

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA**



**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE BATERÍA DE TANQUES  
DE ACERO AL CARBONO DE 650M3 DE CAPACIDAD**

**INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECÁNICO**

**ELABORADO POR:  
MARTIN EDUARDO ESPINOZA RENGIFO**

**PROMOCIÓN 2005-II**

**LIMA - PERÚ**

**2014**

## CONTENIDO

<b>PRÓLOGO</b> .....	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
1.1 <b>Antecedentes</b> .....	<b>3</b>
1.2 <b>Objetivos</b> .....	<b>4</b>
1.3 <b>Alcance</b> .....	<b>4</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>6</b>
2.1 <b>API 620 (1996) “Design and Construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Tanks” 9na Edición</b> .....	<b>6</b>
2.2 <b>DS 052-93-EM “Reglamento de seguridad para el almacenamiento de hidrocarburos”</b> .....	<b>7</b>
2.3 <b>DS 036-2003-EM “Modifican el reglamento de seguridad para el almacenamiento de hidrocarburos, aprobado por decreto supremo N° 052- 93-EM”</b> .....	<b>8</b>
2.4 <b>ASME</b> .....	<b>8</b>
2.5 <b>NFPA: National Fire Protection Association</b> .....	<b>8</b>
2.6 <b>AWS: American Welding Society</b> .....	<b>9</b>
2.7 <b>SSPC: The Society for Protective Coatings</b> .....	<b>9</b>
2.8 <b>Medidas de Control ambiental</b> .....	<b>9</b>
2.9 <b>Ley 29783: Ley Seguridad y salud en el trabajo</b> .....	<b>10</b>

<b>DISEÑO Y DISTRIBUCION DE BATERIA DE CUATRO TANQUES DE 650m<sup>3</sup></b> .....	<b>11</b>
3.1	Calculo de las dimensiones de los tanques de almacenamiento..... 11
3.1.1	Tanques de 400 m <sup>3</sup> ..... 12
3.1.2	Tanques de 650m <sup>3</sup> ..... 13
3.2	Dimensionamiento del dique de contención ..... 14
3.2.1	Distancias mínimas de tanques a vías públicas ..... 15
3.2.2	Distancia entre tanques de almacenamiento..... 15
3.2.3	Distribución de tanques atmosféricos..... 16
3.2.4	Acceso y circulación vehicular, planeamiento. .... 17
3.2.5	Precauciones ante derrames accidentales (Diseño del muro de contención)..... 17
3.3	Tanque de 650m <sup>3</sup> de capacidad según norma API 620 ..... 20
3.3.1	Premisas y consideraciones..... 21
3.3.1.1	Condiciones de cálculo ..... 21
3.3.1.2	Materiales..... 21
3.3.1.3	Espesores mínimos permitidos..... 22
3.3.1.4	Tolerancias por corrosión..... 22
3.3.1.5	Eficiencias para juntas soldadas..... 23
3.3.1.6	Verificación de fondo..... 23
3.3.1.7	Correcciones especiales ..... 23
3.3.1.8	Verificación del volumen de vapor ..... 24

3.3.2	Anillo de compresión para el techo del tanque.....	24
3.3.2.1	Forma constructiva.....	25
3.3.2.2	Dimensiones de las secciones del anillo .....	26
3.3.3	Pared del tanque .....	26
3.3.3.1	Datos de costado del cilindro .....	26
3.3.3.2	Esfuerzos Meridionales (Verticales).....	27
3.3.3.3	Esfuerzos circunferenciales.....	28
3.3.3.4	Espesor mínimo calculado .....	28
<b>EQUIPOS PARA TANQUES DE ALMACENAMIENTO.....</b>		<b>30</b>
4.1	Bombas centrifugas para tanques. ....	30
4.2	Sello mecánico .....	32
4.3	Válvulas de alivio de presión y vacío.....	34
4.3.1	Válvula de alivio de presión .....	35
4.3.2	Válvula de alivio de presión de emergencia.....	37
4.3.3	Válvula de vacío.....	38
4.4	Blanketing .....	39
4.4.1	Planta de nitrógeno.....	40
4.4.2	Válvula reguladora de Nitrógeno en el tanque .....	41
4.5	Sistema contra incendio .....	43
4.5.1	Bombas del sistema contra incendio .....	43
4.5.2	Tanque de espuma .....	43

4.5.3	Cámaras de espuma .....	44
<b>IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO .....</b>		<b>46</b>
5.1	Bases de concreto .....	46
5.2	Dique de contención.....	47
5.3	Primer anillo y techo. ....	48
5.4	Cuerpo del tanque.....	49
5.5	Segundo vaciado de concreto en el interior del tanque e instalación del fondo.	50
5.6	Bocas del tanque.....	52
5.7	Instalación y montaje de tuberías .....	54
5.8	Instalación y montaje de equipos .....	56
5.9	Pintado del tanque. ....	56
<b>PRUEBAS DEL PROCESO DE FABRICACIÓN Y ENTREGA.....</b>		<b>58</b>
6.1	Calificación y especificación del procedimiento de soldadura .....	58
6.2	Calificación de soldadores .....	59
6.3	Procedimiento de inspección de uniones soldadas.....	59
6.3.1	Inspección Visual .....	59
6.3.2	Inspección Radiográfica .....	59
6.3.3	Tintes penetrantes .....	60
6.4	Procedimiento de Pintado de exterior de tanques. ....	61
6.5	Prueba neumática de anillos de refuerzo para bocas del tanque. ....	62

6.6	Prueba de vacío para el fondo del tanque.....	63
6.7	Prueba de estanqueidad y asentamiento de los tanques.....	64
6.8	Prueba Hidroneumática para los tanques .....	65
<b>INVERSIÓN ECONÓMICA .....</b>		<b>67</b>
7.1	Cálculo de costos.....	67
	7.1.1 Costo Variable.....	67
	7.1.2 Calculo de Costos Fijos.....	67
7.2	Cálculo del VAN.....	69
7.3	Calculo del TIR .....	69
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>72</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>74</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## **DEDICATORIA**

**El presente informe se lo dedico a mi familia y hermanos que gracias a su apoyo y consejos pude concluir la carrera. A mi madre por estar a mi lado apoyándome siempre y haciendo de mí una mejor persona a través de sus consejos, enseñanza y amor. A mis hermanos por su apoyo para poderme realizar como profesional. A mi novia por su apoyo e impulso constante.**

## **PRÓLOGO**

El proyecto se realizó en la Provincia Constitucional del Callao a inicio teniendo una duración de 14 meses, la ingeniería del proyecto casi en su totalidad fue desarrollada por los ingenieros de planta siguiendo los estándares de la corporación.

En los 7 capítulos de este informe se detallan los trabajos de diseño y fabricación referente a la parte mecánica para lograr la ampliación de la planta de almacenaje de líquidos a granel.

El informe está dividido en 7 capítulos:

Capítulo 1: Introducción, se detallan cuales fueron y son los motivos que impulsan ampliar una planta de almacenaje de líquidos a granel.

Capítulo 2, Marco teórico, describe las Normas de apoyo al informe, Diseño y construcción de tanques de baja presión API 620, y las normas que rigen para el sector hidrocarburos en el Perú DS-052-93-EM.



Capítulo 3, Diseño y distribución de baterías de cuatro tanques de 650m<sup>3</sup>, se muestra las consideraciones tomadas para el diseño de la batería de tanques así como también los cálculos para el diseño de los mismos.

Capítulo 4, Equipos para tanques de almacenamiento, se detalla las consideraciones y cálculos tomados para la selección de equipos que servirán para la operación de los tanques de almacenaje.

Capítulo 5, Implementación del proyecto, relata cómo fue el desarrollo del proyecto en sus diferentes etapas de construcción.

Capítulo 6, Pruebas de proceso de fabricación y entrega, detalla las pruebas realizadas a los tanques y los documentos entregados para la obtención del ITF por parte de Osinergmin.

Capítulo 7: Inversión económica, se muestra el análisis financiero para ver la rentabilidad del proyecto y los resultados obtenidos.

# CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes

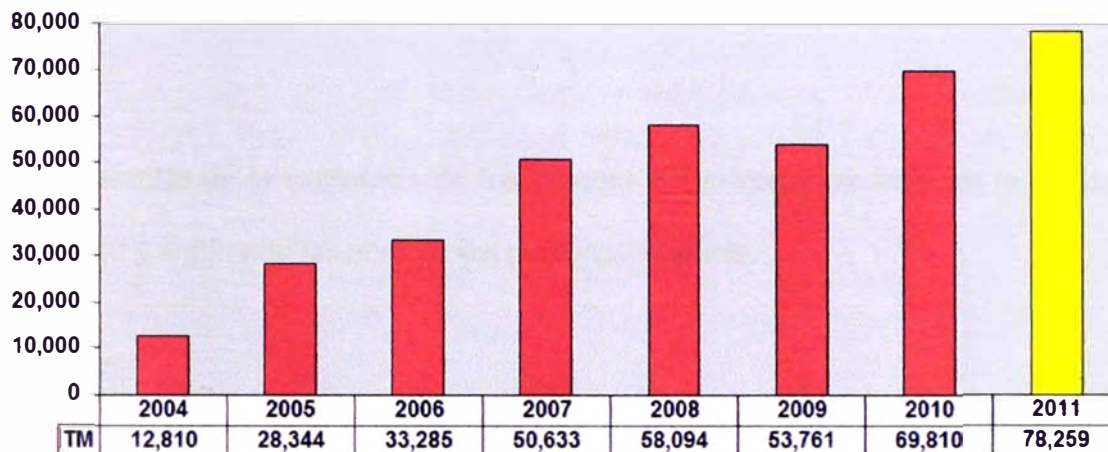
En diciembre 98 el grupo Odfjell Terminals con inversionistas locales crearon la empresa Depósitos Químicos Mineros S.A., que sería un terminal para el almacenaje de líquidos a granel.

El terminal esta interconectado a 2 muelles seguros en el sitio 5, separados por sólo 900 metros de líneas pigables<sup>1</sup> en acero inoxidable. Los muelles poseen un calado de baja marea de 12,5 metros, capaz de operar tanqueros de profundidad, concluido la primera etapa del proyecto, el terminal empezó a operar en abril del 2003, combinando instalaciones avanzadas, experiencia y lo más altos estándares ambientales y de seguridad.

Debido a la demanda generada por el crecimiento en los últimos años del país, llevo a la necesidad de la empresa a incrementar su volumen de almacenaje de líquidos, construyendo cuatro (04) tanques de almacenamiento de 650m<sup>3</sup> cada uno.

---

<sup>1</sup> Tubería con codos de radio largo >5D por donde puede pasar un pig o chanco que es un elemento usado para limpiar las tuberías empujado por aire o nitrógeno a presión.

**Imagen 1.** Productos Químicos almacenados periodo 2004-2011 (toneladas por año)

*Fuente: DQM S.A.*

Como se puede observar en la imagen 1, la demanda para el uso de los tanques ha ido creciendo al pasar los años, esto hizo que la empresa requiera más capacidad de almacenaje, decidiéndose por la construcción una nueva batería de tanques de 650m<sup>3</sup>.

## 1.2 Objetivos

El proyecto tiene como finalidad de aumentar la capacidad de almacenaje de la planta mediante la construcción de cuatro (04) tanques de almacenamientos de 650m<sup>3</sup> cada uno.

## 1.3 Alcance

Este informe está basado en el desarrollo e implementación del proyecto de ampliación de la planta de DEPOSITOS QUIMICOS MINEROS S.A. dedicada al almacenamiento de líquidos a granel, en este informe se describirá cada etapa

del proyecto desde el desarrollo de ingeniería hasta la puesta en marcha en la planta.

El desarrollo de la ingeniería de los tanques del proyecto se basa en la norma API 620 y siguiendo las normativas peruanas vigentes.

La inversión realizada para la culminación de este proyecto ascendió a 2'041,000.00 dólares, de lo cual represento el 80.5% de la inversión proyectada.

El presente informe no abarca el diseño de amarre del tanque con las bases de concreto.

## **CAPITULO II.**

### **MARCO TEÓRICO**

El desarrollo del proyecto está basado en los siguientes códigos y reglamentos y en la experiencia acumuladas por Odfjell Terminals en sus diferentes plantas en el mundo.

#### **2.1 API 620 (1996) “Design and Construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Tanks” 9na Edición.**

El código API 620 está basado en el conocimiento y la experiencia acumulada de fabricantes y usuarios de tanques de almacenamiento soldados, de diferentes tamaños y capacidades, con una presión manométrica interna que no exceda de 15 psi. Las reglas de diseño establecidas en el código son requerimientos mínimos, se pueden especificar reglas más restrictivas por el cliente o ser dadas por el fabricante, cuando han sido acordadas previamente entre el comprador y el fabricante.

El código no aprueba, recomendando o respalda ningún diseño en específico y tampoco limita el método de diseño de fabricación.

Los códigos API son establecidos siempre para tratar problemas de naturaleza general. Estos códigos son revisados y modificados, reafirmados o eliminados al menos cada 5 años.

Los estándares API son publicados para facilitar una amplia aplicación de buenas prácticas comprobadas de ingeniería y operación. Estos estándares no tienen la intención de obviar la necesidad de la aplicación de los criterios de buena ingeniería.

## **2.2 DS 052-93-EM “Reglamento de seguridad para el almacenamiento de hidrocarburos”**

Debido a que el artículo 73 de la Ley No 26221 – Ley Orgánica de Hidrocarburos, dispone que cualquier persona natural o jurídica, nacional o extranjera, podrá constituir, operar y mantener instalaciones para el almacenamiento de hidrocarburos y de sus productos derivados con sujeción a los reglamentos que dicte el Ministerio de Energía y Minas; en tal sentido era necesario dictar las normas que garanticen un procedimiento adecuado, eficaz y oportuno que permita que las actividades de almacenamiento de hidrocarburos se lleven a cabo dentro de un marco de seguridad para el trabajador y se brinde un buen servicio al usuario.

Es por eso que en noviembre del 1993 se aprueba el Reglamento de Seguridad para Almacenamiento de Hidrocarburos, el mismo que consta de 07 títulos, 135 artículos y 02 anexos.

### **2.3 DS 036-2003-EM “Modifican el reglamento de seguridad para el almacenamiento de hidrocarburos, aprobado por decreto supremo N° 052-93-EM”**

El cual vio necesario efectuar algunas modificaciones y precisiones a los estándares contenidos en el referido reglamento a efectos de garantizar un adecuado, efectivo y oportuno procedimiento que haga posible el desarrollo de actividades de plantas de procesamiento de gas natural licuado, y a su vez, estos estándares de seguridad eviten daños a terceros, a los trabajadores de las plantas de procesamiento de gas natural licuado y al ambiente.

### **2.4 ASME**

Es el acrónimo de American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos). Es una asociación de profesionales, que ha generado códigos de diseño, construcción, inspección y pruebas para equipos, entre otros, calderas y recipientes sujetos a presión. Este código tiene aceptación mundial y es usado en todo el mundo

### **2.5 NFPA: National Fire Protection Association**

Organización fundada en Estados Unidos en 1896, encargada de crear y mantener las normas y requisitos mínimos para la prevención contra incendio, capacitación, instalación y uso de medios de protección contra incendio, utilizados por bomberos y para personal encargado de la seguridad. Sus

estándares conocidos como National Fire Codes recomiendan las prácticas seguras desarrolladas por el personal experto en el control de incendios.

## **2.6 AWS: American Welding Society**

Es una organización sin fines de lucro conocido por sus procedimientos de código y de certificación, que proporcionan los estándares industriales para la soldadura y unión de metales, plásticos y otros materiales.

## **2.7 SSPC: The Society for Protective Coatings**

Es una asociación profesional sin fines de lucro, para la industria de los revestimientos protectores y marinos industrial. Fue fundada en 1950 como The Steel Structures Painting Council, concerniente al uso de recubrimientos para proteger las estructuras de acero, tales como puentes, barcos, tanques de agua, esclusas, represas, etc. Dado que la misión original de la organización evolucionó con los años para incluir las estructuras construidas con materiales distintos del acero (hormigón, materiales compuestos, etc.), el nombre fue cambiado en 1997 a SSPC: The Society for Protective Coatings.

## **2.8 Medidas de Control ambiental**

Se aplicaron estándares Nacionales de Calidad Ambiental del aire, para el control de la generación de partículas y disminuir la alteración de la calidad del aire, así como el control de emisiones de gases combustibles como el de las maquinarias.



Se aplicaron también estándares nacionales de calidad ambiental para el ruido, controlando la emisión de fuentes de ruido innecesarias evitando no sobrepasar los valores que aplica a zonas industriales.

Los residuos sólidos fueron dispuestos según lo indicado a la Ley General de Residuos sólidos, disponiendo correctamente los posibles residuos peligrosos y comunes generados y, los escombros fueron manejados correctamente para disminuir la alteración del paisaje local.

## **2.9 Ley 29783: Ley Seguridad y salud en el trabajo**

Establece las normas mínimas para la prevención de los riesgos laborales mediante un sistema de gestión por parte de toda empresa pública y privada.

**CAPITULO III.**

**DISEÑO Y DISTRIBUCION DE BATERIA DE CUATRO**

**TANQUES DE 650m<sup>3</sup>**

Debido a la necesidad de crecimiento de la empresa proveniente de la demanda del mercado y el reducido espacio dentro del terminal (Ver anexo 1), se realizó un estudio para determinar el tamaño del dique y sus dimensiones, dicho estudio se realizó basado en las dimensiones de alturas máximas de los tanques ya construidos (16.8 m) y las normas vigentes llegando a la conclusión de construir cuatro (04) tanques de 650m<sup>3</sup> de capacidad dentro de un dique de contención de 46.18m x 11.25m con ochavos de 3.00m en las esquinas para permitir el paso de vehículos pesados. (Ver Anexo 2).

**3.1 Calculo de las dimensiones de los tanques de almacenamiento.**

Dado que se conocía el área aproximada de 50m de largo x 15m de ancho en donde se ubicaría el proyecto (Ver Anexo 1) y además el requerimiento de la empresa era tener tanque de 400m<sup>3</sup> o 650m<sup>3</sup>.

Además, sabiendo que la altura máxima del tanque no debería sobrepasar los 16.8 m y que la altura máxima de llenado no deberá considerar 1.06m en

promedio por concepto de fondo inclinado y cámara de espuma y, por recomendaciones del grupo y su experiencia en construcción de dichos tanques la relación entre altura y diámetro deberá ser de 2 a 1 aproximadamente.

### 3.1.1 Tanques de 400 m<sup>3</sup>

Verificando la condición para tanques de 400 m<sup>3</sup>

$$V_{Tanque} = (H_{Tanque} - H_{fondo\ y\ camara}) \cdot A_{Tanque}$$

$$400 = (H_{Tanque} - 1.06) \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Además,

$$H_{Tanque} = 2 \cdot D$$

Por lo tanto de las ecuaciones anteriores se tiene que,

$$H_{Tanque} = 13.0m$$

$$D = 6.5m$$

Se conoce además del punto 3.2.2, la distancia entre tanques es

$$d_{entre\ tanques} = \frac{D_1 + D_2}{6} = 2.166m$$

Se asume la distancia entre tanques 2.2 m.

Por lo tanto para calcular la cantidad de tanques sabiendo del punto 3.2.5 la distancia de los tanques al muro de contención no deberá ser menor a 1.5m, se tiene lo siguiente

- Numero de columnas de tanques

$$n_{columnas} \cdot D_{Tanque} + (n_{columnas} - 1) \cdot d_{entre\ tanques} + 1.5m + 1.5m \leq 50m$$

$$n_{columnas} = 5$$

- Numero de filas de tanques

$$n_{filas} \cdot D_{Tanque} + (n_{filas} - 1) \cdot d_{entre\ tanques} + 1.5m + 1.5m \leq 15m$$

$$n_{filas} = 1$$

Por lo tanto el volumen total de almacenaje del dique

$$V_{Dique} = n_{filas} \cdot n_{columnas} \cdot V_{Tanque} = 2,000 m^3$$

### 3.1.2 Tanques de 650m<sup>3</sup>

Verificando la condición para tanques de 650m<sup>3</sup>

$$V_{Tanque} = (H_{Tanque} - H_{fondo\ y\ camara}) \cdot A_{Tanque}$$

$$650 = (H_{Tanque} - 1.06) \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Además,

$$H_{Tanque} = 2 \cdot D$$

Por lo tanto de las ecuaciones anteriores se tiene que,

$$H_{Tanque} = 15.2m$$

$$D = 7.6m$$

Se conoce además del punto 3.2.2, la distancia entre tanques es

$$d_{entre\ tanques} = \frac{D_1 + D_2}{6} = 2.533m$$

Se asume la distancia entre tanques 2.59 m.

- Numero de columnas de tanques

$$n_{columnas} \cdot D_{Tanque} + (n_{columnas} - 1) \cdot d_{entre\ tanques} + 1.5 + 15 \leq 50m$$

$$n_{columnas} = 4$$

- Numero de filas de tanques

$$n_{filas} \cdot D_{Tanque} + (n_{filas} - 1) \cdot d_{entre\ tanques} + 1.5m + 1.5m \leq 15m$$

$$n_{filas} = 1$$

Por lo tanto el volumen total de almacenaje del dique

$$V_{Dique} = n_{filas} \cdot n_{columnas} \cdot V_{Tanque} = 2,600 m^3$$

Tomando en cuenta lo calculado en los puntos anteriores se considera para el proyecto cuatro (04) tanques de  $650m^3$

### **3.2 Dimensionamiento del dique de contención**

Para el diseño de batería o conjunto de tanques se toma en cuenta la consideración recomendada por el estándar API 620 (1996) "Design and construction of the large, welded, low pressure storage tank" (9na ed.), y las normas peruanas vigentes tales como el DS 052-93-EM "Reglamento de seguridad para el almacenamiento de hidrocarburos" y el DS 036-2003-EM "Modifican el reglamento de seguridad para el almacenamiento de hidrocarburos, aprobado por decreto supremo N° 052-93-EM"

Además la empresa establecía un área para el proyecto donde se desarrollaría el diseño y construcción del proyecto. (Ver Anexo 1)

### **3.2.1 Distancias mínimas de tanques a vías públicas**

Según el DS 052-93-EM “Reglamento de seguridad para el almacenamiento de hidrocarburos” Artículo 25° inciso a) “Todo tanque almacenado líquidos Clase I, Clase II o Clase IIIA, excepto lo indicado en el siguiente artículo o almacenando líquidos inestables o líquidos con características de ebullición desbordante; operado a presiones no mayores de 0.175 Kg/cm<sup>2</sup> (2.5 psig), proyectados con accesorios de venteo de emergencia y/o diseñados con unión débil del techo y cilindro, será ubicado de acuerdo a la Tabla (1) del título octavo anexo II.

Rescatando el valor de la tabla se tiene (Ver Anexo 3):

- Distancia mínima a linderos de propiedad de terceros =  $D = 7.60\text{m}$
- Distancia mínima al lado más próximo de una vía =  $1/3 D = 2.53\text{m}$

Según el plano mostrado en el Anexo 1 para el área destinada para el proyecto vemos que se cumplen esas distancias mínimas

### **3.2.2 Distancia entre tanques de almacenamiento.**

Según el DS 052-93-EM “Reglamento de seguridad para el almacenamiento de hidrocarburos” Artículo 26° inciso a) “Todo tanque para el almacenamiento de líquidos estables Clase I, Clase II o Clase

IIIA, estará a las distancias indicadas en la Tabla (7), excepto en los casos indicados en los incisos siguientes”

Tomando en cuenta la tabla No 7 del DS 052-93-EM tenemos que la distancia mínima entre tanques de almacenamiento para el caso de la empresa DQM (Líquidos Clase I y tanques con diámetro no mayor a 45m) será 1/6 de la suma de los diámetros de tanques adyacentes pero no menor de 1.5m. (Ver Anexo 4).

Dado que la empresa construirá 04 tanques de igual capacidad y forma el diámetro es 7.6m.

$$d = \frac{D_1 + D_2}{6} = 2.533m$$

Se toma la distancia entre tanques  $D = 2.590m$

### **3.2.3 Distribución de tanques atmosféricos**

Según el DS 052-93-EM “Reglamento de seguridad para el almacenamiento de hidrocarburos” Artículo 29° inciso c) “Los tanques con petróleo o con líquidos de bajo punto de inflamación tendrán un arreglo en filas de no más de dos tanques. Cada tanque estará adyacente a una vía de acceso.”

Según lo calculado en el punto 3.1.2 se construirán 04 tanques en un arreglo de una fila cumpliendo con el artículo 29 inciso c) del DS 052-93-EM.

#### **3.2.4 Acceso y circulación vehicular, planeamiento.**

Según el DS 052-93-EM “Reglamento de seguridad para el almacenamiento de hidrocarburos” Artículo 32° inciso a) “Las vías de acceso principales deben tener dos canales de tráfico y deberán estar debidamente terminadas y drenadas. Las vías de acceso secundarias pueden ser de un solo canal de tráfico con ensanches que permitan el cruce de vehículos. Adecuadas distancias deben ser dadas en las intersecciones para permitir el giro de los vehículos”

Se considera que entre el Dique IV (existente) y el nuevo Dique IV-A a construirse, una distancia de 4.0 m. además de ochavos en dos de las esquinas que permitirán el tránsito libre de vehículos.

#### **3.2.5 Precauciones ante derrames accidentales (Diseño del muro de contención)**

Según el DS 052-93-EM “Reglamento de seguridad para el almacenamiento de hidrocarburos” Artículo 39° inciso b) “Las áreas estancas de seguridad estarán formadas por diques, sobre un suelo impermeable a los combustibles que encierra, la capacidad volumétrica no será menor que el 110 por ciento del tanque mayor o el volumen del mayor tanque sin considerar el volumen desplazado por los otros tanques”

Sabemos que el tanque de mayor volumen es



$$V_{TQ} = 650 \text{ m}^3$$

Por lo tanto

$$V_{Dique} = 110\% V_{TQ}$$

$$V_{Dique} = 715 \text{ m}^3$$

Además el Artículo 39° inciso d) indica “La distancia entre la pared del tanque y el borde interno del muro será como mínimo la altura del tanque”, este artículo fue modificado por el DS 036-2003-EM “Modifican el reglamento de seguridad para el almacenamiento de hidrocarburos, aprobado por decreto supremo N° 052-93-EM” Artículo 21° inciso d) “La distancia entre la pared del tanque y el borde interno del muro será la establecida en la Según NFPA 30 (2000) Sección 2.3.2.3.2 la distancia entre los tanques al muro de contención será 5 pies o 1.5m.

Teniendo estos datos en el Layout podemos obtener el área del dique (Ver Anexo 2)

$$A_{Dique} = 481.91 \text{ m}^2$$

El área ocupada por los tanques sabiendo que el diámetro de los tanques es 7.6 m es:

$$A_{Tanque} = 45.36 \text{ m}^2$$

$$A_{libre} = A_{Dique} - 4 \times A_{Tanque}$$

$$A_{libre} = 300.47 \text{ m}^2$$

Por lo tanto:

$$V_{Dique} = A_{libre} \times H_{muro}$$

$$H_{muro} = 2.38 \text{ m}$$

Se toma como  $H_{muro} = 2.50 \text{ m}$

También según el Artículo 39° inciso c) “Las áreas estancas de seguridad y sus diques tendrán las siguientes características:

- El terreno circundante al tanque se deberá impermeabilizar y tendrán una pendiente hacia afuera no menor del 1 por ciento.
- El pie exterior de los diques no estarán a menos de 5 metros de los linderos.
- Los diques preferentemente no tendrán alturas interiores menores a 0.60 metros ni mayores a 1.80 metros; cuando la altura interior promedio sea mayor, facilidades especiales deberán preverse para el acceso normal y de emergencia a los tanques, válvulas y otros equipos.
- Las áreas estancas, conteniendo dos o más tanques serán subdivididos por canales de drenaje u otros diques.

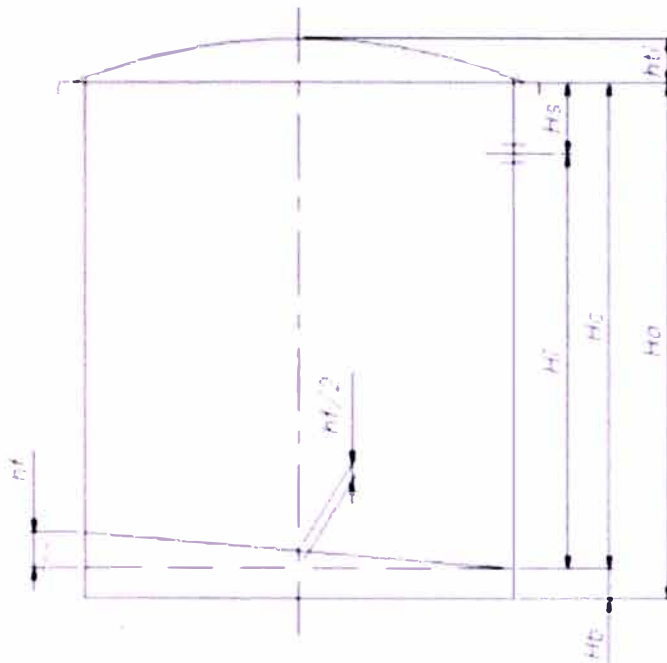
### 3.3 Tanque de 650m<sup>3</sup> de capacidad según norma API 620

Para el diseño del tanque la empresa proporciona datos según su requerimiento los cuales se pueden observar en la siguiente tabla:

**Tabla 1.** Datos para diseño de tanques

Capacidad Nominal ( $V$ )	650m <sup>3</sup>
Capacidad Total ( $V_t$ )	667.65m <sup>3</sup>
Diámetro Interno ( $D_i$ )	7 600mm
Gravedad específica ( $G_d$ )	1.0
Presión de diseño	250 gr/cm <sup>2</sup>
Altura del cilindro ( $H$ )	15 600mm
Altura de Costado ( $H_c$ )	15 295mm
Altura muerta superior ( $H_s$ )	684mm
Altura de Llenado ( $H_i$ )	14 535mm
Capacidad Útil ( $V_{util}$ )	659.38
Fondo con plano inclinado	2%
Presión de trabajo máxima ( $P_t$ )	190 gr/cm <sup>2</sup>
Radio del techo ( $R_g$ )	6200
Material	ASTM A-36

**Imagen 2. Tanque 650m3**



$$\begin{aligned}
 H_v &= 15\,600\text{mm} \\
 H_b &= 305\text{mm} \\
 H_c &= 15\,295\text{mm} \\
 H_s &= 684\text{mm} \\
 H_i &= 14\,611\text{mm} \\
 H_f/2 &= 76\text{mm}
 \end{aligned}$$

### **3.3.1 Premisas y consideraciones.**

#### **3.3.1.1 Condiciones de cálculo**

API 620 – 9na edición nos da las siguientes condiciones:

- Temperatura del metal no será mayor a  $250^\circ\text{F} = 121.11^\circ\text{C}$
- Presión interna de vapor no será mayor a  $15\text{ psi} \approx 1,054\text{ gr/cm}^2$
- La norma no es aplicable para tanques horizontales.

#### **3.3.1.2 Materiales**

Según API 620 (1996) Podemos obtener los siguientes datos:

**Tabla 2.** Esfuerzos admisibles de Materiales

Material	Requisitos Especiales	Yp = esfuerzo de fluencia S = Esf tens max admissible
ASTM-A-36	Sts=0.45Yp	36.0 Kpsi    Ypc = 248.2 Mpa
		16.2 Kpsi    Sc = 111.7 Mpa
		16.2 Kpsi    St = 111.7 Mpa
		16.2 Kpsi    Sf = 111.7 Mpa

Fuente: API 620 – Tabla 3.1

### 3.3.1.3 Espesores mínimos permitidos

- Según API 620 (1996) Sección 3.10.4 - Para cualquier plancha sujeta a esfuerzos de membrana debido a presión  $t_o = 4.7\text{mm}$
- Espesor adoptado  $t_{op} = 6.3\text{mm}$
- Según API 620 (1996) Tabla 3-6 para planchas de costado  $t_{oc} = 4.75\text{mm}$
- Según API 620 (1996) Sección 3.9.4 Para planchas de fondo sin considerar el espesor por corrosión.  $t_{fo} = 6.3\text{mm}$

### 3.3.1.4 Tolerancias por corrosión

Según el Apéndice G del API 620 el espesor mínimo por corrosión no debe ser menor a  $\frac{1}{16}$  por lo cual se adopta el valor de 1.6mm.

$$C_f = C_c = C_t = 1.6\text{mm}$$

Dónde:

$C_f$ : Espesor por corrosión del fondo del tanque.

$C_c$ : Espesor por corrosión del costado del tanque.

$C_t$ : Espesor por corrosión del techo del tanque.

### 3.3.1.5 Eficiencias para juntas soldadas

Para soldadura con juntas a tope con soldadura en ambos lados se tiene:

**Tabla 3.** Eficiencia de junta soldada

Tipo de junta	Usado en	Eficiencia de junta	
De tope, Bilateral	Costado	$E_c =$	0.85
De tope, Bilateral	Techo	$E_t =$	0.85

*Fuente: API 620 – Tabla 3.2*

### 3.3.1.6 Verificación de fondo

Para el fondo totalmente apoyado en base de concreto le corresponde el espesor tabulado más la tolerancia por corrosión:

$$t_f = t_{fo} + c_f = 7.90 \text{ mm}$$

### 3.3.1.7 Correcciones especiales

Prueba Hidroneumática, donde se llena el tanque hasta la altura máxima permitida, aplicando luego presión neumática adicional de 25%.

- Presión interior de diseño ( $250 \text{ gr/cm}^2$ )       $P_i = 0.02452196 \text{ MPa}$
- Presión de prueba adicional       $P_{ts} = 0.03065245 \text{ Mpa}$

- Según API 620 (1996) Sección 3.10.5.2 -  $P_e = 0.00043088 \text{ Mpa}$   
Vacío parcial (1 onza/pulg<sup>2</sup>)
- Sobre carga en el techo (asumida)  $P_s = 0.0008 \text{ Mpa}$   
(80Kg/m<sup>2</sup>)

### 3.3.1.8 Verificación del volumen de vapor

Según API 620 (1996) Sección 3.1.4 - El volumen del espacio de vapor por encima del nivel máximo de llenado debe ser mayor al 2% de la capacidad total.

$$V_{ti} = \pi \cdot h_{ti}^2 \cdot \left( R_g - \frac{h_{ti}}{3} \right)$$

$V_{ti}$ : Volumen del Casquete esférico

$h_{ti}$ : Altura interna del casquete

$R_g$ : Radio del techo

$$V_{ti} = 34.34 \text{ m}^3 > 2\% V_t = 13.35 \text{ m}^3$$

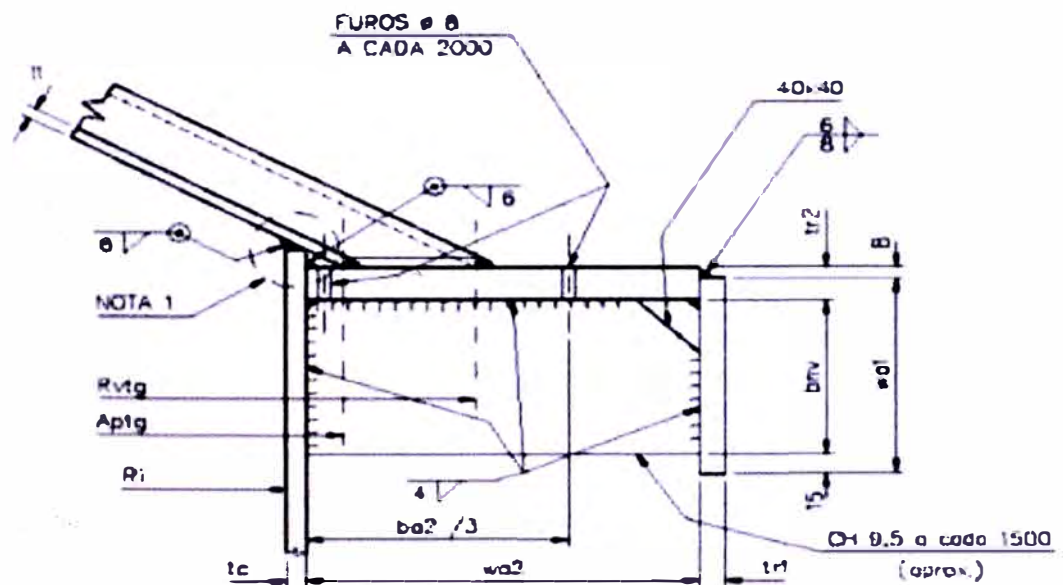
### 3.3.2 Anillo de compresión para el techo del tanque

El anillo es dimensionado para resistir los esfuerzos de compresión, resultante de la presión actuante sobre el interior del techo, no se toma en cuenta la acción del peso del techo por ser pequeño comparado a la presión interna.

### 3.3.2.1 Forma constructiva.

El anillo es dimensionado para resistir los esfuerzos de compresión resultante de la presión actuante sobre el interior del techo, no se toma en cuenta la acción del peso del techo por ser pequeño comparado a la presión interna

**Imagen 3. Anillo de compresión del tanque**



Fuente: API 620 –Figura 3.6

También como se puede observar, la sección adoptada no corresponde con precisión a ningún tipo permitido o prohibido por la norma, cabe precisar que ninguna solución permitida por API 620 se aplicara a techos de gajos.

Como se observa al anillo de compresión está compuesto por una chapa horizontal y una vertical formando un ángulo recto.



Esta no es la forma recomendada por API 620 pero constituye un detalle patrón del propietario, basado en su larga experiencia de uso con buenos resultados.

### 3.3.2.2 Dimensiones de las secciones del anillo

Las dimensiones del anillo de compresión calculadas son las siguientes:

**Tabla 4.** Dimensiones del anillo de compresión

Elemento Vertical	Espesor	$t_{r1} = 16 \text{ mm}$
	Largo	$w_{a1} = 115 \text{ mm}$
Elemento Horizontal	Espesor	$t_{r2} = 16 \text{ mm}$
	Largo	$w_{a2} = 400 \text{ mm}$

### 3.3.3 Pared del tanque

#### 3.3.3.1 Datos de costado del cilindro

Los datos que se tienen del tanque son los siguientes:

**Tabla 5.** Datos del tanque de  $650\text{m}^3$

Diámetro interior	$D_i = 7600 \text{ mm}$
Altura Total de costado	$H_c = 15295 \text{ mm}$
Espesor mínimo permitida	$t_o + C_c = 6.3 \text{ mm}$
Espesor medio inicial (arbitrario) asumido.	$t_{co} = 12.5 \text{ mm}$
Peso total de costado	$W_{co} = 0.35141 \text{ MN}$
Peso costado + techo + anillo	$W_m = 0.39938 \text{ MN}$

### 3.3.3.2 Esfuerzos Meridionales (Verticales)

Según API 620 (1996) Sección 3.10.2.1 para calcular los esfuerzos meridionales se tiene la fórmula:

$$T_1 = \frac{R_2}{2} \left( P + \frac{W + F}{A_t} \right)$$

Dónde:

- T<sub>1</sub>: Esfuerzo meridional
- R<sub>2</sub>: Longitud normal hasta la pared del tanque en consideración.
- P: Presión del líquido del tanque ante una condición de carga.
- W: Peso del tanque arriba del líquido considerado
- F: Sumatoria de los componentes verticales de las fuerzas.
- A<sub>t</sub>: Área de la sección transversal del tanque

De la cual podemos obtener el valor de T<sub>1</sub> = 0.1165 MN/m

Según API 620 (1996) Sección 3.10.3.2 para los esfuerzos meridionales podemos calcular el espesor requerido con la fórmula:

$$t = \frac{T_1}{S_{ts}E} + c$$

Dónde:

- t: Espesor requerido
- T<sub>1</sub>: Esfuerzo meridional
- S<sub>ts</sub>: Esfuerzo de tensión máxima permisible
- E: Eficiencia
- c: Espesor por corrosión.

Donde podemos obtener el valor de t = 2.83

### 3.3.3.3 Esfuerzos circunferenciales

Para el cálculo de los esfuerzos circunferenciales ( $T_c$ ) despejando la ecuación tenemos:

$$T_c = \frac{R_2}{2} (P + K_a \cdot H)$$

Por lo tanto

$$T_c = 0.0372666 \cdot H + 0.11666724$$

### 3.3.3.4 Espesor mínimo calculado

De la fórmula:

$$t = \frac{T_c}{S_{ts}E} + c$$

Podemos calcular el espesor de las planchas a diferentes alturas tomando en cuenta que por requerimiento de la Empresa el formato a usar para los tanques de almacenamiento es de 6.0m x 2.4m.

Además sabemos que  $H_b = 305\text{mm}$  para la colocación de la plancha de fondo inclinada según requerimiento también de la empresa.

**Tabla 6.** Espesores de pared del tanque de 650m<sup>3</sup>

Anillo	Largo mm	H <sub>c</sub> mm	H m	T <sub>c</sub> MN/m	t <sub>cal</sub> mm	t <sub>min</sub> mm	t <sub>adopt</sub> mm
1	2,400	2,095	15.3	0.6867	8.83	8.83	<b>9.50</b>
2	2,400	4,495	12.9	0.5972	7.89	7.89	<b>8.00</b>
3	2,400	6,895	10.5	0.5078	6.95	6.95	<b>8.00</b>
4	2,400	9,295	8.1	0.4183	6.01	6.30	<b>6.30</b>
5	2,400	11,695	5.7	0.3289	5.06	6.30	<b>6.30</b>
6	2,400	14,095	3.3	0.2395	4.12	6.30	<b>6.30</b>
7	1,200	15,295	0.9	0.1500	3.18	6.30	<b>6.30</b>

El t<sub>adopt</sub> se basa en la disponibilidad en el mercado de planchas con dicho espesor.

## CAPITULO IV.

### EQUIPOS PARA TANQUES DE ALMACENAMIENTO

#### 4.1 Bombas centrífugas para tanques.

Dado que la empresa pertenece al grupo Odfjell que tiene terminales en distintos lugares del mundo, en Sudamérica se venía trabajando desde hace ya buen tiempo con bombas de la marca KSB.

Para este caso según la diversidad de productos químicos a almacenar con densidades relativas menores o iguales a 1, la empresa optó por bombas centrífugas inoxidable al igual que la tubería para minimizar la probabilidad de contaminación del producto.

Los datos que se tenía para la bomba eran los siguientes:

Caudal (Q) = 60 m<sup>3</sup>/h

Columna vertical = 8 m.

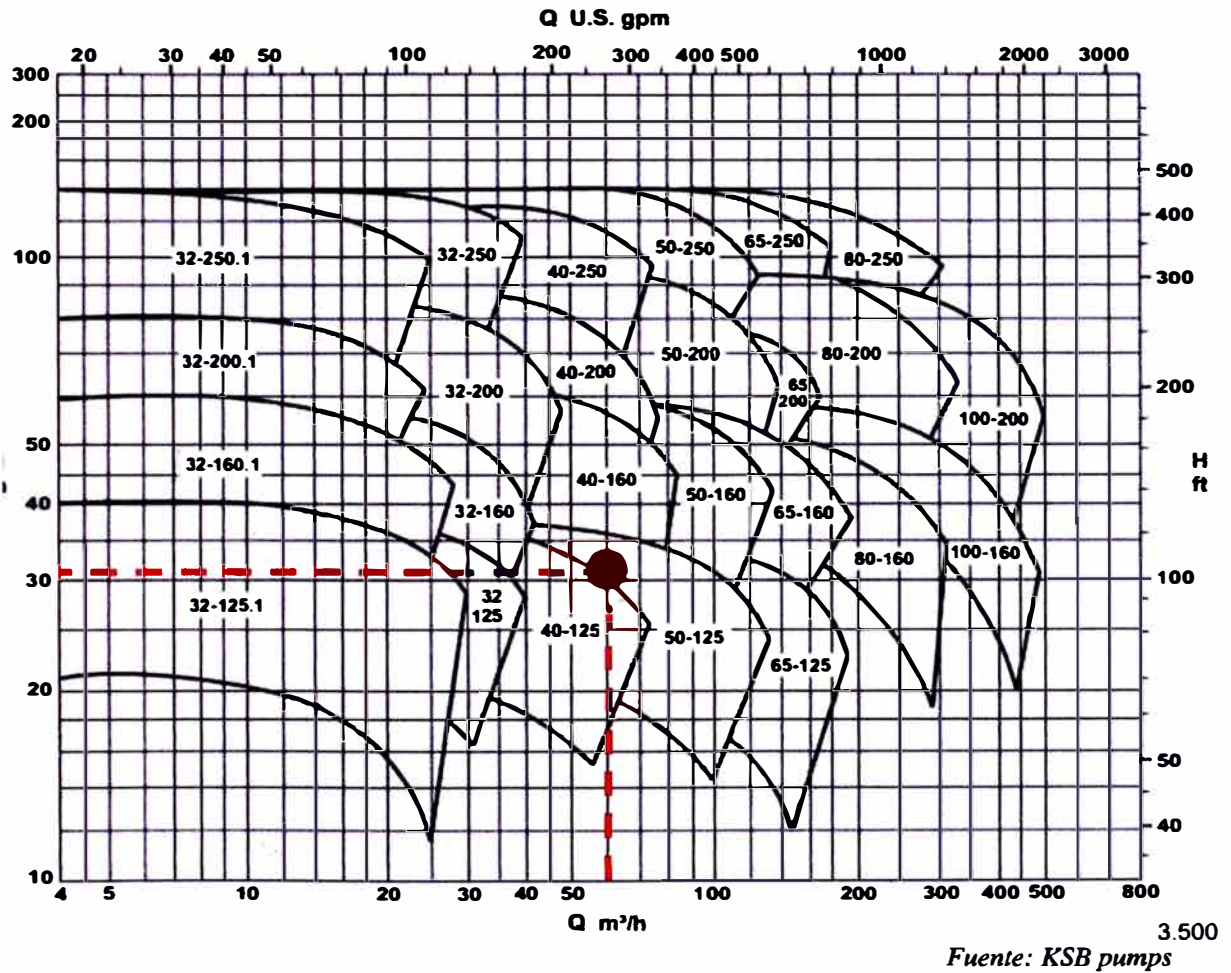
Densidad relativa = 1

Calculando las pérdidas en las tuberías con el programa otorgado por KSB tenemos (Ver Anexo 5)

$$Q_{Bomba} = 60 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_{\text{Perd}} = 31.03 \text{ m (101.79 pies)}$$

**Imagen 4. KSB - Curvas para bombas Megachem a 3500RPM**



De la imagen 3 se selecciona la bomba KSB Megachem 50-125

*Características:*

Cuerpo carcaza: SS 316L

Succión / Descarga: 80 / 50 mm.

*Condiciones de Operación:*

Fluido: Varios

Caudal: 61.4 m<sup>3</sup>/h

Eficiencia:	73%
NPSH r :	3.5 m.
Velocidad:	3550 rpm
Motor:	12,5 Hp, TEFC, 3550 rpm Marca WEG

#### **4.2 Sello mecánico**

Los sellos mecánicos son elementos de estanqueidad situados entre el eje rotante y la parte fija de dispositivos rotativos que trabajan con fluidos. Su aplicación más habitual es en bombas.

En los sellos mecánicos la estanqueidad dinámica se consigue gracias a una fina película de fluido que queda entre las dos caras de rozamiento lapeadas<sup>2</sup>, e impide el paso del resto de fluido. Además, esta película realiza las funciones de lubricante y reduce el desgaste entre las caras.

Para seleccionar el sello mecánico adecuado es necesario conocer:

- Las condiciones de funcionamiento de la aplicación a estancar.
- El diámetro y velocidad de rotación del eje.
- Las dimensiones del alojamiento del sello.
- Las características físicas del fluido.
- La existencia de sólidos abrasivos en suspensión o lubricación.

---

<sup>2</sup> Operación de mecanizado en la que se frota dos superficies con un abrasivo de grano muy fino entre ambas, para mejorar el acabado y disminuir la rugosidad superficial. Se emplea para acabar bloques patrón o conseguir uniones estancas entre dos superficies metálicas

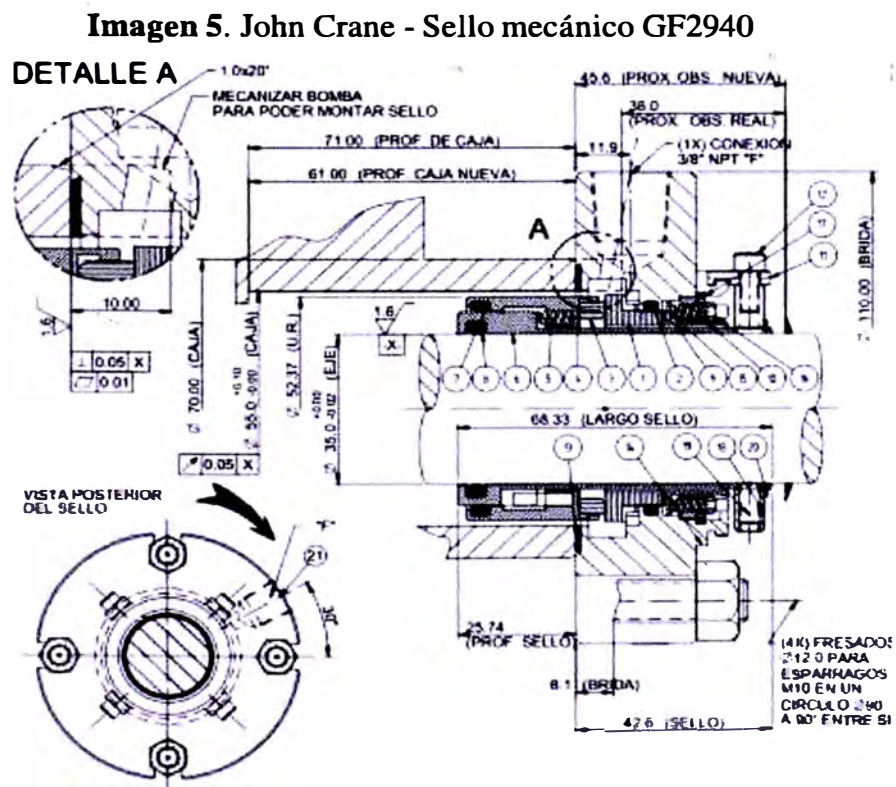
- La temperatura y presión de trabajo.

Para el caso de la empresa debido a que los tanques son multipropósito es decir no solo almacén un solo tipo de producto, los sellos que se seleccionaron son para trabajar en químicos agresivos y fluidos volátiles. En material de SS316 y elementos de sellado secundario de Kalrez<sup>3</sup>.

Marca: Global Fluid

Modelo: GF 2940

Diámetro del eje: 35mm



Fuente: John Crane Mechanical Seals

<sup>3</sup> Material perteneciente a la familia de los elastómeros con una excelente resistencia al contacto con químicos agresivos, a la corrosión de solventes, ácidos y bases orgánicas e inorgánicas, agentes oxidantes, mercurio, cloro, combustible y fluidos para transferencia de calor.



### **4.3 Válvulas de alivio de presión y vacío**

Según API 620 (1996) Sección 7.2, se deben cumplir las siguientes consideraciones para las válvulas de alivio.

- Los tanques deben ser protegidos con dispositivos automáticos de alivio de presión que impidan que la presión en el interior del tanque aumente más de un 10% por encima de la presión de trabajo máxima. De los datos indicados en la tabla X del punto 3.3, sabemos que la presión de trabajo máxima es 190 mbar por lo tanto la presión de alivio deberá ser 210 mbar.
  
- Para el caso de que exista un peligro adicional como la exposición al fuego o de otra fuente inesperada se instalarán dispositivos de alivio de presión suplementaria. Estos dispositivos deben ser capaces de evitar que la presión aumente más de un 20% por encima de la presión de trabajo máxima. Por lo tanto la presión de seteo de la válvula será 210mbar.
  
- Las válvulas de vacío deben ser instaladas para permitir el ingreso de aire para evitar el colapso del tanque en condiciones normales de operación durante el proceso de descarga. Estos dispositivos se colocaran en el techo del tanque. Su tamaño y presión de seteo será tal que el vacío parcial desarrollado por el tanque en condiciones máximas de trabajo no exceda la presión de diseño del tanque, que es de  $-4.31$  mbar (1 onza/pulg<sup>2</sup> Ver API 620 Capitulo 3.10.5.2) para el set de la válvula.

Además las condiciones de operación del tanque son:

Capacidad del tanque:	650 m <sup>3</sup>
Caudal de la bomba en la entrada:	200 m <sup>3</sup> /h
Caudal de la bomba en la salida:	60 m <sup>3</sup> /h

#### 4.3.1 Válvula de alivio de presión

Según API 2000 (1998) “Venting Atmospheric and Low-Pressure Storage Tanks” (Edition 5)

$$\dot{V}_{out} = \dot{V}_{pump\ in} \times 2.02 + \dot{V}_{thermal\ out}$$

De la tabla tenemos: (Ver Anexo 6)

$$\dot{V}_{thermal\ in} = 113.15\ NCMH\ (\text{Normal Cubic Meters per hour})$$

Reemplazando en la fórmula:

$$\dot{V}_{out} = 517.15\ NCMH\ \langle \rangle\ m^3/h$$

Como en el caso de las bombas la empresa ha venido trabajando con válvulas de la marca Protego, otorgándole buenos resultados.

Además, por recomendaciones de fábrica y debido que las válvulas están especificadas para trabajar en el grupo IIB3, necesita una malla reforzada que cumpla con el Endura Burning Proof y permitir que en caso de

incendio la válvula pueda resistir más de dos horas al fuego sin afectar al tanque.

Según la tabla de capacidad de flujo de las válvulas Protego P/EBR (Ver Anexo 7) para las condiciones de seteo de 210mbar la válvula entrega un flujo de 1,150 NCMH que es mayor al flujo requerido de 517.15 NCMH cumpliendo ambas condiciones.

Por lo tanto se considera la válvula con las características siguientes:

Protego P/EBR-80-IIB3 (Válvula de Alivio de Presión con malla reforzada)

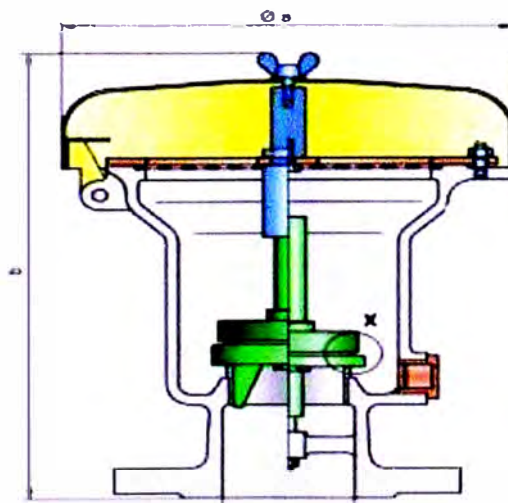
Conexión de brida: 3" ANSI 150# R.F.

Presión de set: +210 mbar

Arresta llamas Protego

Grupo: IIB3

**Imagen 6.** Protego - Válvula de alivio de Presión P/EBR



*Fuente: Protego Braunschweiger Flammenfilter GmbH*

#### **4.3.2 Válvula de alivio de presión de emergencia**

Estas válvulas tienen una gran capacidad de caudal, se usan principalmente como dispositivo de seguridad para el alivio de presión de emergencia para los tanques de almacenamiento, contenedores, silo y equipos de ingeniería de procesos, estas válvulas ofrecen una protección fiable contra las presiones excesivas y evitar que el recipiente se dañe en caso de emergencia. Las presiones se pueden setear mediante la posición del contrapeso en la palanca de la válvula.

Dicha válvula se acciona en caso la válvula de alivio no tenga la capacidad suficiente para liberar el exceso de presión que pueda existir en el interior del tanque evitando que supere la presión de diseño en la cual fue construido.

Según el proveedor de las válvulas seleccionadas para nuestro caso son:

**Protego ER/VH 250 (Válvula de alivio de emergencia)**

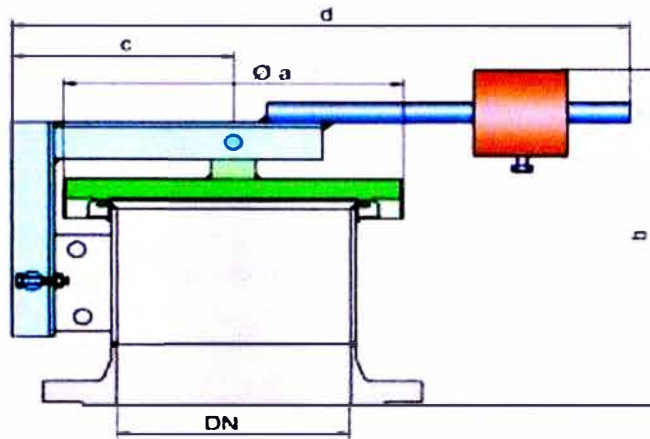
**Conexión de brida: 10" ANSI 150# R.F**

**Presión de set: +230 mbar**

**Capacidad de flujo: 21.800 m<sup>3</sup>/h**

**Presión de diseño: +250 mbar**

**Imagen 7.** Protego - Válvula de alivio de Emergencia ER/VH



*Fuente: Protego Braunschweiger Flammenfilter GmbH*

#### 4.3.3 Válvula de vacío

Según API 2000 (1998) "Venting Atmospheric and Low-Pressure Storage Tanks" (Edition 5)

$$\dot{V}_{in} = \dot{V}_{pump\ out} \times 0.94 + \dot{V}_{thermal\ in}$$

Por lo tanto:

$$\dot{V}_{in} = 169.55 \text{ NCMH} \diamond \text{ m}^3/\text{h}$$

Es decir el flujo de salida por la bomba y el efecto termino es 169.55 m<sup>3</sup>/h y la válvula tendría que cumplir este requisito mínimo.

La válvula seleccionada cumple las siguientes características:

Protego SV/E-200-IIB3

Brida de conexión: 8" ANSI: 150# R.F.

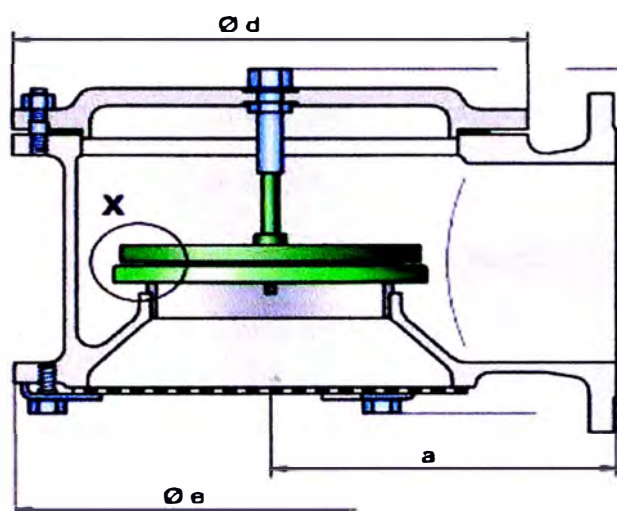
Presión de set (vacío): -3,6 mbar

Capacidad de flujo: 1.190 m<sup>3</sup>/h

Presión de vacío de diseño: -3,96 mbar

Grupo: IIB3

**Imagen 8.** Protego - Válvula de vacío SV/E



*Fuente: Protego Braunschweiger Flammenfilter GmbH*

#### 4.4 **Blanketing**

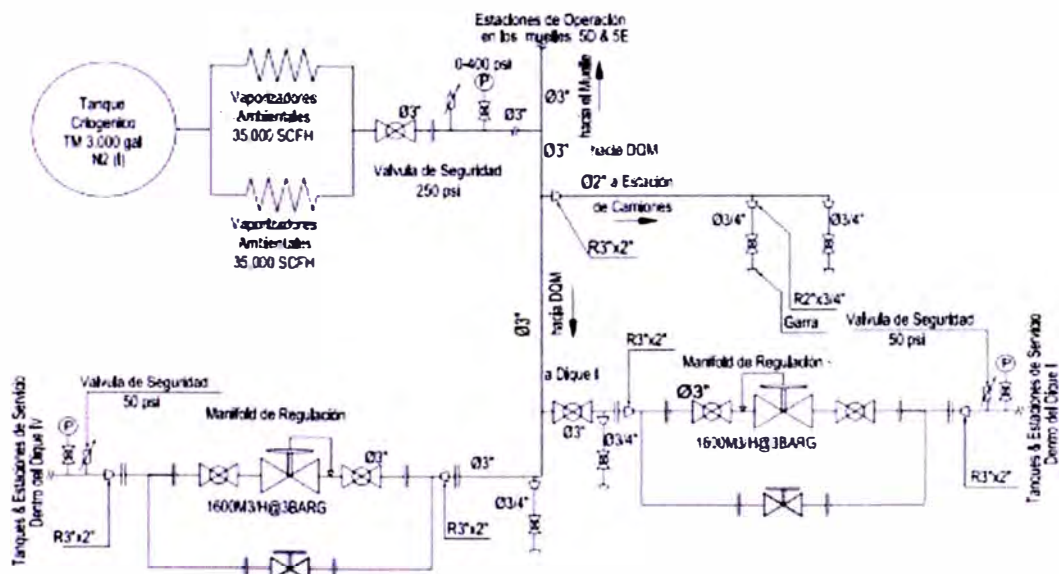
El blanketing o la inertización del tanque es el proceso de aplicación de un gas al espacio vacío en un contenedor de almacenamiento que se refiere a cualquier recipiente que se utiliza para almacenar los productos, independientemente de su tamaño. La inertización del tanque se utiliza por una variedad de razones, que típicamente implica el uso de un gas inerte para proteger los productos dentro del tanque de almacenamiento y evitar el riesgo de ignición del producto retirando uno de los agentes del fuego en este caso el oxígeno, además se asegura una presión de vapor constante dentro del tanque, y evita el vacío que se

genera al retirar líquido del mismo, inyectando gas inerte (nitrógeno) al bajar la presión de vapor.

#### 4.4.1 Planta de nitrógeno

Se cuenta con una planta de nitrógeno perteneciente a la empresa PRAXAIR S.A. que consiste en un tanque criogénico de 3,000 galones con nitrógeno líquido, que al pasar por los evaporadores se convierte a gas en una relación liquido/gas de 1:640 a una presión de 150 psi la cual antes de ingresar a los diques o conjunto de tanques se regula a una presión de 45 psi para que después de pasar por las válvulas reguladoras de presión, ingrese al tanque.

**Imagen 9.** Esquema de funcionamiento de la planta de Nitrógeno



Fuente: *Proyectos DQM*

#### 4.4.2 Válvula reguladora de Nitrógeno en el tanque

Para el caso del diseño de la ampliación de tanques se tomara válvulas Groth usadas en los demás tanques y también utilizadas por el grupo de la empresa. Cuando la presión del tanque se encuentra por encima del seteo de la válvula la mantiene cerrada y cuando baja hace que se mueva el pistón y la válvula se abra permitiendo el suministro de gas nitrógeno en el tanque.

Para la válvula de nitrógeno se tiene los siguientes datos:

$P_{\text{diseño}}$  : 250mbar  $\leftrightarrow$  255 g/cm<sup>2</sup>

$P_{\text{operación}}$  : 80 mbar  $\leftrightarrow$  82 g/cm<sup>2</sup>

Por lo tanto la válvula selecciona es el modelo 3011HP que nos da el rango de 6.5" WC – 2.0 psi  $\leftrightarrow$  16.5 g/cm<sup>2</sup> – 140 g/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 7.** Rango de presión en las válvulas Groth

Modelo	Rango
3011L	0.5" WC – 2.0" WC
3011H	0.5" WC – 6.5" WC
3011HP	6.5" WC (16.5 g/cm <sup>2</sup> ) – 2.0 psig (140 g/cm <sup>2</sup> )
3020A	2.0 psig – 15 psig
3070	0.5" WC – 15 PSIG

*Fuente: Groth Corporation*



Válvula reguladora de nitrógeno

Marca: Groth

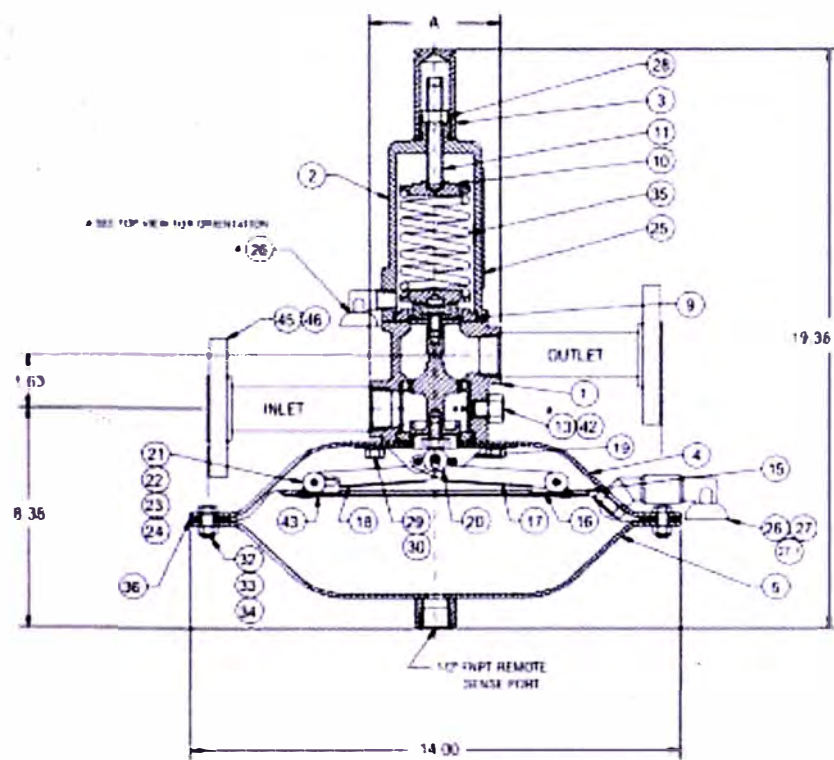
Modelo 3011HP-N-5-V-2-4-O

Entrada/Salida: 1" NPT Hembra

Material SS316

Asientos en Viton

**Imagen 10.** Groth – Válvula de blanketing 3011HP



*Fuente: Groth Corporation*

## **4.5 Sistema contra incendio**

### **4.5.1 Bombas del sistema contra incendio**

El Terminal cuenta con un sistema de protección contra incendio que le provee de agua de mar a 150 psi de presión. Esto se consigue gracias a dos (02) bombas verticales de 2,500 galones por minuto cada una, ubicadas próximos al Muelle Norte del Terminal Portuario del Callao que succionan agua de mar, accionadas individualmente por motores Diésel de 350 HP cada una. El sistema es automático, es decir, en caso de necesidad, bastará con abrir cualquier válvula del sistema contra incendio en el Terminal e instantáneamente se tendrá a disposición un gran caudal de agua para la extinción de incendios, en resumen el sistema se encuentra presurizado a 150psi y en de detectar una caída de presión hasta 120psi por la apertura de alguna válvula pasara automáticamente a funcionar la primera bomba y en caso la presión descienda a 100psi la segunda bomba entrara en funcionamiento.

### **4.5.2 Tanque de espuma**

Los requerimientos normativos de espuma diluida en cada cámara de espuma, así como también la cantidad de galones de concentrado de espuma requerido para contar con una dilución del 3% de concentrado durante un tiempo de 30 min. según NFPA 30 se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 8.** Requerimiento normativo de espuma para una dilución del 3% durante 30 minutos de aplicación.

Tanque	Área (ft)	Densidad (gpm/ft <sup>2</sup> )	Régimen de diluido (gpm)	Concentrado (gal)
650	488.13	0.15	73	65.7

*Fuente: Inspectra S.A.*

Se cuenta con un tanque de espuma Chemguard de 1,000 galones proveniente del dique IV capaz de proveer la espuma necesaria para el caso de algún siniestro.

#### 4.5.3 Cámaras de espuma

Las cámaras de espuma son seleccionadas mediante una pre-selección de un valor de K (gpm/psi<sup>0.5</sup>) por cada tipo de tanque, con este valor de K pre-seleccionado se determina la presión mínima que ha de tenerse en la entrada de la cámara de espuma para cumplir con el flujo de espuma requerido normativamente (0.15 gpm/ft<sup>2</sup>), y con ello determinar la presión mínima que se requiere en el Manifold de distribución de espuma, como distintas tuberías de espuma a distintos tanques confluyen al Manifold se preseleccionara la mayor presión necesaria para cumplir. Sí la presión necesaria es mayor a la que puede entregar la bomba trabajando en el caso de incendio evaluado, es necesario reconsiderar el valor de K preseleccionado, en caso el valor de presión necesaria sea menor al que la bomba entrega, será necesario contar con un sistema de regulación de presión al sistema de espuma.

Según el informe entregado por la empresa Inspectra S.A. se tiene los siguientes resultados:

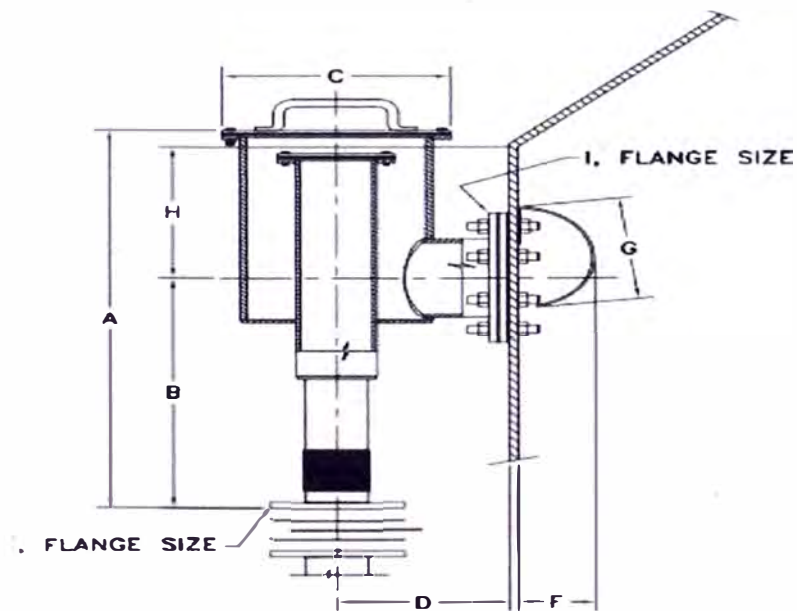
**Tabla 9.** Valores de K para las cámaras de espuma preseleccionadas

Tanque	Diámetro Jet (in)	Coficiente de descarga	K (gpm/psi <sup>0.5</sup> )	Q@30pig (gpm)
650	0.721	0.870	13.48	73.8

*Fuente: Inspectra S.A.*

Las cámaras de espumas compradas son de la marca Chemguard y obedecen el siguiente gráfico donde la entrada al tanque según las tablas del fabricante sería 6”

**Imagen 11.** Chemguard - Cámara de espuma



*Fuente: Chemguard*

## **CAPITULO V.**

### **IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO**

#### **5.1 Bases de concreto**

Consisten en cuatro (4) bases de concreto armado, cuyo diámetro exterior es de 8.30m, y están compuestas por un anillo de concreto armado con una profundidad promedio de 1.60m, coronadas en la parte superior con una losa de concreto armado de 0.50m de espesor sobre un relleno confinado de concreto pobre.

En relación con los materiales, el concreto empleado es de calidad  $f'c = 280$   $\text{kg/cm}^2$  con cemento tipo V, acero de construcción grado 60  $f_y = 4,200\text{Kg/cm}^2$ , el concreto pobre empleado en los rellenos es de calidad  $f'c = 210$   $\text{Kg/cm}^2$ .

Dichas bases están destinadas a albergar a los futuros tanques a construirse.

**Imagen 12.** Bases de concreto para tanques de 650m<sup>3</sup>



## **5.2 Dique de contención.**

Es un recinto cerrado compuesto de 4 muros de concreto armado de 25 centímetros de espesor promedio y 2.5 metros de altura cuyo acceso será mediante escaleras metálicas, dentro del cual se ubica el grupo de 4 bases de concreto armado para tanques de almacenamiento, las dimensiones son 45.27m x 11.25m.x2.50 m que sirve para contener algún tipo de derrame que pueda ocurrir proveniente de los tanques de almacenamiento, dicho recinto esta calcula en base al 110% del volumen del tanque de mayor capacidad según lo indicado en el punto 3.2.

**Imagen 13.** Construcción dique de contención



### 5.3 Primer anillo y techo.

Descripción de los trabajos:

- Fabricación y montaje del primer anillo del tanque en planchas roladas de formato 2400m x 6000m de 6.3mm de espesor según Tabla 6.
- Fabricación y montaje del anillo de compresión.
- Fabricación y montaje de techo abovedado de radio 6200mm en gajos.

**Imagen 14.** Fabricación y montaje del primer anillo



**Imagen 15.** Fabricación y montaje de anillo de compresión



**Imagen 16. Fabricación y montaje de techos de tanques**



#### **5.4 Cuerpo del tanque**

El cuerpo del tanque se construye por anillos de diferentes espesores según la Tabla 6 mostrada anteriormente, a medida que se culminan los trabajos de un anillo, el tanque es levantado mediante gatas neumáticas para el montaje del siguiente anillo.

**Imagen 17. Fabricación y montaje del 2do anillo**





**Imagen 18.** Tanques con el 5to anillo



**Imagen 19.** Tanques con el 7mo anillo.



### **5.5 Segundo vaciado de concreto en el interior del tanque e instalación del fondo.**

El segundo vaciado de concreto en el interior del tanque es necesario para darle la inclinación al fondo con una pendiente del 2%. Dicha inclinación sirve para drenar al máximo el producto que se almacena y cumple un rol importante para el lavado y limpieza de los mismos, ya que al ser tanques multipropósitos no puede haber restos de otro producto por motivos de contaminación.

**Imagen 20.** Detalle del fondo dentro del tanque.



*Fuente: DQM*

**Imagen 21.** Preparación del fondo y llenado con piedra para el vaciado.



**Imagen 22.** Vaciado del fondo del tanque.



**Imagen 23.** Instalación de la plancha de fondo.

### 5.6 Bocas del tanque.

Se instalaron diversas bocas en los tanques para los dispositivos y/o accesorios necesarios para el correcto funcionamiento y control del mismo, además de los equipos de seguridad necesarios. La lista de bocas es la siguiente:

**Tabla 10.** Bocas de Tanques

Boca	Descripción	Diámetro
A1	Entrada de Nitrógeno	3"
A2	Entrada de espuma	6"
E2	Radar de medición	20"
E3A	Reserva	4"
E3B	Reserva	4"
E4	Medición de Nivel	6"
H1	Manhole Techo	24"
H2	Manhole Costado	24"
H3	Manhole Costado	24"
R1	Retorno de Vapores	4"

S1	Válvula de alivio de emergencia	10"
V1	Válvula de alivio de Presión y vacío	8"
M1	Entrada de Vapor / Condensado	4"
M2	Entrada de Vapor / Condensado	4"
M3	Entrada de Vapor / Condensado	4"
M4	Entrada de Vapor / Condensado	4"
B1	Carga / Descarga	6"
B2	Termómetro	4"
D1	Drenaje	6"

Fuente: DQM

**Imagen 24.** Instalación de boca H1/H2 (Manhole costado)



**Imagen 25.** Insatación de Bocas M1, M2, M3 y M4



**Imagen 26.** Boca de Drenaje y Manhole techo

### 5.7 Instalación y montaje de tuberías

Se montaron las tuberías necesarias para el proceso de operación de los tanques, entre las principales fueron:

**Tabla 11.** Tuberías para operación de tanques

Descripción	Material	Diámetro
Tubería de carga y descarga	SS304L	6"
Tubería de retorno de vapores	SS304L	4"
Tubería anillo para el Sistema Contra Incendio	ASTM A53	12"
Tubería de Refrigeración	ASTM A53	4"
Tubería de Espuma	ASTM A53	4"
Tubería de nitrógeno	ASTM A53	3"
Tubería de aire comprimido	ASTM A53	3"
Tubería de agua	ASTM A53	2"
Tubería para lavado	ASTM A53	4"

Fuente: DQM

**Imagen 27.** Fabricación tubería de espuma



**Imagen 28.** Fabricación y montaje de tubería de carga y descarga



**Imagen 29.** Montaje de tuberías



**Imagen 30. Montaje de tuberías inoxidable**



### **5.8 Instalación y montaje de equipos**

Se instalaron los equipos mencionado en el Capítulo 4, dichos equipos son los necesarios para que los tanques entren en operación.

**Imagen 31. Instalación de válvulas y bombas**



### **5.9 Pintado del tanque.**

La preparación de la superficie de las planchas y estructuras metálicas consistió en una limpieza con chorro de arena al metal blanco según norma SSPC-SP-5 de la Steel Structure Painting Council, eliminando todo resto de óxido, escamas de

laminación y demás material extraño visible. Dichas planchas fueron pintadas con una capa de primer epóxico a 4 mils de espesor de pintura seca antes de ser manipuladas y montadas en cada anillo. Luego se aplicó una capa intermedia de color gris a 5 mils de espesor de pintura seca. Y finalmente una capa final de color blanco a 2 mils de espesor de pintura seca completando 11 mils en total < > 279.4 micras.



## **CAPITULO VI.**

### **PRUEBAS DEL PROCESO DE FABRICACIÓN Y ENTREGA**

#### **6.1 Calificación y especificación del procedimiento de soldadura**

El Welding Procedure Specification (WPS) es un documento que describe los procedimientos de soldadura, que proporciona indicaciones a los soldadores sobre la calidad de las soldaduras de acuerdo con los requisitos del código. En este caso se desarrolló un WPS para el tipo de soldadura utilizada. El WPS es complementado con un Procedure Qualification Record (PQR). El PQR es un registro de una soldadura de prueba realizado y probado para garantizar que el procedimiento va a producir una buena soldadura. (Ver Anexo 8)

La calificación del procedimiento de soldadura fue asignada al contratista, en este caso la empresa ABG S.A. Construcción Metálicas y Montaje según el diseño e ingeniería desarrollado por la empresa dueña del proyecto DQM S.A.

Los ensayos fueron realizados por las siguientes empresas: (Ver Anexo 9)

- Ensayo de doblado y Nick break      Soldexa
- Ensayo de tracción                      Pontificia Universidad Católica del Perú

- Ensayo de doblez

Soldexa

## **6.2 Calificación de soldadores**

Los soldadores fueron calificados conforme a lo establecido en la norma AWS. La técnica de soldadura, la apariencia y calidad de las soldaduras y los métodos de corrección de eventuales deficiencias, fueron basados en lo previsto en el “Code for Arc Welding in Building Construction” de la AWS. Para el Proyecto se realizó la calificación de soldadores en las posiciones 3G, 4G y 6G. (Ver anexo 10)

## **6.3 Procedimiento de inspección de uniones soldadas.**

### **6.3.1 Inspección Visual**

La inspección visual se realizó del 100% de las juntas soldadas, para ello se contrató para la supervisión y control de calidad a un inspector nivel II

### **6.3.2 Inspección Radiográfica**

Para el Proyecto se utilizó un procedimiento de inspección radiográfica – RT que contenía los requerimientos y métodos para la evaluación radiográfica en uniones soldadas a tope según API Standard 650 Edición 2010. Este procedimiento de control de calidad – Examen Radiográfico fue aprobado por el QA/QC manager y formo parte del sistema de control de calidad.

En el procedimiento indicaba que el personal para las inspecciones Radiográficas debería estar calificado y certificado como nivel II en el método de radiografía industrial. La fuente de radiación para la inspección empleada fue radiación gamma.

### **6.3.3 Tintes penetrantes**

Para la inspección con tintes penetrantes se contaba con el siguiente procedimiento:

En la limpieza de superficie se retiró el óxido, cascarillas, escoria, grasas y todo agente que ensuciaba la plancha con escobilla metálica circular.

Luego se procedió a la aplicación del penetrante por un tiempo de 10 minutos

Paso seguido se remueve el penetrante con un trapo humedecido con thinner industrial hasta que según inspección visual, no queden trazas del penetrante.

Luego se aplica el revelador y se espera 5 minutos para el revelado de las discontinuidades y su evaluación

Los defectos encontrados fueron removidos y limpiados para posteriormente ser revelados.

Se termina la examinación con la limpieza del revelador de la junta con la escobilla metálica circular.

#### **6.4 Procedimiento de Pintado de exterior de tanques.**

El procedimiento fue realizado por la empresa CPPQ y detalla los trabajos de preparación de superficie y aplicación de pinturas ejecutadas en campo y taller.

Los documentos de referencia utilizados fueron:

- SSPC-PA1 Pintado de acero para taller, campo y mantenimiento.
- SSPC-PA2 Medición de espesores de película seca.
- SSPC-SP5 Limpieza con chorro al metal blanco.
- SSPC-SP2 Limpieza en herramientas manuales.
- SSPC-SP3 Limpieza con herramientas de poder.
- SSPC-AB1 Abrasivos minerales y escorias

Además se usaron las hojas técnicas de referencia:

Amercoat 71 Imprimante epóxico de taller

Jet mastic 800 Epóxicos de altos solidos auto imprimante

Amercoat 450HS Poliuretano Asfaltico

Deter Jet 20 Detergente biodegradable

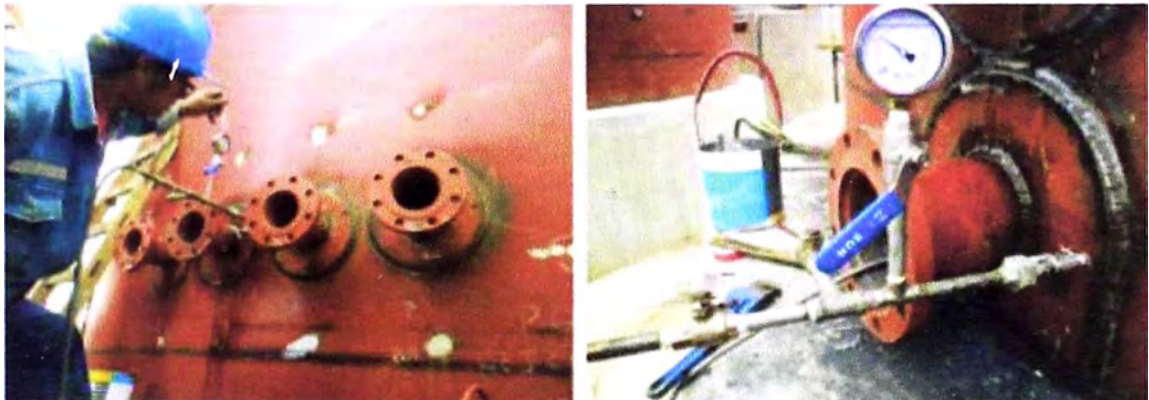
**Imagen 32.** Pintado de tanques



### 6.5 Prueba neumática de anillos de refuerzo para bocas del tanque.

La prueba se realizó de acuerdo a la norma en uso y consistía en presurizar en espacio entre el refuerzo de la boca y el cuerpo del tanque a una presión de 15PSI durante 5 minutos, para luego revisar si existía alguna fuga que tenía que ser reparada.

**Imagen 33.** Prueba neumática a bocas M1, M2, M3, M4 y D1



**Imagen 34.** Prueba neumática a plancha de refuerzo del Manhole H1



### **6.6 Prueba de vacío para el fondo del tanque.**

Las pruebas de vacío se realizaron en el fondo del tanque según especificaciones del estándar API 620, la presión de vacío mínima aplicada es de -3 PSI  $\leftrightarrow$  -0.21 kg/cm<sup>2</sup> y el tiempo de evaluación fue de 3 minutos como mínimo.

Los equipos utilizados para la prueba fueron los siguientes

Cámara de vacío

Vacuo metro de (0.00 a -1.02kg/cm<sup>2</sup>) calibrado

Mangueras de alta presión de  $\frac{1}{4}$   $\phi$  x 300 psi  $\leftrightarrow$  21.09 kg/cm<sup>2</sup>

Recipiente con solución jabonosa

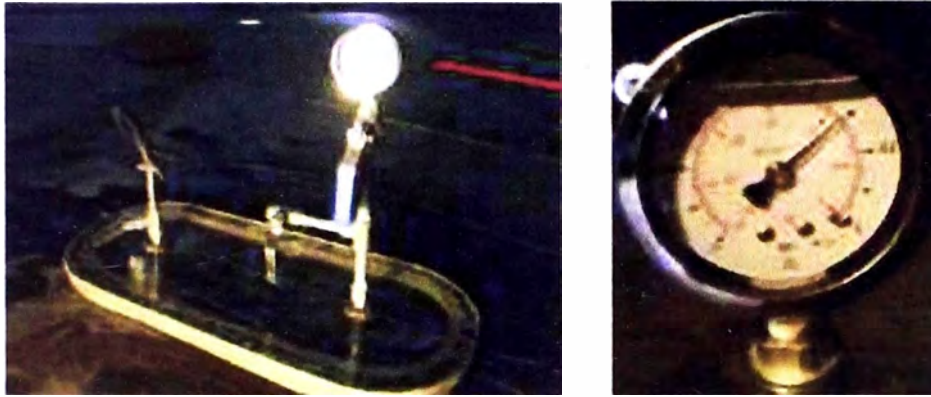
Compresora de 150 psi  $\leftrightarrow$  10.55 kg/cm<sup>2</sup>

Las pruebas se realizaron en la totalidad del fondo del tanque tanto en las costuras longitudinales como en las transversales. En las que no se detectaron porosidades ni grietas por lo tanto cumplió con lo indicado en el estándar API 620.

**Imagen 35.** Prueba de vacío del fondo

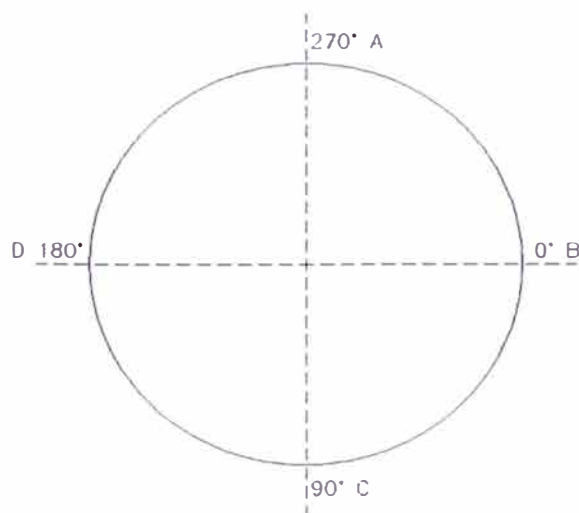


**Imagen 36.** Prueba de vacío del fondo



### **6.7 Prueba de estanqueidad y asentamiento de los tanques**

La prueba de estanqueidad y asentamiento de los tanques se realizó llenando los tanques en cuatro (04) tramos, al 25%, 50%, 75% y 100%; entre cada tramo se dejaba reposar el tanque durante un (01) día, en el cual se medía el asentamiento de los tanques y se revisaba en su totalidad la estanqueidad del mismo.



**Tabla 12.** Asentamiento de los tanques de 650m3

Altura de llenado (%)	CONTROL DE ASENTAMIENTO															
	TANQUE 650-01				TANQUE 650-02				TANQUE 650-03				TANQUE 650-04			
	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	-1	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	0	-1	0	0	0	-1	-1	-1
100	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
<b>TOTAL</b>	<b>-2</b>	<b>-2</b>	<b>-1</b>	<b>-1</b>	<b>-2</b>	<b>-2</b>	<b>-2</b>	<b>-2</b>	<b>-1</b>	<b>-2</b>	<b>-1</b>	<b>-1</b>	<b>-1</b>	<b>-2</b>	<b>-2</b>	<b>-2</b>

Fuente: DQM

### 6.8 Prueba Hidroneumática para los tanques

Según API 620 (1996) Sección 5.1.8.3.2 la presión para la prueba hidroneumática de los tanque es 1.25 veces la presión de diseño, por lo tanto de la tabla 1 tenemos que la presión de diseño es  $250\text{gr/cm}^2$  entonces la presión de prueba será  $312.5\text{gr/cm}^2 \Leftrightarrow 4.45\text{ psi}$ .

Para dicha prueba se emplearon los siguientes pasos:

- Una vez llenado el tanque con agua al 100% del casco y realizada la prueba de estanqueidad se procedió al sellado de todas las entradas del techo del tanque
- Se conectaron los manómetros de control ( $0 - 400\text{ gr/cm}^2 \Leftrightarrow 5.80\text{ psi}$ )
- Se introdujo aire lentamente hasta llegar a una presión de  $140\text{ gr/cm}^2 \Leftrightarrow 2\text{ psi}$ , para chequear por espacio de una (01) hora si no hay fugas por las empaquetaduras y cordones de soldadura con aplicación de agua con detergente.



- Se aumentó a  $306 \text{ gr/cm}^2 \Leftrightarrow 4.45 \text{ psi}$  como máximo y se esperó 20 minutos
- Se bajó la presión hasta  $250 \text{ gr/cm}^2 \Leftrightarrow 3.56 \text{ psi}$  por intervalo de 9 minutos con lo que se probaría el techo según API 620 (1996) Sección 5.18.3.
- Se despresurizo el tanque totalmente.

## **CAPITULO VII.**

### **INVERSIÓN ECONÓMICA**

#### **7.1 Cálculo de costos**

##### **7.1.1 Costo Variable**

Un costo variable es aquel que se modifica de acuerdo a variaciones del nivel de actividad, tanto de bienes como de servicios. Es decir, si el nivel de actividad decrece, estos costos decrecen, mientras que si el nivel de actividad aumenta, también lo hace esta clase de costos.

Para el proyecto los costos variables representan el 10% del nivel de ingresos por el alquiler de los tanques.

##### **7.1.2 Calculo de Costos Fijos.**

Los costos fijos son aquellos costos que no son sensibles a pequeños cambios en los niveles de actividad de una empresa, sino que permanecen invariables ante esos cambios.

Costo fijo anual = US\$ 36,857

**Tabla 13.** Flujo de caja

	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>	<b>Año 6</b>	<b>Año 7</b>	<b>Año 8</b>	<b>Año 9</b>	<b>Año 10</b>
Ingresos por alquiler	748,800	778,752	809,902	842,298	875,990	911,030	947,471	985,370	1,024,785	1,065,776
Costo Variable	74,880	77,875	80,990	84,230	87,599	91,103	94,747	98,537	102,478	106,578
Costo fijo	36,857	36,857	36,857	36,857	36,857	36,857	36,857	36,857	36,857	36,857
<b>Flujo de caja</b>	<b>637,063</b>	<b>664,020</b>	<b>692,055</b>	<b>721,211</b>	<b>751,534</b>	<b>783,070</b>	<b>815,867</b>	<b>849,976</b>	<b>885,449</b>	<b>922,341</b>

## 7.2 Cálculo del VAN

La fórmula que nos permite calcular el Valor Actual Neto es:

$$VAN = -A + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+i)^n}$$

Dónde:

- Q<sub>n</sub>: Representa los Flujos de Fondos o Caja.
- A: Es el valor del desembolso inicial de la inversión.
- N: Es el número de períodos considerado, número de años.
- i: Tipo de interés = 15%, según datos de la empresa

Si la VAN > 0 el proyecto es rentable,

## 7.3 Calculo del TIR

La tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR) de una inversión, está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN) es igual a cero. El VAN o VPN es calculado a partir del flujo de caja anual, trasladando todas las cantidades futuras al presente.

Es la tasa de descuento que iguala el valor actual de los gastos con el valor futuro de los ingresos previstos, se utiliza para decidir sobre la aceptación o

rechazo de un proyecto de inversión. Para ello, la TIR se compara con una tasa mínima o tasa de corte, normalmente la tasa de rentabilidad libre de riesgo.

$$VAN = -I + \sum_{i=1}^N \frac{Q_i}{(1 + TIR)^i} = 0$$

Donde  $Q_i$  es el Flujo de Fondos o Caja en el periodo  $i$ .

Para el proyecto se tienen los siguientes datos:

Inversión inicial:	US\$	2'041,000.00
Tasa de descuento		15%
Tiempo		Anual



## **CONCLUSIONES**

- Con el proyecto se pudo ampliar la capacidad total de almacenaje de la planta de 50,500 m<sup>3</sup> a 53,100 m<sup>3</sup> pudiendo satisfacer parte de la demanda generada por el crecimiento en los últimos años del país, dicha demanda se vio reflejada en el histórico de volúmenes almacenados anualmente por la empresa en los últimos años justificando la realización del proyecto.
- La ampliación de la planta fue implementada considerando los espacios disponibles del terreno que tenía la empresa, en dicho espacio se pudo distribuir cuatro (04) tanques de 650m<sup>3</sup> de capacidad dando un total de 2,600m<sup>3</sup> adicionales. Dicha ampliación tenía que cumplir las normas legales vigentes las cuales se consideraron para el diseño de la batería de tanques de 650m<sup>3</sup>. Osinergmin es el ente fiscalizador del estado encargado de hacer cumplir dichas normas para plantas que almacenan derivados de hidrocarburos.
- Para cumplir las normas legales correspondientes y para el correcto funcionamiento y seguridad, los tanques de almacenamiento deben contar con diferentes equipos entre ellos, válvulas de alivio de presión y vacío, bombas centrífugas con sellos mecánicos y un sistema contra incendio capaz de atender a cualquier emergencia.

- Las pruebas finales (Prueba de estanqueidad, asentamiento e Hidroneumática) para la obtención del informe técnico favorable (ITF) otorgado por Osinergmin fueron realizadas en presencia de un inspector del mismo, las cuales se realizaron sin ninguna inconveniente obteniendo el informe final para poder operar los tanques de la ampliación.
- El proyecto se implementó en un plazo de catorce (14) meses, plazo considerado por la empresa para la culminación de los trabajos.
- El proyecto implementado tiene un VAN de US\$ 678,613.73 y un TIR de 22.16% en un periodo de 10 años lo que lo hace rentable para la inversión ya que la tasa de retorno considerada fue del 15%.



## **RECOMENDACIONES**

- Considerar con mayor detenimiento para proyectos futuros, los plazos que toma Osinergmin para la entrega de licencias para el inicio del proyecto y licencias de funcionamiento, ya que pueden traer retrasos para el inicio de operación de los tanques que se construyan.
- Considerar los tiempos de importación de los equipos y materiales, ya que existen equipos que por su complejidad, el plazo de entrega puede llegar hasta cuatro (04) meses, y en ocasiones por retrasos inesperados hasta en seis (06) meses.
- Implementar una metodología de trabajo para el proyecto, si bien es cierto la empresa ha contado con profesionales competentes para la realización del mismo, carece aún de una metodología que le permita gestionar de manera más eficiente la realización del proyecto.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- API 620 (1996) “Design and Construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Tanks” 9<sup>th</sup> Edition.
- DS 052-93-EM “Reglamento de seguridad para el almacenamiento de hidrocarburos”
- DS 036-2003-EM “Modifican el reglamento de seguridad para el almacenamiento de hidrocarburos, aprobado por decreto supremo N° 052-93-EM”
- API 2000 (1998) “Venting Atmospheric and Low-Pressure Storage Tanks” 5<sup>th</sup> Edition.
- KSB Pumps, valves and services  
Tomado de:  
[http://www.ksb.com/ksb-en/Products\\_and\\_Services/Industry/Chemical-Industry/](http://www.ksb.com/ksb-en/Products_and_Services/Industry/Chemical-Industry/)
- JOHN CRANE Mechanical Seals  
Tomado de:  
<https://www.johncrane.com/products/mechanical-seals/mechanical-seals>

- **PROTEGO Braunschweiger Flammenfilter GmbH – Válvulas de presión y vacío**

Tomado de:

<http://www.protego.com/es/productos/valvulas/valvulas-de-presion-y-vacio-dispositivos-de-final-de-linea.html>

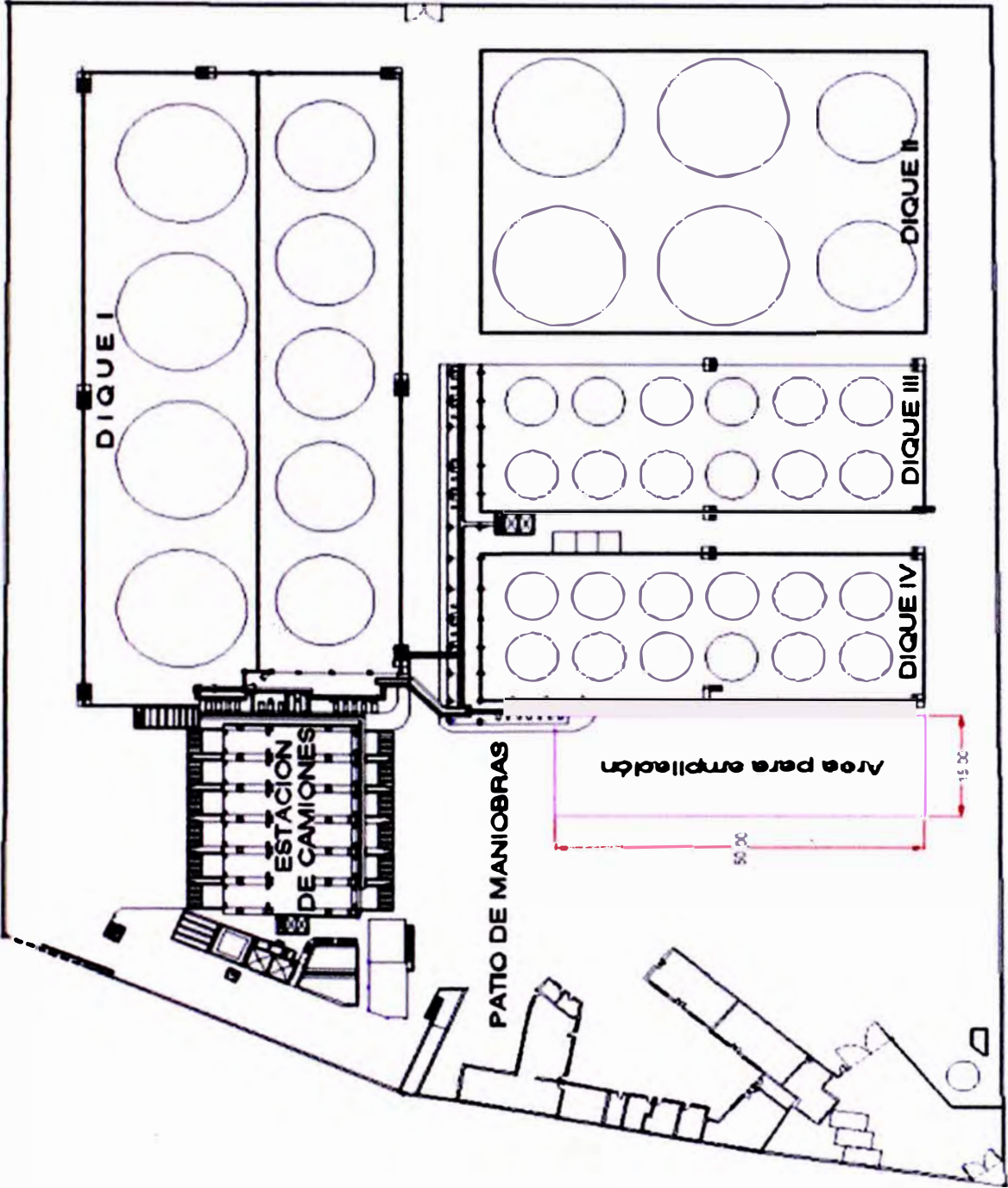
- **GROTH CORPORATION - Pressure/Vacuum Relief Valves**

Tomado de:

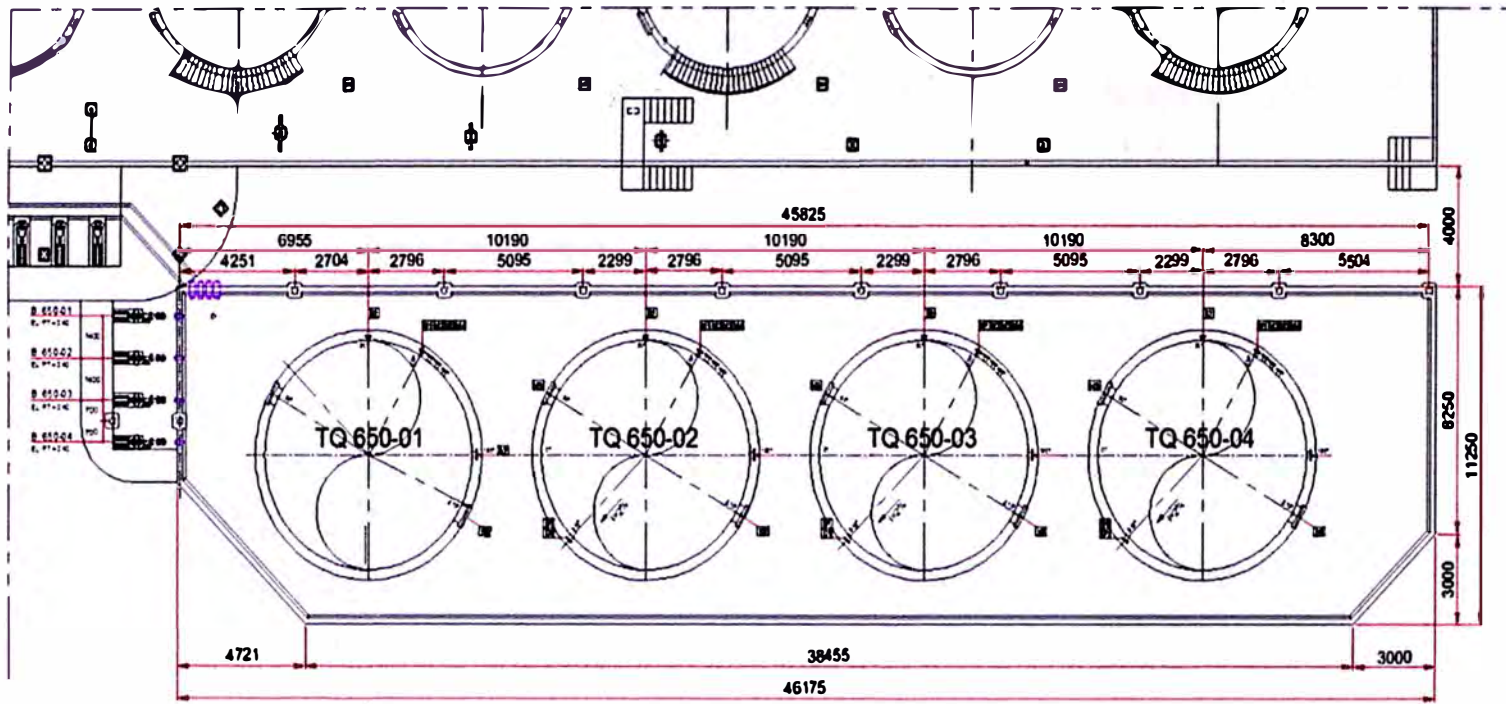
<http://www.grothcorp.com/es/component/products/cats/Procesamiento%20industrial/Reguladores%20de%20gas%20de%20protecci%C3%B3n.html>

## **ANEXOS**

Anexo 1: Layout DQM



Anexo 2: Layout Digue IV-A



**Anexo 3:** Tabla [1] Distancias mínimas en metros para tanques con líquidos estables. Presión de operación de 0.175 Kg/cm (2.5psig) o menor.

TIPO DE TANQUE	PROTECCION	DISTANCIA MINIMA A LINDEROS DE PROPIEDAD DE TERCEROS DONDE EXISTAN O PUEDAN EXISTIR EDIFICACIONES INCLUYE EL LADO OPUESTO DE VIAS PUBLICAS Y NO SERA MENOR DE 1.5m	DISTANCIA MINIMA AL LADO MAS PROXIMO DE UNA VIA PUBLICA O AL EDIFICIO IMPORTANTE MAS CERCANO DENTRO DE LA MISMA PROPIEDAD Y NO SERA MENOR DE 1.5m
	AREA PROTEGIDA	1/2D	1/6D
	SIN PROTECCION	1D Y NO MAS DE 55m	1/6D
TECHO CON UNION DEBILITADA DE TECHO A PARED	SISTEMA DE ESPUMA O DE GASES INERTES EN TANQUE CON D<45m	1/2D	1/6D
	AREA PROTEGIA	1D	1/3D
	SIN PROTECCION	2D Y NO MAS DE 110m	1/3D
VERTICAL U HORIZONTAL CON VALVULA DE ALIVIO A 0.175kg/cm	SISTEMA DE GASES INERTES O DE ESPUMA EN TANQUES VERTICALES	1/2 VECES TABLA (6)	1/2 VECES TABLA (6)
	AREA PROTEGIA	TABLA (6)	TABLA (6)
	SIN PROTECCION	2 VECES TABLA (6)	TABLA (6)

**Anexo 4:** DS 052-93-EM - Tabla [7] Mínimos espaciamientos entre tanques.

	Tanque techo flotante	Tanques horizontales o de techo fijo	
	Líquidos Clase I o Clase II	Líquidos Clase IIIA	
Todo tanque con diámetro no mayor a 45m	1/6 suma de diámetro de tanques adyacentes, pero no menos a 1.5m	1/6 suma de diámetro de tanques adyacentes, pero no menos a 1.5m	1/6 suma de diámetro de tanques adyacentes, pero no menos a 1.5m
Tanques con diámetro mayor a 45m	1/6 suma de diámetro de tanques adyacentes, pero no menos a 1.5m	1/4 suma de diámetro de tanques adyacentes, pero no menos a 1.5m	1/6 suma de diámetro de tanques adyacentes, pero no menos a 1.5m
a) Tanques en los cuales los posibles derrames se conducen a otra zona			
b) Tanques ubicados en zona estanca	1/4 suma de diámetro de tanques adyacentes	1/3 suma de diámetro de tanques adyacentes	1/4 suma de diámetro de tanques adyacentes



**Anexo 5: KSB Applications Engineering friction loss calculation**

**KSB**

03-jul-14

**APPLICATIONS ENGINEERING FRICTION LOSS CALCULATION**

Customer-	DQM	Ref-	BOMBAS EXPORTACION	
Input Data		Fittings	Qty	Equivalent Length (ft)
Fluid=	0	# 90 Ell's =	8	16.33
GPM=	264.17	#45 Ell's =	4	4.08
I.D.=	4 in.	# Tee Branch Flow =	0	0.00
Length (Ft) =	1017.06 ft.	# Tee Line Flow =	1	3.69
Viscosity (cps) =	30 cp.	# Globe Valve =		0.00
SP.GR.=	1	# Gate Valve =	1	1.55
Vertical rise=	26 ft.	# Swing Check Vlv	0	0.00
		# Angle Valve =	0	0.00
			<b>Total (ft):</b>	<b>25.66</b>

**RESULTS = A.D.T. = 31.03 m.**

Head Loss =	101.79 ft
Pressure Drop =	44.06 psig

$$\text{Head loss} = (f * L * V^2) / (2 * ID * Gc) + V_{rise}$$

$$\text{Press. drop} = (\text{Head Loss} * \text{SP.GR}) / 2.31$$

Total Length (L) =	1043 ft
kinematic Viscosity(v) =	0.0003232 ft <sup>2</sup> /sec
ID =	0.3333 ft
Flow Area=	0.0873 ft <sup>2</sup>
Flow=	0.5886 cfs
Velocity (V) =	6.74 fps
Shear Rate =	161.80
Reynolds Number(Re) =	6956
Roughness: (e) =	0.000015 ft
Gc =	32.17 ft/sec <sup>2</sup>
e / ID=	0.0000
Friction Factor: (f) =	0.0343

Total Length = Equiv. Len + Length

**2.06 mps**

$$Re = V * ID / v$$

Gravitational constant

Friction factor has been calculated utilizing an iterative method, base upon the Darcy Weisbach charts.

**Anexo 6:** Tabla para halla en flujo térmico volumétrico según API 2000 5ta edición

**Requirements of Thermal Venting Capacity (English Units)**

Tank Capacity Barrels	Tank Capacity Gallons	Inbreathing Thermal SCFH Air	Outbreathing Thermal	
			Flashpoint ≥ 100°F SCFH Air	Flashpoint < 100°F SCFH Air
100	4,200	100	60	100
500	21,000	500	300	500
1,000	42,000	1,000	600	1,000
2,000	84,000	2,000	1,200	2,000
4,000	168,000	4,000	2,400	4,000
5,000	210,000	5,000	3,000	5,000
10,000	420,000	10,000	6,000	10,000
20,000	840,000	20,000	12,000	20,000
30,000	1,260,000	28,000	17,000	28,000
40,000	1,680,000	34,000	21,000	34,000
50,000	2,100,000	40,000	24,000	40,000
100,000	4,200,000	60,000	36,000	60,000
140,000	5,880,000	75,000	45,000	75,000
160,000	6,720,000	82,000	50,000	82,000
180,000	7,560,000	90,000	54,000	90,000

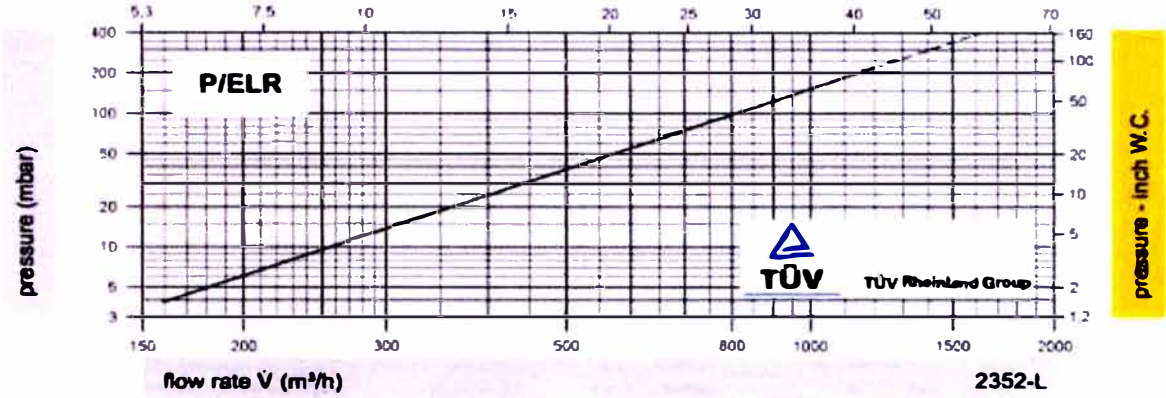
Excerpt of API 2000 5th ed

**Requirements of Thermal Venting Capacity (Metric Units)**


Tank Capacity m <sup>3</sup>	Inbreathing Thermal Nm <sup>3</sup> /h	Outbreathing Thermal	
		Flashpoint ≥ 37.8°C Nm <sup>3</sup> /h	Flashpoint < 37.8°C Nm <sup>3</sup> /h
10	1.69	1.01	1.69
20	3.37	2.02	3.37
100	16.90	10.10	16.90
200	33.70	20.20	33.70
300	50.60	30.30	50.60
500	84.30	50.60	84.30
1,000	169.00	101.00	169.00
2,000	337.00	202.00	337.00
3,000	506.00	303.00	506.00
4,000	647.00	388.00	647.00
5,000	787.00	472.00	787.00
10,000	1,210.00	726.00	1,210.00
20,000	1,877.00	1,126.00	1,877.00
25,000	2,179.00	1,307.00	2,179.00
30,000	2,495.00	1,497.00	2,495.00

Excerpt of API 2000 5th ed

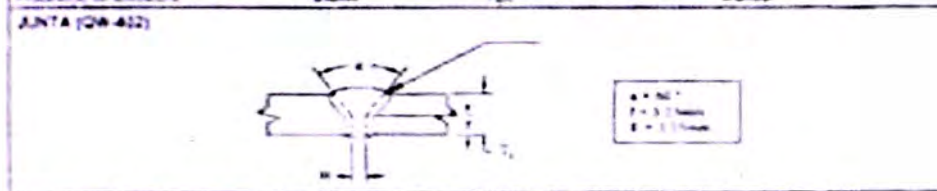
**Anexo 7: Tabla de capacidad de flujo para válvulas de alivio Protego.**



**Anexo 8: Calificación del procedimiento de soldadura (PQR) y especificación del procedimiento de soldadura (WPS).**

	<b>REGISTRO DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (PQR)</b> (De acuerdo a ASME Sección IX)		No. PQR: <b>ABS-0198</b>	
			Hoja: <b>1 de 2</b>	
			Emisión: <b>01/02/2008</b>	
			Revisión: <b>1</b>	

<b>QW-402 - REGISTRO DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (PQR)</b>			
Nombre de la compañía	<b>Construcciones Metálicas y Moreles ABO S.R.L.</b>	Por	<b>Ing. Oscar Bernade</b>
Calificación de Procedimiento (PQR) No.	<b>PQR ABS-0198</b>	Fecha de Prueba	<b>05 - 02 - 2008</b>
WPS No.	<b>WPS ABS-0198</b>		
Procedimiento de soldadura	<b>EMAW</b>	Tipo	<b>Manual</b>



<b>METAL DE BASE (QW-403)</b> Especificación material: <b>A17W 630 / A17W 6 M</b> Tipo y grado: <b>—</b> P - No. <b>1</b> A P - No. <b>1</b> T Espesor de probeta: <b>16.0mm</b> Diámetro de probeta: <b>—</b> Otro: <b>—</b>	<b>TRATAMIENTO DE ENTRENAMIENTO POST-SOLDADURA (QW-405)</b> Temperatura: <b>—</b> Tiempo: <b>—</b> Otro: <b>—</b>
---	--

<b>METAL DE APORTE (QW-404)</b> Especificación CPA: <b>11 / 11</b> Clasificación AWS: <b>E308L - E309L</b> Metal de aporte P - No. <b>2 / 4</b> Análisis de metal depositado A - No. <b>4 / 9</b> Tamaño de metal de aporte: <b>2.25mm / 1.0mm x 1.75mm</b> Otro: <b>—</b> Espesor de metal de soldadura: <b>1.0mm / 14.0mm</b>	<b>CAJ (QW-407)</b> <table border="1"> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Composición Química</td> </tr> <tr> <td>Carbono</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>Aluminio</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>Fosforo</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> </table>	Composición Química			Carbono	—	—	Aluminio	—	—	Fosforo	—	—
Composición Química													
Carbono	—	—											
Aluminio	—	—											
Fosforo	—	—											

<b>POSICION (QW-406)</b> Posición de prueba: <b>3J</b> Proposición de soldadura (cm. 300): <b>Ascendente</b> Otro: <b>—</b>	<b>TECNICA (QW-410)</b> Velocidad de avance: <b>Directa - Plancha</b> Posición entre el angulo: <b>Angulo solamente al primer paso</b> Cadencia: <b>4 parrs. de espesor</b> Paso simple o múltiple: <b>—</b> Electrodos simple o múltiple: <b>—</b> Otro: <b>—</b>
--	--

<b>PRECALENTAMIENTO (QW-408)</b> Temperatura de precalentamiento: <b>—</b> Velocidad de enfriamiento: <b>—</b> Otro: <b>—</b>	(Handwritten signature and notes)
--	-----------------------------------



LA AUTENTICIDAD DE ESTE DOCUMENTO DEBE SER HECHA AL TELEFONO 224 8165  
 ENVIANDO UN MENSAJE CON EL N.º 010 224 8165



**REGISTRO DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (PQR)**  
(De acuerdo a ASME Seccion IX)

No. PQR: ABC-01/08	
HOJA	2 de 2
EMISION	01/02/2009
REVISION	1

Pase	Proceso	Metal de Apoye		Corriente		Voltaje	Velocidad de Avance cm/min
		Clase	Diam (mm)	Tipo y polaridad	Amperaje		
1	SMAW	E6011	2.25	DCEP	80 - 110	22 - 28	0 - 10
2	SMAW	E7018	2.5	DCEP	80 - 100	20 - 26	0 - 8
3	SMAW	E7018	3.25	DCEP	110 - 125	21 - 26	5 - 7
4	SMAW	E7018	3.25	DCEP	110 - 130	21 - 26	4 - 6
5	SMAW	E7018	2.5	DCEP	80 - 106	20 - 27	3 - 6
6 (extra)	SMAW	E7018	2.5	DCEP	80 - 100	20 - 22	6 - 8

PRUEBAS DE TENSION							PQR No.	PQR-ABC-01/08
Especimen No.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Area (mm <sup>2</sup> )	Carga rotura (kN)	Resistencia max (MPa)	Tipo de falla y ubicacion		
T-1 W2	18.4	18.5	338.4	158.2	437	Ductil - Material Base		
T-2 W2	18.4	18.5	338.10	158.8	438	Ductil - Material Base		
Soldex S.A. - Laboratorio de Pruebas Mecanicas - TC-2008-028 - Ing. Ronald Requijo								
ENSAYOS DE DOBLEZ GUIADA								
Tipo y figura No.						Resultado		
Lado - W2230-L1						Aprobado		
Lado - W2230-L2						Aprobado		
Lado - W2230-L3						Aprobado		
Lado - W2230-L4						Aprobado		
Soldex S.A. - Centro Tecnológico de Soldadura - CTSOL-RP027-2009 - Ing. Leonardo Rodriguez								
PRUEBA DE IMPACTO								
Especimen No.	Ubicación de muestra	Tamaño de espécimen	Temperatura de ensayo	Valores de impacto			Peso de golpe	
				Fuerza	% Corte	Mis		
-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	
PRUEBA EN SOLDADURA DE FILETE								
Resultado satisfactorio: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>				Penetración en metal origen: Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>				
Resultados de macroataque: -								
OTRAS PRUEBAS								
Tipo de prueba: -								
Análisis de depósito: -								
Otro: -								
Nombre soldador	Eimer Diaz Carvia			Estampa No.	W22			
Prueba controlada por	CWI Leonardo Rodriguez			Empresa	Soldex S.A.			
Nosotros certificamos que los datos en este registro son correctos y que las pruebas fueron preparadas, soldadas y ensayadas de acuerdo con los requerimientos de la Sección IX del Código ASME - 2007								
Fabricante	Construcciones Metálicas y Montaje ABC S.R.L.			Elicado por	Ing. Oscar Bernabé			
Fecha	22-02-2008			Autorizado por	Ing. Oscar Bernabé			



CUALQUIER CONSULTA SOBRE LA AUTENTICIDAD DE ESTE DOCUMENTO DEBE SER HECHA AL TELEFONO 224-3168 INDICANDO EL NUMERO CORRELATIVO LRP106-09

*[Handwritten signature and date]*  
2009/02/18



ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)

(De acuerdo a ASME Sección IX)

WPS	1.02
EMISION	21 - 12 - 2008
REVISION	1

QW-432 - ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)

Nombre de la compañía	Construcciones Metálicas y Montaje ABO S.R.L.	Por	Ing. Oscar Bernabé Sanchez
Especificación de Procedimiento No.	WPS ABO-0509	Fecha	18-12-2008
Revisión No.	1	Fecha	21-12-2008
TCR de soporte	PCR ABO-0108		

Proceso(s) de soldadura	SMW	Tipo	Manual
-------------------------	-----	------	--------

**JUNTA (QW-402)**

Diseño de junta: Ranurada a tope en V

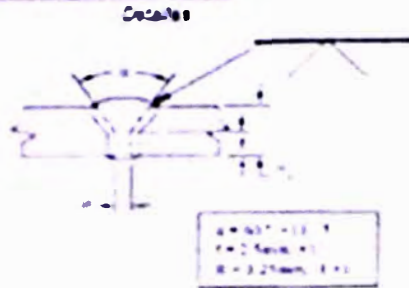
Resgado (Si)  No  No

Materiales de resgado (Tipos)

Metal  Refractario

No metálico  Otro: Soldadura resgado

Esquema oficial de fabricación, simbología de soldadura y descripción escrita debe mostrar el arreglo general de las partes ya sea a color. Debe ser aprobado la apertura de raíz y los detalles de la soldadura debe ser especificada.



**METAL BASE (QW-403)**

Nº P	f	Grupo Nº	f	Nº P	f	Grupo Nº	f
0							
Especificación de tipo y grado:		ASTM A33 Gr B / ASTM A36 / ASTM A106 Gr B					
A la especificación de tipo y grado:		ASTM A33 Gr B / ASTM A36 / ASTM A106 Gr B					
0							
Análisis químico y propiedades mecánicas							
Hasta el análisis químico y propiedades mecánicas							
Rango de espesores							
Metal base	Ranura	71 ± 0.3mm hasta 113mm		Flans			
Diám. Ext. Tubo	Ranura	ilimitado		var			
Otro							

**METAL DE APORTE (QW-404)**

Especificación Nº (DFA)	AS 1	AS 1
AWS No. Clase	E6010	E7018
Nº F	3	4
Nº A	1	1
Diámetro de metal de aporte	3.25mm	2.5mm o 3.25mm
Metal depositado		
Rango de espesores		
Ranura	Hasta 4.5mm	Hasta 28.5mm
Flans		
Fuente comercial		
Nombre comercial	CELLOCORD P / CELLOCORD P7	SUPERDITO
Insumo consumible		

*(Handwritten signatures and stamps)*



ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)

(De acuerdo a ASME Section IX)

ACU	2 de 2
EMISION	11-12-2009
REVISION	1

<b>POSICIONES (QW 405)</b>				<b>TRATAMIENTO DE POST CALENTAMIENTO</b>				
Posiciones de soldar	todas			Rango de temperatura		—		
Progresión Asc.	X	Desc.	—	Tiempo		—		
Posición de fase	—			GAS (QW 405)				
<b>PRECALENTAMIENTO (QW 406)</b>				Composición Química				
Temp. Precalentamiento	Min	Ambiente (no menor a TPC)		Gas	Medio	Flujo		
Temp. Interfase	Min	Ambiente (no menor a TPC)		Primerización				
Mantenimiento precalentamiento				A través				
				Empuje				
<b>CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW 405)</b>								
Corriente AC o DC		Directa (DC)		Polaridad		Positiva (EP)		
Rango de amperaje		VER TABLA		Rango de voltaje		VER TABLA		
Tamaño y tipo de electrodos de tungsteno								
Modo de transferencia en GMAW								
(Solo para corte pulido, etc)								
velocidad de alimentación de alambre								
<b>TÉCNICA</b>								
Pase ancho o angosto				Pase 1 Angosto Otros Ancho				
LAP 961-09								
Distancia y tamaño de protección pasiva								
Limpieza inicial y mantenimiento requerido: esmerilado, etc								
Facilitado por proveedor								
Método de medida de raíz								
Exposición								
Distancia								
Con el SUPLENTO (E7018)								
Distancia de búsqueda a poca de inicio								
Límite para múltiples o simple								
Electrodo simple o múltiple								
velocidad de avance (range)								
VER TABLA								
Muestras								
Otro								
<b>Pos. N°</b>	<b>Proceso</b>	<b>Estado de aporte</b>		<b>Corriente</b>		<b>Voltaje</b>	<b>Velocidad de avance (cm/min)</b>	<b>OTRO</b>
		<b>Clase</b>	<b>Dist.</b>	<b>Polaridad</b>	<b>Amperaje</b>			
base	SMAW	E 7018	3.75	DCSP	85 - 110	21 - 28	4 - 9	—
rodapié	SMAW	E 7018	3.75	DCSP	130 - 150	21 - 25	4 - 9	—
	SMAW	E 7018	3.75	DCSP	85 - 130	21 - 23	3 - 8	—
acabado	SMAW	E 7018	3.25	DCSP	80 - 130	21 - 25	4 - 9	—
	SMAW	E 7018	3.75	DCSP	85 - 130	21 - 23	3 - 8	—

\* Se usará cuando sea requerido por agencia de Construcciones Metálicas y Montaje ABC S.P.A.

*[Handwritten signature and stamp]*





**LABORATORIO DE MATERIALES**Departamento de Ingeniería  
Sección Ingeniería Mecánica**PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ****CON SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD SEGUN NTP ISO/IEC 17025**

MAT-JUL-0485/2011

**ENSAYO DE TRACCIÓN****INFORME DE LABORATORIO**

MAT-006-04

Número Total de Páginas: 2

**SOLICITADO POR** : CONSTRUCCIONES METÁLICAS Y MONTAJE ABG SRL  
**DIRECCIÓN** : Calle 4 Mz D Lote 1 Urb. Ind. Gramanesa - Callao  
**REALIZADO POR** : Laboratorio de Materiales - Analista 10  
**MUESTRA** : Probetas Soldadas de Acero  
**FECHA** : 2011 07 07

**RESULTADOS:**

MUESTRA		T1	T2
SECCIÓN TRANSVERSAL (a x b)	ANCHO (mm)	12.99	13.61
	ESPESOR (mm)	3.80	1.91
	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	49.4	53.2
CARGAS (kN)	FLUENCIA	---	---
	MÁXIMA	24.9	26.9
TENSIONES (MPa)	FLUENCIA	---	---
	MÁXIMA	805	506
LONGITUD INICIAL ENTRE MARCAS (mm)		---	---
LONGITUD FINAL ENTRE MARCAS (mm)		---	---
ALARGAMIENTO (%)		---	---

Fecha de Ejecución: 2011 07 07

**OBSERVACIONES:**

- Condición de las muestras: Zona de ensayo normalizada
- Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante
- Norma de ensayo: B & PV ASME CODE SECCION IX - 2010
- Temperatura ambiente durante el ensayo: 21.1 °C
- La probeta T1 rompió en el metal base
- La probeta T2 rompió en el metal base

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales.

Los resultados no pueden ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de gestión de calidad certificadas del sistema de gestión de la entidad que lo produce.

1 de 2

Elaborado por: [Firma]  
 Fecha: [Firma]  
 Versión: [Firma]

Revisado por: [Firma]  
 Fecha: [Firma]  
 Versión: [Firma]

Controlado por: [Firma]  
 Fecha: [Firma]  
 Versión: [Firma]



Zwick / Roell

Standard test report

07.07.2011

MAT-JUL-0485/2011



2 DE 2



INFORME TECNICO (Technical report)

ENSAYO DE DOBLEZ (Bend test)

Identificación (Identification)  
ETS-01-00007-2009  
Revisión (Review) N° 1  
01/02/2009

CLIENTE (customer): Construcciones Metálicas y Montaje S R L  
LUGAR DE PRUEBA (laboratory): Centro Tecnológico de Soldaduras SOLDEXA  
REALIZADO POR (conducted by): Ing. Leonardo Rodríguez Pino  
FECHA DE ENSAYO (date of test): 2024 - 03 - 17  
MUESTRA (specimens): 4 probetas de doblado de lado (side bend test)

DIMENSIONES DE LAS PRUEBAS (size)

PROBETA specimen	ANCHO width	ESPESOR thickness	LONGITUD length
W2235-L1	10.1	15.6	180.0
W2235-L2	10.0	15.3	180.0
W2235-L3	10.1	15.5	179.0
W2235-L4	10.1	15.4	179.0
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

\*Medidas en milímetros (a las en millimeters)

RESULTADOS DE LA PRUEBA (results)

PROBETA specimen	LADO side	DISCONTINUIDAD Discontinuities
W2235-L1	Conforma	-
W2235-L2	Conforma	-
W2235-L3	Conforma	-
W2235-L4	Conforma	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-

\*Conforma = Pass



OBSERVACIONES (Remarks)

- Norma Aplicada en el ensayo (Test in accordance with the requirements of) **ASME IX - 2007**
- Material Base (Base Metal) **ASTM A36**
- La(s) muestra(s) ensayada(s) fue(ron) entregada(s) por (The specimen(s) were given by) **Construcciones Metálicas y Montaje ABO S R L**
- De acuerdo al cliente estas muestras pertenecen a los ensayos de doblado requeridos para la calificación de procedimientos (According to the customer these specimens belong to bend tests required for procedure qualification)

\*Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de SOLDEXA S A (Prohibited the total or partial reproduction of this report without the authorization of SOLDEXA S A)


CUALQUIER CONSULTA SOBRE LA AUTENTICIDAD DE ESTE DOCUMENTO DEBE SER HECHA AL TELÉFONO 224 3763 INDICANDO EL NÚMERO CORRELATIVO

LRP105-01

SOLDEXA S A

**Anexo 10: Calificación de soldadores**

	<b>REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR</b> <small>Del estándar de Código ASME - Sección IX</small>		PÁGINA 1 de 1
			FECHA 10/07/2011
			REVISIÓN 1

REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR (WQP)			
Nombre del Soldador	<b>Barrón Huaman Edwin</b>	Nº Estancia	<b>W-004</b>
WPS No.	<b>WPS - ADQ - 0711</b>	WQOR No.	<b>POR - ADQ - 0711</b>
Identificativo de WPS seguido por el soldador	<b>WPS - ADQ - 0711</b>	Estado en	<input checked="" type="checkbox"/> Probado <input type="checkbox"/> Soldadura Producción
Identificación de metal base	<b>A57MA13 / A57MA33 GRADO B / GRADO B</b>	Espesor	<b>3.81mm</b>
<b>Variables de soldadura</b>	<b>Valor Usado en la Calificación</b>	<b>Rango Calificado</b>	
Proceso de soldadura	<b>SMW</b>	<b>SMW</b>	
Tipo de tubo (manual, semiautomático)	<b>Manual</b>	<b>—</b>	
Respaldo metal soldadura	<b>SIN</b>	<b>CON O SIN RESPALDO</b>	
( ) Flanchar ( X ) Tuberia (ingreso diamétrico a estuércos)	<b>60.3mm</b>	<b>—</b>	
Met. Base No. P o No. P	<b>P No. 1 o P No. 1</b>	<b>P No. 1 o P No. 1</b>	
Especificación metal aporte (SA)	<b>E 7018</b>	<b>—</b>	
Clasificación metal aporte	<b>E 7018</b>	<b>—</b>	
Met. de aporte No. 1	<b>P 3 SIN RESPALDO o P 4 CON RESPALDO</b>	<b>P 3 CON SIN RESPALDO o P 4 CON RESPALDO</b>	
Con Material de aporte	<b>—</b>	<b>—</b>	
Modo Consumible (GTAW o PAW)	<b>—</b>	<b>—</b>	
Tipo de aporte (GTAW o PAW)	<b>—</b>	<b>—</b>	
Equipo depositado por cada proceso	<b>2.0 mm de F3 / 3.4 mm de F4</b>	<b>Hasta 5.0 mm de F3 / Hasta 6.4 mm de F4</b>	
Posición calificada	<b>6G</b>	<b>Posura Todas / Posura Todas</b>	
Progresión vertical (ascendente/descendente)	<b>Descendente / Ascendente</b>	<b>Descendente / Ascendente</b>	
Tipos de respaldo (GTAW, PAW, GMAW)	<b>—</b>	<b>—</b>	
Modo de Transferencia (GMAW)	<b>—</b>	<b>—</b>	
Corriente Tipo/Estados (GTAW)	<b>DCEP</b>	<b>—</b>	
<b>RESULTADOS</b>			
Resultado de Inspección Visual	<b>Aceptable</b>		
Resultado de Prueba de Doblez	<input type="checkbox"/> Plano <input type="checkbox"/> ( X ) Curva 90º Transversal <input type="checkbox"/> Curva y Rad Longitudinal		
( ) Tuberia, Resistencia a la corrosión	( ) Plancha, Resistencia a la corrosión		
( ) Tuberia, Prueba de ataque químico	( ) Plancha, Prueba de ataque químico		
Tipo	Resultado	Tipo	Resultado
Curva	<b>Aceptado</b>	Plancha	<b>Aceptado</b>
Curva	<b>Aceptado</b>	Plancha	<b>Aceptado</b>
Resultado de examen radiográfico alternativo	<b>Aceptado</b>		
Soldadura de filar	Prueba de fatiga	Longitud y porcentaje de defectos	 WQOR No. WPS-ADQ-0711 WQOR No. POR-ADQ-0711
Prueba o muestras evaluadas por	<b>William Clarence R</b>	Compañía	
Pruebas Mecánicas (estructuras)	<b>CW Meru Vale Barrón</b>	Prueba de Laboratorio	
Soldadura representada por	<b>CW Meru Vale Barrón CWI Nº 05050131</b>		
<small>Notamos certificar que los datos registrados son correctos y que los procedimientos, procedimientos, actividades y prácticas de soldadura cumplen con los requisitos del Código ASME - Sección IX - 2004.</small>			
Elaborado por	<b>William Clarence Raymundo</b>	Organización	<b>Construcciones Metálicas y Montajes ADQ e I</b>
Fecha	<b>10-07-2011</b>	Aprobado por	<b>Ing Oscar Bernabé Sánchez</b>



**REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR**  
De acuerdo al código ASME - Sección IX

WPA: 1-16-11  
 WPS: 25-07-11  
 ES: 1984

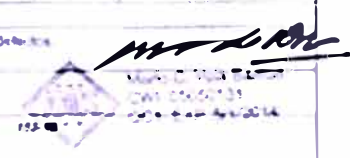
REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR (WPG)			
Nombre del Soldador	Edward Chunga Barayan	Nº de Ejemplo	W-20
WPS No.	WPS-ABG-05-11	WPSQR No.	---
Identificación de API respecto al soldador		Evaluado en	<input checked="" type="checkbox"/> Prueba <input type="checkbox"/> Inspección Producción
Especificación de metal base	ASTM A 36 / ASTM A 36	Espesor	16.2 mm
<b>Variables de soldadura</b>		<b>Valor Usado en la Calificación</b>	<b>Rango Certificado</b>
Proceso de Soldadura		<b>SMW</b>	<b>SMW</b>
Tipo de control (manual, semiautomático)		<b>Manual</b>	---
Regulación metal soldadura		<b>Si (Soldado por Arco Láser)</b>	<b>Con respaldo</b>
(a) Posición: (T) Vertical (Ingreso Superior o Inferior)		<b>16 mm</b>	---
Metall Base No. P No. 3 a No. P No. 5		<b>P No. 1 a P No. 1</b>	<b>P No. 1 a P No. 1</b>
Especificación metal aporte (SAW)		<b>E 6010</b>	---
Clasificación metal aporte		<b>FR10 a FR10</b>	---
Metall de aporte No. 1		<b>P 1 a P 6 Certificado</b>	<b>P a 1, 2, 3, 4 con respaldo</b>
Metall Consumible (GTAW o PAW)		---	---
Tipo de aporte (GTAW o PAW)		---	---
Espesor depositado por cada proceso		<b>13 mm de P1 / 16.2 mm de P4</b>	<b>hasta 63 mm de P3 / hasta 20.0 mm de P4</b>
Posición calificada		<b>3D</b>	<b>En ranura: Plana vertical Plana, Horizontal y Vertical</b>
Progresión vertical (ascendente/ descendente)		<b>Ap. en/comp</b>	<b>Ascendente</b>
Cad. fuente de energía (GTAW, PAW, OAWB)		---	---
Modo de transferencia (GMAW)		---	---
Consumo Tipo Polaridad (GTAW)		<b>DC E (V)</b>	---
<b>RESULTADOS</b>			
Resultados de inspección visual		<b>Aceptable</b>	
Resultados de Prueba de Dureza		<b>Aceptable</b>	
(a) Lado		(T) Trazo y Faja Transversal	(T) Lado y Codo Longitudinal
(b) Lado		(T) Marcha, Resistencia a la rotación	(T) Marcha, Resistencia a la rotación
(c) Lado		(T) Marcha, Prueba de trazo en punto	(T) Marcha, Prueba de trazo en punto
Tipo	Resultado	Tipo	Resultado
Lado - 4375 a 1	<b>Aceptable</b>	Lado - 4375 a 2	<b>Aceptable</b>
	---		---
Resultados de examen radiográfico externo			
Soldadura de filete	Prueba de textura	Longitud y porcentaje de defectos	<i>Marko C. Vial Barban</i>
Pruebas Mecánicas solicitadas por	<b>William Cisneros R.</b>	Compañía	<b>CONSTRUCIONES METALICAS Y MONTAJES ABO S.A</b>
Soldadura a penetrante por	<b>Ing. Marko Vial Barban</b>	No. de Registro	<b>114 10</b>
	<b>Cert. Nº 25050111</b>		
<p>Se declara responsable que los datos registrados son correctos y de acuerdo a las normas, especificaciones y prácticas de acuerdo a los requerimientos del Código ASME, Sección IX - 2007</p> <p align="center">Proyecto: <b>Fabricado de Montaje de Tanques de Almacenamiento de 150m<sup>3</sup> Cap. Dep. 2.000 Litros. Talca - Chile</b></p> <p align="center">Cliente: <b>DEPOSITOS QUIMICOS MINEROS S.A.C</b></p>			
Elaborado por	<b>William Cisneros Raymond</b>	Organización	<b>Construcciones Metalicas y Montajes ABO S.A</b>
Fecha	<b>26-07-2011</b>	Aprobado por	<b>Ing. César Fernando Ferrero</b>



### REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADOR

De acuerdo al código ASME - Sección IX

HOLA 1 de 1  
EMISION 10/07/2011  
REVISION 1

REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR (WPG)			
Nombre del Soldador	Jordani Pacheco Quintanilla	No. Estancia	W-47
WPS No.	PQR - ABQ - 0108	DN	40449989
Identificación de WPS seguido por el soldador	WPS-ABQ-0509	Evaluado en	<input checked="" type="checkbox"/> Prueba <input type="checkbox"/> Soldadura Producción
Especificación de metal base	ASTMA 36 Acero al Carbono	Espesor	16.0 mm
Variables de soldadura		Valor Usado en la Calificación	Rango Calificado
Proceso de Soldadura		SMAW	SMAW
Tipo usado (manual, semiautomático)		Manual	---
Respaldo metal (soldadura)		B (Soldada por Ambos Lados)	Con respaldo
( ) Plancha ( ) Tubera (Ingreso diámetro en tubería)		16 mm	---
Metal Base No. P o S a. No. P o S		P No. 1 o P No. 1	P No. 1 o P No. 1
Especificación metal aporte (SFA)		SFA 57	---
Calificación metal aporte		E6010 / E7018	---
Metal de aporte No. F		F 3 / F 4 C respaldo	F = 1, 2, 3 y 4 con respaldo
Insero Consumible (GTAW o PAW)		---	---
Tipo de aporte (GTAW o PAW)		---	---
Espesor depositado por cada proceso		20 mm de F3 / 14.0 mm de F4	Hasta 40 mm de F3 / Hasta 28.0 mm de F4
Posición calificada		4G	En ranura Plana, Sobre cabeza Esfera Plana Horizontal y Sobre cabeza
Progresión vertical (ascendente/descendente)		---	---
Gas Inerte de respaldo (GTAW, PAW, GMAW)		---	---
Modo de Transferencia (GMAW)		---	---
Corriente Tipo/Posibilidad (GTAW)		DC E (+)	---
RESULTADOS			
Resultado de inspección Visual	Aceptable		
Resultado de Prueba de Ondas	Aceptable		
( ) Lado ( ) Cara y Raza Transversal ( ) Cara y Raza Longitudinal			
( ) Tubera Resistencia a la corrosión ( ) Plancha Resistencia a la corrosión			
( ) Tubera Prueba de ataque químico ( ) Plancha Prueba de ataque químico			
Tipo	Resultado	Tipo	Resultado
CARA 4762 - C	Aceptado	RAZ 4343 - P	Aceptado
---	---	---	---
Resultado de examen radiográfico	---		
Soldadura de filete	Prueba de fractura	Longitud y porcentaje de defectos	
Pruebas Mecánicas conducidas por	William Cisneros R	Compañía	
Soldadura supervisada por	CWI Ing. Mario vela Barrón CWI N° 05000151	No. de Pasada	
			
Advertencia: certificaciones que los datos reportados son correctos y que las pruebas fueron preparadas, ejecutadas y probadas de acuerdo a los requerimientos del Código ASME Sección IX - 2007			
Elaborado por	William Cisneros Raymundo	Organización	Construcciones Metálicas y Montajes ABQ s.r.l.
Fecha	10/07/2011	Aprobado por	Ing. Oscar Bernabé Sánchez