



672.0
204
C.2

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de
la Producción

“Diseño de un Tanque Normado para Reservorio de Agua con
Capacidad de 320 Metros Cúbicos”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

JORGE LUIS LOYOLA SEGURA



CIB



D-33776

GUAYAQUIL-ECUADOR

AÑO 2004

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que colaboraron en la realización de este trabajo, hago un agradecimiento especial al Ingeniero Ernesto Martínez por la dedicación prestada como Director de Tesis.

DEDICATORIA

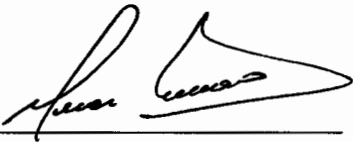
A Dios.

A mis padres por toda su entrega.



CIB-ESPOL

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



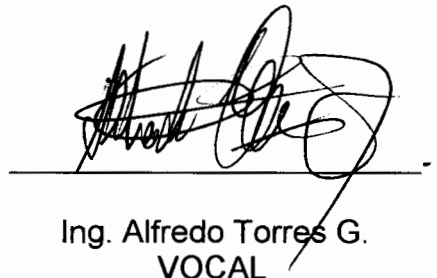
Ing. Omar Serrano V.
DELEGADO POR EL DECANO
DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Ernesto Martínez L.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Manuel Helguero G.
VOCAL

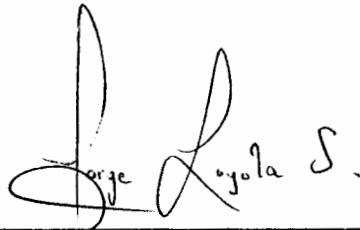


Ing. Alfredo Torres G.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

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

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Jorge Luis Loyola S.

Jorge Luis Loyola Segura
Noviembre de 2004



RESUMEN

La presente tesis de grado ha sido desarrollada para dar una solución técnica y económica al problema existente en una hacienda ubicada en la Cuenca del Guayas, dentro del área de la comuna de Chongón, con una extensión de cuarenta hectáreas en las cuales se realiza el cultivo experimental de diferentes especies de árboles frutales que proporcionan mango, ciruela, naranjas, limones, plátano y otras especies vegetales como yuca y hortalizas; además de la crianza de ganado vacuno, porcino y equino.

La zona se caracteriza por ser relativamente árida, lo cual limita la producción a gran escala, problema que podría ser superado, si se cuenta con un sistema de riego adecuado que potencialice la gran fertilidad que poseen los suelos de este sector. No existiendo el recurso hídrico natural, el abastecimiento de agua se lo realiza desde uno de los canales de la presa Daule-Peripa que se encuentra a una distancia relativamente corta pero que tan solo es alimentado por la Cooperativa de Riego de Chongón una vez a la semana durante el lapso de cinco horas.

Esto conlleva a la necesidad de almacenar un volumen de agua que permita cubrir la demanda durante el lapso de tiempo que la comuna no la provee, a través de un reservorio cuya capacidad aproximada será de trescientos veinte metros cúbicos, parámetro suministrado por el respectivo estudio agrícola. El reservorio será en este caso un tanque que deberá cumplir el requerimiento dimensional de la hacienda y que cumplirá con las normas establecidas para el diseño y construcción de este tipo de elementos.

En este documento se expondrá tanto la teoría como las normas referentes al diseño estructural del tanque, así como las normas que se deberán cumplir durante su construcción y montaje, tales como API 650 de la American Petroleum Institute, AWWA C210 de la American Water Workers Association, American Society of Testing and Materials (ASTM), American National Standards Institute (ANSI), SSPC-SP y SSPC-PS de la Steel Structure Painting Council; además de cubrir la selección del sistema de bombeo con sus respectivos accesorios que permitirá la recirculación propia del tanque evitando así procesos anaeróbicos.

Dentro de los cálculos se considerarán como factores críticos las cargas de viento, la presión hidrostática, la carga sísmica, carga muerta, diseño de anclaje, soldadura, y análisis del período de vibración, este último muy importante por concepto de efectos de resonancia que pudieran existir. Se



seleccionará la bomba adecuada para vencer el cabezal hidrostático y la caída de presión generada en el interior de la tubería a lo largo de su recorrido desde los canales de riego hasta la parte superior del tanque.

Finalmente se obtendrá un tanque a bajo costo y construcción en tiempo relativamente corto debido a que se suministrarán los planos de construcción y los cronogramas respectivos. Se espera que este trabajo permita la ejecución de similares proyectos en el futuro y que sirva como guía en el diseño de tanques reservorios debidamente normados; además de cumplir con las expectativas de riego en la zona anteriormente mencionada, de tal forma que se establezca una área productiva.



CIB-ESPOL

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	VI
INDICE GENERAL	IX
ABREVIATURAS	XI
SIMBOLOGIA.....	XII
INDICE DE FIGURAS.....	XIV
INDICE DE TABLAS.....	XV
INDICE DE PLANOS	XVI
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO 1	
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	3
1.1 Análisis de la situación geográfica de la hacienda y su entorno de recursos hídricos.....	3
1.2 Análisis y solución al problema	5
CAPITULO 2	
2. DISEÑO ESTRUCTURAL DE TANQUE Y SISTEMA DE BOMBEO.....	7
2.1 Normas a utilizar	7
2.2 Diseño de forma y característica de materiales	8

2.3	Consideración de cargas actuantes en el tanque	11
2.4	Diseño de espesores de chapa de tanque.....	21
2.5	Análisis del período de vibración del tanque.....	23
2.6	Diseño del sistema de anclaje	24
2.7	Selección del sistema de bombeo y tubería.....	26

CAPITULO 3

3.	CONSIDERACIONES DE CONSTRUCCION	30
3.1	Aplicación de soldadura y pruebas de control.....	30
3.2	Preparación de superficie.....	32
3.3	Acabado superficial y pruebas de control.....	33
3.4	Prueba hidrostática	36
3.5	Cronograma de construcción y montaje.....	36

CAPITULO 4

4.	ANALISIS DE COSTOS	38
----	--------------------------	----

CAPITULO 5

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
----	--------------------------------------	----

APENDICES

BIBLIOGRAFIA



ABREVIATURAS

cm	Centímetro
cm ²	Centímetros cuadrados
HP	Caballos de fuerza
Kg	Kilogramo
Lbs	Libras
m	Metros
m ²	Metros cuadrados
MC,m ³	Metros cúbicos
mills	Milésimas de pulgada
mm	Milímetro
Pot	Potencia
pulg	Pulgadas
pulg ²	Pulgadas cuadradas
Seg,s	Segundos
W	Wattios

SIMBOLOGÍA

A	Área transversal de la tubería
A_B	Área del círculo de pernos de anclaje
B_A	Área requerida por perno de anclaje
$^{\circ}\text{C}$	Grados centígrados
CA	Espesor adicionado por efectos de corrosión
C_B	Perímetro del círculo de pernos de anclaje
C_e	Coefficiente del factor por ráfagas de viento
C_q	Factor de forma
C_1	Coefficiente de fuerza lateral
C_2	Coefficiente de fuerza lateral
D, \varnothing	Diámetro
f	Factor de fricción
G	Gravedad específica de líquido a ser almacenado
g	Aceleración de la gravedad
H	Altura
H_t	Altura del manto del tanque
H_L	Pérdida de cabezal debido a fricción
I	Coefficiente básico de facilidades
K	Coefficiente adimensional dado por API
L	Longitud
M	Momento
N	Número de pernos
P_w	Presión de trabajo ejercido por viento
Q	Caudal
q_s	Presión de estancamiento del viento
Re	Número de Reynolds
S	Coefficiente de perfil de suelo
S_B	Esfuerzo de trabajo del perno
T	Período de vibración del tanque, tensión lineal
t	Espesor de diseño
V	Velocidad de fluido
W	Peso del recipiente vacío

W_g	Peso del manto de tanque
W_r	Peso del techo de tanque
W_t	Peso del contenido de tanque
W_1	Peso de la masa efectiva contenido en tanque
W_2	Peso de la masa efectiva del primer modo resonante del contenido en tanque
w	Carga uniformemente distribuida
X_g	Altura desde el fondo hasta centroide de tanque
X_1	Altura desde el fondo de tanque hasta centroide del punto de aplicación de la fuerza lateral sísmica W_1
X_2	Altura desde el fondo de tanque hasta centroide del punto de aplicación de la fuerza lateral sísmica W_2
Z	Coefficiente de zona sísmica
ε	rugosidad
π	3.14159265...
ρ	Densidad
μ	Viscosidad
$\$$	Dólares americanos
$\#$	Número, numeral



ÍNDICE DE FIGURAS

			Pág.
Figura	1.1	Plantaciones de hacienda.....	4
Figura	1.2	Instalación para ganado porcino.....	4
Figura	2.1	Diseño de forma de tanque reservorio. Cap 320m ³	10
Figura	3.1	Tipos de soldadura	31

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1 Requerimiento mínimo de consumo de agua	6
Tabla 2.1 Alternativas de diseño de forma de tanque	9
Tabla 2.2 Factor de forma de viga	13
Tabla 2.3 Factor de altura de viga	13
Tabla 3.1 Normas SSPC de preparación superficial	35

ÍNDICE DE PLANOS

Plano	1	Vista frontal de tanque reservorio
Plano	2	Vista superior de tanque reservorio
Plano	3	Detalle de distribución de plancha en manto
Plano	4	Distribución de plancha en techo y piso
Plano	5	Detalle de soldadura en manto y entradas de agua
Plano	6	Detalle de manhole
Plano	7	Listado de materiales.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo trata sobre el diseño de un tanque para reservorio de agua con capacidad de 320 metros cúbicos, el mismo que se encontrará en la hacienda "LA HORMIGA" dado el requerimiento de mantener cierta cantidad de agua almacenada para uso de las diferentes actividades productivas dentro de la hacienda.

La hacienda se encuentra ubicada en la cuenca del Guayas en la vía Guayaquil-Chongón, sector que se encontró favorecido por el proyecto hídrico para el suministro de agua a los sectores agrícolas, recurso que es administrado por la comuna del sector y es distribuido periódicamente a cada uno de sus miembros. Para contar con suministro de agua permanente y no periódico se estudió el caso de crear un reservorio de agua y de esta forma aprovechar de forma eficiente la adquisición de este recurso, en el período destinado a la hacienda.

La capacidad del reservorio fue determinada a través de la cuantificación del volumen a requerir en el lapso de una semana, considerando que actualmente existen veinte reses, cinco caballos y aproximadamente cien aves de diferente variedad. La visión expansiva del número de cada uno de estos animales más la provisión de agua a invernaderos en un total de ocho con medidas aproximadas de veinte por treinta metros de longitud, ha permitido la justificación del proyecto.



El tanque reservorio, por tanto, será diseñado en esta tesis partiendo de consideraciones de diámetro y altura las cuales estarán restringidas por el área destinada para la ubicación del mismo y será en la parte más alta de la hacienda; en una pequeña elevación de tierra con un aproximado de diez metros con respecto al nivel del terreno.

Las normas que se utilizan en el diseño son API 650 de la American Petroleum Institute, AWWA C210 de la American Water Works Association, American Society of Testing and Materials (ASTM), American National Standards Institute (ANSI), SSPC-SP y SSPC-PS de la Steel Structure Painting Council.

Con el fin de optimizar tiempo y recursos, se deja planteado el cronograma respectivo que permita la ejecución sincronizada en la construcción y montaje del tanque.

Capítulo 1

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO.

1.1 Análisis de la situación geográfica de la hacienda y su entorno de recursos hídricos.

La hacienda, ubicada dentro del área de la comuna de Chongón, en la Cuenca Guayas con una extensión de cuarenta hectáreas en las cuales se realiza el cultivo experimental de diferentes especies de árboles frutales que proporcionan mango, ciruela, naranjas, limones, plátano y otras especies vegetales como yuca y hortalizas; además de la crianza de ganado vacuno, porcino y equino (ver figura 1 y 2).

El clima de este sector es cálido, cuya temperatura media no es inferior a 25 °C y con períodos de lluvias definidas dentro del año, que no garantizan la cosecha de los productos antes mencionados.

Su tierra se caracteriza por ser relativamente árida, no existiendo el recurso hídrico natural, el abastecimiento de agua se lo realiza desde uno de los canales de la presa Daule-Peripa que se encuentra a una



FIGURA 1.1: PLANTACIONES DE HACIENDA



FIGURA 1.2: INSTALACIÓN PARA GANADO PORCINO

distancia relativamente corta pero que tan solo es alimentado por la Cooperativa de Riego de Chongón una vez a la semana durante el lapso de cinco horas.

1.2 Análisis y solución al problema

El estudio conlleva a la necesidad de almacenar un volumen de agua que permita cubrir la demanda durante el lapso de tiempo que la comuna no la provee, a través de un reservorio cuya capacidad aproximada es de trescientos veinte metros cúbicos, parámetro suministrado por el respectivo estudio agrícola, y se lo determinó a través de la consideración de consumo diario de agua de animales, invernaderos (visión a corto plazo dentro de las tareas productivas con las que contará la hacienda) y riego del total de hectáreas dispuestas a ser cultivadas, valor que fue multiplicado por seis considerando este total de días en la semana; el séptimo día será aprovechado a través de suministro directo de los canales de la comuna.

En la tabla 2.1, se presentan los valores a considerar para el establecimiento del volumen total del tanque.



Animales	Consumo x día m3	Número Unid.	Total m3
Ganado Vacuno	0.012	50	0.6
Ganado Porcino	0.003	50	0.15
Ganado Equino	0.012	5	0.06
Aves de Corral	0.000152	200	0.0304
Total			0.8404

Tierras	Consumo x día m3	Número Has	Total m3
Tierras cultivables	1.26	40	50.4

Higiene	Consumo x día m3	Total m3
Tierras cultivables	1.5	1.5

Total de Consumo Diario m3	52.7404
Total de Consumo Semanal (6 días) m3	316.4424

TABLA 1.1: Requerimiento mínimo de consumo de agua

El reservorio es un tanque que deberá cumplir el requerimiento dimensional de la hacienda y que cumplirá con las normas establecidas para el diseño y construcción de este tipo de elementos, debido al limitante de espacio físico en lo alto del sitio donde se instalará el tanque (loma rocosa), la base no excederá los 7 metros de diámetro y la altura será la pertinente en función del volumen requerido. Por tanto la altura aproximada será de 10 metros, valor para el cual es dividido los siete metros de diámetro, y da un total de 0.7, valor que lo contempla la norma API (Ver apéndice A, *al final de la tesis*).

Capítulo 2

2. DISEÑO ESTRUCTURAL DE TANQUE Y SISTEMA DE BOMBEO

2.1 Normas a utilizar

Con el fin de entender que es una norma se dará su definición:

Norma.- es un conjunto de especificaciones para efectuar el análisis, diseño, fabricación y construcción de un objeto o sistema. El propósito de una norma es alcanzar un grado especificado de seguridad, eficiencia y buen funcionamiento(1).

El diseño dentro de esta tesis contemplará varios tópicos, entre ellos:

- Selección de materiales
- Diseño
- Fabricación
- Inspección

Para ello estará regido según las normas API 650 para la determinación de espesores tanto de manto como de techo,

soldadura, sistemas de ingreso, ASME sección VIII división 1 para la eficiencia de las juntas y margen de corrosión, ANSI para sistemas de acceso y escaleras. Para preparación de superficies y acabados se aplicarán las normas AWWA C210 (la que nos envía a la SSPC). En cada caso para el diseño se especificará el número y referencia respectiva. La aplicación de las presentes normas permitirá obtener un alto grado de confiabilidad en el diseño y construcción del tanque.

2.2 Diseño de forma y característica de materiales.

El tanque contemplará una forma cilíndrica constituido por un piso, el manto cuyos espesores serán variables, un techo de forma cónica con la suficiente rigidez para sostenerse por sí mismo y un rigidizador formado por un ángulo rolado ubicado en la parte superior del cuerpo cilíndrico (ver figura 2.3).

El diámetro en relación con la altura del tanque y la capacidad de este, deberán proveer un sistema óptimo de almacenamiento, sin embargo la norma proveerá un espesor adecuado a partir del dimensionamiento que se dé y esto se reflejará en el factor de forma D/H dado en API 650 de donde, el diámetro del reservorio será 6690 mm y la altura respectiva será 9300 mm (2).

Opciones	Diámetro	Altura	Volumen
Alternativa 1	6000	11462	324.1
Alternativa 2	6690	9300	324.1
Alternativa 3	7000	8421	324.1

TABLA 2.1: Alternativas de diseño de forma de tanque

De las alternativas expuestas anteriormente se escogerá la segunda, debido a que se deben considerar parámetros de construcción tales como el desarrollo del cilindro del manto, es decir, al rolar las planchas que forman el manto del tanque abarcará un total de 3 ½ planchas de 6000x1800 mm sin generar de esta forma desperdicio alguno.

Para la construcción del tanque se utilizará acero estructural ASTM A-36 basado en la norma API 650 sección 2, subsección 2.2 con título Placas (Ver apéndice A.1), la cual permite seleccionar entre los aceros A-36 (acero estructural), A-283 grados C y D, A-285 grado C .



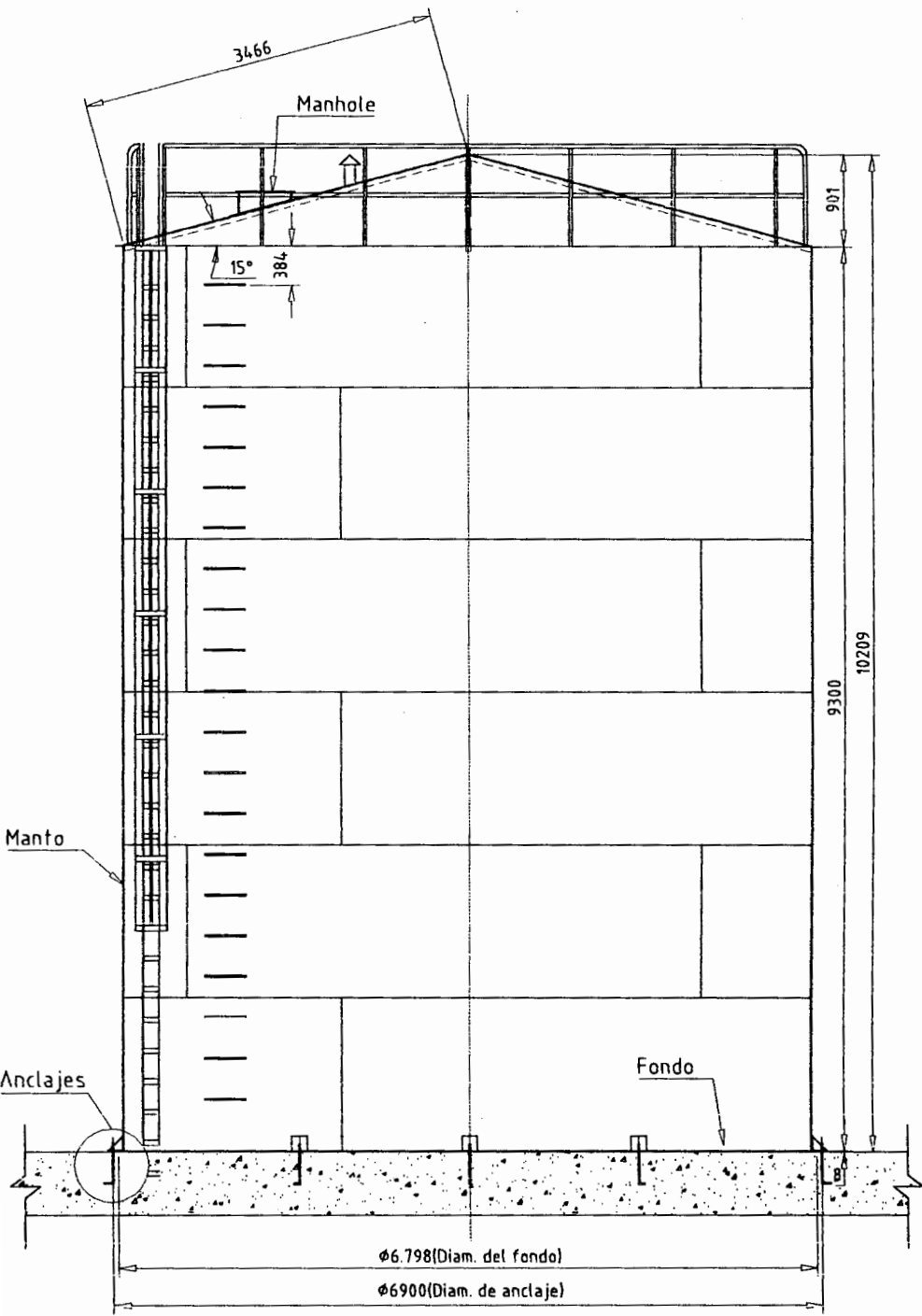


FIGURA 2.1: DISEÑO DE TANQUE RESERVOIRIO DE AGUA CON CAPACIDAD DE 320 MC

Debido a que el acero A-36, presentado en planchas de diferentes medidas es común en el mercado ecuatoriano, se optará por este material (3).

Entre las medidas comunes de las planchas que se ofertan están:

- 2440 x1220 mm
- 2000 x1000 mm
- 6000 x 1500 mm
- 6000 x 1800 mm
- 6000 x 2000 mm

El perfil a ser utilizado como refuerzo cumple con la sección 3.4.4 con título Restricciones en Anillos Rigidizadores (2), la cual expresa que el tamaño mínimo a ser usado como componente en la construcción del anillo rigidizador deberá ser 63.5 x 63.5 mm, con espesor de 6.35 mm (2 ½" x 2 ½" x ¼"). Cuando los anillos rigidizadores se encuentran localizados 610 mm (2 pies) o más, por debajo del filo superior del tanque, el ángulo a utilizarse será 63.5 x 63.5 mm, con espesor de 4.76 mm (2 ½" x 2 ½" x 3/16").

2.3 Consideración de cargas actuantes en el tanque

Las cargas bajo las cuales el tanque estará a consideración serán:

- Fuerza del viento
- Carga sísmica

- Carga hidrostática
- Carga muerta debido al peso.

Las combinaciones de cargas a las cuales puede someterse el tanque serán:

- Carga muerta + carga del viento
- Carga muerta + carga viva
- Carga muerta + carga viva + carga de viento
- Carga muerta + carga viva + carga sísmica.

CARGA DEBIDA AL VIENTO

Se analizará y diseñará el tanque para soportar esfuerzos debido a fuerzas del viento.

Para realizar esto se considerará al recipiente como una viga en voladizo con carga uniforme realizando el diseño de acuerdo a la norma ANSI A58.1- 1982, en el que la presión de trabajo ejercida por el viento en el tanque está definida por (4):

$$P_w = q_s C_e C_q = 15 * 0.8 * 1 = 12 \text{ lbs/pie}^2 (572.72 \text{ Pa}) \quad (2.1)$$

Donde:

- q_s : Es la presión de estancamiento del viento a la altura estándar, la cual para Guayaquil de 15 lbs/pie² (ref. Artículo del Ing. Sixto Escalante Chalén. (5)), Tomado de la revista "Energía"

del Colegio de Ingenieros Mecánicos del Guayas, volumen 4 # 4 de Junio/99, página 22).

C_q : es el factor de forma dado por ANSI, el cual en este caso contempla un valor de 0.8, por ser el tanque de forma cilíndrica.

Coefficiente de presión C_q	Factor de forma
Torres cuadradas o rectangulares	1.4
Torres hexagonales u octagonales	1.1
Torres redondas o elípticas	0.8

Tabla 2.2 : Factor de forma de viga (4)

C_e : es el coeficiente del factor por ráfagas, el cual en este caso toma el valor de 1.

Altura sobre el piso, pies	Coeficiente C_e	
	Exposición C	Exposición B
0-20	1.2	0.7
20-40	1.3	0.8
40-60	1.5	1.0
60-100	1.6	1.1

Exposición C: condiciones severas en EEUU.

Exposición B: condiciones medias en EEUU.

Tabla 2.3 : Factor de Altura de viga (4)

Como se observó, la respuesta obtenida es de 12 lbs/pie² (572.72 Pa), sin embargo tomaremos el dato sugerido de 15 lbs/pie² (715 Pa).

A partir de este resultado se calcula el momento de volteo debido al viento mediante la fórmula deducida para momento máximo de una viga en voladizo con carga uniforme (1):

$$\text{Momento} = (w L^2)/2 ; \text{ donde } w = P_w D \text{ y } L = H \quad (2.2)$$

Reemplazando tenemos:

$$\text{Momento} = P_w D H^2 / 2 \quad (2.3)$$

Evaluando el momento máximo dado por la fórmula anterior se tiene:

$$\text{Momento} = (15 \text{ lbs/pie}^2) \cdot (21.94 \text{ pies}) \cdot (30.5 \text{ pies})^2 / 2$$

$$\text{Momento} = 153.07 \times 10^3 \text{ lbs.pie} \quad (0.2072 \times 10^6 \text{ N.m})$$

Donde:

P_w : es la presión de trabajo debido al viento y es igual a 15 lbs/pie² (102.97 KPa)

D: Es el diámetro del tanque y es igual a 21.94 pies (6691 mm)

H: Es la altura del tanque y es igual a 30.5pies (9303 mm).

Se señala que este momento se utilizará posteriormente en los cálculos para selección del sistema de anclaje.

CARGA SÍSMICA

Para el análisis de la carga sísmica se considero la fórmula contemplada en la norma API 650 (ver apéndice A.2).

Hallando entonces el momento de volteo, se tiene:

(Se señala que este momento se utilizará posteriormente en los cálculos para selección del sistema de anclaje).

$$M = z \cdot I (C_1 W_G X_G + C_1 W_R H_T + C_1 W_1 X_1 + C_2 W_2 X_2) \quad (2.4)$$

$$M = (0.375 \times 1) \{ 0.24 \times 18785 \times 15.26 + 0.24 \times 3230 \times 30.5 \\ + 0.24 \times 592.6 \times 10^3 \times 12.81 + 0.1349 \times 130.1 \times 10^3 \times 24.4 \} \text{ lbs-pies}$$

$$M = 878.5 \times 10^3 \text{ lbs-pie} (1.19 \times 10^6 \text{ N-m})$$

Donde:

Z: Coeficiente de zona sísmica, igual a 0.375 (adimensional)

Este valor es tomado de la tabla E.1 de la norma API 650, contemplada en el apéndice A de esta tesis, donde se toma como referencia un tipo de zona sísmica grado 2, en el que el factor de incidencia de temblores es moderado.

I: Coeficiente básico de facilidades, igual a 1 (adimensional)

Este valor es tomado de la página E.1 de la norma API 650, contemplada en el apéndice A de esta tesis. Siempre recomienda un valor 1, excepto en casos donde se diseñen tanques de emergencia para después de terremotos y no deberá exceder 1.5



C₁: Coeficiente de fuerza lateral, igual a 0.24 (adimensional) siempre.

Este valor es tomado de la pagina E.3 de la norma API 650, contemplada en el apéndice A de esta tesis. Representa una fracción dada por la norma.

C₂: Coeficiente de fuerza lateral, igual a 0.13488 (adimensional)

Este valor es calculado de la parte E.3.3.2 de la norma API 650, donde contempla las fórmulas:

$$\text{Cuando } T \text{ es menor que } 4.5 \quad C_2 = 0.3 S / T \quad (2.5)$$

$$\text{Cuando } T \text{ es mayor que } 4.5 \quad C_2 = 1.35 S / T^2 \quad (2.6)$$

Calculando el valor de T que es el primer modo de vibración del tanque

$$T = k \cdot D^{1/2} = (0.57) (21.94 \text{ pies})^{1/2} = 2.669 \text{ seg.} \quad (2.7)$$

Procedimiento para hallar k (factor obtenido de figura E-4 dado por la razón D/H)

1.- Se determina D/H (Diámetro/Altura)

$$D/H = (21.94 \text{ pies} / 30.5 \text{ pies}) = 0.72 \text{ (adimensional)}$$

2.- Se ingresa a la figura E-4 en la coordenada de las abcisas proyectándose hasta la curva y obteniendo un valor en las ordenadas de $K = 0.57$ aproximadamente

El valor de S es tomado de la tabla E-2 de la norma API 650 que es el coeficiente de perfil de suelo y es igual a 1.2,

tomando como referencia un tipo de suelo B como factor conservador en donde el suelo ni es suave ni es rocoso.

Evaluando $C_2 = 0.3 S / T = 0.3 (1.2) / 2.669 = 0.13488$

W_g : Peso total en libras de la membrana del tanque, que es igual a 18785 lbs (8500Kg), valor asumido en un principio y constatado al final del proyecto.

X_g : Altura en pies desde el fondo del tanque al centro de gravedad de la membrana, que es igual a 15.26 pies (4650mm).

W_r : Peso en libras del techo del tanque, más una porción de nieve, si se es especificado, que es igual a 3230 lbs (1468 Kg).

H_t : Altura en pies desde el fondo hasta la parte superior de la membrana, que igual a 30.50 pies (9300 mm).

W_1 : Peso en libras de la masa efectiva contenida en el tanque, la cual se mueve al unísono con la membrana del tanque, determinada en la parte E.3.2.1 de la norma API 650 y es igual a 592.6×10^3 lbs (2.63×10^6 N).

Procedimiento para hallar W_1 (factor obtenido de figura E-2 dado por la razón D/H)

1.- Se determina D/H (Diámetro/Altura)

$$D/H = (21.94 \text{ pies} / 30.5 \text{ pies}) = 0.72 \text{ (adimensional)}$$

2.- Se ingresa a la figura E-2 en la coordenada de las abcisas proyectándose hasta la curva W_1/W_t y obteniendo un valor en las ordenadas de $W_1/W_t = 0.82$ aproximadamente.

3.- Se determina W_t , que es el peso total en libras del contenido (agua), a partir de un volumen dado por la membrana del tanque

$$W_t = \text{densidad} \times \text{volumen} = \rho \times V$$

$$W_t = 1000 \text{ Kg/m}^3 \times 327 \text{ m}^3 = 722.6 \times 10^3 \text{ lbs (327} \times 10^3 \text{ Kg)}$$

4.- A partir del paso 2 y despejando W_1 , evaluando W_t , se tiene:

$$W_1 = 0.82 \times W_t = 0.82 \times (722.6 \times 10^3)$$

$$W_1 = 592.6 \times 10^3 \text{ lbs (268.14} \times 10^3 \text{ Kg)}$$

W_2 : Peso en libras de la masa efectiva del primer modo resonante del contenido del tanque (por la vibración del agua), determinada en la parte E.3.2.1 de la norma API 650 y es igual a $130.1 \times 10^3 \text{ lbs (58.85} \times 10^3 \text{ Kg)}$.

Procedimiento para hallar W_2 (factor obtenido de figura E-2 dado por la razón D/H)

1.- Se determina D/H (Diámetro/Altura)

$$D/H = (21.94 \text{ pies} / 30.5 \text{ pies}) = 0.72 \text{ (adimensional)}$$

2.- Se ingresa a la figura E-2 en la coordenada de las abcisas proyectándose hasta la curva W_2/W_t y obteniendo un valor en las ordenadas de $W_2/W_t = 0.18$ aproximadamente.

3.- Se determina W_t , que es el peso total en libras del contenido (agua), a partir de un volumen dado por la membrana del tanque

$$W_t = \text{densidad} \times \text{volumen} = \rho \times V$$

$$W_t = 1000 \text{ Kg/m}^3 \times 327 \text{ m}^3 = 722.6 \times 10^3 \text{ lbs} \text{ (} 327 \times 10^3 \text{Kg)}$$

4.- A partir del paso 2 y despejando W_2 , evaluando W_t , se tiene:

$$W_2 = 0.18 \times W_t = 0.18 \times (722.6 \times 10^3)$$

$$W_2 = 130.1 \times 10^3 \text{ lbs} \text{ (} 58.85 \times 10^3 \text{Kg)}$$

X_1 : Altura en pies desde el fondo de la membrana del tanque al centroide del punto de aplicación de la fuerza lateral sísmica de W_1 , determinada en la parte E.3.2.2 de la norma API 650 y es igual a 12.81 pies (3907.05 mm).

Procedimiento para hallar X_1 (factor obtenido de figura E-3 dado por la razón D/H)

1.- Se determina D/H (Diámetro/Altura)

$$D/H = (21.94 \text{ pies} / 30.5 \text{ pies}) = 0.72 \text{ (adimensional)}$$

2.- Se ingresa a la figura E-3 en la coordenada de las abcisas proyectándose hasta la curva X_1/H y obteniendo un valor en las ordenadas de $X_1/H = 0.42$ aproximadamente.

3.- Se determina H, que es la máxima altura de llenado del tanque desde el fondo de la membrana hasta el tope superior de la misma y es igual a 30.5 pies (9300 mm).

4.- A partir del paso 2 y despejando X_1 , evaluando H, se tiene:

$$X_1 = 0.42 \times H = 0.42 \times (30.5 \text{ pies})$$

$$X_1 = 12.81 \text{ pies (3907.05 mm)}$$

X_2 : Altura en pies desde el fondo de la membrana del tanque al centroide del punto de aplicación de la fuerza lateral sísmica de W_2 , determinada en la parte E.3.2.2 de la norma API 650 y es igual a 24.4 pies (7442 mm).

Procedimiento para hallar X_2 (factor obtenido de figura E-3 dado por la razón D/H)

1.- Se determina D/H (Diámetro/Altura)

$$D/H = (21.94 \text{ pies} / 30.5 \text{ pies}) = 0.72 \text{ (adimensional)}$$

2.- Se ingresa a la figura E-3 en la coordenada de las abscisas proyectándose hasta la curva X_2/H y obteniendo un valor en las ordenadas de $X_2/H = 0.80$ aproximadamente.

3.- Se determina H , que es la máxima altura de llenado del tanque desde el fondo de la membrana hasta el tope superior de la misma y es igual a 30.5 pies (9300 mm).

4.- A partir del paso 2 y despejando X_2 , evaluando H , se tiene:

$$X_1 = 0.80 \times H = 0.8 \times (30.5 \text{ pies})$$

$$X_1 = 24.4 \text{ pies (7442 mm)}$$

2.4 Diseño de espesores de chapa de tanque

El diseño estará en función a la sección 3.3.3 de la norma API 650, la cual permite calcular el espesor del manto del tanque descrito por la formula (ver apéndice A.1):

$$t = (2.6 * D * (H-1) * G / (0.85 * 21000)) + CA \quad (2.8)$$

$$t = 2.6 \times 21.94 \text{ pies} \times (30.5-1) \text{ pies} \times 1 / (0.85 \times 21000 \text{ lbs/pulg}^2) + 1/16$$

$$t = 0.09427 + 1/16 \text{ pulg.} = 0.157 \text{ pulg. (3.98 mm)}$$

Donde :

D: Diámetro del tanque en pies, que tiene un valor igual a 21.94 pies (6690 mm)

H: Altura en pies desde el fondo de la membrana del tanque al borde superior de la misma, que tiene un valor de 30.5 pies (9300mm)

G: Gravedad específica del líquido a ser almacenado

$$G = \text{densidad líquido (agua)} / \text{densidad del agua}$$

En nuestro caso toma valor de 1

CA: es el valor adicionado en el espesor por efectos de corrosión, en este caso se aplica 1/16 pulg tomado de ASME sección 8, división 1, parte UG-16, literal b (ver apéndice B.1).

- El valor de 21000 esta dado en lbs / pulg.² y es el esfuerzo de trabajo permisible para el material utilizado, que ya incluye un factor de seguridad y es contemplado en la sección 3.3.1 (ver apéndice A.1).
- El valor de 0.85 es adimensional y representa el factor de eficiencia de la junta soldada, valor que considera el tipo de inspección de la soldadura examinada por zonas dado por ASME sección 8, división 1 parte UW -12 (ver apéndice B.2).
- El valor de 2.6 es un constante determinada por API.

Del resultado obtenido, en primera instancia se considera un espesor de 0.157 pulg (3.98mm), sin embargo el espesor sugerido es 3/16 pulg (4.8 mm). que es el valor mínimo a usar para tanques menores a 50 pies (15250mm) de altura y lo define API 650 en la sección



3.3.3, literal c (ver apéndice A.1). Debido a que en el mercado este espesor no es muy comercial (3) se utilizará el inmediato superior de 6mm (0.236 pulg.).

Utilizando la fórmula descrita anteriormente para diferentes alturas, se obtendrá los espesores de las planchas superiores e intermedias, dando como resultado lo siguiente:

- Anillos superiores # 1 y 2: 4mm
- Anillos intermedios # 3 y 4: 4mm
- Anillos inferiores #1 y 2 ya definidos: 6mm (ver plano #1,3 y 5)

2.5 Análisis del período de vibración del tanque

Para el desarrollo y entendimiento de este subcapítulo, se empezará con una breve definición de lo que es vibración mecánica:

Definición.- una vibración mecánica se produce casi siempre cuando un sistema es desplazado desde una posición de equilibrio estable, luego de ello el sistema tiende a regresar a esa posición bajo la acción de fuerzas de restitución; sin embargo el sistema alcanza generalmente su posición inicial con cierta velocidad adquirida que lo lleva más allá de esa posición. Como el proceso puede repetirse indefinidamente, el sistema permanece moviéndose de un lado al otro atravesando su posición de equilibrio. El intervalo de tiempo

necesario para que el sistema efectúe el ciclo completo se llama período de vibración (7).

Según la norma API 650, en la sección E.3.3.2 el primer modo de vibración del tanque será (Ver apéndice A.2):

$$T = k \cdot D^{1/2} = (0.57) (21.94 \text{ pies})^{1/2} = 2.669 \text{ seg.} \quad (2.9)$$

Donde k es hallado en el subcapítulo 2.3, dentro de la determinación de la variable C_2 , cuyo valor fue $k=0.57$

Puesto que, este factor, muy importante dentro del diseño para evitar estados de resonancia y de esta forma evitar que el tanque colapse, la norma contempla el diseño para evitar esta situación y lo refleja al momento de determinar el factor C_2 , con el cual se obtiene el respectivo momento de volteo por efectos sísmicos, evitando así que el tanque entre en su primer modo de vibración para una zona sísmica tipo 2.

2.6 Diseño del sistema de anclaje

Para el diseño de los pernos de anclaje, el material a emplearse será el especificado por API 650 sección 2.9, en el que se observa que el material cumplirá con la norma mínima ASTM A 307 (ver apéndice A.1), aunque podrán usarse otros tipos de material en pernos, siempre que sean mayor que la fluencia especificada para A 307 que es de 33000 lbs/pulg². (2315 Kg/cm²).

Para calcular el diámetro del perno que soporta la tensión producida por el momento de volteo se utiliza las siguientes fórmulas en la que se halla primero la tensión por unidad lineal dada en el perímetro del círculo de pernos (4):

$$T = (12 M/A_B) - (W/ C_B) \quad (2.10)$$

$$= (12 \times 878500 \text{ lbs-pie} / 57960 \text{ pulg}^2) - (5429.9 \text{ lbs} / 853.424 \text{ pulg.})$$

$$= 175.52 \text{ lbs} / \text{pulg.} \quad (31.3 \text{ Kg} / \text{cm})$$

En el que:

M: es el momento máximo de volteo elegido entre el momento debido a sismos y momento debido al viento, el más crítico entre ellos. Comparando ambos el momento toma valor de 878500 lbs-pie (12.124×10^6 Kg-cm).

A_B: es el área dentro del círculo de pernos correspondiente a un diámetro de 6900 mm y está en pulgadas cuadradas. El valor que toma es 57960 pulg.² (373935 cm²).

W: es el peso del recipiente durante la instalación y el valor que toma es 5429.9 lbs (2456.97 Kg).

C_B: es el perímetro del círculo de pernos y toma el valor de 853.42 pulg (2167.69 cm)

Calculada la tensión por unidad lineal dentro del perímetro del círculo de pernos, se obtiene el área requerida por cada uno de los pernos (B_a) mediante la fórmula (4):



$$\begin{aligned}
 B_a &= (T C_B) / (S_B N) \quad (2.11) \\
 &= (175.52 \text{ lbs/pulg} \times 853.42 \text{ pulg}) / (25000 \text{ lbs/pulg}^2 \times 8) \\
 B_a &= 0.75 \text{ pulg}^2 \quad (4.83 \times 10^{-4} \text{ cm}^2)
 \end{aligned}$$

Donde :

T: es la tensión recientemente hallada y es 175.52 lbs/pulg (31.3 Kg/cm)

C_B: es el perímetro del círculo de pernos hallado anteriormente y es 853.424 pulg (21.6769 m)

S_B: es el esfuerzo de trabajo del perno y tiene incluido un factor de seguridad, en este caso es de 25000 lbs/pulg² (137.56 MPa)

N: es el número de pernos y se eligen en función de costo y montaje en este caso igual 8 (ver plano # 1,2 y 5).

Determinando el diámetro a partir del dato hallado por:

$$B_a = \Pi D^2 / 4 \quad (2.12)$$

se determina que el diámetro de perno necesario es 25 mm.

2.7 Selección del sistema de bombeo y tubería

Para la selección de este sistema se tiene que considerar que el agua a transportar tiene que recorrer una longitud de 200 m desde el canal hasta el reservorio, y después vencer el cabezal de ascenso al

tanque. Lo primero que se determinará serán las pérdidas debida a la fricción a lo largo de los 200 m de tubería.

Asumiendo un diámetro de tubería ϕ 4" dato sugerido adicionalmente por vendedores de bombas para riego, se procede hacer los cálculos respectivos para determinar el cabezal en metros a vencer de acuerdo a la fórmula de Bernoulli (8):

$$H_L = V^2 f L / g d \quad (2.13)$$

$$= (2.18 \text{ m/seg})^2 \times 0.022 \times 200 / (9.8 \text{ m/seg}^2 \times 0.1016 \text{ m})$$

$$H_L = 21.0 \text{ m}$$

Donde:

L: es la longitud de tubería, la cual es 200 m

V: es la velocidad del fluido en el interior de la tubería y es igual al caudal (hallado de dividir el volumen 320 m^3 , para el tiempo de suministro de agua 5 horas $Q = \text{Vol}/\text{tiempo}$) dividido para el área de la tubería 2.18 m/seg.

g: es el valor de la aceleración de la gravedad y es igual a 9.8 m/seg^2 .

D: es el diámetro interno de la tubería y toma el valor de 0.1016 m (4 pulg.)

A: es el área de la tubería y es igual 0.00810 m^2

- f: es el factor de fricción, tiene el valor de 0.022 tomado del diagrama de Moody y se lo halla de la siguiente manera (ver apéndice C.1):

Procedimiento para hallar f (factor de fricción obtenido en diagrama de apéndice C.1) dado por el número de Reynolds y la rugosidad relativa)

1.- Se determina el Reynolds

$$Re = \rho V D / \mu = 221488 \text{ (adimensional)}$$

En el que:

ρ es la densidad del agua 1000 Kg / m^3

V es la velocidad del fluido y es igual al caudal sobre el área 2.8 m/seg

D es el diámetro de la tubería

μ es la viscosidad dinámica del agua a temperatura ambiente 0.001 Kg / m-seg .

2.- Se calcula la rugosidad relativa ϵ/D , donde ϵ para acero galvanizado es 0.15 mm entonces ϵ/D es 0.001476 .

3.- Se ingresa al diagrama de Moody y se determina el valor de f mediante la proyección del valor del Reynolds a la curva de rugosidad relativa donde $f = 0.022$ (adimensional).

El valor obtenido de H_L es el cabezal a vencer debido a la fricción en el interior de la tubería, a esto hay que sumarle el cabezal a vencer debido a la altura del tanque y a la loma rocosa, por lo que se tiene:

Pérdida por fricción	21.0m
Cabezal de tanque	10
Cabezal por loma	<u>10</u>
Perdida Total	41.0 m

El cabezal mínimo que debe proveer la bomba es de 41.0 metros.

Calculando ahora la potencia hidráulica de la bomba, esta será (8):

$$\text{Pot} = \rho g Q H \quad (2.14)$$

$$= (1000 \text{ kg/m}^3)(9.8\text{m/seg}^2)(0.01777 \text{ m}^3/\text{seg})(41.0 \text{ m})$$

$$\text{Pot} = 7139.98 \text{ watts (9.56 Hp)}$$

En el que:

ρ : es la densidad del agua

g : es la aceleración de la gravedad

Q : es el caudal de agua a transportar y es $0.01777 \text{ m}^3/\text{seg}$

H : es el cabezal a vencer por la bomba en metros

Considerando un 25 % de pérdidas por eficiencia mecánica y 10% de pérdida por eficiencia en el motor eléctrico puesto que existe fuente eléctrica disponible se tiene que la potencia necesaria de la bomba es (8):

$$\text{Pot requerida} = 9.56 \text{ HP} / (0.75 \times 0.9) = 14.2 \text{ HP (10.6 Kw)}$$

El modelo de la bomba se lo solicitará al proveedor con el cabezal, la potencia y el caudal a manejar.



Capítulo 3

3. CONSIDERACIONES DE CONSTRUCCIÓN

3.1 Aplicación de soldadura y pruebas de control.

La operación de soldar consiste primordialmente en la unión de dos o más piezas de metal (llamado metal base), en el que la coalescencia se obtiene por calor y presión. Para comprender mejor el proceso, se puede decir, que la soldadura consta de tres partes, a saber (9):

- el metal base
- el metal de relleno y
- la zona afectada por el calor comprendida entre el metal base y el metal de soldar depositado.

En una soldadura satisfactoria estas regiones no están bien definidas, sino que se funden de tal manera que la soldadura consiste en una parte casi continua y uniforme del material (ver figura 3.1 y plano # 3).

Generalmente existen en las juntas soldadas esfuerzos residuales como resultado del gradiente de temperatura entre el metal base y el

metal fundido de la soldadura y como consecuencia del rápido enfriamiento del material, que va acompañado de dilataciones y contracciones en la soldadura.

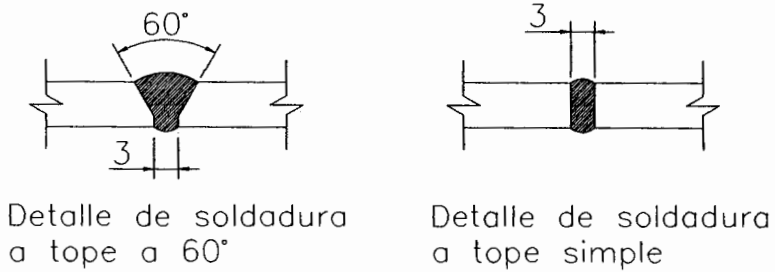


FIGURA 3.1.- TIPOS DE SOLDADURA

En los aceros de bajo carbón, tales como el A-36 generalmente los esfuerzos residuales no son de consideración, siempre que la técnica y los procedimientos seguidos al soldar el material sean satisfactorios (10).

Para investigar si la soldadura es satisfactoria se utilizan diferentes métodos de ensayos no destructivos entre ellos los radiográficos y las tintas penetrantes.

El tipo de procedimiento a soldar y los tipos de electrodos a utilizar en la construcción de este tanque estarán de acuerdo a la norma API 650 parte 2.4 (ver apéndice A.1) que especifica que los electrodos de soldadura serán de la serie E 60 y la serie E 70 ajustándose esta norma a la última edición de la Sociedad Americana de Soldadura.

Las juntas serán a tope biseladas en V a 60 grados en los espesores mayores a 5 mm, y en "i" en espesores menores a 5mm, de tal forma que permita el mejor ingreso del material de aporte, pues se rellena el espacio entre las planchas con las pasadas de soldadura que sean necesarias, formando un reborde en ambos lados de la pieza (ver plano #3, 4 y 5).

El método a usar para inspección de la soldadura será el de tintas penetrantes al 100% de los cordones accesibles de acuerdo a la norma API 650 parte 6.4. y a la parte 5.3.1 (ver apéndice A.3) donde se especifica que el método usado deberá ser radiografías a no ser que exista otro criterio tal como costo y mutuo acuerdo entre constructor y diseñador para utilizar otro sistema de los permitidos por API 650.

La inspección de las juntas a filete se la realizará de manera visual y su aceptación o rechazo estará basado en el criterio del inspector de la obra después de haber removido la escoria con máquina esmeril, de acuerdo a la sección 5.3.1 literal b (ver apéndice A.3).

3.2 Preparación de superficie.

La preparación de la superficie es importante para la buena adherencia de la pintura. Para la selección del tipo de preparación en la superficie se utiliza la norma AWWA C-210, la cual en la sección

1.3 permite especificar un sistema de limpieza de acuerdo a las condiciones del medio. Para el interior del tanque la preparación será del tipo SSPC-SP-10, que contempla la eliminación hasta que por lo menos el 95% de la superficie este libre de óxido, escama de laminación (calamina), pintura y demás residuos visibles, para ambientes húmedos, marinos o corrosivos. Para el exterior se contempla una preparación del tipo SSPC-SP-3, que consiste en la eliminación de óxido suelto, calamina, y pintura suelta por medio de rasquetas, piquetas, lijado o cepillado mecánico (ver tabla 3.1).

3.3 Acabado superficial y pruebas de control .

El acabado superficial se realizará en base a la sección 2 de la norma AWWA C-210, en el que se especifica el sistema de acabado (12).

De acuerdo a la norma AWWA C-210, sección 2.1 el tipo de pintura a usar será un esmalte epóxico, químicamente curado con amina, o poliamida y el epóxico puede ser modificado con alquitrán de carbón, fenólicos u otros modificadores. Los materiales usados en la primera capa y en la capa final serán productos de un solo proveedor.

El espesor de la capa de pintura estará de acuerdo a la norma AWWA C-210 sección 2.2 (ver apéndice D) en donde se especifica que el espesor mínimo de película seca deberá ser de 406

micrómetros (16 mills) para proteger al tanque de ambientes corrosivos excepto si se recomienda otro espesor por el proveedor o comprador.

ESPECIFICACIÓN	TITULO	DESCRIPCIÓN
SSPC-SP-1	Limpieza con solvente	Eliminación de aceite, grasa, tierra y demás suciedades, por medio de lavado con solvente, vapor o emulsiones.
SSPC-SP-2	Limpieza manual	Eliminación de óxido suelto, calamina y pintura suelta por medio de rasquetas, lijado cepillado manual.
SSPC-SP-3	Limpieza mecánica	Eliminación de óxido suelto, calamina y pintura suelta por medio de rasquetas, lijado cepillado mecánico.
SSPC-SP-4	Limpieza con soplete de fuego	Eliminación de óxido suelto, calamina por medio de soplete de fuego, seguido de limpieza con cepillo metálico.
SSPC-SP-5	Chorro de arena al metal blanco	Eliminación total de óxido y calamina, pinturas y demás suciedades por medio de chorro de arena . Para casos de severa corrosión donde el costo de este método sea factible.
SSPC-SP-6	Chorro de arena a gris comercial	Chorroado con arena hasta que por lo menos 2/3 de la superficie esté libre de todos los residuos visibles. Para ambientes relativamente corrosivos.
SSPC-SP-7	Chorro de arena simple	Eliminación de todo residuo excepto óxido, calamina y pintura antigua firmemente adherible.
SSPC-SP-8	Lavado con ácido (Pickling)	Eliminación total de óxido y calamina por medio de ácidos fuerte en tanques de inmersión y enjuague posterior con agua limpia.
SSPC-SP-9	Exposición intemperie seguida por chorro de arena	Exposición a l intemperie para remover toda o parte de la calamina seguida por chorro de arena al grado de limpieza deseado (este método descartado).
SSPC-SP-10	Chorro de arena al metal casi blanco	Eliminación hasta por lo menos el 95% de óxido y calamina, pinturas y demás suciedades. Para ambientes húmedos, marinos, o corrosivos.

Tabla 3.1.- NORMAS SSPC DE PREPARACIÓN SUPERFICIAL (11)

3.4 Prueba hidrostática.

La prueba hidrostática se la realizará de acuerdo a la norma API 650, sección 5.3.4 (ver apéndice A.4), la cual indica que antes que se conecten tuberías externas al tanque se someta este a una prueba, en donde se llenará el tanque con agua y se inspeccionará frecuentemente durante la operación de llenado. Para tanques con techo, la altura de llenado será 2 pulgadas por encima del ángulo de tope del manto. La prueba durará mínimo 30 minutos.

3.5 Cronograma de construcción y montaje.

La obra consistirá básicamente en dos partes, la primera que corresponde a la parte civil y la segunda, la parte mecánica, en la que interviene la construcción del tanque, accesorios, tuberías y el montaje de la bomba.

Referente a la obra civil.- partiremos de los estudios respectivos que serán realizados por el profesional en la respectiva área. Asumiremos dentro del cronograma de construcción que el cimiento en donde se encontrará asentado el tanque habrá sido entregado, por lo que el desarrollo de este comenzará en este punto.

Se debe entregar datos aproximados del peso total que soportará este cimiento y son:



Peso de metal	12000 Kg
Peso de agua	<u>327000 Kg</u>
Peso total	339000 Kg

Referente a la obra mecánica.- la parte mecánica es detallada en función de las actividades de construcción y montaje a realizarse, para ello es indispensable poseer un cronograma específico de estas, con el fin de proyectar un tiempo estimado de finalización de obra. La ejecución del cronograma de construcción y montaje de la obra mecánica se presenta en el apéndice E.

Capítulo 4

4. ANÁLISIS DE COSTOS

Para analizar los costos estimados de la obra sin incluir utilidades de la empresa constructora se puede partir de la cotización del acero comercial en los diferentes distribuidores del país. Después de las investigaciones pertinentes, se encontró en promedio que el kilo de acero está aproximadamente a 90 centavos de dólar. De ahí se puede hacer una inferencia del costo si se conoce el peso de la obra. En este caso es de 12000Kg (referirse al plano # 8, para lista detallada de elementos de tanque). Por lo tanto solo el costo de materiales utilizados en la construcción del tanque (manto, techo, piso, escaleras, accesorios) es de 10800 dólares.

Se debe sumar a esto el costo de 200 m tubería de acero de diámetro nominal 4 pulgadas, cuyo valor es 600 dólares.

El costo de la bomba, la cual debe proveer un caudal de $64 \text{ m}^3/\text{h}$ y vencer un cabezal de 41.0 metros es de aproximadamente 2500 dólares.

El costo de mano de obra al utilizar 5 personas por el tiempo de 35 días es de 1200 dólares.

Para la pintura se utilizarán 20 galones aproximadamente, valor sugerido por la casas de pinturas comerciales asumiendo que un galón rinde aproximadamente 10 m² con un espesor de 3 mills, el galón está cotizado en 15 dólares, entonces el costo de pintura es de 300 dólares.

El valor cotizado del arenado en el mercado es de 935 dólares.

Por lo tanto el costo total de la obra es de veinte y un mil treinta y cinco dólares (\$21035). No incluye el montaje y la utilidad respectiva de la empresa.

Descripción	Monto
Materiales de tanque	\$10800
Tubería de acero	600
Bomba de agua y motor eléctrico	2500
Mano de obra	1200
Pintura	300
Rolado	4700
Arenado	935
Total	\$21035

Capítulo 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Habiendo realizado el diseño pertinente se concluye que el tanque cumplirá con los requerimientos establecidos por normas internacionales, de ahí, que este presentará seguridad, bajo costo y eficiencia al momento de ser construido.
2. Los parámetros evaluados por efectos de viento y sismos están contemplados en el momento del diseño, generando estabilidad y evitando efectos resonantes.
3. El momento de volteo debido a fuerzas de viento y fuerzas sísmicas se transmitirá a la base del tanque y a su vez, será absorbido por los pernos de anclaje.
4. La bomba seleccionada a pesar de los cálculos será la inmediata superior a la establecida, en función de la disponibilidad en el mercado,



5. Debido a diferente medio de exposición, la superficie interna del tanque deberá ser arenada mientras que la superficie externa podrá limpiarse mediante un sistema mecánico.

RECOMENDACIONES

1. Se deberá realizar un mantenimiento de las líneas y accesorios del sistema de tubería de manera periódica.
2. Los controles eléctricos para la operación del motor deberán estar protegidos contra la lluvia mediante la construcción de una pequeña caseta de control.
3. Se recomienda que el constructor que salga favorecido se ajuste al tiempo establecido en el cronograma de trabajo y montaje respectivo, expresado en el apéndice E.

APÉNDICES

APENDICE A
NORMAS APLICADAS DE API 650



CIB-ESPOL

A-1. MATERIALES Y ESPESORES

SECTION 2—MATERIALS

MATERIALS

Materials used in the construction of these tanks shall comply with the standards specified hereinafter. Materials produced to specifications other than those in this section may be employed provided they are certified to meet all the requirements of the special specification listed herein and its use is approved by the purchaser.

Any plate materials or tubular products not completely identified with a specification listed in these rules, by records satisfactory to the purchaser, may be used in the construction of tanks under these rules only if such material passes the tests prescribed in Appendix N.

PLATES

Plates, except as otherwise provided for in Par. 2.1, shall conform to the latest edition of one of the following specifications, subject to the modifications and limitations indicated in this standard. The purchaser shall state in his proposal the plate specifications which he intends to use.

Plates for shells, roof, and bottoms may be specified on an edge-thickness basis or on a weight per square foot basis, as follows:

Edge-thickness basis shall be not less than the design thickness plus any specified corrosion allowance or the minimum permitted thickness.

Weight basis shall be heavy enough to provide a thickness not less than the computed design thickness plus any specified corrosion allowance or the minimum permitted thickness.

In all of the above cases, a thickness-underrun of more than 0.01 inch shall be accepted as being equal to the required thickness. The 0.01-underrun shall not reduce any specified corrosion allowance and the remaining thickness shall be accepted as equal to the computed design thickness or the minimum required thickness.

Standards

Structural Steel

Materials of the specifications for the appurtenant materials listed in Part I of ASTM A 36 are to be deemed acceptable for use under these rules unless expressly so provided in this standard.

American Society for Testing and Materials, 1916 Race Street, Philadelphia, Pa. 19103.

A 283: Low and Intermediate Tensile Strength Carbon Steel Plates of Structural Quality—grades C and D only

A 285: Low and Intermediate Tensile Strength Carbon Steel Plates for Pressure Vessels—grade C only

CSA † Standard

G40.21: Structural Quality Steel—grade 38W and grade 44W

(Elements added for grain refining or strengthening shall be restricted in accordance with Table G-2 and plates shall have a maximum of 20 ksi above the minimum tensile strength specified.)

ISO ‡ Recommendation R630

Fe 42 and Fe 44: Structural Steels—grade B, non-riveting only

National § Standards

Plates produced in accordance with the requirements of a recognized national standard and within the following mechanical and chemical limitations of one of the listed grades are acceptable, when approved by the purchaser:

Mechanical Properties¹

Grade ²	Minimum Tensile	Maximum Tensile	Minimum Yield ³
37 ¹	37 kgf/mm ² (53 ksi)	70 ksi	30 ksi
41	41 kgf/mm ² (58 ksi)	74 ksi	34 ksi
44	44 kgf/mm ² (62 ksi)	78 ksi	36 ksi

Chemical Composition⁴

Grade	Maximum % Carbon		Maximum % Phosphorus & Sulfur	
	Ladle	Product	Ladle	Product
37	0.20	0.24	0.05	0.06
41	0.23	0.27	0.05	0.06
44	0.25	0.29	0.05	0.06

¹ Canadian Standards Association specifications may be obtained from the American National Standards Institute, 1430 Broadway, New York, N.Y. 10018.

² International Organization for Standardization recommendations may be obtained from the American National Standards Institute, 1430 Broadway, New York, N.Y. 10018.

³ The requirements of this group do not apply to the ASTM Standards and ISO Recommendations listed in this paragraph. (National Standard for the purposes of this Code is one which has official or quasi-official sanction of the government of the country in which it originates.)

ion and number of test specimens, elongation and acceptable criteria, to be in accordance with the national standard, ISO standard, or ASTM specification.

killed or fully-killed quality, either as-rolled, controlled maximum, or normalized.

imum ratio of yield ÷ tensile = 0.75.

imming only. Maximum thickness limited to ½ in. manganese and silicon content shall not exceed the maximum stated in Table G-3. Alloys are not additive but alloys, if present, shall not exceed the maximum stated in Table G-2, including the footnotes.

in the severity of the service conditions and the use of premium materials, the following specifications for plates may be used, subject to modifications and limitations indicated in this section.

ASTM Standards

- Structural Steel for Ships—structural quality only
- Carbon Steel Plates with Improved Transition Properties for Pressure Vessels
- Carbon Steel Plates for Pressure Vessels for Moderate and Lower Temperature Service
- Carbon-Manganese-Silicon Steel Plates, Heat Treated, for Pressure Vessels—class 1
- Structural Carbon Steel Plates of Improved Toughness
- Carbon-Manganese Steel Plates for Pressure Vessels for Moderate and Lower Temperature Service—grade B only

ISO Standards

- Structural Quality Steel—grade 38T and 42T

elements added for grain refining or strengthening shall be restricted in accordance with Table G-2 and shall have a maximum of 20 ksi above the minimum tensile strength specified.)

ISO Recommendation R630

- Fe 42, Fe 44, and Fe 52: Structural Steels—grades C and D

plates shall be manufactured by the open-hearth, electric-furnace, or basic oxygen processes only. Copper-bearing steel shall be used if specified by the purchaser.

2.3 SHEETS

Except as otherwise provided for in Par. 2.1, sheets shall conform to the latest revision of ASTM A 570, grade C, open-hearth process and basic oxygen process. Copper-bearing steel shall be used if so specified on the purchase order. Sheets may be ordered on a weight or thickness basis, at the option of the tank manufacturer.

2.4 WELDING ELECTRODES

Manual arc-welding electrodes shall conform to the E 60 and E 70 Series of Classification (suitable for the electric current characteristics, the position of welding, and other conditions of intended use) in the latest edition of AWS † A5.1: *Specification for Mild Steel Covered Arc-Welding Electrodes*.

2.5 STRUCTURAL SHAPES

Except as otherwise provided for in Par. 2.1, structural shapes shall be of open-hearth, electric-furnace, or basic oxygen process and shall conform to the latest edition of one of the following specifications:

ASTM Standards

- A 36: Structural Steel
- A 131: Structural Steel for Ships

CSA Standard

- G40.21: Structural Quality Steels—grade 44W

ISO Recommendation R630

- Fe 42 and Fe 44: Structural Steels—grades B, C, and D

Copper-bearing steel shall be used if so specified on the purchase order.

National Standards

Structural shapes produced in accordance with the requirements of a recognized national standard, and within the mechanical and chemical limitations listed in Par. 2.2(a) under National Standards, are acceptable, when approved by the purchaser.

2.6 CASTINGS

Castings shall conform to the latest edition of ASTM A 27, grade 60-30, fully annealed.

† American Welding Society, 2501 Northwest 7th Street, Miami, Fla. 33125.

PIPE AND FORGINGS

cept as otherwise provided for in Par. 2.1, and as otherwise specified herein (Par. D.2c and 2f and h) pipe, pipe couplings, and forgings conform to one of the following specifications or to an API Standard equivalent to the following:

Standard A1, Grades A and B
 Standard A1X, Grade X42
 ASTM A53, Grades A and B
 ASTM A106, Grades A and B
 ASTM A155, Carbon Steel Grades
 ASTM A333, Grades 1 and 6
 ASTM A334, Grades 1 and 6
 ASTM A524, Grades I and II
 ASTM A105
 ASTM A350, Grades LF1 and LF2

Weldable quality pipe conforming to the physical properties of any of the above standards may be

used for structural purposes with the allowable stresses stated in Par. 3.5.3.

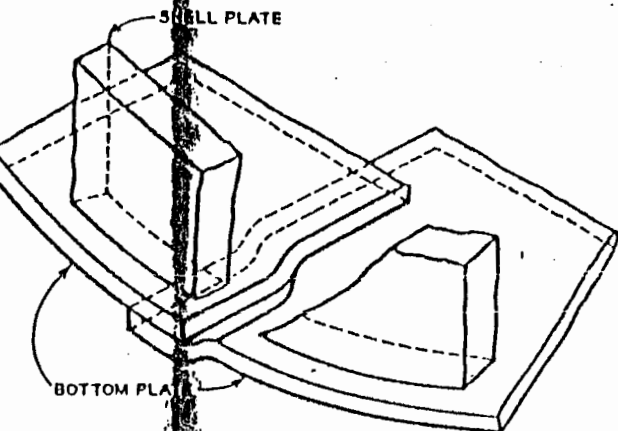
2.8 FLANGES

Hub slip-on welding and welding-neck flanges shall conform to the material requirements for forged carbon steel flanges as specified in ANSI B16.5. Plate material used for flanges shall conform to the requirements of Par. 2.2a up to a maximum thickness of 1 inch and Par. 2.2b within the thickness limits as manufactured. Plate material used for nozzle flanges shall have physical properties equal to or stronger than those required by ANSI B16.5.

Flanges conforming to API Standard 605 in sizes over 24 in. are an acceptable alternate subject to purchaser's approval. Particular attention should be given to ensure that mating flanges of appurtenances are compatible.

2.9 BOLTING

Bolting shall conform to the latest edition of ASTM A 307. Purchasers should specify on their orders the desired shape of bolt heads and nuts, and whether regular or heavy dimensions are desired.



G. 3-4—Method for Preparing Lap-Welded Bottom Plates Under Tank Shell [See Par. 3.2.2(a)]

2.3 Shell-to-Bottom Attachment

The attachment between the bottom edge of the lowest course shell plate and the bottom plate shall be continuous fillet weld laid on each side of the shell plate. The size of each weld shall be not greater than 1/4 in. and not less than the nominal thickness of the thinner of the two plates joined (i.e., the shell plate under the bottom plate immediately under the shell), nor less than the following values:

Max. Thickness of Shell Plate (Inches)	Min. Size of Fillet Weld (Inches)
Up to 3/16	3/16
Over 3/16 to 1/4	1/4
Over 1/4 to 5/16	5/16
Over 5/16 to 3/8	3/8

Note: Refer to Sect. 3.1, "Joint Design," for description of joint information and certain restrictions on, the foregoing types of joints. Refer to Sect. 5.2 for details of welding.

3 SHELL DESIGN

See Appendix for typical tank sizes and shell-plate thicknesses.

3.1 Working Stresses

The following maximum allowable working stresses shall be used in design:

- a. The maximum tensile stress before applying the factor for efficiency of joint shall be 21,000 lb per sq in.
- b. The structural design stresses shall conform to the allowable working stress given in Par. 3.5.3.

3.2 Loads

- a. Stresses shall be computed on the assumption that the tank is filled with water at 60 F* or the liquid

* Water at 60 F weighs 62.37 lb per cu ft.

to be stored, if heavier than water. The tension in the ring shall be computed 12 in. above the centerline of the lower horizontal joint of the course in question. In computing these stresses, the tank diameter shall be taken as the nominal diameter † of the bottom course.

- b. Isolated radial loads on tank shells, such as caused by heavy loads on platforms and elevated walkways between tanks, shall be distributed by rolled structural sections, plate ribs, or built-up members, preferably in a horizontal position.

3.3.3 Sizes and Thicknesses of Shell Plates

- a. Except where Par. 3.3.3(b) is applicable, the minimum thicknesses of shell plates shall be computed from the stress on the vertical joints, using a joint efficiency factor of 0.85. The following formula shall be used in calculating the minimum thickness of shell plate:

$$t = \frac{(2.6)(D)(H-1)(G)}{(0.85)(21,000)}$$

Where:

- t = minimum thickness, in inches. ‡
- D = nominal diameter of tank, in feet. †
- H = height, in feet, from bottom of course under consideration to top of top angle or to bottom of any overflow which limits tank filling height.
- G = specific gravity of liquid to be stored, but in no case less than 1.0.

- b. By agreement between the purchaser and manufacturer, the requirements of Par. 6.1 for radiographic inspection may be deleted. When this provision is applied, the formula of Par. 3.3.3(a) for calculating minimum thicknesses of shell plates shall be modified by substituting a joint efficiency factor of 0.70 for 0.85.

- c. In no case shall the nominal thickness* of shell plates (including shell extensions for floating roofs) be less than the following:

Nominal Tank Diameter † (Feet)	Minimum Shell Plate Thickness (Inches)
Smaller than 50	3/16
50 to 120, excl.	1/8
120 to 200, incl.	5/16
Over 200	3/8

† Nominal tank diameter shall be the centerline diameter of the shell plates, unless otherwise specified by the purchaser.

‡ Any required corrosion allowance for the shell plates should be added to the calculated thickness, unless otherwise specified by the purchaser.

* The nominal thickness of shell plates refers to the thickness of the shell as constructed. The thicknesses specified are based on design requirements.

A-2. EXTRACTO DE APÉNDICE E

APPENDIX E

SEISMIC DESIGN OF STORAGE TANKS

SCOPE

This appendix establishes recommended minimum requirements for the design of storage tanks subjected to seismic load when specified by purchaser. The requirements represent accepted practice for application to flat-bottom tanks. However, it is recognized that other procedures and applicable factors and additional requirements may be specified by the purchaser or jurisdictional authorities. Any deviation from the requirements must be by agreement between purchaser and manufacturer.

INTRODUCTION

The design procedure considers two response modes of the tank and its contents: the relatively high-frequency amplified response to lateral ground motion of the tank shell and roof together with a portion of the liquid contents which moves in unison with the shell, and

the relatively low-frequency amplified response of a portion of the liquid contents in the fundamental sloshing mode. The design requires the determination of the hydrodynamic mass associated with each mode, the lateral force and overturning moment applied to the shell resulting from the response of the masses to lateral ground motion. Provisions are included to insure the stability of the tank shell against overturning and to preclude buckling of the tank shell due to longitudinal compression.

Provisions are included regarding the increase in hoop tension due to horizontal and vertical seismic motions since this does not affect shell thickness for the specified lateral force coefficients that take into account generally accepted increased allowable stress ductility ratios.

DESIGN LOADING

Overturning Moment

The overturning moment due to seismic forces applied to the bottom of the shell shall be determined as follows:

As a basis for these provisions together with the formulas for the curves in Figure E-2 through E-5 plus information for determining other seismic effects are included in the paper "Basic Seismic Design Provisions for Welded Steel Storage Tanks" by Wozniak and W. W. Mitchell, 1978 Proceedings—Refining and Petrochemicals, American Petroleum Institute.

$$M = ZI(C_1W_sX_s + C_1W_rH_1 + C_1W_1X_1 + C_2W_2X_2)$$

Where:

M = Overturning moment in foot pounds applied to bottom of tank shell.

Z = Zone coefficient from Figure E-1 and Table E-1.

I = Essential facilities factor. A factor of 1.0 shall be used for all tanks except when an increased I factor is specified by the purchaser. It is recommended that the I factor not exceed 1.5 and that this maximum value be applied only to tanks that must provide emergency post earthquake service to the public.

C_1
and

C_2 = Lateral earthquake force coefficients determined per Par. E.3.3.

W_s = Total weight in pounds of tank shell.

X_s = Height in feet from bottom of tank shell to center of gravity of shell.

W_r = Total weight in pounds of tank roof (fixed or floating) plus portion of snow load, if any, as specified by purchaser.

H_1 = Total height in feet of tank shell.

W_1 = Weight in pounds of effective mass of tank contents which moves in unison with tank shell, determined per Par. E.3.2.1.

X_1 = Height in feet from bottom of tank shell to centroid of lateral seismic force applied to W_1 , determined per Par. E.3.2.2.

W_2 = Weight in pounds of effective mass of first mode sloshing contents of tank, determined per Par. E.3.2.1.

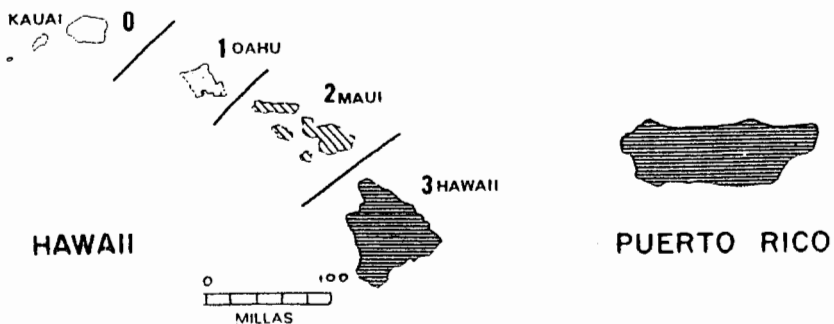
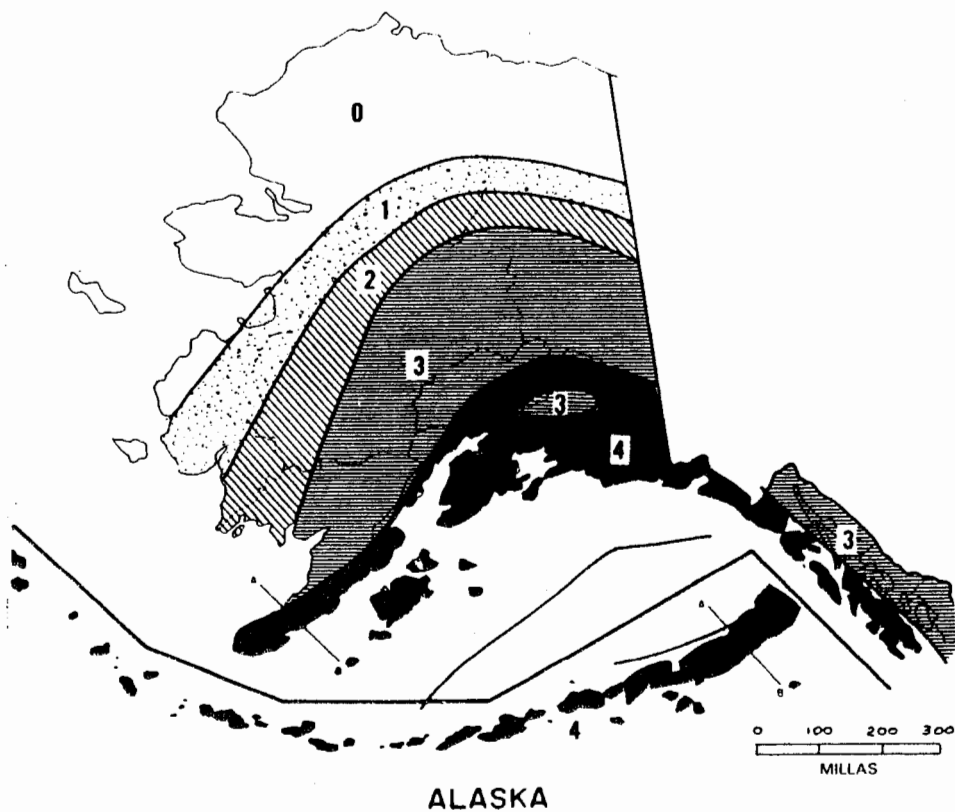
X_2 = Height in feet from bottom of tank shell to centroid of lateral seismic force applied to W_2 , determined per Par. E.3.2.2.

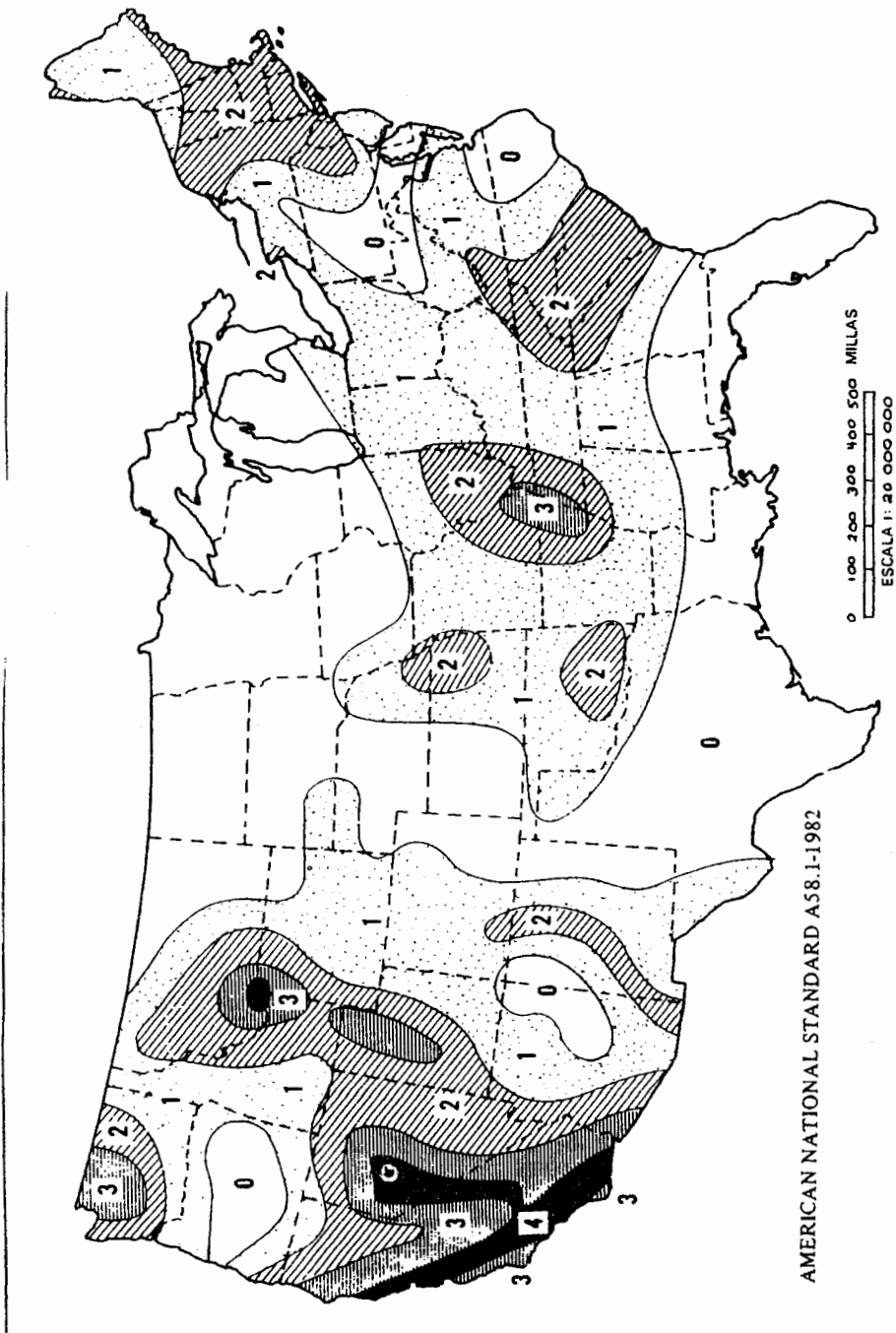
NOTE: The overturning moment determined in accordance with this paragraph is that applied to the bottom of the shell only. The tank foundation is subjected to an additional overturning moment due to lateral displacement of the tank contents which may need to be considered in the design of some foundations such as pile-supported tanks.



MAPA DE LAS ZONAS SISMICAS DE EE.UU.

AMERICAN NATIONAL STANDARD A58.1-1982





AMERICAN NATIONAL STANDARD A58.1-1982

TABLE E-1—Zone Coefficient

Seismic Zone* Per Figure E-1				
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>
	0.1875	0.375	0.75	1.0

* Earthquake design required for Zone 0.

Effective Mass of Tank Contents

The effective mass W_1 , and the effective mass W_2 may be determined by multiplying W_T , by the ratios W_1/W_T and W_2/W_T , respectively, obtained from Figure E-2 for the ratio D/H .

E.3.2.2 The heights from the bottom of the tank shell to the centroids of the lateral seismic forces applied to W_1 and W_2 , X_1 and X_2 , may be determined by multiplying H , by the ratios X_1/H and X_2/H , respectively, obtained from Figure E-3 for the ratio of D/H .

E.3.2.3 The curves in Figures E-2 and E-3 are based on a modification of the equations presented in ERDA Technical Information Document 7024.¹ Alternatively, W_1 , W_2 , X_1 and X_2 may be determined by other analytical procedures based on the dynamic characteristics of the tank.

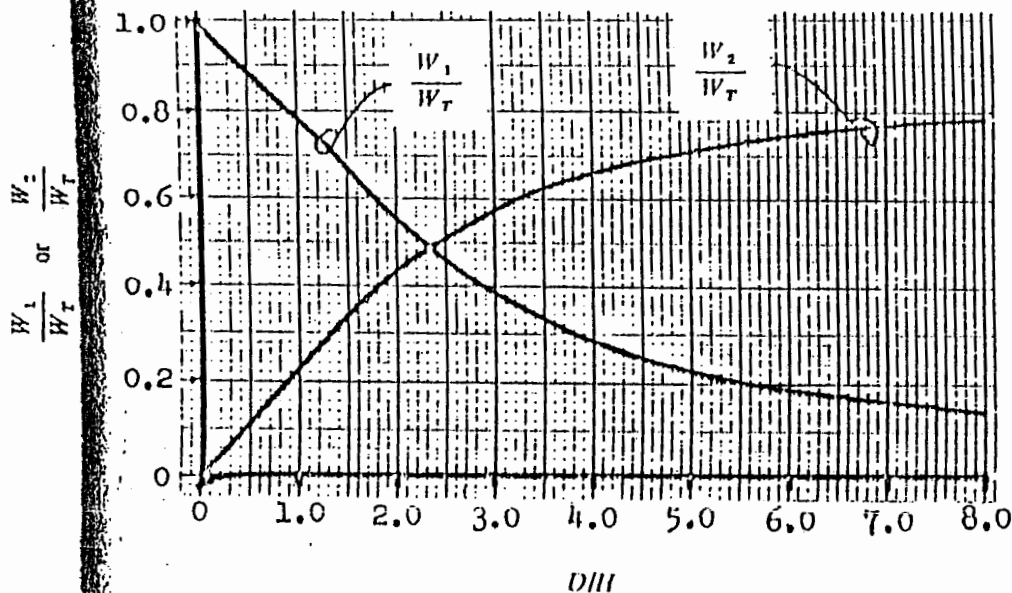


FIGURE E-2

Total weight in pounds of tank contents (product specific gravity specified by purchaser).

Tank diameter in feet.

Maximum filling height of tank in feet from bottom of shell to top of top angle or overflow which limits filling height.

E.3.3 Lateral Force Coefficients

E.3.3.1 The lateral force coefficient C_1 shall be taken as 0.24.

¹Technical Information Document 7024, *Nuclear Reactors and Earthquakes*, prepared by Lockheed Aircraft Corporation, and Holmes & Narver, Inc., for the U.S. Atomic Energy Commission, August 1963.

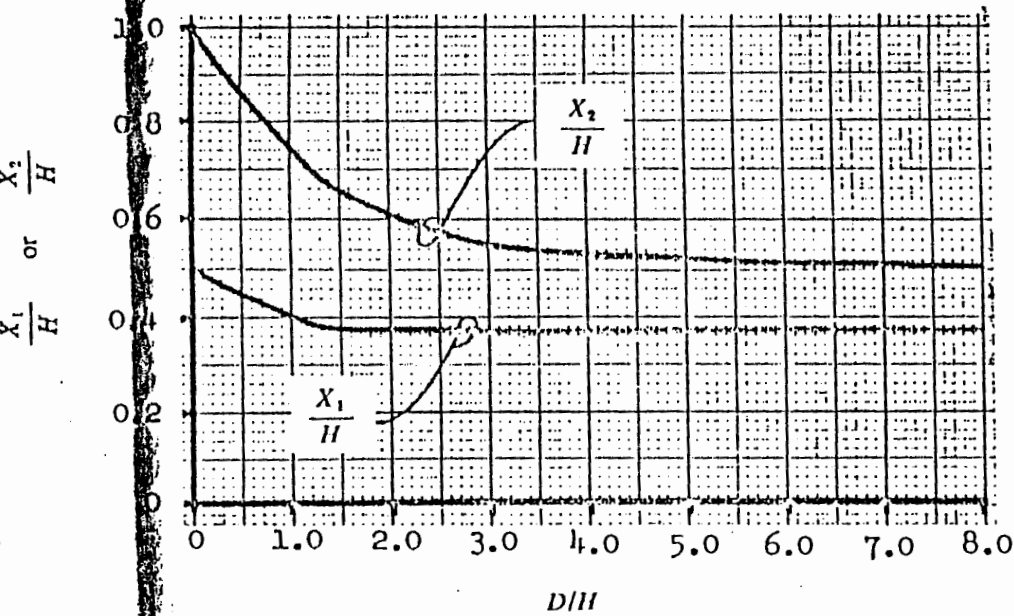


FIGURE E-3

lateral force coefficient C_2 shall be a function of the natural period of the sloshing, T , and the soil conditions at the

Where:

S = Site amplification factor from Table E-2.

T = Natural period in seconds of first mode sloshing. T may be determined from the following expression:

$$T = kD^{1/2}$$

k = Factor obtained from Figure E-4 for the ratio D/H .

less than 4.5

$$C_2 = \frac{0.30S}{T}$$

greater than 4.5,

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

E.3.3.3 Alternatively, by agreement between purchaser and manufacturer, C_1 and C_2 may be determined from response spectra established for the specific site

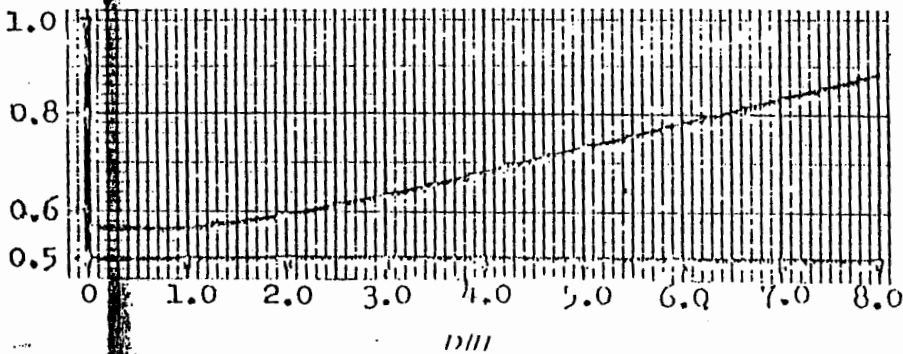


FIGURE E-4

TABLE E-2—Soil Profile Coefficient

Site Amplification Factor	Soil Profile Type*		
	A	B	C
S	1.0	1.2	1.5

SOIL PROFILE TYPE A is a profile with:

1. Rock of any characteristic, either shale-like or crystalline in nature. Such material may be characterized by a shear wave velocity greater than 2,500 feet per second, or
2. Stiff soil conditions where the soil depth is less than 200 feet and the soil types overlying rock are stable deposits of sands, gravels, or stiff clays.

SOIL PROFILE TYPE B is a profile with deep cohesionless or stiff clay conditions, including sites where the soil depth exceeds 200 feet and the soil types overlying rock are stable deposits of sands, gravels, or stiff clays.

SOIL PROFILE TYPE C is a profile with soft-to-medium-stiff clays and sands, characterized by 30 feet or more of soft-to-medium-stiff clay with or without intervening layers of sand or other cohesionless soils.

* In locations where the soil profile type is not known in sufficient detail to determine the soil profile type, Soil Profile C shall be assumed.

the tank and which may also take into account the dynamic characteristics of the tank. The spectrum for G_2 could be established for a damping coefficient of 10 percent of critical and scaled to a maximum amplified acceleration of 0.25 times the acceleration of gravity. The spectrum for G_1 should correspond to the spectrum for G_2 , except modified for a damping coefficient of 5 percent of critical.

RESISTANCE TO OVERTURNING

Resistance to the overturning moment at the bottom of the shell may be provided by the weight of the tank shell and by the weight of a portion of the tank contents adjacent to the shell for unanchored tanks or by anchorage of the tank shell. For unanchored tanks the portion of the contents which may be utilized to resist overturning is dependent on the width of the bottom annular ring which lifts off the foundation and is determined as follows:

$$w_L = 7.9 t_b \sqrt{F_{bu} G H}$$

That w_L shall not exceed $1.25 GHD$.

Maximum weight of tank contents in pounds per foot of shell circumference which may be utilized to resist the shell overturning moment. Thickness of bottom annular ring in inches.

F_{bu} = Minimum specified yield strength in pounds per square inch of bottom annular ring.

G = Design specific gravity of contents as specified by purchaser.

E.4.2 The thickness of the bottom annular ring, t_b , shall not exceed the thickness of the bottom shell course, or $\frac{1}{4}$ inch, whichever is greater. Where the bottom annular ring is thicker than the remainder of the bottom, the width of the annular ring in feet shall be equal to or greater than:

$$0.0274 \frac{w_L}{GH}$$

E.5 SHELL COMPRESSION

E.5.1 Unanchored Tanks

The maximum longitudinal compression force at the bottom of the shell may be determined as follows:

When $\frac{M}{D^2(w_t + w_L)}$ is equal to or less than 0.785,

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

When $\frac{M}{D^2(w_t + w_L)}$ is greater than 0.785 but less than

1.5, b may be computed from the value of the parameter $\frac{b+w_L}{w_t+w_L}$ obtained from Figure E-5.



A-3. INSPECCIÓN DE SOLDADURA

recommended that the sequence or order of seams joining the bottom plates be specified by the manufacturer on approval plans so that the purchaser may object, if he so desires. However, the purchaser should follow a practice that will produce uniform inequalities in the bottom-plate surface when the tank is completed.

Welding of shell to bottom shall be practically completed before starting the completion of welding of stiffeners which may have been left open to compensate for shrinkage of any welds previously made.

Bottom plates may be aligned by metal clips attached to the bottom plates, and the shell may be tack-welded to the bottom before continuous welding is started at the bottom edge of the shell plate and the stiffeners.

Tank Shells

Shells to be joined by butt welding shall be accurately aligned and retained in position during the welding operation. Misalignment in completed vertical joints shall not exceed 10 percent of the plate thickness, whichever is the larger.

In completed horizontal butt joints, the upper shell shall not project beyond the face of the lower plate stiffener by more than 20 percent of the thickness of the lower plate, with a maximum of $\frac{1}{8}$ in., except that a projection of $\frac{1}{16}$ in. is permissible for upper shells thicker than $\frac{5}{16}$ in.

The reverse side of double-welded butt joints shall be thoroughly cleaned in a manner that will leave the surface satisfactory for fusion of the weld metal. This cleaning shall be done by grinding, chipping out, or, where the back of the weld bead is smooth and free from crevices, by other methods which may be acceptable to the purchaser. For submerged-arc welds, the cleaning shall meet the requirements established in *Welding*, Sect. IX of *ASME Boiler and Pressure*

5.3 INSPECTION, TESTING, AND REPAIRS

5.3.1 Weld Inspection

a. **Butt welds:** For all butt welds joining shell plates to shell plates, inspection for quality of welds shall be made by the radiographic method specified in Sect. 6.1, except where the provisions of Par. 3.3.3(b) apply. Where visual inspection by the purchaser's inspector indicates unsatisfactory welds between shell plates, acceptance or rejection shall be based on inspection of radiographs representing the areas in question.

b. **Fillet welds:** Inspections of fillet welds shall be made by visual examination. Where visual inspection by the purchaser's inspector indicates unsatisfactory welds, acceptance or rejection shall be based on sectioning such areas by chipping with a mechanical round-nosed chipping tool.

c. **Costs:** All costs for making radiographs, and for making any necessary repairs shall be borne by the manufacturer. However, if the purchaser's inspector requires radiographs in excess of the number specified in Section 6, or requires chipouts of fillet welds in excess of one per 100 ft. of weld and no defect is disclosed, the cost of the additional tests shall be borne by the purchaser.

5.3.2 Inspecting Tank Bottom Welds

Upon completion of the welding of the tank bottom, the welding shall be inspected by one of the following methods:

a. Air pressure or vacuum shall be applied to the joints, using soapsuds, linseed oil, or other suitable material for the detection of leaks.

b. After attachment of at least the lowest shell course, water, to be supplied by the purchaser, shall be pumped underneath the bottom. A head of 6 in. of liquid shall be maintained by holding that depth around the edge of the bottom inside a temporary dam. The line containing water for testing may be installed temporarily by running it through a manhole to a temporary flange connection at one or more points in the bottom of the tank, or it may be installed permanently in the subgrade beneath the tank. The method of installation should be governed by the nature of the subgrade. All reasonable care shall be taken to preserve the prepared subgrade under the tank. The appearance of a damp spot on the inside of the tank bottom shall be an indication of leakage.

Inspecting Reinforcing Plate Welds

completion of the welding of the reinforcing plates to the tank shell and before filling the tank with water, the reinforcing plates shall be inspected by applying up to 15-psig pneumatic pressure to the tank shell and the reinforcement plate at an opening, using the telltale hole specified in 6.3a. While each space is subjected to such pressure, soapsuds, linseed oil, or another suitable liquid for detection of leaks shall be applied to all welds around the reinforcement, both inside and outside the tank.

Testing Tank Shell

After completion of the entire tank, and before any oil piping has been connected to the tank, the tank shall be tested by one of the following methods:

If water is available for testing, the tank shall be filled with water and inspected frequently during the operation. For tanks with tight roofs, the filling height shall be 2 in. above the top leg of the top angle. For open-top tanks, the filling height shall be the top of the top angle or the bottom of any overflow which is the filling height.

If sufficient water to fill the tank is not available, the test may be made by: (1) painting all joints on the outside with a highly penetrating oil, such as automobile oil, and carefully examining the outside of the tank for leakage; (2) applying vacuum to either side of the joints or applying internal air pressure as specified in the test in Part 5.3.5 and carefully examining the outside for leakage; or (3) any combination of the methods stipulated in (1) and (2).

Testing Tank Roof

After completion, the tank roof shall be tested by applying internal air pressure or external vacuum to the roof, using soapsuds, linseed oil, or other suitable liquid for the detection of leaks. The internal pressure shall not exceed the weight of the roof plates.

Repairs

All defects found in welds shall be called to the attention of the purchaser's inspector and his approval obtained before they are repaired. All repairs shall be subject to the approval of the purchaser's inspector.

Isolated pinhole leaks or porosity in tank-bottom joints shall be repaired by applying an additional weld bead over the defective area. Other defects or cracks in

tank-bottom joints shall be repaired as required in Part 6.2.7.

c. All defects, cracks, or leaks in shell joints or in the shell-to-bottom joint shall be repaired in accordance with Part 6.2.7.

d. Isolated pinhole leaks in roof joints may be caulked mechanically; but for any indication of considerable porosity in the joints or of cracking, an additional bead of weld metal shall be laid over the affected sections. Mechanical caulking is not permitted for any other repairs.

e. Repairs of defects discovered after the tank has been filled with water for test shall be made with the water level at least 1 ft. below the point being repaired or with the tank empty if repairs are on or near the tank bottom. No welding shall be done on any tank unless all lines connecting thereto have been completely blanked off. No repairs shall be attempted on a tank while filled with oil nor on a tank which has contained oil until the tank has been emptied, cleaned, and gas-freed in a safe manner. No repairs shall be attempted by the manufacturer on a tank which has contained oil, except in a manner approved in writing by the purchaser and in the presence of the purchaser's inspector.

5.3.7 Cleaning Up

Upon completion of erection, the manufacturer shall remove or dispose of all rubbish and other unsightly material caused by his operations and shall leave the premises in as good condition as he found them.

5.3.8 Inspection

a. The purchaser's inspector shall have at all times free entry to all parts of the job while work under the contract is being performed. The manufacturer shall afford the purchaser's inspector, free of cost, reasonable facilities to assure him that the work is being performed in accordance with this standard.

b. Any material or workmanship shall be subject to the replacement requirements of Part 4.2c.

c. Material damaged by defective workmanship, or otherwise defective, will be rejected. The manufacturer will be notified to this effect in writing and will be required to furnish new material promptly or correct defective workmanship.

5.3.9 Acceptance

Before acceptance, all work shall be completed to the satisfaction of the purchaser's inspector and the entire

APENDICE B

NORMAS APLICADAS DE ASME SECCIÓN VIII

D-1. MARGEN FOR CORROSION

(a) if radiography or postweld heat treatment is required by the rules of this Division, it may be performed either in the plant of the parts Manufacturer or the plant of the manufacturer of the vessel to be marked with the Code Symbol.

If radiographing is done under the control of the manufacturer, the completed radiographs, properly marked, with a radiographic inspection report, shall be forwarded to the vessel Manufacturer and shall be available to the Inspector.

(b) if heat treatment is performed at the plant of the parts manufacturer, certification by the parts manufacturer that such treatment was performed shall be accepted as evidence of compliance with applicable paragraphs. This certification shall be available to the Inspector.

Parts furnished under the provisions of (a), (b), or (c) above need not be manufactured by a Certificate Authorization Holder.

BOLTS AND STUDS

Bolts and studs may be used for the attachment of removable parts. Specifications, supplementary rules, and maximum allowable stress values for acceptable materials are given in the tables referenced in this section.

Studs shall be threaded full length or shall be machined down to the root diameter of the thread in the unthreaded portion, provided that the threaded portion is at least $1\frac{1}{2}$ diameters in length.

Studs greater than eight diameters in length may be furnished with an unthreaded portion which has the nominal diameter of the thread, provided the following requirements are met:

- (a) the threaded portions shall be at least $1\frac{1}{2}$ diameters in length;
- (b) the stud shall be machined down to the root diameter of the thread for a minimum distance of 0.5 diameters adjacent to the threaded portion;
- (c) a suitable transition shall be provided between the root diameter and the unthreaded portion; and
- (d) particular consideration shall be given to any dynamic loadings.

NUTS AND WASHERS

Nuts shall conform to the requirements in the applicable Part of Subsection C (see UCS-11 and UNF-

or UNF nut.

(b) The use of washers is optional. When used, they shall be of wrought materials.

UG-14 RODS AND BARS

Rod and bar stock may be used in pressure vessel construction for pressure parts such as flange rings, stiffening rings, frames for reinforced openings, stays and staybolts, and similar parts. Rod and bar materials shall conform to the requirements for bars or bolting in the applicable part of Subsection C.

UG-15 PRODUCT SPECIFICATION

When there is no material specification listed in Subsection C covering a particular wrought product of a grade, but there is an approved specification listed in Subsection C covering some other wrought product of that grade, the product for which there is no specification may be used provided:

(a) the chemical and physical properties, heat treating requirements, and requirements for deoxidation, or grain size requirements conform to the approved specification listed in Subsection C. The stress values for that specification given in the tables referenced in UG-23 shall be used.

(b) the manufacturing procedures, tolerances, tests, and marking are in accordance with a Section II specification covering the same product form of a similar material;

(c) for the case of welded tubing made of plate, sheet, or strip, without the addition of filler metal, the appropriate stress values are multiplied by a factor of 0.85;

(d) the product is not pipe or tubing fabricated by fusion welding with the addition of filler metal unless it is fabricated in accordance with the rules of this Division as a pressure part;

(e) mill test reports reference the specifications used in producing the material and in addition make reference to this paragraph.

DESIGN

UG-16 GENERAL

(a) The design of pressure vessels and vessel parts shall conform to the general design requirements in the following paragraphs and in addition to the specific

requirements for *Design* given in the applicable Parts Subsections B and C.

b) Minimum Thickness of Shells and Heads. Except for the special provisions listed below, the minimum thickness permitted for shells and heads, after forming and regardless of product form and material, shall be exclusive of any corrosion allowance. Exceptions are:

(1) the minimum thickness does not apply to heat transfer plates of plate-type heat exchangers;

(2) this minimum thickness does not apply to the outer pipe of double pipe heat exchangers nor to tubes in shell-and-tube heat exchangers, where such pipes or tubes are NPS 6 and less. This exemption applies whether or not the outer pipe or shell is constructed to Code rules. All other pressure parts of these heat exchangers which are constructed to Code rules must meet the $\frac{1}{16}$ in. minimum thickness requirements.

(3) the minimum thickness of shells and heads of fired steam boilers shall be $\frac{1}{4}$ in. exclusive of any corrosion allowance;

(4) the minimum thickness of shells and heads used in compressed air service, steam service, and other service, made from materials listed in Table UCS-23, shall be $\frac{3}{32}$ in. exclusive of any corrosion allowance.

c) Mill Undertolerance. Plate material shall be ordered not thinner than the design thickness. Vessels made of plate furnished with an undertolerance of not more than the smaller value of 0.01 in. or 6% of the design thickness may be used at the full design pressure if the thickness ordered. If the specification to which the plate is ordered allows a greater undertolerance, the ordered thickness of the materials shall be sufficiently greater than the design thickness so that the thickness of the material furnished is not more than smaller of 0.01 in. or 6% under the design thickness.

d) Pipe Undertolerance. If pipe or tube is ordered less than its nominal wall thickness, the manufacturing undertolerance on wall thickness shall be taken into account except for nozzle wall reinforcement area requirements in accordance with UG-40. The next heavier commercial wall thickness may then be used. The manufacturing undertolerances are given in the several pipe and tube specifications listed in the applicable Tables in Subsection C. After the minimum wall thickness is determined, it shall be increased by an amount sufficient to provide the manufacturing undertolerance allowed in the pipe or tube specification.

e) Corrosion Allowance in Design Formulas. The dimensional symbols used in all design formulas throughout this Division represent dimensions in the corroded condition.

UG-17 METHODS OF FABRICATION IN COMBINATION

A vessel may be designed and constructed by a combination of the methods of fabrication given in this Division, provided the rules applying to the respective methods of fabrication are followed and the vessel is limited to the service permitted by the method of fabrication having the most restrictive requirements (see UG-116).

UG-18 MATERIALS IN COMBINATION

Except as specifically prohibited by other rules of this Division, a vessel may be designed and constructed of any combination of materials permitted in Subsection C, provided the applicable rules are followed and the requirements in Section IX for welding dissimilar metals are met.

NOTE: Because of the different thermal coefficients of expansion of dissimilar materials, caution should be exercised in design and construction under the provisions of this paragraph in order to avoid difficulties in service under extreme temperature conditions, or with unusual restraint of parts such as may occur at points of stress concentration and also because of metallurgical changes occurring at elevated temperatures. (See also *Galvanic Corrosion* in Part UNF, Appendix NF.)

UG-19 SPECIAL CONSTRUCTIONS

(a) Combination Units. When a pressure vessel unit consists of more than one independent pressure chamber, operating at the same or different pressures and temperatures, each such pressure chamber (vessel) shall be designed and constructed to withstand the most severe condition of coincident pressure and temperature expected in normal service. Only the parts of chambers which come within the scope of this Division, U-1, need be constructed in compliance with its provisions. Also, see 9-1(c) for jacketed vessels.

(b) Special Shapes. Vessels other than cylindrical and spherical and those for which no design rules are provided in this Division may be designed under the conditions set forth in U-2.

(c) When no design rules are given and the strength of a pressure vessel or vessel part cannot be calculated with a satisfactory assurance of accuracy, the maximum



shall be done following the grain rolling (.....
 (g) heat treatment or postweld heat treatment.

(e) In addition to the requirements in (a) and (b)
 above, all welds made by the electron beam process
 shall be ultrasonically examined for their entire length
 in accordance with the requirements of Appendix 12.

(f) When radiography is required for a welded joint
 in accordance with (a) and (b) above, and the weld is
 made by the inertia and continuous drive friction weld-
 ing processes, the welded joints shall also be ultrasoni-
 cally examined for their entire length in accordance
 with Appendix 12.

UW-12 JOINT EFFICIENCIES

Table UW-12 gives the joint efficiencies E to be
 used in the formulas of this Division for joints completed
 by an arc or gas welding process. Except as required
 in UW-11(a)(5), a joint efficiency depends only on
 the type of joint and on the degree of examination of
 the joint and does not depend on the degree of examina-
 tion of any other joint. The User or his designated
 representative [see U-2(a)] shall establish the type of joint and
 the degree of examination when the rules of this
 Division do not mandate specific requirements. Rules
 determining the applicability of the efficiencies are
 given in the various paragraphs covering design formula-
 tions [for example, see UG-24(a) and UG-27]. For further
 details, see Appendix L.

(a) A value of E not greater than that given in
 column (a) of Table UW-12 shall be used in the design
 calculations for fully radiographed butt joints [see UW-
 11(a)], except that when the requirements of UW-
 11(a)(5) are not met, a value of E not greater than
 that given in column (b) of Table UW-12 shall be
 used.

(b) A value of E not greater than that given in
 column (b) of Table UW-12 shall be used in the design
 calculations for spot radiographed butt welded joints
 [see UW-11(b)].

(c) A value of E not greater than that given in
 column (c) of Table UW-12 shall be used in the design
 calculations for welded joints that are neither fully
 radiographed nor spot radiographed [see UW-11(c)].

(d) Seamless vessel sections or heads shall be consid-
 ered equivalent to welded parts of the same geometry
 in which all Category A welds are Type No. 1. For
 design calculations involving circumferential stress in seamless
 vessel sections or for thickness of seamless heads, $E = 1.0$
 when the spot radiography requirements of UW-
 11(a)(5)(b) are met. $E = 0.85$ when the spot radiography
 requirements of UW-11(a)(5)(b) are not met, or when

seamless vessel
 sections or heads are Type No. 3, 4, 5, or 6 of Table
 UW-12.

(e) Welded pipe or tubing shall be treated in the
 same manner as seamless, but with allowable tensile
 stress taken from the welded product values of the
 stress tables, and the requirements of UW-12(d) applied.

(f) A value of E not greater than 0.80 may be used
 in the formulas of this Division for joints completed
 by any of the pressure welding processes given in UW-
 27(b), except for electric resistance welding, provided
 the welding process used is permitted by the rules in
 the applicable parts of Subsection C for the material
 being welded. The quality of such welds used in vessels
 or parts of vessels shall be proved as follows: Test
 specimens shall be representative of the production
 welding on each vessel. They may be removed from
 the shell itself or from a prolongation of the shell
 including the longitudinal joint, or, in the case of
 vessels not containing a longitudinal joint, from a test
 plate of the same material and thickness as the vessel
 and welded in accordance with the same procedure.
 One reduced-section tension test and two side-bend
 tests shall be made in accordance with, and shall meet
 the requirements of QW-150 and QW-160, Section IX.

UW-13 ATTACHMENT DETAILS

(a) Definitions

t_n = nominal thickness of head, exclusive of corro-
 sion allowance, in.

t_p = minimum distance from outside surface of flat
 head to edge of weld preparation measured as
 shown in Fig. UW-13.2, in.

t_s = nominal thickness of shell, exclusive of corro-
 sion allowance, in.

(See UG-27, UG-28, UG-32, UG-34, and other para-
 graphs for additional definitions.)

(b)(1) Ellipsoidal, torispherical, and other types of
 formed heads, shall be attached to the shell as illustrated
 in the applicable Fig. UW-13.1 sketches (a), (b), (c),
 (d), (e), and (k). The construction shown in sketch (f)
 may also be used for end heads when the thickness
 of the shell section of the vessel does not exceed $\frac{5}{8}$
 in. [see also (c) below]. Limitations relative to the use
 of these attachments shall be as given in the sketches
 and related notes and in Table UW-12. Figure UW-
 13.1 sketches (g), (h), and (j) are examples of attachment
 methods which are not permissible.

(2) Formed heads, concave or convex to the pres-
 sure, shall have a skirt length not less than that shown
 in Fig. UW-13.1, using the applicable sketch. Heads

APENDICE C
TABLAS APLICADAS

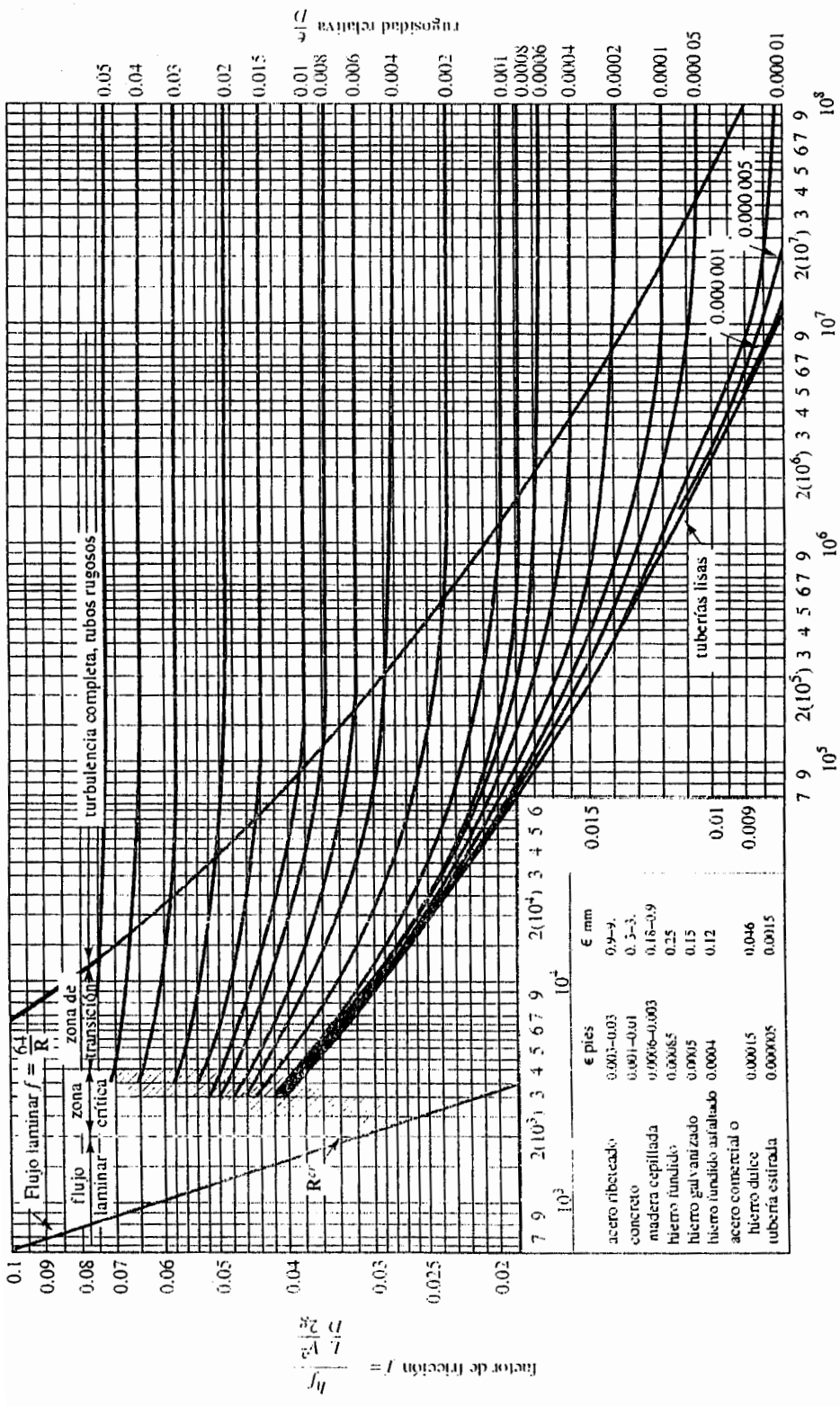


Diagrama de Moody.

APÉNDICE C-2

TABLA DE CONVERSIÓN DE UNIDADES

Factores de conversión A para obtener una cantidad de entrada X convertida en una cantidad de salida Y mediante la fórmula $Y = AX^*$

MULTIPLIQUE X	POR EL FACTOR A	PARA OBTENER Y	MULTIPLIQUE X	POR EL FACTOR A	PARA OBTENER Y
Unidad térmica británica, Btu	1055	joule, J	momento de inercia, $\text{lbm} \cdot \text{ft}^2$	0.0421	kilogramo-metro ² , $\text{kg} \cdot \text{m}^2$
Btu/segundo, Btu/s	1.05	kilowatt, kW	momento de inercia, $\text{lbm} \cdot \text{in}^2$	293	kilogramo-milímetro ² , $\text{kg} \cdot \text{mm}^2$
caloría	4.19	joule, J	segundo momento de área, in^4	41.6	centímetro ⁴ , cm^4
centímetro de mercurio (0°C)	1.333	kilopascal, kPa	onza fuerza, oz	0.278	newton, N
centípoise, cP	0.001	pascal-second, Pa · s	onza masa	0.0311	kilogramo, kg
grado (ángulo)	0.0174	radian, rad	libra, lbt	4.45	newton, N
pie, ft	0.305	metro, m	libra-pie, lb · ft	1.36	newton-metro, N · m
pie ² , ft ²	0.0929	metro ² , m ²	libra-pie ² , lb/ft^2	47.9	pascal, Pa
pie/minuto, ft/min	0.0051	metro/segundo, m/s	libra-pulgada, $\text{lb} \cdot \text{in}$	0.113	joule, J
pie-libra, ft · lb	1.35	joule, J	libra-pulgada, $\text{lb} \cdot \text{in}$	0.113	newton-metro, N · m
pie-libra/segundo, ft · lb/s	1.35	watt, W	libra/pulgada, lb/in	175	newton/metro, N/m
pie/segundo, ft/s	0.305	metro/segundo, m/s	libra/pulgada ² , psi (lb/in ²)	6.89	kilopascal, kPa
galón (USA), gal	3.785	litro, l	libra-masa, lbm	0.454	kilogramo, kg
caballo, hp	0.746	kilowatt, kW	libra masa/segundo, lbm/s	0.454	kilogramo/segundo, kg/s
pulgada in	0.0254	metro, m	cuarto de galón (E.U.), qt	946	mililitro, ml
pulgada, in	25.4	milímetro, mm	módulo de sección, in ³	16.4	centímetro ³ , cm^3
pulgada ² , in ²	645	milímetro ² , mm^2	slug (geolibra)	14.6	kilogramo, kg
pulgada de mercurio (32°F)	3.386	kilopascal, kPa	tonelada (2000 lbm, E.U.)	907	kilogramo, kg
kilolibra, kip	4.45	kilonewton, kN	yarda, yd	0.914	metro, m
kilolibra/pulgada ² , kpsi (ksi)	6.89	megapascal, MPa (N/mm ²)			
masa, $\text{lb} \cdot \text{s}^2/\text{in}$	175	kilogramo, kg			
milla, mi	1.610	kilómetro, km			
milla/hora,	1.61	kilómetro/hora km/h			
milla/hora,	0.447	metro/segundo, m/s			

*Aproximado

† La unidad *libra fuerza* del U.S. Customary System suele simbolizarse como lbf para distinguirla de la libra masa, cuyo símbolo es lbm. En este libro, la libra fuerza se designa simplemente como *libra* y se usa el símbolo lb

Referencia. (1)

APENDICE D

NORMA APLICADA DE AWWA C-210 PARA EL SISTEMA DE ACABADO

SSPC SP10—Surface Preparation Specification No. 10, Near-White Blast Cleaning.

SSPC SP11—Surface Preparation Specification No. 11, Power Tool Cleaning to Bare Metal.

SSPC VIS 1-89-05—Visual Standard for Abrasive Blast Cleaned Steel.

.4 Affidavit of Compliance

The purchaser may require the constructor to furnish an affidavit that all material furnished complies with the requirements of this standard.

.5 Equipment

The constructor's equipment for blast cleaning and coating shall be of such design, manufacture, and condition to permit the constructor to comply with the procedures and obtain the results prescribed in this standard.

.6 Certification

The purchaser shall require the constructor to furnish certification that the interior coating system being furnished under the purchase order satisfies all current applicable governmental health and safety requirements with regard to suitability for use in potable water service.

7 Materials and Workmanship

Materials furnished shall meet the provisions of this standard. Materials or work that fail to comply may be rejected.

8 Government Regulations

The interior coating system shall comply with all federal, provincial, state, and local governmental regulations for potable water contact in effect at the time for the location of use.

9 Safety

All necessary precautions shall be taken to protect personnel and property from accidents due to falls, hazardous materials, fire, explosion, and other dangers. The methods and practices defined in SSPC PA Guide 3 shall be followed, along with those prescribed by applicable federal, provincial, state, and local regulations.

SECTION 2: COATING SYSTEM

1 Liquid-Epoxy Coatings

The coatings used in this standard shall be based on liquid, chemically cured epoxies. The curing agent may be an amine, amine-adduct, or polyamide; and the epoxy may be modified with coal tar, phenolic, or other modifiers. Materials used in both the primer and finish coat(s) shall be products of one manufacturer.

2.1.1 *Shelf life.* The component parts shall be stored in unopened original containers at temperatures not to exceed the manufacturer's recommendation. They shall show no instability or settling beyond a state permitting easy, complete

redispersion to a smooth, homogeneous consistency. When properly mixed and applied, acceptable drying and curing will result. Stored material that has exceeded the manufacturer's stated shelf life shall not be used.

Sec. 2.2 Coating Thickness

The minimum and maximum dry film thickness (DFT) of the lining and external coating shall be specified by the purchaser.

2.2.1 Unless otherwise specified by the purchaser, the minimum DFT provided shall be at least 16 mils (406 μm), as shown in Table 1.

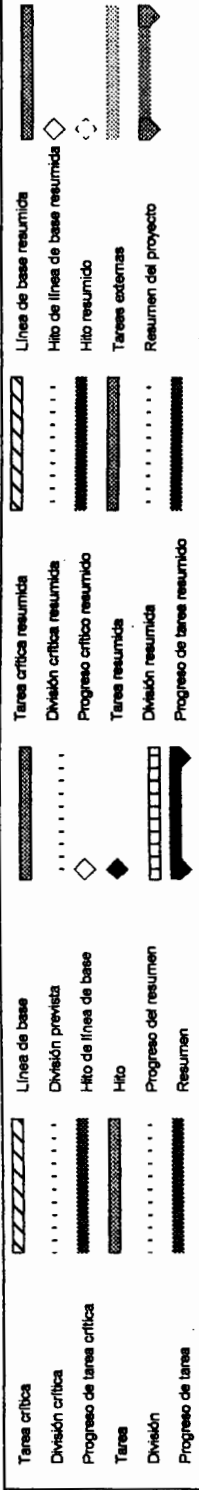
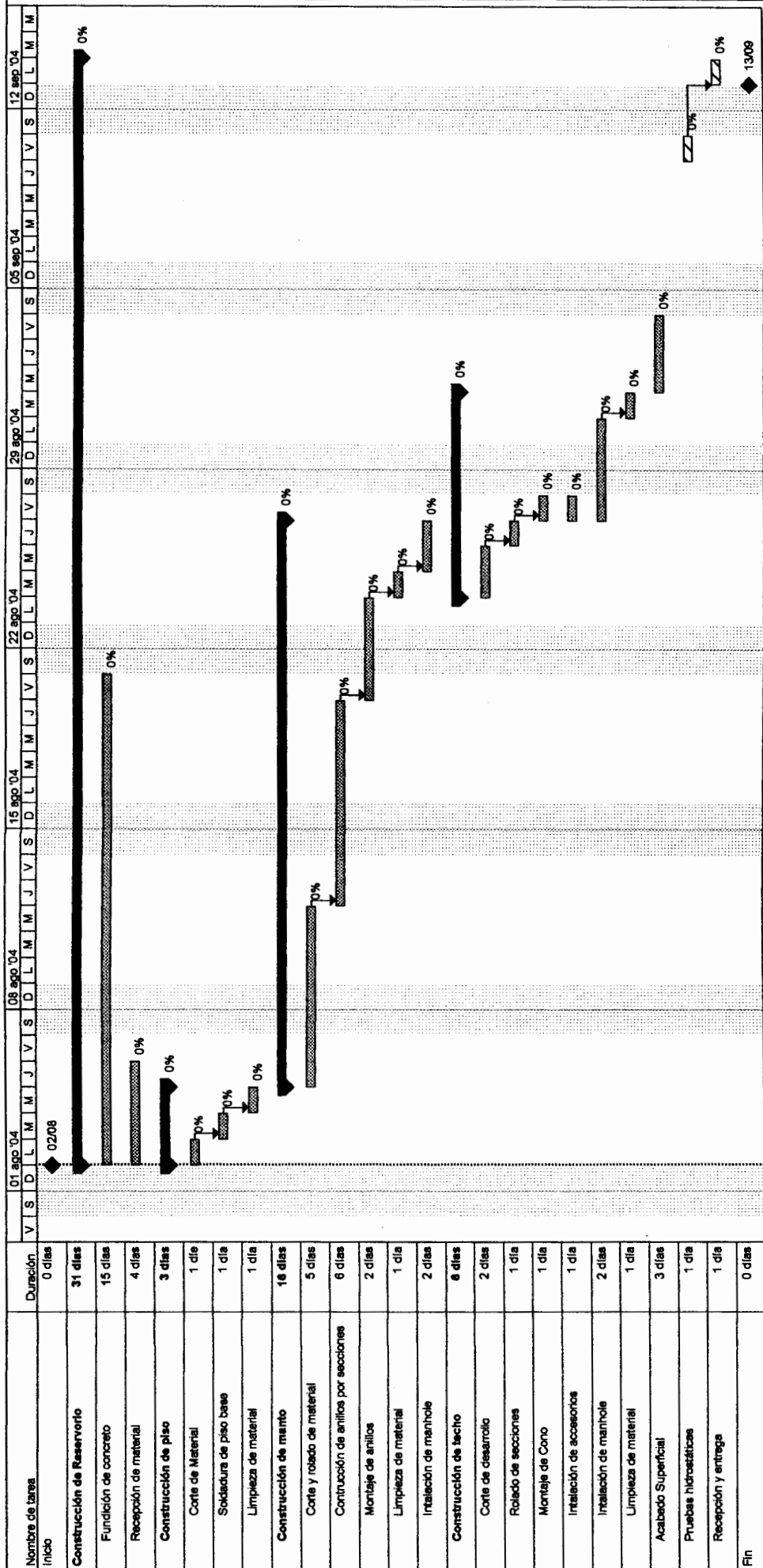
2.2.2 After curing but prior to burial, the coating system shall be a continuous film, free of thin spots and other imperfections as defined in Sec. 3.3.7, and shall pass electrical inspection as defined in Sec. 3.3.8.

Table 1 Physical and performance requirements

Test	Requirement		Method
	Minimum	Maximum	
1. Shelf life	Manufacturer's recommendations	Manufacturer's recommendations	Sec. 2.1.1
2. Thickness, dry film, mils (μm)	16 (406)	Manufacturer's recommendations	Sec. 2.2.1 and Sec. 5.5
3. Immersion and vapor phase, 30 days at 75°F \pm 2°F (24°C \pm 1°C)			Sec. 2.3.1
a. Deionized water	No blistering, peeling, or disbondment	—	
b. Sulfuric acid, 1% by weight	No blistering, peeling, or disbondment	—	
c. Sodium hydroxide, 1% by weight	No blistering, peeling, or disbondment	—	
4. Electrical inspection (holidays)	0	—	Sec. 3.3.8
5. Cure pencil hardness, ASTM 3363 solvent double rub, ASTM 4752	Manufacturer's recommendations Manufacturer's recommendations	—	Sec. 5.3
6. Adhesion V-cut, in. (mm) ASTM D4541, lb/in. ² (kPa)	— 400 (2758)	1/8 (3.2) —	Sec. 5.4

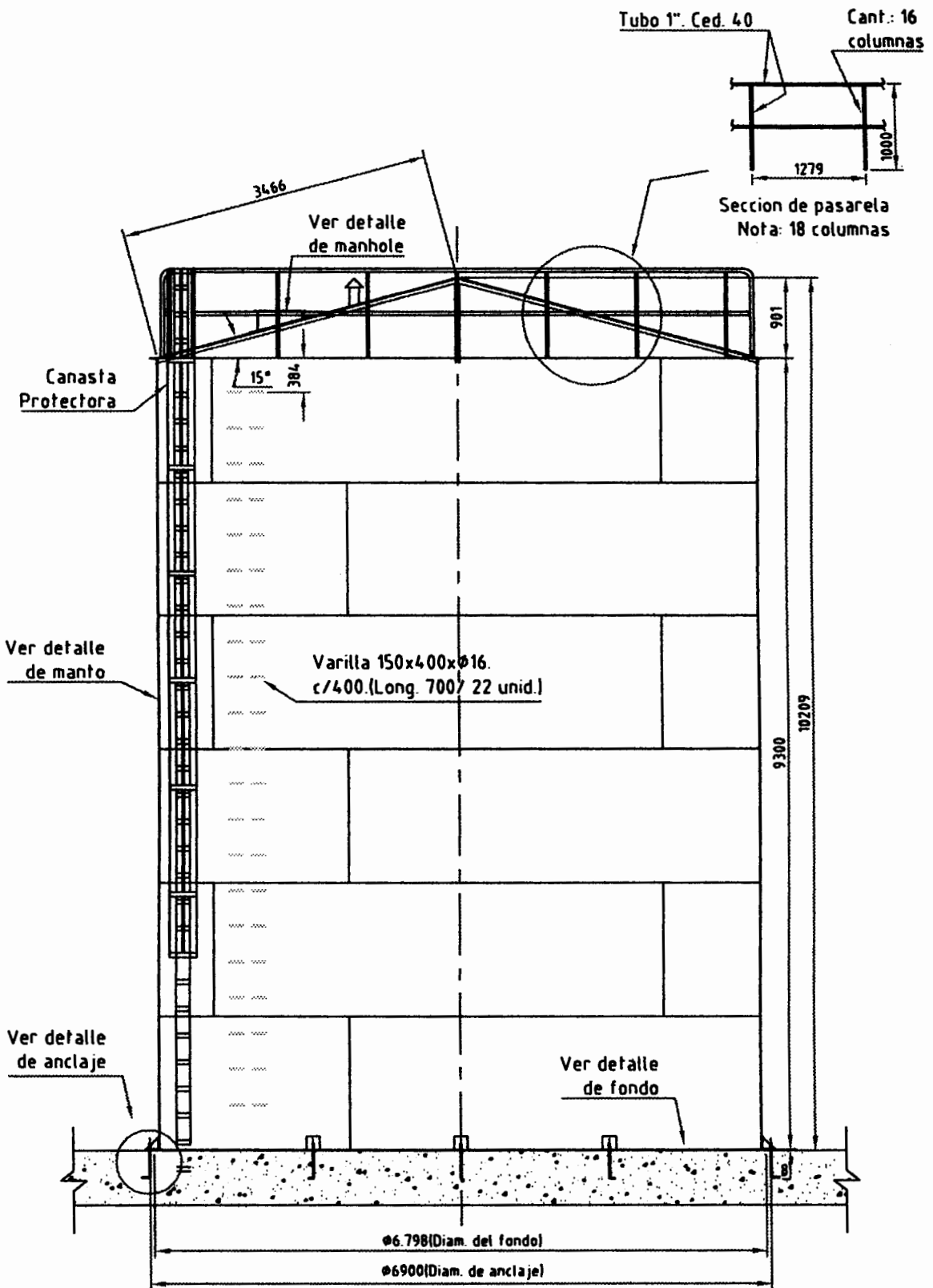
APENDICE E

CRONOGRAMA DE TRABAJO



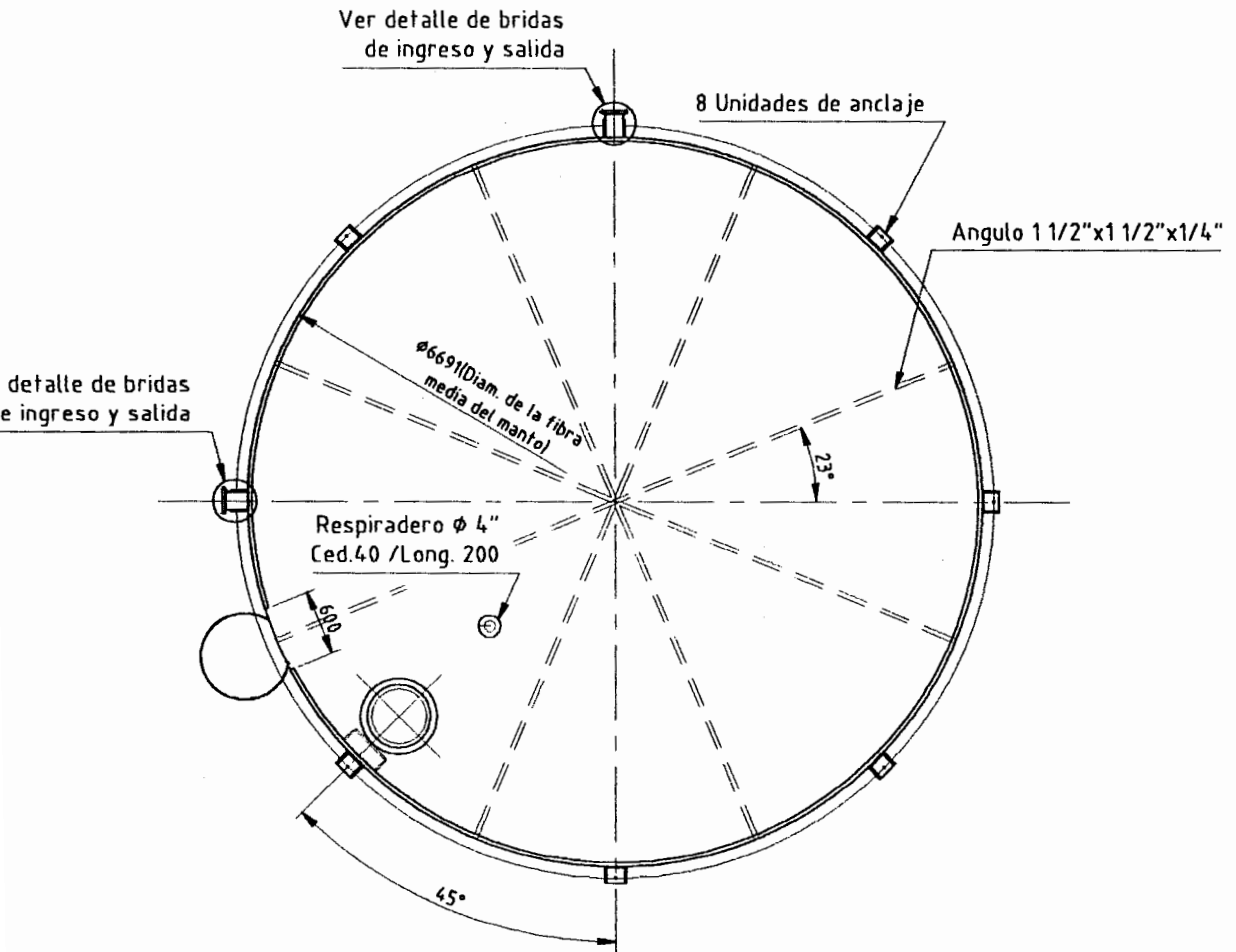
APENDICE F

PLANOS DEL TANQUE RESERVORIO DE AGUA



VISTA FRONTAL
DEL TANQUE
(Esc. 1:65)

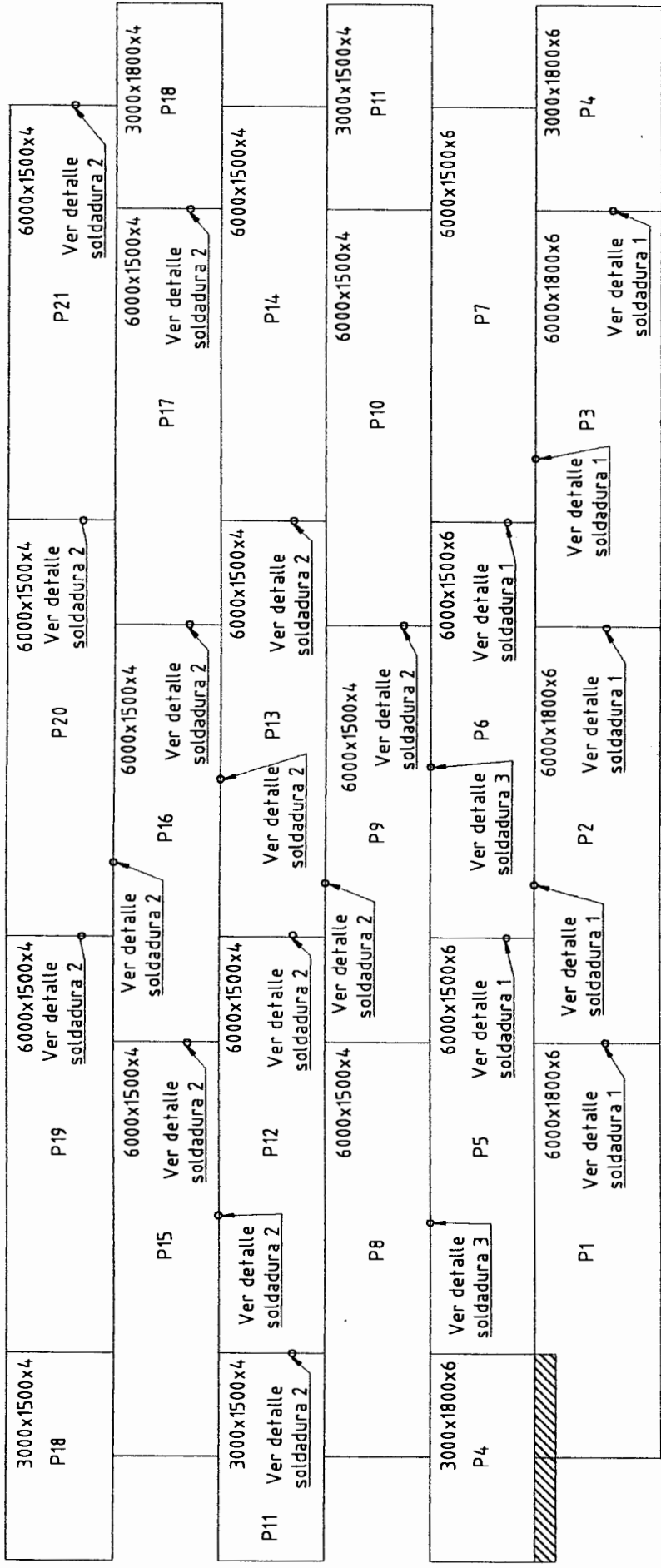
FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN			
	Fecha	Nombre	DENOMINACIÓN
Dibujo	Dic. 26/03	Jorge Loyola	VISTA FRONTAL DE TANQUE RESERVORIO
Verifico	En. 05/03	Ern. Martinez	
Aprobo	En. 05/03	Ern. Martinez	
ESPOL			PLANO N° 1 # 1 (LOY-12-03-MD-1)
			ESCALA Indic



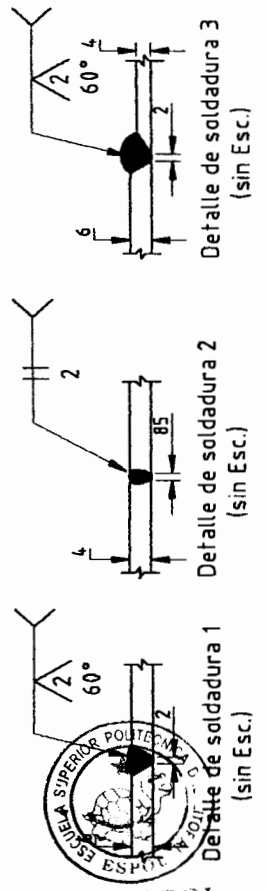
VISTA SUPERIOR DEL TANQUE
(Esc. 1:65)

FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA
Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN

	Fecha	Nombre	DESCRIPCIÓN	ESCALA
Dibujó	Dic.26/03	Jorge Loyola	VISTA SUPERIOR DE TANQUE RESERVORIO	Indic.
Verifico	En.05/03	Em.Martinez		
Aprobo	En.05/03	Em.Martinez		
ESPOL			PLANO N°: # 2 (LOY-12-03-MD-2)	

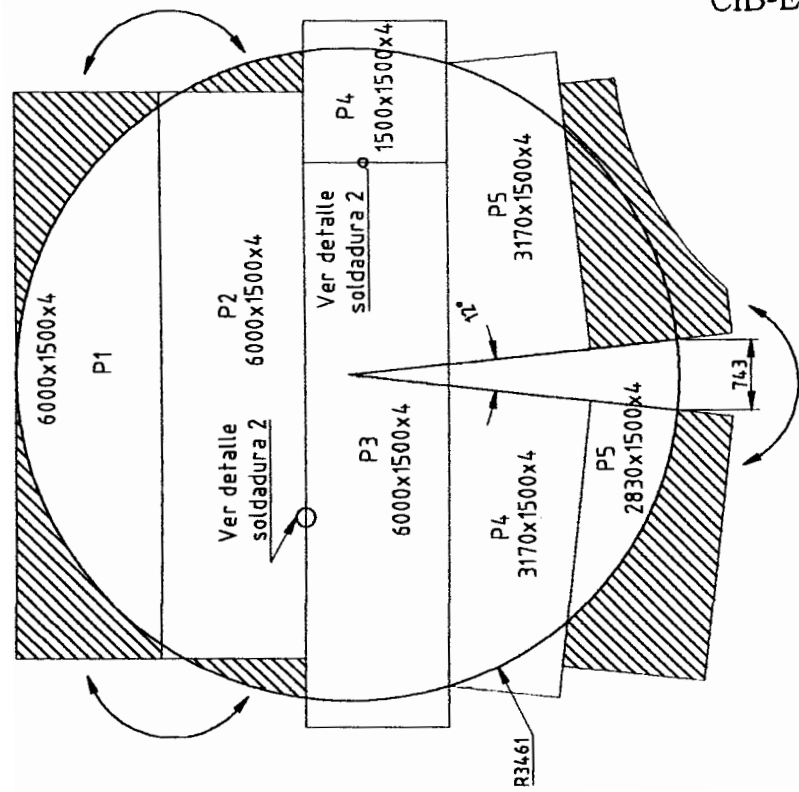


DISTRIBUCION DE PLANCHAS DEL MANTO
(Esc. 1:85)

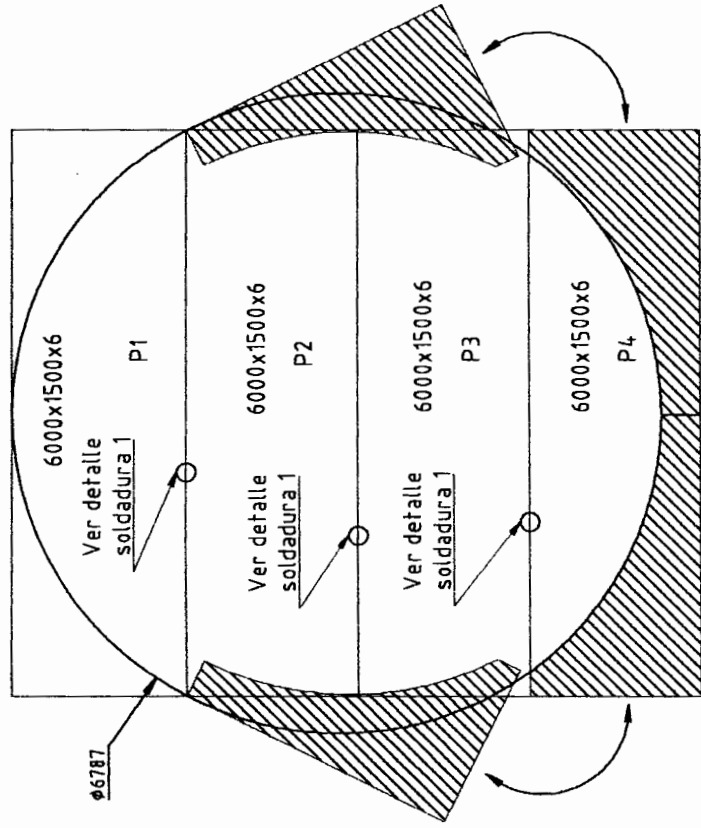
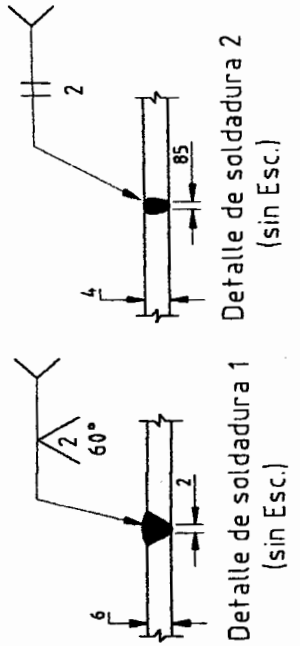


FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION		UNIVERSIDAD		ESCALA Indic.
		DETALLE DE DISTRIBUCION DE PLANCHAS EN MANTO		
Fecha	Numero	PROFESOR		PLANO N° 3
Dibujo: 01-24/03	Jorge Loyola	DETALLE DE DISTRIBUCION DE PLANCHAS EN MANTO		
Verifica: 01-05/03	Etn. Martínez	DE PLANCHAS EN MANTO		
Aprobado: 01-05/03	Etn. Martínez	PLANO N° 3		# 3 (LOY-12-03-MD-3)





DISTRIBUCION DE PLANCHAS DEL TECHO
(Esc. 1:75)



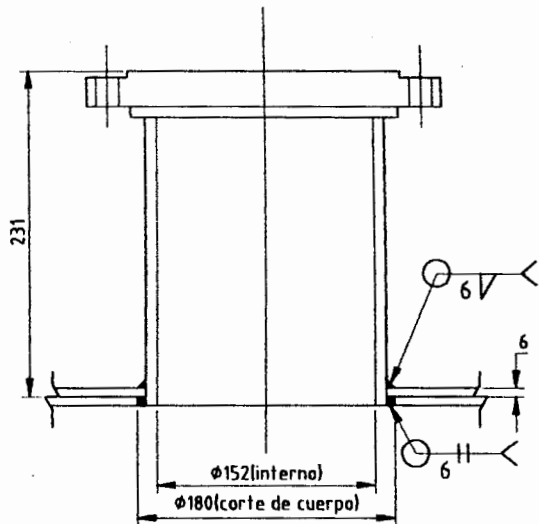
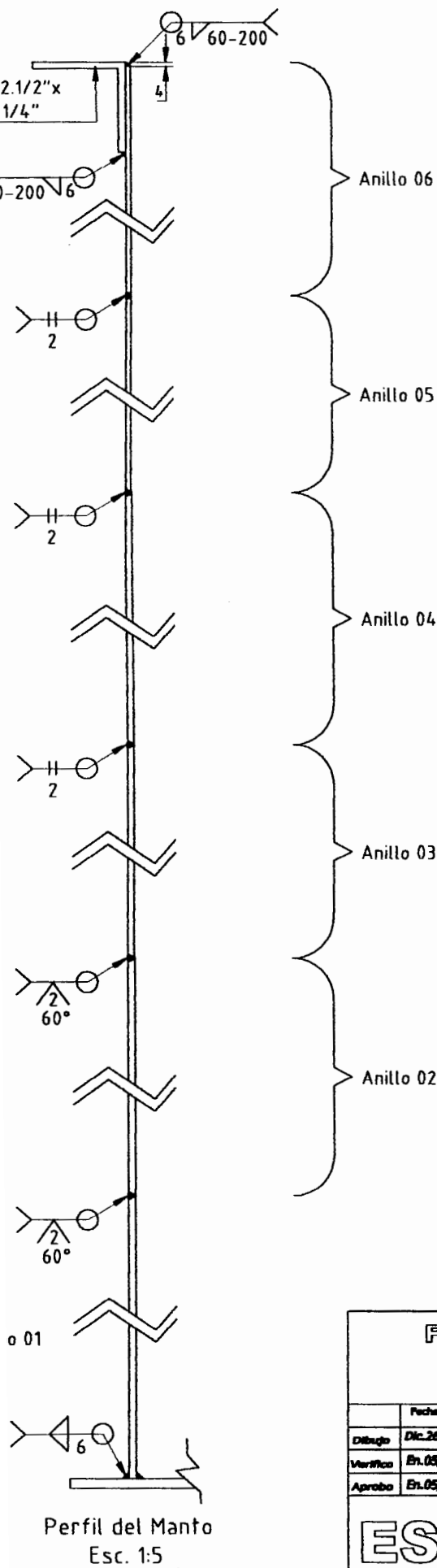
DISTRIBUCION DE PLANCHAS DEL PISO
(Esc. 1:75)



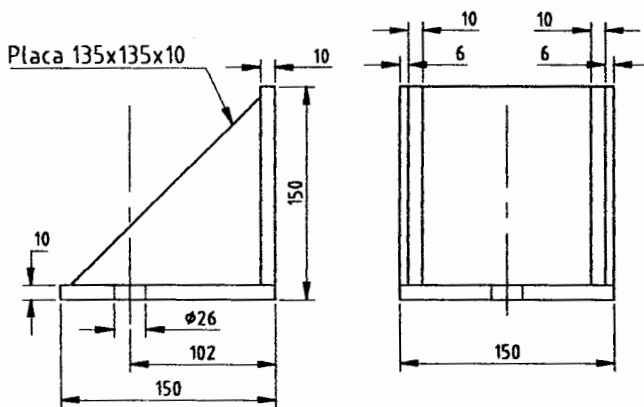
CIB-ESPOL

FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN		INDICACION	
Fecha	Nombre	INDICACION	
Dic. 24/03	Jorge Loyola	DISTRIBUCIÓN DE PLANCHAS	
Verifica	En. Martínez	EN TECHO Y PISO	
Aproba	En. Martínez	PLANO 07'	
		# 4 (LOY-12-03-MID-4)	
		Indic.	

ESPOL



Detalle de Bridas de ingreso y salida (Cotas a definirse)
(Esc. 1:5)



Soporte de Anclaje
(Esc. 1:5)

FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA
Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION

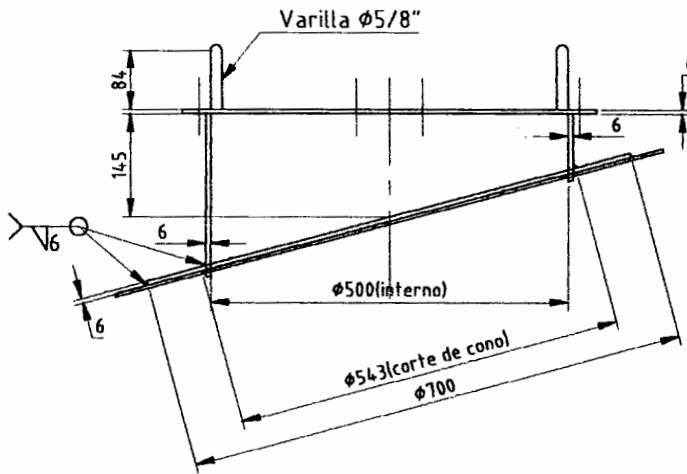
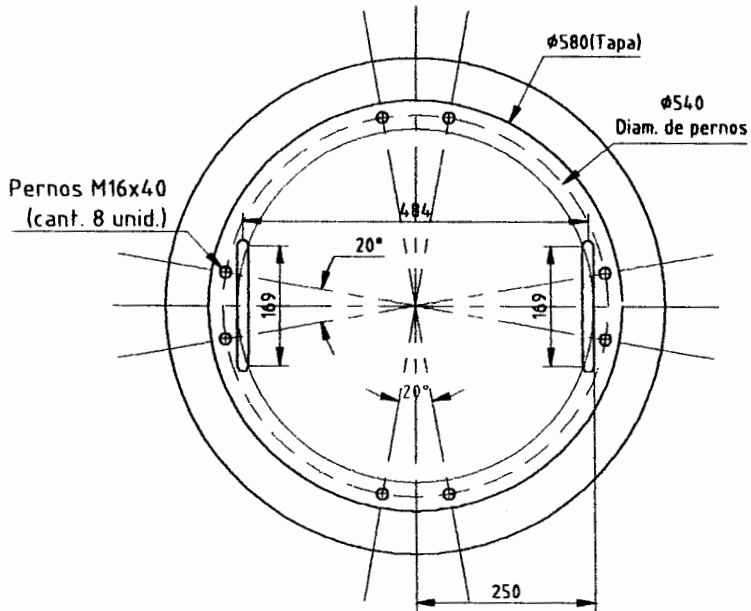
	Fecha	Nombre	DESCRIPCION	ESCALA
Dibujó	Dic. 26/03	Jorge Loyola	DETALLE DE SOLDADURA EN MANTO Y ENTRADAS DE AGUA	Indic.
Verificó	En. 05/03	Em. Martínez		
Aprobó	En. 05/03	Em. Martínez		

ESPOL

PLANO N°:

5 (LOY-12-03-MD-5)



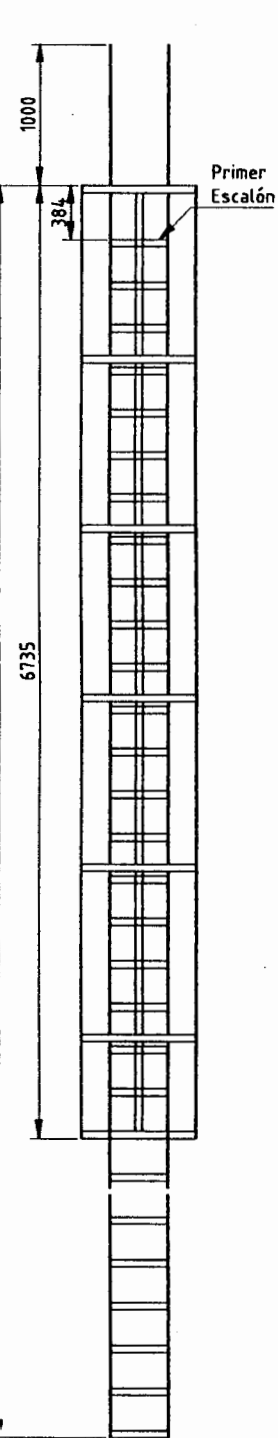


Detalle de Manhole
(Esc. 1:10)

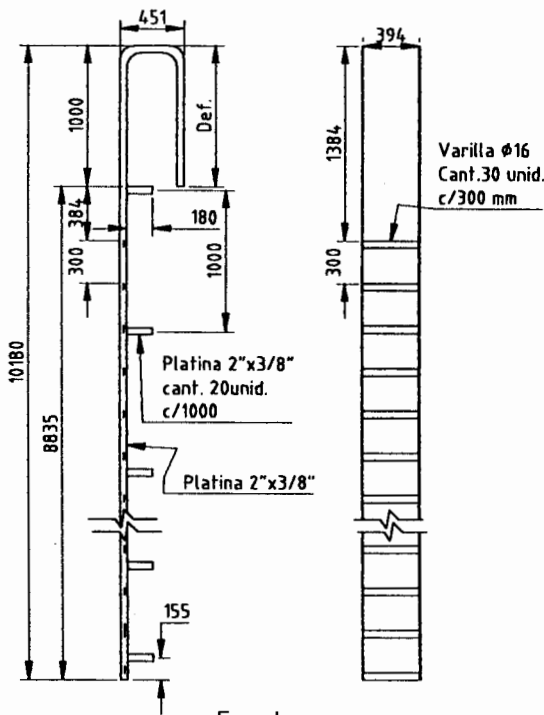


FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA
Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN

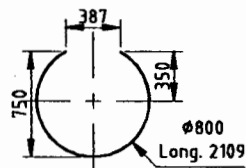
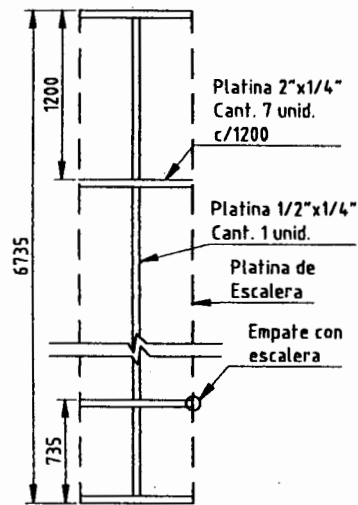
Fecha	Nombre	SUBSEÑALACIÓN	ESCALA
Dibujó	Dic.26/03 Jorge Loyola	DETALLE DE MANHOLE	Indic.
Verificó	En.05/03 Em.Martinez		
Aprobó	En.05/03 Em.Martinez		
<p>ESPOL</p>		<p>PLANO N° 1</p> <p># 6 (LOY-12-03-MD-6)</p>	



Conjunto Escalera-
Canasta (Esc. 1:50)



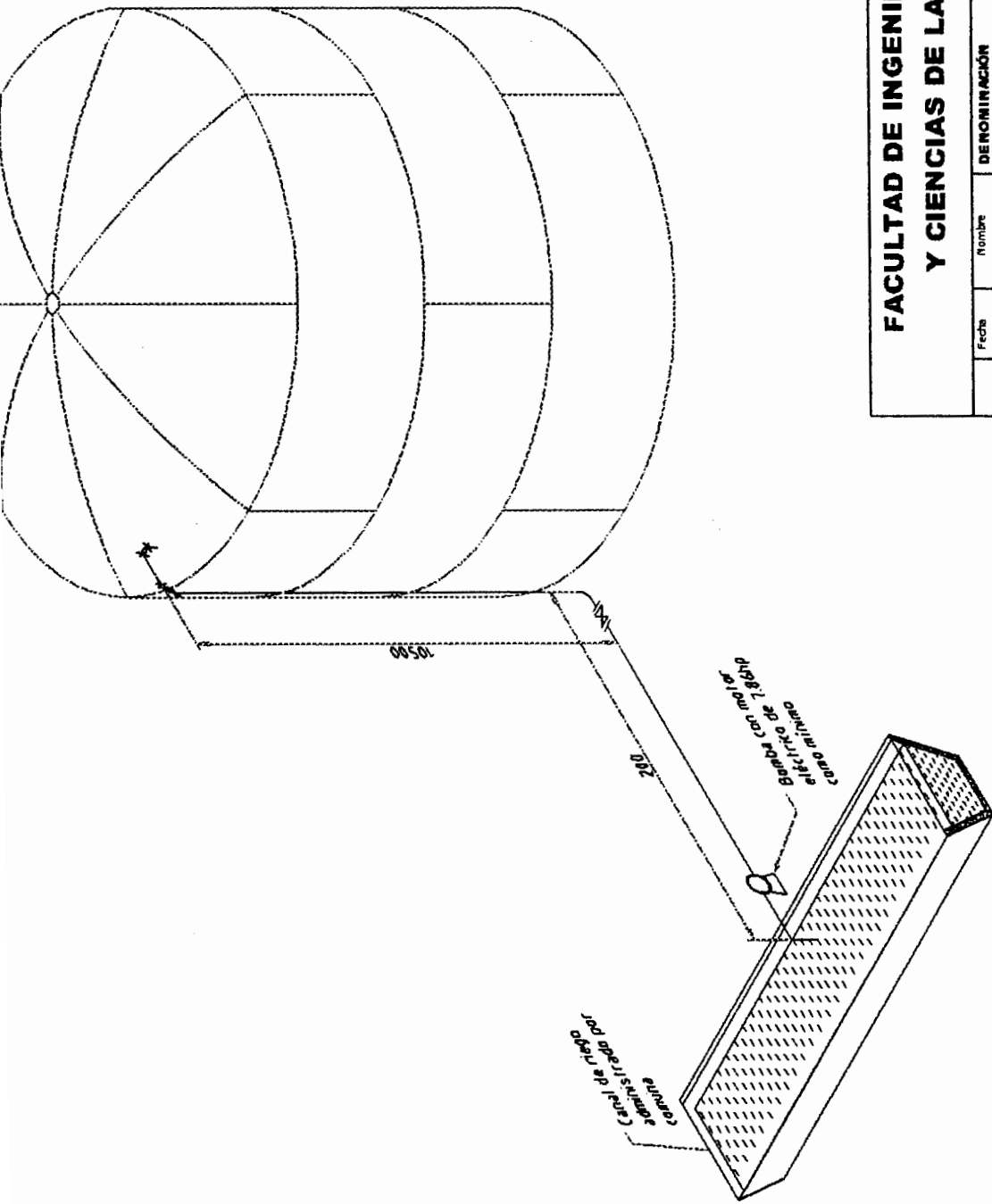
Escalera
(Esc. 1:50)



Canasta Protectora
(Esc. 1:50)

FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA
Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN

			VERIFICACIÓN	ESCALA
Dibajo	Dic. 26/03	Jorge Loyola	DETALLE DE ESCALERA	Indic.
Verifico	En. 05/03	En. Martinez		
Aprobo	En. 05/03	En. Martinez		
<p>ESPOL</p>			<p>PLANO N° 1</p> <p># 6.1 (LOY-12-03-MD-6)</p>	



**FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA
Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN**

DENOMINACIÓN		ESCALA
Isométrico de tubería desde canal		Indic.
Fecha	Nombre	
Dic. 26/03	Jorge Loyola	
Verifico	Ern. Martínez	
Aprueba	Ern. Martínez	

PLANO N° 1


ESPOL

7 (LOY-12-03-MD-7)



	24	Ang.2 1/2x2 1/2x1/4",L=21050 mm	ASTM A36	134
	23	Ang. 1 1/2x1 1/2x1/4",L=3466 mm	ASTM A36	105
	22	Respiradero ø 102.4mm, L= 200	ASTM A36	5
	21	Placas Bridas 566x230x6mm (2u)	ASTM A36	55
	20	Tubo ø1". Long.60 m	Ced. 40	150.2
	19	Varilla ø16x700	SAE 1020	24.3
	18	Platina 2"x1/4"x2109mm	ASTM A36	37.4
	17	Platina 1/2"x3/16"x6735mm	ASTM A36	3.2
	16	Varilla ø16x300	SAE 1020	18.7
	15	Platina 2"x1/4"x11184mm	ASTM A36	59
	14	Pernos M16x40 (8 unid.)	SAE-1038	0.5
	13	Varilla ø16. Long. 337 mm	SAE 1020	1.1
	12	Torta de plancha ø580 x 6 mm	ASTM A36	12.4
	11	ø 25.4 mm ext. 700 (8 unid.)	ASTM A36	18.1
	10	Placa rolado ø 500 Long. 145	ASTM A36	11
	09	Placas de 135x135x6	ASTM A36	6.9
	08	Placas de 150x150x10	ASTM A36	14.2
	07	Placas de 140x150x10	ASTM A36	13.2
	06	Plancha de 6000x1500x6	ASTM A36	1696
	05	Plancha de 6000x1500x4	ASTM A36	1413
	04	Plancha de 6000x1500x4	ASTM A36	2473
	03	Plancha de 6000x1500x4	ASTM A36	1978
	02	Plancha de 6000x1500x6	ASTM A36	1272
	01	Plancha de 6000x1800x6	ASTM A36	2035
	1	Tanque de Agua Fria		11531
CUERPO	ID	DENOMINACIÓN	MATERIAL	MASA KG.

**FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA
Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN**

	Fecha	Nombre	DENOMINACIÓN LISTADO DE MATERIALES	ESCALA Indic.
Dibujo	Dic.26/03	Jorge Loyola		
Verifico	En.05/03	Em.Martinez		
Aprobó	En.05/03	Em.Martinez		
ESPOL			PLANO N°: # 8 (LOY-12-03-MD-7)	

BIBLIOGRAFÍA

- 1 Joseph Edward Shigley y Charles R. Mischke. Diseño en Ingeniería Mecánica. Editorial McGRAW-HILL. Mexico 1986. Quinta Edición.
- 2 American Petroleum Institute. Normas API 650 sexta edición revisión 3, octubre 15, 1979.
- 3 Catálogos DIPAC – IPAC actualizados.
- 4 Eugene F. Megyesy. Handbook of Pressure Vessel. Editorial LIMUSA México 1998.
- 5 CIMEG. Revista Energía volumen 4 #4, junio 1999 pág 22. Art. Diseño Estructural de la Columna Metálica que Soporta una Valla para Anuncio Publicitario por Ing. Sixto Escalante Chalén.
- 6 American Society of Mechanical Engineers. Norma ASME 1995: código para recipientes a presión.
- 7 Ferdinand P. Beer y E. Russel Jhonston, Jr. Mecánica Vectorial para Ingenieros. Editorial Mc Graw Hill 1990 Quinta edición,
8. P. Gerhart, R Cross, J. Hochstein. Fundamentos de Mecánica de Fluidos. Editorial Addison-Wesley Iberoamericana. U.S.A 1995. Segunda Edición.
9. Donald R. Askeland. La Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Editorial Iberoamérica México 1987, primera edición.
10. Seely – Smith. Resistencia Avanzada de Materiales Editorial Mc Graw Hill México 1970, segunda edición



11. Steel Structure Painting Council. Normas SSPC-SP.

12. American Water Works Association. Normas AWWA C-210