# FLG
1"	6 3/8	10 1/2	10 1/2	12	5 9/16	Opt.	1	1 1/2	29	33	35
1 1/4"	6 3/8	10 1/2	10 1/2	12	5 9/16	Opt.	1	1 1/2	30	35	37
1 1/2"	7 5/8	11 1/2	12 1/2	14	6 5/8	Opt.	1	2	55	50	56
2"	7 7/8	11 1/2	12 1/2	14	6 5/8	Opt.	1	2	57	55	59
2 1/2"	–	16	15	22	8 5/8	5 3/4	1	2	–	100	110
3"	–	18	18	26	10 3/4	5 3/4	1 1/2	2 1/2	–	140	150
4"	–	20	22	31	12 3/4	5 3/4	1 1/2	2 1/2	–	195	220
5"	–	22	26	36	14	7 7/8	1 1/2	2 1/2	–	230	290
6"	–	24	30	41	16	7 7/8	1 1/2	2 1/2	–	350	380
8"	–	28	37	50	18	7 7/8	2	3	–	475	610
10"	–	34	55	70	24	7 7/8	2	3	–	780	1180
12"	–	38	58	75	28	7 7/8	2 1/2	4	–	940	1510

Note: 1" - 2" units are Cast Steel; 2 1/2" and up are Fabricated Steel.

CARBON STEEL WDS



SPECIALTY PRODUCTS

ANEXO 5

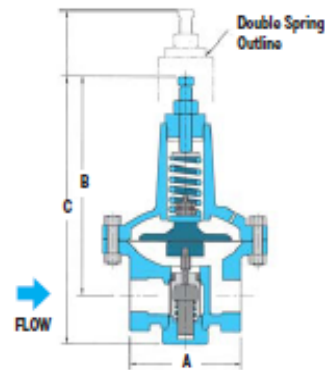
REGULADOR DE PRESIÓN WATSON MCDANIEL

REGULATORS

"O" Series

Pressure Regulating Valve

DIMENSIONS & WEIGHTS – inches/pounds					
Size	A	B	C	C Double Spring	Weight (lbs)
3/8"	4 1/4	6 1/2	8	-	8
1/2"	3 5/8	6 1/2	8	-	8
3/4"	3 5/8	6 1/2	8	-	8
3/4" HC	3 5/8	8	10	12 1/2	15
1"	4 1/2	8 1/2	10 1/2	13	18
1 1/4"	4 1/2	8 1/2	10 1/2	13	18
1 1/2"	6 1/2	8 3/4	12	14 1/2	40
2"	6 1/2	8 3/4	12	14 1/2	40



CAPACITIES – Steam (lbs/hr); *Air (SCFM); *Water (GPM)													Inlet/Outlet Pressures (PSIG)						
Inlet Press.	Outlet Press.	3/8", 1/2", 3/4"			3/4" HC **			1"			1 1/4"			1 1/2"			2"		
		Steam	Air	Water	Steam	Air	Water	Steam	Air	Water	Steam	Air	Water	Steam	Air	Water	Steam	Air	Water
15	2	46	26	6	92	51	11	130	73	16	145	81	18	180	100	22	199	111	25
	5	38	21	4	75	42	9	106	59	13	119	66	14	147	82	18	163	91	19
	15	65	36	8	130	72	15	184	102	22	205	114	25	254	141	30	281	156	34
20	10	61	34	6	123	69	13	174	97	18	194	109	20	241	134	25	266	149	27
	15	45	25	4	90	51	9	128	72	13	143	80	14	177	99	18	196	109	19
	5	83	46	10	167	93	20	236	131	28	264	147	32	327	181	39	362	201	43
30	10	83	46	10	167	93	18	236	131	25	264	147	28	327	181	35	362	201	39
	20	71	40	6	142	79	13	201	112	18	225	126	20	278	155	25	308	172	27
	5	121	67	13	242	134	27	342	190	38	382	212	42	473	263	53	523	291	58
50	25	121	67	10	242	134	20	342	190	28	382	212	32	473	263	39	523	291	43
	40	87	49	6	174	97	13	247	138	18	276	154	20	341	191	25	377	211	27
	30	214	119	17	428	238	33	607	337	47	678	376	53	839	466	66	928	515	73
100	50	214	119	14	428	238	28	607	337	40	678	376	45	839	466	55	928	515	61
	70	195	109	11	275	154	18	390	218	25	436	244	28	540	301	35	597	333	39
	30	261	145	19	522	290	39	739	410	55	826	458	62	1021	567	76	1130	627	84
125	50	261	145	17	522	290	35	739	410	49	826	458	55	1021	567	68	1130	627	75
	70	261	145	15	522	290	30	739	410	42	826	458	47	1021	567	58	1130	627	64
	100	201	112	10	402	225	20	569	318	28	636	355	32	787	440	39	871	486	43
150	30	307	171	22	615	341	44	871	484	62	974	540	69	1204	668	86	1332	740	95
	50	307	171	20	615	341	40	871	484	57	974	540	63	1204	668	78	1332	740	87
	70	307	171	18	615	341	36	871	484	51	974	540	57	1204	668	70	1332	740	78
200	100	298	166	14	596	333	28	844	471	40	943	527	45	1167	652	55	1291	721	61
	120	239	133	11	478	267	22	677	378	31	756	422	35	935	523	43	1035	578	47
	30	401	222	26	802	445	52	1135	630	74	1269	705	83	1570	871	102	1737	964	113
250	50	401	222	24	802	445	49	1135	630	69	1269	705	78	1570	871	96	1737	964	106
	70	401	222	23	802	445	46	1135	630	65	1269	705	72	1570	871	89	1737	964	99
	100	401	222	20	802	445	40	1135	630	57	1269	705	63	1570	871	78	1737	964	87
300	50	494	274	28	988	549	57	1400	777	80	1565	869	90	1935	1074	111	2141	1189	123
	70	494	274	27	988	549	54	1400	777	76	1565	869	85	1935	1074	105	2141	1189	116
	125	494	274	22	988	549	45	1400	777	63	1565	869	71	1935	1074	88	2141	1189	97

* Air and water capacities are based on using elastomer diaphragms.

** 3/4" HC is high-capacity version of standard 3/4" valve.

Note: For capacities of other gases multiply the air capacities by the following factors: Argon-0.85 CO₂-0.81 Helium-2.69 Nitrogen-1.02

DIRECT-OPERATED
REGULATING VALVES

ANEXO 6

TRAMPA DE VAPOR TIPO BALDE INVERTIDO WATSON

MCDANIEL



CAPACITIES – Condensate (lbs/hr)																						
Model	Pipe Size	Orifice Size	PMO (PSIG)	1/4	1/2	1	2	5	10	15	Differential Pressure (PSI)											
				20	30	40	50	60	70	80	90	100	125	150	180	200	250					
1031 1041 1031S *	1/2", 3/4"	3/16"	20	139	200	270	340	450	560	640	690											
	1/2", 3/4"	1/8"	80	75	115	150	190	300	350	400	440	500	580	635	660	690						
	1/2", 3/4"	7/64"	125	50	80	100	145	240	280	320	350	410	490	520	580	580	640	680				
	1/2", 3/4"	#38	150	35	50	75	105	150	250	280	300	350	400	420	450	470	500	550	570			
1032	1/2", 3/4", 1"	1/4"	15	191	300	450	590	830	950	1060												
	1/2", 3/4", 1"	3/16"	30	150	235	325	410	530	700	820	880	1000										
	1/2", 3/4", 1"	5/32"	70	85	145	220	275	380	500	560	620	710	840	900	950							
	1/2", 3/4", 1"	1/8"	125	70	110	160	210	285	375	440	485	560	670	720	780	800	860	950				
	1/2", 3/4", 1"	7/64"	200	45	75	110	145	205	265	315	350	410	500	550	580	620	650	700	810	840	860	
	1/2", 3/4", 1"	#38	250	15	40	80	105	155	205	240	270	320	400	500	530	550	580	630	660	690	710	760
1042	1/2", 3/4"	1/4"	15	191	300	450	590	830	950	1060												
	1/2", 3/4"	3/16"	30	150	235	325	410	530	700	820	880	1000										
	1/2", 3/4"	5/32"	70	85	145	220	275	380	500	560	620	710	840	900	950							
	1/2", 3/4"	1/8"	125	70	110	160	210	285	375	440	485	560	670	720	780	800	860	950				
	1/2", 3/4"	7/64"	200	45	75	110	145	205	265	315	350	410	500	550	580	620	650	700	810	840	860	
	1/2", 3/4"	#38	250	15	40	80	105	155	205	240	270	320	400	500	530	550	580	630	660	690	710	760
1033	1/2", 3/4"	5/16"	15	350	570	850	1140	1600	1900	2100												
	1/2", 3/4"	1/4"	30	270	400	640	810	1000	1300	1600	1800	2050										
	1/2", 3/4"	3/16"	70	195	300	480	610	750	950	1200	1375	1600	1900	2000	2200							
	1/2", 3/4"	5/32"	125	130	205	320	415	585	775	910	900	1100	1380	1480	1600	1650	1800	2000				
	1/2", 3/4"	1/8"	200	75	120	200	255	365	490	585	630	700	900	980	1080	1120	1220	1400	1500	1560	1600	
	1/2", 3/4"	7/64"	250	30	80	130	170	250	335	400	470	525	685	800	700	800	900	1000	1100	1180	1220	1300
1034 1044	3/4", 1"	1/2"	15	950	1410	1880	2300	2900	3500	3900												
	3/4", 1"	3/8"	30	600	960	1300	1640	2200	2800	3300	3500	4000										
	3/4", 1"	5/16"	60	490	800	1090	1400	1750	2200	2600	2900	3500	4100	4400								
	3/4", 1"	9/32"	80	330	580	720	1070	1450	1800	2100	2400	2800	3300	3600	3800	4000						
	3/4", 1"	1/4"	125	260	430	620	810	1150	1650	1800	1900	2200	2600	2800	3000	3200	3600	3900				
	3/4", 1"	7/32"	180	200	310	470	610	880	1170	1380	1510	1800	2100	2300	2500	2700	2900	3200	3500	3700		
1038S	3/4", 1"	3/16"	250	170	250	380	490	700	940	1100	1250	1450	1700	1800	2000	2100	2300	2700	2800	3100	3200	3500
	1 1/4", 1 1/2"	1/2"	15	1188	1763	2350	2875	3625	4375	4875												
	1 1/4", 1 1/2"	3/8"	30	760	1190	1625	2050	2750	3500	4125	4375	5125										
	1 1/4", 1 1/2"	5/16"	60	615	1000	1375	1750	2188	2750	3250	3625	4375	5125	5500								
	1 1/4", 1 1/2"	9/32"	80	420	720	900	1340	1810	2250	2625	3000	3500	4125	4500	4750	5000						
	1 1/4", 1 1/2"	1/4"	125	330	540	775	1010	1440	2063	2250	2375	2750	3250	3500	3750	4000	4500	4875				
	1 1/4", 1 1/2"	7/32"	180	250	390	590	760	1100	1470	1725	1890	2063	2375	2875	3125	3375	3625	4000	4375	4625		
	1 1/4", 1 1/2"	3/16"	250	210	320	470	610	875	1170	1380	1560	1800	2125	2250	2500	2625	2875	3375	3500	3875	4000	4375

* 1031S only available @ PMO = 125 PSIG.

ANEXO 7

FILTRO DE VAPOR TIPO “Y” WATSON MCDANIEL.

SPECIALTY PRODUCTS

WCIY Series

Cast Iron Y-Type Strainers

Watson McDaniel reserves the right to change the design and/or materials of its products without notice.
©2010 Watson McDaniel Company

Model	WCIY
Sizes	1/2", 3/4", 1", 1 1/4", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 4"
Connections	NPT, Flanged
Body Material	Cast Iron



PRESSURE/TEMPERATURE RATINGS

NPT	250 PSIG @ 406°F - Steam
NPT	400 PSIG @ 150°F - WOG
125# FLG	125 PSIG @ 450°F - Steam
125# FLG	200 PSIG @ 150°F - WOG
250# FLG	250 PSIG @ 450°F - Steam
250# FLG	500 PSIG @ 150°F - WOG

Note: WOG = Water, Oil or Gas.

TYPICAL APPLICATIONS

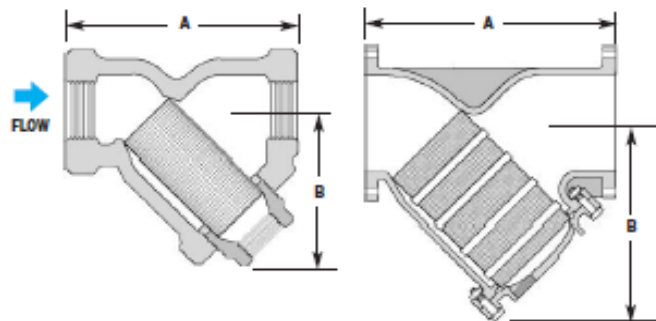
The WCIY Y-Strainer is used to strain dirt particles from fluid in pipelines and provide inexpensive protection for costly pumps, meters, valves, traps, turbines and compressors.

FEATURES

- Machined seat assures perfect fit for screen
- Blowdown connection & easily removable stainless steel cylindrical screens for easy maintenance
- Durable cast iron body

INSTALLATION

The strainer should be installed in the flow direction as indicated on the body in either a vertical down or horizontal pipeline. The strainer must be accessible for periodic cleaning.



DIMENSIONS & WEIGHTS – inches / pounds

Size/Connection	Model	A	B	Blowdown NPT	Weight (lbs)	Screen Opening
1/2" NPT	WCIY-12-020S250	3 7/16	2 1/8	3/8	1.5	0.033
3/4" NPT	WCIY-13-020S250	3 3/4	2 7/16	3/8	2.5	0.033
1" NPT	WCIY-14-020S250	4	2 7/8	3/4	3	0.033
1 1/4" NPT	WCIY-15-020S250	5	3 3/8	3/4	5.5	0.033
1 1/2" NPT	WCIY-16-020S250	5 3/4	3 7/8	1	8	0.033
2" NPT	WCIY-17-020S250	7	4 3/4	1 1/2	13	0.033
2" 125# FLG	WCIY-17-020F125	8 3/8	6	1/2	22	0.033
2" 250# FLG	WCIY-17-020F250	8 7/8	6 1/2	1/2	28	0.033
2 1/2" NPT	WCIY-18-045S250	9 1/4	5 7/8	1 1/2	22	0.045
2 1/2" 125# FLG	WCIY-18-045F125	10 3/4	8	1	35	0.045
2 1/2" 250# FLG	WCIY-18-045F250	11 1/4	7	1	38	0.045
3" NPT	WCIY-19-045S250	10	6	1 1/2	30	0.045
3" 125# FLG	WCIY-19-045F125	11 1/2	8 3/4	1	43	0.045
3" 250# FLG	WCIY-19-045F250	11 5/8	8	1	54	0.045
4" 125# FLG	WCIY-20-045F125	13 7/8	9 1/2	1 1/4	75	0.045
4" 250# FLG	WCIY-20-045F250	14 1/2	10 3/4	1	110	0.125

MATERIALS

Body	Cast Iron, A126 CLASS B
Plug	Cast Iron, A126 CLASS B
Cover	Cast Iron, A126 CLASS B
*Screen	Stainless Steel
*Gasket	Blue Guard

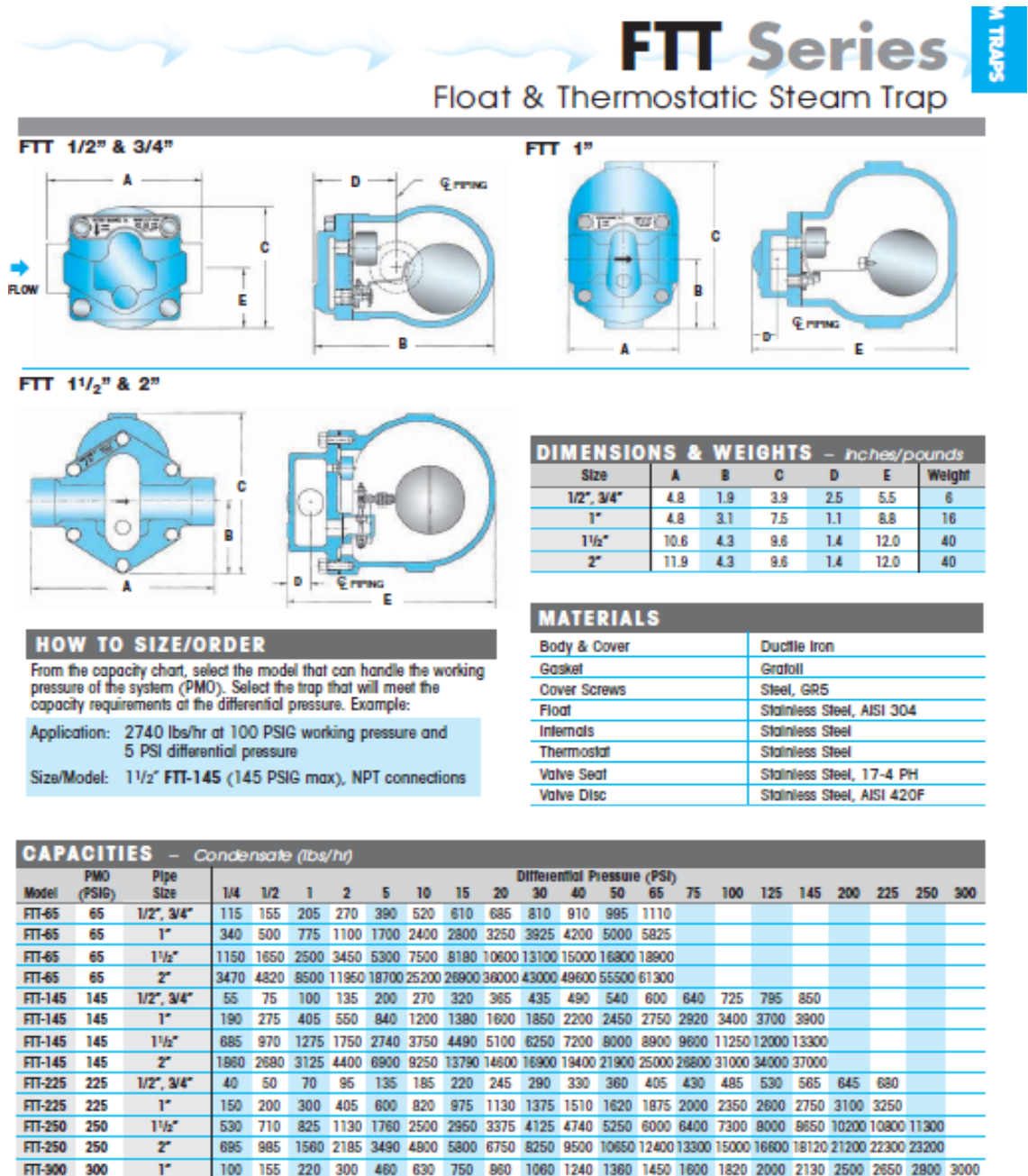
*Recommended spare parts.

SPECIALTY PRODUCTS

ANEXO 8

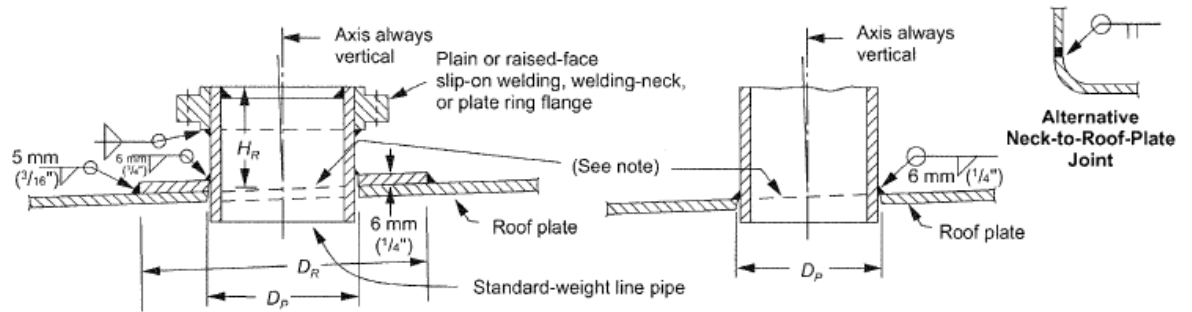
TRAMPA DE VAPOR TIPO FLOTADOR Y TERMOSTATO

WATSON MCDANIEL



ANEXO 9

BOQUILLAS PARA TECHO



NOZZLE WITH REINFORCING PLATE

BASE FOR NOZZLE WITHOUT REINFORCING PLATE

Note: When the roof nozzle is used for venting, the neck shall be trimmed flush with the roofline.

Flanged Roof Nozzles (See Tables 5-14a and 5-14b)

Dimensions for Flanged Roof Nozzles (mm)

Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5
Nozzle NPS	Outside Diameter of Pipe Neck	Diameter of Hole in Roof Plate or Reinforcing Plate D_P	Minimum Height of Nozzle H_R	Outside Diameter of Reinforcing Plate ^a D_R
1½	48.3	50	150	125
2	60.3	65	150	175
3	88.9	92	150	225
4	114.3	120	150	275
6	168.3	170	150	375
8	219.1	225	150	450
10	273.0	280	200	550
12	323.8	330	200	600

^aReinforcing plates are not required on nozzles NPS 6 or smaller but may be used if desired.

Note: See Figure 5-19.

ANEXO 10

DIMENSIONES PARA BOQUILLAS DE CUERPO

Dimensions for Shell Nozzles (mm)								
Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6	Column 7	Column 8	Column 9 ^e
NPS (Size of Nozzle)	Outside Diameter of Pipe OD	Nominal Thickness of Flanged Nozzle Pipe Wall ^a t_n	Diameter of Hole in Reinforcing Plate D_R	Length of Side of Reinforcing Plate ^b or Diameter $L = D_o$	Width of Reinforcing Plate W	Minimum Distance from Shell-to-Flange Face J	Minimum Distance from Bottom of Tank to Center of Nozzle Regular Type ^d H_N	Low Type C
Flanged Fittings								
60	1524.0	e	1528	3068	3703	400	1641	1534
54	1371.6	e	1375	2763	3341	400	1488	1382
52	1320.8	e	1324	2661	3214	400	1437	1331
50	1270.0	e	1274	2560	3093	400	1387	1280
48	1219.2	e	1222	2455	2970	400	1334	1230
46	1168.4	e	1172	2355	2845	400	1284	1180
44	1117.6	e	1121	2255	2725	375	1234	1125
42	1066.8	e	1070	2155	2605	375	1184	1075
40	1016.0	e	1019	2050	2485	375	1131	1025
38	965.2	e	968	1950	2355	350	1081	975
36	914.4	e	918	1850	2235	350	1031	925
34	863.6	e	867	1745	2115	325	979	875
32	812.8	e	816	1645	1995	325	929	820
30	762.0	e	765	1545	1865	300	879	770
28	711.2	e	714	1440	1745	300	826	720
26	660.4	e	664	1340	1625	300	776	670
24	609.6	12.7	613	1255	1525	300	734	630
22	558.8	12.7	562	1155	1405	275	684	580
20	508.0	12.7	511	1055	1285	275	634	525
18	457.2	12.7	460	950	1160	250	581	475
16	406.4	12.7	410	850	1035	250	531	425
14	355.6	12.7	359	750	915	250	481	375
12	323.8	12.7	327	685	840	225	449	345
10	273.0	12.7	276	585	720	225	399	290
8	219.1	12.7	222	485	590	200	349	240
6	168.3	10.97	171	400	495	200	306	200
4	114.3	8.56	117	305	385	175	259	150
3	88.9	7.62	92	265	345	175	239	135
2 ^f	60.3	5.54	63	—	—	150	175	h
1½ ^f	48.3	5.08	51	—	—	150	150	h
1 ^f	33.4	6.35	—	—	—	150	150	h
¾ ^f	26.7	5.54	—	—	—	150	150	h
Threaded and Socket-Welded Couplings								
3 ^g	108.0	Coupling	111.1	285	360	—	245	145
2 ^f	76.2	Coupling	79.4	—	—	—	175	h
1½ ^f	63.5	Coupling	66.7	—	—	—	150	h
1 ^f	44.5	Coupling	47.6	—	—	—	150	h
¾ ^f	35.0	Coupling	38.1	—	—	—	150	h

^aFor extra-strong pipe, see ASTM A 53M or A 106M for other wall thicknesses; however, piping material must conform to 4.5.

^bThe width of the shell plate shall be sufficient to contain the reinforcing plate and to provide clearance from the girth joint of the shell course.

^cLow type reinforced nozzles shall not be located lower than the minimum distance shown in Column 9. The minimum distance from the bottom shown in Column 9 complies with spacing rules of 5.7.3 and Figure 5-6.

^dRegular type reinforced nozzles shall not be located lower than the minimum distance H_N shown in Column 8 when shell thickness is equal to or less than 12.5 mm. Greater distances may be required for shells thicker than 12.5 mm to meet the minimum weld spacing of 5.7.3 and Figure 5-6.

^eSee Table 5-7a, Column 2.

^fFlanged nozzles and couplings in pipe sizes NPS 2 or smaller do not require reinforcing plates. D_R will be the diameter of the hole in the shell plate, and Weld A will be as specified in Table 5-7a, Column 6. Reinforcing plates may be used if the construction details comply with reinforced nozzle details.

^gA coupling in an NPS 3 requires reinforcement.

^hSee 5.7.3 and Figure 5-6.

Note: See Figure 5-8.

Dimensions for Shell Nozzle Flanges (mm)

Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6	Column 7	Column 8	Column 9	Column 10	Column 11	Column 12
NPS (Size of Nozzle)	Minimum Thickness of Flange ^d <i>Q</i>	Outside Diameter of Flange <i>A</i>	Diameter of Raised Face <i>D</i>	Diameter of Bolt Circle <i>C</i>	Number of Holes	Diameter of Holes	Diameter of Bolts	Diameter of Bore		Minimum Diameter of Hub at Point of Weld	
								Slip-On Type: Outside Diameter of Pipe Plus <i>B</i>	Welding Neck Type ^a <i>B₁</i>	Slip-On Type ^b <i>E</i>	Welding- Neck Type ^c <i>E₁</i>
60	79.4	1854	1676	1759	52	48	45	6.4	a	b	c
54	76.2	1683	1511	1594	44	48	45	6.4	a	b	c
52	73	1626	1461	1537	44	48	45	6.4	a	b	c
50	70	1569	1410	1480	44	48	45	6.4	a	b	c
48	70	1510	1360	1426	44	42	40	6.4	a	b	c
46	68	1460	1295	1365	40	42	40	6.4	a	b	c
44	67	1405	1245	1315	40	42	40	6.4	a	b	c
42	67	1345	1195	1257	36	42	40	6.4	a	b	c
40	65	1290	1125	1200	36	42	40	6.4	a	b	c
38	60	1240	1075	1150	32	42	40	6.4	a	b	c
36	60	1170	1020	1036	32	42	40	6.4	a	b	c
34	59	1110	960	1029	32	42	40	6.4	a	b	c
32	57	1060	910	978	28	42	40	6.4	a	b	c
30	54	985	855	914	28	33	30	6.4	a	b	c
28	52	925	795	864	28	33	30	6.4	a	b	c
26	50	870	745	806	24	33	30	6.4	a	b	c
24	48	815	690	750	20	33	30	4.8	a	b	c
22	46	750	640	692	20	33	30	4.8	a	b	c
20	43	700	585	635	20	30	27	4.8	a	b	c
18	40	635	535	577	16	30	27	4.8	a	b	c
16	36	595	470	540	16	27	24	4.8	a	b	c
14	35	535	415	476	12	27	24	4.8	a	b	c
12	32	485	380	432	12	25	22	3.2	a	b	c
10	30	405	325	362	12	25	22	3.2	a	b	c
8	28	345	270	298	8	23	20	3.2	a	b	c
6	25	280	216	241	8	23	20	2.4	a	b	c
4	24	230	157	190	8	19	16	1.6	a	b	c
3	24	190	127	152	4	19	16	1.6	a	b	c
2	20	150	92	121	4	19	16	1.6	a	b	c
1½	17	125	73	98	4	16	12	1.6	a	b	c

^a*B₁* = inside diameter of pipe.

^b*E* = outside diameter of pipe + 2*t_n*.

^c*E₁* = outside diameter of pipe.

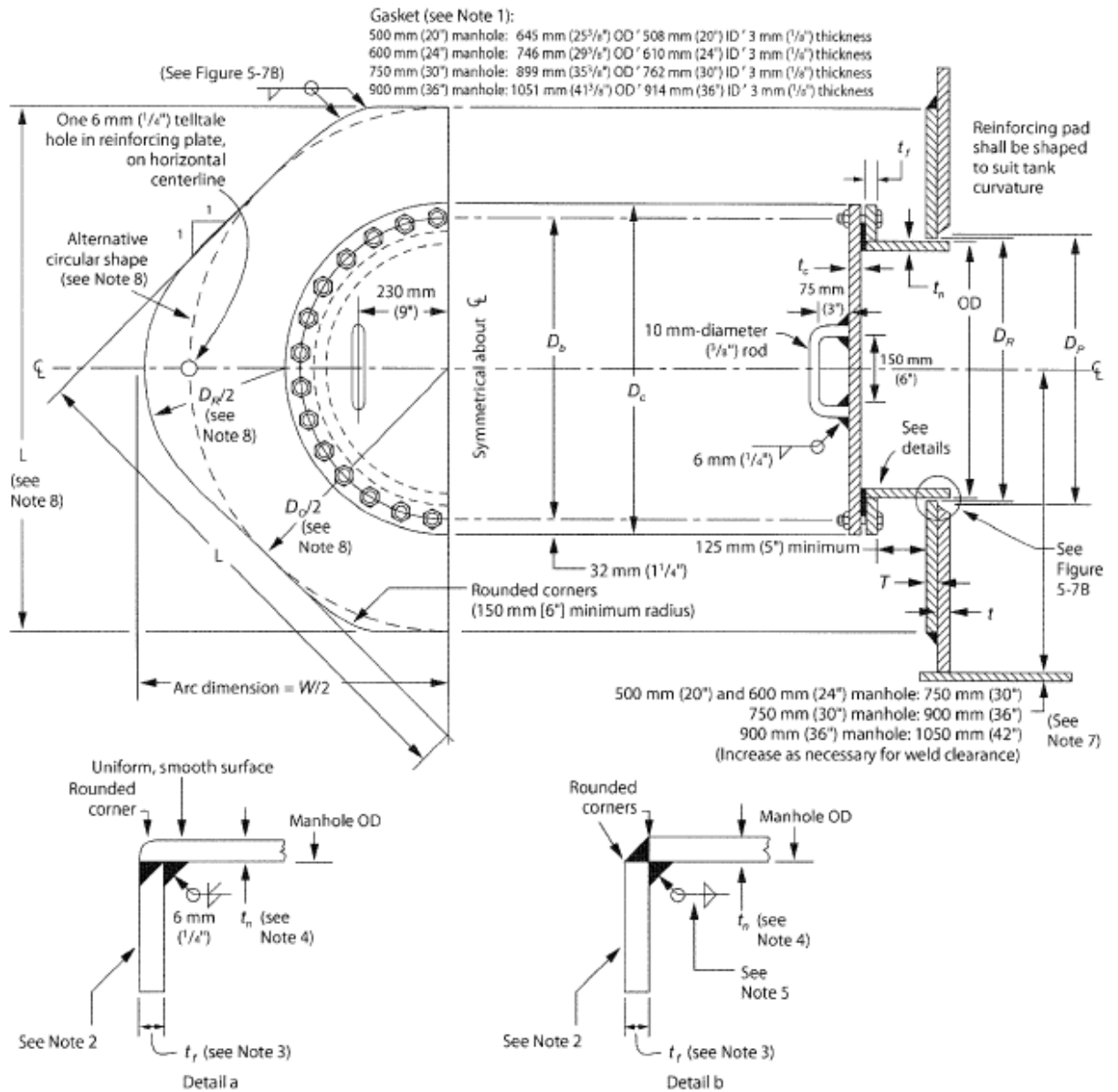
^dCorrosion allowance, if specified, need not be added to flange and cover thicknesses complying with ASME B16.5 Class 150, ASME B16.1 Class 125, and ASME B16.47 flanges.

Note: See Figure 5-8. The facing dimensions for slip-on and welding-neck flanges in NPS 1½ through 20 and NPS 24 are identical to those specified in ASME B16.5 for Class 150 steel flanges. The facing dimensions for flanges in NPS 30, 36, 42, 48, 50, 52, 54, and 60 are in agreement with ASME B16.1 for Class 125 cast iron flanges. The dimensions for large flanges may conform to Series B of ASME B16.47.

ANEXO 11

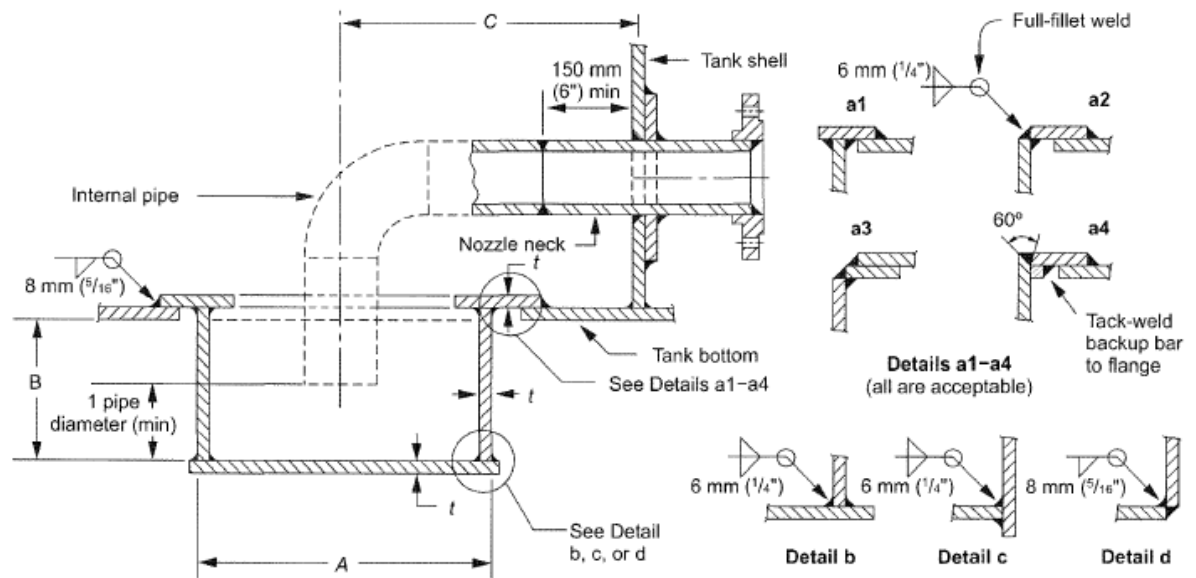
MANHOLE DE CUERPO

500 mm (20") and 600 mm (24") shell manholes: twenty-eight 20 mm-diameter ($\frac{3}{4}$ ") bolts in 23 mm ($\frac{7}{8}$ ") holes
 750 mm (30") and 900 mm (36") shell manholes: forty-two 20 mm-diameter ($\frac{3}{4}$ ") bolts in 23 mm ($\frac{7}{8}$ ") holes
 (Bolt holes shall straddle the flange vertical centerline.)



ANEXO 12

SUMIDERO



Note: The erection procedure shall include the following steps: (a) a hole shall be cut in the bottom plate or a sump shall be placed in the foundation before bottom placement; (b) a neat excavation shall be made to conform to the shape of the drawoff sump, the sump shall be put in place, and the foundation shall be compacted around the sump after placement; and (c) the sump shall be welded to the bottom.

Drawoff Sump (See Tables 5-16a and 5-16b)

Dimensions for Drawoff Sumps

NPS	Diameter of Sump mm A	Depth of Sump mm B	Distance from Center Pipe to Shell m C	Thickness of Plates in Sump mm t	Minimum Internal Pipe Thickness mm	Minimum Nozzle Neck Thickness mm
2	610	300	1.1	8	5.54	5.54
3	910	450	1.5	10	6.35	7.62
4	1220	600	2.1	10	6.35	8.56
6	1520	900	2.6	11	6.35	10.97

ANEXO 13

Dimensions for Shell Nozzles: Pipe, Plate, and Welding Schedules (mm)

Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6
Thickness of Shell and Reinforcing Plate ^a t and T	Minimum Pipe Wall Thickness of Flanged Nozzles ^b t_n	Maximum Diameter of Hole in Shell Plate (D_p) Equals Outside Diameter of Pipe Plus	Size of Fillet Weld B	Size of Fillet Weld A	
				Nozzles Larger Than NPS 2	NPS $\frac{3}{4}$ to 2 Nozzles
5	12.7	16	5	6	6
6	12.7	16	6	6	6
8	12.7	16	8	6	6
10	12.7	16	10	6	6
11	12.7	16	11	6	6
13	12.7	16	13	6	8
14	12.7	20	14	6	8
16	12.7	20	16	8	8
17	12.7	20	18	8	8
20	12.7	20	20	8	8
21	12.7	20	21	10	8
22	12.7	20	22	10	8
24	12.7	20	24	10	8
25	12.7	20	25	11	8
27	14	20	27	11	8
28	14	20	28	11	8
30	16	20	30	13	8
32	16	20	32	13	8
33	18	20	33	13	8
35	18	20	35	14	8
36	20	20	36	14	8
38	20	20	38	14	8
40	21	20	40	14	8
41	21	20	40	16	8
43	22	20	40	16	8
45	22	20	40	16	8

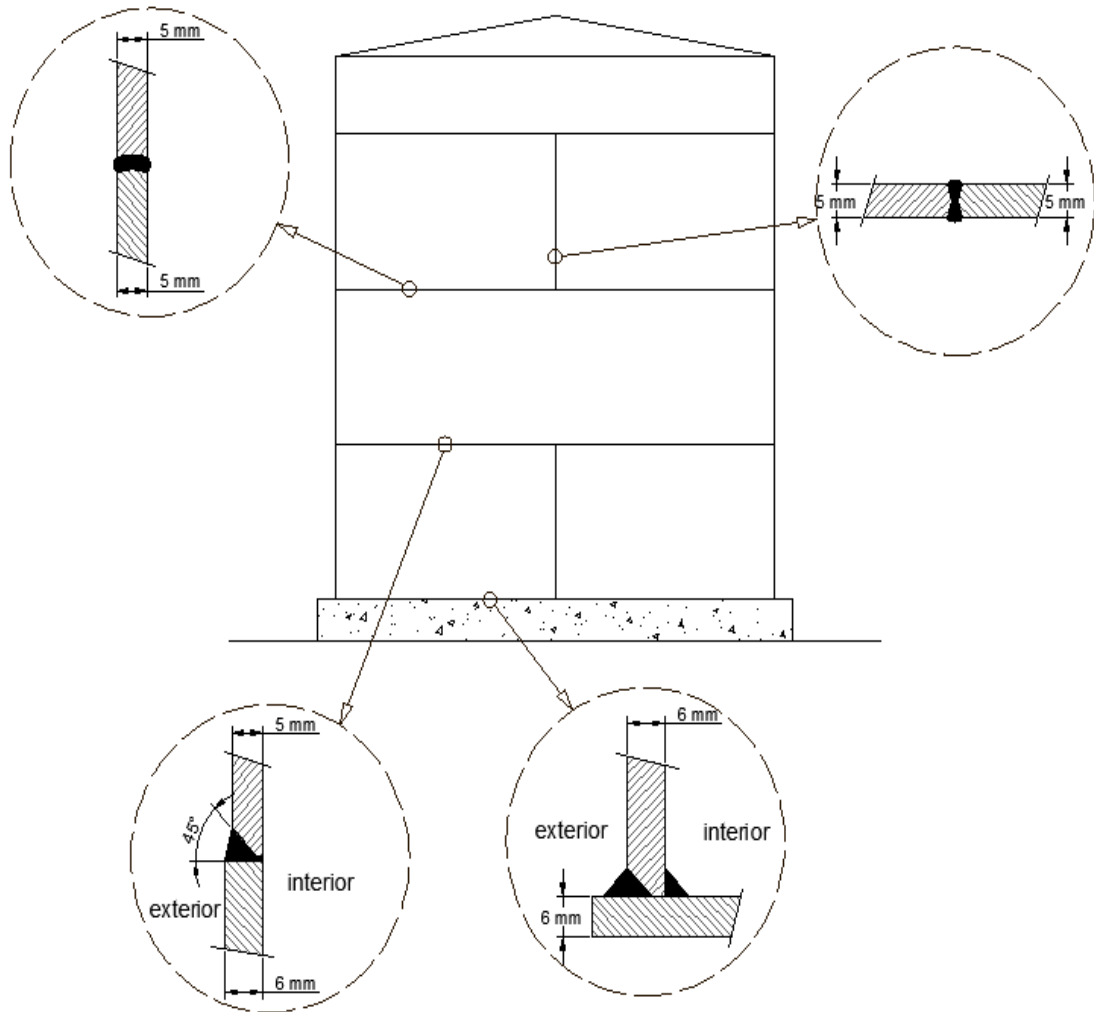
^aIf a shell plate thicker than required is used for the product and hydrostatic loading (see 5.6), the excess shell-plate thickness, within a vertical distance both above and below the centerline of the hole in the tank shell plate equal to the vertical dimension of the hole in the tank shell plate, may be considered as reinforcement, and the thickness T of the nozzle reinforcing plate may be decreased accordingly. In such cases, the reinforcement and the attachment welding shall conform to the design limits for reinforcement of shell openings specified in 5.7.2.

^bThis column applies to flanged nozzles NPS 26 and larger. See 4.5 for piping materials.

^cNote: See Figure 5-8.

ANEXO 14

SOLDADURA DE CUERPO DE TANQUE



ANEXO 15

CATALOGO SISTEMA DE PINTURAS EXTERIOR



CATEGORÍA DE CORROSIVIDAD C4

SISTEMAS DE PINTURA HEMPEL

Para estructuras de acero en áreas abiertas

Ejemplos de sistemas de muestra correspondientes a la Categoría de corrosividad C4*



CATEGORÍA DE CORROSIVIDAD C4

Vida estimada	Número de Sistema	Tipo de Pintura	Sistema de Pintura Hempel	Espesor (micras)
0 - 5 Años	1	BA Acilico	2x HEMPOLY PRIMER HB 18032	140
		BA Acilico	1x HEMI/CRYL ENAMEL HB 59030	60
Espesor total				200 mm
	2	BD Epoxy	2x HEMPOLY R MASTIC 46880/1	200
		Espesor total		

Para obtener más información o recomendaciones sobre otros productos químicos para recipientes de tanques (tank linings), póngase en contacto con su oficina local de Hempel.

Vida estimada	Número de Sistema	Tipo de Pintura	Sistema de Pintura Hempel	Espesor (micras)
> 15 Años	1	BD Epoxy	2x HEMPOLY R 46880/1	220
		BD Poluretano	1x HEMPATHANE HS 55610	60
Espesor total				280 mm
	2	BD Epoxy Zinc	1x HEMPOLY R ZINC 17360	60
		BD Epoxy	1x HEMPOLY R 46880/1	120
Espesor total				180 mm
	3	BA Epoxy Zinc	1x HEMI/CRYL ZINC 18560	60
		BA Epoxy	2x HEMI/CRYL 18500	120
Espesor total				180 mm
	4	BD Sólido de Zinc	1x HEMPEL'S GALVALUX 15700	60
		BD Epoxy	1x HEMPOLY R 46880/1	120
Espesor total				180 mm

* En lugares donde el drenado como preparación secundaria de la superficie no es posible después de la producción, una opción es usar acero al que previamente se le ha aplicado un shopprimer. Es preferible usar Shopprimers de base silicato de zinc, por ejemplo Shopprimer ZS 15850 o 15820 de Hempel – en especial para su posterior repintado con pinturas que contengan zinc – los shopprimers de base epoxy, por ejemplo los shopprimers J2320 o J2660 de Hempel se pueden también usar en caso de posterior repintado con pintura en zinc. Consulte con Hempel las instrucciones a seguir para la elección óptima de shopprimer y la necesidad de preparación secundaria de la superficie.

BD = Base Disolvente BA = Base Agua



ANEXO 16

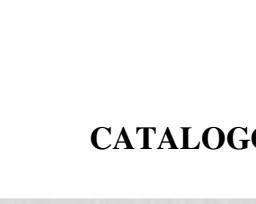
CATALOGO SISTEMA DE PINTURAS INTERIOR










CATEGORÍA DE CORROSIVIDAD CS-M

CATEGORÍA DE CORROSIVIDAD CS-M

SISTEMAS DE PINTURA HEMPEL

Para estructuras de acero en áreas abiertas

Ejemplos de sistemas de pintura correspondientes a la Categoría de Corrosividad Marina CS*

Vida estimada	Número de Sistema	Tipo de Pintura	Sistema de Pintura Hempel	Espesor (micras)
5-15 Años	1	BD Epoxy	2x HEMPADIR 46880/1	300 ***
		BA Epoxy	3x HEM DI R 18500	300 ***
		BA Poluretano	1x HEMI/THANE ENAMEL 58510	240
	2		Espesor total	40
		BD Epoxy Zinc	1x HEMPADIR ZINC 17360	280 ***
		BD Epoxy	1x HEMPADIR 46880/1	40
		BA Poluretano	1x HEMPATHANE HS 55610	120
			BA Poluretano	1x HEMPATHANE HS 55610
3		Espesor total	240 ***	
	BA Epoxy Zinc	1x HEM DI R ZINC 18560	60	
	BA Epoxy	2x HEM DI R 18500	120	
	BA Poluretano	1x HEMI/THANE ENAMEL 58510	60	
		BA Poluretano	1x HEMI/THANE ENAMEL 58510	240 ***

CATEGORÍA DE CORROSIVIDAD CS-M

SISTEMAS DE PINTURA HEMPEL

Para estructuras de acero en áreas abiertas

Ejemplos de sistemas de pintura correspondientes a la Categoría de Corrosividad Marina CS*

Vida estimada	Número de Sistema	Tipo de Pintura	Sistema de Pintura Hempel	Espesor (micras)
> 15 Años	1	BD Epoxy	2x HEMPADIR MASTIC 46880/1/W	280
		BD Poluretano	1x HEMPATHANE HS 55610	60
			Espesor total	300 ***
	2	BD Epoxy Zinc	1x HEMPADIR ZINC 17360	60
		BD Epoxy	2x HEMPADIR 46880/1	200
		BD Poluretano	1x HEMPATHANE HS 55610	60
			Espesor total	300 ***
		3	BA Epoxy Zinc	1x HEM DI R ZINC 18560
	BA Epoxy	2x HEM DI R 18500	200	
	BA Poluretano	1x HEMI/THANE ENAMEL 58510	60	
		Espesor total	300 ***	
	4	BD Silicato de Zinc	1x HEMPEL'S GALVOSIL 15700	60
	BD Epoxy	2x HEMPADIR 46880/1	200	
	BD Poluretano	1x HEMPATHANE HS 55610	60	
		Espesor total	300 ***	

* En lugares donde el aluminio como preparación secundaria de la superficie no es posible después de la producción, una opción es usar acero a que previamente se le ha aplicado un Slopprimer. Es preferible usar Slopprimers de base silicato de zinc, por ejemplo Slopprimer CS 15860 o 15820 de Hempel - en especial para su posterior repintado con pinturas que contienen zinc - los slopprimers de base epoxy, por ejemplo los slopprimers 15700 o 15550 de Hempel, se pueden también usar en caso de posterior repintado con pintura silicato de zinc. Consulte los manuales de los productos para obtener más detalles sobre la necesidad de preparación de la superficie secundaria o no.

BD = Base Disolvente BA = Base Agua

ANEXO 17

FICHA TECNICA PINTURA HEMPEL HEMUDUR 18500



Ficha Técnica

HEMUDUR 18500

18500 : BASE 18500 : CURING AGENT 97710

Descripción	Recubrimiento base agua de dos componentes curado con poliamida que contiene pigmentos inhibidores de la corrosión. Cura formando una película dura y tenaz. Clasificado como grupo j, según la Directiva 2004/42/CE.
Uso recomendado:	Como imprimación de uso general sobre superficies de acero en ambientes de corrosividad moderada a suave (ver OBSERVACIONES al dorso).
temperatura de servicio	Máximo, exposición en seco: 140°C
Certificados / Aprobaciones:	Cumple con la Directiva EU 2004/42/EC subcategoría j
Disponibilidad	Parte del Surtido del Grupo. Disponibilidad local sujeta a confirmación

DATOS TÉCNICOS:

Colores	12170* / Gris.
Acabado	semi mate
Volumen de sólidos, %:	51 ± 1
Rendimiento teórico:	6.8 m ² /l [272.7 sq.ft./US gallon] a 75 micras
Punto de inflamación	99 °C [210.2 °F]
Peso específico	1.4 kg/ltr [11.4 lb/gal EE. UU.]
Superficie seca:	2 aprox. hora(s) 20°C (ISO 1517)
Seco al tacto	4 aprox. hora(s) 20°C (ISO 1517)
Curado completo	7 día(s) 20°C
Contenido en COVs:	22 g/l [0.2 lb/gal EE. UU.]

* otros colores según carta.

Los valores de las constantes físicas aquí expresados son valores nominales de acuerdo con las fórmulas del grupo Hempel.

DETALLES DE APLICACIÓN:

Versión, producto mezclado:	18500
relación de mezcla	BASE 18500 : CURING AGENT 97710 2 : 3 en volumen
Método de aplicación:	Pistola sin aire / Brocha
Diluyente (vol. máx.):	Agua fresca (5%) / Agua fresca (5%)
Vida de la mezcla:	1 hora(s) 20°C 30 minutes (15°C/59°F) ver OBSERVACIONES al dorso
Orificio de boquilla	0.015 a 0.019 " ver OBSERVACIONES al dorso
Presión en boquilla	>150 bar [>2175 psi] (Datos de pistola sin aire indicativos y sujetos a ajustes)
Limpieza de utensilios:	Agua fresca ver OBSERVACIONES al dorso
Espesor de película indicado, seco	75 micras [3 mils] ver OBSERVACIONES al dorso
Espesor de película indicado, húmedo	150 micras [6 mils]
Seguridad:	Manipular con cuidado. Observar las etiquetas de seguridad en los envases antes y durante el uso. Consultar las Fichas de Datos de Seguridad HEMPEL y seguir las regulaciones locales o nacionales.

ANEXO 18

FICHA TECNICA PINTURA HEMPEL HEMUDUR ZINC 18560

HEMUDUR ZINC 18560

HEMPEL'S ZINC METAL PIGMENT 97110

UTWARDZACZ 97700

Charakterystyka:	HEMUDUR ZINC 18560 jest trójskładnikowym wodorozcieńczalnym gruntem epoksydowym o wysokiej zawartości cynku. Tworzy powłokę przeciwkorozyjną zapewniającą ochronę katodową lokalnych uszkodzeń mechanicznych.		
Zalecane stosowanie:	Jako antykorozyjny grunt w systemach farb wodorozcieńczalnych, ekspozowanych w środowiskach korozyjnych o umiarkowanej i silnej agresywności. Spełnia wymagania SSPC-Paint 20, typ 2, poziom 1 oraz ISO 12944-5.		
Temperatura pracy, max:	Tylko w środowisku suchym: 140°C.		
Dostępność:	Wymaga potwierdzenia.		
DANE FIZYKOCHEMICZNE:			
Kolory/ Nr koloru:	szary/ 19840		
Połysk powłoki:	matowa		
Części stałe, % obj.:	51 ± 1		
Wydajność teoretyczna:	10,2 m ² /dm ³ – 50µm		
Temperatura zapłonu:	>93°C		
Gęstość:	2,5 kg/dm ³		
Pyłosuchość:	około 1 godzina w 20°C (ISO 1517)		
Sucha na dotyk:	około 2 godziny w 20°C		
Pełne utwardzenie:	7 dni w 20°C		
V.O.C.:	10 g/dm ³		
<i>Stale fizyczne mogą różnić się w zakresie normalnych odchyłek produkcyjnych przedstawionych w normie ISO 3534-1. Dalsze wyjaśnienia znajdują się w „Objaśnieniach” w Katalogu Hempa.</i>			
SPOSÓB APLIKACJI:			
Proporcje mieszania składników dla 18560:	BAZA 18560:	4,3 części objętościowe,	
	Hempel's zinc metal pigment 97110:	17,0 części wagowe, (razem 6,7 części obj.)	
	UTWARDZACZ 97700:	3,3 części objętościowe.	
	Hempel's zinc metal pigment 97110 dodać powoli do BAZY 18560 ciągle mieszając mieszadłem mechanicznym aż do uzyskania jednorodnej mieszaniny. Następnie wymieszać z UTWARDZACZEM 97700.		
Metoda nakładania:	natrysk bezpowietrzny	pędzel (zaprawki)	
Rozcieńczalnik (max obj.):	woda słodka (10%)	woda słodka (5%)	
Przydatność mieszaniny do stosowania:	3 godziny (20°C) (patrz UWAGI poniżej) 1,5 godziny (15°C)		
Średnica dyszy:	0,015" - 0,019"		
Ciśnienie w dyszy:	15 MPa (dane dotyczące natrysku bezpowietrznego podane są orientacyjnie i mogą ulec korekcie)		
Czyszczenie narzędzi:	woda słodka (patrz UWAGI poniżej)		
Grubość powłoki (DFT):	50µm (patrz UWAGI poniżej)		
Grubość warstwy (WFT):	100µm		
Nakładanie kolejnych warstw:	Czas do nałożenia kolejnych warstw zależy od późniejszych warunków ekspozycji (HEMUDUR ZINC 18560, grubość powłoki – 50µm, temperatura stali 20°C):		

ANEXO 19

FICHA TECNICA PINTURA HEMPEL HEMUDUR ENAMEL 58510



Product Data

HEMUTHANE ENAMEL 58510

58510: BASE 58510: CURING AGENT 97780

Description:	HEMUTHANE ENAMEL 58510 is a water-borne, two-component polyurethane enamel with excellent gloss and colour retention. Easy to clean.
Recommended use:	As a durable topcoat in water-borne epoxy systems.
Service temperature:	Maximum, dry exposure only: 120°C/248°F see REMARKS overleaf
Availability:	Not included in Group Assortment. Availability subject to special agreement.

PHYSICAL CONSTANTS:

Shade nos/Colours:	10000*/ White.
Finish:	Glossy
Volume solids, %:	48 ± 1
Theoretical spreading rate:	12 m ² /l [481.2 sq.ft./US gallon] - 40 micron/1.8 mils
Flash point:	187 °C [368.6 °F]
Specific gravity:	1.4 kg/litre [11.6 lbs/US gallon]
Dry to touch:	5 approx. hour(s) 20°C/68°F
Fully cured:	7 day(s) at 20°C/68°F
VOC content:	52 g/l [0.4 lbs/US gallon]

**other shades according to assortment list.*

The physical constants stated are nominal data according to the HEMPEL Group's approved formulas.

APPLICATION DETAILS:

Version, mixed product:	58510
Mixing ratio:	BASE 58510: CURING AGENT 97780 8.5:1.5 by volume After careful mixing with mechanical stirrer, dilute 5-15% by volume with fresh water.
Application method:	Airless spray / Air mix
Thinner (max.vol.):	Fresh water (5-15%) / Fresh water (5-15%)
Pot life:	2 approx. hour(s) 20°C/68°F
Nozzle orifice:	0.011 - 0.015 "
Nozzle pressure:	150 bar [2175 psi] (minimum) (Spray data is indicative and subject to adjustment)
Cleaning of tools:	Fresh water see REMARKS overleaf
Indicated film thickness, dry:	40 micron [1.6 mils] see REMARKS overleaf
Indicated film thickness, wet:	75 micron [3 mils] After dilution (15%): 100 micron/4 mils
Recoat interval, min:	According to specification.
Recoat interval, max:	According to specification.
Safety:	Handle with care. Before and during use, observe all safety labels on packaging and paint containers, consult HEMPEL Safety Data Sheets and follow all local or national safety regulations.

ANEXO 20

CATALOGO ANODOS DE MAGNESIO



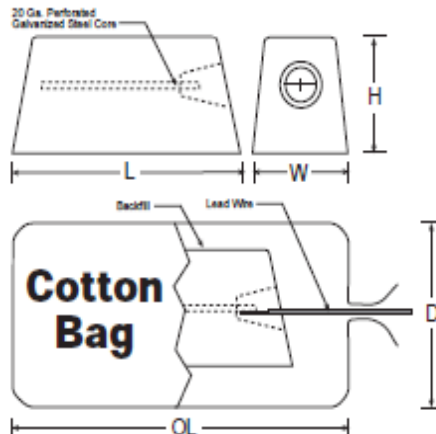
Magnesium H-1 Soil Anodes



Galvotec Alloys produces the H-1 Alloys, ASTM AZ63.
The standard sizes can be found in the following chart.

PRODUCT NO.	Weight				Anode Dimensions							
	BARE		PKDG.		Width (W)		Height (H)		Length (L)		Diameter (D)	
	lbs	kg	lbs	kg	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm
GA-MG-3 H-1	3	1.4	8	3.6	3	76	3	76	5.0	127	5.25	133
GA-MG-5 H-1	5	2.3	13	5.9	3	76	3	76	8.0	229	5.25	133
GA-MG-9 H-1	9	4.1	27	12.2	3	76	3	76	14.0	336	5.25	133
GA-MG-12 H-1	12	5.4	32	14.5	4	102	4	102	12.0	305	7.50	191
GA-MG-17 H-1	17	7.7	45	29.4	4	102	4	102	17.0	432	7.50	191
GA-MG-32 H-1	32	14.5	68	30.8	5	127	5	127	20.5	521	8.50	216
GA-MG-50 H-1	50	22.7	100	45.4	7	178	7	178	16.0	406	10.00	254

Other shapes, sizes and weights available on request.



Packaged Anodes are prepack in either bags or cardboard cartons in low resistivity, quick wetting, prepared backfill consisting of 75% hydrated gypsum, 20% bentonite, and 5% sodium sulphate.

Connecting Wire: Standard 10 feet of solid or stranded #12 AWG Copper Lead Wire/THWN/THNN.



Alloy Compositions			
	Grade "A"	Grade "B"	Grade "C"
Element	%	%	%
Aluminum	5.3 - 6.7	5.3 - 6.7	5.0 - 7.0
Zinc	2.5 - 3.5	2.5 - 3.5	2.0 - 4.0
Manganese (Min)	0.15	0.15	0.10
Impurities			
Iron (Max.)	0.003	0.003	0.003
Nickel (Max.)	0.002	0.003	0.003
Copper (Max.)	0.02	0.05	0.10
Silicon (Max.)	0.10	0.30	0.30
Other (Max.)	0.30	0.30	0.30
Magnesium	Balance	Balance	Balance

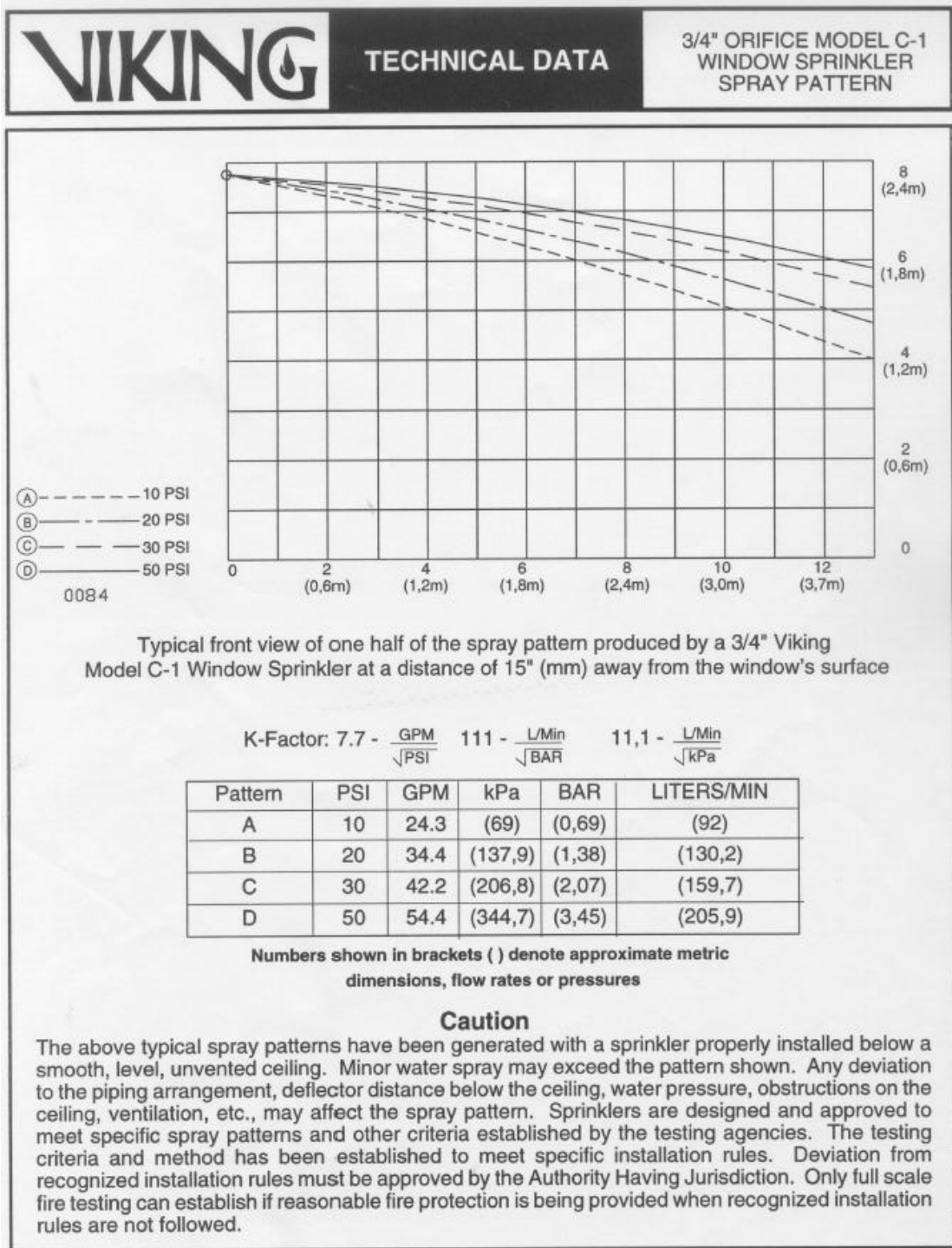
Typical Electrochemical Properties

Amps/Hrs./Lb.	500-540
Efficiency	50-54%
Closed Circuit Potential (Copper/Copper Sulfate)	-1.45 to -1.55v
Open Circuit Potential (Copper/Copper Sulfate)	-1.50 to -1.60v

NOTE: While statements contained herein are believed to be accurate, they are offered as suggestions only and no warranty or representation is intended. Galvotec Alloys products are sold subject to the terms and conditions appearing on our printed order acknowledgment.

ANEXO 21

WINDOW SPRINKLER

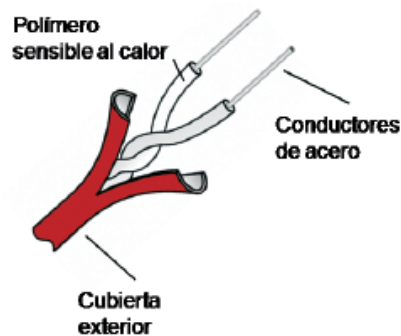


ANEXO 22

CABLE TÉRMICO SENSOR DE TEMPERATURA

1. PRESENTACIÓN

El cable sensor de temperatura para detección de incendios CDL consta de dos conductores de acero trenzados cubiertos por una capa de polímero sensible al calor que, al alcanzar la temperatura prefijada, se rompe permitiendo el contacto de los conductores para producir una alarma.



Una cubierta exterior resistente a la corrosión y a la abrasión protege a los conductores convirtiendo al cable térmico CDL en el sistema de detección de incendios más indicado para aplicaciones en condiciones ambientales extremas.

1.1 Rangos de temperatura y cubiertas

Existen 4 tipos distintos de cable térmico CDL en función de la temperatura de alarma elegida: 68 °C, 78 °C, 88 °C y 105 °C.

	Máxima temperatura ambiente *	Temperatura de Alarma**
CDL68	45°C/113°F	68°C/155°F
CDL78	50°C/122°F	78°C/173°F
CDL88	70°C/158°F	88°C/190°F
CDL105	70°C/158°F	105°C/220°F

*Temperaturas máximas recomendadas, considerando potenciales fluctuaciones en la temperatura ambiente.

**La temperatura de alarma del cable térmico CDL no depende de la longitud del mismo.

Está disponible además con diferentes cubiertas exteriores para distintas aplicaciones:

- **Estándar:** con recubrimiento exterior de vinilo para aplicaciones generales, resistente al polvo, humedad, suciedad y agresivos químicos comunes.
- **Polipropileno.** Ofrece estabilidad térmica, durabilidad, resistencia química e integridad mecánica.
- **Nylon.** Ofrece un extra de protección contra daños mecánicos. Recubierto de nylon, preparado para trabajar en aplicaciones industriales agresivas.

ANEXO 23

CENTRAL DE DETECCIÓN DE INCENDIOS



by Honeywell

Flex GF506D

Description

General

The Flex GF506D is a six-zone FACP used for single and dual hazard deluge and pre-action applications. The Flex GF506D provides reliable fire detection. It also offers signaling and protection for commercial, industrial, and institutional buildings that require water-based releasing. The Flex GF506D is compatible with System Sensor's i³ detectors.

The i³ detectors are conventional smoke detectors that transmit a maintenance trouble signal to the FACP that indicates the need for cleaning. It also transmits a supervisory 'freeze' signal when the ambient temperature falls below the detector rating of approximately 45°F (7.22°C). In addition, the Flex GF506D control panel is compatible with the following conventional input devices:

- two-wire and four-wire smoke detectors
- pull stations
- waterflow devices and tamper switches
- other normally-open contact devices

For a complete listing of compatible devices, refer to the Gamewell-FCI Device Compatibility Document, P/N: 52195.

There are four outputs that are programmable as NACs (Notification Appliance Circuits) or releasing circuits. Three programmable Form-C relays (factory programmed for Alarm, Trouble, and Supervisory), and the 24 VDC special application resettable and non-resettable power outputs are included on the main circuit board. The Flex GF506D supervises all wiring, AC voltage, battery charger, and battery level.

The activation of a compatible smoke detector or any normally open fire alarm initiating device will do the following:

- turn on audible and visual signaling devices
- light an indicator
- display alarm information on the panel's LCD
- sound the piezo sander at the FACP
- activate the FACP alarm relay
- operate an optional module used to notify a remote station or initiate an auxiliary control function

Pre-action / Deluge Control Panel



Flex GF506D

Features

- Listed to UL Standard 864, 9th edition
- Designed for sprinkler standards NFPA 13, 15 and 16
- Dual hazard operation
- Adjustable waterflow discharge timer and two soak timers
- Cross-zone (double-interlock) capability
- Six programmable Style B (Class B) IDCs (Initiating Device Circuit) with optional Class A wiring
- System Sensor i³ series detectors compatible
- Four programmable Style Y (Class B) output circuits - (special application power) with Class A Style Z option
- Strobe Synchronization:
 - System Sensor
 - Cooper-Wheelock
 - Gentex
 - Faraday
 - Amseco
- Three programmable Form-C relays.
- 7.0 amps total 24 VDC output current
- Resettable and non-resettable output power
- Built-in Programmer
- ANN-BUS for connection to optional (up to 8 total of any of the following):
 - GFANN-80 Remote LCD Annunciator
 - GFANN-RLY Relay Module
 - GFANN-LED Annunciator Module
- 80-character LCD display (backlit)
- Real-time clock/calendar w/daylight savings time control

An ISO 9001-2000 Company



i³™ is a trademark of Honeywell International Inc.

UL® is a registered trademark of Underwriter's Laboratories Inc.

GAMEWELL-FCI

12 Clintonville Road, Northford, CT 06472-1610 USA • Tel: (203) 484-7161 • Fax: (203) 484-7118

Specifications are for information only, are not intended for installation purposes, and are subject to change without notice. No responsibility is assumed by Gamewell-FCI for their use.

©2013 by Honeywell International Inc. All rights reserved.

www.gamewell-fci.com

9021-60466 Rev. C page 1 of 4

ANEXO 24

VÁLVULA DILUVIO



TECHNICAL DATA

2" - 8" (DN50 - DN200)
HORIZONTAL SOLENOID
OPERATED DELUGE VALVE
Maximum 250 PSI WWP

The Viking Corporation, 210 N Industrial Park Drive, Hastings MI 49058
Telephone: 269-945-9501 Technical Services: 877-384-5464 Fax: 269-818-1680 Email: techsvcs@vikingcorp.com

1. DESCRIPTION

The Viking Horizontal Pilot Deluge System is a simple pilot control system that utilizes a straight through Model F-1 Deluge Valve, operated with a solenoid valve. The deluge valve is a quick opening, differential diaphragm flood valve with one moving mechanism. It is held closed by water pressure trapped in the priming chamber; keeping the outlet chamber and downstream piping dry. The solenoid valve is a normally closed control valve that energizes open upon receiving power applied to the solenoid coil. When the pilot control system operates, pressure is released from the priming chamber of the deluge valve. This opens the clapper to allow water to flow into the piping. The solenoid operated deluge valve can be remotely operated.

Features:

1. Simple design with easy installation and maintenance
2. Designed for remote resetting and activation
3. Deluge valve-field replaceable diaphragm and seat rubbers

2. LISTINGS AND APPROVALS:

 cULus Listed: Guide No. VLFT

3. TECHNICAL DATA

Deluge Valve Specifications:

Maximum Working Water Pressure: 250 PSI (17.4 bar)
Factory tested: to 500 psi (34.5 bar)
Valve differential: 2:1 (priming chamber to inlet chamber)
Color of valve: Red

Friction loss and C_v Factor: Refer to Table 1.

Deluge Valve Material Standards:

Main Valve Body and Cover: Ductile Iron, Grade 65-45-12, Brass UNS-C84400 or UNS-C83600

Main Trim Material Standards:

Nipples and fittings: Galvanized steel
Drain Tube: 7" (177.8 mm) copper tube

Flexible Hose Specifications and Material Standards:

3/8" ID Stainless Steel braided corrugated tube
Lengths: 18" (457 mm) for the 3" and 4" (DN80 and DN100) valves, 24" (610 mm) for the 6" (DN150) valve, and 31" (787 mm) for the 8" (DN200) valve +/- 1/2" (12.7 mm).

NOTE: 1-1/2" (38.1 mm) minimum bend radius

Solenoid Valve Specifications:

NEMA 1,2,3,3S,4,4X general purpose, watertight
24 VDC, Wattage: 9.0 DC, DC Current: 338mA
Operating Pressure: Max. 250 psi (17.2 bar), Min. 5 psi (0.35 bar)
Coil: Class H, Continuous Duty
Maximum ambient temperature: 130 °F (54 °C)
 C_v Factor: 4.0

Solenoid Valve Material Standards:

Body: Brass
Seals and Discs: Buna N
Core Tube: 305 Stainless Steel
Core and Plugnut: 430F Stainless Steel
Springs: 302 Stainless Steel

Ordering Information:

Part Numbers: Refer to Table 1
Replacement Solenoid Valve Part Number: 11601

Available since 2012.

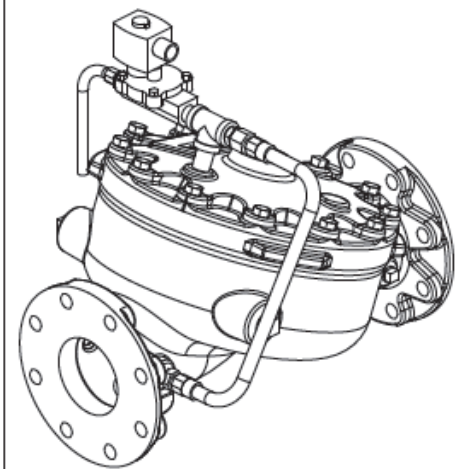


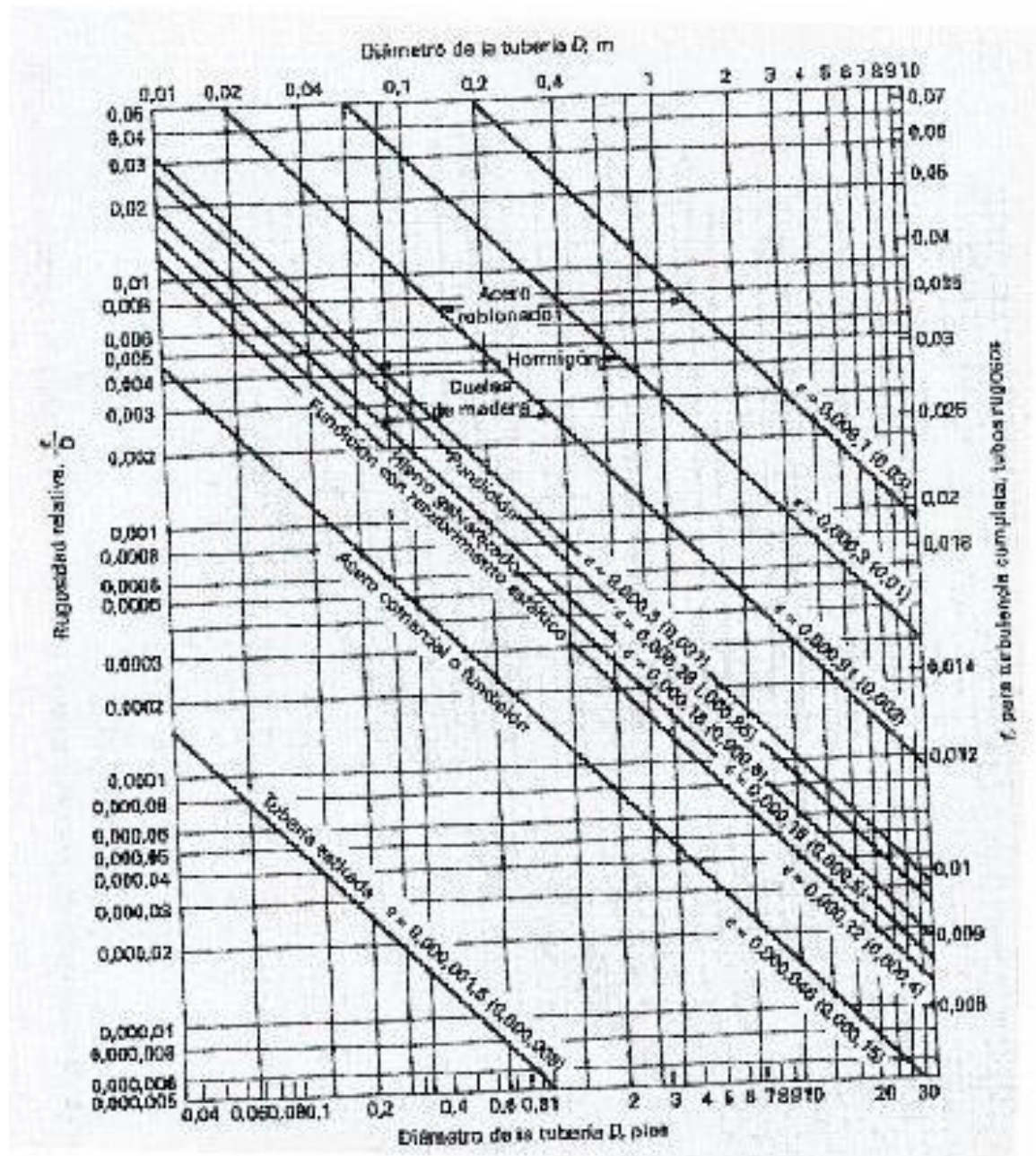
Figure 1

$$Q = C_v \sqrt{\frac{\Delta P}{S}}$$

Q = Flow
 C_v = Flow Factor (GPM/1 PSI ΔP)
 ΔP = Pressure Loss through Valve
S = Specific Gravity of Fluid

ANEXO 25

NOMOGRAMA RUGOSIDAD RELATIVA EN FUNCIÓN DEL DIÁMETRO PARA TUBOS DE VARIOS MATERIALES



ANEXO 26

DIAGRAMA DE MOODY

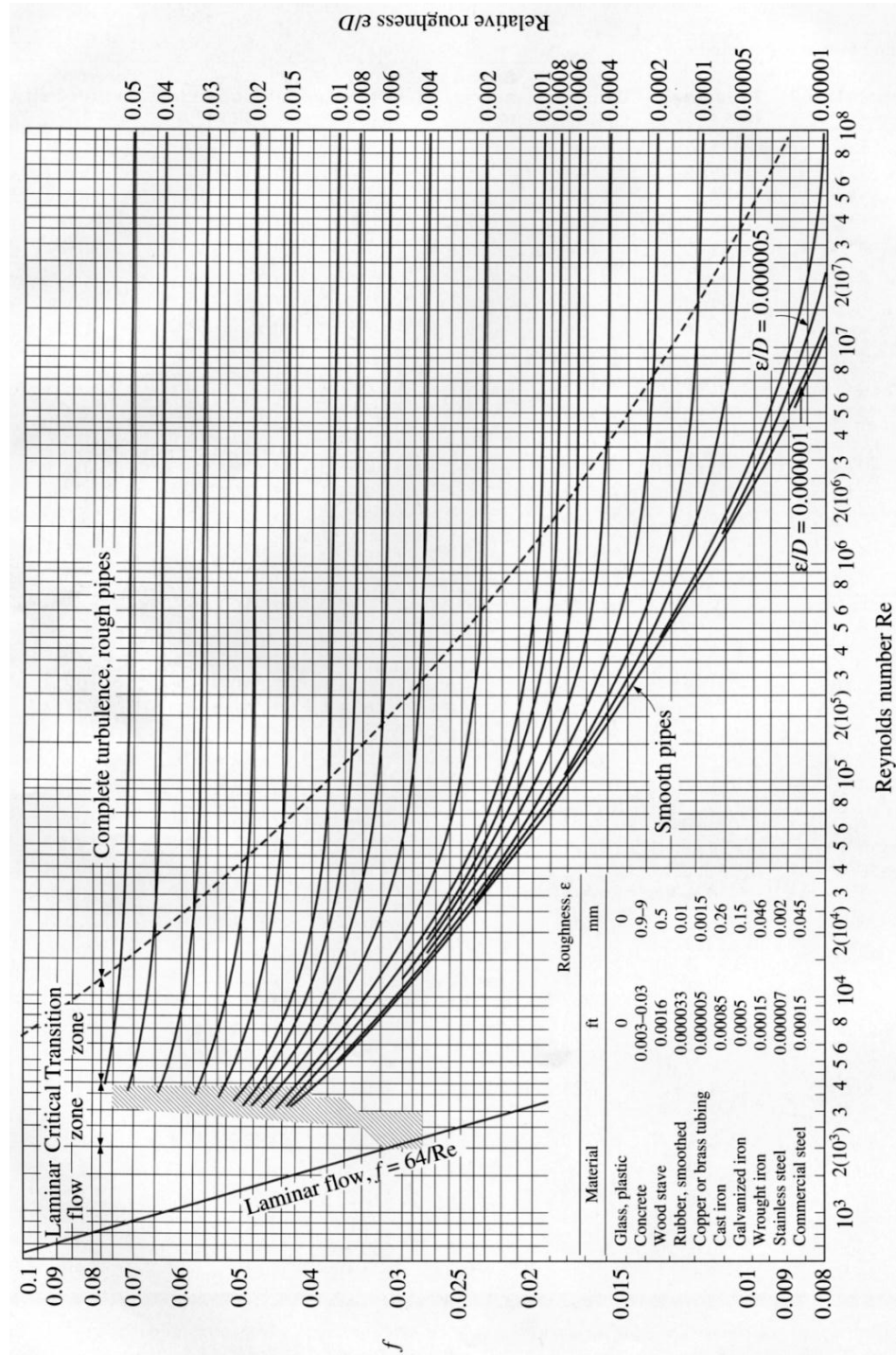


FIGURE A-27

The Moody chart for the friction factor for fully developed flow in circular tubes.

ANEXO 27

SOPORTES PARA TUBERÍA

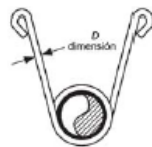


FIJACIONES, COLGADO Y SOPORTES

Los acoplamientos ranurados *Shurjoint* están diseñados para soportar empujes axiales de 4 a 5 veces su presión de trabajo calculada, aunque la fuerza contra los movimientos de cimbreo es menor que la de la tubería de acero. La unión puede ser dañada cuando ocurre un movimiento de cimbreo mayor que la desviación permitida. Los diseñadores de sistemas deberían habilitar anclajes (principal e intermedio) y guías de tubería con el apropiado espacio para proteger al sistema de grandes e inesperados movimientos de cimbreo ó vibración.

Estas ilustraciones son ejemplo solamente, y no son pensadas para ser usadas para todas las instalaciones ya que las condiciones y requerimientos varían de trabajo en trabajo. Confiar en los datos generales ó en la información contenida aquí será a riesgo exclusivo del usuario y sin obligación para Shurjoint.

Las perchas están diseñadas para soportar cinco veces el peso de la tubería llena de agua más 250 libras (115 kilos) en cada punto de soporte de la tubería (NFPA 13 9.1.1.1). Las siguientes ilustraciones son ejemplos de tipos y tamaños aceptables de perchas para NFPA 13.



Gancho en U enrollado

Tamaños de gancho en U

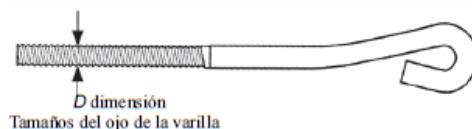
Tamaño de la tubería	D dimensión pulgadas/mm
~2"	5/16 (7.9)
2-1/2 ~ 6"	3/8 (9.5)
8" ~	1/2 (12.7)



Pieza giratoria ajustable
Argolla-varilla apretada a la tubería

Tamaño de las varillas

Tamaño de la tubería	D dimensión pulgadas/mm
~4"	3/8 (9.5)
5 ~ 8"	1/2 (12.7)
10 ~ 12"	5/8 (12.9)



Tamaños del ojo de la varilla

Tamaño de la tubería	D dimensión pulgadas/mm
~4"	3/8 (9.5)
5 ~ 8"	1/2 (12.7)
10 ~ 12"	3/4 (15.1)

FIJACIONES, COLGADO Y SOPORTES B-20

Perchas para corredores rectos

Para corredores rectos Usted puede usar tanto acoplamientos rígidos como flexibles. Cuando son usados acoplamientos rígidos, puede ser aplicado el mismo método de espaciado de las perchas así como otros métodos para tuberías. Usted puede referirse al espaciado estándar para perchas de ANSI B31.1 Código de Tubería de Poder, B31.9 Código de Servicio para Tuberías de Edificaciones, NFPA 13 Sistemas de Rociado ó la Guía de Equipos Mecánicos para Construcción (Japón). Ver la tabla a continuación.

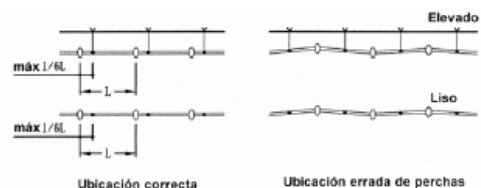
Maximo Espacio Sugerido entre Soprtes
(Tubería de Acero)

Tamaño Nominal de la Tubería pulg/ mm	Para servicio de agua (metros)				Para gas o servicio de aire (metros)		
	1)	2)	3)	4)	1)	2)	3)
1 / 25	2.1	2.7	3.7	2.0	2.7	2.7	2.7
1.25 / 32	2.1	3.4	3.7	2.0	2.7	2.7	3.4
1.5 / 40	2.1	3.7	4.6	2.0	2.7	2.7	4.0
2 / 50	3.1	4.0	4.6	2.0	4.0	4.0	4.6
3 / 80	3.7	4.6	4.6	2.0	4.6	4.6	5.2
4 / 100	4.3	5.2	4.6	2.0	5.2	5.2	6.4
6 / 150	5.2	6.1	4.6	3.0	6.4	6.4	7.6
8 / 200	5.8	6.4	4.6	3.0	7.3	7.3	8.5
10 / 250	5.8	6.4		3.0	7.3	7.3	9.5
12 / 300	7.0	6.4		3.0	9.1	9.1	10.1
14 / 350	7.0	6.4			9.1	9.1	10.1
16 / 400	8.2	6.4			10.7	10.7	10.1
18 / 450	8.2	6.4			10.7	10.7	10.1
20 / 500	9.1	6.4			11.9	11.9	10.1
24 / 600	9.8	6.4			12.8	12.8	10.1

- 1) ANSI B31.1 Código de Tubería de Poder
- 2) ANSI B31.9 Código de Servicio para Tuberías de Edificaciones
- 3) NFPA 13 Sistemas de Rociado
- 4) Ministerio de Tierra y Transporte de Japón: Guía de Equipos Mecánicos para la Construcción

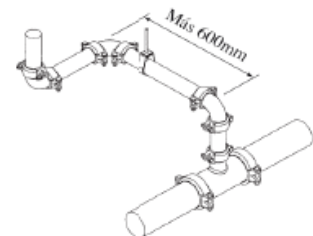
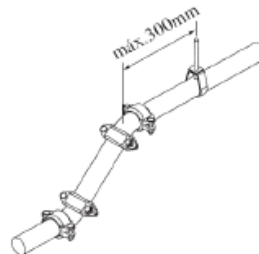
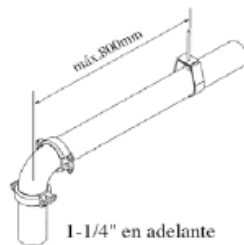
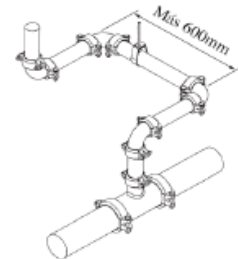
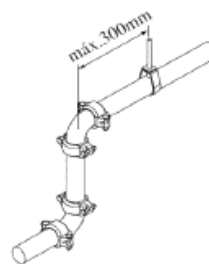
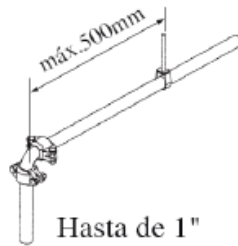
Ubicación de perchas en corredores rectos donde son usados acoplamientos flexibles

Quando son usados acoplamientos flexibles en corredores rectos, la ubicación de las perchas debe ser diseñada tan cerca de cada acoplamiento como sea posible, ó dentro de un distancia de menos de 1/6 del espacio entre acoplamientos.



Ubicación de perchas en corredores curvos de tuberías y líneas ramal

Soportería Adicional debe ser proveída donde las corridas de tubo están curbeadas, conectadas a una línea de ramal, o en "risers" o arreglos de alarma cortos y también bajadas.



Corredor curvo de tubería

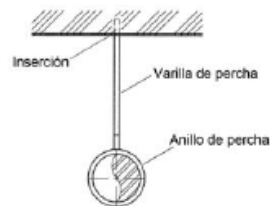
Elevador corto

Línea ramal

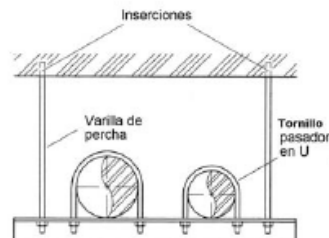
Diseños típicos de perchas y refuerzos ó anclajes oscilantes para tuberías

Los recorridos o corredores de las tuberías deberán ser adecuadamente suspendidos por medio de varillas de

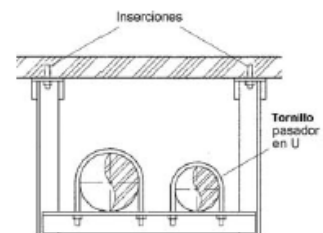
perchas ó ángulos de acero que son directamente amarrados a la estructura de la edificación para restringir el movimiento de la tubería. La máxima distancia entre perchas no deberá exceder de la medida especificada en la tabla de la página anterior.



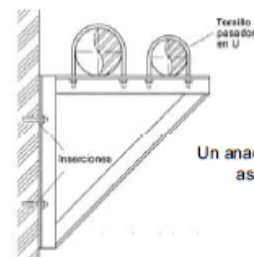
Una varilla de percha para un corredor de una tubería



Percha trapezoidal para corredor de múltiples tuberías



Percha trapezoidal suspendida desde el techo



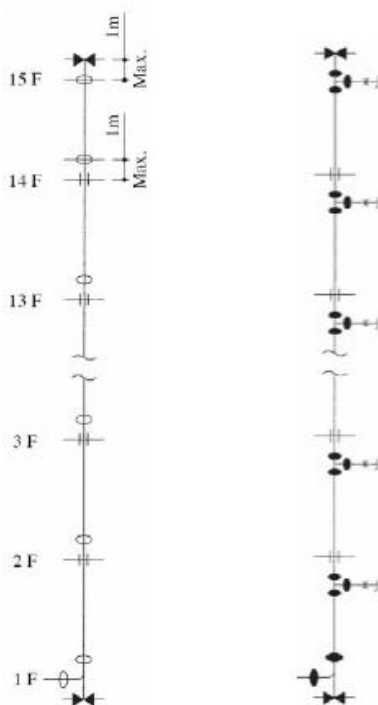
Un anaquele de acero en ángulo asegurado a la pared

SOPORTES PARA ELEVADORES

En edificios de múltiples pisos, los elevadores deberán ser asegurados (ó anclados) al nivel más bajo y deberán ser soportados por mordazas, grapas ó por tornillos pasadores en forma de U a cada nivel de suelo para prevenir que los elevadores oscilen. Si los elevadores son asegurados por penetración en el suelo, el número de mordazas ó de tornillos en forma de U puede reducirse a uno por cada tres pisos. Para elevadores, acoplamientos flexibles ó acoplamientos rígidos puede ser usado en tanto sean proporcionados un anclaje apropiado y soporte.



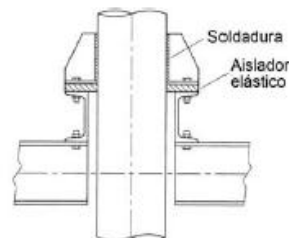
Mordaza ó grapa de elevador



- Acoplamiento flexible
- Acoplamiento rígido
- Ancla
- ++ Abrazadera oscilante

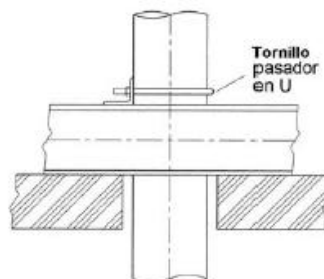
- Las anclas deberán ser suficientes para sostener el peso de una tubería llena de agua y los empujones de presión.
- Las guías de la tubería (abrazaderas oscilantes) deben ser capaces de asegurar el movimiento lateral del sistema.

Anclas para elevadores (→→)



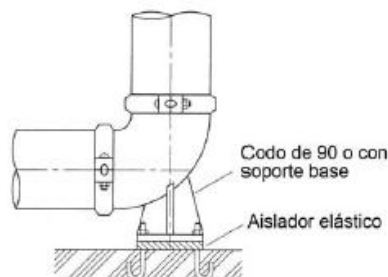
Soldadura
Aislador elástico

Abrazaderas oscilantes para elevadores (++)



Tornillo pasador en U

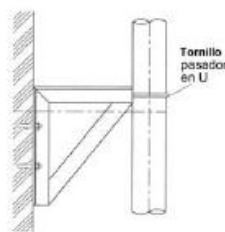
Ancla (→→)



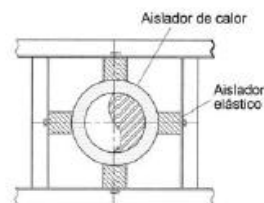
Codo de 90° o con soporte base
Aislador elástico

Abrazadera oscilante (++)

Abrazadera oscilante (++)



Tornillo pasador en U



Aislador de calor
Aislador elástico

BIBLIOGRAFÍA

1. <http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/PAGE/COVECAINICIO/IMAGENES/ARCHIVOSPDF/ARCHIVOSDIFUSION/MONOGRAF%CDA%20DE%20PALMA%20DE%20ACEITE.PDF>
2. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. (2010) Tesis: “Desarrollo de un producto alimenticio: crema de chocolate, utilizando aceite de palma en Industrial Danec S.A. Riobamba.
3. CORPEI. (2006) Centro de Inteligencia Comercial. “Perfiles de Producto: Aceite de Palma”.
4. OBSERVATORIO AGROCADENAS COLOMBIA. (2006) “Agroindustria y competitividad: estructura y dinámica en Colombia 1992-2005. Capítulo 3: La industria de chocolates en Colombia”. Bogotá.
5. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL. (2008) Tesis: “Diseño de una línea procesadora de pasta de cacao artesanal”. Guayaquil.
6. BÜHLER GROUP: <http://www.buhlergroup.com/>

7. MARTIN LLOVERAS: <http://www.lloveras.com/>

8. CARLE & MONTANARI: <http://www.cm-opm.com/>

9. MACINTYRE CHOCOLATE SYSTEMS: <http://www.macintyre.co.uk/a9.html>

10. CURSO CONTROL DE CALDERAS:
<http://www.instrumentacionycontrol.net/cursos-libres/automatizacion/curso-control-de-calderas.html>.

11. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO. (2001) Tesis: “Diseño y construcción de una caldera pirotubular horizontal de tres pasos 50 BHP. Latacunga.

12. VARGAS ZÚÑIGA, ÁNGEL.(1984) “Calderas Industriales y Marinas”. Editorial Series VZ. Guayaquil. Págs. 15-16, 146-154, 174-183, 233-251.

13. BOSCH. “Comparison of Shell boilers and Water tube boilers”.
http://www.bosch-industrial.com/files/fb013_en.pdf

14. CLEAVER BROOKS: <http://www.cleaver-brooks.com/>

15. JOHNSTON BOILER COMPANY: <http://www.johnstonboiler.com/>

16. http://www.waterprofessionals.com/pdfs/fuel_energy.pdf

17. WATER QUALITY ASSOCIATION: <http://www.wqa.org/>

18. SISTEAGUA: “CALIDAD DE AGUA PARA GENERADORES DE VAPOR”.

[http://www.cnpml.org.sv/UCATEE/ee/docs/informacion calderas ciclos de concentracion.pdf](http://www.cnpml.org.sv/UCATEE/ee/docs/informacion_calderas_ciclos_de_concentraci%3Fraci%3Fon.pdf). México.

19. SPIRAX SARCO. (1999) “Guía de referencia técnica: Distribución del vapor”.

20. SPIRAX SARCO. (2004) “Design of Fluid Systems: Steam utilization”.

21. OWENS CORNING: <http://www2.owenscorning.com/worldwide/mexico/>

22. INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL.(2008) Tesis: “Diseño y cálculo de un tanque de almacenamiento para nafta con diámetro de 70ft x 30ft de altura. Bajo la Norma API 650”. México.

23. API STANDARD 650: Welded Steel Tanks for Oil Storage. Section 5. 11th edition, 2007. Addendum 3.

24. PEMEX.(2008) “Diseño de tanques atmosféricos”. México.
25. ASME Section VIII Division 1: Rules for Construction of Pressure Vessels. 2010 edition.
26. HEMPEL: “Directrices para la protección anticorrosiva del acero según la Norma ISO 12944”. <http://www.hempel.es/~media/Sites/hempel-es/Files/General/Brochures/iso-rochure-es.pdf>
27. PEABODY A. W. (2001) Control of Pipeline Corrosion. Second edition.
28. NFPA: Manual de Protección Contra Incendios.
29. NFPA 1: Fire Prevention Code. 2000 edition.
30. NFPA 13: Installation of Sprinklers Systems. 2002 edition.
31. NFPA 20: Installation of Stationary Pumps for Fire Protection. 2007 edition.
32. NFPA 30: Código de Líquidos Inflamables y Combustibles. Edición 1996.

33. API STANDARD 650: Welded Steel Tanks for Oil Storage. Section 6. 11th edition, 2007. Addendum 3.

34. API Standard 650: Welded Steel Tanks for Oil Storage. Section 7. 11th edition, 2007. Addendum 3.

35. HUERTAS, JOSÉ IGNACIO. (2009) Preparación de Superficies Metálicas. Sika Colombia S.A. Cali. Págs. 9-10.