

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Diseño de Tanque para Almacenamiento de Etanol Anhidro,  
Capacidad 5000 Barriles, con Membrana Flotante y Domo  
Geodésico”

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO MECANICO**

Presentada por:

Nelson Francisco García Villa

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2008

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, a mi director de tesis el Ing. Ernesto Martínez L., a mis padres que con su inmenso esfuerzo han hecho que salga adelante y llegar a ser un excelente profesional capacitado, a mi familia que estuvo pendiente de mi carrera desde el primer día de clases y a mis compañeros que apoyaron en este trabajo en una manera leal.

## DEDICATORIA

A MIS PADRES,  
HERMANOS,  
FAMILIARES Y  
AMIGOS.



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."  
F. I. M. C. P.

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Omar Serrano V.  
DELEGADO DEL DECANO  
PRESIDENTE

Ing. Ernesto Martínez L.  
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Manuel Helguero G.  
VOCAL

## DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de graduación de la ESPOL)



Nelson Francisco García Villa

## RESUMEN

El presente trabajo de tesis desarrolla el diseño de un tanque de almacenamiento de 5000 barriles (796.22 m<sup>3</sup>) para etanol anhidro de acuerdo a la norma API 650 y la selección de los componentes necesarios para el debido control del fluido almacenado y además la selección del sistema de pintura y protección catódica para su conservación con el medio ambiente en el que estará expuesto, cumpliendo las necesidades establecidas por la empresa SODERAL.

En la actualidad el etanol anhidro cumple un papel importante en la conservación del ambiente ya que su uso para oxigenar combustibles disminuye las emisiones de partículas y gases contaminantes producidos por automóviles lo cual conlleva a la creación de los biocombustibles que son el resultado de la combinación de gasolina con etanol en diferentes proporciones respectivamente. Esta empresa debido a estudios económicos realizados de la futura demanda que tendría de etanol anhidro se ve en la necesidad de expandirse en su infraestructura de almacenamiento y despacho para poder abastecer la demanda del mercado.

Para el diseño del tanque de almacenamiento se considero las condiciones atmosféricas a la cual se encontrará cuando entre en operación, así también

es de vital importancia tomar en cuenta el volumen a ser almacenado y la tasa de llenado y descarga del fluido.

Para el diseño del fondo del tanque se seleccionó el espesor mínimo especificado en la norma antes mencionada y para el cuerpo se utilizó el método de un pie, el cual calcula el espesor requerido de la pared del tanque por condiciones de diseño y de prueba hidrostática considerando una sección transversal ubicada a un pie por debajo de la unión de cada anillo, este método es aplicable solo para tanques con diámetro menor o igual a 60m.

Se especificó que el techo del tanque sea de tipo Domo Geodésico y membrana flotante de aluminio, así también se recomienda la protección catódica por corriente impresa, ambos quedan a criterio de la empresa para su aprobación. Para el control del volumen almacenado en el interior del tanque se necesita de accesorios de instrumentación detallados en el presente trabajo y el sistema de pintura para la protección del tanque es seleccionada en base a normas a nivel nacional. También se especifican las pruebas bajo norma a realizarse al tanque que servirá para el control de la calidad en el trabajo de ejecución de la obra.

El diseño para el tanque de almacenamiento de etanol anhidro finalmente da como resultado la creación de planos de construcción, cronograma de

actividades a realizarse y el costo referencial del mismo, quedando así a disposición de la empresa la ejecución y construcción del presente proyecto.

## INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ABREVIATURAS.....	VII
SIMBOLOGÍA.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE PLANOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPITULO 1</b>	
<b>1. DESCRIPCION DE LA NECESIDAD .....</b>	<b>3</b>
1.1 Antecedentes.....	4
1.2 Objetivos.....	7
1.3 Condiciones de operación .....	8
1.3.1 Condiciones atmosféricas .....	8
1.3.2 Volumen a manejar .....	9
1.3.3 Tasa de llenado y descarga .....	10

1.3.4	Condiciones de forma .....	10
-------	----------------------------	----

## **CAPITULO 2**

<b>2.</b>	<b>PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCION .....</b>	<b>12</b>
2.1	Diseño de forma.....	13
2.2	Identificación del fluido almacenado .....	25
2.3	Códigos aplicables.....	27
2.4	Lineamientos de seguridad recomendados .....	28

## **CAPITULO 3**

<b>3.</b>	<b>DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL TANQUE ....</b>	<b>31</b>
3.1	Diseño y cálculo de tanque de almacenamiento.....	32
3.1.1	Consideraciones de diseño .....	33
3.1.2	Diseño del fondo .....	34
3.1.3	Diseño y cálculo del cuerpo .....	37
3.1.4	Cálculo por sismo y viento .....	45
3.2	Selección de la membrana flotante.....	71
3.3	Selección de accesorios de instrumentación .....	91
3.4	Selección del sistema de pintura .....	94
3.5	Selección de protección catódica.....	99
3.6	Pruebas bajo código estándar .....	128

**CAPITULO 4**

<b>4. ANALISIS DE COSTO PARA EJECUCION DEL PROYECTO..</b>	<b>131</b>
4.1 Costo referencial previo a puesta en marcha .....	132
4.1.1 Costo de materiales y accesorios .....	132
4.1.2 Costo de mano de obra.....	133
4.2 Cronograma de actividades .....	134

**CAPITULO 5**

<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>139</b>
--	------------

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

## ABREVIATURAS

S.A.	Sociedad Anónima
G.L.	Grados de licor
API	American Petroleum Institute
VLDPE	Polietileno de muy baja densidad
FPP	Polipropileno flexible
PVC	Policloruro de Vinilo
HDPE	Polietileno de alta densidad
CMP	Concentración máxima permitida
NIOSH	Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional
REL	Límite de exposición recomendada
OSHA	Administración de Salud y Seguridad Ocupacional
PEL	Límite de exposición permisible
ASME	American Society of Mechanical Engineering
AWS	American Welding Society
PEMEX	Petróleos Mexicanos
NFPA	National Fire Protection Agency
CA	Factor de corrosión
pulg	pulgada
BPH	Barriles por hora
SSPC	Steel Structures Painting Council
NACE	National Association of Corrosion Engineers
NDE	Non-Destructive Evaluation

## SIMBOLOGIA

$m^3$	Metros cúbicos
bls	Barriles
Km	Kilómetro
°C	Grados centígrado
°F	Grados Fahrenheit
l	Litro
msnm	Metros sobre el nivel del mar
%	Porcentaje
gpm	Galones por minuto
$m^2$	Metros cuadrados
m	Metro
$kg / cm^2$	Kilogramo por centímetro cuadrado
$lb / pie^2$	Libra por pie cuadrado
KPa	Kilopascal
c.c.	Centímetro cúbico
$mg / m^3$	Miligramo por metro cúbico
H	Nivel de diseño del líquido
Kg	Kilogramo
$m^3 / s$	Metros cúbicos por segundo
$m^2$	Metros cuadrados
$g / cm^3$	Gramos por centímetro cúbico
$m^3 / min$	Metro cúbico por minuto
mm	Milímetro
in	Pulgada
ft	Pie
Kg	Kilogramo

$\rho$	Densidad
V	Volumen
$kg / m^3$	Kilogramo por metro cúbico
s	Segundo
$kg / m$	Kilogramo por metro
cm	Centímetro
$N / m^2$	Newton por metro cuadrado
$N - m$	Newton metro
Psi	Libra por pulgada cuadrada
$g / l$	Gramo por litro
lb	Libra
V	Voltios
C.A.	Corriente alterna
mV	Milivoltio

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Niveles y volúmenes de tanque de almacenamiento .....	9
Figura 2.1 Membrana impermeable debajo de tanque de almacenamiento.....	18
Figura 2.2 Clasificación de líquidos.....	29
Figura 3.1 Diagrama de flujo de tanque de almacenamiento.....	32
Figura 3.2 Masa efectiva.....	48
Figura 3.3 Centroide de la fuerza sísmica .....	51
Figura 3.4 Centroide de cilindro .....	52
Figura 3.5 Centroide de un segmento de círculo .....	53
Figura 3.6 Valor del factor K .....	57
Figura 3.7 Segmento circular .....	62
Figura 3.8 Instalación de membrana flotante .....	78
Figura 3.9 Vista de membrana flotante instalada.....	79
Figura 3.10 Viga de unión.....	79
Figura 3.11 Anillo perimetral .....	80
Figura 3.12 Flotadores tubulares .....	80
Figura 3.13 Sillas de flotador .....	81
Figura 3.14 Válvulas rompe vacío.....	81
Figura 3.15 Entrada hombre .....	82
Figura 3.16 Soporte ajustable .....	82
Figura 3.17 Sello perimetral.....	83
Figura 3.18 Cable anti-rotación.....	84
Figura 3.19 Tubos de instrumentación.....	84
Figura 3.20 Domo geodésico .....	86
Figura 3.21 Válvula de venteo central.....	88
Figura 3.22 Tragaluces removibles.....	89
Figura 3.23 Cabina de aforo .....	89

Figura 3.24	Entrada de inspección .....	90
Figura 3.25	Venteo perimetral.....	90
Figura 3.26	Interruptor de nivel.....	91
Figura 3.27	Radar de proceso .....	92
Figura 3.28	Transmisor de presión hidrostática.....	93
Figura 3.29	Sistema interconectado de radar .....	93
Figura 3.30	Protección catódica con ánodos de sacrificio .....	105
Figura 3.31	Protección catódica con corriente impresa .....	106
Figura 3.32	Configuración para una prueba de rendimiento de corriente .....	113
Figura 3.33	Esquema de medición de potencial .....	124
Figura 3.34	Tubería perforada para el electrodo de referencia.....	125

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Condiciones atmosféricas .....	8
Tabla 2 Matriz de alternativas .....	24
Tabla 3 Identificación del etanol.....	25
Tabla 4 Propiedades físico-químicas del etanol .....	25
Tabla 5 Información toxicológica del etanol .....	26
Tabla 6 Riesgo de incendio y explosión del etanol .....	26
Tabla 7 Espesor mínimo de pared del cuerpo .....	37
Tabla 8 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada ...	47
Tabla 9 Factor de ampliación del lugar .....	58
Tabla 10 Resumen de valores .....	63
Tabla 11 Aplicación de pintura en tanques, superficies exteriores, ambiente industrial corrosivo y marino.....	95
Tabla 12 Sistema de pintura 15 .....	95
Tabla 13 Aplicación de pintura en tanques, superficies internas .....	96
Tabla 14 Sistema de pintura 7 .....	97
Tabla 15 Material de relleno para ánodos galvánicos.....	112
Tabla 16 Requerimientos de inspección .....	129
Tabla 17 Prueba hidrostática .....	129

## ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1	Data Sheet Tanque 5000BLS
Plano 2	Detalle de Cuerpo
Plano 3	Detalle del Fondo
Plano 4	Detalle de Sumidero
Planos 5y6	Detalles de Tanque
Planos 7y8	Detalles de Clean Out
Plano 9	Manhole del Cuerpo
Plano 10	Detalle de Escalera
Plano 11	Plataforma de Escalera
Plano 12	Detalle de Pasarela
Plano 13	Detalle de unión del Domo al cuerpo del Tanque

## INTRODUCCION

El objetivo de este trabajo es presentar el diseño de un tanque para almacenamiento de etanol anhidro de capacidad 5000 barriles (796.22 m<sup>3</sup>), con membrana flotante y domo geodésico el cual fue encomendado por la empresa SODERAL S.A. con el objetivo de suplir su necesidad de expansión.

Debido al incremento de la demanda actual y la proyección de aumento de la misma, SODERAL S.A. ha dispuesto incrementar su capacidad de almacenamiento para suplir la demanda inmediata ya que la expansión de la infraestructura general llevará un mayor tiempo la cuál incrementará la capacidad de producción y almacenamiento de la empresa, que está prevista a comenzar aproximadamente en diez años dependiendo de la necesidad de crecimiento.

La empresa entregó los datos de capacidad necesaria para su expansión los cuales determinaron una capacidad de almacenamiento de 5000 barriles. Se realizó un estudio de la situación para poder elegir las dimensiones correctas del tanque. Se diseño y seleccionó los componentes adecuados para el tanque logrando así un trabajo en conjunto de los mismos.

Finalmente se presenta un análisis de factibilidad del sistema propuesto planteando un cronograma de fabricación y un análisis económico del proyecto quedando a disposición y criterio de la empresa SODERAL S.A. la implementación del mismo.

# **CAPITULO 1**

## **1.DESCRIPCION DE LA NECESIDAD**

En el inicio de este capítulo se plantean los antecedentes y los objetivos para la construcción de un tanque para almacenamiento de etanol anhidro en la empresa SODERAL. Luego de esto se describen las condiciones de operación del tanque; a continuación se dan a conocer las condiciones atmosféricas, volumen a manejar, tasa de llenado y descarga. Finalmente se abordarán las condiciones de forma para el diseño del tanque.

## **1.1 Antecedentes.**

Manteniendo su cultura de crecimiento e integración horizontal, Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos S.A., uno de los mayores ingenios azucareros del Ecuador, crea en 1993 Sociedad de Destilación de Alcoholes S.A. SODERAL constituyéndose como su principal accionista.

SODERAL desde sus inicios utiliza un proceso tecnológico de avanzada manteniendo los más altos estándares de calidad en sus procesos lo que se refleja en sus productos terminados.

A partir de la melaza entregada por el Ingenio San Carlos, SODERAL produce alcohol etílico extra neutro de 96°G.L. En su afán de diversificar sus actividades, en enero de 2000 empezó la producción de Etanol Anhidro de 99.7° G.L utilizando el innovador sistema de filtros moleculares.

Los frutos del esfuerzo realizado para mantenerse con su política de calidad se concretaron en Agosto del 2001 cuando SODERAL obtuvo el certificado ISO 9001:2000 para la producción y comercialización de alcohol extra neutro y de etanol anhidro.

SODERAL y CODANA constituyen el grupo productor de alcohol con más experiencia y el más importante del Ecuador.

La planta industrial SODERAL está ubicada en Marcelino Maridueña, provincia del Guayas junto al Ingenio San Carlos a 67Km de Guayaquil, se dedica a la producción y comercialización de alcohol etílico extra neutro de 96° G.L. y de etanol anhidro de 99.7° G.L.

En el año de 1999 se inició con la instalación de una planta automática para la deshidratación del alcohol siendo la única en el Ecuador que utiliza filtros moleculares evitando así el uso de químicos nocivos teniendo como resultado la primera producción dada en Enero del 2000, todo el proceso de producción se encuentra automatizado mejorando así su eficiencia en los productos. En el mercado ecuatoriano se provee a las más importantes empresas tales como Licores de Exportación S.A. LICORESA, Industria Licorera Hispanoamericana S.A., ILSA, Embotelladora Azuaya S.A., Destilería Zhumir, CEILMACA S.A., DILSA S.A., Laboratorios Bjarner, Drocaras, Laboratorios Life. Con Etanol Anhidro de 99.7° G.L. se desarrolla un nuevo campo de aplicación para la industria química, plástica, minera y gráfica.

En la actualidad el alcohol etílico cumple un papel importante en la conservación del ambiente ya que su uso para oxigenar combustibles disminuye las emisiones de partículas y gases contaminantes producidos por automóviles y camiones lo cual conlleva a la creación de los biocombustibles que son el resultado de la combinación de gasolina con etanol en diferentes proporciones respectivamente. Este biocombustible es usado por su mayoría en países como Brasil y los Estados Unidos donde poseen estaciones de abastecimientos localizados en todas las ciudades. Por esta razón al implementar este tipo de combustible en nuestro país obliga a que las empresas dedicadas a la producción de etanol anhidro aumenten su producción para poder abastecer la demanda proyectada.

La producción promedio diaria de etanol anhidro de esta compañía es de aproximadamente 30000 litros los cuales cubren la demanda actual de sus clientes. Desafortunadamente la infraestructura actual no permite el almacenamiento de producto de contingencia, la capacidad de producción diaria puede ser mayor a los 30000 litros y previendo un incremento de la demanda la compañía dispone incrementar su capacidad y por ello ha decidido elaborar un estudio para el diseño de un tanque de almacenamiento para cubrir una futura demanda.

## 1.2 Objetivos.

Para dar solución a la necesidad planteada por la empresa se desarrollará en esta tesis el diseño de un tanque de almacenamiento para etanol anhidro bajo la norma API 650 seleccionando los componentes necesarios para el debido control del fluido almacenado y además la selección del sistema de pintura y protección catódica para su conservación con el medio ambiente en el que estará expuesto.

Debido al estudio de proyección de demanda realizado por SODERAL se ha llegado a la conclusión de que la infraestructura actual no es capaz de solventar esta proyección de demanda y por ello se dispone a construir un tanque de 5000 barriles (796.22m<sup>3</sup>) para almacenamiento de etanol anhidro el cual satisface la proyección de los primeros cinco años. Esta resolución fue determinada en base a que un proyecto de ampliación total de la instalación está previsto a comenzar en los próximos cinco años.

El diseño para el tanque de almacenamiento da como resultado la creación de planos para su construcción, memorias de cálculo, cronograma de instalación y el costo referencial, quedando así a

disposición de la empresa la ejecución y construcción del presente proyecto.

### **1.3 Condiciones de operación.**

En esta sección se describirá las condiciones a las cuales va a operar el tanque.

#### **1.3.1 Condiciones atmosféricas.**

Las condiciones en las que se encontrará el tanque a ser diseñado se describen en la siguiente tabla:

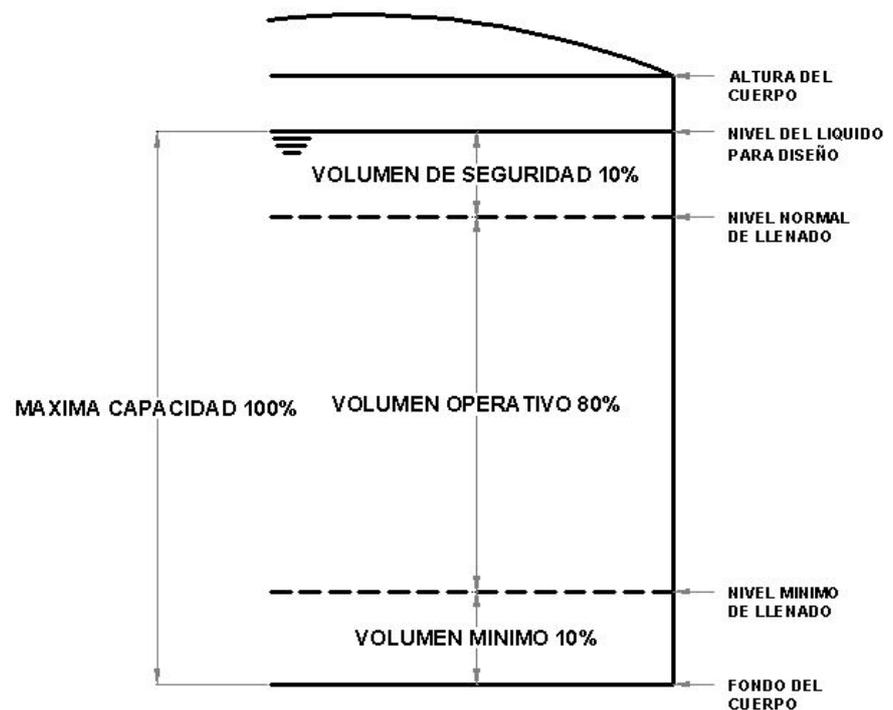
**TABLA 1**

**CONDICIONES ATMOSFERICAS**

Altitud	40 msnm
Temperatura ambiente	18°C – 35°C
Humedad relativa	Media Anual 85%
Ambiente	Industrial corrosiva

### 1.3.2 Volumen a manejar.

En la figura 1.1 se muestra la relación del volumen almacenado, volumen mínimo, volumen operativo, y volumen de seguridad. El volumen operativo a manejar es de 5000 barriles ( $796.22\text{m}^3$ ), el cual constituye el 80% de la capacidad del tanque a ser diseñado. El volumen de seguridad y el volumen mínimo serán el 10% respectivamente de la capacidad total del tanque.



**FIGURA 1.1 NIVELES Y VOLUMENES DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO.**

### **1.3.3 Tasa de llenado y descarga.**

La empresa SODERAL estableció los valores de la tasa de llenado y descarga los cuales son: 400gpm, 450gpm respectivamente. Estos valores fueron dados debido a que son las tasas utilizadas por ellos normalmente.

### **1.3.4 Condiciones de forma.**

El terreno para la construcción del tanque es de 400m<sup>2</sup> con dimensión de 20mx20m. El producto a ser almacenado será etanol anhidro cuyas características serán descritas en el siguiente capítulo. El diseño deberá prever factores sísmicos y de viento. El fondo del tanque será cónico hacia abajo y no poseerá un anillo anular. La protección catódica, la cimentación, y el cubeto del tanque no formarán parte de este diseño ya que SODERAL tiene sus diseños normados. El techo deberá constar con venteo perimetral y atmosférico. El diseño deberá recomendar una barrera de prevención de derrames. El tanque deberá contener una escalera y plataforma para mantenimiento. El techo flotante no se tratará a fondo debido a que el diseño de los sistemas de

flotación está patentado y solamente los titulares de esas patentes pueden divulgar información al respecto.

# **CAPITULO 2**

## **2. PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCION.**

En este capítulo se describe el diseño de forma del tanque de almacenamiento, así como una descripción del fluido a almacenar, los códigos a utilizar y las medidas de seguridad recomendadas para la construcción del mismo.

## **2.1 Diseño de forma.**

Debido a la necesidad de SODERAL de ampliar su capacidad de almacenamiento de producto se ha dispuesto a construir un nuevo tanque con este fin. Como fue descrito en el capítulo anterior SODERAL ha dado las pautas para el diseño de este tanque. A continuación se establecerán las posibles soluciones para este diseño y con una matriz de decisión se seleccionará la opción más conveniente.

### **Techo**

De acuerdo al estándar A.P.I. 650, los tanques se clasifican de acuerdo al tipo de techo, lo que nos proporcionará el servicio recomendable para éstos.

- 1.- Techo Fijo.- Se emplean para contener productos no volátiles o de bajo contenido de ligeros (no inflamables) como son: agua, diesel, asfalto, petróleo crudo, etc. Debido a que al disminuir la columna del fluido, se va generando una cámara de aire que facilita la evaporación del fluido, lo que es altamente peligroso.

Dentro de los techos fijos tenemos tres tipos: cónicos, de domo y de sombrilla, los cuales pueden ser autosoportados o soportados por estructura (para el caso de techos cónicos de tanques de gran diámetro). El techo cónico es una cubierta con la forma y superficie de un cono recto. El tipo domo es un casquete esférico, y el de tipo sombrilla, es un polígono regular curvado por el eje vertical.

Los techos autosoportados ya sean tipo cónico, domo, o sombrilla, tienen la característica de estar apoyados únicamente en su periferia, calculados y diseñados para que su forma geométrica, en combinación con el espesor mínimo requerido, absorban la carga generada por su propio peso más las cargas vivas, a diferencia de los techos soportados que contarán con una estructura que admita dichas cargas.

Independientemente de la forma o el método de soporte, los techos son diseñados para soportar una carga viva de por lo menos,  $1.76 \text{ Kg/cm}^2$  ( $25 \text{ lb/pie}^2$ ), más la carga muerta ocasionada por el mismo.

2.- Techo Flotante.- Se emplea para almacenar productos con alto contenido de volátiles como son: **alcohol**, gasolinas y combustibles en general. Este tipo de techo fue desarrollado para reducir o anular la cámara de aire, o espacio libre entre el espejo del líquido y el techo, además de proporcionar un medio aislante para la superficie del líquido, reducir la velocidad de transferencia de calor al producto almacenado durante los periodos en que la temperatura ambiental es alta, evitando así la formación de gases (su evaporación), y consecuentemente, la contaminación del ambiente y, al mismo tiempo se reducen los riesgos al almacenar productos inflamables.

3.- Los Tanques sin Techo.- Se usan para almacenar productos en los cuales no es importante que éste se contamine o que se evapore a la atmósfera como el caso del agua cruda, residual, contra incendios, etc. El diseño de este tipo de tanques requiere de un cálculo especial del anillo de coronamiento.

La selección del techo se hará entre techo flotante externo y techo flotante interno con techo fijo. Esta selección es debido a que estos son los más convenientes para el almacenamiento del producto deseado.

### **Cuerpo**

Los tanques de almacenamiento se usan como depósitos para contener una reserva suficiente de algún producto para su uso posterior y/o comercialización. Los tanques de almacenamiento, se clasifican en:

- 1.- Cilíndricos Horizontales.
- 2.- Cilíndricos Verticales de Fondo Plano.

Los Tanques Cilíndricos Horizontales, generalmente son de volúmenes relativamente bajos, debido a que presentan problemas por fallas de corte y flexión.

Los Tanques Cilíndricos Verticales de Fondo Plano nos permiten almacenar grandes cantidades volumétricas con un costo bajo. Con la limitante que solo se pueden usar a presión atmosférica o presiones internas relativamente pequeñas.

El cuerpo será del tipo vertical con fondo plano debido a su capacidad de almacenamiento.

### **Escalera**

Las escaleras, plataformas y barandales tienen la finalidad de situar al personal que así lo requiera en una zona del tanque que necesite de constante mantenimiento o supervisión, generalmente sobre el techo donde se localizan diversas boquillas y la entrada hombre, además de brindar protección y seguridad al personal. Las dos clases de escaleras más utilizadas son: helicoidal y vertical (de gato).

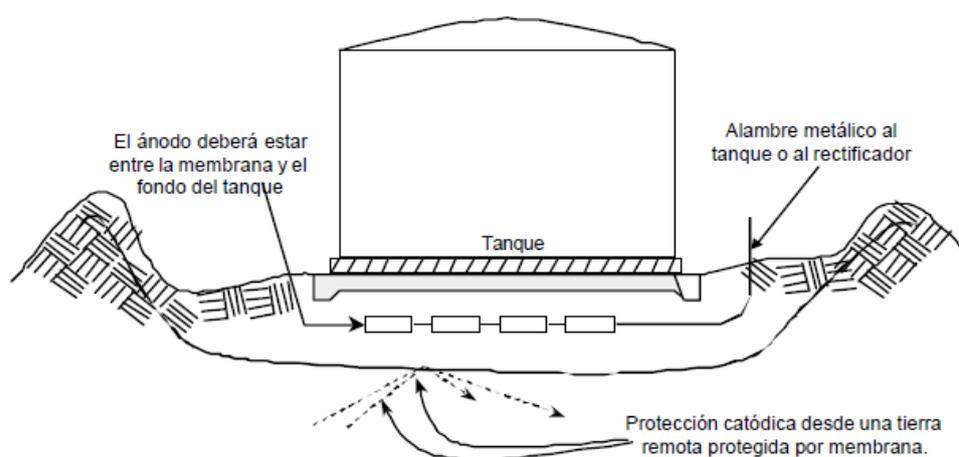
Se seleccionará la escalera de tipo helicoidal debido a la mayor seguridad que brinda esta.

### **Barrera de prevención**

Las barreras de prevención son un sistema de protección medio ambiental, las cuales tienen como finalidad la disminución de contaminación del terreno en caso de derrame del producto contenido en el tanque. Los tipos de barreras de prevención son los siguientes:

- Geomembranas: VLDPE, FPP, PVC, HDPE
- Material de Sellado: Bentonita, capa asfáltica

Es un método utilizado para suministrar una contención secundaria, recubriendo el área entera del dique con una membrana impermeable (figura 2.1). Una membrana existente debajo de un tanque o proponer una para un tanque nuevo puede tener un impacto significativo sobre las alternativas y el diseño de un sistema de protección catódica. En cada caso, los ánodos deben ser colocados entre la membrana y el fondo del tanque para que funcione la protección catódica.



**FIGURA 2.1 MEMBRANA IMPERMEABLE DEBAJO DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

Sin embargo, si se instala debajo del tanque una capa de arcilla bentonítica como contención secundaria, la experiencia ha

demostrado que no afectará significativamente la operación de un sistema de protección catódica convencional.

**Geomembrana** es el nombre genérico que recibe la lámina impermeable hecha a partir de diferentes resinas plásticas, su presentación es en rollos y viene en diferentes espesores, cada material sintético tiene cualidades físicas y químicas distintas que hacen la diferencia para cada geomembrana, los más comunes son HDPE, PVC, FPP.

El impulso de los materiales poliméricos sintéticos se produce durante la Segunda Guerra Mundial, desde entonces hasta la actualidad la investigación de los mismos ha ido en aumento, así como sus aplicaciones. De entre todas las de mayor utilización se encuentra en el campo de la impermeabilización de la Ingeniería Civil. La gran variedad de materiales poliméricos hace que su clasificación sea difícil, no obstante se los puede ordenar en tres grandes grupos: Termoplásticos, Termoestables, Elastómeros.

El uso de estos materiales en el campo de la Ingeniería Civil es cada vez más extenso ya sea en el empleo de láminas impermeabilizantes en la Edificación, como el de las geomembranas en la Obra Civil.

Cuando estos materiales son utilizados para la impermeabilización de edificios se los llamará "láminas impermeables", pero sin embargo cuando formen parte del sistema de impermeabilización de embalses para riego o reserva de agua, túneles y obras subterráneas se les denominará "geomembranas impermeables". Las láminas se fabricarán con un espesor mínimo y homogéneo en forma de lienzos y se suministrarán enrolladas. Las membranas se conseguirán por la unión de las láminas y el tipo de unión dependerá de las características del material polimérico.

**VLDPE.-** El VLDPE o Polietileno de muy baja densidad, es el avance tecnológico más importante en la fabricación de geomembranas, tiene la resistencia química del FPP y del HDPE, la flexibilidad de la geomembrana de PVC, su termofusión es sencilla y su tiempo de vida es superior al de cualquier otra geomembrana.

**FPP.-** El Polipropileno Flexible (FPP) es de la nueva generación de geomembranas, se podría afirmar que combina lo mejor de dos mundos, la resistencia química del HPDE y la flexibilidad del PVC, es para cualquier tipo de proyectos tanto hidráulicos como de protección ambiental.

**PVC.-** La geomembrana de PVC es otro de los productos más solicitados, debido a las características de sus rollos (por lo regular de dimensiones reducidas) y por su fácil instalación sigue siendo un producto muy popular para embalses y estanques.

**HDPE.-** El polietileno de alta densidad o HDPE por sus siglas en inglés, es la geomembrana de más demanda en el mercado mundial, a pesar de su popularidad no es ni el más moderno ni el mejor de los plásticos, una de sus características importantes es su resistencia al ataque químico.

**Material de Sellado** Las bentonitas y la capa asfáltica se puede utilizar como material de sellado en depósitos de residuos tanto tóxicos y peligrosos como radioactivos de baja, media, y alta actividad. Estos se utilizan en mezclas de suelo con el fin de disminuir su permeabilidad. De esta forma se impide el escape de gases, líquidos, lixiviados generados en el depósito.

**Bentonitas.-** La utilidad de la bentonita como material de sellado se basa fundamentalmente en algunas de sus propiedades características, como son: su elevada superficie específica, grana capacidad de hinchamiento, buena plasticidad y lubricidad, alta

impermeabilidad, baja compresibilidad. Las bentonitas más utilizadas para este fin son las sódicas, por tener mayor capacidad de hinchamiento.

**Capa asfáltica.-** El asfalto es un material aglomerante, resistente, muy adhesivo, altamente impermeable y duradero; capaz de resistir altos esfuerzos instantáneos y fluir bajo acción de calor o cargas permanentes. Componente natural de la mayor parte de los petróleos, en los que existe en disolución y que se obtiene como residuo de la destilación al vacío del crudo pesado. Es una sustancia plástica que da flexibilidad controlable a las mezclas de áridos con las que se le combina usualmente. Su color varía entre el café oscuro y el negro; de consistencia sólida, semisólida o líquida, dependiendo de la temperatura a la que se exponga o por la acción de disolventes de volatilidad variable o por emulsificación. El asfalto se presta particularmente bien para la construcción por varias razones:

- Proporciona una buena unión y cohesión entre agregados, incrementando por ello la resistencia con la adición de espesores relativamente pequeños.
- Capaz de resistir la acción mecánica de disgregación producida por las cargas de los vehículos.

- Impermeabiliza, haciéndolo poco sensible a la humedad y eficaz contra la penetración de líquidos.
- Proporciona una estructura de suelo con características flexibles.

El estilo de barrera de prevención a ser utilizada será del tipo geomembrana ya que esta brinda la mayor impermeabilidad y condiciones de manipuleo favorables.

A continuación se presenta la matriz de alternativas valorada.

**TABLA 2**  
**MATRIZ DE ALTERNATIVAS**

Mantenimiento Rendimiento Durabilidad Seguridad Apariencia Costo	Preferencia del Cliente		Techo	Cuerpo Vertical con fondo plano	Escalera Helicoidal	Geomembrana		
	4	5				pvc	hdpe	fdp
	4	5	Conico con membrana flotante	d=12m h=8.8m	30° de circunferencia del cuerpo	5	5	5
	4	5	domo con membrana flotante	d=11m h=10.5m	45° de circunferencia del cuerpo	5	5	5
	5	5	Techo flotante externo	d=10m h=12.67	60° de circunferencia del cuerpo	5	5	5
	3	3			30° de circunferencia del cuerpo	4	4	4
	2	3			45° de circunferencia del cuerpo	4	4	4
	3	3			60° de circunferencia del cuerpo	4	4	4
	5	3				5	5	5
	2	3				5	5	5
	5	4				3	3	3
Valor Total	72	115	66	96	100	106	115	106

## 2.2 Identificación del fluido almacenado.

El fluido a ser almacenado en el tanque es etanol anhidro con una pureza mínima del 96%. En las siguientes tablas se describirán sus propiedades.

**TABLA 3**

### IDENTIFICACION DEL ETANOL

<b>Nombre químico</b>	Etanol anhidro
<b>Sinónimos</b>	Alcohol etílico
<b>Fórmula</b>	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH/C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> OH

**TABLA 4**

### PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DEL ETANOL

<b>Aspecto y color</b>	Líquido incoloro
<b>Olor</b>	Característico
<b>Presión de vapor</b>	5.8 KPa a 20°C
<b>Densidad relativa de vapor (aire=1)</b>	1.6
<b>Densidad relativa (agua=1)</b>	0.8
<b>Solubilidad en agua</b>	Miscible
<b>Punto de ebullición</b>	79°C
<b>Punto de fusión</b>	-117°C
<b>Punto de inflamación</b>	13°C (c.c.)
<b>Peso molecular</b>	46.1
<b>Volatilidad</b>	Volátil
<b>Temperatura de autoignición</b>	363°C
<b>Limites de explosividad, % en volumen en el aire</b>	3.3 - 19

**TABLA 5**  
**INFORMACION TOXICOLOGICA DEL ETANOL**

	<b>Efectos agudos</b>	<b>Efectos crónicos</b>
<b>Contacto con la piel</b>	Piel seca.	El líquido desengrasa la piel.
<b>Contacto con los ojos</b>	Enrojecimiento, dolor, sensación de quemazón.	No hay información disponible.
<b>Inhalación</b>	Tos, Somnolencia, dolor de cabeza, fatiga.	Puede afectar al tracto respiratorio superior y al sistema nervioso central.
<b>Ingestión</b>	Sensación de quemazón, confusión, vértigo, dolor de cabeza, pérdida del conocimiento.	La ingesta crónica puede causar cirrosis hepática. El consumo de etanol durante el embarazo puede afectar al feto.

**Límite en aire de lugar de trabajo (s/ Res. 444/91) CMP:** 1900 mg/m<sup>3</sup>

**Límite biológico (s/ Res. 444/91):** No establecido.

**Límite NIOSH REL:** TWA 1000 ppm (1900 mg/m<sup>3</sup>)

**Límite OSHA PEL:** TWA 1000 ppm (1900 mg/m<sup>3</sup>)

**Nivel guía para fuentes de agua de bebida humana (s/ Dto. 831/93):** No establecido.

**TABLA 6**  
**RIESGOS DE INCENDIO Y EXPLOSION DEL ETANOL**

**Incendio:** Altamente inflamable.

**Explosión:** Las mezclas vapor/ aire son explosivas.

**Puntos de inflamación:** 13°C (c.c)

**Temperatura de autoignición:** 363°C

### **2.3 Códigos aplicables.**

El tanque será fabricado, montado y sometido a prueba hidrostática, de acuerdo con la norma API 650, "Welded Steel Tanks for Oil Storage"- ULTIMA EDICION.

Las calificaciones de procedimientos se llevará a cabo en campo y se las evaluará de acuerdo al código ASME sección IX.

Todos los procedimientos de calificación para pruebas de soldadura necesariamente deben ser radiografiadas y calificadas en base a al código AWS D1.1 2004 ("Structural Welding Code"), previo a cualquier comprobación física.

Previo a la calibración del tanque, el contratista deberá entregar los certificados de aprobación de los instrumentos que utilizará en la calibración de los tanques, cumpliendo con los procedimientos estipulados en la norma API Standard 2555 ASTM D1409; Liquid Calibración of Tanks.

## 2.4 Lineamientos de seguridad recomendados.

Los lineamientos de seguridad a seguir serán los utilizados en “Instalaciones industriales para plantas de refinerías y plantas petroquímicas”, cuyas bases son de la norma NDF-010-PEMEX-2001 y el manual de seguridad industrial de PETROECUADOR.

Todos los productos líquidos (alcoholes o derivados del petróleo) quedan comprendidos dentro de los grupos de sustancias inflamables o combustibles siguientes, de acuerdo a la clasificación de la NFPA:

### **Líquidos inflamables:**

**Clase IA.-** Incluye líquidos con temperatura de inflamación inferior a 22.8 °C, cuya temperatura de ebullición sea menor a 37.8 °C.

**Clase IB.-** Incluye líquidos con temperatura de inflamación inferior a 22.8 °C, pero cuya temperatura de ebullición sea mayor o igual a 37.8 °C.

**Clase IC.-** Incluye líquidos con temperatura de inflamación de 22.8 °C y más altos, pero menores de 37.8°C.

### Líquidos combustibles:

**Clase II.-** Son líquidos con temperatura de inflamación igual o mayor a 37.8 °C, pero menor a 60 °C.

**Clase III A.-** Son líquidos con temperatura de inflamación igual o mayor a 60 °C, pero menor a 93 °C.

**Clase III B.-** Son líquidos con temperatura de inflamación de 93 °C y mayores

El tanque a ser diseñado almacenará etanol anhidro el cuál entra en la clase I-B según la figura 2.2.

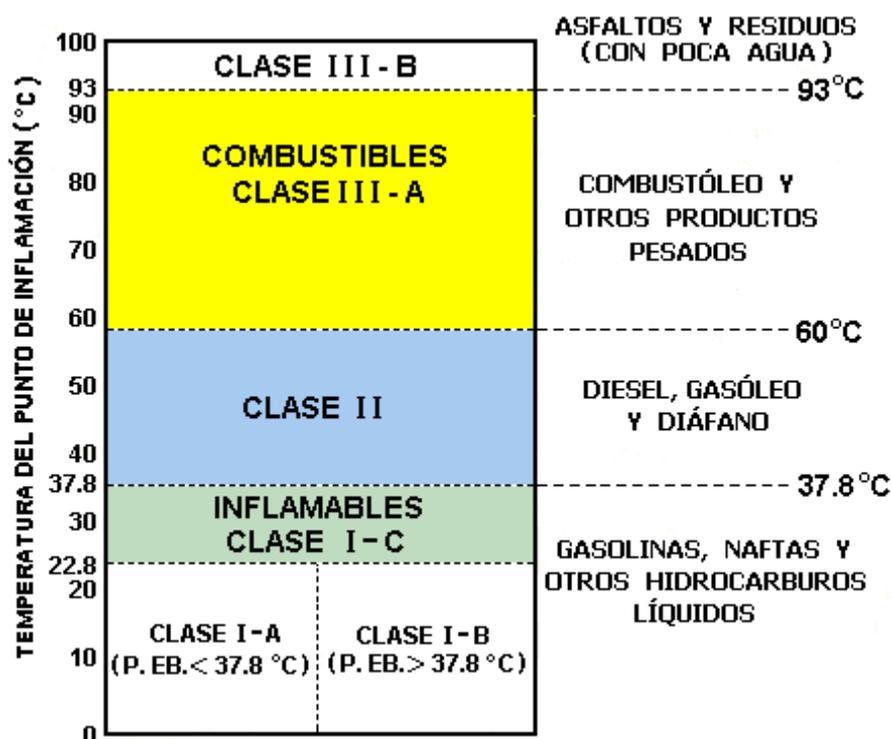


FIGURA 2.2 CLASIFICACION LIQUIDOS

Las distancias mínimas dentro de una instalación industrial para almacenamiento de productos inflamables se describen en el anexo cuyos nombres son: distancia entre tanques [1], distancia entre tanques y los límites de la propiedad [2], distancia entre unidades y equipos [3], distancia entre equipos e instalaciones contra incendios [4].

## **CAPITULO 3**

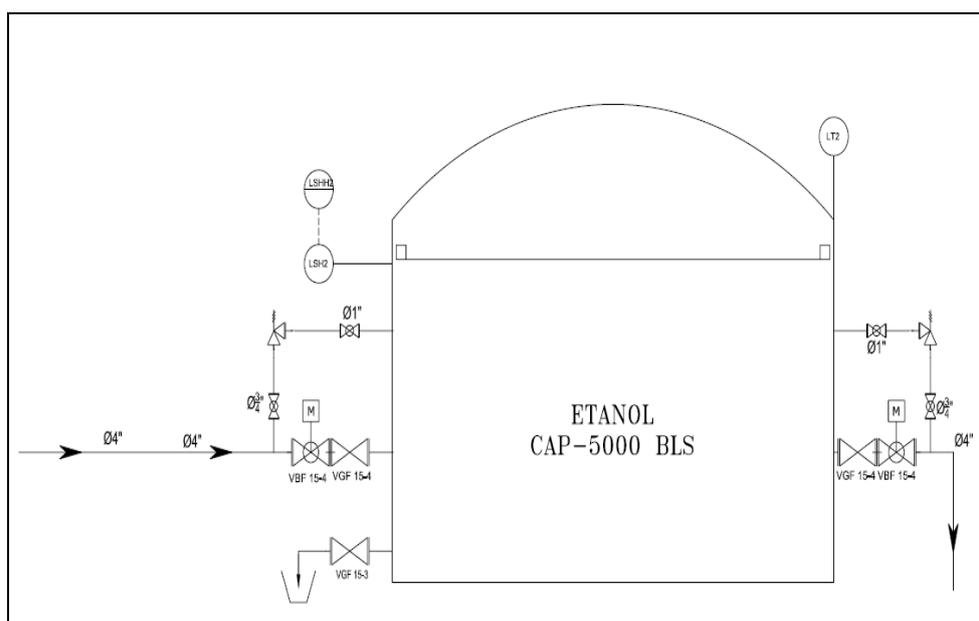
### **3. DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL TANQUE.**

En este capítulo se detalla al principio el diseño y cálculo del tanque de almacenamiento, así como también se presentan las selecciones necesarias de cada uno de los componentes a utilizar, como son membrana flotante, accesorios de instrumentación, sistema de pintura, protección catódica.

### 3.1 Diseño y cálculo de tanque de almacenamiento.

El tanque de almacenamiento tendrá a los siguientes elementos constitutivos: fondo, cuerpo, techo, también tendrá sus accesorios como entrada hombre, sumidero, escalera, cleanout, bocas cuerpo, accesorios de instrumentación.

Lo anteriormente descrito se resume en el siguiente diagrama de flujo.



**FIGURA 3.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

### **3.1.1 Consideraciones de diseño.**

La información mínima requerida (condiciones de operación y de diseño) es: volumen, temperatura, peso específico del líquido, corrosión permisible, velocidad del viento, coeficientes sísmicos de la zona, las características tanto del fluido que desea almacenar y el lugar donde se ha de instalar dicho tanque, material a utilizar en el tanque, etc.

Se establecerá la magnitud y dirección de las cargas externas que pudieran ocasionar deformaciones en el tanque, con el fin de diseñar los elementos involucrados con este.

El sobre espesor por corrosión se incluirá en cuerpo, fondo, techo y estructura, y sólo se agrega al final del cálculo de cada uno de los elementos del tanque, debido a que la agresividad química no es lo mismo para el fluido en estado líquido o gaseoso y en algunos casos hasta para los lodos.

### 3.1.2 Diseño del fondo.

El diseño del fondo del tanque de almacenamiento depende de las siguientes consideraciones:

Los cimientos usados para soportar el tanque, el método que se utilizará para desalojar el producto almacenado, el grado de sedimentación de sólidos en suspensión, la corrosión del fondo y el tamaño del tanque. Lo que nos conduce al uso de un fondo plano, donde la resistencia permisible del suelo deberá ser por lo menos de  $1,465 \text{ Kg/cm}^2$  ( $3,000 \text{ lb/pie}^2$ ).

El espesor mínimo del fondo de acuerdo a la API 650 11ava edición deberá ser:

$$t_b \geq 6 + CA$$

Donde:

$t_b$ = espesor del fondo.

CA= factor de corrosión.

El factor de corrosión a aplicar será de 1.7 mm (1/15 pulg).

Por lo tanto el espesor del fondo para el tanque de 5000 barriles (796.22m<sup>3</sup>) será:

$$tb = 6 + 1.7$$

$$tb = 7.7$$

$$\boxed{tb = 8mm}$$

El fondo del tanque de almacenamiento vertical generalmente es fabricado de placas de acero con un espesor menor al usado en el cuerpo. Esto es posible para el fondo, porque se encuentra soportado por una base de concreto, arena o asfalto, los cuales soportarán el peso de la columna del producto; además, la función del fondo es lograr la hermeticidad para que el producto no se filtre por la base.

El fondo tendrá que ser de un diámetro mayor que el diámetro exterior del tanque, por lo menos, 51mm (2 pulg) más en el ancho del filete de soldadura de la unión entre cuerpo y el fondo. Las placas con las que se habilite el fondo deberán tener preferentemente un ancho de 1,800 mm ó 2,440 mm (6 u 8 pies) con una longitud comercial de 6,000

mm ó 1,200 mm (20 ó 40 pies) que se pueda manejar en taller o en campo sin problemas, ya que resultan ser las más económicas.

Generalmente el fondo se forma con placas traslapadas, esto se hace con el fin de absorber las deformaciones sufridas por el fondo si las placas fueran soldadas al tope.

Si las placas del fondo descansan simétricamente en relación a las líneas de centros del tanque, el número de placas empleadas en la fabricación del fondo se reduce al mínimo. Esto es una gran ventaja, porque las placas pueden estar a escuadrada y cortadas en grupos de 4 placas, en cambio, si están simétricas a un solo eje, sólo dos placas serán a escuadrada y cortadas al mismo tiempo. Un fondo asimétrico a lo largo de ambas líneas de centros, ocasiona mayor número de placas de diferentes tamaños formando el fondo.

El cuerpo del tanque puede estar soportado directamente por el fondo o por una placa anular.

### 3.1.3 Diseño y cálculo del cuerpo.

El espesor de la pared del cuerpo requerido para resistir la carga hidrostática será mayor que el calculado por condiciones de diseño o por condiciones de prueba hidrostática, pero en ningún caso será menor a lo que se muestra en la tabla 7.

**TABLA 7**  
**ESPESOR MINIMO DE PARED DEL CUERPO**

Diámetro nominal del tanque		Espesor mínimo	
(m)	(ft)	(mm)	(in)
D < 15	D < 50	5	3/16
15 < D < 36	50 < D < 120	6	1/4
36 < D < 60	120 < D < 200	8	5/16
D > 60	D > 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. El espesor por condiciones de prueba hidrostática se obtiene considerando el mismo nivel de diseño, pero ahora utilizando la densidad relativa del agua.

Cuando sea posible, el tanque podrá ser llenado con agua para la prueba hidrostática, pero si esto no es posible y el cálculo del espesor por condiciones de prueba hidrostática es mayor que el calculado por condiciones de diseño, deberá usarse el obtenido por condiciones de prueba hidrostática.

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 material a utilizar para el tanque de almacenamiento escogido es el ASTM A36 ya que cumple con las características de resistencia requeridas, además de ser un material muy comercial, el esfuerzo máximo permisible de diseño ( $S_d$ ) y de prueba hidrostática ( $S_t$ ), se muestra en la tabla de materiales más comunes y esfuerzos permisibles [5], recomendado por el estándar API 650 en el diseño de tanques de almacenamiento.

### Método de un pie

Con este método se calcula el espesor requerido de la pared del tanque, por condiciones de diseño y de prueba hidrostática, 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 60,960mm (200pies).

$$t_d = \frac{4.9D(H - 0.3)G}{S_d} + CA$$

$$t_t = \frac{4.9D(H - 0.3)}{S_t}$$

Donde:

$t_d$  = espesor de diseño (mm).

$t_t$  = espesor hidrostático (mm).

D = diámetro nominal (m).

H = nivel de diseño del líquido (m).

G = gravedad específica de diseño del líquido.

CA = factor de corrosión.

$S_d$  = Tolerancia de esfuerzo para diseño (MPa).

$S_t$  = Tolerancia de esfuerzo para condición hidrostática (MPa).

Los valores a utilizar para el cálculo de los espesores serán:

$$D= 11 \text{ m}$$

$$H= 9.87 \text{ m}$$

$$G= 0.8$$

$$CA= 1.7$$

De la tabla de materiales más comunes y esfuerzos permisibles [5], se obtienen los siguientes valores:

$$S_d= 160 \text{ MPa}$$

$$S_t= 171 \text{ MPa}$$

El espesor mínimo especificado en la tabla 7 para el diámetro del tanque mencionado anteriormente es de 5mm.

### **Cálculo del primer anillo**

Reemplazando en las fórmulas descritas se obtiene:

Espesor por condiciones de diseño:

$$td = \frac{4.9 \times 11(9.87 - 0.3) \times 0.8}{160} + 1.7$$

$$td = 4.28 \text{ mm}$$

Espesor por prueba hidrostática:

$$tt = \frac{4.9 \times 11(9.87 - 0.3) \times 0.8}{171}$$

$$tt = 3.02mm$$

Por lo tanto el espesor de placa a utilizar es: 6mm.

### **Cálculo del segundo anillo**

Espesor por condiciones de diseño:

$$td = \frac{4.9 \times 11(8.4 - 0.3) \times 0.8}{160} + 1.7$$

$$td = 3.87mm$$

Espesor por prueba hidrostática:

$$tt = \frac{4.9 \times 11(8.4 - 0.3) \times 0.8}{171}$$

$$tt = 2.54mm$$

Por lo tanto el espesor de placa a utilizar es: 6mm.

### Cálculo del tercer anillo

Espesor por condiciones de diseño:

$$td = \frac{4.9 \times 11(6.9 - 0.3) \times 0.8}{160} + 1.7$$

$$td = 3.47 \text{ mm}$$

Espesor por prueba hidrostática:

$$tt = \frac{4.9 \times 11(6.9 - 0.3) \times 0.8}{171}$$

$$tt = 2.07 \text{ mm}$$

Por lo tanto el espesor de placa a utilizar es: 6mm.

### Cálculo del cuarto anillo

Espesor por condiciones de diseño:

$$td = \frac{4.9 \times 11(5.4 - 0.3) \times 0.8}{160} + 1.7$$

$$td = 3.07 \text{ mm}$$

Espesor por prueba hidrostática:

$$tt = \frac{4.9 \times 11(5.4 - 0.3) \times 0.8}{171}$$

$$tt = 1.60mm$$

Por lo tanto el espesor de placa a utilizar es: 6mm.

### **Cálculo del quinto anillo**

Espesor por condiciones de diseño:

$$td = \frac{4.9 \times 11(3.9 - 0.3) \times 0.8}{160} + 1.7$$

$$td = 2.66mm$$

Espesor por prueba hidrostática:

$$tt = \frac{4.9 \times 11(3.9 - 0.3) \times 0.8}{171}$$

$$tt = 1.13mm$$

Por lo tanto el espesor de placa a utilizar es: 6mm.

### **Cálculo del sexto anillo**

Espesor por condiciones de diseño:

$$td = \frac{4.9 \times 11(2.4 - 0.3) \times 0.8}{160} + 1.7$$

$$td = 2.26mm$$

Espesor por prueba hidrostática:

$$tt = \frac{4.9 \times 11(2.4 - 0.3) \times 0.8}{171}$$

$$tt = 0.65mm$$

Por lo tanto el espesor de placa a utilizar es: 6mm.

### **Cálculo del séptimo anillo**

Espesor por condiciones de diseño:

$$td = \frac{4.9 \times 11(0.9 - 0.3) \times 0.8}{160} + 1.7$$

$$td = 1.85mm$$

Espesor por prueba hidrostática:

$$tt = \frac{4.9 \times 11(0.9 - 0.3) \times 0.8}{171}$$

$$tt = 0.18mm$$

Por lo tanto el espesor de placa a utilizar es: 6mm.

### 3.1.4 Cálculo por sismo y viento.

#### Momento de volteo

El momento de volteo deberá determinarse mediante la siguiente expresión, efectuando los cálculos respecto a la base del tanque, por lo que la cimentación requiere de un diseño particular aparte.

$$M = ZI(C_1 W_s X_s + C_1 W_r H_r + C_1 W_1 X_1 + C_2 W_2 X_2)$$

Donde:

$M$ = Momento de volteo (kg-m).

$Z$ = Factor de zona sísmica.

$I$ = Factor de importancia.

$C_1, C_2$ = Coeficiente de fuerza lateral sísmica.

$W_s$ = Peso total del cuerpo del tanque (Kg).

$X_s$ = Altura desde el fondo del cuerpo del tanque al centro de gravedad de este (m).

$W_r$ = Peso total del techo del tanque más una carga viva especificada (Kg.)

$H_t$ = Altura total del cuerpo del tanque (m).

$W_1$  = Peso de la masa efectiva contenida en el tanque que se mueve al unísono con el cuerpo del tanque (Kg).

$X_1$  = Altura desde el fondo del cuerpo del tanque al centroide de la fuerza lateral sísmica aplicada a  $W_1$  (m).

$W_2$  = Peso efectivo de la masa contenida por el tanque que se mueve en el primer oleaje (Kg).

$X_2$  = Altura desde el fondo del tanque al centroide de la fuerza sísmica lateral aplicada a  $W_2$  (m).

**Factor de zona sísmica Z**

El valor de Z para el cálculo será de 0.3 ya que SODERAL se encuentra en una zona calificada como 3 según la tabla siguiente.

**TABLA 8**  
**VALORES DEL FACTOR Z EN FUNCION DE LA ZONA**  
**SISMICA ADOPTADA**

Zona Sísmica	Valor factor Z
I	0.15
II	0.25
III	0.30
IV	0.40

Por lo tanto:

$$Z = 0.3$$

**Factor de zona importancia I**

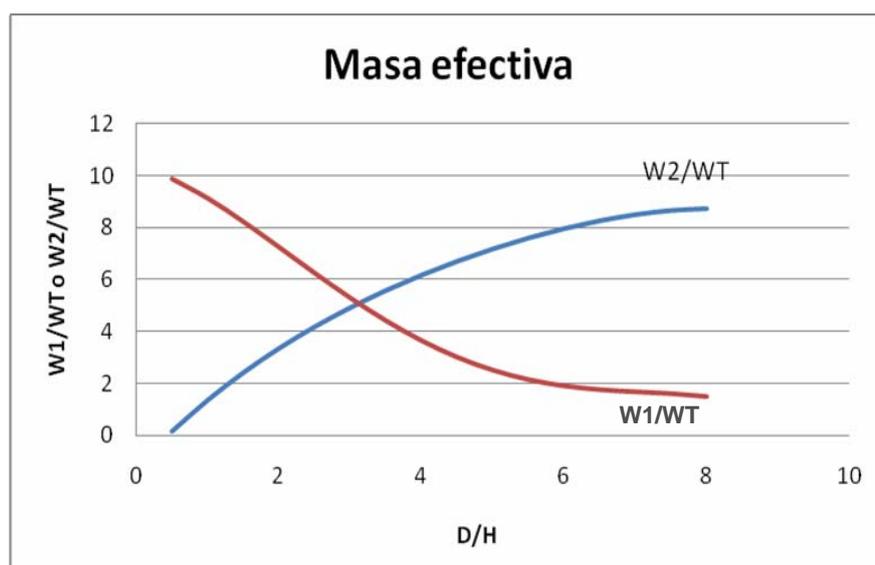
El factor de importancia será de 1 para todos los tanques excepto cuando un incremento en este factor es especificado.

$$I = 1$$

Se recomienda que este factor no exceda de 1.5 que es el máximo valor que se puede aplicar.

### Masa efectiva contenida en el tanque.

Las masas efectivas  $W_1$  y  $W_2$  se determinarán multiplicando  $W_T$  por las relaciones  $W_1/W_T$  y  $W_2/W_T$  respectivamente obtenidas de la Figura 3.2 y de la relación  $D/H$ .



**FIGURA 3.2 MASA EFECTIVA**

Donde:

$W_T$  = Peso total del fluido del tanque (Kg).

$D$  = Diámetro nominal del tanque (m).

H = Nivel de diseño del líquido (m).

El peso total del fluido del tanque se lo calcula con la siguiente fórmula:

$$W_T = \rho_f * V$$

Donde:

$\rho_f$  = Densidad del fluido (kg/m<sup>3</sup>).

V = Volumen del cuerpo del tanque (m<sup>3</sup>).

De lo cual se tienen los siguientes datos:

$$\rho_f = 800 \text{ kg/m}^3$$

$$V = 796.22 \text{ m}^3$$

Reemplazando en la fórmula se obtiene el valor del peso total del fluido:

$$W_T = 800 \times 796.22$$

$$W_T = 636974.79 \text{ kg}$$

La relación de diámetro-altura es:

$$\frac{D}{H} = \frac{11}{10.5}$$

$$\frac{D}{H} = 1.11$$

Utilizando la figura 3.2 se obtiene:

$$\frac{W_1}{W_T} = 8.95$$

$$\frac{W_2}{W_T} = 1.62$$

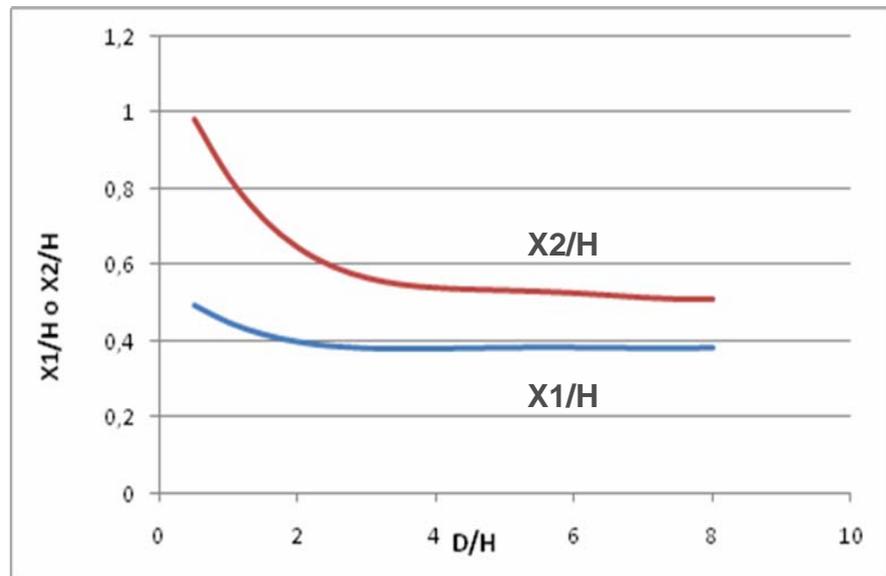
Por lo tanto:

$$W_1 = 5699161.71kg$$

$$W_2 = 1029118.59kg$$

### **Centroide de fuerza sísmica**

Las alturas desde el fondo del tanque a los centroides de las fuerzas sísmicas laterales, aplicadas a  $W_1$  y  $W_2$ , ( $X_1$  y  $X_2$ ), se determinan multiplicando  $H$  por las relaciones  $X_1/H$  y  $X_2/H$  respectivamente obtenidas de la Figura 3.3 y de la relación  $D/H$ .



**FIGURA 3.3 CENTROIDE DE LA FUERZA SÍSMICA**

Utilizando la figura 3.3 se obtiene:

$$\frac{X_1}{H} = 0.44$$

$$\frac{X_2}{H} = 0.80$$

Por lo tanto:

$$X_1 = 4.37m$$

$$X_2 = 7.92m$$

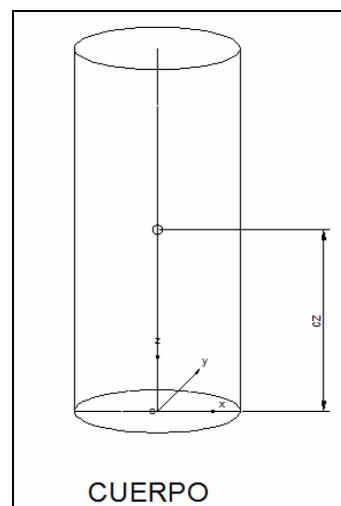
La altura desde el fondo del cuerpo del tanque al centro de gravedad de este  $X_s$  se calcula de la suma de los centroides tanque y del techo, descritos a continuación:

### Centroide del cuerpo

Para el cálculo del centroide del cuerpo se necesita el valor de la altura total del cuerpo del tanque  $H_t$ .

Donde:

$$H_t = 10.5 \text{ m}$$



**FIGURA 3.4 CENTROIDE DE CILINDRO**

Teniendo este valor se utiliza la siguiente fórmula:

$$C_z = \frac{H_t}{2}$$

Reemplazando:

$$C_z = \frac{10.5}{2}$$

$$\boxed{C_z = 5.25m}$$

### Centroide del techo

Para el cálculo del centroide del techo se necesitan los siguientes datos:

$h$  = Altura del techo (m).

$s$  = Diámetro superficial del techo (m).

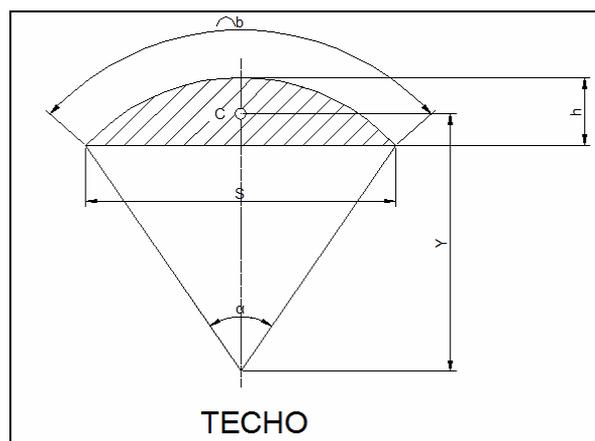
Se tienen los siguientes datos para el cálculo del centroide del techo:

$$h = 1.3357 \text{ m}$$

$$s = 11 \text{ m}$$

$$r = 11.9911 \text{ m}$$

Con estos datos se obtiene el área de un segmento de círculo:



**FIGURA 3.5 CENTROIDE DE UN SEGMENTO DE CIRCULO**

$$A_{r1} = h * \frac{(3h^2 + 4s^2)}{6s}$$

$$A_{r1} = 1.3357x \frac{(3x1.3357^2) + (4x11^2)}{6x11}$$

$$A_{r1} = 9.90m^2$$

Teniendo el valor del segmento de círculo se obtiene el valor del centroide del techo con la siguiente fórmula:

$$y = \frac{s^3}{12A}$$

$$y = \frac{11^3}{12x9.90}$$

$$y = 11.20m$$

Teniendo el valor del centroide del techo, se procede a calcular la altura respecto de la base del cuerpo del mismo.

$$C_z^* = H_t + h - (r - y)$$

Donde:

$C_z^*$  = Altura respecto de la base del cuerpo del centroide del techo (m).

r = Radio de curvatura del techo (m).

$h$  = Altura del techo (m).

$s$  = Diámetro superficial del techo (m).

Reemplazando se tiene:

$$C_z^* = 10.5 + 1.3357 - 11.9911 + 11.20$$

$$\boxed{C_z^* = 11.04m}$$

Sumando los valores de  $C_z$  y  $C_z^*$  se obtiene el valor de  $X_s$ .

$$X_s = \sqrt{\frac{W_s * C_z^2 + W_r * (C_z^*)^2}{W_s + W_r}}$$

$$X_s = \sqrt{\frac{(17090.42 \times 5.25^2) + (5005.25 \times 11.04^2)}{17090.42 + 5005.25}}$$

$$\boxed{X_s = 6.996m}$$

### **Coefficiente de fuerzas laterales.**

El coeficiente  $C_1$  de la fuerza lateral será de 0.24.

$$\boxed{C_1 = 0.24}$$

El coeficiente  $C_2$  de la fuerza lateral será determinado por la función del periodo natural  $T$  y las condiciones del terreno donde se sitúa el tanque.

Cuando  $T < 4.5$

$$C_2 = 0.3 \frac{S}{T}$$

Cuando  $T \geq 4.5$

$$C_2 = 1.35 \frac{S}{T^2}$$

Los cuales serán descritos a continuación.

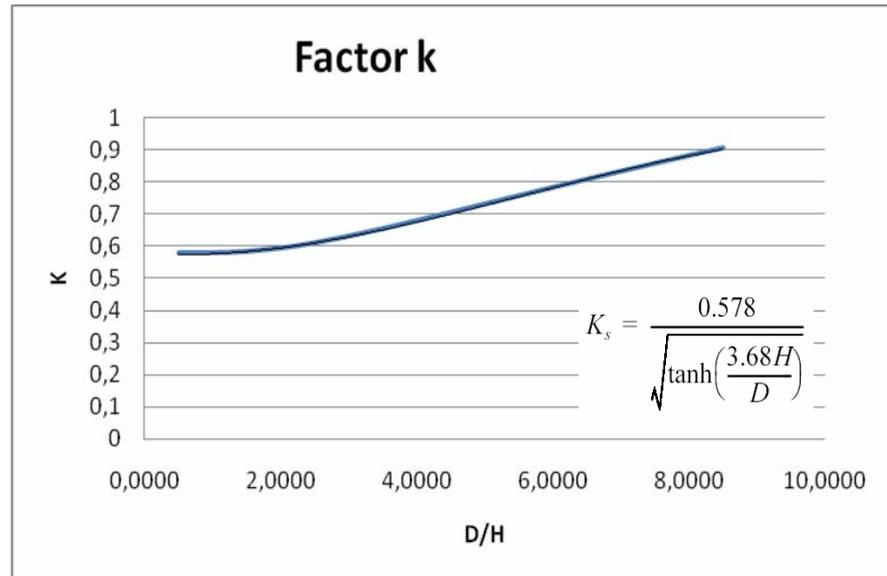
### **Periodo natural de la ondulación $T$ .**

Se obtiene el valor del período natural de ondulación en segundos de un factor  $K$  y el diámetro nominal del tanque con la siguiente fórmula:

$$T = 1.8KD^{0.5}$$

## Factor K

Este factor se determina en la Figura 3.6 y la relación D/H.



**FIGURA 3.6 VALOR DEL FACTOR K**

La relación de diámetro-altura es:

$$\frac{D}{H} = 1,11$$

Utilizando la figura 3.6 se obtiene:

$$K = 0,58$$

Obtenido el valor de K y teniendo el valor del diámetro nominal del tanque se procede a calcular el período natural de ondulación T:

$$T = 1.8 \times 0.58 \times (11)^{0.5}$$

$$T = 3.46s$$

### Factor de ampliación S.

El valor del factor de amplificación se lo obtiene de Tabla 9

**TABLA 9**  
**FACTOR DE AMPLIFICACIÓN DEL LUGAR**

Tipo de Suelo	Factor de Ampliación
I	1
II	1
III	1,5

Los terrenos se clasifican en tres tipos, de acuerdo con su rigidez.

I) Terrenos firmes; como tepetate, arenisca medianamente cementada, arcilla muy compacta o suelo con características similares.

II) Suelo de baja rigidez; como arenas no cementadas o limos de mediana o alta compacidad, arcillas de mediana compacidad o suelos de características similares.

III) Arcillas blandas muy compresibles.

Para este caso el terreno es del tipo I, es decir, un terreno firme. Con lo cual se obtiene un factor de ampliación S igual a 1.

$$S = 1$$

Como el valor obtenido del período natural de ondulación es de 3.46 se utiliza la ecuación 1 para el cálculo del coeficiente  $C_2$ .

$$C_2 = 0.3x \frac{1}{3.46}$$

$$C_2 = 0.0868$$

### Peso total del cuerpo del tanque $W_s$

El peso total del cuerpo del tanque se lo obtiene con la siguiente fórmula:

$$W_s = \pi * D * H_t * t * \rho_{ac}$$

Donde:

D = Diámetro nominal del tanque (m).

t = espesor del primer anillo (mm).

$\rho_{ac}$  = Densidad del acero ( $\text{kg/m}^3$ ).

De lo cual se tiene los siguientes datos:

$$D = 11 \text{ m}$$

$$H_t = 10.5 \text{ m}$$

$$t = 6 \text{ mm}$$

$$\rho_{ac} = 7850 \text{ kg/m}^3$$

Reemplazando en la formula se obtiene el valor del peso total del cuerpo del tanque:

$$W_s = \pi * 11 * 10.5 * 0.006 * 7850$$

$$W_s = 17090.42 \text{ kg}$$

**Peso total del techo del tanque  $W_r$** 

Para el cálculo del peso del techo se necesitan los siguientes datos:

$h$  = Altura del techo (m).

$r$  = Radio de curvatura del techo (m).

$s$  = Diámetro superficial del techo (m).

$\rho_{al}$  = Densidad del aluminio ( $\text{kg/m}^3$ ).

$t_r$  = Espesor del techo (mm).

El espesor mínimo requerido del techo según la norma API 12D es de 6mm.

Se tienen los siguientes datos para el cálculo del peso del techo:

$$h = 1.3357 \text{ m}$$

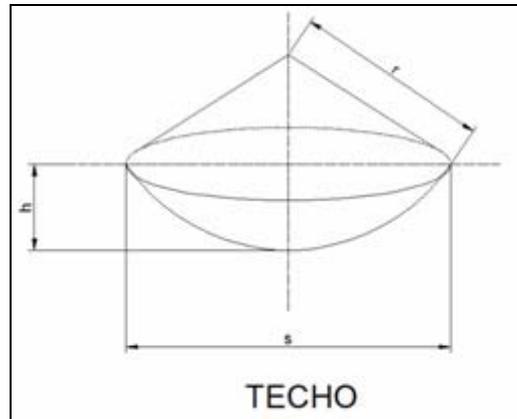
$$r = 11.9911 \text{ m}$$

$$s = 11 \text{ m}$$

$$\rho_{al} = 2710 \text{ kg/m}^3$$

$$t_r = 6 \text{ mm}$$

Con estos datos se obtiene el área del techo:



**FIGURA 3.7 SEGMENTO CIRCULAR**

$$A_r = \pi * r * \frac{(4h + s)}{2}$$

$$A_r = \pi * 11.9911 * \frac{(4 * 1.3357 + 11)}{2}$$

$$A_r = 307.826 m^2$$

Teniendo el valor del área del techo se obtiene el valor del peso del techo con la siguiente fórmula:

$$W_r = A_r * t_r * \rho_{Al}$$

$$W_r = 307.826 * 0.006 * 2710$$

$$W_r = 5005.25 kg$$

Teniendo los valores descritos, se procede a elaborar la siguiente tabla de resumen para poder calcular el momento de volteo del tanque.

**TABLA 10**  
**RESUMEN DE VALORES**

Variable	Valor
$Z$	0.3
$l$	1
$W_1$	5699161.71
$W_2$	1029118.59
$X_1$	4.37
$X_2$	7.92
$X_s$	6.996
$C_1$	0.24
$C_2$	0.0868
$W_s$	17090.42
$W_r$	5005.25
$H_t$	10.5

Por lo tanto:

$$M = 0.3 \times (0.24 \times 17090.42 \times 6.996 + 0.24 \times 5005.25 \times 10.5 + 0.24 \times 5699161.71 \times 4.37 + 0.0868 \times 1029118.59 \times 7.92)$$

$$M = 201954068 \text{ Kg} - m$$

### **Resistencia al volteo.**

Para analizar si el tanque necesita ser anclado o no se debe de estudiar dos criterios, los cuales son:

1. El esfuerzo máximo de compresión en el fondo del cuerpo (b).
2. La máxima compresión longitudinal permisible del cuerpo ( $F_a$ ).

### **Esfuerzo máximo de compresión en el fondo del cuerpo.**

Para tanques sin anclaje la fuerza máxima de compresión en el fondo del cuerpo, puede determinarse mediante lo siguiente:

$$\text{Cuando } \frac{M}{D^2 * W_t} \leq 0.785$$

$$b = W_t + 1.273 \frac{M}{D^2}$$

Cuando  $0.785 \leq \frac{M}{D^2 * W_t} \leq 1.5$

$$b = W_t(16.9M^4 - 73.54M^3 + 123.5M^2 - 91.6M + 26.89)$$

Cuando  $1.5 \leq \frac{M}{D^2 * W_t} \leq 1.57$

$$b = \frac{1.49 * W_t}{\left(1 - \frac{0.637M}{D^2 * W_t}\right)^{0.5}}$$

Cuando  $\frac{M}{D^2 * W_t} > 1.57$  el tanque es estructuralmente inestable y la fuerza máxima de compresión en el fondo del cuerpo se calcula:

$$b = W_t + \frac{12731M}{D^2}$$

Donde:

b = fuerza máxima de compresión en el fondo del cuerpo (Kg /m) en la circunferencia del cuerpo.

$W_t$  = Peso del cuerpo del tanque y la porción de techo soportado por el techo (Kg. Por metro de circunferencia del cuerpo).

M = Momento de volteo (Kg-m).

D = Diámetro nominal del tanque (m).

Para el cálculo se tienen los siguientes datos:

$$W_t = 22095.67 \text{ Kg}$$

$$M = 2019540.68 \text{ Kg-m}$$

$$D = 11 \text{ m}$$

Reemplazando en la ecuación tenemos:

$$\frac{M}{D^2 * W_t} = \frac{2019540.68}{11^2 * 22095.67}$$

$$\frac{M}{D^2 * W_t} = 0.755$$

$$0.755 < 0.785$$

Por lo tanto se utiliza la siguiente ecuación:

$$b = W_t + 1.273 \frac{M}{D^2}$$

$$b = 22095.67 + 1.273 \frac{2019540.68}{11^2}$$

$$b = 43342.58 \text{ kg / m}$$

### Compresión longitudinal máxima permisible del cuerpo.

El esfuerzo máximo de compresión longitudinal en el cuerpo será determinado de acuerdo a lo siguiente:

Cuando  $\frac{0.0002278GHD^2}{t^2} \geq 10^6$ :

$$F_a = 170676000 \frac{t}{D}$$

Cuando  $\frac{0.0002278GHD^2}{t^2} < 10^6$ :

$$F_a = 68270400 \frac{t}{D} + 1546\sqrt{GH}$$

Donde:

t = Espesor del anillo inferior del tanque sin corrosión permisible (cm).

F<sub>a</sub> = Esfuerzo máximo de compresión longitudinal permisible (Kg/cm<sup>2</sup>), (menor de 0.5 F<sub>ty</sub>).

F<sub>ty</sub> = Esfuerzo mínimo de cedencia especificado del anillo inferior (Kg/cm<sup>2</sup>).

Se tienen los siguientes datos para calcular el esfuerzo máximo de compresión longitudinal en el cuerpo:

$$t = 0.6 \text{ cm}$$

$$D = 1100 \text{ cm}$$

$$G = 0.8$$

$$H = 987 \text{ cm}$$

Reemplazando en la fórmula:

$$\frac{0.0002278 \times 0.8 \times 987 \times 1100^2}{0.6^2} = 0.604 \times 10^6$$

$$0.604 \times 10^6 < 10^6$$

Por lo tanto se usa la siguiente ecuación:

$$F_a = 68270400 \frac{t}{D} + 1546 \sqrt{GH}$$

$$F_a = 68270400 \frac{0.6}{1100} + 1546 \sqrt{0.8 \times 987}$$

$$F_a = 80680.72 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Siempre y cuando  $2.02333 \text{ b/t}$  no exceda el esfuerzo máximo de compresión longitudinal permisible ( $F_a$ ), el tanque se considera estructuralmente estable, por lo que es capaz de resistir un movimiento sísmico, pero si esto no se cumple, es necesario tomar alguna de las siguientes medidas:

- a) Incrementar el espesor del cuerpo (t).
- b) Reducir la relación de esbeltez, incrementado el diámetro y reduciendo la altura.
- c) Anclar el tanque.

Tenemos entonces:

$$2.02333 \frac{b}{t}$$

$$2.02333 \frac{43342.58}{6}$$

$$14616.06 < F_a$$

Por lo tanto el tanque es estructuralmente estable y no requiere anclaje.

### **Momento de volteo debido al viento.**

El momento de volteo producido por el viento se considera una carga uniformemente repartida sobre una viga empotrada en un extremo, por lo que el momento será igual a:

$$M_v = \frac{P_v D_{\max} H_t^2}{2}$$

Donde:

$M_v$  = Momento de volteo (Kg - m).

$P_v$  = Presión de viento (N /m<sup>2</sup>).

$D_{\max}$  = Diámetro exterior del tanque incluyendo líneas de tuberías (m).

$H_t$  = Altura total del tanque incluyendo el techo (m).

Para tanques que no estén anclados, el momento de volteo por presión de viento no debe exceder de la siguiente expresión:

$$M_v < \frac{WD}{3}$$

Donde:

$W$  = Peso muerto del tanque disponible para resistir el levantamiento (Kg), menos cualquier corrosión permisible, menos simultáneamente el levantamiento por condiciones de presión interna sobre el techo.

$D$  = diámetro nominal del tanque (m).

Tenemos los siguientes datos para el cálculo del momento:

$$P_v = 6.8 \text{ N /m}^2$$

$$D_{\text{máx.}} = 11 \text{ m}$$

$$H_t = 11.84 \text{ m}$$

$$W = 216537.59 \text{ N}$$

Reemplazando en la fórmula se obtiene el momento de volteo debido al viento:

$$M_v = \frac{146 \times 11 \times 11.84^2}{2}$$

$$M_v = 5763.05 \text{ N} - \text{m}$$

$$M_v < \frac{WD}{3}$$

$$\frac{WD}{3} = \frac{216537.59 \times 11}{3}$$

$$\frac{WD}{3} = 793871.16$$

$$5763.05 < 793871.16$$

Por lo tanto el tanque es estructuralmente estable y no necesita anclaje debido a la presión del viento.

### 3.2 Selección de la membrana flotante.

A continuación se describirán en rasgos generales, cuales son las ventajas técnico-económicas de los dispositivos conocidos como

cubierta interna flotante (según API 650, Apéndice "H") y domo geodésico de aluminio (según API 650, Apéndice "G").

## **Instalación**

### **1. Menor tiempo de la obra**

La construcción modular de los dispositivos permite su instalación en muy poco tiempo, sin necesidad de soldaduras, inspecciones radiográficas ni procedimientos complicados de construcción. Su menor peso (17% del peso del techo de acero) facilitan las labores de movilización de material. Su instalación no requiere de cuadrillas especializadas y sólo se utilizarán herramientas neumáticas para su armado.

### **2. Menor costo inicial**

El diseño eficiente de los elementos que componen el domo y la cubierta, permiten mantener los costos de inversión menores que los de construcción de techos de acero soldado tradicionales.

## **Operación**

### **1. Eficiencia en el control de mermas**

Las Cubiertas Internas Flotantes, efectivamente controlan las emisiones de producto a la atmósfera. Los estudios realizados por API han permitido determinar que los tanques con cubierta interna flotante tienen una eficiencia de hasta el 95% de retención, valor bastante más alto que el esperado en techos flotantes de tope abierto. Ello debido a que el techo fijo elimina las mermas por la acción del viento sobre el tanque. El alto nivel de eficiencia, representa un ahorro directo en términos de producto y de dinero, recuperándose la inversión, generalmente en períodos no mayores de ocho meses.

## 2.Fácil operación

Ningún procedimiento especial es requerido para operar el tanque. La construcción de gran flexibilidad y resistencia evita los problemas de atascamiento del techo y elimina los sistemas de drenaje de agua de lluvia, y al no tener este elemento se evitan los problemas de rotura del mismo.

En otro sentido, la cubierta interna se diseña para que sean prácticamente imposibles de hundir. Su diseño flexible y la unión pivotante de los flotadores tubulares, le garantiza el resistir cualquier turbulencia que se genere en el tanque y en

el caso probable de que el producto llegara al tope del mismo, la cubierta es protegida con reboses colocados en la pared, desalojando el líquido hacia la parte exterior.

3.Su utilización es perfectamente aplicable en tanques remachados de planchas solapadas, lo que permite reconvertirlos en sistemas eficientes de almacenamiento sin gran modificación.

4.No se contamina el producto

La acción del medio ambiente es eliminada garantizando que el producto no será contaminado con el polvo y la lluvia.

### **Seguridad**

Las cubiertas internas flotantes tienen en su historia un récord envidiable de seguridad, debido a que el espacio libre sobre la cubierta tiene una concentración sumamente baja en vapores. Estudios de concentración de hidrocarburos fueron elaborados por la compañía CALEB BRETT, que demostraron la ausencia de atmósferas explosivas en tanques con cubiertas internas flotantes para distintos productos y en varias condiciones de operación.

La NFPA, en "code" 30, indica las consideraciones que deben tomarse para protección de tanques con cubiertas internas flotantes, punto 2-2.1.1 (2). El punto 2-8.1, especifica, el no requerimiento de sistema de extinción para tanques diseñados según 2-2.

EXXON, en su "Basic Practice" # BP3-2-2, especifica como innecesario el sistema de extinción con espuma para este tipo de tanque. Así mismo, EXXON efectuó en el año 1986 un reporte para la reconversión de tanques a techos fijo con cubierta interna flotante, indicando en el aparte IV, que el uso de sistemas fijos de espuma no se justifican en tanques con cubiertas flotantes de aluminio dado el excelente récord de seguridad que ha experimentado EXXON en este tipo de tanques.

Un estudio realizado por API, con data de veinte años, mostró estadísticamente que solo un 6% de los incendios ocurridos en tanques a nivel mundial, fueron en tanques de techo flotante interno. Sin embargo, ninguno de estos ocurrió en tanques con cubiertas de aluminio. La mayor causa para estos incendios fue la chispa generada por el choque acero con acero en algún problema operacional de dichos tanques. El choque acero aluminio no produce chispa, eliminando este riesgo.

Adicionalmente el uso del domo de aluminio, produce el efecto de celda de Faraday, absorbiendo la estática inducida por las nubes y disipándola a tierra, evitando descarga por diferencia de potencial entre el tanque y la cubierta.

Todas estas ventajas, perfectamente documentadas le han servido a las compañías petroleras para reducir las primas de seguros en sus instalaciones.

### **Mantenimiento**

Debido a la alta resistencia a la corrosión de las aleaciones de aluminio usadas en, las cubiertas y domos, requieren muy poco o ningún mantenimiento durante toda su vida útil, sin necesidad de pintura ni preparación de superficies. El acabado superficial limpio del aluminio garantiza corrosiones menores a 0.1 mm en 30 años, sin ningún cuidado especial, aún en crudos con alta concentración de H<sub>2</sub>S o productos altamente corrosivos frente al acero.

Si algún problema llegara a ocurrir, las secciones dañadas pueden ser reparadas y/o reemplazadas fácilmente sin necesidad de soldaduras ni procedimientos especiales, a muy bajo costo.

El domo de aluminio, es tan liviano que puede ser removido del tanque completamente, con una grúa en cuestión de horas. Esto es realmente una ventaja a la hora de reparaciones mayores a un tanque, como cambiar el fondo o reparar la fundación para luego volver a instalarlo con la misma facilidad. Tal es la manejabilidad del domo, que puede ser instalado en tanques de techo flotante de acero, sin sacarlo de operación.

El mantenimiento de los sellos es muy bajo comparado a los techos externos, debido a que no están expuestos a la intemperie.

El domo y la cubierta interna flotante, disminuyen realmente el mantenimiento en los tanques. Le evitan el problema de techos dañados por corrosión, estructura de soporte corroídas o desplazadas, problemas de asentamiento diferencial en las columnas, además, su menor peso, disminuye la carga muerta sobre la pared del tanque.

### **Ambientales**

En los países industrializados, se ha convertido en una obligación el controlar las emisiones contaminantes. No solo por las presiones de los grupos ambientalistas, sino además, por las legislaciones cada

vez más estrictas y las fabulosas multas de que son objeto los propietarios de las instalaciones. En nuestro país, se está observando esta tendencia y la ley del ambiente cada vez toma más fuerza, lo que debe hacer reflexionar a las empresas operadoras, en planificar sistemas de operación más acordes con la protección ambiental.

Las cubiertas y domos, son un sistema de protección ambiental y control de emisiones, que efectivamente se pagan por sí mismos. A diferencia de las soluciones tradicionales, que generalmente incrementan los costos de instalación, operación y mantenimiento, estos dispositivos cubren su inversión en período de meses, produciendo ganancias por muchos años más.

En el anexo [7], [8] se detallan las tablas de comparación entre los tipos de techos.

La membrana flotante seleccionada es de aluminio IFR2000 del tipo pontones tubulares la cual está compuesta de la siguiente manera:



**FIGURA 3.8 INSTALACION DE MEMBRANA FLOTANTE**

- Membrana de 0.025pulg (0.635mm) espesor, 2500mm de ancho, aleación 3003 H14.



**FIGURA 3.9 VISTA DE MEMBRANA FLOTANTE**

**INSTALADA**

- Vigas de unión de membrana, 6061 T6, Longitud 4950mm, complementarias hembra-macho, unidas con tornillos autoroscantes de ¼pulg, Acero Inoxidable A-304.



**FIGURA 3.10 VIGA DE UNION**

- Anillo perimetral, de 3mm espesor, aleación 5052 H34 (Aleación marina)



**FIGURA 3.11 ANILLO PERIMETRAL**

- Flotadores tubulares herméticos de 10pulg de diámetro de 0.064pulg (1.63mm) de espesor, longitud máxima 18 pies (5.5m), Longitud Mínima 6 pies (1.8m), aleación 3004 H26, tapas 5052 H34. Colocados en la zona central de la cubierta y en la periferia unidos al anillo perimetral.



**FIGURA 3.12 FLOTADORES TUBULARES**

- Sillas de flotador, aleación 5052 H34 y correas de agarre del flotador



**FIGURA 3.13 SILLAS DE FLOTADOR**

- Válvulas rompe vacío con capacidad de 5000 BPH cada una.



**FIGURA 3.14 VALVULAS ROMPE VACIO**

- Bocas de visita de 24"x 24".



**FIGURA 3.15 ENTRADA HOMBRE**

- Cables de aterramiento de acero inoxidable. 18-8 de 1/8pulg diámetro.
- Patas ajustables de 2.03m, tubular cuadrado de 1 3/4pulg x 1 3/4pulg, 6063 T5 y orejas de unión de flotadores con junta pivotante.



**FIGURA 3.16 SOPORTE AJUSTABLE**

- Sello de tipo zapata metálica de acero inoxidable 304 calibre 18 (1/20pulg), con barrera de vapor de teflón laminado de 0.014pulg de espesor con capacidad de absorción de +/- 5pulg de deformación de pared.



**FIGURA 3.17 SELLO PERIMETRAL**

- Cable anti-rotación de acero inoxidable 18-8, 1/4pulg diámetro soportado en el fondo y el techo para evitar movimientos de la cubierta.



**FIGURA 3.18 CABLE ANTI-ROTACION**

- Accesorios para tubos de medición, aforo. Cajas de 24pulg x 24pulg fabricadas en 5052 H34, preformados y ensamblados en sitio con barrera de vapor de nitrilo/vinilo.



**FIGURA 3.19 TUBOS DE INSTRUMENTACION**

El tipo de techo seleccionado es domo geodésico de aluminio el cual está compuesto de la siguiente manera:

El domo es una estructura flexible y resistente utilizada como techo tridimensional y cubierta espacial de aluminio, formada por perfiles de ala ancha, cubierta con paneles triangulares, los cuales son asegurados mediante un sistema de fijación y sellado.

La estructura armada no requiere de ninguna columna en toda su luz. Los perfiles están unidos en sus extremos por platos o nodos, y son armados formando triángulos. La fijación de los perfiles a los platos se realiza mediante remaches estructurales ciegos, del mismo tipo que se utiliza en la industria aeronáutica.

Los paneles triangulares se unen a la estructura, mediante la colocación de una platina emperrada a los perfiles. La platina está provista con empaquetaduras que aseguran la hermeticidad de la superficie cubierta. Este tipo de unión es conocido como "batten", y una de sus características principales es los dobleces tipo "z" en el borde de las laminas, los cuales acoplan sobre cavidades especialmente hechas en la parte superior de cada perfil.

Luego que los perfiles se unen entre si y se cubre la estructura con los paneles, la parte superior (externa) de cada nodo y por consiguiente los remaches estructurales, es protegida con una tapa

hecha también de aluminio y la cual es sellada con un material apropiado para asegurar la hermeticidad de la junta y del domo. La selección del material sellante se hace en completa compatibilidad con la aplicación. Uno de los materiales comúnmente utilizado es silicón, el cual mantiene su flexibilidad efectiva en un rango de -35 hasta 300°F, sin resquebrajarse, elongarse ni deformarse; siendo además resistente a la acción de los rayos ultravioletas.

Se dispone de una variedad de accesorios, algunos son: escotillas de visita o inspección, plataformas de acceso, barandas, camisas flexibles para la conexión de tuberías, ductos, válvulas y/o instrumentos, tragaluces para iluminación natural, venteos, conexiones de aterramiento, estructuras de soporte y acceso para correas transportadoras, etc.



**FIGURA 3.20 DOMO GEODESICO**

El domo debe ser autoportante y estar apoyado sobre la periferia superior del tanque. La estructura consistirá de elementos estructurales de aluminio con sus uniones siguiendo la superficie de la esfera. El arreglo de los miembros debe resultar en un patrón de figuras triangulares. Estos espacios serán cubiertos con paneles preformados de láminas de aluminio de bajo espesor. Las vigas estructurales deberán ser abulonadas por sus extremos a platos circulares que forman nodos.

Todos los componentes metálicos del domo deben ser de aluminio o acero inoxidable serie 300. No se permite el uso de acero galvanizado, pintado o revestido en ninguno de los elementos del domo. Cualquier metal que no sea compatible con la estructura de aluminio debe ser aislado del domo mediante el uso de un elastómero compatible con ambos materiales.

Bajo cualquier condición de diseño, toda la estructura será diseñada como un sistema impermeable. El diseño prevendrá que el agua se acumule en los nodos mediante el uso de una tapa de nodo que posea un reborde.

Los paneles de aluminio serán fijados continuamente por sus tres lados a los miembros estructurales mediante molduras que engrapen los paneles en una unión entrelazada. Las molduras deberán poseer empaquetaduras de elastómero, las cuales deben formar una junta impermeable a lo largo de cada cara de cada panel de aluminio. Las molduras deberán encapsular las empaquetaduras para prevenir su exposición a la luz ultravioleta.

El domo geodésico de aluminio cuenta con una válvula de venteo atmosférica central conforme a la norma API-650. Es un elemento tubular colocado en la cima del domo, con la finalidad de servir de escape a vapores que puedan concentrarse en la zona superior del domo debido a la concavidad de este. El venteo central tiene protectores contra pájaros y capucha contra la lluvia.



**FIGURA 3.21 VALVULA DE VENTEO CENTRAL**

Está equipado con tragaluces removibles según cantidad requerida.



**FIGURA 3.22 TRAGALUCES REMOVIBLES**

El domo geodésico cuenta con una cabina de aforo la cual tiene su respectiva plataforma y escaleras de aluminio así como también una escotilla de 24"X 24" para la inspección y acceso a escaleras internas.



**FIGURA 3.23 CABINA DE AFORO**

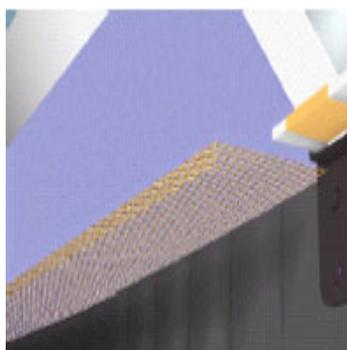
Las bocas de visita, permiten el acceso a la parte interior del tanque y la inspección visual de la cubierta interna desde el domo geodésico. La boca principal de acceso será provista con una

plataforma de acceso al área del tubo de aforo y a la posición de la escalera vertical (si se dispone).



**FIGURA 3.24 ENTRADA DE INSPECCION**

El venteo perimetral es una rejilla colocada en todo el perímetro del domo, para proveer el interior del tanque de la ventilación necesaria según la normativa API-650 Apéndice H. Esta rejilla está orientada para evitar la entrada de agua de lluvia y la entrada de pájaros al interior del tanque.

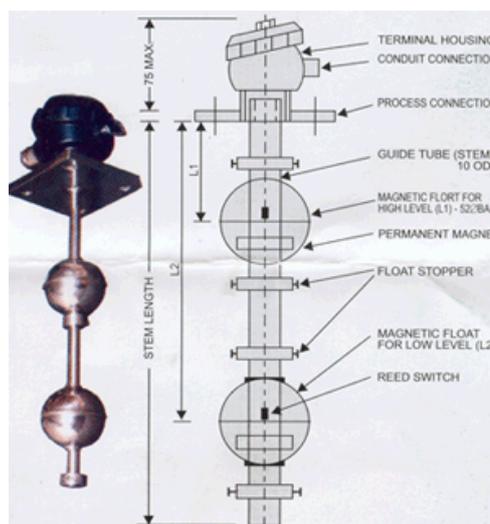


**FIGURA 3.25 VENTEO PERIMETRAL**

### 3.3 Selección de accesorios de instrumentación.

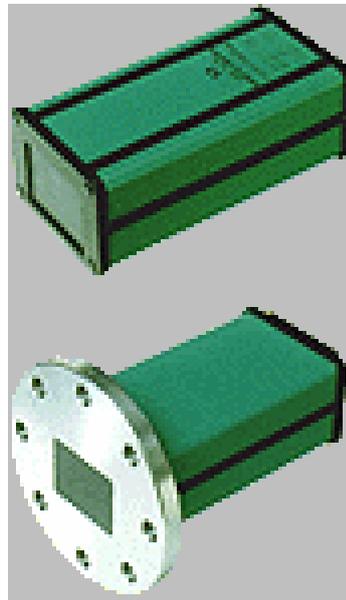
Los instrumentos necesarios para el control del nivel de producto almacenado en el tanque son los siguientes:

- Interruptor de nivel: Se lo utiliza para mantener un control del nivel del producto, los interruptores más comunes son nivel bajo, nivel alto, nivel alto alto. Estos interruptores previenen situaciones como rebosamiento de producto o nivel de producto inferior al requerido para operaciones normales. Los interruptores a utilizarse son los siguientes:
  - Nivel alto alto 3/4" máx. 2A/24Vdc, 15 PSI,
  - Nivel alto 3/4" máx. 2A/24Vdc, 15 PSI.



**FIGURA 3.26 INTERRUPTOR DE NIVEL**

- Medidor de nivel: Se lo utiliza para mantener un registro histórico del nivel de producto almacenado. Los tipos de medidores son: Desplazamiento (flotador), Presión diferencial, Burbujeo, Radioactivo, Capacitivo, Ultrasonidos, Conductivímetro, Radar, Servoposicionador. El medidor de nivel a utilizar será tipo radar para tanque de techo flotante con arreglo de antena fija de 8".



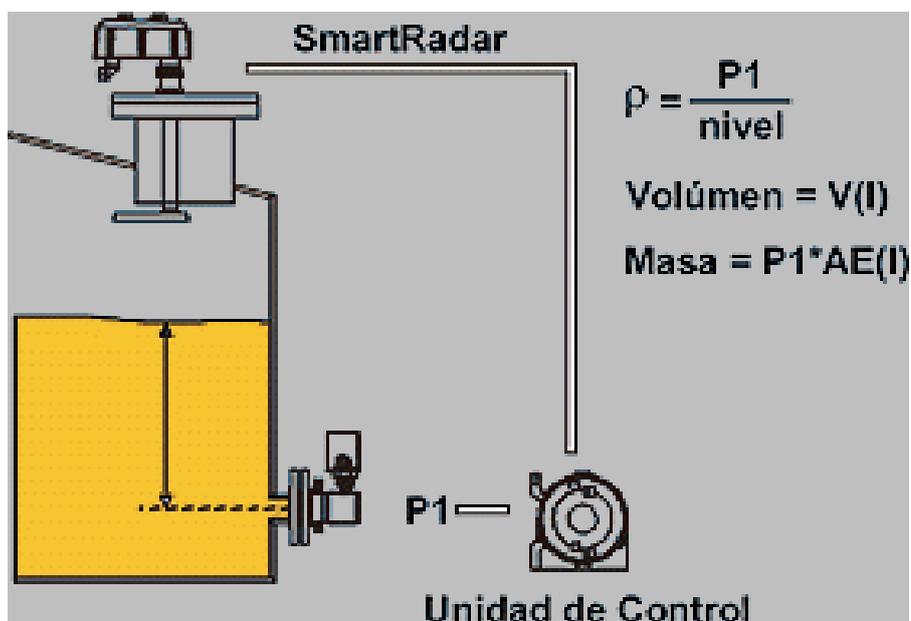
**FIGURA 3.27 RADAR DE PROCESO**

- Transmisor de presión para productos livianos: Utilizado en combinación con radar y sensor de temperatura para análisis del nivel de líquido almacenado en el tanque. El transmisor de presión debe tener la capacidad de comunicación con radar.



**FIGURA 3.28 TRANSMISOR DE PRESION HIDROSTATICA**

- Sensor de temperatura: Utilizado en combinación con radar y medidor de presión para análisis del nivel de líquido almacenado en el tanque. El sensor de temperatura debe tener la capacidad de comunicación con radar.



**FIGURA 3.29 SISTEMA INTERCONECTADO DE RADAR**

### **3.4 Selección del sistema de pintura.**

Para poder seleccionar el sistema de pintura más conveniente para el tanque primero hay que definir el medio al cual va a estar expuesto.

#### **Definición del medio**

El medio es un ambiente industrial corrosivo, presencia de contaminantes químicos severos, zona tropical húmeda y amazónica.

La preparación de la superficie a ser pintada se hará de acuerdo con el "STEEL STRUCTURES PAINTING MANUAL, Volumen 2 sección II, Surface preparation specifications." (SSPC-SP).

#### **Sistema de pintura para superficies exteriores**

El sistema de pintura se escogerá de acuerdo a las condiciones que se cumplan dentro de la tabla 11. De acuerdo a la tabla el sistema de pintura que se debe aplicar será el sistema 15 debido a que este posee la mejor resistencia al ataque del ambiente.

**TABLA 11**  
**APLICACIÓN DE PINTURA EN TANQUES, SUPERFICIES**  
**EXTERIORES, AMBIENTE INDUSTRIAL CORROSIVO Y MARINO**

Descripción	Rango temp. (°C)	Sistema de pintura	Observaciones
Cuerpo, techo fijo o flotante y accesorios	T≤66 T>66	3, 5 ó 15 2A	Con aislamiento
Escaleras	T≤66	3	Área superior Área inferior
Identificación y logotipo	T≤66	3	

**TABLA 12**  
**SISTEMA DE PINTURA 15**

Descripción	Sistema
Número del sistema de pintura	15 Epoxi- Poliuretano
Rango de temperatura del área metálica desnuda °C	T≤66
Preparación de superficie	Campo SSPC- SP5
Pintura de fondo <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lugar</li> <li>- Tipo de pintura</li> <li>- Espesor película húmeda / una capa (micras)</li> <li>- Espesor película seca / una capa (micras)</li> <li>- Número de capas</li> <li>- Método de aplicación</li> </ul>	Campo Epoxi- Poliamida 100  50  1 Recomend. Fabricante
Pintura Intermedia <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lugar</li> <li>- Tipo de pintura</li> <li>- Espesor película húmeda / una capa (micras)</li> <li>- Espesor película seca / una capa (micras)</li> <li>- Número de capas</li> <li>- Método de aplicación</li> </ul>	Campo Epoxi- Poliamida 200  100  1 Recomend. Fabricante

### Continuación TABLA 12

Pintura de acabado - Lugar - Tipo de pintura - Espesor película húmeda / una capa (micras) - Espesor película seca / una capa (micras) - Número de capas - Método de aplicación	Campo Poliuretano Aprox. 200  30  2 Recomend. Fabricante
Esesor total de película seca (micras)	210

### Sistema de pintura para superficies interiores

El sistema de pintura se escogerá de acuerdo a las condiciones que se cumplan dentro de la tabla 13. De acuerdo a la tabla el sistema de pintura que se debe aplicar será el sistema 7 debido a que este posee la mejor resistencia al ataque del producto almacenado.

### TABLA 13

#### APLICACIÓN DE PINTURA EN TANQUES, SUPERFICIES INTERNAS

Descripción	Rango temp. (°C)	Sistema de pintura	Observaciones
Tanques crudo, gasolina, otros	T ≤ 66	7 ó 7A	

**TABLA 14**  
**SISTEMA DE PINTURA 7**

<b>Descripción</b>	<b>Sistema</b>
Número del sistema de pintura	7 Epoxi Poliamida Fenólico
Rango de temperatura del área metálica desnuda °C	T≤50
Preparación de superficie	Campo SSPC- SP5
Pintura de fondo - Lugar - Tipo de pintura - Espesor película húmeda / una capa (micras) - Espesor película seca / una capa (micras) - Número de capas - Método de aplicación	Campo Epoxi- Poliamida Fenólico 175 - 200  80  1 Recomend. Fabricante
Pintura Intermedia - Lugar - Tipo de pintura - Espesor película húmeda / una capa (micras) - Espesor película seca / una capa (micras) - Número de capas - Método de aplicación	Campo Epoxi- Poliamida Fenólico 175 - 200  80  1 Recomend. Fabricante
Pintura de acabado - Lugar - Tipo de pintura - Espesor película húmeda / una capa (micras) - Espesor película seca / una capa (micras) - Número de capas - Método de aplicación	Campo Epoxi- Poliamida Fenólico 175 - 200  80  2 Recomend. Fabricante
Esesor total de película seca (micras)	320

De acuerdo a sistema de pintura indicado en las tablas anteriores el grado de preparación de superficies será SSPC – SP5 el cual significa una limpieza por chorro abrasivo hasta metal blanco. Lo cual tiene como objetivo eliminar la totalidad de óxido visible (herrumbre), cascarilla de laminación, pintura deteriorada y cualquier materia extraña, hasta metal blanco, mediante chorro abrasivo con arena, granalla o balines. Finalmente, la superficie se limpia con un aspirador o con aire comprimido limpio y seco o un cepillo para descartar los residuos de polvo abrasivo. La superficie debe quedar con un color metálico uniforme concordante con los estándares.

La pintura recomendada para pintar el interior del tanque que va almacenar etanol es “SIGMA NovaGuard 890”, el fabricante recomienda las siguientes especificaciones para su aplicación.

**Primera capa:**

Tipo de pintura: epóxico fenólico holding primer

Espesor seco: 75 micras (3mils)

Color: Claro

VOC: Máx 328 g/litro

Perfil de rugosidad: 50 – 75 micras

Preparación de superficie: ISO SA2 ½

**Segunda capa:**

Tipo de pintura: epóxico fenólico

    Espesor recomendado: no menor a 300 micras secas  
    (12mils)

Color: Claro

VOC: Máx 131 g/litro

    Preparación de superficie: En áreas quemadas, cordones de soldadura ISO SA2 ½, en el resto del área proporcionar rugosidad al holding primer mediante un barrido.

**3.5 Selección de protección catódica.**

Existen muchas formas de corrosión. Los dos tipos más comunes relacionados con el fondo de un tanque son la general y la puntual. En la corrosión general, se forman miles de celdas microscópicas sobre un área de la superficie del metal, resultando en pérdida de metal. En la corrosión puntual, las celdas individuales son más activas y se pueden identificar distintas áreas anódicas y catódicas.

La pérdida del metal en ese caso puede concentrarse dentro de áreas relativamente pequeñas, sin que la corrosión afecte áreas considerables de la superficie.

La composición del metal es importante para determinar qué áreas de la superficie se convierten en ánodos o en cátodos. Pueden surgir diferencias de potencial electroquímico entre áreas adyacentes por la distribución desigual de los elementos en la aleación o en los contaminantes, dentro de la estructura del metal. La corrosión también puede originarse por la diferencia entre el metal de la soldadura, las zonas afectadas por calor y el metal base.

Las propiedades físicas y químicas de los electrolitos también influyen en la formación de áreas catódicas sobre la superficie del metal. Por ejemplo, se pueden generar diferencias de potencial entre áreas de una superficie de acero, debido a las diferentes concentraciones de oxígeno. Las áreas con bajas concentraciones de oxígeno se convierten en anódicas y las áreas con altas concentraciones de oxígeno se convierten en catódicas. Esto puede causar corrosión en áreas donde el barro y otros residuos se hallan en contacto con el fondo de acero de un tanque sobre una capa de arena o donde un tanque se coloca sobre dos tipos diferentes de suelo.

Las características del suelo afectan sustancialmente el tipo y velocidad de corrosión de una estructura en contacto con el suelo.

Por ejemplo, las sales disueltas influyen en la capacidad de transporte de corriente de los electrolitos del suelo y ayuda a determinar las velocidades de reacción sobre las áreas anódicas y catódicas. El contenido de humedad, el pH, la concentración de oxígeno y otros factores interactúan de manera compleja, influyendo en la corrosión.

La necesidad de protección catódica debe ser determinada para todas las instalaciones de almacenamiento tanto nuevas como existentes. Se analizan los parámetros que deben ser considerados, cuando se determine si un fondo de un tanque de almacenamiento que se encuentra en contacto con el suelo, requiere de protección catódica.

El control de la corrosión mediante protección catódica para tanques de almacenamiento nuevos, los cuales se encuentran en contacto con el suelo, debe ser tomado en cuenta desde el diseño original y debe ser mantenido durante la vida de servicio del sistema, a menos que investigaciones en este campo indiquen que la protección catódica no se requiere.

### **Métodos de protección catódica para control de la corrosión.**

La protección catódica es un método ampliamente aceptado para el control de la corrosión. La corrosión de tanques de almacenamiento de acero con fondo sobre el suelo, puede reducirse o eliminarse mediante la aplicación apropiada de la protección catódica. La protección catódica es una técnica para prevenir la corrosión que hace que toda la superficie del metal a proteger, actúe como el cátodo de una celda electroquímica. Existen dos sistemas de protección catódica:

- a) Ánodos de sacrificio**
- b) Corriente impresa**

#### **Ánodos de sacrificio**

Los sistemas de ánodos de sacrificio, utilizan ánodos galvánicos, los cuales están hechos de magnesio ó zinc en forma de barras, se instalan los ánodos enterrados directamente en el suelo rodeados de una mezcla química y empacada en sacos especiales.

Los ánodos están conectados al sistema de forma individual o en grupos. Los ánodos galvánicos están limitados en su corriente de salida por el voltaje del sistema y la resistencia del circuito. Se deben emplear sistemas del tipo de corriente impresa para la protección catódica de estructuras de gran tamaño, descubiertas o con recubrimiento deteriorado.

Los sistemas de ánodos de sacrificio de protección catódica, se deben aplicar en tanques de pequeño diámetro.

Para los ánodos galvánicos en instalaciones sobre el suelo, se utilizan comúnmente tres materiales:

- a)** Aleaciones de magnesio con alto potencial.
- b)** Aleaciones de magnesio estándar.
- c)** Zinc.

Se hallan disponibles en el mercado diferentes pesos, tamaños y configuraciones de ánodos de magnesio y zinc, los cuales pueden venir desnudos o empacados con material de relleno especial. La variedad en pesos, se utiliza para cubrir los distintos requerimientos del diseño, de acuerdo a la

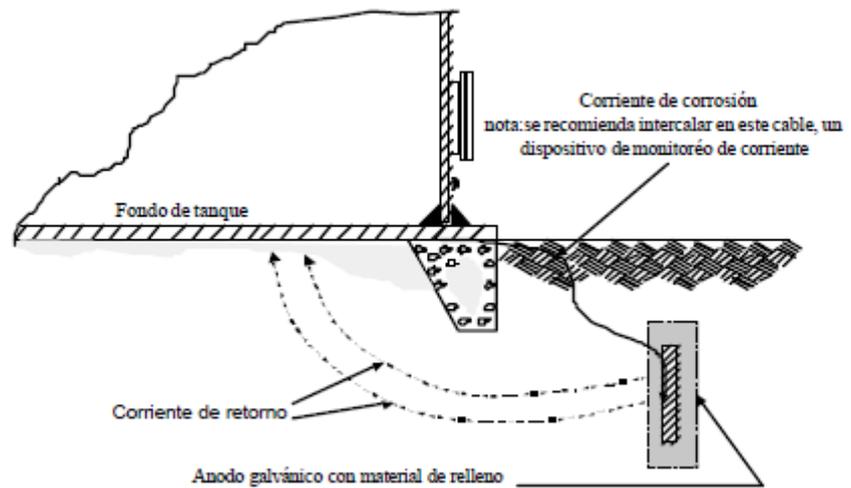
corriente de salida y la vida útil del ánodo. Es necesario considerar material de relleno especial, cuando se instalan ánodos en suelos de alta resistividad.

El material de relleno consiste en una mezcla de yeso, bentonita y sulfato de sodio, que reduce la resistencia e incrementa el área de contacto del ánodo con el suelo.

El número de ánodos que se requieren para la protección catódica de tanques de almacenamiento sobre el suelo, depende del requerimiento total de corriente y de la corriente de descarga promedio individual de los ánodos en el suelo.

Al calcular la colocación de los ánodos, también deben considerarse los factores que influyen en la distribución de la corriente sobre la geometría de la estructura.

Generalmente se obtiene mejor distribución de la corriente y una polarización más uniforme, distribuyendo ánodos uniformemente alrededor del tanque o bajo los tanques de nueva construcción (figura 3.30).



**FIGURA 3.30 PROTECCION CATODICA CON ANODOS DE SACRIFICIO**

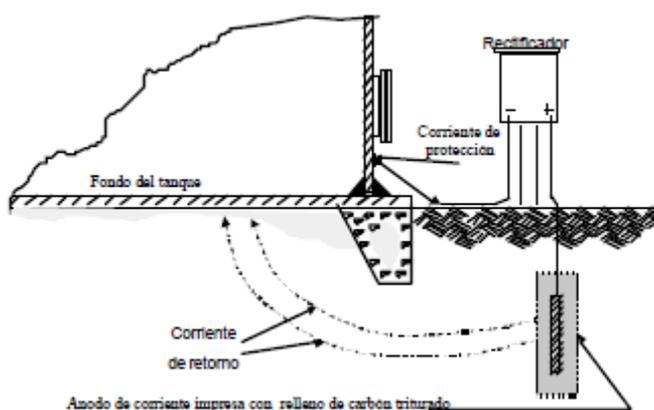
### **Sistemas de corriente impresa**

#### **Ánodos:**

Los ánodos de corriente impresa deben ser de materiales como el grafito; el hierro fundido con alto contenido de silicio; metales platinizados; la magnetita y mezcla de óxidos metálicos, entre otros.

Estos ánodos se instalan desnudos con material de relleno especial (como el grafito pulverizado, con alto contenido de carbón). Están conectados,

individualmente ó en grupos, a una terminal positiva o a una fuente de corriente directa, mediante conductores aislados. La estructura se conecta a la terminal negativa, desde una fuente de corriente directa (rectificador) (figura 3.31).



**FIGURA 3.31 PROTECCION CATODICA CON  
CORRIENTE IMPRESA**

Para instalaciones en el suelo se prefiere el grafito, el hierro fundido con alto contenido de silicio o mezcla de óxidos metálicos. Cada material del ánodo tiene una densidad de corriente óptima que da una máxima vida de servicio al ánodo.

Los ánodos pueden ser localizados en camas o distribuidos cerca, abajo o alrededor, de las

estructuras que se van a proteger. Un diseño adecuado para una cama de ánodos debe:

- a) Evitar interferencias físicas con las estructuras existentes, particularmente con los sistemas de tierra física.
- b) Suministrar una corriente uniformemente distribuida.
- c) Evitar interferencias de corrientes parásitas de estructuras adyacentes.

El número de ánodos para un diseño particular de protección catódica, se determina por el requerimiento total de corriente de las estructuras por proteger y por la densidad de corriente óptima del material seleccionado para el ánodo.

Al diseñar la distribución de los ánodos, deben instalarse ánodos adicionales para un flujo más uniforme de la corriente y para permitir un margen en caso de fallas aisladas en la conexión, o por agotamiento de algunos ánodos.

## **Materiales de los ánodos**

### **Ánodos inertes para corriente impresa.**

Los ánodos inertes más comúnmente utilizados en los sistemas de protección catódica por corriente impresa son:

#### **a) Ánodo de grafito**

El grafito es el material más empleado para la instalación de dispositivos anódicos en tierra, por su gran conductividad y bajo consumo en la mayoría de los suelos. Uso: en todo tipo de suelo.

#### **b) Ánodo de acero al alto silicio**

Este tipo de ánodos son más conocidos como de "Ferro-silicio" y se producen en dos aleaciones de acero al alto silicio cuyas características son:

- 1. Ánodo de acero al alto silicio (ferrosilicio). Uso:**  
Terreno de baja resistividad.
- 2. Ánodo de acero al alto silicio y cromo. Se**  
fabrican en forma cilíndrica tanto sólida como

tubular. Uso: en condiciones de muy baja resistividad y agua salada.

**c) Ánodo de mezcla de óxidos metálicos.**

Estos ánodos son fabricados de un sustrato de titanio el cual es recubierto con un catalizador de mezcla de óxidos metálicos. Debido a que el sustrato de titanio es protegido en forma natural por una capa oxidante, el ánodo conserva sus dimensiones durante el tiempo de vida del sistema. La conducción de la corriente se lleva a cabo a través del catalizador de mezcla de óxidos metálicos, el cual es altamente conductivo y totalmente oxidante por lo que se pueden lograr corrientes de alta intensidad.

**d) Ánodo platinizado.**

El platino siendo un buen conductor presenta un consumo prácticamente nulo a cualquier densidad de corriente. Pero debido a su alto costo su uso es muy restringido. Uso: en forma de recubrimiento sobre otro metal base como la plata o el titanio.

### **Ánodos galvánicos (de sacrificio)**

Este tipo de ánodos sirven esencialmente como fuente de energía, donde no es posible obtener energía eléctrica con facilidad o en las que no es conveniente o económico instalar líneas de energía para este propósito, los materiales que mas se utilizan como ánodos galvánicos son el magnesio, el aluminio y el zinc.

#### **a) Ánodo de magnesio**

Se fabrican en diversos pesos y medidas incluyendo cintas y barras, considerando el criterio del diseñador. El magnesio es el material más utilizado como ánodo galvánico, estos ánodos deben de cumplir con la norma NMX-K-109-1997 y con el procedimiento ASTM G97 o equivalente. Uso: principalmente para proteger estructuras enterradas, tanques, condensadores, ductos, entre otros.

#### **b) Ánodo de aluminio.**

Se fabrican en diversos pesos y medidas. Uso: para proteger estructuras sumergidas que operan con altas temperaturas en plataformas marinas.

**c) Ánodo de zinc.**

Este tipo de ánodos se fabrican con zinc de alta pureza (99.99%) en diversos pesos y medidas con alma de tubo, varilla o patín de solera galvanizada para su instalación. Usos: en forma de brazalete para proteger estructuras sumergidas, tuberías de acero desnudas en suelos de baja resistividad, cascos de barcos, entre otros.

**Materiales de relleno**

Se utilizan para ampliar el área de los ánodos con el fin de reducir su resistencia de contacto con el suelo.

**a) Para ánodos inertes**

En estos casos se usa como material de relleno, carbón de coque metalúrgico pulverizado.

**b) Para ánodos galvánicos.**

En estos casos se usa como material de relleno la composición que a continuación se indica, (Tabla 15), pero dependiendo de la resistividad del terreno el porcentaje variará.

**TABLA 15**  
**MATERIAL DE RELLENO PARA ANODOS**  
**GALVANICOS**

<b>Material</b>	<b>Peso en %</b>
Yeso seco en polvo	75
Bentonita seca en polvo	20
Sulfato de sodio anhidro	5
Agua para saturar la mezcla	
Cantidad de relleno por ánodo:	
Peso de ánodo kg (lb)	Cantidad de relleno kg (lb)
7.71 (17)	13.61 (30)
14.51 (32)	15.88 (35)
21.77 (48)	23.58 (52)

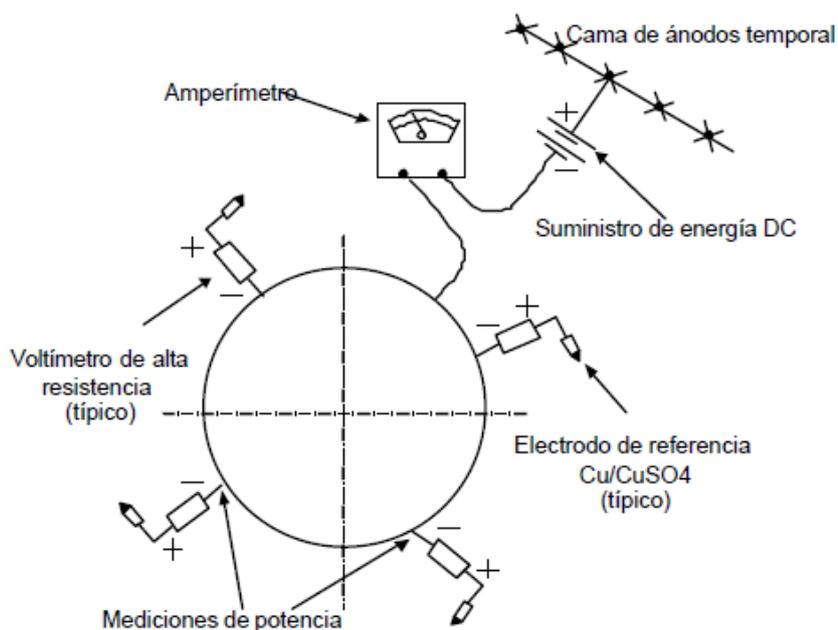
#### **Requerimientos de corriente y voltaje**

Para un diseño óptimo, la corriente requerida para la protección catódica debe calcularse utilizando los resultados de pruebas de requerimientos de corriente.

Sin embargo, en ausencia de una prueba de requerimiento de corriente, una densidad aceptable de la corriente es de entre 2 a 3 miliamperios por 0.09 metro cuadrado (un pie cuadrado), en condiciones ambientales normales.

Si se lleva a cabo una prueba para determinar el requerimiento de corriente, ésta sólo puede efectuarse en los

tanques que ya se encuentran instalados. Esta prueba se realiza utilizando una cama temporal de ánodos, con una fuente de corriente directa (figura 3.32).



**FIGURA 3.32 CONFIGURACION PARA UNA PRUEBA DE REQUERIMIENTO DE CORRIENTE**

La cama temporal se posiciona típicamente en el suelo, cerca del perímetro del tanque. Dependiendo de la corriente requerida, la fuente de energía puede ser desde una batería de 12 voltios, hasta una máquina de soldar de 300 amperios.

La prueba de requerimiento de corriente se lleva a cabo forzando una cantidad conocida de corriente, desde la cama

temporal de ánodos a través del suelo y hacia el tanque que se va a proteger. La cantidad de la protección alrededor del tanque y bajo su centro, si es posible, se evalúa utilizando mediciones de potencial. Estas pruebas permiten aproximaciones de la corriente requerida para proteger el tanque. Las pruebas de requerimiento de corriente deberán realizarse con un nivel de líquido adecuado en el tanque (mínimo 75 %), para maximizar el contacto del fondo del tanque, con el material de relleno en el que se asienta.

El voltaje necesario para la cantidad de corriente requerida, depende en gran parte del número y localización de ánodos y de la resistividad del suelo. Dado que la corriente se determina generalmente en las pruebas de requerimiento de corriente o es estimada, el voltaje requerido puede calcularse mediante la ley de Ohm ( $E = I \times R$ ), si se conoce la resistencia del circuito.

La resistencia puede ser estimada de varias formas:

- a) Mediante sistemas existentes de corriente impresa, similares al que se va a instalar.

- b)** Mediante pruebas de requerimiento de corriente, si la cama de ánodos de prueba es similar.
- c)** De las pruebas de resistividad del suelo, se puede calcular la resistencia del ánodo a tierra, utilizando una variación de la ecuación de Dwight (véase el NACE 51011 ó su equivalente). La resistencia del ánodo a tierra es generalmente la parte preponderante de la resistencia total del circuito en un sistema de corriente impresa.

### **Rectificador**

El rectificador de corriente es el equipo que transforma la corriente alterna en directa, este procedimiento es uno de los más empleados para la protección catódica.

Generalmente se alimenta de corriente alterna de baja tensión (110/220/440 V. C. A.) monofásica o trifásica. En el proyecto se deben indicar las características eléctricas, de construcción, de operación e instalación procurando seleccionar la unidad más simple posible para su aplicación particular.

Es necesario que el rectificador tenga un enfriamiento adecuado, por lo que debe instalarse lejos de cualquier fuente que irradie calor o por donde circulen aire o gases calientes, así como también lejos de fuentes que tengan descargas corrosivas que pudieran atacar a la unidad, especialmente si es enfriado por aire.

El enfriamiento por aceite debe seleccionarse en áreas donde la atmósfera sea muy corrosiva o donde se acumule mucho polvo.

Los rectificadores serán diseñados para su instalación de acuerdo a la clasificación de área según la norma NOM-001-SDE-1999.

El gabinete del rectificador, independientemente del tipo de enfriamiento, debe conectarse a tierra. El tablero de control del rectificador debe ser de fácil acceso y debe constar fundamentalmente de:

- Terminales de alimentación de corriente alterna.
- Terminales de salida de corriente directa.

- Elementos de protección de picos eléctricos.
- Elementos para registrar las condiciones de operación (amperímetro y voltímetro de corriente directa).
- Elementos para regular las condiciones de operación (taps o potenciómetros).
- Elemento de protección para descargas atmosféricas.

### **Selección del rectificador**

La selección de la capacidad de salida de un rectificador dependerá de los siguientes factores:

- a)** Medición o estimación del requerimiento de corriente para la estructura a proteger.
- b)** El voltaje necesario para generar el flujo de corriente desde el ánodo hasta la estructura enterrada.
- c)** Los rectificadores deben seleccionarse con una sobrecapacidad moderada (generalmente del 10 al 50%), para permitir ajustes durante la vida del sistema de protección catódica y evitar daños por sobrecargas de corriente. Debe tenerse cuidado cuando el exceso de capacidad del rectificador se

utiliza en los ánodos. Si se incrementa la corriente de salida de los ánodos por arriba de la capacidad de drenaje especificada por el fabricante, se reducirá sensiblemente su vida útil.

### **Aislamiento eléctrico**

Se deben instalar dispositivos de aislamiento, consistentes en bridas, juntas aislantes prefabricadas, juntas monolíticas o monoblock o acoplamientos, cuando se requiere el aislamiento eléctrico del sistema para facilitar la aplicación del control de corrosión. Estos dispositivos deben seleccionarse para temperatura, presión y aislamiento eléctrico correcto.

Los dispositivos de aislamiento no deben instalarse en áreas cerradas, en las que existan normalmente atmósferas explosivas.

La conexión a tierra de los equipos eléctricos es un elemento esencial para la seguridad del personal.

El instalar accesorios como medidores electrónicos, motores, mezcladores y alumbrado, también puede imposibilitar un aislamiento efectivo.

Al instalar un sistema de protección catódica en el fondo de un tanque de almacenamiento, debe considerarse que parte de la corriente puede ser adsorbida por un equipo metálico enterrado cerca.

Los dispositivos de protección de descargas atmosféricas, deben estar aislados con respecto al tanque, además de ser del tamaño adecuado. Al instalar dispositivos de aislamiento en áreas bajo la influencia, conocida o probable, de líneas de energía de alta tensión, se deben tomar precauciones para asegurar que el potencial de corriente alterna a través de dichos dispositivos no represente un peligro para el personal.

### **Protección catódica interna**

El diseño de un sistema de protección catódica interna es complicado, debido a la variación del nivel del medio corrosivo acumulado (normalmente agua). Además, la presencia de lodos y otros contaminantes pueden tener un

efecto nocivo en el funcionamiento del sistema de protección catódica.

Hay muchos factores que influyen en el diseño de un sistema de protección catódica interna, como:

- a)** Condición y tipo de recubrimiento.
- b)** Nivel máximo y mínimo de electrolito en el tanque.
- c)** Compatibilidad de líquido almacenado con ánodos y cables.
- d)** Intervalos de inspección interna del tanque, que afecta la vida de diseño.

Debido a las múltiples variables asociadas al diseño de los sistemas de protección catódica interna para tanques de almacenamiento de petrolíferos, el uso de éste tipo de sistemas es limitado y no existen prácticas comunes para toda esta industria.

Se recomienda consultar las secciones 4 y 5 de la publicación NACE RP-0575-95 o su equivalente a esas secciones, para el diseño de sistemas similares para fondos

de tanques de almacenamiento de hidrocarburos sobre el suelo y el NACE RP-0388-95 o su equivalente, para información sobre el diseño de sistemas de corriente impresa.

### **Criterios de protección catódica**

Existen tres criterios para conocer cuando se ha logrado una adecuada protección catódica en estructuras de acero o de hierro.

Los siguientes criterios son los parámetros para medir la eficiencia y funcionalidad de los sistemas de protección catódica en tanques de almacenamiento.

- a)** Un potencial negativo (catódico) de al menos 850 mV, con la corriente de protección catódica aplicada. Este potencial debe ser medido con respecto a un electrodo de referencia de cobre saturado/sulfato de cobre (CSC), en contacto con el electrolito. Para una interpretación válida de la medición de este voltaje, se deben considerar las caídas de voltaje en zonas

distintas a las caídas que se observan entre el fondo del tanque y la frontera del electrolito.

Por *considerar*, se entiende que para determinar el significado de las caídas de voltaje, se aplican las prácticas aceptadas de la ingeniería, es decir, métodos como:

- a. La medición o cálculo de la caída de voltaje
- b. La revisión del funcionamiento histórico de los sistemas de protección catódica.
- c. La evaluación de las características físicas y eléctricas del fondo del tanque y su entorno, y
- d. La determinación de si existe o no, evidencia física de la corrosión.

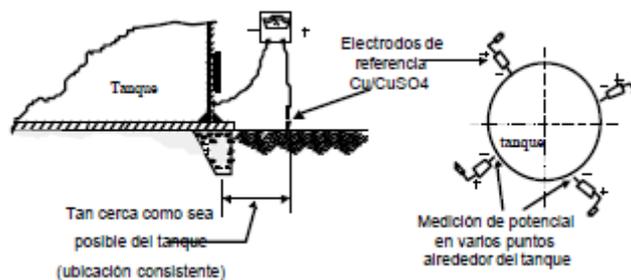
**b)** Un mínimo de 100 mV de polarización catódica, medidos entre la superficie metálica del fondo del tanque y un electrodo estable de referencia, en contacto con el electrolito. La formación o caída de esta polarización puede medirse para satisfacer este criterio.

c) Un potencial de protección de tubo suelo (catódico) de  $-950$  milivoltios, cuando el área circundante de la tubería se encuentra en condiciones anaerobias y estén presentes bacterias sulfato-reductoras.

### **Técnicas de medición**

El método estándar para determinar la efectividad de la protección catódica en el fondo de un tanque es la medición del potencial entre el suelo y el tanque. Estas mediciones se realizan utilizando un voltímetro de alta impedancia y un electrodo de referencia, estable y reproducible, en contacto con el electrolito. Estas mediciones se toman normalmente sobre el suelo, en el perímetro del tanque, con el electrodo de referencia, como muestra la figura 3.33.

Las mediciones sobre el perímetro pueden no representar el potencial entre el tanque y el suelo, en el centro del fondo del tanque. Los métodos de monitoreo de estos potenciales, se discuten más adelante.



**FIGURA 3.33 ESQUEMA DE MEDICION DE POTENCIAL**

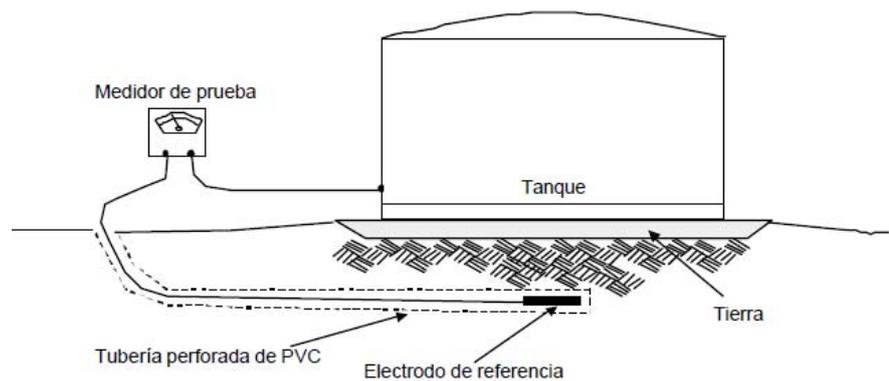
Las mediciones del potencial entre el tanque y el suelo, generalmente se toman aplicando corriente; sin embargo, debe efectuarse una corrección por caídas de potencial (IR) en el suelo.

Las correcciones para la caída del potencial (IR) en el suelo, son a menudo necesarias para las mediciones tomadas en el perímetro del tanque, aún cuando el electrodo de referencia se coloque junto al tanque. Esto es particularmente cierto cuando los ánodos están distribuidos cerca del tanque, ya que el perímetro del tanque puede estar dentro del gradiente del campo eléctrico de los ánodos.

El valor de la caída de potencial (IR) y los métodos para su corrección, deben estar determinados por las prácticas

aceptadas de ingeniería. Un método común es el de interrumpir el flujo de la corriente de los rectificadores, usando la técnica del “paro instantáneo”. Una vez determinada, la caída de tensión ( $IR$ ), ésta se puede utilizar en pruebas futuras, en el mismo lugar y en condiciones similares.

Debe considerarse el monitoreo del potencial entre la estructura y el suelo bajo el tanque, utilizando un electrodo de referencia instalado permanentemente o insertando un electrodo de referencia por debajo del tanque, a través de un tubo perforado (figura 3.34).



**FIGURA 3.34 TUBERIA PERFORADA PARA EL ELECTRODO DE REFERENCIA**

El área del fondo del tanque en contacto con el suelo, puede variar con el nivel de líquido contenido en el tanque. Debido a que esta condición puede originar variaciones del potencial entre el tanque y suelo, el nivel del tanque debe considerarse en la inspección de campo. Para mayores detalles, consultar la publicación NACE 10A190 o su equivalente.

Para obtener los resultados esperados, el sistema de protección catódica debe diseñarse adecuadamente, después de estudiar los siguientes aspectos:

- a)** Diseño, especificaciones y prácticas de ingeniería.
- b)** Procedimientos de operación.
- c)** Requerimientos de seguridad, ambientales y de áreas peligrosas.
- d)** Pruebas de campo.

En general, el diseño deberá permitir una protección adecuada contra la corrosión, minimizando los costos de operación, mantenimiento e instalación. Los principales objetivos del diseño de sistemas de protección catódica para fondo de tanques son:

- a)** Entregar y distribuir suficiente corriente al fondo del tanque, para asegurar que se cumplan los criterios de protección.
- b)** Proveer una vida de diseño al sistema de ánodos y otros equipos, de acuerdo a la vida de diseño del tanque, o proveer el reemplazo periódico de los ánodos y el mantenimiento del equipo.
- c)** Proveer márgenes adecuados para los cambios previsibles por aumento en los requerimientos de corriente con el tiempo.
- d)** Colocar los ánodos, cables, rectificadores y estaciones de prueba en lugares donde sea mínima la posibilidad de que sufran daños físicos.
- e)** Minimizar las corrientes de interferencia con las estructuras vecinas.
- f)** Proveer suficientes puntos de monitoreo, con el fin de que se puedan tomar mediciones para determinar el cumplimiento del criterio de protección sobre toda la superficie del fondo del tanque.

Existen muchos factores a considerar en el diseño de ambos sistemas, interior y exterior, de protección catódica. Los sistemas de

protección catódica sólo deben ser diseñados por personas con experiencia comprobada en esta práctica.

En lo posible, el diseño deberá basarse en componentes estandarizados, suministrados por proveedores especializados en la producción de elementos para sistemas de protección catódica.

Debido a que SODERAL no requiere el diseño de la protección catódica la recomendación sugerida en este estudio es la utilización de un sistema de protección catódica por medio de corriente impresa.

### **3.6 Pruebas bajo código estándar.**

La norma API 650 establece en su apéndice T “NDE REQUIREMENTS SUMMARY” los requerimientos de inspección de soldadura y procesos de ejecución. Las partes principales a ser inspeccionadas son:

- Cuerpo
- Juntas soldadas:
  - Fondo – Cuerpo
  - Anillos
- Flotación de membrana

**TABLA 16**  
**REQUERIMIENTOS DE INSPECCION**

<b>Proceso</b>	<b>Descripción</b>	<b>Observaciones</b>
Hidrostático	Cuerpo de tanque	Tabla 17
Partículas Magnéticas	Junta soldada fondo - cuerpo	100 % de la circunferencia
Partículas Magnéticas	Juntas soldadas entre anillos	100% de la circunferencia
Agua	Flotación de membrana	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capaz de soportar dos veces su peso muerto</li> <li>• Capacidad de flotación inalterada aunque dos flotadores se encuentren inundados o dañados</li> </ul>

**TABLA 17**  
**PRUEBA HIDROSTATICA**

<b>Tasa de llenado con agua</b>		
<b>Espesor de fondo</b>	<b>Parte del tanque</b>	<b>Tasa de llenado Máxima</b>
Menor a 22mm	- Encima del cuerpo	300 mm/h
	- Debajo del tope del cuerpo	460 mm/h
Mayor o igual a 22mm	- Tercio superior del cuerpo	230 mm/h
	- Tercio medio del cuerpo	300 mm/h
	- Tercio inferior del cuerpo	460 mm/h
<b>Condiciones de medición</b>		
Las medidas del nivel de agua deben hacerse en intervalos igualmente espaciados en la circunferencia del tanque sin exceder 0.8m con un número mínimo de mediciones de ocho.		

Continuación TABLA 17

<b>Lecturas nivel de líquido</b>		
<b>Nivel</b>	<b>Altura de tanque</b>	<b>Observaciones</b>
A	0	
B	1/4	± 600 mm
C	1/2	± 600 mm
D	3/4	± 600 mm
E	Lleno	Reposamiento del agua por 24 horas
F	Vaciado después de prueba	

Se recomienda la implementación de una prueba de ultrasonido en la totalidad del tanque después de la prueba hidrostática con la finalidad de corroborar la integridad del tanque en conjunto con las pruebas anteriormente descritas.

## **CAPITULO 4**

### **4. ANALISIS DE COSTO PARA EJECUCION DEL PROYECTO.**

En este capítulo se detalla el cronograma de trabajo para la fabricación del tanque para almacenamiento de etanol anhidro que servirá de guía para el desarrollo del mismo y a su vez se presenta el análisis de costo que será una referencia para la decisión de fabricación del tanque.

#### 4.1 Costo referencial previo a puesta en marcha.

A continuación se presenta el costo de suministro y mano de obra para la implementación e instalación del tanque de almacenamiento para etanol anhidro. Todos los precios incluyen I.V.A.

##### 4.1.1 Costo de materiales y accesorios.

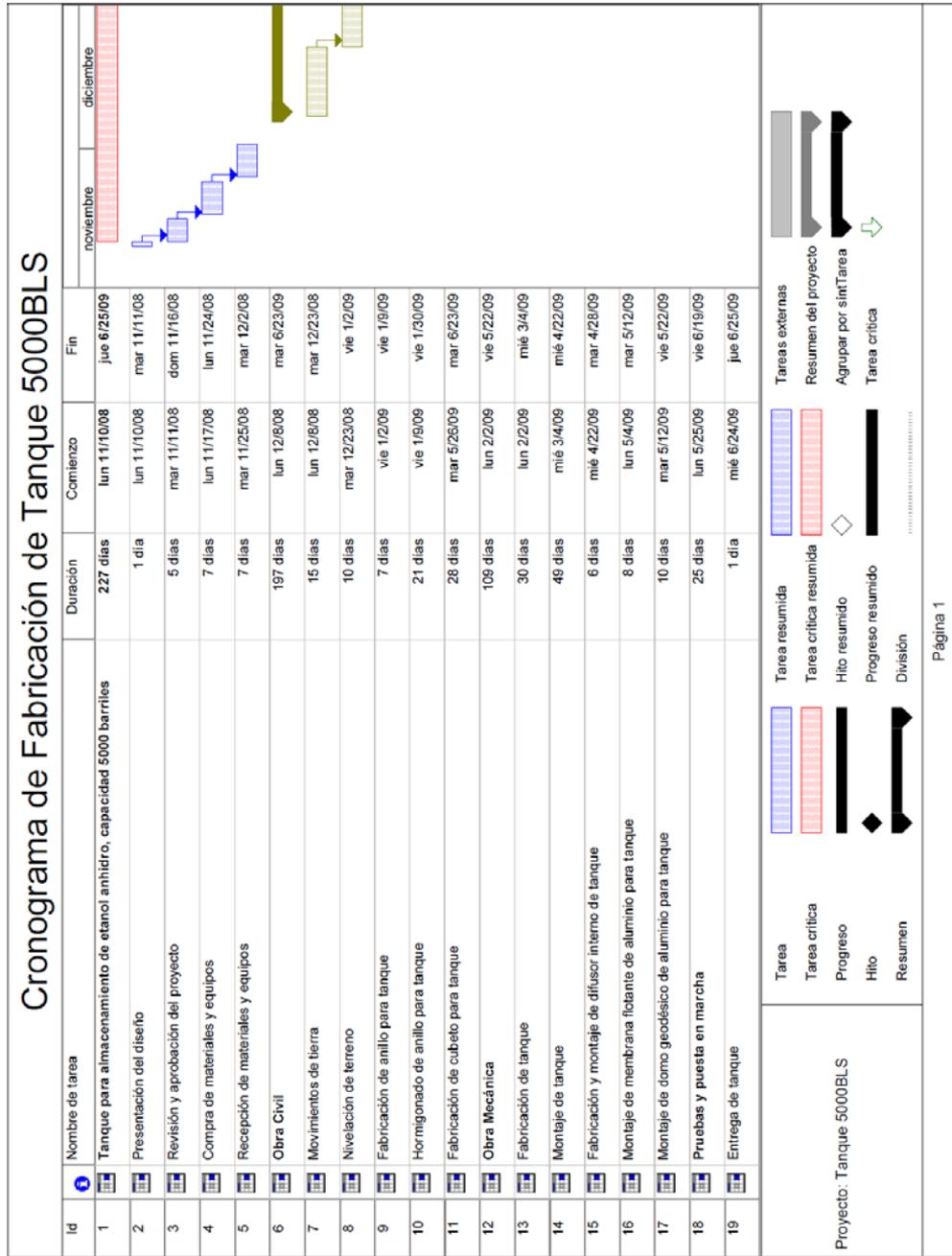
Suministro de Materiales					
Descripción		Cantidad		Precio unitario (\$)	Precio Total (\$)
Cuerpo	Anillo 1	2443,09	Kg	2,81	6865,08
	Anillo 2	2443,09	Kg	2,81	6865,08
	Anillo 3	2443,09	Kg	2,81	6865,08
	Anillo 4	2443,09	Kg	2,81	6865,08
	Anillo 5	2443,09	Kg	2,81	6865,08
	Anillo 6	2443,09	Kg	2,81	6865,08
	Anillo 7	2443,09	Kg	2,81	6865,08
Fondo		7513,45	Kg	2,81	21112,79
Sumideros		1	glb	578,26	578,26
Bocas Cuerpo Entrada/ Salida		1	glb	68,93	68,93
Bocas Sumidero		1	glb	49,88	49,88
Cleanout		1	glb	1167,68	1167,68
Manhole		1	glb	768,77	768,77
Escalera		1	glb	3819,51	3819,51
Plataforma		1	glb	3089,99	3089,99
Pasarela		1	glb	15743,14	15743,14
Domo Geodésico de Aluminio		1	glb	31507,34	31507,34
Membrana Flotante de Aluminio		1	glb	15965,94	15965,94
Materiales para el Difusor Interno		1	glb	2317,34	2317,34
<b>Total</b>					<b>144245,13</b>

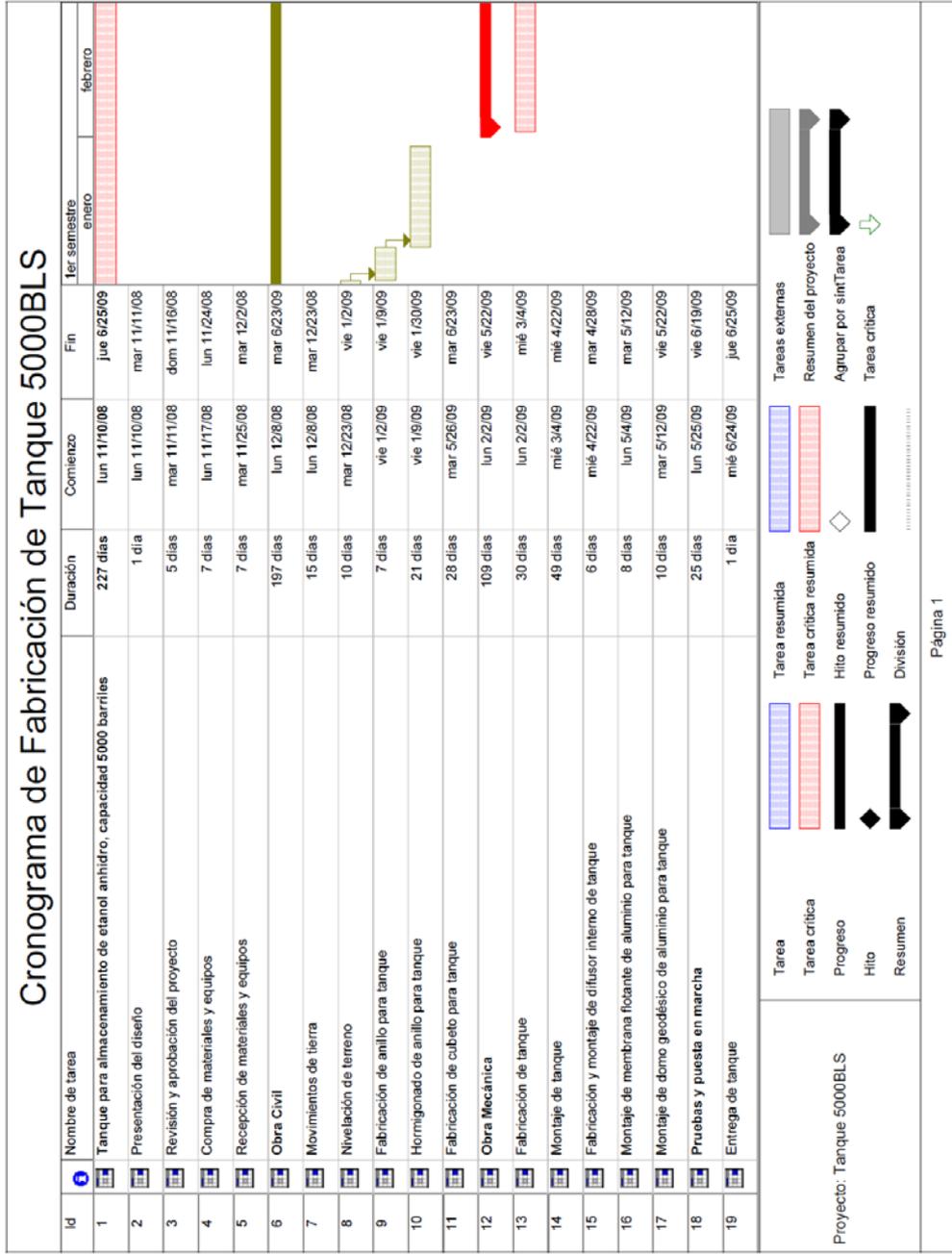
#### 4.1.2 Costo de mano de obra.

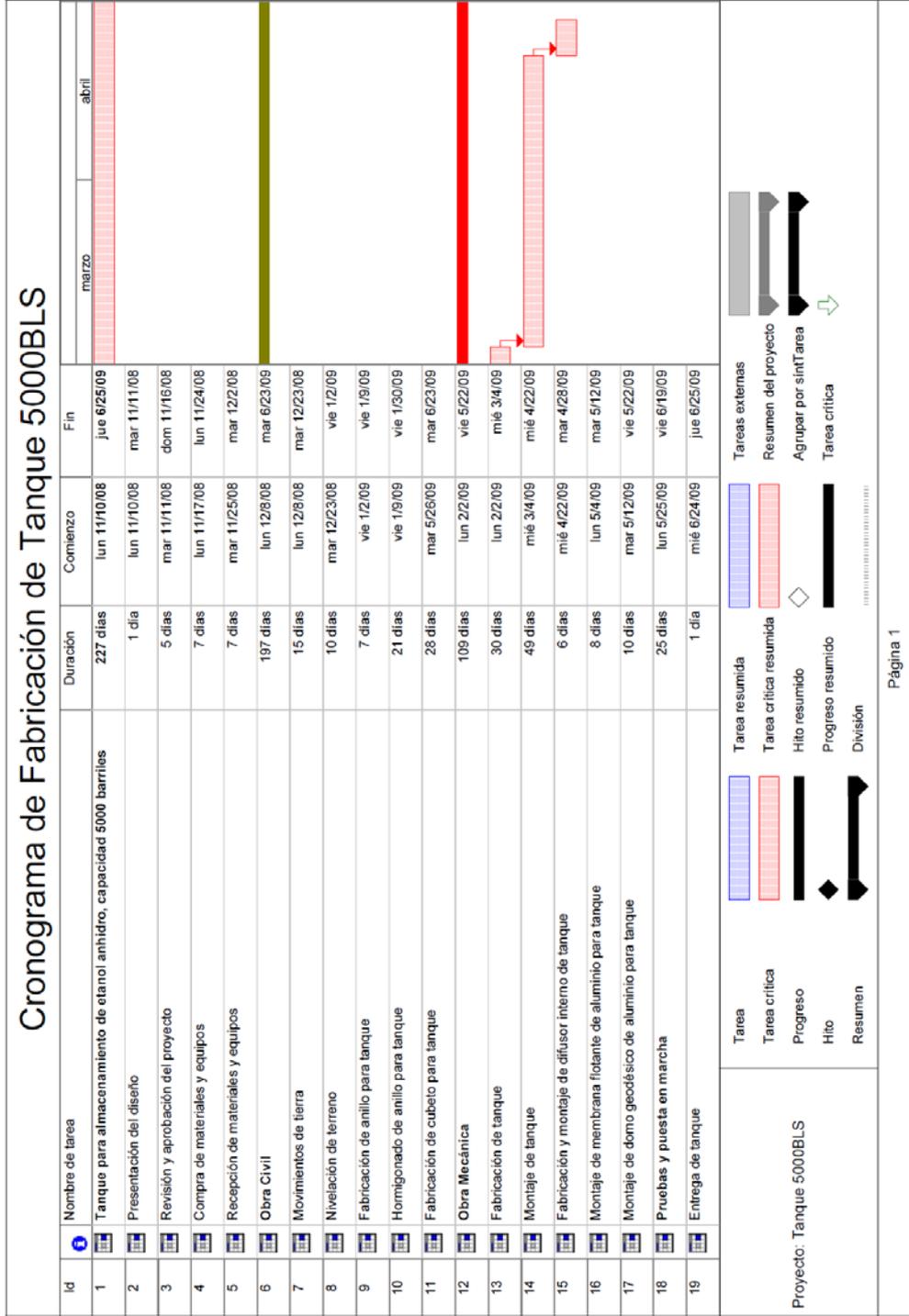
Instalacion de Materiales					
Descripcion		Cantidad		Predo unitario (\$)	Predo Total (\$)
Cuerpo	Anillo 1	2443,09	Kg	2,51	6132,16
	Anillo 2	2443,09	Kg	2,43	5936,71
	Anillo 3	2443,09	Kg	2,43	5936,71
	Anillo 4	2443,09	Kg	2,43	5936,71
	Anillo 5	2443,09	Kg	2,43	5936,71
	Anillo 6	2443,09	Kg	2,43	5936,71
	Anillo 7	2443,09	Kg	2,43	5936,71
Fondo		7513,45	Kg	2,5	18783,63
Sumideros		1	glb	322,54	322,54
Bocas Cuerpo Entrada/Salida		1	glb	39,78	39,78
Bocas Sumidero		1	glb	32,37	32,37
Cleanout		1	glb	620,26	620,26
Manhole		1	glb	645,15	645,15
Escalera		1	glb	1544,49	1544,49
Plataforma		1	glb	2252,05	2252,05
Pasarela		1	glb	7599,2	7599,2
Domo Geodésico de Aluminio		1	glb	13118,4	13118,4
Membrana Flotante de Aluminio		1	glb	7106,37	7106,37
Materiales para el Difusor Interno		1	glb	9013,3	9013,3
<b>Total</b>					<b>102829,96</b>

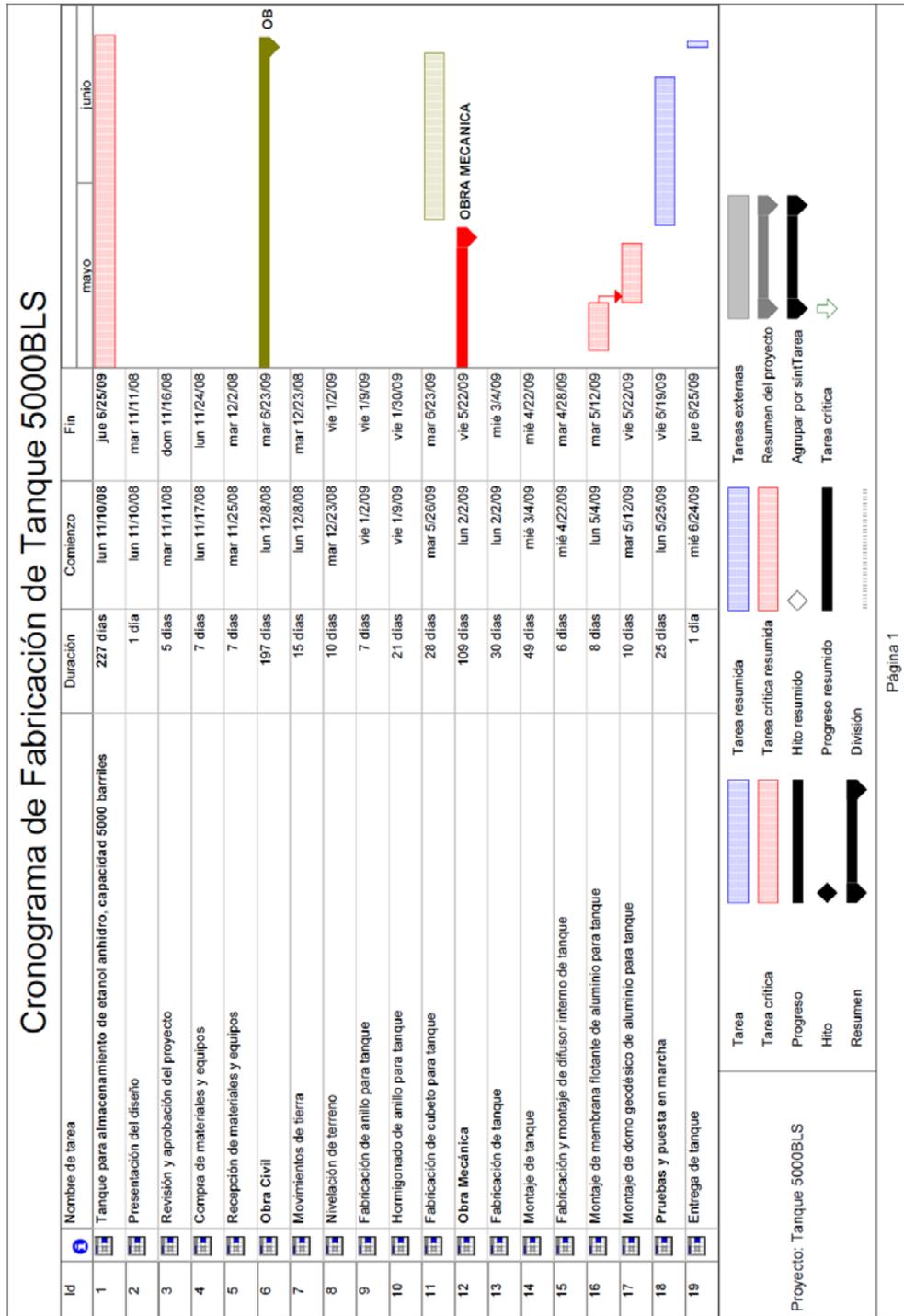
#### **4.2 Cronograma de actividades.**

A continuación se presenta el cronograma para la implementación e instalación del tanque de almacenamiento para etanol anhidro, detallando el tiempo referencial para la ejecución de la obra así como también la fecha de inicio y fin de cada tarea.









## CAPITULO 5

### 5.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### Conclusiones:

- El diseño planteado cumple a cabalidad las necesidades y especificaciones programadas por el cliente.
- Los domos geodésicos (Apéndice "G", API 650) y las cubiertas internas flotantes de aluminio (Apéndice "H", API 650) son la solución a los tradicionales problemas operacionales, de seguridad, ambientales y de mantenimiento en los tanques de almacenamiento atmosférico permitiendo una mayor seguridad y confiabilidad de los mismos.

- El diseño propuesto del tanque es accesible para construcción local ya que la mayoría de los materiales se encuentran en el país, logrando así la disminución de importación y generando nuevas plazas de trabajo.
- La cantidad de dinero a invertir en este diseño es accesible considerando que el costo del domo geodésico y la membrana flotante es menor que el de un techo cónico, teniendo así una mayor calidad y eficiencia.
- Al utilizar el interruptor de nivel como sistema de detección se elimina la implementación del sistema de rebose de sobrellenado el cual produce pérdida de producto.

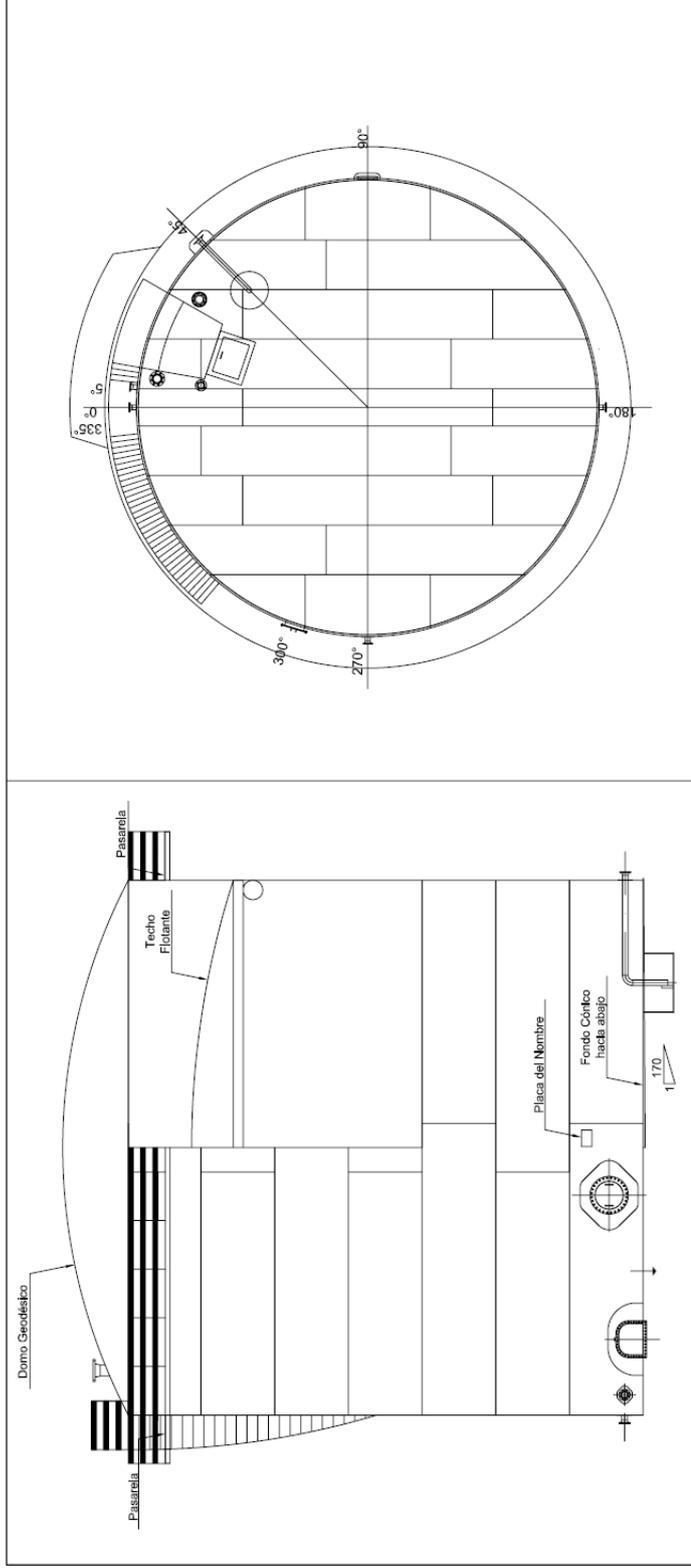
**Recomendaciones:**

- Aplicar un sistema contra incendios de prevención aunque la norma no lo especifique para brindar mayor seguridad a la infraestructura y al ambiente circundante.
- Para el sistema de protección catódica se sugiere un sistema por corriente impresa en una cama espiral de ánodo de Titanio.
- El domo geodésico de aluminio puede ser de las compañías CONSERVATEK ó ISIVEN, ya que las mismas han trabajado en Sudamérica instalándolos.

- Una infraestructura de cubierta sobre el tanque incrementará su eficiencia y es un sistema preventivo contra incendios, esto se debe a que el tanque permanecerá en sombra manteniendo una temperatura estable y así no se requiere un sistema de enfriamiento para el producto almacenado.
- Realizar periódicamente inspecciones al sistema diseñado para prevenir cualquier daño ocasionado por corrosión que puedan afectar la integridad del tanque.
- La utilización de una geomembrana en todo el cubeto del tanque es una medida preventiva que se recomienda para minimizar la contaminación en caso de derrame.

## **APENDICES**

## **APENDICE A: Planos**



Parte	Descripción	Tamaño	Espesor	Peso	Objeto	Ortografía	Asesorio y Boquilla	Objeto	Asesorio y Boquilla	Ortografía	Norma	Condiciones de Diseño
C	Anillo 1	ASTM - A36	1500 X 8000	2236.14	1	Escotilla para Radar	En espera	1	Escotilla de Ventilación	En espera	API-650	Capacidad
u	Anillo 2	ASTM - A36	1500 X 8000	2236.14	2	Escotilla para Radar	En espera	2	Escotilla para Radar	En espera	5000 BLS	Dámetro nominal
e	Anillo 3	ASTM - A36	1500 X 8000	2236.14	3	Escotilla de Instrumentación	En espera	3	Escotilla de Instrumentación	En espera	11012 mm	Altura Nominal
r	Anillo 4	ASTM - A36	1500 X 8000	2236.14	4	Ingreso de Producto	En espera	4	Ingreso de Producto	En espera	10500 mm	Aviñe de Concreto
p	Anillo 5	ASTM - A36	1500 X 8000	2236.14	5	Ingreso de espuma	5°	5	Ingreso de espuma	5°	0	Tipo de Tech
o	Anillo 6	ASTM - A36	1500 X 8000	2236.14	6	Transmisor de Presión	190°	6	Transmisor de Presión	190°	13°C	Punto de Inflamación
	Anillo 7	ASTM - A36	1500 X 8000	2236.14	7	Salida de Producto	300°	7	Salida de Producto	300°	0.7833	Densidad del Fluido
	Fondo	ASTM - A36	1500 X 8000	7762.08	8	Entrada de Impugn	300°	8	Entrada de Impugn	300°	Elacul	Producto
	Pasarela	ASTM - A36		800.00	9	Escalera helicoidal	En espera	9	Escalera helicoidal	En espera	3 con factor de 0.3	Viento
	Escalera	ASTM - A36		700.00	10	Conexión a Tierra	En espera	10	Conexión a Tierra	En espera	30 kg/m³	Cargas del Techo
	Peso Bifil	ASTM - A36		2506.06	11	Entrada de Hombre	En espera	11	Entrada de Hombre	En espera		
					12	Conexión a Tierra	En espera	12	Conexión a Tierra	En espera		
					13	Piso de Hombre	En espera	13	Piso de Hombre	En espera		
					14	Entrada de Hombre Techo	En espera	14	Entrada de Hombre Techo	En espera		

**Nombre:** Nelson Garcia V.  
**Fecha:** 24-Oct-08  
**Dibujado por:** Ing. Ernesto Martínez  
**Aprobado por:** 27-Oct-08

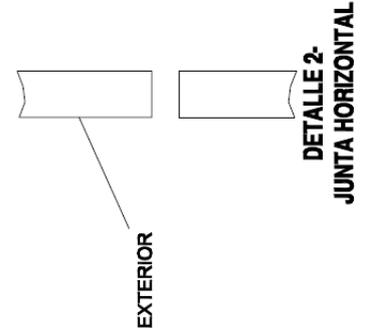
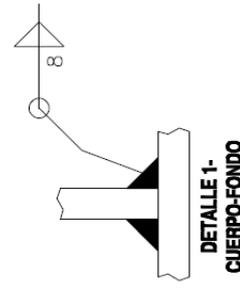
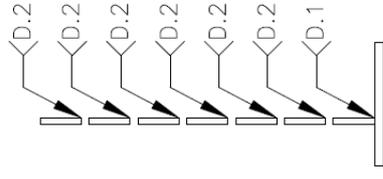
**Nombre:** FIMCIP - ESPOL  
**Fecha:** 24-Oct-08  
**Dibujado por:** Ing. Ernesto Martínez  
**Aprobado por:** 27-Oct-08

**Escala:** 

**Data Sheet Tanque 5000 BLS**

**No. 1**

2	2	2	2	2	2	1
2	2	1	2	2	2	2
2	1	2	2	2	2	2
2	2	2	2	2	1	2
2	2	2	2	1	2	2
2	2	2	2	2	2	1



<b>Dibujado por:</b>	<b>Nombre:</b>	<b>Fecha:</b>
Nelson García V.	Nelson García V.	24-Oct-08
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Ernesto Martínez	27-Oct-08

**FIMCP - ESPOL**

**No. 2**

**Detalle de Cuerpo**

**Escala:**

Tabla A.1		
Código	Cantidad	Descripción
1	7	1500 x 5760
2	35	1500 x 5764
<b>Peso Total</b>		<b>17101.539</b>

Descripción	Epesor	Peso
2x4x 608	6	
14252.931	6	

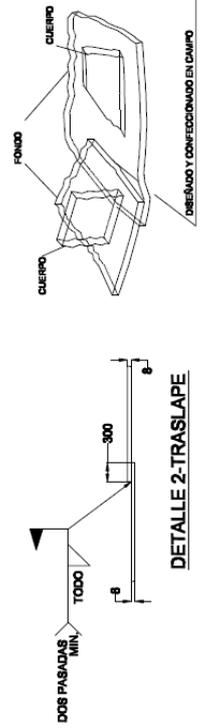
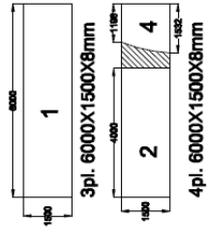
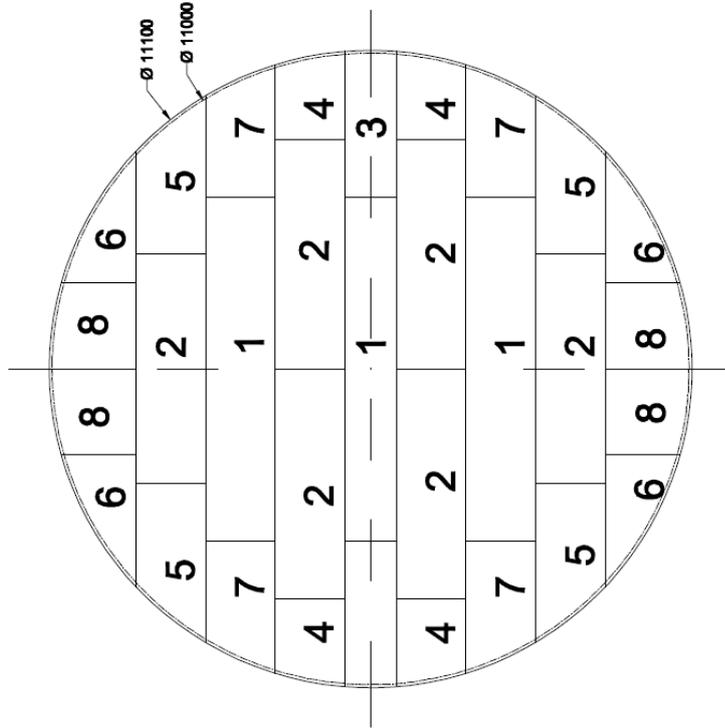
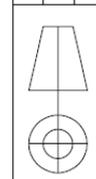


Tabla A.2

Código	Cantidad	Descripción	Espesor	Peso
1	3	1500x6000	8	1636.800
2	6	1500x4000	8	2260.800
3	2	1500x2499xR11100	8	477.230
4	4	1500x1632x1196xR11100	8	627.721
5	4	1500x1447x2762xR11100	8	823.258
6	4	1295x2295xR11100	8	442.941
7	4	1500x1570x2289xR11100	8	746.466
8	4	1500x1500x1294xR11100	8	539.452
Peso Total				7513.467



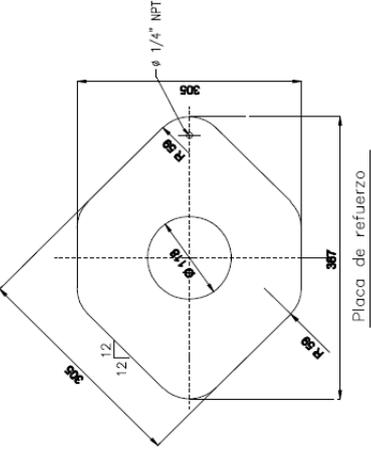
Escala:

<b>Dibujado por:</b>	<b>Nombre:</b>	<b>Fecha:</b>
Ing. Ernesto Martínez	Nelson García V.	24-Oct-08
<b>Aprobado por:</b>		<b>27-Oct-08</b>

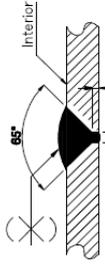
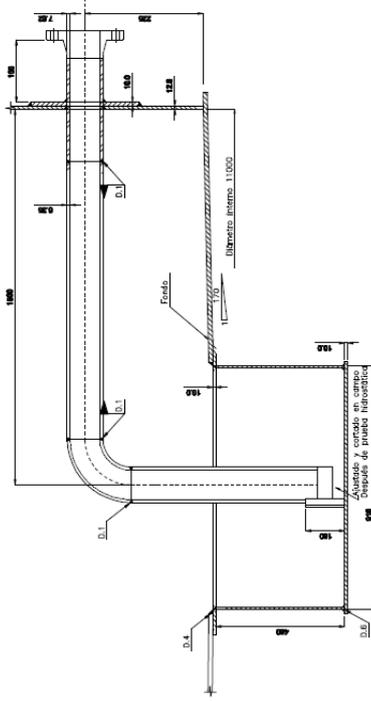
**FIMCIP - ESPOL**

**Detalle del Fondo**

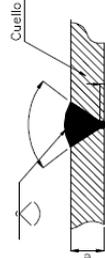
No. **3**



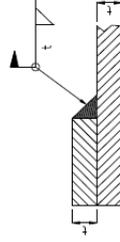
Placa de refuerzo



Detalle 2



Detalle 1



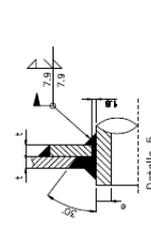
Detalle 3



Detalle 4



Detalle 5



Detalle 6

Lista de Materiales		
Materiales	Descripcion	Material
1	Brida D 3" C-80 #150 WNIFF.	A-105
2	Tuberia D 3" C-80 x 340	A-105-B
3	Tuberia D 3" C-80 x 1250	A-105-B
4	Tuberia D 3" C-80 x 600	A-105-B
5	Pl. 8 x 387 x 305	A-36
6	Codo 90° D 4" C-80 LR	A-105-B
7	L 2" x 2" x 1/4 x 160	A-36
8	Pl. 10 x 460 x 2828	A-36
9	Pl. 10 D 960	A-36
10	Pl. 10 D 960 D 860	A-36
Peso Total		217.28



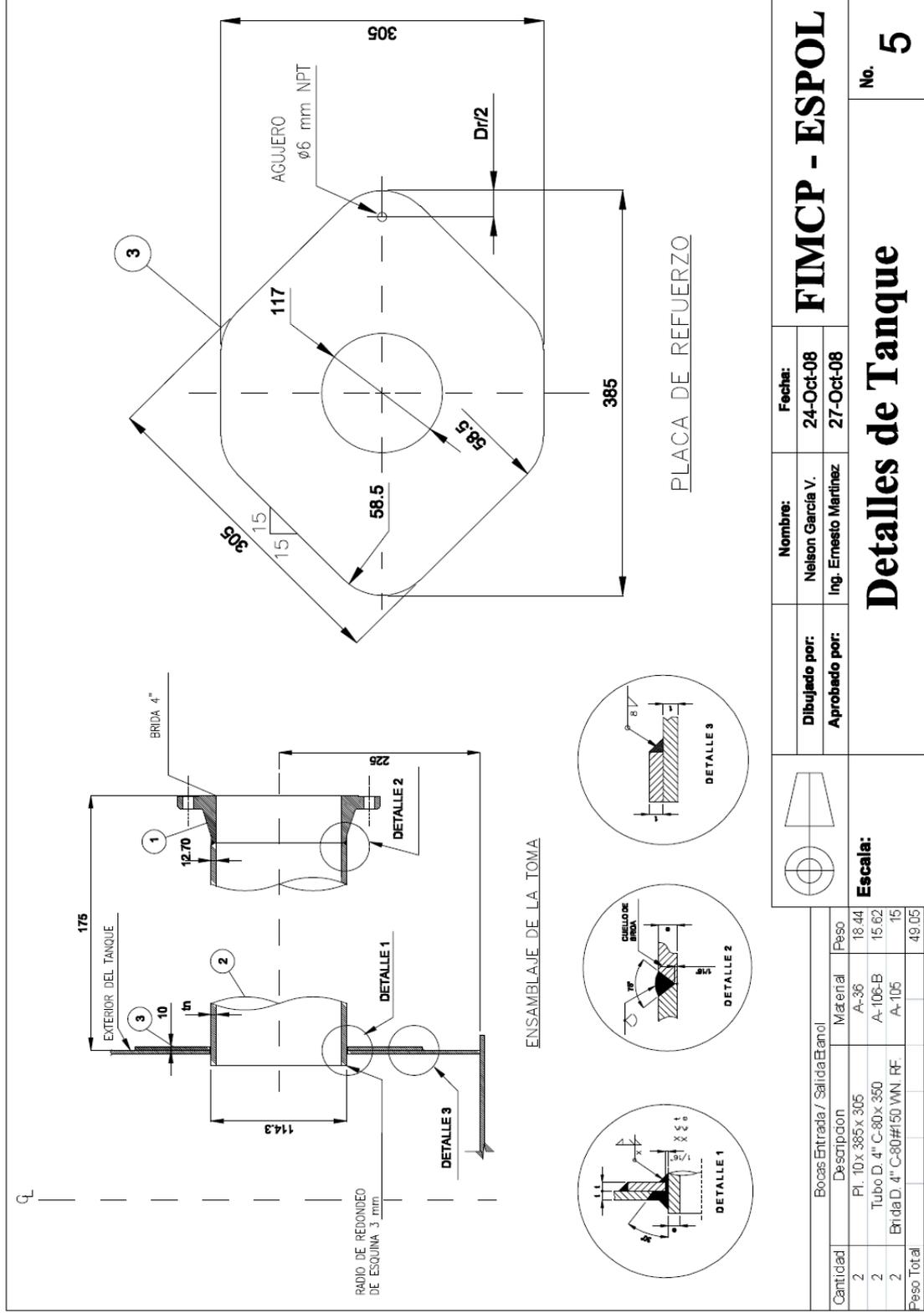
Escala:

<b>Dibujado por:</b>	<b>Nombre:</b>	<b>Fecha:</b>
Ing. Ernesto Martinez	Nelson Garcia V.	24-Oct-08
<b>Aprobado por:</b>		<b>27-Oct-08</b>

**FIMCP - ESPOL**

**Detalle de Sumidero**

No. 4



**Dibujado por:** Nelson Garcia V.  
**Aprobado por:** Ing. Ernesto Martinez

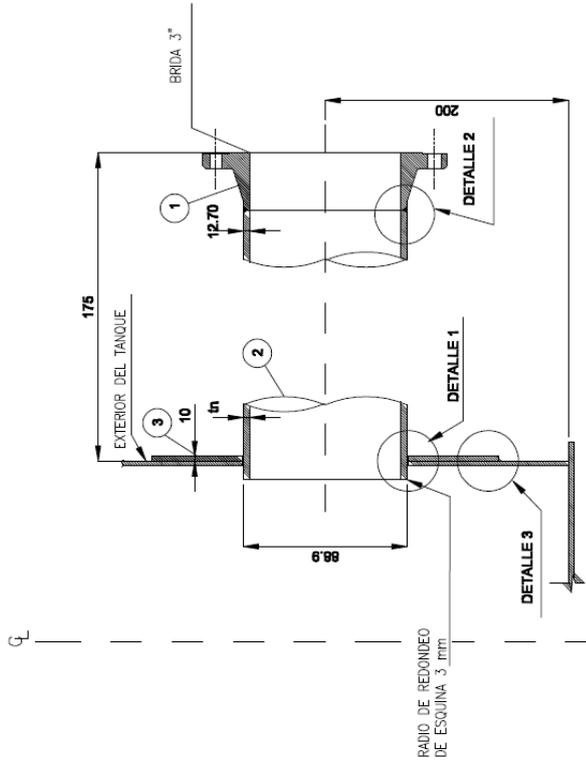
**Nombre:** Nelson Garcia V.  
**Fecha:** 24-Oct-08  
 27-Oct-08

**FIMCP - ESPOL**

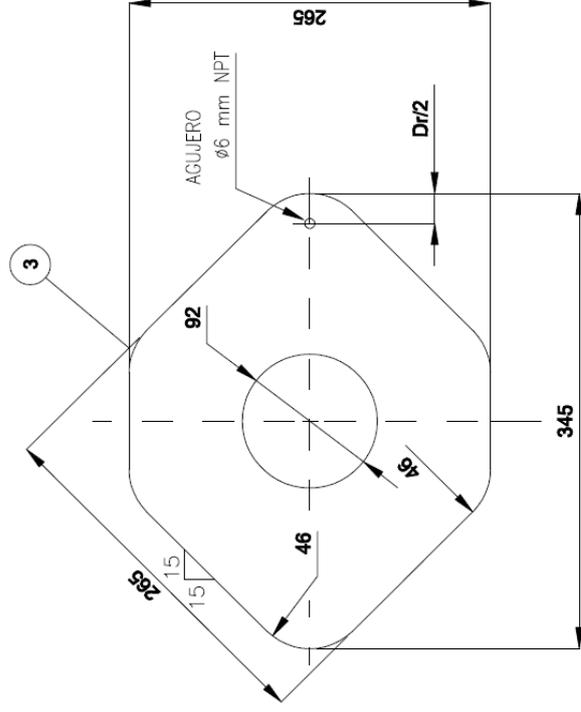
**Detalles de Tanque**

**No. 5**

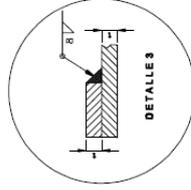
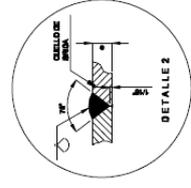
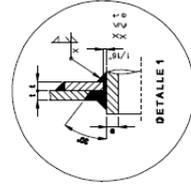
**Escala:**



ENSAMBLAJE DE LA TOMA



PLACA DE REFUERZO

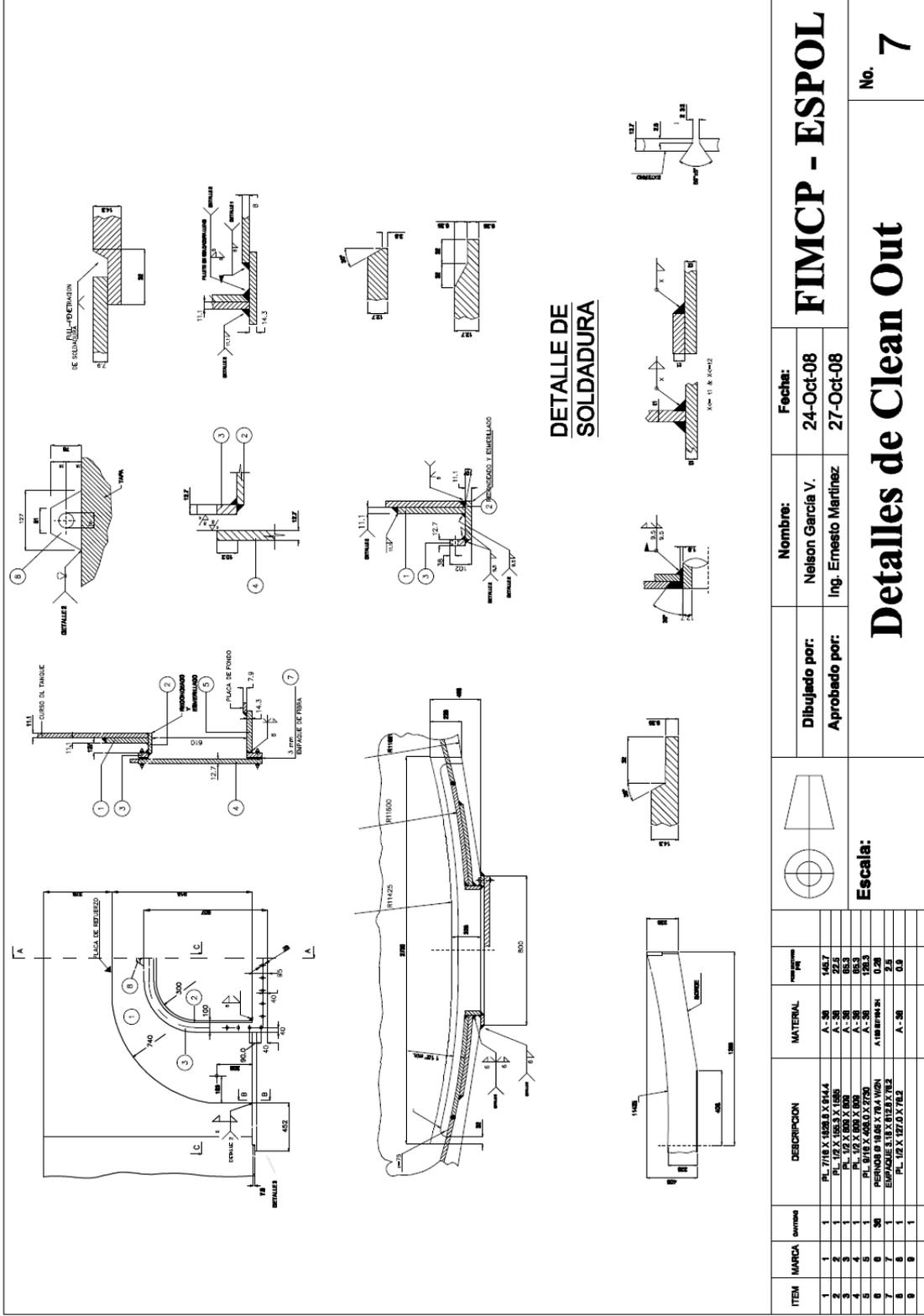


Bocas Sumidero		Material	Peso
1	Pl. 10x 345x 265	A-36	7.177
1	Tubo D. 3" C-80x 350	A-106-B	5.345
1	Brida D. 3" C-80 #150 VNI. FF.	A-106	5.227
Peso Total			17.75

	<b>Escala:</b>
--	----------------

	<b>Dibujado por:</b>	<b>Nombre:</b>	<b>Fecha:</b>
	Ing. Ernesto Martínez	Nelson García V.	24-Oct-08
		Ing. Ernesto Martínez	27-Oct-08

<b>FIMCP - ESPOL</b>		<b>No. 6</b>
<b>Detalles de Tanque</b>		



ITEM	MARCA	CANTIDAD	DESCRIPCION	MATERIAL	UNIDAD	VALOR
1		1	PL. 7/18 X 1250.0 X 614.4	A. 30		148.7
2		1	PL. 1/2 X 150.0 X 150.0	A. 30		22.5
3		1	PL. 1/2 X 600 X 600	A. 30		65.3
4		1	PL. 1/2 X 400.0 X 270.0	A. 30		126.3
5		1	PERNOS Ø 16.00 X 70.0	A. 30		126.3
6		50	PERNOS Ø 16.00 X 70.0	A. 100		0.20
7		7	EMPALME 3.18 X 87.0 X 76.2	A. 30		2.9
8		1	PL. 1/2 X 107.0 X 76.2	A. 30		0.9
9		1				
10		1				

<b>Nombre:</b>	<b>Fecha:</b>
Nelson Garcia V.	24-Oct-08
Ing. Ernesto Martinez	27-Oct-08

<b>Dibujado por:</b>	<b>Fecha:</b>
Ing. Ernesto Martinez	27-Oct-08

<b>Nombre:</b>	<b>Fecha:</b>
Nelson Garcia V.	24-Oct-08
Ing. Ernesto Martinez	27-Oct-08

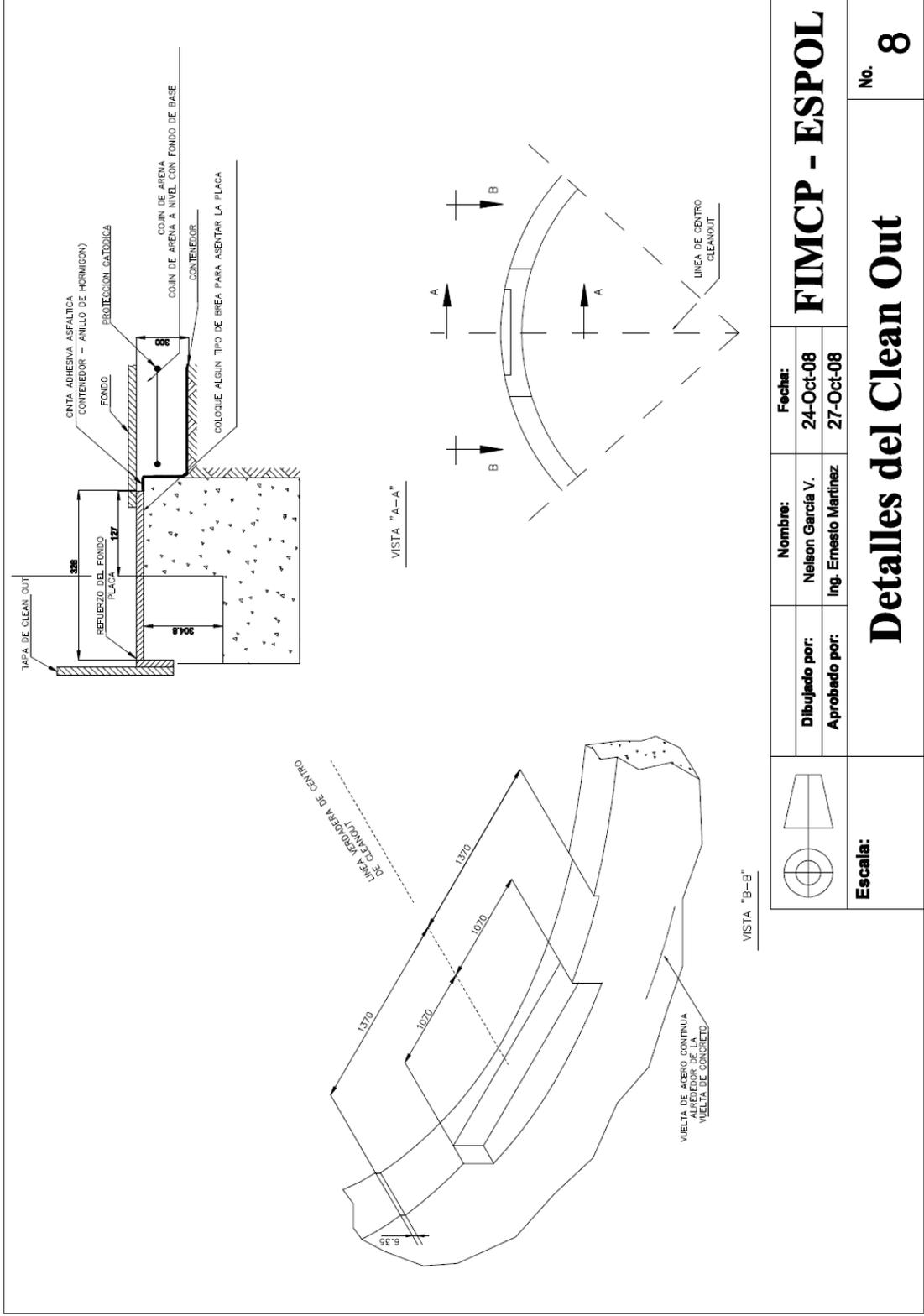
<b>Dibujado por:</b>	<b>Fecha:</b>
Ing. Ernesto Martinez	27-Oct-08

<b>Aprobado por:</b>	<b>Fecha:</b>
Ing. Ernesto Martinez	27-Oct-08

<b>Escala:</b>	<b>No. 7</b>
1:100	



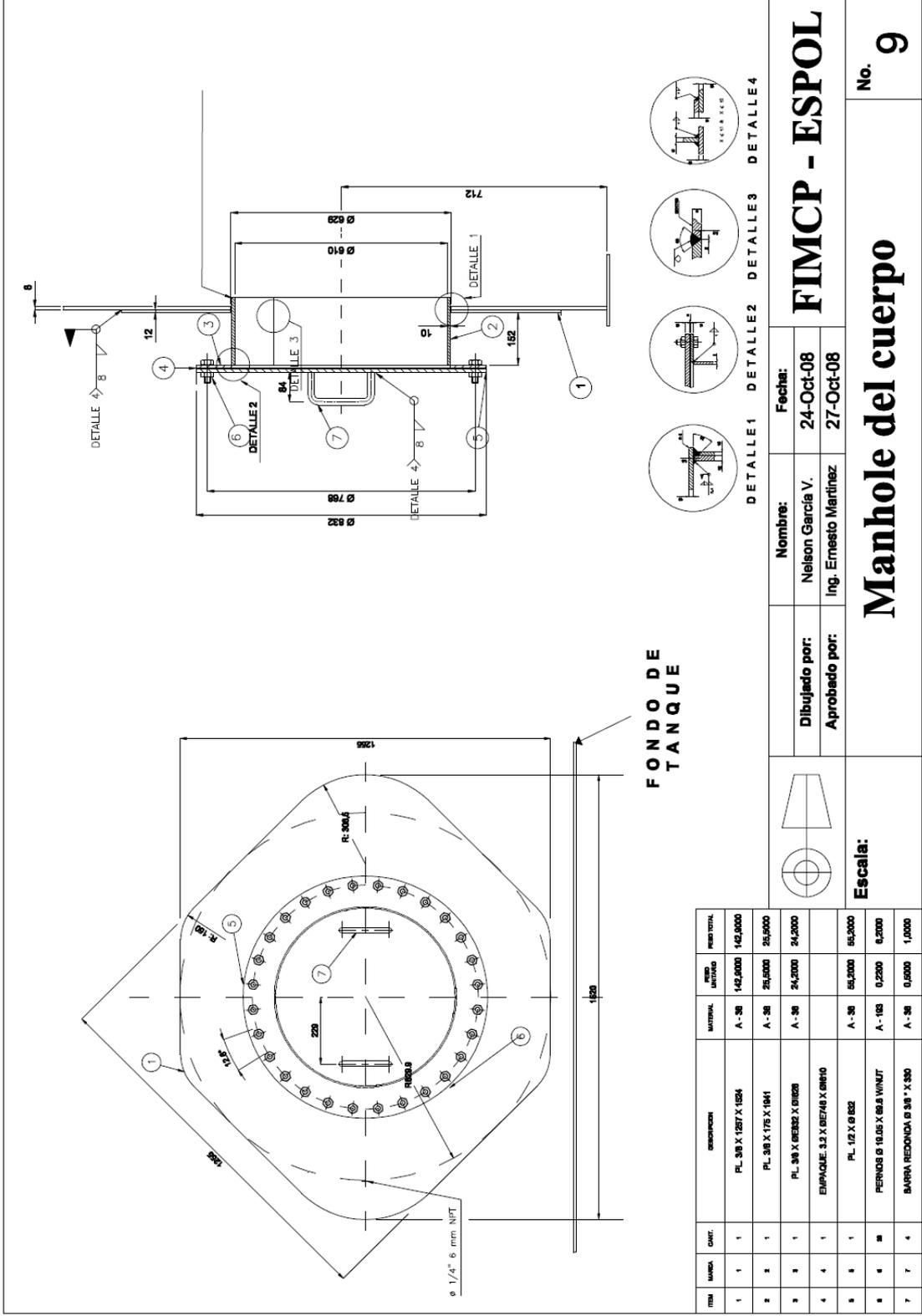
	<b>Nombre:</b>	<b>Fecha:</b>
	<b>Dibujado por:</b> Nelson García V. <b>Aprobado por:</b> Ing. Ernesto Martínez	<b>24-Oct-08</b> <b>27-Oct-08</b>

**Escala:**

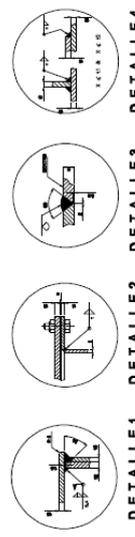
**No. 8**

# FIMCSP - ESPOL

## Detalles del Clean Out



**FONDO DE TANQUE**

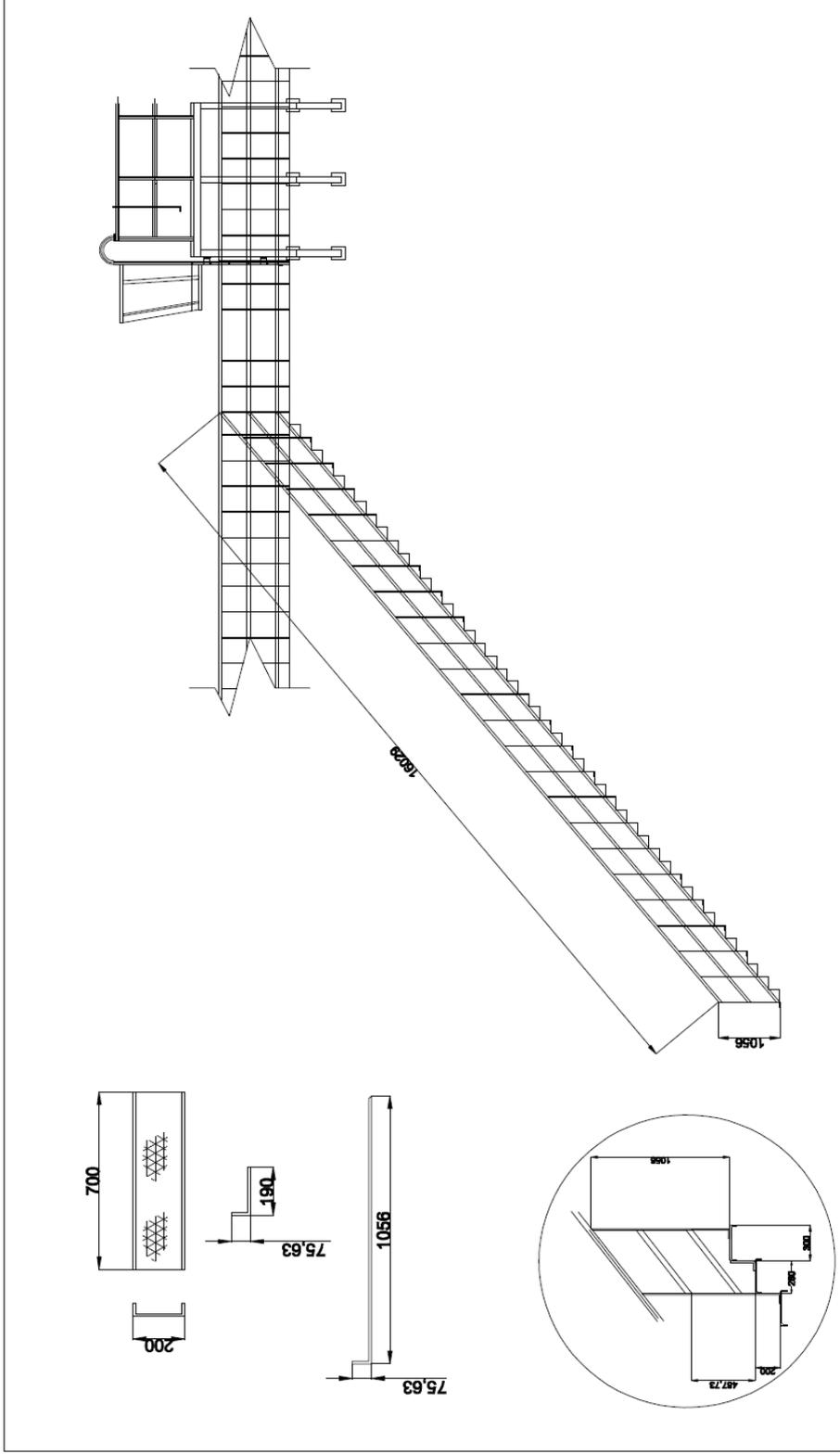


ITEM	CANT.	DESCRIPCION	MATERIAL	AREA UNITARIA	AREA TOTAL
1	1	PL. 3/8 X 1287 X 1284	A-36	142,000	142,000
2	1	PL. 3/8 X 176 X 1841	A-36	26,500	26,500
3	1	PL. 3/8 X 6832 X 61628	A-36	24,200	24,200
4	1	EMPAQUE 3.2 X 6E7/8 X 6M10			
5	1	PL. 1/2 X 6 882	A-36	65,000	65,000
6	8	PERNOS 6 10.05 X 66.8 MINUT	A-103	0.2500	0.2500
7	4	BARRA REDONDA 6 38" X 380	A-36	0.6000	1,000


**Escala:**  


**Nombre:** Nelson García V.  
**Fecha:** 24-Oct-08  
**Dibujado por:** Ing. Ernesto Martínez  
**Aprobado por:** 27-Oct-08

**Manhole del cuerpo** No. **9**



ITEM	MANEJO	CANT'D	DESCRIPCION	MATERIAL	N. LISTA	N. TIT	UNID.	VALOR
1		08	GRANDA ANTI-DESLIZANTE 300 X 200 X 300	A-08	13.58		08.08	
2		08	VANILLA 800 X 200	A-08	6.4		08	
3		08	VANILLA 800 X 100	A-08	1.8		452	
4		08	PLATINA 800 X 1000	A-08	1.8		010	
5		08	ANILLO 800 X 80 X 1000	A-08	08		08	
6		08						
7		08						

		<b>Escala:</b>
--	--	----------------

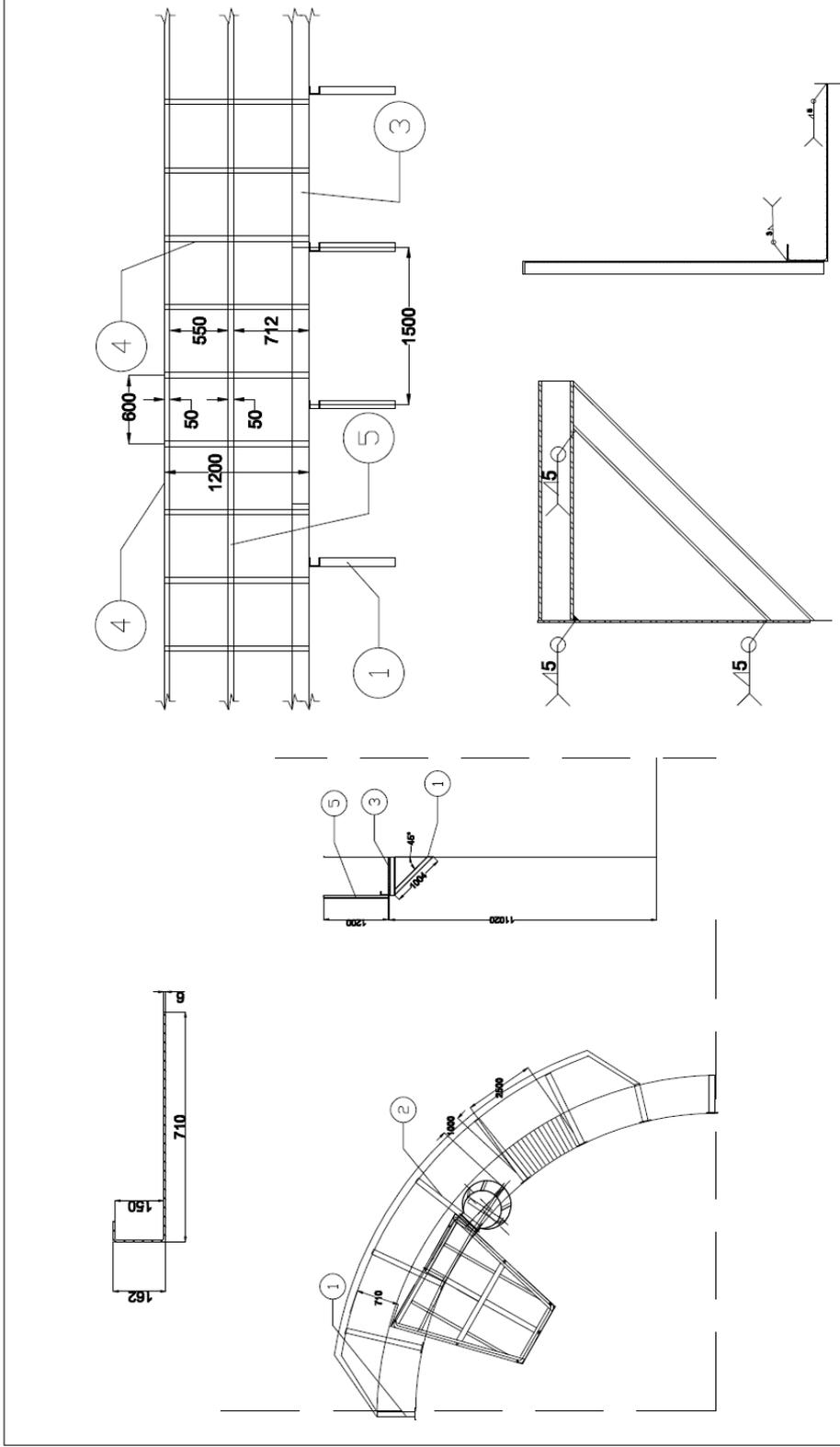
  

<b>Dibujado por:</b>	<b>Nombre:</b>	<b>Fecha:</b>
Aprobado por:		

<b>FIMCP - ESPOL</b>	<b>No. 10</b>
<b>Detalle de Escalera</b>	





MANEJA	CANTIDAD	DESCRIPCION	MATERIAL	PESO CU (KG)	PESO
1	45	LUPN 100 X 710	A. 30	5.3	238.5
2	15	LUPN 100 X 1620	A. 30	10.8	169
3	15	PLATINA B x 250 x 1620	A. 30	14.0	210
4	15	ANGULO C x 50 x 50	A. 30	5.1	76.5
5	65	PLATINA B x 250 x 600	A. 30	1.4	92.04

	<b>Escala:</b>

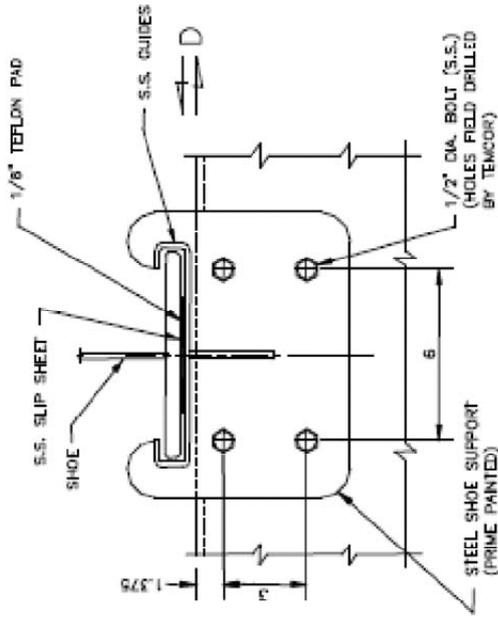
  

<b>Dibujado por:</b>	<b>Nombre:</b>	<b>Fecha:</b>
Ing. Ernesto Martínez	Nelson García V.	24-Oct-08
<b>Aprobado por:</b>		<b>27-Oct-08</b>

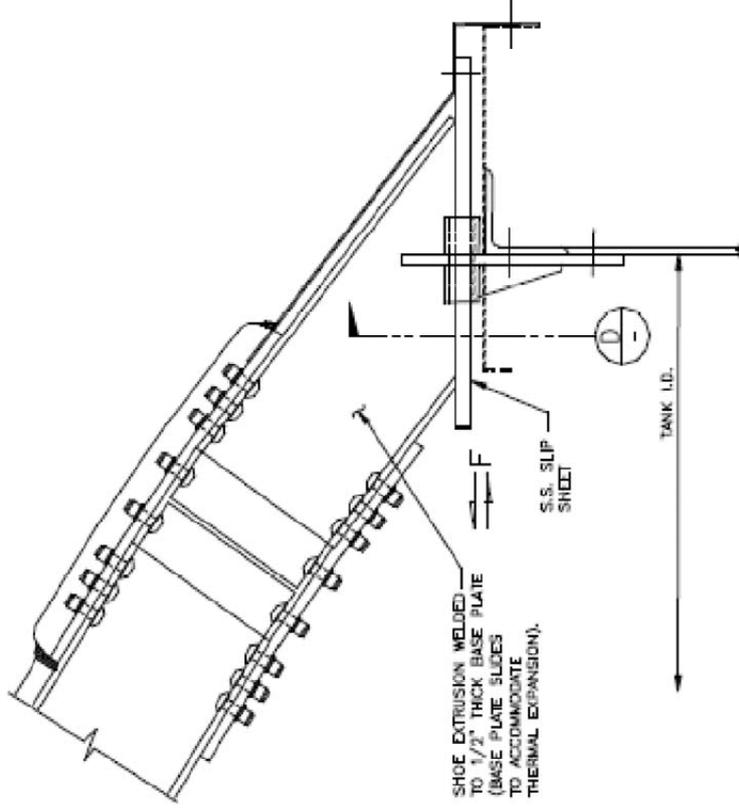
  

<b>Detalle de Pasarelas</b>		No. <b>12</b>
-----------------------------	--	---------------

**FIMCP - ESPOL**



SECTION  $\frac{D}{-}$   
N.T.S.



Escala:

Dibujado por:	Nombre:	Fecha:
Aprobado por:		

**FIMCP - ESPOL**

**Detalle de unión del Domo al cuerpo del Tanque**

No. **13**

Neilson García V.  
24-Oct-08

Ing. Ernesto Martínez  
27-Oct-08

## **APENDICE B: Información Técnica**

## DISTANCIA ENTRE TANQUES [1]

DESDE:	TECHO FLOTANTE	TECHO FIJO		VERTICAL DE TECHO FIJO	VERTICAL Y HORIZONTAL
		LIQUIDO CLASE I	LIQUIDO CLASE II		
TANQUES < 46 m.	1/8 de la suma de diámetros de los tanques adyacentes pero no < 1.5 m.	1/8 de la suma de diámetros de los tanques adyacentes pero no < 1.5 m.	1/8 de la suma de diámetros de los tanques adyacentes pero no < 1.5 m.		
TANQUES > 46 m.	1/4 de la suma de diámetros de los tanques adyacentes				
LIMITE DE LA PROPIEDAD. INCLUYENDO VIA PUBLICA				CON PROTECCION POR INERTIZACION O ESPUMA	
				1/2 diámetro del tanque sin exceder de 30 metros	1/2 medio de lo establecido en la tabla No 2
	CON PROTECCION *			CON PROTECCIÓN *	
	1/2 diámetro del tanque sin exceder de 30 metros			Diámetro del tanque sin exceder de 50 metros	(1) Según tabla No 2 (2) 1 1/2 valor anterior no menor 7.5 metros
	SIN PROTECCIÓN *			SIN PROTECCIÓN *	
	Diámetro del tanque sin exceder de 50 metros			2 diámetros de tanque sin exceder de 105 m	(1) 2 veces lo establecido en la tabla No 2 (2) 3 valor anterior no menor 7.5 metros
LIMITE DE LA PROPIEDAD O DESDE EDIFICIO INTERNO				CON PROTECCION POR INERTIZACION O ESPUMA	
				1/8 diámetro del tanque sin exceder de 10 metros	1/2 de lo establecido en la tabla No 2
	CON PROTECCIÓN			CON PROTECCIÓN *	
	1/6 diámetro del tanque sin exceder de 10 metros			1/3 diámetro del tanque sin exceder 20 m.	(1) según tabla No 4 (2) 1.5 valor anterior no < 7.5 m
	SIN PROTECCION			SIN PROTECCIÓN *	
	1/6 diámetro del tanque sin exceder 10 metros			1/3 valor del tanque sin exceder 20 m	Según tabla No 2, 1 1/2 valor anterior no < 15 m
-CAMINOS PUBLICOS VIAS FERREAS.	NOTA 1: Para presiones Inferiores a		2.5 psiQ		-Diámetro mayor (15 m) mínimo.
- CASAS O INSTALACIONES INDUSTRIALES BOSQUES.	NOTA 2: Para presiones superiores a		2.5 psiQ		1 1/2 diámetro tanque mayor (45 m mínimo).
-SALA DE BOMBAS CONTRAINCENDIO	* Con o sin protección automática contra incendios				2 diámetros del tanque mayor. 1 diámetro tanque mayor (150 m mínimo) diámetro tanque mayor (30 m)

**DISTANCIA ENTRE TANQUES Y LOS LIMITES DE LA PROPIEDAD [2]**

<b>CAPACIDAD DE LOS TANQUES</b>	<b>DESDE EL LIMITE DE LA PROPIEDAD *</b>	<b>DESDE UN EDIFICIO DE LA PLANTA</b>
< 6 Barriles	1,50 m	1,50 m.
de 6 a 19 Bls.	4,00 m	2,00 m.
de 20 a 285 Bls.	6,00 m	2,00 m.
de 285 a 720 Bls.	8,00 m	2,00 m.
de 720 a 1200 Bls.	10,00 m	4,00 m.
de 1200 a 2380 Bls.	15,00 m	6,00 m.
de 2380 a 11900 Bls.	25,00 m.	8,00 m.
de 11900 a 23800 Bls.	30,00 m.	10,00 m.
de 23800 a 47600 Bls.	40,00 m.	12,00 m.
de 47600 a 71400 Bls.	50,00 m.	17,00 m.
>71400 Barriles	55,00 m.	20,00 m.



**DISTANCIA ENTRE EQUIPOS E INSTALACIONES CONTRAINCENDIOS**  
**[4]**

<b>DE :</b>	<b>A :</b>	<b>DISTANCIA (m)</b>
Central de contra – incendio	Cualquier unidad de elaboración	30 mínimo
Sala de bombas (CI)	Tanques	20 – 30 mínimo
Campo de entrenamiento (CI)	Instalaciones de la planta de refinación	100 mínimo
Hidrante	Hidrante	30 mínimo
Extintores en locales donde no existen productos inflamables	Extintores	20 máximo
Extintores en locales donde existen productos inflamables	Extintores	15 máximo

<b>OTRAS DISTANCIAS</b>		
<b>DE:</b>	<b>A:</b>	<b>DISTANCIA (m)</b>
Oleoductos, poliductos	Líneas alta tensión	10 mínima horizontal
Oleoductos, poliductos	Caminos públicos	10 mínima
Oleoductos, poliductos	Casas de habitación	20 mínima

## MATERIALES MÁS COMUNES Y ESFUERZOS PERMISIBLES [5]

Plate Specification	Grade	Minimum Yield Strength MPa (psi)	Minimum Tensile Strength MPa (psi)	Product Design Stress $S_d$ MPa (psi)	Hydrostatic Test Stress $S_t$ MPa (psi)
ASTM Specifications					
A 283M (A 283)	C (C)	205 (30,000)	380 (55,000)	137 (20,000)	154 (22,500)
A 285M (A 285)	C (C)	205 (30,000)	380 (55,000)	137 (20,000)	154 (22,500)
A 131M (A 131)	A, B, CS (A, B, CS)	235 (34,000)	400 (58,000)	157 (22,700)	171 (24,900)
A 36M (A 36)	—	250 (36,000)	400 (58,000)	160 (23,200)	171 (24,900)
A 131M (A 131)	EH 36 (EH 36)	360 (51,000)	490 <sup>a</sup> (71,000 <sup>a</sup> )	196 (28,400)	210 (30,400)
A 573M (A 573)	400 (58)	220 (32,000)	400 (58,000)	147 (21,300)	165 (24,000)
A 573M (A 573)	450 (65)	240 (35,000)	450 (65,000)	160 (23,300)	180 (26,300)
A 573M (A 573)	485 (70)	290 (42,000)	485 <sup>a</sup> (70,000 <sup>a</sup> )	193 (28,000)	208 (30,000)
A 516M (A 516)	380 (55)	205 (30,000)	380 (55,000)	137 (20,000)	154 (22,500)
A 516M (A 516)	415 (60)	220 (32,000)	415 (60,000)	147 (21,300)	165 (24,000)
A 516M (A 516)	450 (65)	240 (35,000)	450 (65,000)	160 (23,300)	180 (26,300)
A 516M (A 516)	485 (70)	260 (38,000)	485 (70,000)	173 (25,300)	195 (28,500)
A 662M (A 662)	B (B)	275 (40,000)	450 (65,000)	180 (26,000)	193 (27,900)
A 662M (A 662)	C (C)	295 (43,000)	485 <sup>a</sup> (70,000 <sup>a</sup> )	194 (28,000)	208 (30,000)
A 537M (A 537)	1 (1)	345 (50,000)	485 <sup>a</sup> (70,000 <sup>a</sup> )	194 (28,000)	208 (30,000)
A 537M (A 537)	2 (2)	415 (60,000)	550 <sup>a</sup> (80,000 <sup>a</sup> )	220 (32,000)	236 (34,300)
A 633M (A 633)	C, D (C, D)	345 (50,000)	485 <sup>a</sup> (70,000 <sup>a</sup> )	194 (28,000)	208 (30,000)
A 678M (A 678)	A (A)	345 (50,000)	485 <sup>a</sup> (70,000 <sup>a</sup> )	194 (28,000)	208 (30,000)
A 678M (A 678)	B (B)	415 (60,000)	550 <sup>a</sup> (80,000 <sup>a</sup> )	220 (32,000)	236 (34,300)
A 737M (A 737)	B (B)	345 (50,000)	485 <sup>a</sup> (70,000 <sup>a</sup> )	194 (28,000)	208 (30,000)
A 841M (A 841)	Class 1 (Class 1)	345 (50,000)	485 <sup>a</sup> (70,000 <sup>a</sup> )	194 (28,000)	208 (30,000)
A 841M (A 841)	Class 2 (Class 2)	415 (60,000)	550 <sup>a</sup> (80,000 <sup>a</sup> )	220 (32,000)	236 (34,300)
CSA Specifications					
G40.21	260W (38W)	260 (38,000)	410 (60,000)	164 (24,000)	176 (25,700)
G40.21	300W (44W)	300 (44,000)	450 (65,000)	180 (26,000)	193 (27,900)
G40.21	350WT (50WT)	350 (50,000)	480 <sup>a</sup> (75,000 <sup>a</sup> )	192 (28,000)	206 (30,000)
G40.21	350W (50W)	350 (50,000)	450 (65,000)	180 (26,000)	193 (27,900)
National Standards					
	235	235 (34,000)	365 (52,600)	137 (20,000)	154 (22,500)
	250	250 (36,000)	400 (58,300)	157 (22,700)	171 (25,000)
	275	275 (40,000)	430 (62,600)	167 (24,000)	184 (26,800)
ISO 630					
E 275	C, D	265 (38,400)	410 (59,500)	164 (23,800)	175 (25,500)
E 355	C, D	345 (50,000)	490 <sup>a</sup> (71,000 <sup>a</sup> )	196 (28,400)	210 (30,400)

<sup>a</sup>By agreement between the Purchaser and the Manufacturer, the tensile strength of these materials may be increased to 515 MPa (75,000 psi) minimum and 620 MPa (90,000 psi) maximum (and to 585 MPa [85,000 psi] minimum and 690 MPa [100,000 psi] maximum for ASTM A 537M, Class 2, and A 678M, Grade B). When this is done, the allowable stresses shall be determined as stated in 5.6.2.1 and 5.6.2.2.

## POBLACIONES ECUATORIANAS Y EL VALOR DEL FACTOR Z [6]

CIUDAD	PROVINCIA	CANTON	PARROQUIA	ZONA
CHORDELEG	AZUAY	CHORDELEG	CHORDELEG	2
CUENCA	AZUAY	CUENCA	CUENCA	2
EL GIRON	AZUAY	GIRON	GIRON	2
EL PAN	AZUAY	EL PAN	EL PAN	2
GUACHAPALA	AZUAY	GUACHAPALA	GUACHAPALA	2
GUALACEO	AZUAY	GUALACEO	GUALACEO	2
NOBON	AZUAY	NABON	NABON	2
OÑA	AZUAY	OÑA	OÑA	2
PAUTE	AZUAY	PAUTE	PAUTE	2
PUCARA	AZUAY	PUCARA	PUCARA	2
SAN FERNANDO	AZUAY	SAN FERNANDO	SAN FERNANDO	2
SANTA ISABEL	AZUAY	SANTA ISABEL	SANTA ISABEL (CHAGUARURCO)	2
SEVILLA DE ORO	AZUAY	SEVILLA DE ORO	SEVILLA DE ORO	2
SIGSIG	AZUAY	SIGSIG	SIGSIG	2
CALUMA	BOLIVAR	CALUMA	CALUMA	3
ECHANDIA	BOLIVAR	ECHEANDIA	ECHEANDIA	3
LAS NAVES	BOLIVAR	LAS NAVES	LAS NAVES	3
CHILANES	BOLIVAR	CHILLANES	CHILLANES	4
GUARANDA	BOLIVAR	GUARANDA	GUARANDA	4
SAN JOSE DE CHIMBO	BOLIVAR	SAN JOSE DE CHIMBO	SAN JOSE DE CHIMBO	4
SAN MIGUEL	BOLIVAR	SAN MIGUEL	SAN MIGUEL	4
AZOQUES	CAÑAR	AZOGUES	AZOGUES	2
BIBLIAN	CAÑAR	BIBLIAN	NAZON (PAMPA DE DOMINGUEZ)	2
DELEG	CAÑAR	DELEG	DELEG	2
CAÑAR	CAÑAR	CAÑAR	CAÑAR	3
EL TAMBO	CAÑAR	EL TAMBO	EL TAMBO	3
LA TRONCAL	CAÑAR	LA TRONCAL	LA TRONCAL	3
BOLIVAR	CARCHI			4
EL ANGEL	CARCHI	ESPEJO	EL ANGEL	4
HUACA	CARCHI	SAN PEDRO DE HUACA	HUACA	4
MIRA	CARCHI			4
SAN GABRIEL	CARCHI			4
TULCAN	CARCHI	TULCAN	TULCAN	4

ALAUSI	CHIMBORAZO	ALAUSI	ALAUSI	3
CHUNCHI	CHIMBORAZO	CHUNCHI	CHUNCHI	3
CUMANDA	CHIMBORAZO	CUMANDA	CUMANDA	3
CHAMBO	CHIMBORAZO	CHAMBO	CHAMBO	4
GUAMOTE	CHIMBORAZO	GUAMOTE	GUAMOTE	4
GUANO	CHIMBORAZO	GUANO	GUANO	4
LA UNION	CHIMBORAZO	COLTA	CAJABAMBA	4
PALLATANGA	CHIMBORAZO	PALLATANGA	PALLATANGA	4
PENIPE	CHIMBORAZO	PENIPE	PENIPE	4
RIOBAMBA	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	RIOBAMBA	4
EL CORAZON	COTOPAXI	PANGUA	EL CORAZON	3
LA MANA	COTOPAXI	LA MANA	LA MANA	3
SIGCHOS	COTOPAXI	SIGCHOS	SIGCHOS	3
LATACUNGA	COTOPAXI	LATACUNGA	LATACUNGA	4
PUJILI	COTOPAXI	PUJILI	PUJILI	4
SAN MIGUEL	COTOPAXI	SALCEDO	SAN MIGUEL	4
SAQUISILI	COTOPAXI	SAQUISILI	SAQUISILI	4
CHILLA	EL ORO	CHILLA	CHILLA	2
PACCHA	EL ORO	ATAHUALPA	PACCHA	2
PIÑAS	EL ORO	PIÑAS	PIÑAS	2
PORTOVELO	EL ORO	PORTOVELO	PORTOVELO	2
ZARUMA	EL ORO	ZARUMA	SALVIAS	2
ARENILLAS	EL ORO	ARENILLAS	ARENILLAS	3
BALSAS	EL ORO	BALSAS	BALSAS	3
EL GUABO	EL ORO	EL GUABO	EL GUABO	3
LA VICTORIA	EL ORO	LAS LAJAS	LA VICTORIA	3
MACHALA	EL ORO	MACHALA	MACHALA	3
MARCABELI	EL ORO	MARCABELI	MARCABELI	3
PASAJE	EL ORO	PASAJE	PASAJE	3
SANTA ROSA	EL ORO	SANTA ROSA	SANTA ROSA	3
HUAQUILLAS	EL ORO	HUAQUILLAS	HUAQUILLAS	4
LA UNION	ESMERALDAS	QUININDE	LA UNION	3
ROSA ZARATE (QUININDE)	ESMERALDAS	QUININDE	ROSA ZARATE (QUININDE)	3
SAN LORENZO	ESMERALDAS	SAN LORENZO	SAN LORENZO	3
ATACAMES	ESMERALDAS	ATACAMES	ATACAMES	4
ESMERALDAS	ESMERALDAS	ESMERALDAS	ESMERALDAS	4
MUISNE	ESMERALDAS	MUISNE	MUISNE	4
VALDEZ	ESMERALDAS	ELOY ALFARO	VALDEZ	4

(LIMONES)			(LIMONES)	
ALFREDO BAQUERIZO	GUAYAS	ALF. BAQUE. MORENO (JUJAN)	ALF. BAQUE. MORENO (JUJAN)	3
BALAO	GUAYAS	BALAO	BALAO	3
BALZAR	GUAYAS	BALZAR	BALZAR	3
COLIMIES	GUAYAS	COLIMES	COLIMES	3
CRNL MARCELINO MARIDUEÑA	GUAYAS	CRNL MARCELINO MARIDUEÑA	CRNL MARCELINO MARIDUEÑA	3
DAULE	GUAYAS	DAULE	DAULE	3
EL SALITRE	GUAYAS	URBINA JADO	EL SALITRE (LAS RAMAS)	3
EL TRIUNFO	GUAYAS	EL TRIUNFO	EL TRIUNFO	3
ELOY ALFARO	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	3
GRAL ANTONIO ELIZALDE	GUAYAS	GRAL ANTONIO ELIZALDE	GRAL ANTONIO ELIZALDE	3
GENERAL VILLAMIL	GUAYAS	PLAYAS	GENERAL VILLAMIL (PLAYAS)	3
GUAYAQUIL	GUAYAS	GUAYAQUIL	CHONGON	3
LOMAS DE SARGENTILLO	GUAYAS	LOMAS DE SARGENTILLO	LOMAS DE SARGENTILLO	3
MILAGRO	GUAYAS	MILAGRO	MILAGRO	3
NARANJAL	GUAYAS	NARANJAL	NARANJAL	3
NARANJITO	GUAYAS	NARANJITO	NARANJITO	3
NARCISA DE JESUS (NOBOL)	GUAYAS	NOBOL	NARCISA DE JESUS	3
PALESTINA	GUAYAS	PALESTINA	PALESTINA	3
PEDRO CARBO	GUAYAS	PEDRO CARBO	SALINAS	3
SAMBORONDON	GUAYAS	SAMBORONDON	SAMBORONDON	3
SANTA LUCIA	GUAYAS	SANTA LUCIA	SANTA LUCIA	3
SIMON BOLIVAR	GUAYAS	SIMON BOLIVAR	SIMON BOLIVAR	3
VELASCO IBARRA	GUAYAS	EL EMPALME	VELASCO IBARRA (EL EMPALME)	3
YAGUACHI NUEVO	GUAYAS	YAGUACHI	YAGUACHI NUEVO	3
LA LIBERTAD	GUAYAS	LA LIBERTAD	LA LIBERTAD	4
SALINAS	GUAYAS	SALINAS	SALINAS	4
SANTA ELENA	GUAYAS	SANTA ELENA	SANTA ELENA	4

ATUNTAQUI	IMBABURA	ANTONIO ANTE	ATUNTAQUI	4
COTACACHI	IMBABURA	COTACACHI	COTACACHI	4
IBARRA	IMBABURA	IBARRA	IBARRA	4
OTAVALO	IMBABURA	OTAVALO	OTAVALO	4
PIMAMPIRO	IMBABURA	PIMAMPIRO	PIMAMPIRO	4
URCUQUI	IMBABURA	URCUQUI	URCUQUI	4
AMALUZA	LOJA	ESPINDOLA	AMALUZA	2
CARIAMANGA	LOJA	CALVAS	CARIAMANGA	2
CATACOCCHA	LOJA	PALTAS	CATACOCCHA	2
CATAMAYO	LOJA	CATAMAYO	CATAMAYO (LA TOMA)	2
GONZANAMA	LOJA	GONZANAMA	GONZANAMA	2
GUAGUARPAMBA	LOJA	CHAGUARPAMBA	CHAGUARPAMBA	2
LOJA	LOJA	LOJA	LOJA	2
QUILANGA	LOJA	QUILANGA	QUILANGA	2
SARAGURO	LOJA	SARAGURO	SAN ANTONIO DE CUMBRE	2
SOZORANGA	LOJA	SOZORANGA	SOZORANGA	2
ALAMOR	LOJA	PUYANGO	ALAMOR	3
CELICA	LOJA	CELICA	CELICA	3
MACARA	LOJA	MACARA	MACARA	3
PINDAL	LOJA	PINDAL	PINDAL	3
ZAPOTILLO	LOJA	ZAPOTILLO	ZAPOTILLO	4
BABA	LOS RIOS	BABA	BABA	3
BABAHOYO	LOS RIOS	BABAHOYO	PIMOCHA	3
CATARAMA	LOS RIOS	URDANETA	CATARAMA	3
MONTALVO	LOS RIOS	MONTALVO	MONTALVO	3
PALENQUE	LOS RIOS	PALENQUE	PALENQUE	3
PUEBLO VIEJO	LOS RIOS	PUEBLO VIEJO	PUEBLO VIEJO	3
QUEVEDO	LOS RIOS	QUEVEDO	QUEVEDO	3
SAN JACINTO DE BUENA FE	LOS RIOS	BUENA FE	SAN JACINTO DE BUENA FE	3
VALENCIA	LOS RIOS	VALENCIA	VALENCIA	3
VENTANAS	LOS RIOS	VENTANAS	VENTANAS	3
VINCES	LOS RIOS	VINCES	VINCES	3
EL CARMEN	MANABI	EL CARMEN	EL CARMEN	3
OLMEDO	MANABI	OLMEDO	OLMEDO	3
PICHINCHA	MANABI	PICHINCHA	PICHINCHA	3
BAHIA DE CARAQUEZ	MANABI	SUCRE	BAHIA DE CARAQUEZ	4

CALCETA	MANABI	BOLIVAR	CALCETA	4
CHONE	MANABI	CHONE	CHONE	4
FLAVIO ALFARO	MANABI	FLAVIO ALFARO	FLAVIO ALFARO	4
JIPIJAPA	MANABI	JIPIJAPA	JIPIJAPA	4
JUNIN	MANABI	JUNIN	JUNIN	4
MANTA	MANABI	MANTA	MANTA	4
MONTECRISTI	MANABI	MONTECRISTI	MONTECRISTI	4
PAJAN	MANABI	PAJAN	PAJAN	4
PEDERNALES	MANABI	PEDERNALES	PEDERNALES	4
PORTOVIEJO	MANABI	PORTOVIEJO	PORTOVIEJO	4
PUERTO LOPEZ	MANABI	PUERTO LOPEZ	PUERTO LOPEZ	4
ROCAFUERTE	MANABI	ROCAFUERTE	ROCAFUERTE	4
SANTA ANA	MANABI	SANTA ANA	SANTA ANA	4
SUCRE	MANABI	24 DE MAYO	SUCRE	4
TOSAGUA	MANABI	TOSAGUA	TOSAGUA	4
GRAL LEONIDAS P. GUTIERREZ	MORONA SANTIAGO	LIMON INDANZA	GRAL LEONIDAS P. GUTIERREZ	2
GUALAQUIZA	MORONA SANTIAGO	GUALAQUIZA	GUALAQUIZA	2
MACAS	MORONA SANTIAGO	MORONA	GENERAL PROAÑO	2
PABLO SEXTO	MORONA SANTIAGO	HUAMBOYA	HUAMBOYA	2
SAN JUAN BOSCO	MORONA SANTIAGO	SAN JUAN BOSCO	SAN JUAN BOSCO	2
SANTIAGO DE MENDEZ	MORONA SANTIAGO	SANTIAGO	SANTIAGO DE MENDEZ	2
SUCUA	MORONA SANTIAGO	SUCUA	SANTA MARIANITA DE JESUS	2
PALORA	MORONA SANTIAGO	PALORA	PALORA (METZERA)	3
ARCHIDONA	NAPO	ARCHIDONA	ARCHIDONA	3
NUEVO ROCAFUERTE	NAPO	AGUARICO	NUEVO ROCAFUERTE	3
TENA	NAPO	TENA	TENA	3
BAEZA	NAPO	QUIJOS	BAEZA	4
EL CHACO	NAPO	EL CHACO	EL CHACO	4
LA JOYA DE LOS SACHAS	ORELLANA	LA JOYA DE LOS SACHAS	LA JOYA DE LOS SACHAS	2
LORETO	ORELLANA	LORETO	AVILA (CAB. EN HUIRUNO)	2

FRANCISCO ORELLANA (COCA)	ORELLANA	ORELLANA	FRANCISCO ORELLANA (COCA)	2
MERA	PASTAZA	MERA	MERA	3
PUYO	PASTAZA	PASTAZA	VERACRUZ (INDILLAMA)	3
SANTA CLARA	PASTAZA			3
PEDRO VICENTE MALDONADO	PICHINCHA	PEDRO VICENTE MALDONADO	PEDRO VICENTE MALDONADO	3
PUERTO QUITO	PICHINCHA	PUERTO QUITO	PUERTO QUITO	3
SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	PICHINCHA	SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	3
STO DOMINGO DE LOS COLORADOS	PICHINCHA	SANTO DOMINGO	ZARACAY	3
CAYAMBE	PICHINCHA	CAYAMBE	CAYAMBE	4
MACHACHI	PICHINCHA	MEJIA	MACHACHI	4
QUITO	PICHINCHA	QUITO	QUITO	4
SANGOLOQUI	PICHINCHA	RUMIÑAHUI	RUMIPAMBA	4
TABACUNDO	PICHINCHA	PEDRO MONCAYO	TABACUNDO	4
EL CARMEN DEL PUTUMAYO	SUCUMBIOS	PUTUMAYO	EL CARMEN DEL PUTUMAYO	1
SHUSHUFINDI	SUCUMBIOS	SHUSHUFINDI	SHUSHUFINDI	1
NUEVA LOJA	SUCUMBIOS	LAGO AGRIO	NUEVA LOJA	2
EL DORADO DE CASCALES	SUCUMBIOS	CASCALES	EL DORADO DE CASCALES	3
LUMBAQUI	SUCUMBIOS	PIZARRO	LUMBAQUI	3
LA BONITA	SUCUMBIOS	SUCUMBIOS	LA BONITA	4
AMBATO	TUNGURAHUA	AMBATO	AMBATO	4
BAÑOS	TUNGURAHUA	BAÑOS	BAÑOS	4
CEVALLOS	TUNGURAHUA	CEVALLOS	CEVALLOS	4
MOCHA	TUNGURAHUA	MOCHA	MOCHA	4
PATATE	TUNGURAHUA	PATATE	PATATE	4
PELILEO	TUNGURAHUA	PELILEO	PELILEO	4
PILLARO	TUNGURAHUA	PILLARO	PILLARO	4
QUERO	TUNGURAHUA	QUERO	QUERO	4
TISALEO	TUNGURAHUA	TISALEO	TISALEO	4
28 DE MAYO	ZAMORA CHINCHIPE	YACUAMBI	28 DE MAYO (SAN JODE DE YACUAM)	2

EL PANGUI	ZAMORA CHINCHIPE	EL PANGUI	EL PANGUI	2
GUAYZIMI	ZAMORA CHINCHIPE	NANGARITZA	GUAYZIMI	2
YANTZAZA	ZAMORA CH.	YANTZAZA	YANTZAZA	2
ZAMORA	ZAMORA CHINCHIPE	ZAMORA	ZAMORA	2
ZUMBA	ZAMORA CHINCHIPE	CHINCHIPE	ZUMBA	2
ZUMBI	ZAMORA CHINCHIPE	CENTINELA DEL CONDOR	ZUMBI	2

**CUADRO COMPARATIVO DE CARACTERISTICAS TECNICAS DOMOS DE ALUMINIO VS. TECHO FIJO DE ACERO [7]**

TOPICO O CARACTERISTICA	TIPO DE TECHO FIJO	
	CONICO DE ACERO	DOMO DE ALUMINIO
<b>PESO DE INSTALACION</b>  diámetro 116 Pies de diámetro 117 Pies de diámetro 129 Pies de diámetro 150 Pies de	80,000 kg. 89,000 kg. 105,000 kg. 159,000 kg.	9,500 kg. 11,000 kg. 13,000 kg. 17,500 kg.
<b>TIEMPO DE INSTALACION</b>  diámetro 116 Pies de diámetro 117 Pies de diámetro 129 Pies de diámetro 150 Pies de	8 SEMANAS 8 SEMANAS 10 SEMANAS 14 SEMANAS	3 SEMANAS 3 SEMANAS 4 SEMANAS 4 SEMANAS
<b>VIDA UTIL</b>	La tasa de corrosión del acero al carbono es de $8 \times 10^{-2}$ mm por año en ambientes poco agresivos. Considerando que el techo es pintado cada 5 años, lo cual representa una vida útil de 15 años.	La aleación 3003 de aluminio, tiene una tasa de corrosión de $1.5 \times 10^{-3}$ mm por año, lo que representa una vida útil mayor de 100 años.
<b>MANTENIMIENTO (reparación)</b>	La posibilidad de tener que reparar alguna sección del techo, involucra la necesidad de grúas, soldaduras, oxicorte, haciendo mas complicado este procedimiento.	En la necesidad de requerirse reparación en un Domo de aluminio, las piezas a cambiar pueden ser movilizadas manualmente y ser reemplazadas con herramientas simples.

TOPICO O CARACTERISTICA	TIPO DE TECHO FIJO	
	CONICO DE ACERO	DOMO DE ALUMINIO
SEGURIDAD EN OPERACION	La conductividad eléctrica del acero es $4.6 \times 10^4$ (W cm) <sup>-1</sup> . Lo que aunado a el revestimiento, dificulta la disipación de las descargas atmosféricas, principal causa de incendios en tanques de almacenamiento.	La conductividad del aluminio es $3.77 \times 10^5$ (W cm) <sup>-1</sup> , superior en un 700 % a la del acero. ayudando a disipar las descargas atmosféricas con mas facilidad.

**CUADRO COMPARATIVO DE CARACTERISTICAS TECNICAS  
COMBINACION DOMO DE ALUMINIO Y CUBIERTA INTERNA  
FLOTANTE VS. TECHO FLOTANTE [8]**

TOPICO O CARACTERISTICA	TIPO DE TECHO	
	FLOTANTE EXTERNO	DOMO + CUBIERTA INTERNA. DE ALUMINIO
PESO DE INSTALACION	Un techo flotante externo de acero de 200' de diámetro pesa aproximadamente:  320,000 kg.	La combinación de Domo y Cubierta interna, equivalente pesa un total combinado de aproximadamente:  42,000 kg.
TIEMPO DE INSTALACION  200 Pies de diámetro	20 SEMANAS	7 SEMANAS
VIDA UTIL	La tasa de corrosión del acero al carbono es de $8 \times 10^{-2}$ mm por año en ambientes poco agresivos. Considerando que el techo es pintado cada 5 años, lo cual representa una vida útil de 15 años.	La aleación 3003 de aluminio, tiene una tasa de corrosión de $1.5 \times 10^{-3}$ mm por año, lo que representa una vida útil mayor de 100 años.
MANTENIMIENTO (reparación)	La posibilidad de tener que reparar alguna sección del techo, involucra la necesidad de grúas, soldaduras, oxicorte, pintura, haciendo mas complicado este procedimiento.	En la necesidad de requerirse reparación en un Domo de aluminio o cubierta interna, las piezas a cambiar pueden ser movilizadas manualmente y ser reemplazadas con herramientas simples en muy poco tiempo.

TOPICO O CARACTERISTICA	TIPO DE TECHO	
	FLOTANTE EXTERNO	DOMO + CUBIERTA INTERNA. DE ALUMINIO
MANTENIMIENTO (pintura)	Cada 5 años se requiere realizar el mantenimiento de la superficie del techo, lo que incluye, sandblastig, pintura y posible reposición de planchas .	No se requiere pintura ni mantenimiento durante toda la vida útil de los dispositivos. lo cual representa un ahorro significativo de estos costos directos .
CONTAMINACION DEL PRODUCTO:	La lluvia y el polvo penetran a través de la junta sello pared, contaminando el producto y haciendo necesarios los procedimientos de drenaje periódico del fondo.	Los contaminantes ambientales son efectivamente aislados del interior del tanque. El agua y polvo no alcanzan al producto, pudiéndose eliminar los procedimientos para removerlos.
CONTAMINACION AMBIENTAL	Además de las emisiones de vapores que se producen, inducidas por el viento a su paso sobre el tanque, en los procedimientos de drenaje de agua del fondo, se arrastran cantidades de producto, que representan un factor importante de contaminación ambiental.	El Domo rompe el efecto del viento a su paso sobre el tanque, reduciendo considerablemente las emisiones de hidrocarburos. El drenaje de agua de fondo es minimizado, al menos en lo que se refiere al agua de lluvia.
SEGURIDAD EN LA CONSTRUCCION	El peso de los materiales, la necesidad de equipos pesados, el trabajo en altura, además de la necesidad de soldadura y oxicorte, hacen que la actividad de construir el techo sea de alto riesgo.	Los materiales son muy livianos, no es necesario soldaduras ni oxicorte, además de que la construcción se realiza a nivel del suelo. No se utiliza ninguna maquinaria pesada en la construcción.

TOPICO O CARACTERISTICA	TIPO DE TECHO	
	FLOTANTE EXTERNO	DOMO + CUBIERTA INTERNA. DE ALUMINIO
SEGURIDAD EN OPERACION	<p>La conductividad eléctrica del acero es <math>4.6 \times 10^4</math> (W cm)<sup>-1</sup>. lo que aunado a el revestimiento y la corrosión, dificulta la disipación de descargas atmosféricas y carga estática, principales causas de incendios en tanques de almacenamiento.</p> <p>En la situación de accidentes de operación, es común la existencia de choques entre las partes de acero del techo con la pared o fondo del tanque. Este choque produce chispa, que en ciertas condiciones se convierte en agente de ignición.</p> <p>Se necesita implementar un procedimiento de inspección periódica, para garantizar la correcta operación de los accesorios y disminuir la posibilidad de accidentes de operación del techo.</p>	<p>La conductividad del aluminio es <math>3.77 \times 10^5</math> (W cm)<sup>-1</sup>, superior en un 700 % a la del acero. Debido a esto, el Domo de aluminio, absorbe rápidamente cualquier carga estática del ambiente, disipándola a tierra antes de que alcance al techo flotante. De igual manera ocurre en la situación de una descarga atmosférica.</p> <p>El choque acero aluminio no produce chispa, lo que disminuye la posibilidad de incendio.</p> <p>La operación del tanque, no requiere ninguna atención en lo que respecta a la operatividad de la cubierta. No existen dispositivos de los cuales dependa la integridad o seguridad de la operación.</p>

TOPICO O CARACTERISTICA	TIPO DE TECHO	
	FLOTANTE EXTERNO	DOMO + CUBIERTA INTERNA. DE ALUMINIO
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO	La altura de pontón del techo flotante externo, resta capacidad de almacenamiento, en relación con lo que se podría almacenar para la altura total del tanque. Esto en algunos casos llega a ser hasta de 1.5 mt.	La cubierta interna, únicamente necesita 14" (0.4mt) de esta altura. Incrementando la capacidad de almacenamiento de manera importante. En un tanque de 200' este incremento puede ser de hasta 20,000 Bbls.

## **APENDICE C: Hoja de datos Técnicos**

**API 650 HOJA DE DATOS ESTANDAR**

TANQUE DE 5.000 BLS PARA ALMACENAMIENTO DE ETANOL

Para Cotización  Subasta  Evaluación de diseño  Revisión de diseño  Construcción

**INFORMACION GENERAL**

Medidas a ser usadas en esta hoja de datos API ESTD 650: SI  Unidades inglesas:

1 Constructor\*: OFERTANTE Dirección\*: OFERTANTE Contrato No.\*: DESPUES  
 No. Serie Manuf.\*: \_\_\_\_\_ Año de Construcción\*: \_\_\_\_\_  
 Edición y Anexos de API 650\*: 11ava EDICION

2 Comprador: SODERAL Dirección: MARCELINO MARIDUEÑA  
 Contrato No.: LUEGO Designación de tanque: POR SODERAL

3 Dueño / Operador: SODERAL Lugar: PLANTA SODERAL

4 Limitación de tamaño:  
 Diámetro de tanque\*: 11000mm (36,08 ft) DI Altura cuerpo\*: 10500mm  
 Capacidad Máxima\*: 896m3 (5625 BLS) Trabajo neto\*: OFERTANTE Criterio\*: API RP 2350

5 Producto Almacenado:  
 Líquido: ETANOL Máx. Gravedad Específica: 0,7893 a: 25°C  
 Gas suspendido: N/A Presión de vapor: 0,844@20°C PSIA a Temp. Max. Operación  
 % Aromáticos: N/A Espec. Facilitadas: N/A

Servicio H<sub>2</sub>S: SI:  NO:  Espec. Facilitadas: N/A  
 Otras Condiciones Especiales de Servicio: SI:  NO:  Espec. Facilitadas: N/A

**DISEÑO Y PRUEBAS**

Comprador a Revisar Diseño Antes De Compra De Material? SI:  NO:

6 Apéndices Aplicables Del Estándar 650\*:

A	<input type="checkbox"/>	B	<input checked="" type="checkbox"/>	E	<input checked="" type="checkbox"/>	F	<input type="checkbox"/>	G	<input type="checkbox"/>	H	<input checked="" type="checkbox"/>
I	<input checked="" type="checkbox"/>	J	<input type="checkbox"/>	L	<input checked="" type="checkbox"/>	M	<input type="checkbox"/>	O	<input type="checkbox"/>	P	<input checked="" type="checkbox"/>
R	<input checked="" type="checkbox"/>	S	<input type="checkbox"/>	U	<input checked="" type="checkbox"/>	V	<input checked="" type="checkbox"/>	W	<input checked="" type="checkbox"/>		

7 Parámetros de Diseño  
 Max. Temp. De Diseño: 40 °C Temp. De Diseño Del Metal\*: 12 - 40 °C Nivel De Diseño del Líquido\*: 9,87m  
 Presión De Diseño: ATMOSFERICA Presión Externa: ATMOSFERICA  
 Rata de Llenado Máx.: 400 GPM Rata de Vaciado Máx.: 450 GPM

Consideraciones de Flotación?: SI:  NO:  Espec. De Flot. Facilitadas\*: N/A  
 Espec. Carga Aplicada Supl.: N/A

8 Datos de Diseño Sísmico  
 Diseño Sísmico?: SI:  NO:  Apéndice E:  Criterio Sísmico Alternativo: N/A  
 Grupo De Uso Sísmico: III Clase MBE De La Zona: B

Diseño Vertical Sísmico?: SI:  NO:  Acelerador Vertical De Movimiento Del Suelo Av: N/A

Bases de Aceleración Lateral (Seleccionar Una): N/A Parámetros Sísmicos Mapeados?: Ss  S1  So   
 Procedimientos Específicos De Zona? MCE: Diseño Requerido?: SI:  NO:   
 Otro Métodos No - ASCE: N/A  
 Tabla Libre Requerida SUG I Diseño Techo Asegurado a Barras @ Otros Anillos?: SI:  NO:

9 Consideraciones de Diseño por viento  
 Velocidad de Viento para Zonas no-americanas, velocidad de viento 50 años (Brisa 3-segundos)\*: 190 KPH (120MPH)

Estilo del Soporte Superior de Viento\*: Plancha Plegada A 1200mm de parte superior del cuerpo  
 Dimensiones\*: 700mmx150mmx65mmx6mm

Usó Soporte Superior de Viento como Pasarelas?: SI:  NO:   
 Soporte de Viento Intermedio?: SI:  NO:   
 Estilo del Soporte Intermedio de Viento\*: N/A Dimensiones\*: N/A

Chequeo Colapso en Condiciones de Corrosión?: SI:  NO:

\*SI LA CASILLA ESTA EN BLANCO LE CORRESPONDE AL CONSTRUCTOR DETERMINAR Y SUBMITIR COMO EL APENDICE L

Rev.	Por:	Firma:	Fecha:	Ref. Dib.:	Aprobado por:	PAGINA 1 DE 10



**API 650 HOJA DE DATOS ESTANDAR**

**TANQUE DE 5.000 BLS PARA ALMACENAMIENTO DE ETANOL**

**14 Prueba de Presión**

Responsabilidad para calentamiento de agua, si es requerido : Comprador :  Constructor :

Altura de llenado Prueba Hidrostática\* : 10m Medidas del Lugar Requeridos ? : SI :  NO :

Duración Extendida de Prueba Hidrostática : 24 HORAS Perfil de Sedimentación Proyectado está anexado:  Comprador :  Constructor :

Responsabilidad para establecer la Calidad de Agua : Prueba Suplementaria de Espec. De Calidad de Agua : N/A

Fuente y Localización Desecho de Agua para Prueba : DESPUES

Apéndice J Prueba Hidrostática de Tanque ? : SI :  NO :

Actividades requeridas del constructor después de la Prueba de Presión :

Limpeza con escoba :	<input type="text" value="N/A"/>
Enjuague con Agua Potable :	<input checked="" type="checkbox"/>
Interior Seco :	<input type="text" value="N/A"/>
Otros :	<input type="text" value="N/A"/>

**15 Requerimientos Opcional de Fabricación, Montaje, Inspección y Prueba**

Inspección en almacén por : SODERAL Inspección en Campo por : SODERAL

Responsabilidad Suplementaria END : OFERTANTE Espec. Suplementarias END : N/A

Identificación Positiva de Material : SI :  NO :  Requerimientos IPM : Reporte de Prueba de Material (RPM)

Espesor Max. De Plancha a Cortante : N/A

Deben ser pasos múltiples soldaduras que no excedan 6 mm (1/4") ? : SI :  NO :

Deben ser pasos múltiples soldaduras mayores a 6 mm (1/4") ? : SI :  NO :

Método para Prueba de Fuga:

Techo* :	<input type="text" value="SI"/>	Prueba Radiográfica :	<u>API 650 Sección 6</u>	<input type="text" value="N/A"/>
Cuerpo* :	<input type="text" value="N/A"/>	Techo* :		<input type="text" value="N/A"/>
Boquilla cuerpo/Plancha Refuerzo Entrada Hombre*	<input type="text" value="SI"/>	Cuerpo* :		<input type="text" value="SI"/>
Fondo* :	<input type="text" value="SI"/>	Boquilla cuerpo/Plancha Refuerzo Entrada Hombre*		<input type="text" value="SI"/>
Componentes flotantes de techo* :	<input type="text" value="SI"/>	Fondo* :		<input type="text" value="N/A"/>
		Componentes flotantes de techo* :		<input type="text" value="N/A"/>

Modificar o ignorar Tolerancias Dimensionales API (ver 7.5) ? : SI  NO :

Especificación : N/A

Especificar Tolerancias Adicionales, si alguna, y localizaciones de medidas verticales y circunferenciales:

Vertical Permitida : N/A Medida y apuntar al mínimo de : 8 Localización o cada : 4.14 m alrededor del tanque, a las siguientes alturas del cuerpo:(seleccione una casilla)

1/3 H, 2/3 H y H  Alto de cada anillo  Otro

Redondeamiento Permitido\*\* : N/A Medida de radio y apuntar al mínimo de : N/A Localización de cada : N/A m (ft) alrededor del tanque, a las siguientes alturas del cuerpo: (seleccione una casilla)

N/A Parte Superior de Tanque, H N/A 1/3 H, 2/3 H y H N/A Parte Superior de cada anillo N/A Otro

**16 Recubrimientos:**

Recubrimiento interno por : OFERTANTE Por Espec.\* : SSPC SP-10

Preparación Superficial :

Fondo :	<input checked="" type="checkbox"/>	Espec. :	<u>SSPC SP-10 (2-3 MILS)</u>
Cuerpo :	<input checked="" type="checkbox"/>	Espec. :	<u>SSPC SP-10 (2-3 MILS)</u>
Techo Interno :	<input type="text" value="N/A"/>	Espec. :	<u>N/A</u>
Estructurales :	<input checked="" type="checkbox"/>	Espec. :	<u>SSPC SP-10 (2-3 MILS)</u>
Debajo de fondo :	<input type="text" value="N/A"/>	Espec. :	<u>N/A</u>

Preparación Superficial Media : Granallado

Recubrimientos:

Primer:	<u>EPOXI FENOLICO HOLDING PRIMER ( 3 MILS)</u>
Intermedio:	<u>N/A</u>
Acabado:	<u>EPOXI FENOLICO ( 12 MILS)</u>

\*SI LA CASILLA ESTA EN BLANCO LECORRESPONDE AL CONSTRUCTOR DETERMINAR Y SUBMITIR COMO EL APENDICE L

\*\*VER INSTRUCCIONES EN HOJA DE DATOS PARA LA MAXIMA TOLERANCIA RADIAL ADICIONAL PERMITIDA

Rev.	Por :	Firma :	Fecha :	Ref. Dib.:	Aprobado por :	PAGINA 3 DE 10

**API 650 HOJA DE DATOS ESTANDAR**

**TANQUE DE 5.000 BLS PARA ALMACENAMIENTO DE ETANOL**

Recubrimiento Externo por : OFERTANTE Por Espec.\* : SSPC SP-5

Preparación Superficial:	Cuerpo:	<input checked="" type="checkbox"/>	Espec.:	<u>SSPC SP-5 (1-3 MILS)</u>
	Techo Externo	<input type="checkbox"/>	Espec.:	<u>N/A</u>
	Escaleras	<input checked="" type="checkbox"/>	Espec.:	<u>SSPC SP-5 (1-3 MILS)</u>
	Estructurales	<input checked="" type="checkbox"/>	Espec.:	<u>SSPC SP-5 (1-3 MILS)</u>
	Plataformas	<input checked="" type="checkbox"/>	Espec.:	<u>SSPC SP-5 (1-3 MILS)</u>

Preparación Superficial Media : Granallado  
 Recubrimiento : Primer: EPOXI POLIAMIDA ( 2 MILS)  
 Intermedio: EPOXI POLIAMIDA ( 4 MILS)  
 Acabado: POLIURETANO ( 2,4 MILS)

Recubrimiento bajo el fondo por : N/A Por Espec.\* : N/A

- 17 Protección Catódica**  
 Sistema de Protección Catódica ? : SI:  NO:  Por Espec.\* : EST. API 651 (Ver NOTA 5)
- 18 Sistema de Detección de Fuga**  
 Sistema de Detección de Fuga ? : SI:  NO:  Por Espec.\* : EST. API 650 Apéndice I
- 19 Barrera de Prevención de Fuga**  
 Barrera de Prevención de Fuga ? : SI:  NO:  Por Espec.\* : GEOMEMBRANA/OFERTANTE
- 20 Sistema de Medición de Tanque**  
 Sistema de Medición de Tanque Requerido ? : SI:  NO:   
 Capacidad Remota Requerida ? : SI:  NO:   
 Por : DESPUES Por Espec.\* : N/A

**21 Requerimientos Pesos de Tanque y Elevación**  
 Lleno de Agua\* : 825390,25 Kg Embalado\* : N/A  
 Vacío\* : 28172,25Kg Espec. De Anclaje/izaje\* : N/A

**22 Referencias\* :** EST. API 650 APE L

**23 Notas\***

Nota 1 : El Ofertante debe llenar las celdas marcadas "OFERTANTE"

Nota 2 : Las celdas marcadas con DESPUES deben ser llenadas por el CONTRATISTA al entregar la ingeniería y memoria de cálculo

Nota 3 : La capacidad neta de trabajo la determinará la calibración del Tanque que es responsabilidad del Contratista

Nota 4 : La pintura interna incluye el fondo, 1.50m del 1er anillo

Nota 5 : El Sistema de Protección Catódica de Fondo Externo es por Corriente Impresa (responsabilidad del Contratista)

Nota 6 : Sello Primario y Secundario con Zapata y Barrera Retenedora de Espuma tipo HMT o similares (responsabilidad del Contratista)

Nota 7 : Domo Geodésico de Aluminio tipo Conservatek o similares (responsabilidad del Contratista)

Rev.	Por :	Firma :	Fecha :	Ref. Dib.:	Aprobado por :	PAGINA 4 DE 10





**API 650 HOJA DE DATOS ESTANDAR**

TANQUE DE 5.000 BLS PARA ALMACENAMIENTO DE ETANOL

**OTROS ACCESORIOS DE TANQUE**

**24 Plataforma, Escalera y Rieles:**

Galvanizado Requerido ?\* : SI :  NO :  Espec. Add.: SOLO EN SUPERFICIES DE ANDADURA

Estilo de Escalera\* : Recto :  Helicoid  Tipo de Superficie para Caminar\* : Antideslizante

Ancho Mínimo Escalera y Pasarela : 610 mm (24") Estándares de Seguridad Nacional\* : N/A

Especificaciones Estructurales/Arquitectónicas: N/A

Plataforma de Medición Requerida?\* : SI :  NO :  Ctd Req.\* : 1 Por Espec.\*: API 650

**25 Manta y otros Calentadores y Enfriadores**

Manta Requerida ?\* : SI :  NO :  Otro Calentador/Enfriador Requerido ?\* : SI :  NO :

Especificaciones de Manta , Calentador o Enfriador Suplementaria\* : N/A

**26 Agitador/Mezclador**

Cantidad N/A Tamaño: N/A Por Espec.\*: N/A

**27 Datos de Insulación**

Requerida SI :  NO :  Espesor\* : N/A Material\* : N/A

Por Espec.\*: N/A

Responsabilidad para Insulación e Instalación : N/A

(Comprador, Constructor, Otros)

**28 Agregados Estructurales:**

Maderos de Izaje?\*: SI :  NO :  Desc.\*: N/A

Anclaje de Cuerpo?\*: SI :  NO :  Tipo\* : N/A

Andamio Soportado por Cable ? : SI :  NO :

**29 Varios Items :**

Tipo de Soldadura a Nivel: Conexiones del cuerpo? : SI :  NO :

Ajuste de Drenaje? : SI :  NO :

Omitir Aplicación de Apéndice SI :  NO :

Miscelania No 1 :	<u>Domo Geodésico de Aluminio</u>	Miscelania No 2 :	<u>Elevation Mark Clips</u>
Miscelania No 3 :	<u>Primary &amp; Secondary Seal w/Foam Dam</u>	Miscelania No 4 :	<u>Foam Chambers &amp; Rise Pipe</u>
Miscelania No 5 :	<u>Guide &amp; Gauging Pole</u>	Miscelania No 6 :	<u>N/A</u>
Miscelania No 7 :	<u>Name Plate</u>	Miscelania No 8 :	<u>N/A</u>
Miscelania No 9 :	<u>Tank Grounding Clips</u>	Miscelania No 10 :	<u>N/A</u>
Miscelania No 11 :	<u>Instrumentation Clips</u>	Miscelania No 12 :	<u>N/A</u>

**Tabla No 4 : OTROS AGREGADOS DEL TANQUE\***

Marca	Ctd	Servicio o Descripción	Tamaño	Orientación	Altura desde Origen	Material	Remarcas
14	1	Entrada Hombre del Techo	OFERTANTE	DESPUES	DESPUES	A36	DESPUES
3	1	Poste Guía & Escotilla de Medición	8"	DESPUES	DESPUES	DESPUES	DESPUES
1	1	Ventoe de Emergencia	8"	DESPUES	DESPUES	DESPUES	DESPUES
2	1	Plataforma de Medición	See Dwg	DESPUES	DESPUES	DESPUES	DESPUES
		Sujetadores de Instrumentación	< 2x2x3/16x10	DESPUES	DESPUES	DESPUES	DESPUES
		Sujetadores a Piso	2"x3"x1/4"	DESPUES	DESPUES	DESPUES	DESPUES
13	1	Placa de Nombre	OFERTANTE	DESPUES	DESPUES	DESPUES	DESPUES
5	1	Cámaras de Espuma	DESPUES	DESPUES	DESPUES	DESPUES	DESPUES
		Sujetadores de Marca de Elevación	2"x3"x1/4"	DESPUES	DESPUES	DESPUES	DESPUES

\*SI LA CAsILLA ESTa EN BLANCO LE CORRESPONDE AL CONSTRUCTOR DETERMINAR Y SUBMITIR COMO EL APENDICE L

Rev.	Por :	Firma :	Fecha :	Ref. Dib.:	Aprobado por :	PAGINA 7 DE 10





**API 650 HOJA DE DATOS ESTANDAR**

**TANQUE DE 5.000 BLS PARA ALMACENAMIENTO DE ETANOL**

Dibujos y Plan del Tanque

POR OFERTANTE

\*SI LA CASILLA ESTA EN BLANCO LE CORRESPONDE AL CONSTRUCTOR DETERMINAR Y SUBMITIR COMO EL APENDICE L

Rev.	Por :	Firma :	Fecha :	Ref. Dib.:	Aprobado por :	PAGINA 10 DE 10

## BIBLIOGRAFÍA

1. Norma API 650 “Welded Steel Tank for Oil Storage”, 11 ava edición, 2007.
2. Norma NRF-015-PEMEX-2003 “Protección de Áreas y Tanque de Almacenamiento de Productos Inflamables y Combustibles”, 2004.
3. Norma NRF-010-PEMEX-2001 “Espaciamientos Mínimos y Criterios para la Distribución de Instalaciones Industriales en Centros de Trabajo de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios”, 2004.
4. Norma de Seguridad Industrial PETROECUADOR, 1991.
5. Norma SSPC-SP5 “Steel Structures Painting Council”, 2000.
6. Norma API 651 “Cathodic Protection of Aboveground Petroleum Storage Tanks”, 1997.
7. Norma API SPC 12D, “Specification for Field Welded Tanks for Storage of Production Liquids”, 1994.
8. [www.diorcaindustrial.com](http://www.diorcaindustrial.com)
9. [www.quiminet.com.mx/pr6/GEOMEMBRANA](http://www.quiminet.com.mx/pr6/GEOMEMBRANA).
10. [www.evi.com.mx/evicom/prod\\_geomembrana](http://www.evi.com.mx/evicom/prod_geomembrana)

11. [www.arquitectuba.com.ar/monografias-de-arquitectura/asfalto-obras-publicas/](http://www.arquitectuba.com.ar/monografias-de-arquitectura/asfalto-obras-publicas/)

12. [www.knmi.nl/samenw/hydra/faq/press](http://www.knmi.nl/samenw/hydra/faq/press)

13. [www.ecosu.net/Sustancias%20Peligrosas/etanol](http://www.ecosu.net/Sustancias%20Peligrosas/etanol)

14. [www.evi.com.mx/evicom/prod\\_geomembrana](http://www.evi.com.mx/evicom/prod_geomembrana)