

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE
ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE CLASE I EN
LA REFINERIA IQUITOS**

INFORME DE SUFICIENCIA

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

JULIO MANUEL SUAREZ ARANGOYTIA

PROMOCION 2007 - I

LIMA-PERU

2 0 1 2

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres, a mi esposa, a mi hija por la motivación que me da en mi vida y a todos que participaron directa o indirectamente en la elaboración del presente informe.

ÍNDICE

PRÓLOGO

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1	GENERALIDADES	2
1.2	OBJETIVO	3
1.3	ALCANCE	4
1.4	LIMITACIÓN	4
1.5	JUSTIFICACIÓN	4
1.6	REFERENCIAS	5

CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
2.2	ANÁLISIS DE LA DEMANDA Y OFERTA	8
2.3	REQUERIMIENTOS DE PRODUCCIÓN PROYECTADA	13
	2.3.1 Requerimientos de producción	13
	2.3.2 Requerimientos ambientales	14
2.4	REQUERIMIENTOS DE ALMACENAMIENTO PROYECTADA	15
2.5	UBICACIÓN DEL PROYECTO	16
2.6	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	17

CAPÍTULO III: POSIBILIDADES Y ALTERNATIVAS DE CRECIMIENTO

3.1	POSIBILIDADES DE CRECIMIENTO DE PRODUCCIÓN	18
3.2	ALTERNATIVAS DE DISEÑO DE TANQUES VERTICALES	19

3.2.1	Tanque con techo flotante	19
3.2.2	Tanque con techo fijo con sabana flotante	20
3.2.3	Tanque de techo tipo domo con sabana flotante	21
3.2.4	Evaluación técnica de alternativas	23
3.2.5	Evaluación económica de alternativas	26
3.3	SELECCIÓN DE LA SÁBANA FLOTANTE	30

CAPÍTULO IV: DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS

4.1	CONSIDERACIONES PREVIAS	32
4.2	DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE	33
4.2.1	Determinación de la Altura muerta de tope (HH)	35
4.2.2	Determinación de la Altura de alarma por nivel alto alto (NH)	35
4.2.3	Determinación de la Altura muerta de fondos: (NB)	36
4.2.4	Determinación de la altura útil de operación (HU)	37
4.2.5	Determinación de la altura total del tanque (HT)	38
4.3	SISTEMA DE VENTEO DEL TANQUE	40
4.4	SELECCIÓN DE CÁMARA DE ESPUMA	41
4.4.1	Determinación de la cantidad de cámaras de espuma	41
4.4.2	Determinación del ratio de aplicación de espuma	42
4.4.3	Cálculo del flujo de aplicación de espuma	43
4.4.4	Selección de la cámara de espuma	43
4.5	SELECCIÓN DE ASPERSORES DEL ANILLO DE ENFRIAMIENTO	46
4.5.1	Determinación de la cantidad de boquillas aspersoras	46
4.5.2	Determinación del ratio de aplicación de agua de enfriamiento	49
4.5.3	Cálculo del flujo de aplicación de agua de enfriamiento	49

4.5.4	Selección de los aspersores	50
4.6	SELECCIÓN DEL PROPORCIONADOR DE ESPUMA	52
4.7	REQUERIMIENTO MÍNIMO DE FLUJO DE BOMBEO	54
4.8	REQUERIMIENTO MÍNIMO DE VOLUMEN DE AGUA	56
4.9	DIMENSIONAMIENTO E IMPERMEABILIZACIÓN DEL CUBETO	57
4.9.1	Dimensionamiento del largo y ancho del cubeto	57
4.9.2	Dimensionamiento de la altura del cubeto	59
4.9.3	Impermeabilización del cubeto	59
4.9.4	Impermeabilización debajo del tanque	61
4.10	DIMENSIONAMIENTO SEGURO DEL TANQUE	62
4.11	RESUMEN DE DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN	65

CAPÍTULO V: DISEÑO MECÁNICO DEL TANQUE

5.1	CONSIDERACIONES PREVIAS	67
5.2	SELECCIÓN DEL MATERIAL DEL CILINDRO Y DEL FONDO	69
5.3	CÁLCULO DE LAS PLANCHAS DEL CILINDRO	71
5.4	CÁLCULO DE LAS PLANCHAS DEL FONDO	77
5.5	CÁLCULO DE LAS PLANCHAS ANULARES DEL FONDO	77
5.6	CÁLCULO DEL ANGULO DE RIGIDÉZ DEL TOPE	79
5.7	CÁLCULO DEL ANGULO DE RIGIDÉZ INTERMEDIO	81
5.8	CÁLCULO DEL TECHO TIPO DOMO	82
5.9	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL TANQUE	84
5.9.1	Estabilidad por viento	84
5.9.2	Estabilidad por sismo	85
5.10	ACCESORIOS DEL TANQUE	86

5.11	REQUERIMIENTOS DE LA SOLDADURA	88
------	--------------------------------	----

CAPÍTULO VI: COSTOS

6.1	PRESUPUESTO GENERAL	91
6.2	PRESUPUESTO DISGREGADO	92

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

PLANOS

T-01: Diagrama de flujo de procesos de los tanques

T-02: Plano de distribución opción A

T-03: Plano de distribución opción B

T-04: Diagrama de flujo del sistema contra incendio

T-05: Arreglo general de instalación del tanque

T-06: Distribución planchas de fondo del tanque

T-07: Distribución planchas del cilindro del tanque

T-08: Detalle de accesorios del cilindro y fondo del tanque

T-09: Estructura del techo del tanque

T-10: Escaleras, barandas y plataformas del tanque

APÉNDICE

Apéndice A: Estudio de mercado de los combustibles en la selva.

Apéndice B: Análisis de riesgo individual y social.

Apéndice C: Especificaciones técnicas.

Apéndice D: Estudio de la EPA “Tanks 4.09 Emissions Estimating Tool”

PRÓLOGO

Este informe surge del deseo de aportar técnicamente al sector de hidrocarburo de la Amazonía Peruana, del interés y de la experiencia de aplicar nuevos tipos de diseño de los tanques de almacenamiento como el diseño de un tanque de techo tipo domo.

El tanque de techo tipo domo es utilizado generalmente en tanques de alcohol o etanol, debido a que lo protege completamente del agua de lluvia evitándose así la contaminación del producto, sin embargo también puede ser considerado para los tanques de gasolina ó de nafta ubicados en la zona de la Amazonía debido a que son productos volátiles y parecidos al etanol y porque la estructura del techo tipo domo son menos pesados y son más rápidos de instalarlos, esta alternativa será evaluada técnica y económicamente en el presente informe.

Para la conceptualización del tamaño del tanque de techo tipo domo se considerará la demanda de combustibles proyectada en los próximos 20 años en la zona de la Amazonia Peruana de Loreto y Ucayali.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

En la selva baja existen 5 refinерías, de las cuales la más grande es operada por Petroperú, una por Maple y la otras tres por Pluspetrol Norte. Estas son: Iquitos (Petroperú), Pucallpa (Maple); Shiviayacu, Topping Corrientes y Topping Huayuri (Pluspetrol - Norte). Las refinерías de Pluspetrol - Norte son para consumo propio y no interfieren con el balance del mercado en la amazonía.

Las refinерías de Iquitos (Petroperú) y Pucallpa (Maple) presentan el problema de no ser autosuficientes en la producción de gasolinas comerciales (gasolinas de 84 y 90 octanos); pues requieren mezclarlas con nafta con el fin de elevar su octanaje a un nivel comercial.

Actualmente se está desarrollando un estudio de factibilidad, con la finalidad de satisfacer rentablemente la creciente demanda de combustibles en la Amazonía del Perú, en los próximos 20 años.

A consecuencia de la proyección de aumentar la capacidad de procesamiento es necesario aumentar la capacidad de almacenamiento, es decir, nuevos tanques de crudo, residual, gasolinas, diesel, nafta y otros.

El presente informe se enfocará en el diseño mecánico de uno de los tanques de clase I, que pueden ser gasolinas o nafta; porque este tipo de producto es más volátil y las condiciones de diseño son las más exigentes con respecto a otros.

En la selva los tanques de clase I típicamente son de techo flotante, es decir, la estructura del techo está flotando en el combustible líquido, restringiendo así la generación de vapores; sin embargo, existen problemas operativos ya que la zona es lluviosa y el techo es abierto, por lo que es muy frecuente que el agua ingrese al interior del tanque.

En este año la refinería El Milagro, ubicada en la selva alta, han tenido problemas operativos en un tanque de crudo por tener techo flotante, por consecuencia se instaló una estructura de aluminio tipo domo para la protección contra las lluvias.

1.2 OBJETIVO:

El objetivo del presente Informe es:

Optimizar el diseño mecánico del tanque de Clase I, ubicado en la selva peruana, para satisfacer una demanda proyectada en 20 años.

1.3 ALCANCE:

El alcance del presente informe está enfocado al diseño mecánico de un solo tanque de clase I con una capacidad de almacenamiento adecuada a la demanda proyectada en los próximos 20 años.

La demanda proyectada en la zona está limitada por las condiciones geográficas y el alcance involucra a las ciudades de Iquitos, Tarapoto, Yurimaguas y Pucallpa.

1.4 LIMITACIÓN:

Petroperú cuenta con una política de seguridad de información, por lo que en la elaboración del presente informe solo se ha tenido como fuente la data publicada por el Ministerio de Energía y Minas y por el Osinergmin.

1.5 JUSTIFICACION

Se cuenta con la siguiente justificación:

Forma parte del plan estratégico de Petroperú garantizar el abastecimiento de combustible a los pueblos amazónicos del Perú en los próximos 20 años. Se estima que en el año 2015, las plantas de producción en la selva estarían operando a su máxima carga.

1.6 **REFERENCIAS**

- Plan estratégico corporativo PETROPERU 2011-2025.
- DS 043-2007-EM: Reglamento de seguridad en actividades de hidrocarburo.
- DS 052-93-EM: Reglamento de seguridad en tanques de almacenamiento de hidrocarburo.
- DS-045-2001-EM: Reglamento para comercialización de hidrocarburos.
- IRI: Reglamento de distanciamiento mínimos
- NFPA 11 Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam
- NFPA 15: Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection
- NFPA 20: Standard for the Installation of Stationary Fire Pumps for Fire
- NFPA 30: Flammable and Combustible Liquids Code.
- API 650: Diseño del tanque
- API 2001. Fire Protection In Refineries.
- API 2021: Fighting Fires in and Around Flammable and Combustible Liquid Atmospheric Storage Tanks.
- API 2030 Application of Fixed Water Spray Systems for Protection in the Petroleum Industry.
- Chemguard Specialty and Equipment.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Como se ha explicado en el capítulo anterior, es conocido que existe la necesidad a mediano plazo de repotenciar las capacidades de procesamiento de las refinerías de la selva y repotenciar las capacidades de almacenamiento de los combustibles derivados del petróleo.

Con lo que respecta a repotenciar la capacidad de procesamiento, se sabe que actualmente se está desarrollando el estudio de factibilidad para la ampliación de la Refinería Iquitos. Por tanto, el presente informe solo se considerará una descripción de los requerimientos de procesamiento y una posible alternativa de procesamiento.

Con lo que respecta a repotenciar la capacidad de almacenamiento, en el presente informe solo se analizará los combustibles de clase I, es decir, las gasolinas y las naftas (con un punto de inflamación menor a 100°F); asimismo, se planteará una alternativa de mejora para diseño de los tanques con el fin evitar que las aguas de lluvias ingresen al tanque y causen pérdidas económicas por retrasos operativos.

Con la finalidad de definir las capacidades de los tanques de clase I se ha realizado un estudio del mercado proyectado al 2036. (Ver Apéndice 1)

Por tanto el planteamiento del problema consiste en lo siguiente:

- Estimar la demanda de combustibles proyectada al 2036 y la participación de las gasolinas en las refinerías en la Amazonía (Iquitos y Ucayali).
- Establecer requerimientos de diseño para la repotenciación de las capacidades de producción de combustibles líquidos en las refinerías.
- Estimar la capacidad de almacenamiento requerido en las refinerías de la selva; sólo se describirá para el caso de gasolina (clase I).
- Plantear una mejora en el diseño de los tanques de clase I, con el fin de evitar que el agua de lluvia ingrese al tanque.

2.2 ANÁLISIS DE LA DEMANDA Y OFERTA

Debido a las condiciones geográficas y a logística del transporte por vías fluviales mediante barcazas, la zona de influencia del balance de oferta y demanda de la selva baja está restringida a las ciudades de Iquitos, Tarapoto, Yurimaguas y Pucallpa,

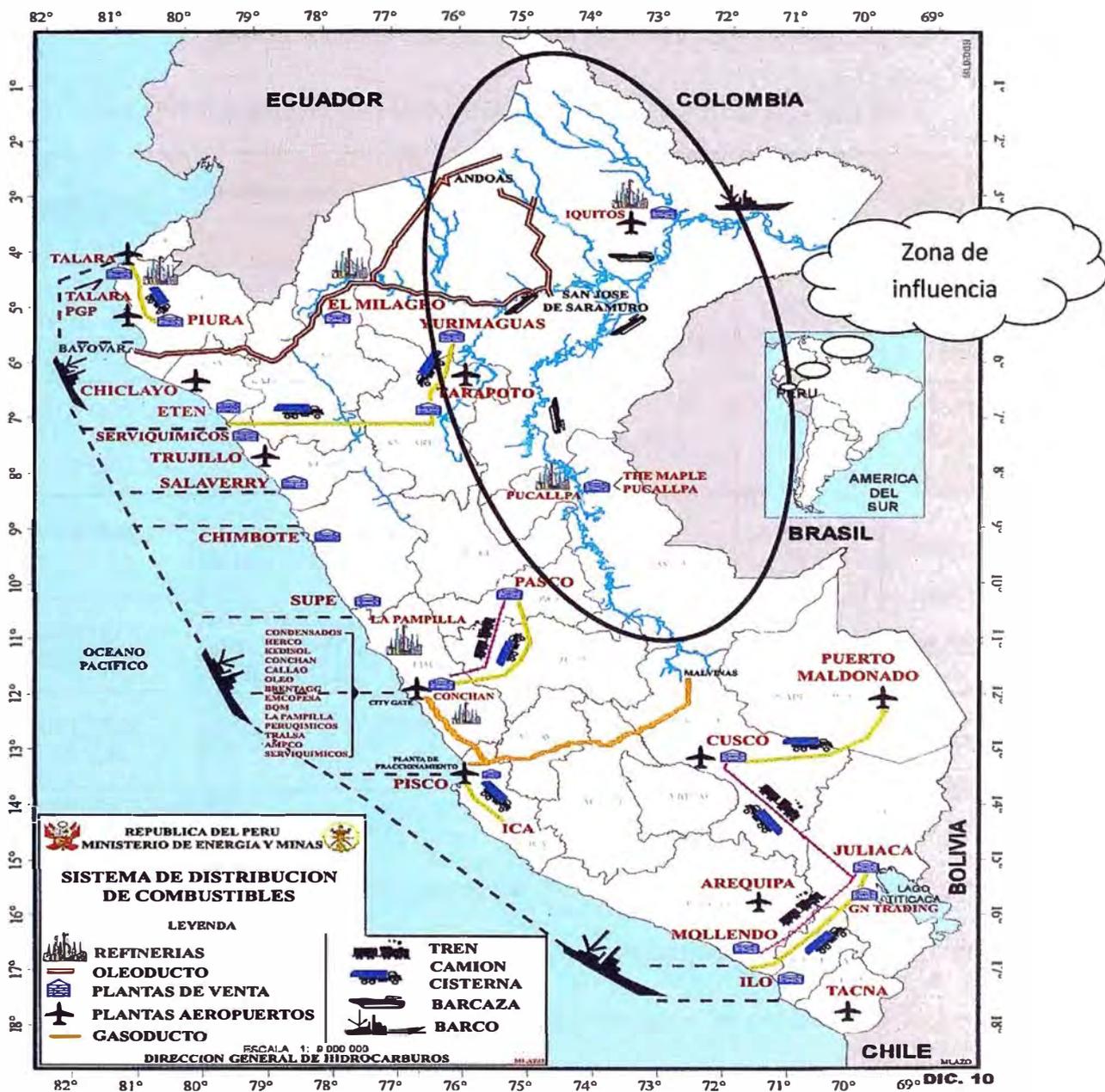


Figura N° 2.1: Transporte de combustibles en el Perú

No se está considerando el departamento de Madre de Dios, ya que logísticamente el transporte de combustibles se realiza por carretera desde la planta Mollendo.

Tampoco se considera el departamento de Amazonas ya que cuenta dentro de la zona de influencia de la Refinería el Milagro y la logística de transporte de combustible es por carretera.

Tabla N° 2.1: Oferta de combustibles en Iquitos y Ucayali - año 2012

RAZÓN SOCIAL	ESTABLECIMIENTO QUE OPERA	DPTO.	CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO		OBSERVACIÓN
			CANTIDAD	UNIDAD	
MAPLE GAS CORPORATION DEL PERÚ S.R.L.	REFINERIA PUCALLPA	UCAYALI	3,3	MBPD en UDP	Oferta de producción al mercado
PETROLEOS DEL PERU - PETROPERU S.A.	REFINERÍA IQUITOS	LORETO	10,5	MBPD en UDP	Oferta de producción al mercado
PLUSPETROL NORTE S.A.	REFINERÍA SHIVİYACU	LORETO	5,2	MBPD en UDP	Consumo propio
PLUSPETROL NORTE S.A.	REFINERÍA TOPPING YACIMIENTO CORRIENTES	LORETO	4000	BOPD	Consumo propio
PLUSPETROL NORTE S.A.	REFINERÍA TOPPING DE HUAYURÍ	LORETO	4000	BOPD	Consumo propio

Fuente: OSINERGMIN

De la tabla anterior se puede deducir que solo son ofertantes de combustibles las Refinerías de Iquitos y Pucallpa; por lo que se está considerando como zona de influencia del proyecto las ciudades de Iquitos, Tarapoto, Yurimaguas y Pucallpa; esto debido a la logística de transporte vía fluvial mediante barcazas.

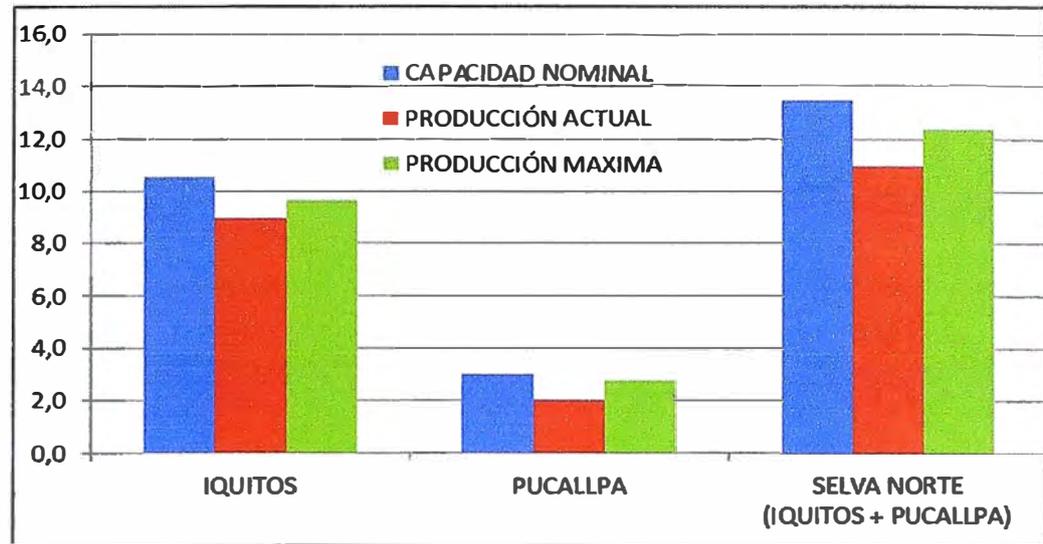


Figura N° 2.2: Producción de las refinерías en la selva 2011 en MBPD

En vista a que la demanda está creciendo sosteniblemente se estima que la Refinería Iquitos estará operando hasta el tope en el año 2015 (actualmente las refinерías de Iquitos y Pucallpa están trabajando casi a su máxima capacidad de producción), por lo que se justifica el proyecto de modernización de la Refinería Iquitos. El proyecto deberá aumentar su capacidad de producción a 25 MB como mínimo para que permita satisfacer la demanda de combustibles en la selva hasta el año 2036.

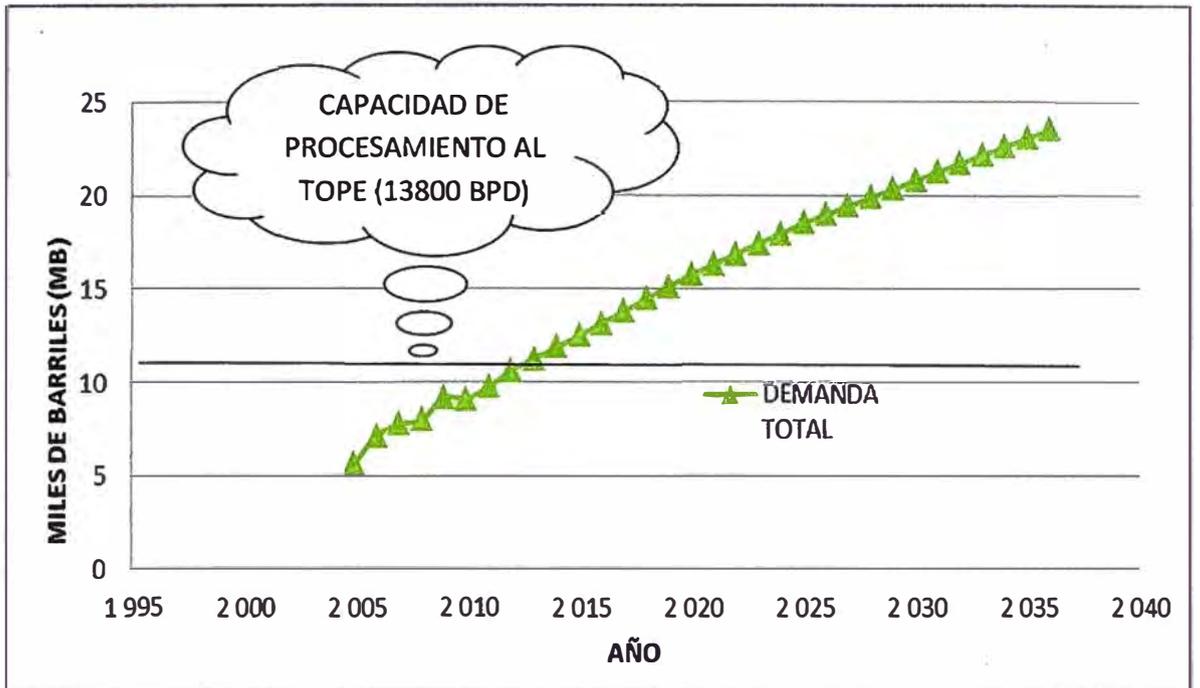


Figura N° 2.3: Proyección de la demanda de combustibles en la selva

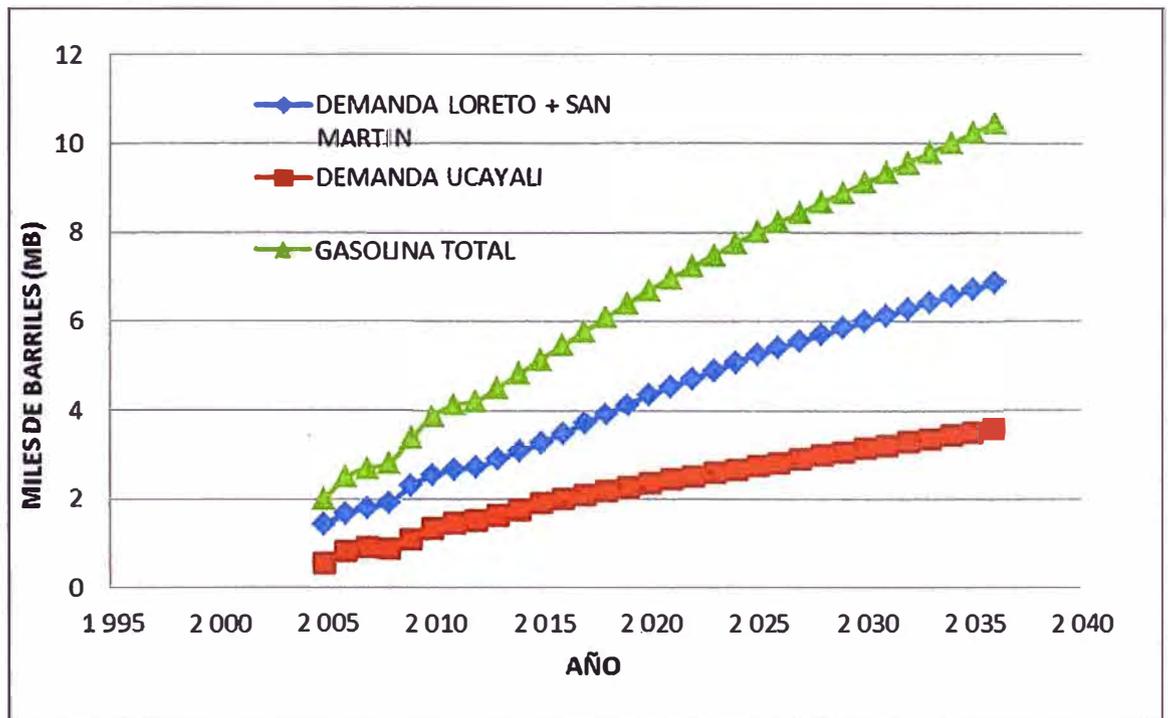


Figura N° 2.4: Proyección de la demanda de gasolinas en la selva

Actualmente la participación de la oferta de gasolinas es del 50 – 60%, ello debido a que las gasolinas producidas son de bajo octanaje.

Con el proyecto de modernización de Refinería Iquitos se estima que las gasolinas mejorarán su nivel de octanaje, que aumentaría su participación de hasta un 80%, y que la producción aumente a 8154 BPD como mínimo.

Tabla N° 2.2: Oferta de gasolinas en Iquitos y Ucayali - año 2012

Escenario	Participación	Balance oferta demanda (BPD)
PESIMISTA	70%	6952
CONSERVADOR	80%	7753
OPTIMISTA	99%	8555

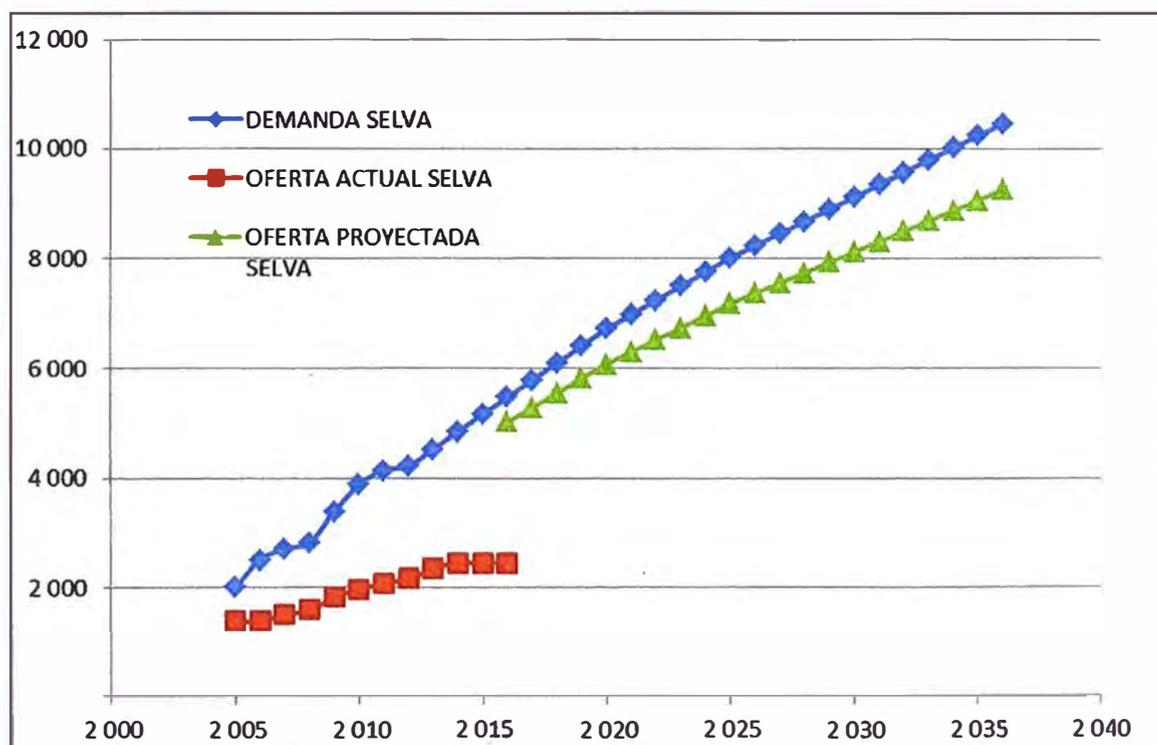


Figura N° 2.5: Balance de Oferta y demanda de gasolinas en la selva (Loreto + San Martín + Ucayali), Escenario Conservador

2.3 REQUERIMIENTOS DE PRODUCCIÓN PROYECTADA

2.3.1 Requerimientos de producción

Según el estudio de mercado realizado con la data del SCOP de Osinergmin, es necesario que la capacidad de procesamiento aumente a 25 MBPD como mínimo, ver en apéndice 1 el estudio de mercado.

Tabla N° 2.3: Demanda proyectada en Iquitos y Ucayali - MBPD

Combustible	año 2011	año 2036
Gasolinas	4,13	10,45
Diesel	3,81	9,03
Turbo	,76	1,64
Residual	1,04	2,43
Total	9,75	23,55

Las refinерías de la selva del Perú producen gasolinas de bajo octanaje, debido a que sólo cuentan con columnas de destilación primaria y sólo obtienen gasolinas primarias de 60 a 65 octanos; actualmente con el fin de tener gasolinas comerciales de 84, 90 y 95 octanos se realizan mezclas con un producto mas liviano, “nafta”, la cual se transporta vía terrestre y fluvial desde la costa (“Refinería Talara”), elevando así el precio de las gasolinas en la selva.

Las refineras de la costa como Talara y Pampilla, cuentan con unidades de craqueo catalítico que permiten la producción de nafta por conversión de productos pesados.

2.3.2 Requerimientos ambientales

Considerando que el 12 de agosto del 2012 el río Amazonas ha sido considerado 'Maravilla Natural del Mundo' por parte del organismo internacional New 7 Wonders; debe ser política de la empresa el cumplimiento de las más estrictas medidas ambientales a nivel internacional.

Los requerimientos ambientales están normados en el Perú para los combustibles; ahí se especifica claramente que el contenido máximo de azufre que puede tener un combustible es de 50 ppm. Para llegar a ese nivel de contenido de azufre es necesario implementar las unidades de desulfuración.

Con el fin de aprovechar la cantidad de azufre retirado del combustible es posible la implementación de unidades de ácido sulfúrico.

Tabla N° 2.4: Requerimientos de reducción del contenido de azufre

Año	DESCRIPCION
1998	Especificaciones del Banco Mundial que recomendaban la reducción de Diesel y Gasolina a 2000 ppm (partes por millón).
2001	Bonner y Moore considera un contenido de azufre de 2000ppm y 400ppm para Diesel y gasolina respectivamente.
2002	Foster y Wheeler recomienda reducción de contenido de azufre a 500ppm en Diesel y 400ppm en gasolina.
2005	D.S. 025-2005 – EM prohíbe a partir del 2010 la comercialización de Diesel y Gasolina que contengan más de 50ppm.
2009	D.S. 061-2009 – EM, Prorroga hasta el 2015 excepto Lima, la comercialización de Diesel y Gasolina que contengan más de 50ppm.

2.4. REQUERIMIENTOS DE ALMACENAMIENTO PROYECTADA

Las capacidades de almacenamiento de los tanques se definen en función a la demanda promedio de los últimos 6 meses y al stock de almacenamiento. La normatividad peruana DS 045-2001, exige como mínimo 15 días de stock de almacenamiento.

El dimensionamiento del tanque de gasolina será para satisfacer una demanda por 30 días, permitiendo una adecuada holgura de la logística de transporte que tiene un periodo de rotación entre 5-8 días.

Considerando 30 días en stock y 10% de volumen muerto en fondos, se tiene que la capacidad de almacenamiento requerida es de 258 MB para el año 2036 (escenario conservador), sin embargo, descontando la capacidad de los tanques existentes y los que están en construcción actualmente, se concluye que se debería proyectar una capacidad de 103 MB .

Por lo tanto, se seleccionará dos tanques de 50 MB de combustible de clase I que puede ser gasolinas o nafta.

Tabla N° 2.5: Tanques de gasolinas requeridos en Iquitos

Escenario	Balance oferta demanda (BPD)	Demanda de tancaje 2036 (MB)	Capacidad actual (MB)	Tanques en construcción (MB)	Capacidad proyectada requerida (MB)
PESIMISTA	6 952	232	65	91	76
CONSERVADOR	7 753	258	65	91	103
OPTIMISTA	8 555	285	65	91	129

2.5 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se ubica en la Refinería Iquitos, en el margen izquierdo del río Amazonas, a 14 kilómetros de la ciudad de Iquitos, capital de la provincia de Maynas, departamento de Loreto.

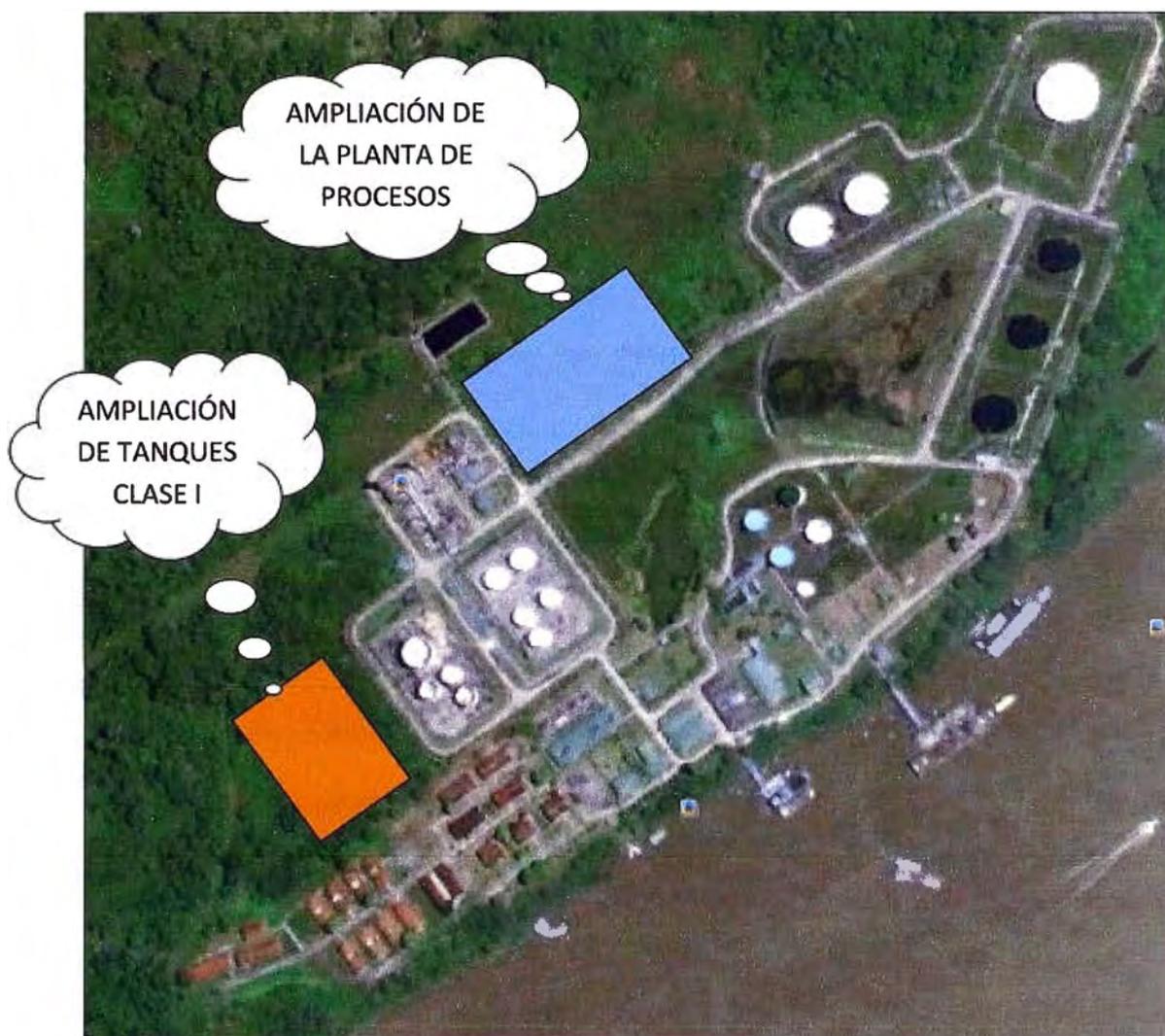


Figura N° 2.6: Ubicación del proyecto

2.6 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en la repotenciación de la capacidad de procesamiento de la Refinería Iquitos. Así mismo es necesario la construcción de nuevos tanques de almacenamiento hidrocarburos de Clase I, con el fin de satisfacer los requerimientos de la demanda proyectada al año 2030.

El presente informe está enfocado al diseño mecánico del tanque de combustible clase I (gasolina o nafta); dichos tanques de almacenamiento serán diseñados con la norma API 650.

Los tanques contarán con su sistema contra incendio conformado por rociadores y cámara de espuma listados UL/FM. En el presente informe solo se definirá los requerimientos de presión y caudal para los equipos del sistema contra incendio del tanque de clase I; la verificación y el diseño de la capacidad de bombeo del sistema contra incendio se realizarán en otro proyecto, tomándose en cuenta los requerimientos de presión y caudal de todos los tanques proyectados en la planta.

El diseño del sistema de transferencia, incluidas las bombas y las líneas de carga y descarga se realizará en otro proyecto, ya que es necesario definir los caudales de producción que vienen del área de producción y el sistema de transferencia a barcas, ya que es muy probable que sea necesario implementar un nuevo muelle de líquidos.

CAPÍTULO III

POSIBILIDADES Y ALTERNATIVA DE CRECIMIENTO

3.1 POSIBILIDADES DE CRECIMIENTO DE PRODUCCIÓN

De acuerdo al capítulo anterior, el crecimiento de la producción de las refinerías de la selva deberá considerar la implementación de unidades de vacío y de craqueo catalítico, las cuales permitirán la producción de nafta por conversión de productos pesados. Esta tecnología es conocida a nivel nacional gracias a que las refinerías de la costa, como Talara y Pampilla, cuentan con estas unidades de procesamiento.

La definición de los tamaños y las capacidades de procesamiento se están definiendo en el proyecto de modernización de la refinería Iquitos.

Algunos de los productos resultado de las unidades de craqueo catalítico son los gases propano y butano, con los cuales se puede ofertar el GLP.

Adicionalmente, con fines de producir combustibles de bajo azufre (50 ppm), es necesario implementar unidades de desulfurización y considerar las unidades de producción de ácido sulfúrico.

3.2 ALTERNATIVAS DE DISEÑO DE TANQUES VERTICALES

Las alternativas de diseño de los tanques de clase I son: Techo flotante, Techo fijo con sábana flotante y techo tipo domo con sábana flotante.

3.2.1.- Tanque con techo flotante

El techo flotante es una estructura metálica que se desplaza de forma vertical y cuenta con pontones que le permiten la flotabilidad. Entre el techo flotante y el cilindro existe una luz y es el único espacio en donde se generan vapores. Con el fin de minimizar estos vapores se instala el sello primario y el secundario.

El sello de vapores no está hecho para impedir el agua de lluvia, por lo que este tipo de tanque es recomendable en zonas no lluviosas como la costa. Para el caso de lluvias eventuales, el techo flotante cuenta con un sumidero, y para drenar el agua del sumidero se utiliza un drenaje pivotante dentro del tanque.



Figura N° 3.1: Esquema típico de un tanque de techo flotante

3.2.2.- Tanque con techo fijo con sábana flotante

La sábana flotante es una estructura de aluminio que está en contacto con el hidrocarburo. Es necesario un sello entre el cilindro y la sábana flotante para reducir la cantidad de vapores en esa zona.

El tanque deberá contar con un sistema que evite el sobrellenado y que la sábana choque con el techo. Para ello se suele utilizar unas ventanas de sobrellenado ubicadas en el cilindro, o un sistema de control de nivel alto alto. Así mismo, en el techo del tanque, típicamente, se instalan ventanas de venteo.

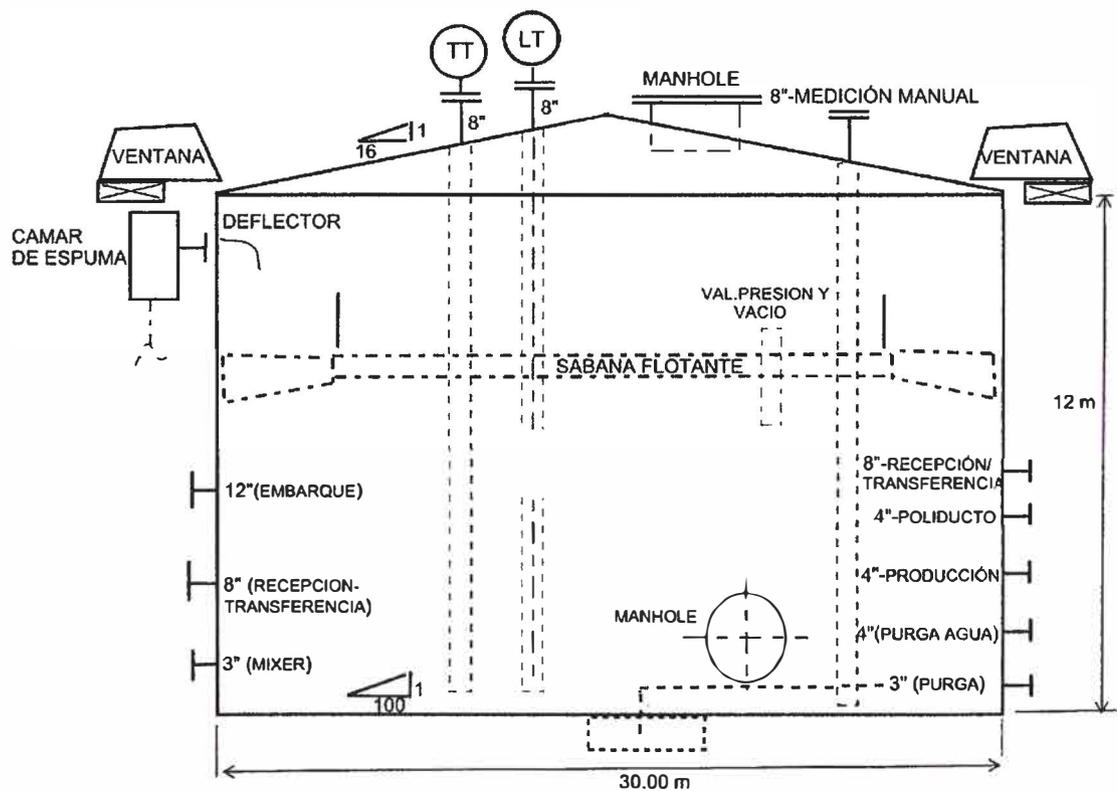


Figura N° 3.2: Esquema típico de un tanque de techo fijo con sábana flotante

3.2.3.- Tanque de techo tipo domo con sábana flotante

El tanque de techo tipo domo es parecido al tanque de techo fijo; cuenta, también, con la sábana flotante. Pero, su forma geométrica, garantiza la hermeticidad del tanque ante lluvias torrenciales.

El techo tipo domo es de aluminio, por lo que su estructura tiene un peso mucho menor que si fuera de acero; por ser de aluminio tiene una mayor vida útil y no requiere de pintado inicial ni por mantenimiento; así mismo su instalación no requiere de soldadura. Estos factores hacen reducir el costo de instalación, operativo y de mantenimiento.

El domo está diseñado para permitir la expansión y contracción debida a cambios de temperatura y movimientos debidos a la carga del viento.

La zapata de soporte del domo va montada directamente sobre el tope de la pared y el ángulo perimetral del tanque, ello permite un mejor sellado cuando el tanque va ha ser presurizado parcialmente con nitrógeno.

El sistema de control de vapores mediante la técnica del Blacketing “presurización parcial con nitrógeno”, es una opción adecuada cuando se quiere instalar sábana flotante a un tanque de techo fijo que no cuenta con una verticalidad y redondez adecuada.

El techo tipo domo está diseñado a prueba de agua de lluvias, asimismo por su forma, se disminuye los efectos negativos que produce el viento.

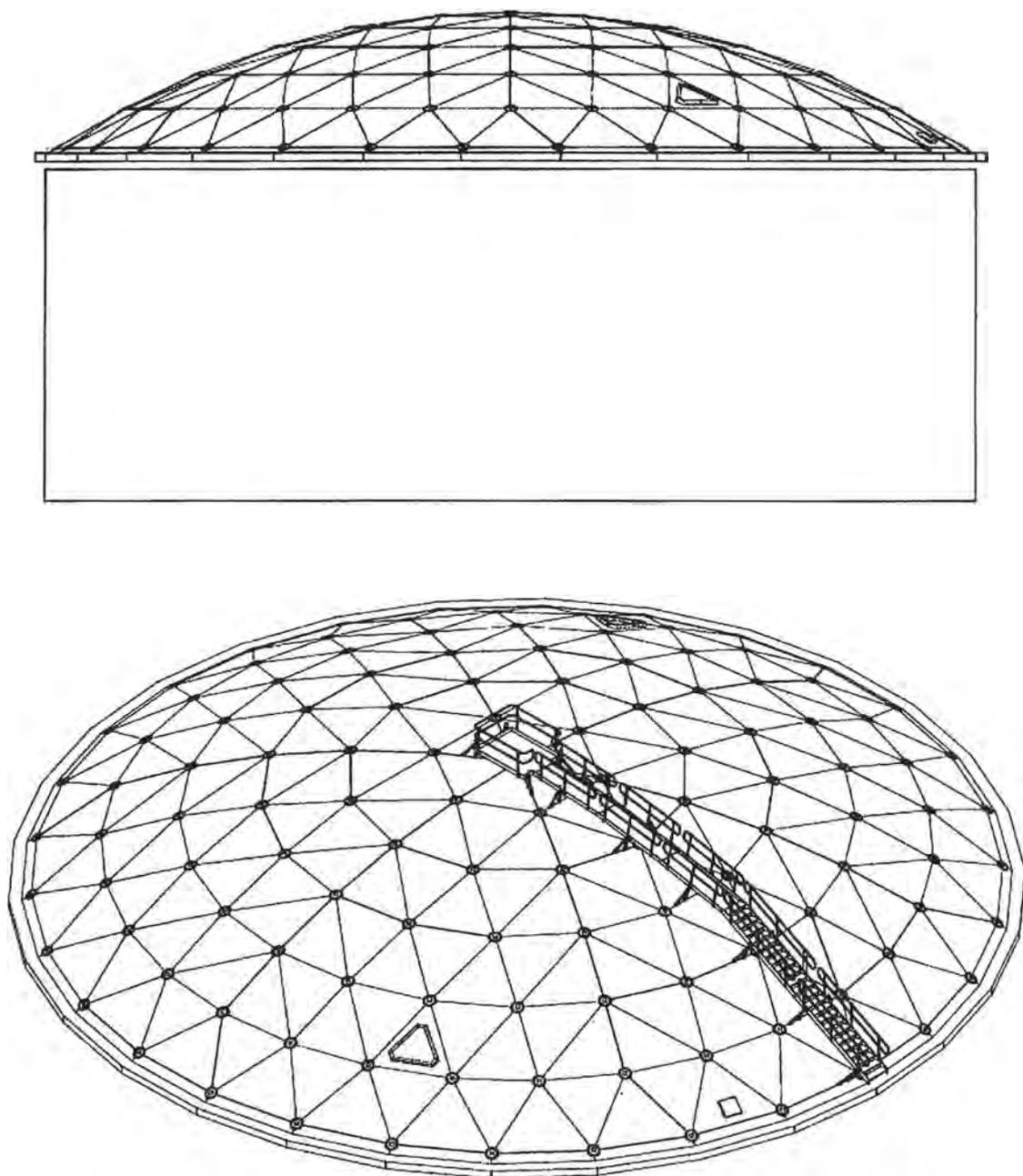


Figura N° 3.3: Esquema típico de un tanque de techo tipo domo

3.2.4 Evaluación técnica de alternativas

La evaluación económica depende principalmente de los siguientes puntos:

- El tamaño del tanque.
- La ubicación del tanque.
- La volatilidad del producto.
- Los beneficios por mantenimiento.

Tabla N° 3.1: Evaluación técnica entre tanques para clase I

Factores	Peso relativo	Techo flotante		Techo fijo + Sabana flotante		Techo tipo domo + sabana flotante	
		Calificacion (1-10)	Calificacion ponderada	Calificacion (1-10)	Calificacion ponderada	Calificacion (1-10)	Calificacion ponderada
Reducción de vapores	0.2	4	0.8	6	1.2	8	1.6
Protección contra agua de lluvia	0.3	2	0.6	8	2.4	8	2.4
Versatilidad de instalación (sin soldadura)	0.1	2	0.2	4	0.4	8	0.8
Mantenibilidad	0.1	6	0.6	6	0.6	8	0.8
Facilidad de Mercado	0.1	8	0.8	8	0.8	6	0.6
Facilidad de transporte	0.1	6	0.6	6	0.6	8	0.8
Supervision especializada	0.1	8	0.8	8	0.8	4	0.4
	1		4.4		6.8		7.4

Luego de una evaluación técnica entre las alternativas de tipo de tanque, se concluye que la mejor opción es el tanque de techo tipo domo con sábana flotante.

Para la evaluación técnica se tomaron las siguientes consideraciones:

- El techo fijo tipo cónico de acero se corroe rápidamente y en promedio tiene una vida útil de 15 años.
- El techo tipo domo tiene un menor costo de mantenimiento por ser de aluminio, no requiere de arenado ni pintado, y su vida útil es de 40 años.
- El techo tipo domo con sábana flotante elimina la influencia del clima, reduciendo la contaminación del producto con agua de lluvia.
- El tanque con techo tipo domo no requiere de manguera de drenaje de lluvias y por su forma geométrica es impermeable para las lluvias.
- El tanque de techo tipo domo más sábana flotante es el más eficiente controlador de emisiones, así lo demuestra el estudio que realizó la EPA en su capítulo “Tanks 4.09 Emissions Estimating Tool” desarrollado por Yasushi Uematsu y Koji Kondo (Ver en anexo D dicho estudio). Así mismo, en tanques de techo flotante por la acción de viento se genera un vacío en el interior haciendo aumentar las pérdidas de vapores.

Tabla N° 3.2: Evaluación técnica entre tanques para clase I

Perdidas en toneladas /año	Techo fijo	Techo flotante	Techo tipo domo	Sábana flotante
n-Hexane	280	55	1	3
Naphta	776	182	3.6	11
Eficiencia	-	76-80%	>99%	98%

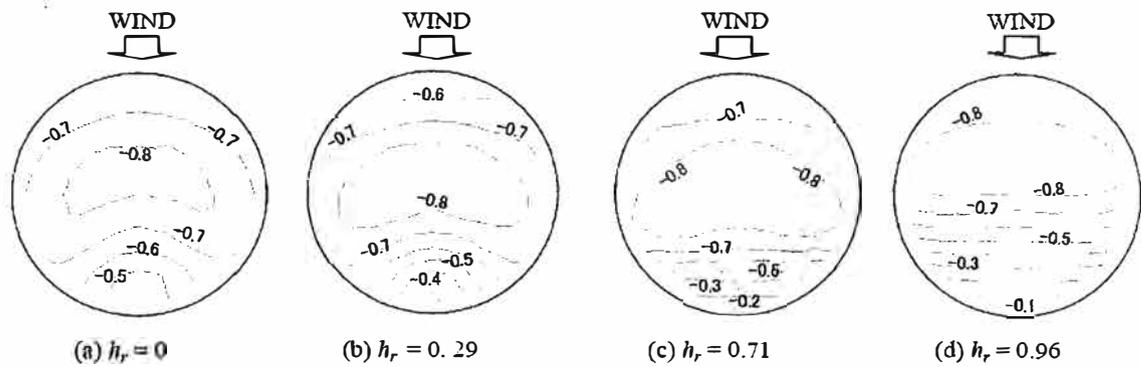


Figure 6: Distributions of the mean pressure coefficients on the floating roof (Model B).

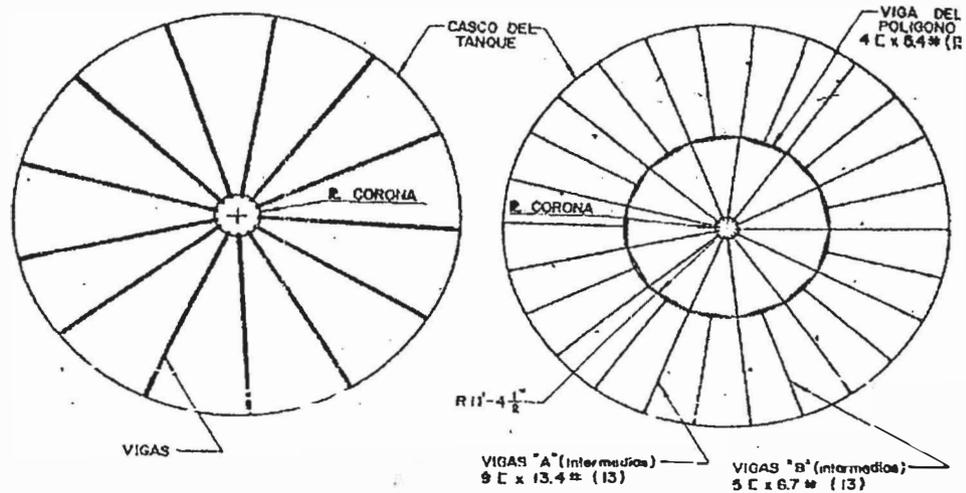
Figura N° 3.4: Vórtice de vacío en tanque de techo flotante

Debido a que técnicamente las mejores opciones son el techo fijo y el techo tipo domo, se procederá a evaluar económicamente dichas opciones.

3.2.5 Evaluación económica de alternativas

a.- Consideraciones para el tanque de techo fijo:

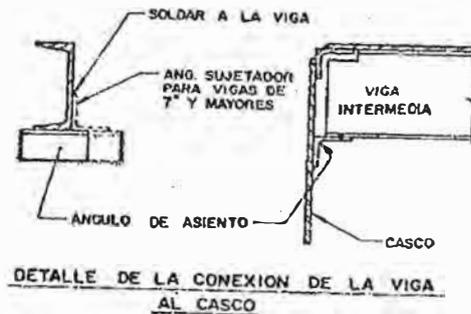
Peso en función del suministro	0.3	veces el costo de suministro
Costo de transporte a la selva	0.3	US\$/kg (Terrestre + barcaza)
Costo de instalación	6	US\$/KG
Costo supervisión / día	200	US\$/DIA
Costo de suministro	1.1	US\$/KG
Costo de transporte	0.3	US\$/KG



ESTRUCTURA PARA TANQUE DE 20'-0" A 45'-0" DE Ø

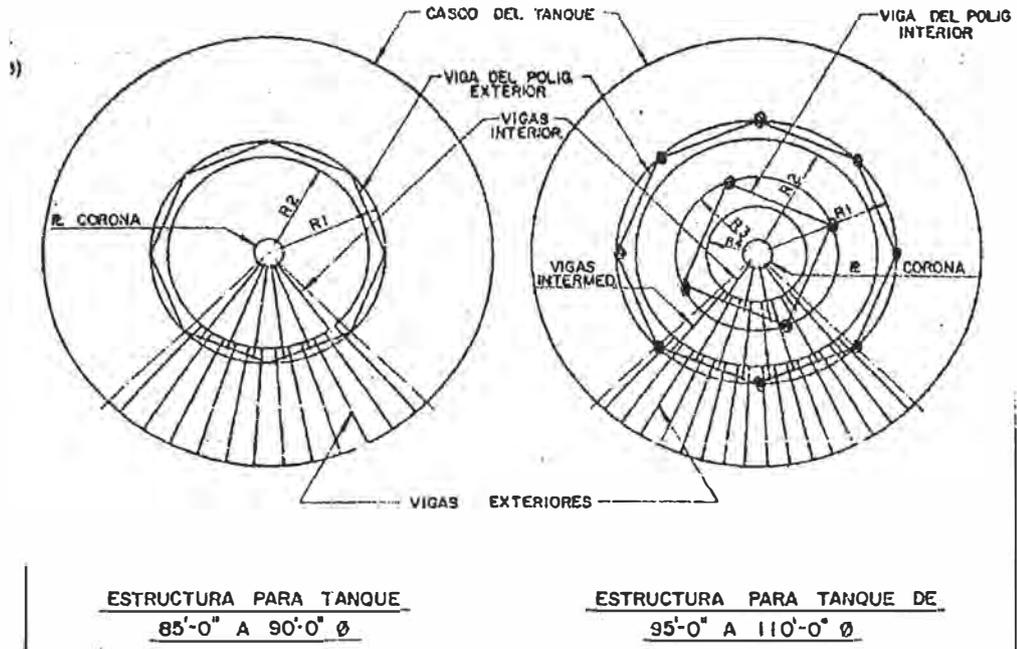
ESTRUCTURA PARA TANQUE DE 50'-0" Ø

Ø DE TANQUE	VIGA	C
20'	4 C x 6.4 #	10
25'	4 C x 5.4 #	13
30'	5 C x 6.7 #	15
35'	5 C x 6.7 #	13
40'	6 C x 8.2 #	20
45'	7 C x 9.8 #	24



DETALLE DE LA CONEXION DE LA VIGA AL CASCO

Figura N° 3.5 Estructura de Techo fijo de tanques hasta 50 pies diam.



Ø TANQ	VIGAS EXTERIORES	VIGAS INTERMEDIAS	VIGAS INTERIORES	VIGA POLIG. EXTERIOR	VIGA POLIG. INTERIOR	R1	R2	R3	R4
85'-0"	(48) 7C x 9.8 #	-	(24) 8C x 8.2 #	(8) 12C x 20.7 #	-	23'-10"	21'-0"	-	-
90'-0"	(48) 7C x 9.8 #	-	(24) 7C x 9.8 #	(8) 15C x 33.9 #	-	25'-6"	21'-0"	-	-
95'-0"	(48) 6C x 8.2 #	(32) 6C x 8.2 #	(16) 5C x 6.7 #	(8) 15C x 33.9 #	(4) 12C x 20.7 #	33'-0"	28'-0"	19'-6"	13'-3"
100'-0"	(56) 7C x 9.8 #	(32) 6C x 8.2 #	(16) 5C x 6.7 #	(8) 15C x 33.9 #	(4) 12C x 20.7 #	33'-0"	28'-0"	19'-6"	13'-3"
105'-0"	(56) 7C x 9.8 #	(32) 6C x 8.2 #	(16) 5C x 6.7 #	(8) 15C x 33.9 #	(4) 12C x 20.7 #	34'-9"	28'-0"	19'-6"	13'-3"
110'-0"	(56) 8C x 11.5 #	(32) 6C x 8.2 #	(16) 5C x 6.7 #	(8) 15C x 33.9 #	(4) 12C x 20.7 #	34'-9"	28'-0"	19'-6"	13'-3"

Figura N° 3.6: Estructura de Techo fijo de tanques hasta 110 pies diam.

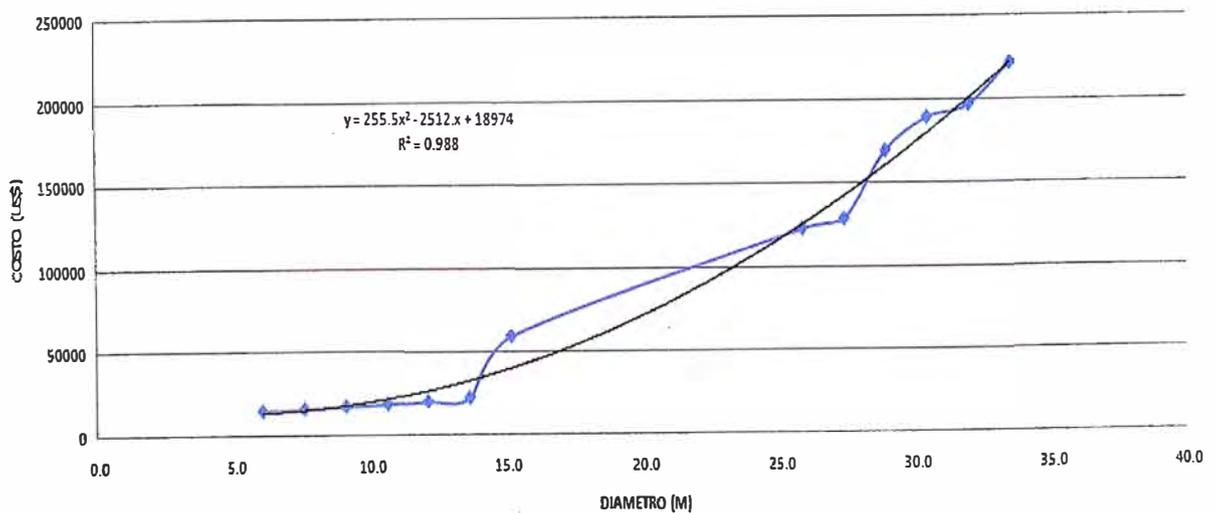


Figura N° 3.7: Costo de de Techo fijo vs diámetro

b.- Consideraciones de la estimación de costos de techo tipo domo:

Transporte a lima (avión) + aduanas:	50%	2 meses
Transporte a lima (marítimo)+ aduanas:	25%	4 meses
Inflación anual	5%	
Promedio de supervisión para garantía:	1100	USD/DIA
Peso en función del suministro	0.1	SUMINISTRO
Costo de transporte a la selva	0.3	US\$/kg(Terrestre+ barcaza)

Tabla N° 3.3: Costo de tanques de techo tipo domo

PROVEEDOR	COSTO DE DOMO AÑO 2012							
	DIAMETRO	PESO (kg)	COSTO (\$) SUMINISTRO	COSTO (\$) INSTALACION	TIEMPO	COSTO (\$) SUPERVISION	COSTO (\$) DE TRANSPORTE	COSTO (\$) TOTAL
		RATIO	1.00		días			
MILAGRO	19 M	6815.50	68155.00	10200.00	17	18737.40	2044.65	99137.05
CONCHAN	40.77 M	23000.00	230000.00	16715.48	28	30645.05	6900.00	284260.53
HMT 2012 YURI	14.5 M	5400.00	54000.00	8877.83	15	16276.01	1620.00	80773.84

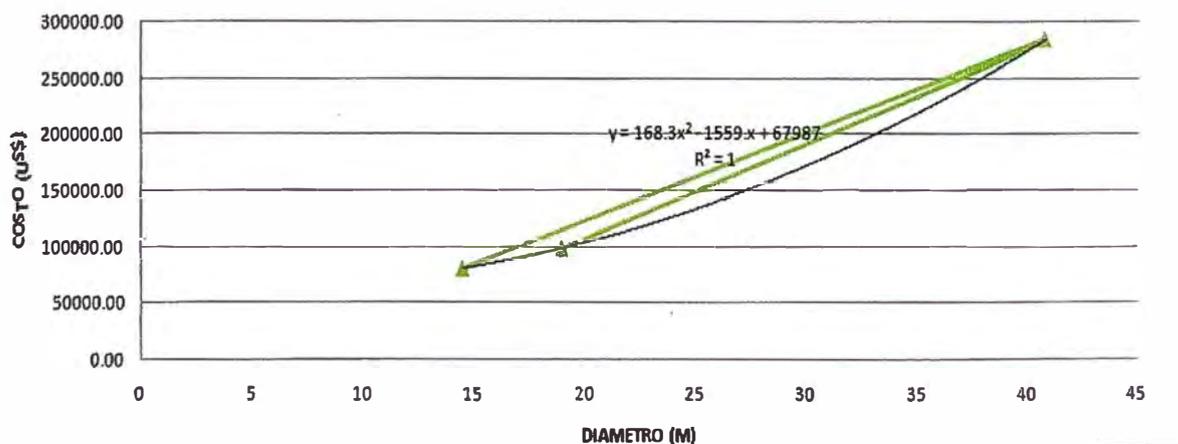


Figura N° 3.8: Costo de de Techo fijo vs diámetro

c.- Comparativo entre techo tipo domo y techo fijo:

Beneficio de utilizar la máxima altura muerta por no usar ventana : 20 cm

Costo mínimo de almacenamiento de tanque: 25 \$/barril

Costo por arenado y pintado: 7 US\$/m²

Tabla N° 3.4: Beneficios del tanque de techo tipo domo vs techo fijo

DIAMETRO DEL TANQUE	COSTO DE TECHO DE ACERO (\$)	COSTO DE TECHO TIPO DOMO (\$)	VOLUMEN UTIL ADICIONAL (BARRIL)	BENEFICIO POR MAYOR VOLUMEN UTIL (US\$)	BENEFICIO POR MENOS MANTENIMIENTO POR PINTURA (US\$)	TECHO DOMO + BENEFICIOS (US\$)
5 M	12804	64400	24.70	-618	-151	63631
10 M	19413	69227	98.81	-2470	-605	66152
15 M	38803	82470	222.32	-5558	-1361	75551
20 M	70972	104127	395.24	-9881	-2419	91827
25 M	115922	134200	617.57	-15439	-3780	114981
30 M	173651	172687	889.30	-22232	-5443	145012
35 M	244161	219590	1210.44	-30261	-7408	181920
40 M	327450	274907	1580.98	-39524	-9676	225706
45 M	423520	338640	2000.92	-50023	-12246	276370

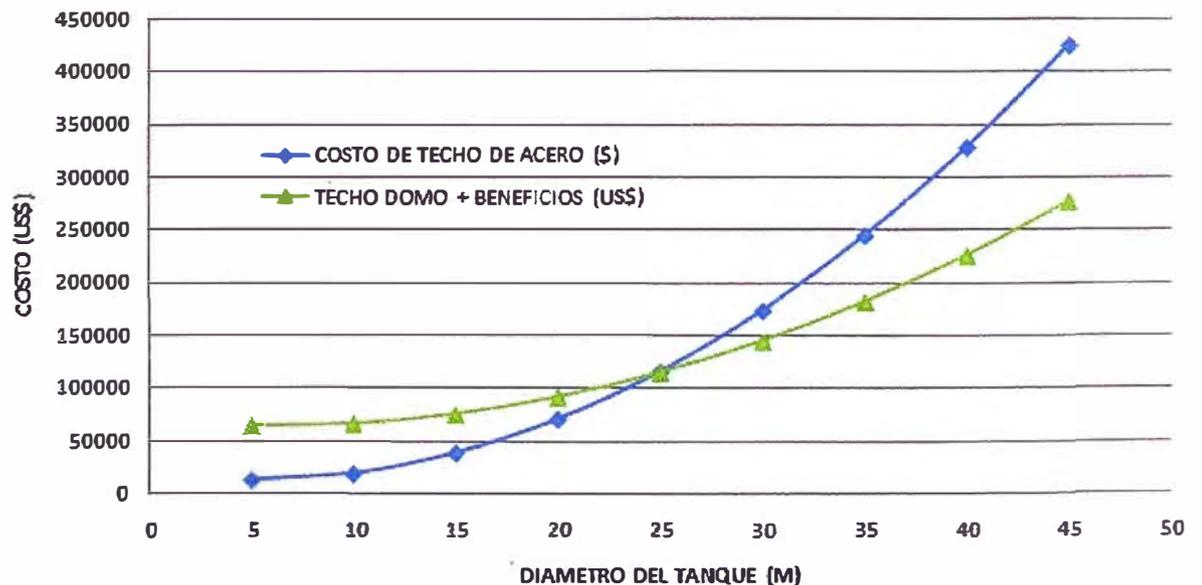


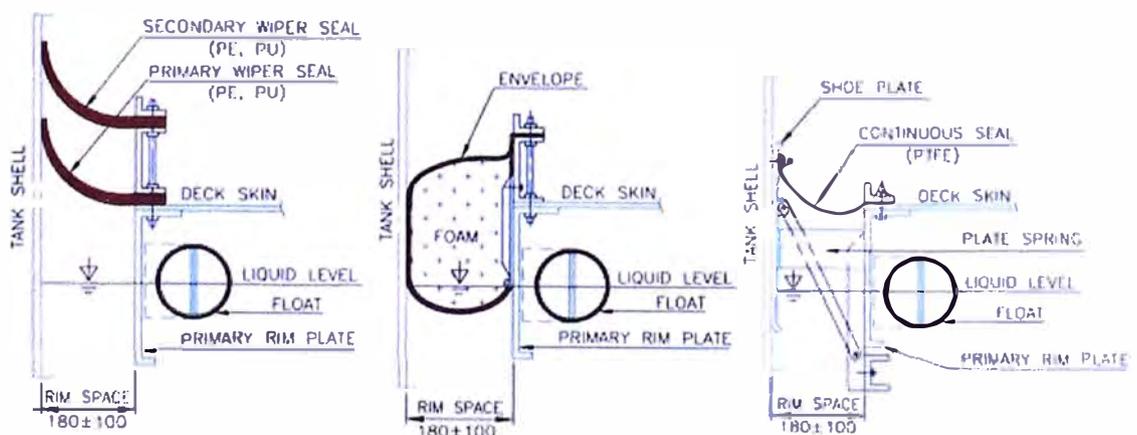
Figura N° 3.9: Costo de techo tipo domo + Beneficios vs Techo fijo

De la evaluación técnico económica entre tanque de techo tipo domo y techo fijo, ubicados en la selva, se concluye que para tanques mayores de 25 m la mejor alternativa son los tanques de techo tipo domo.

3.3 SELECCIÓN DE LA SÁBANA FLOTANTE

El proveedor es el encargado del diseño y suministro de la sábana flotante, dicha sábana estructuralmente deberá ser capaz de soportar una carga de 1,000 Libras concentradas en un área de un pie cuadrado en cualquier ubicación del techo, según el API 650 apéndice H.

Los datos que requiere el proveedor de la sábana flotante son: diámetro del tanque, al producto de almacenamiento y el tipo de sello de la sábana.



a) Tipo manta

b) Tipo espuma

c) Tipo Mini-zapata

Figura N° 3.10: Tipos de sello primario de la sábana flotante

La sábana seleccionada tendrá un sello primario tipo Mini-zapata, y el sello secundario será tela de barrera de vapores de (Teflón laminado de 10 milésimas de espesor); la cubierta del techo flotante será una sábana de aluminio de 0.025 pulgada de espesor x 60" de ancho.

El sello primario estará conformado de zapatas en acero inoxidable calibre 18, con dimensiones de 16" x 144"; barras de empuje en acero inoxidable 304 (templadas a $\frac{1}{4}$) de 3" x 36".

Los pontones (flotadores) serán de 10" de diámetro x 26' (máximo) de largo en aluminio; las abrazaderas de pontones en aluminio y la tornillería en acero inoxidable serie 300.

CAPÍTULO IV

DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS

4.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

Considerando que los tanques de clase I existentes tienen como altura del cilindro entre 10 a 13 metros de altura, se considerará un valor similar a los existentes, asumiendo preliminarmente una altura total del tanque 12 m. En producto de almacenamiento es de clase I y tiene las siguientes propiedades:

Tabla N° 4.1: Descripción del producto de almacenamiento

Propiedad	Valor@38°C
• Producto	Líquido Clase I
• Temperatura @Presión de almacén	38°C@14,75 psi
• API@60°F	61
• Densidad de líquido	44,62 lb/ft ³ (746 kg/m ³)
• Viscosidad de líquido	0,35 cP
• Presión de vapor	8 psi
• Punto de inflamación	< 37,8°C

4.2 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE

Para determinar las dimensiones del tanque de 50 MB se considerará el anexo A del API 650.

Tabla N° 4.2: Tamaños típicos de tanques tipo API 650

Column 1 Tank Diameter ft	Column 2 Capacity per ft of Height barrels	Column 3 - Column 9 Tank Height (ft) / Number of Courses in Completed Tank						
		16 / 2	24 / 3	32 / 4	40 / 5	48 / 6	56 / 7	64 / 8
10	14.0	225	335	450	—	—	—	—
15	31.5	505	755	1,010	1,260	—	—	—
20	56.0	900	1,340	1,790	2,240	2,690	—	—
25	87.4	1,400	2,100	2,800	3,500	4,200	4,900	5,600
30	126	2,020	3,020	4,030	5,040	6,040	7,050	8,060
35	171	2,740	4,110	5,480	6,850	8,230	9,600	10,980
40	224	3,580	5,370	7,160	8,950	10,740	12,540	14,340
45	283	4,530	6,800	9,060	11,340	13,600	15,880	18,140
50	350	5,600	8,400	11,200	14,000	16,800	19,600	22,400
60	504	8,060	12,100	16,130	20,160	24,190	28,220	36,130
								<i>D = 54</i>
70	685	10,960	16,450	21,950	27,440	32,930	30,140	—
80	895	14,320	21,500	28,670	35,840	35,810	<i>D = 62</i>	—
90	1,133	18,130	27,220	36,290	45,360	<i>D = 73</i>	—	—
100	1,399	22,380	33,600	44,800	<i>D = 88</i>	—	—	—
120	2,014	32,250	48,380	54,200	—	—	—	—
				<i>D = 110</i>	—	—	—	—
140	2,742	43,900	65,860	—	—	—	—	—
160	3,581	57,340	74,600	—	—	—	—	—
180	4,532	72,570	<i>D = 149</i>	—	—	—	—	—
200	5,595	89,600	—	—	—	—	—	—
220	6,770	108,410	—	—	—	—	—	—

Note: The nominal capacities given in this table were calculated using the following formula:

In US Customary units:

$$C = 0.14D^2H,$$

where

C = capacity of tank, in 42-gal barrels,
 D = diameter of tank, in ft (see A.4.1),
 H = height of tank, in ft (see A.4.1).

The capacities and diameters in italics (Columns 4 – 9) are the maximums for the tank heights given in the column heads, based on a maximum permissible shell-plate thickness of $\frac{1}{2}$ in., a maximum allowable design stress of 21,000 lb/in.², a joint efficiency of 0.85, and no corrosion allowance (see A.4.1).

De la tabla 4.2 se selecciona una altura de 40 pies (12 m aprox) y un diámetro de 100 pies (30 m aprox). Dichas dimensiones se verificará con los criterios de alturas muertas y altura de alarma por alto nivel.

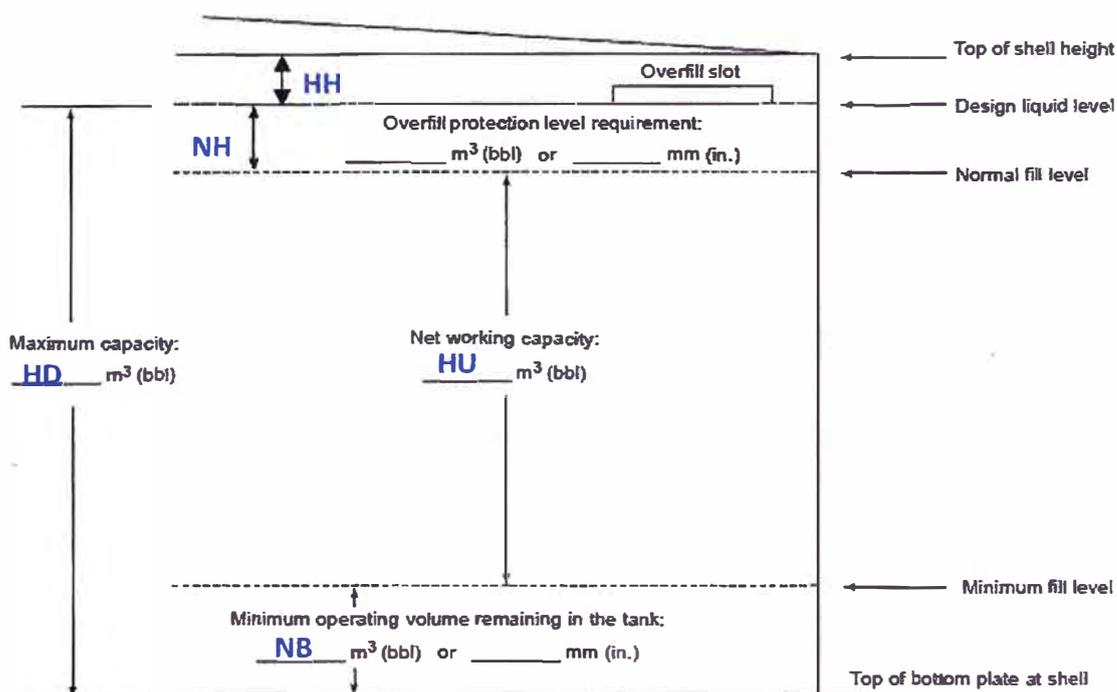


Figura N° 4.1: Alturas típicas del tanque tipo API 650

Donde:

HD: Altura máxima ó de diseño

NB: Altura muerta de fondos

HH: Altura muerta de tope

NH: Altura de alarma por nivel alto

HU: Altura útil del operación

4.2.1.- Determinación de la Altura muerta de tope (HH)

La altura muerta del tope depende del sistema de sábana flotante, generalmente requieren de 600 a 1000 mm para los techos fijos, sin embargo para los tanques de techo tipo domo esta distancia se puede reducir 200 mm debido a que brinda un mayor espacio en el tope. Por fines prácticos se considerará 800mm ya que es 200 mm inferior a cualquier alturas requerida por cualquier proveedor de Sábanas Flotantes.

4.2.2.- Determinación de la Altura de alarma por nivel alto alto (NH)

Para ubicar los switch de nivel alto y alto alto se tomará en cuenta el API 2350 Overfill Protection for Petroleum Storage Tanks.

Se realiza con la ecuación siguiente:

$$NH = 2,6495 \times \frac{t \times F}{A_T}$$

Donde:

NH: Altura de alarma por nivel alto alto, mm.

t : Tiempo de flujo de producto requerido para implementar acción de respuesta, min.

F : Flujo máximo esperado en el tanque, BPH.

A_T : Área transversal del tanque.

Datos:

$t = 10 \text{ min}$ (Según recomendación de API 2350).

$F = 3140 \text{ BPH}$ (2200 GPM) (Máximo flujo esperado para las condiciones logísticas normales de Refinería Iquitos).

$$r = 15 \text{ m} \Rightarrow \pi r^2 = 707; A_T = 707 \text{ m}^2$$

Resultado:

$$H_m = 2.6495 \times 10 \times 3140 / 707 = 117 \text{ mm} \text{ (separación entre switch de nivel)}$$

Por lo tanto se considerará la separación entre switch de nivel: $NH = 150 \text{ mm}$.

4.2.3.- Determinación de la Altura muerta de fondos: (NB)

Para determinar la altura muerta de fondos se deberá sumar la altura mínima del eje de la boquilla al fondo y la altura de antivortice que es 30 cm aproximadamente arriba de la boquilla de descarga.

Según el API 650 la diferencia de nivel de fondo y eje de boquilla de descarga es 450 mm considerando que la boquilla de descarga es de 12". Así mismo el radio externo de boquilla de tubería descarga es de 162 mm.

Por lo tanto la altura muerta de fondos es: $450 + 162 + 300 = 912 \text{ mm}$ y se considerará $NB = 950 \text{ metro}$.

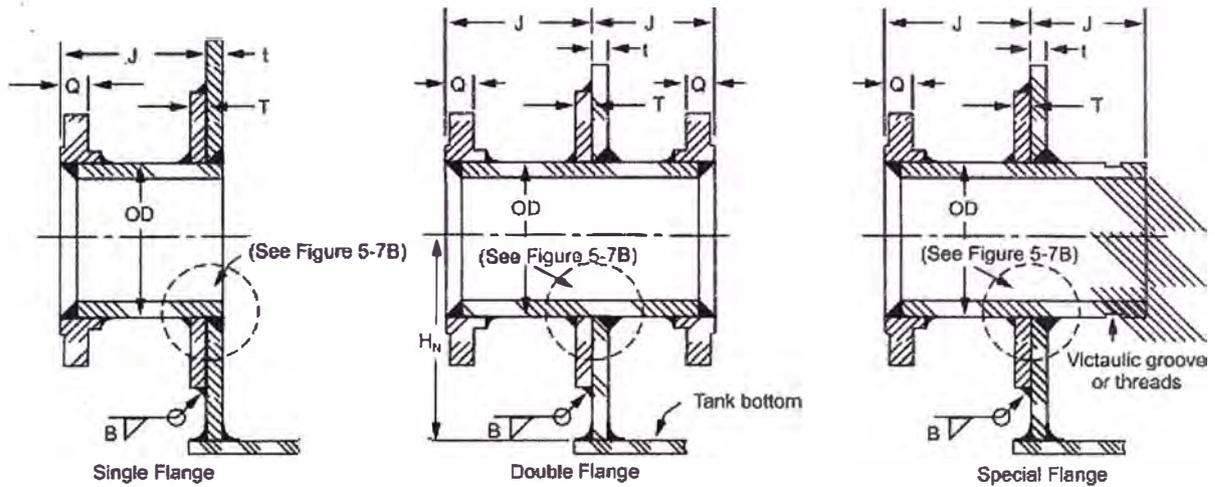


Figura N° 4.2: Dimensiones de boquillas del tanque

Tabla N° 4.3: Dimensiones típicas de boquillas el tanque tipo API 650

Table 5-6a—(SI) Dimensions for Shell Nozzles (mm)

Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6	Column 7	Column 8	Column 9 ^c
NPS (Size of Nozzle)	Outside Diameter of Pipe OD	Nominal Thickness of Flanged Nozzle Pipe Wall ^a t_n	Diameter of Hole in Reinforcing Plate D_R	Length of Side of Reinforcing Plate ^b or Diameter $L = D_o$	Width of Reinforcing Plate W	Minimum Distance from Shell-to-Flange Face J	Minimum Distance from Bottom of Tank to Center of Nozzle Regular Type ^d H_N	Low Type C
18	457.2	12.7	460	950	1160	250	581	475
16	406.4	12.7	410	850	1035	250	531	425
14	355.6	12.7	359	750	915	250	481	375
12	323.8	12.7	327	685	840	225	449	345
10	273.0	12.7	276	585	720	225	399	290
8	219.1	12.7	222	485	590	200	349	240
6	168.3	10.97	171	400	495	200	306	200

4.2.4.- Determinación de la altura útil de operación (HU)

Considerando que el volumen útil del tanque es de 45 mb (7153 m3) y que el diámetro del tanque es de 30 m, determinaremos la altura útil:

$$HU = \frac{4 \times V}{\pi \times D^2}$$

Donde:

D : Diámetro interno del tanque, m. (30 m)

V : Volumen útil del tanque, m. (7153 m³)

h_N : Altura útil preliminar del tanque, m.

Por lo tanto:

$$HU = \frac{4 \times 7153}{\pi \times 30^2} = 10.12m$$

Por lo tanto seleccionamos una altura útil de $HU = 10.15$ m.

4.2.5.- Determinación de la altura total del tanque (HT)

Tabla N° 4.4: Niveles de las boquillas del tanque de almacenamiento.

TAG	Concepto	Alturas (mm)	Descripción
HB	Altura muerta de fondos	950	Con la finalidad de evitar vórtices.
HU	Altura útil del tanque	10150	Altura de trabajo
NH	Altura de alarma por nivel alto alto	150	Para un tiempo de 10 min de respuesta
HH	Altura muerta de tope	800	Alturas máximas esperadas según proveedores de Sábanas Flotantes.
HT	Altura total del tanque	12050	Hasta el ángulo de rigidez.

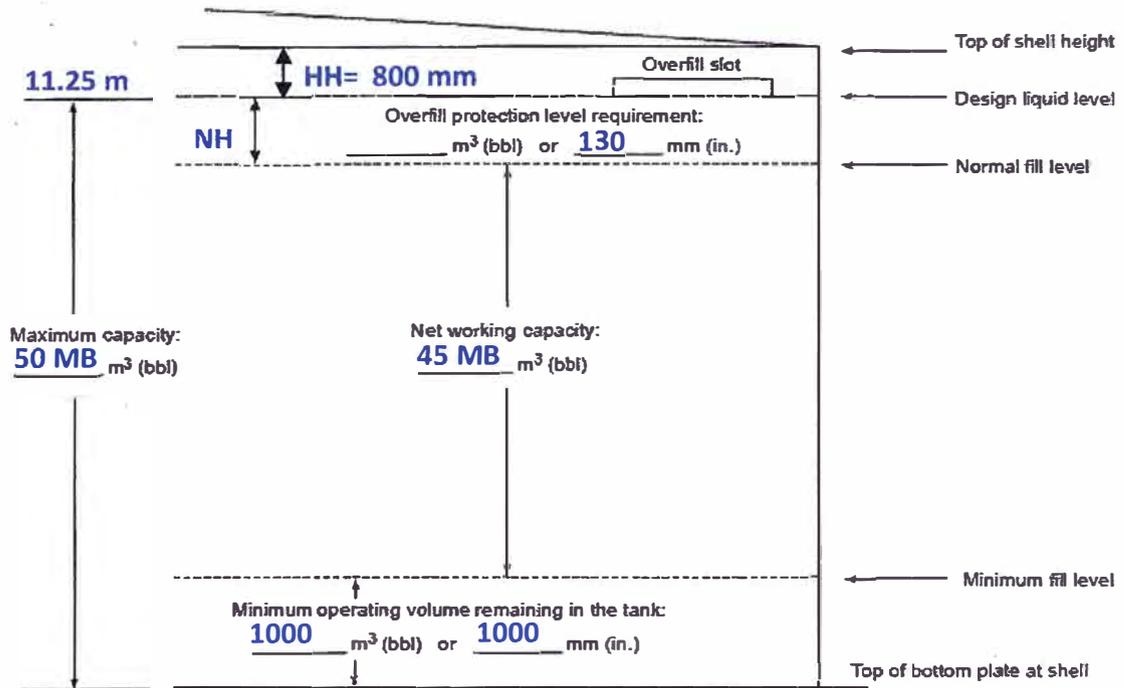


Figura N° 4.3: Volúmenes del tanque tipo API 650

Tabla N° 4.5: Resumen de la Capacidad de almacenamiento del tanque

Tanques Futuros	Volumen nominal (MB)	Volumen útil a proyectar (MB)	# de tanques	Volumen Util (MB)
Líquido Clase I	100	90	2.00	45

Tabla N° 4.6: Características básicas de los tanques

TAG	Volumen Útil	Volumen Nominal	Volumen Bruto	Diámetro (m)	Altura (m)
Tanque 1	45 MB	50 MB	53.4 MB	30	12
Tanque 2	45	50	53.4	30	12

4.3 SISTEMA DE VENTEO DEL TANQUE

El tanque de techo tipo domo tiene típicamente un sistema de venteo libre en el tope y alrededor del tanque a los 360°.

Como una alternativa adicional, se puede considerar el venteo restringido, mediante una válvula de presión y vacío.

Para la selección la selección de la válvula de presión y vacío se debe considerar el estándar del API 2000, su capacidad de venteo se determina multiplicando el ratio de flujo con un factor característico.

Tabla N° 4.7: Factor del API 2000: SCFH de aire por BPH de rate

Flash Point/Boiling Point ^a	Inbreathing		Outbreathing	
	Liquid Movement Out	Thermal	Liquid Movement In	Thermal
Flash Point ≥ 100°F	5.6	See Table 2A	6	See Table 2A
Boiling Point ≥ 300°F	5.6	“ ”	6	“ ”
Flash Point < 100°F	5.6	“ ”	12	“ ”
Boiling Point < 300°F	5.6	“ ”	12	“ ”

^aData on flash point or boiling point may be used. Where both are available, use flash point (See Appendix A).

Tabla N° 4.8: Resultados de capacidad de venteo

Capacidad de venteo normal	Flujo de diseño (Tabla N°3)	API 2000	Capacidad de venteo de aire.
Para vacío	4 714 BPH	5,6	26 398 SCFH
Para presión	4 714 BPH	12	56 568 SCFH

El tanque deberá contar como mínimo con una capacidad de venteo normal de 56 568 SCFH de aire en presión y 26 398 SCFH en vacío.

4.4 SELECCIÓN DE CÁMARA DE ESPUMA

El sistema de espuma será diseñado con la norma NFPA 11 y el D.S 043-2007-EM. Asimismo el suministro de los equipos y agentes contra incendio deberán ser Listados y aprobados por la UL u FM.

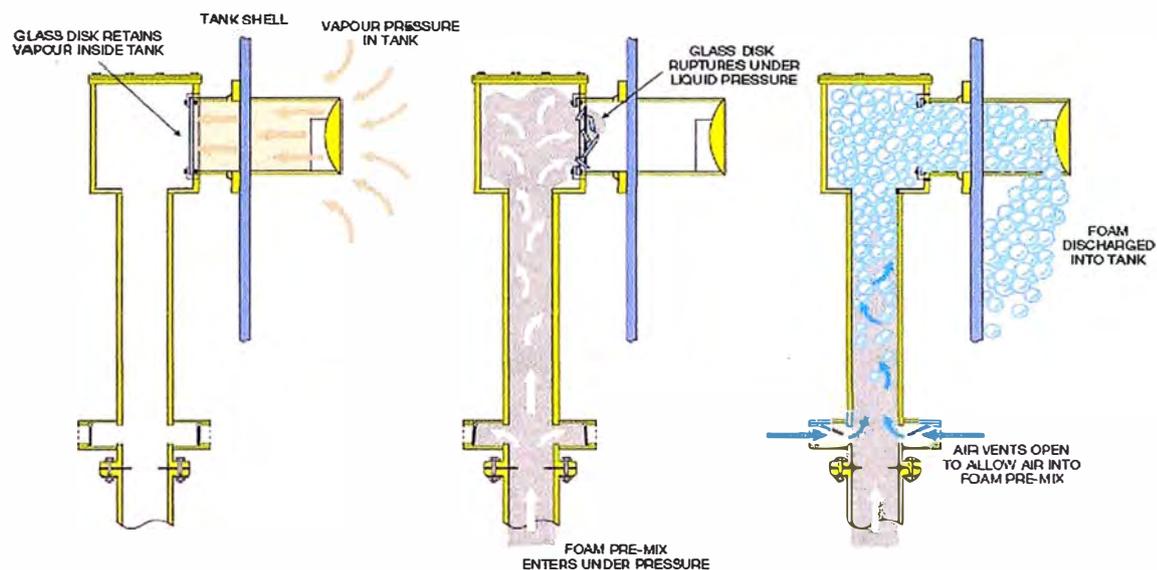


Figura N° 4.4: Esquema de cámara de espuma para tanque

4.4.1.- Determinación de la cantidad de cámaras de espuma

Según el art. 92 del DS 052-93-EM “Reglamento de Seguridad para el almacenamiento de Hidrocarburos” establece el número de descarga para aplicación de espuma, en función del diámetro y punto de inflamación, visualizada en la siguiente tabla.

Para el tanque de diámetro de 30m se recomienda un mínimo de 2 cámaras de espuma.

Tabla N° 4.9: Numero de descargas para aplicación de espuma.

Diámetro del tanque	Punto de Inflamación Menor a 37.8oC	Punto de Inflamación mayor a 37.8oC
Hasta 24 metros	1	1
De 24 a 36 metros	2	1
De 36 a 42 metros	3	2
De 42 a 48 metros	4	2
De 48 a 54 metros	5	2
De 54 a 60 metros	6	3
Sobre los 60 metros	1 por cada 465m ² adicionales	1 por cada 697m ² adicionales

4.4.2.- Determinación del ratio de aplicación de espuma

Los requerimientos de agente de extinción para tanques, contarán como mínimo con los ratios establecidos en el art 92 del D.S. 043-2007-EM, visualizadas en la siguiente tabla:

Tabla N° 4.10: Ratios mínimos de solución de espuma.

Solución de agua y concentrado de espuma	
Cámara de espuma	Hidrante-Monitor
0,10 GPM/Pies ² de área de aplicación (área techo de tanque)	0,15 GPM/Pies ² de área de aplicación (área techo de tanque)

Fuente: D.S. 043-2007-EM

Según el DS 043-2007-EM Para tanques con alturas mayores a 9 metros la aplicación de espuma por monitor está prohibida.

Por lo tanto para el tanque de diámetro de 30m se recomienda utilizar 2 cámaras de espumas con un ratio de aplicación de 0,10 GPM/Pies².

4.4.3.- Cálculo del flujo de aplicación de espuma

El flujo de aplicación de espuma se obtiene con el producto del ratio de aplicación de espuma y el área superficial del tanque incendiado.

Área Superficial de líquido en tanque incendiado (área de techo).

$$A = \frac{\pi}{4}(D^2) = \frac{\pi}{4}(30^2) = 707 m^2 = 7\,609 \text{ pies}^2$$

Requerimiento de solución de espuma (agua + espuma): QSE.

$R=0,10 \text{ GPM/Pies}^2$ (Ratio para cámara de espuma)

$QSE = R \times A = 0,1 \times 7\,609 = 761 \text{ GPM}$

4.4.4.- Selección de la cámara de espuma

Para la selección de las cámaras de espuma se especifica el flujo y la presión requerida; así mismo se deberá tener en consideración los fabricantes con certificación de UL/FM.

 ONLINE CERTIFICATIONS DIRECTORY		
		Home Quick Guide Contact Us UL.com
Search results		
Number of hits: 13 The maximum number of hits returned is 5000. You may choose to Refine Your Search .		
Company Name	Category Name	Link to File
ANGUS FIRE (UK)	Foam-discharge Outlets	GFUT_EX3293
ANSUL INC	Foam-discharge Outlets	GFUT_EX3290
BUCKEYE FIRE EQUIPMENT CO	Foam-discharge Outlets	GFUT_EX5995
CHEMGUARD	Foam-discharge Outlets	GFUT_EX4441
Guide Information	Foam Liquid Concentrates	GGV_GuideInfo

Figura N° 4.5: Fabricantes de cámara de espuma listados ul.

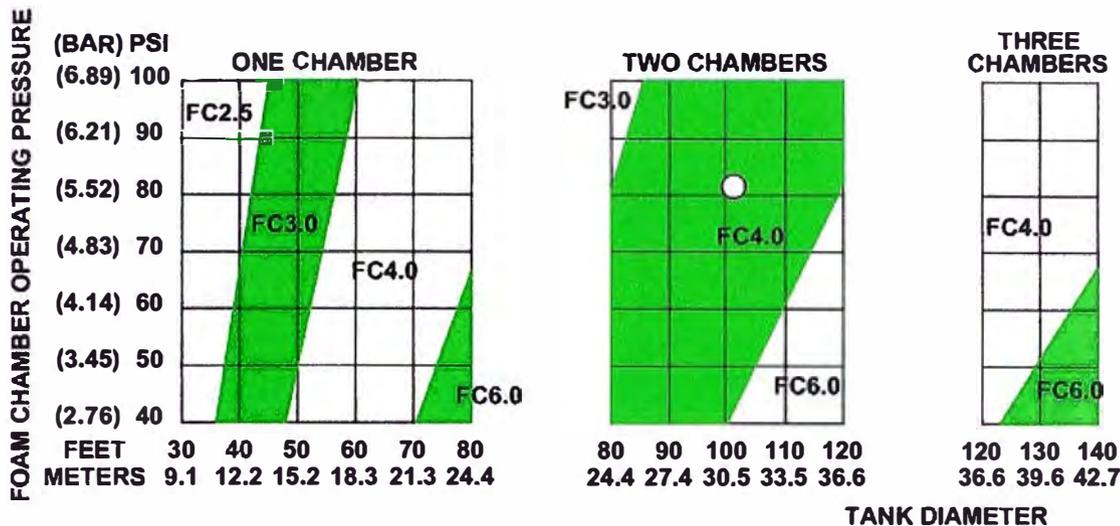


Figura N° 4.6: Cámara de espuma seleccionada

De la figura se puede concluir que la selección es de 2 cámaras de espuma de 4 pulg de montante.

Por lo tanto como mínimo se requiere un caudal de 380 GPM a una presión de 70 a 100 psi en cada una de las dos cámaras de espuma.

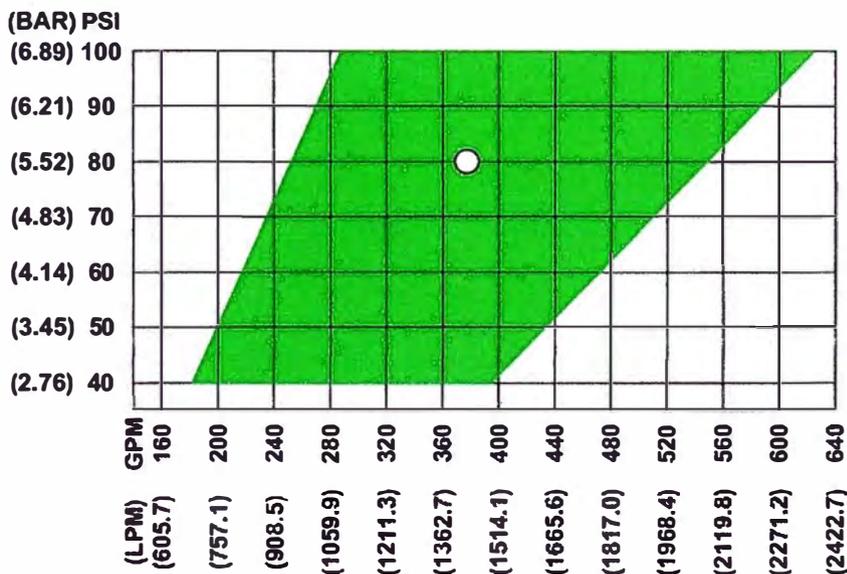


Figura N° 4.7: Punto de operación de la cámara de espuma de 4"

Para la ubicación de la cámara de espuma se debe tener en consideración las recomendaciones del fabricante.

Por facilidad de inspección de las camadas de espuma se recomienda la instalación de plataformas de inspección en el cilindro con acceso a las cámaras de espuma.

CHAMBER DIMENSIONS

	FC 2.5	FC 3	FC 4	FC 6
A	29 IN.	34 3/4 IN.	38 1/2 IN.	44 3/4 IN.
B	17 1/2 IN.	22 1/4 IN.	23 1/2 IN.	27 1/2 IN.
C	10 5/8 IN.	12 3/4 IN.	14 3/4 IN.	18 IN.
D	7 IN.	9 IN.	10 IN.	12 IN.
E	2 1/2 IN.	3 IN.	4 IN.	6 IN.
F	3 1/4 IN.	4 1/4 IN.	5 3/8 IN.	6 3/8 IN.
G	6 1/2 IN.	8 1/2 IN.	10 1/2 IN.	12 1/2 IN.
H	8 IN.	9 1/2 IN.	11 IN.	12 IN.
I	4 IN.	6 IN.	8 IN.	10 IN.
J	2 7/8 IN.	3 1/2 IN.	4 1/2 IN.	6 5/8 IN.
K	5 1/2 IN.	6 IN.	7 1/2 IN.	9 1/2 IN.
L	3/4 IN.	3/4 IN.	7/8 IN.	7/8 IN.
M	4 1/2 IN.	6 5/8 IN.	8 5/8 IN.	10 3/4 IN.
N	7 1/2 IN.	9 1/2 IN.	11 3/4 IN.	14 1/4 IN.
O	3/4 IN.	7/8 IN.	7/8 IN.	1 IN.
P	8 IN.	12 IN.	16 IN.	20 IN.

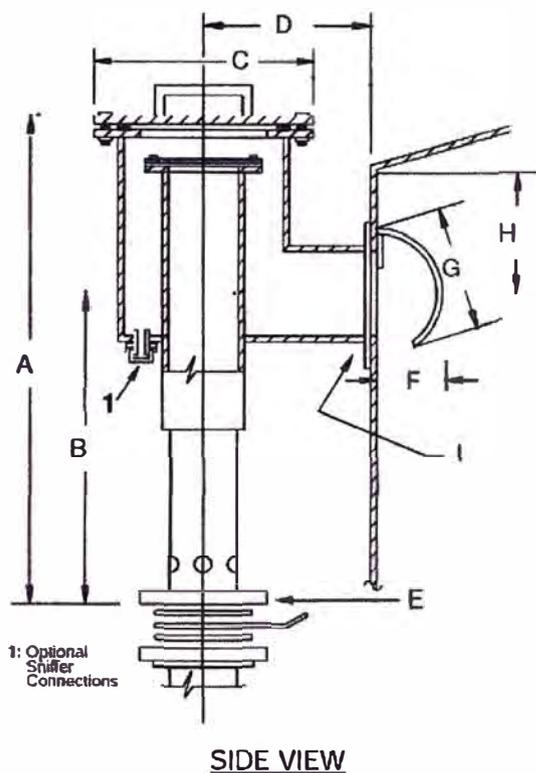


Figura N° 4.8: Dimensiones y ubicación de la cámara de espuma

4.5 SELECCIÓN DE ASPERSORES DEL ANILLO DE ENFRIAMIENTO

El sistema de espuma será diseñado con la norma NFPA 15 y el D.S 043-2007-EM. Asimismo el suministro de los equipos y agentes contra incendio deberán ser Listados y aprobados por la UL u FM.

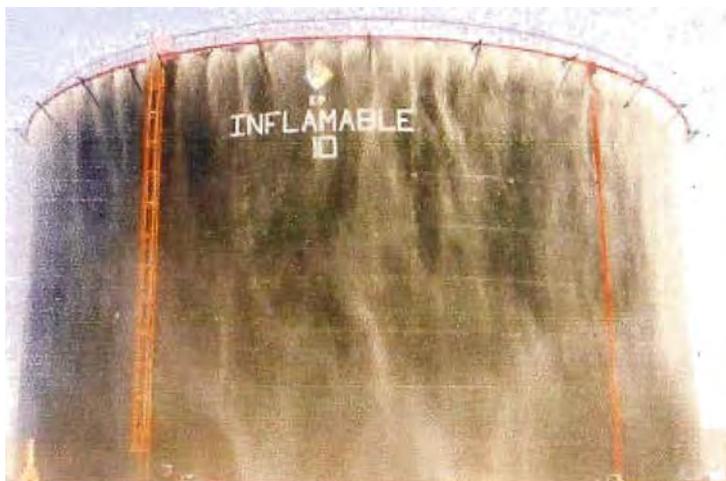


Figura N° 4.9: Vista del sistema de rociadores en tanque

4.5.1.- Determinación de la cantidad de boquillas aspersoras

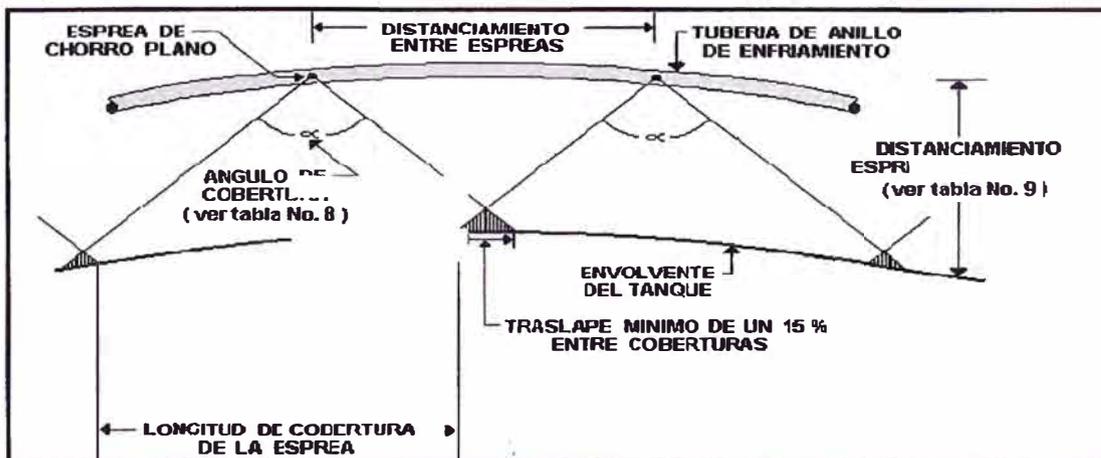


Figura N° 4.10: Esquema de aspersión por toroide

Para el método de cálculo del número de boquillas aspersores se aplica las siguientes ecuaciones:

$$Na = \frac{\pi \cdot D}{e + \tau \times e}$$

$$e = \frac{D}{2 \times (1 + 2\tau)} \times (2 \arcseno((1 + \frac{2S}{D}) \times \text{Seno}(\frac{\alpha}{2} \times \frac{\pi}{180})) - \alpha \times \frac{\pi}{180})$$

Donde:

α : Ángulo de cobertura en grados sexagesimales (°).

S : Distancia o separación de boquilla aspersora y tanque (m). (mínimo 1 metro)

D : Diámetro del tanque (m).

τ : Fracción de traslape con respecto a longitud de coberturas (mínimo recomendado 15%).

e : Longitud de cobertura (m).

Na : Número calculado de boquillas aspersores.

Además se deberá corroborar que los aspersores no estén separados por más de 3 metros en concordancia con la NFPA 15.

$$\frac{\pi \cdot (D + 2S)}{Na} \leq 3m$$

Datos:

Distancia del anillo de enfriamiento al tanque = 1,2 m (distanciamiento seguro).

Ángulo de cobertura = 90° (ángulo de cobertura mínima para el distanciamiento seguro)

Diámetro del tanque = 30 m

Traslape mínimo entre coberturas = 15%

Efectuando la ecuación tenemos:

Longitud de cobertura (e) = 1,9 m.

Número calculado de boquillas aspersores

$$(Na) = \frac{\pi \cdot 3}{1,9 + 1,9 \times 15\%} = 42,5$$

Por lo tanto seleccionamos por simetría 44 boquillas aspersoras en el anillo tipo toroide para el tanque de 30 m de diámetro.

4.5.2.- Determinación del ratio de aplicación de agua de enfriamiento

Los requerimientos de agente de extinción para tanques, contarán como mínimo con los ratios establecidos en el art 92 y 91 del D.S. 043-2007-EM, visualizadas en la siguiente tabla:

Tabla N° 4.11: Ratio mínimo de agua de enfriamiento.

Agua de enfriamiento	
Aspersores (toroide)	Hidrante-Monitor
0,15 GPM/Pies ² de área de aplicación (área lateral de tanque)	0,20 GPM/Pies ² de área de aplicación (área lateral de tanque)

Fuente: MINEM.

Para el tanque de 30 m de diámetro de clase I se recomienda utilizar aspersores con un ratio de aplicación de 0,15 GPM/Pies².

4.5.3.- Cálculo del flujo de aplicación de agua de enfriamiento

El flujo de aplicación de agua de enfriamiento se obtiene con el producto del ratio de aplicación de agua de enfriamiento y el área lateral del tanque incendiado.

Área de protección (área lateral del tanque incendiado).

$$A = \pi \times D \times H = \pi \times 30 \times 12 = 1\,131\text{m}^2 = 12\,174\text{pies}^2$$

Requerimiento de agua de enfriamiento al tanque incendiado:

$$R=0,15\text{ GPM/Pies}^2 \text{ (Ratio para aspersores)}$$

$$Q_{ETI} = R \times A = 0,15 \times 12\,174 = 1\,826\text{ GPM}$$

4.5.4.- Selección de los aspersores

Para la selección de los aspersores se especifica el flujo y la presión requerida; así mismo se deberá tener en consideración los fabricantes con certificación de UL/FM.

Las características de descarga de los rociadores se determinan mediante el coeficiente-K de boquilla aspersora, la cual se determina con la siguiente ecuación:

$$K = \frac{Q}{(P_d)^{1/2}}$$

Donde:

Q : Flujo de descarga en boquilla (monitor o cámara de espuma), GPM.

K : Coeficiente K de la boquilla.

P_d : Presión de descarga en PSI para el flujo Q .

Se recomienda características tamaños de orificio de conformidad con la NFPA 13, visualizada en la siguiente tabla:

Tabla N° 4.12: Coeficiente-k de rociadores típicos.

Nominal K-Factor [gpm/(psi) ^{1/2}]	Nominal K-Factor [L/min/(bar) ^{1/2}]	K-Factor Range [gpm/(psi) ^{1/2}]	K-Factor Range [L/min/(bar) ^{1/2}]	Percent of Nominal K-5.6 Discharge	Thread Type
1.4	20	1.3-1.5	19-22	25	½ in. NPT
1.9	27	1.8-2.0	26-29	33.3	½ in. NPT
2.8	40	2.6-2.9	38-42	50	½ in. NPT
4.2	57	4.0-4.4	59-64	75	½ in. NPT
5.6	80	5.3-5.8	76-84	100	½ in. NPT
8.0	115	7.4-8.2	107-118	140	¾ in. NPT
					or
11.2	160	10.7-11.7	159-166	200	½ in. NPT
					or
14.0	200	13.5-14.5	195-209	250	¾ in. NPT
16.8	240	16.0-17.6	231-254	300	¾ in. NPT
19.6	280	18.6-20.6	272-301	350	1 in. NPT
22.4	320	21.3-23.5	311-343	400	1 in. NPT
25.2	360	23.9-26.5	349-387	450	1 in. NPT
28.0	400	26.6-29.4	389-430	500	1 in. NPT

Fuente: NFPA 13

Datos:

Tenemos que el requerimiento total = 1826 GPM

Flujo requerido por cada boquilla = 1826/44 = 42 GPM

Flujo de diseño de boquilla = 1,2 x 42 GPM = 50 GPM

Para fines de diseño se establecerá una presión típica de 80 PSI

Coefficiente de descarga de aspersor

$$K = \frac{50}{(80)^{1/2}} = 5,6$$

Por lo tanto seleccionamos 44 rociadores de Coeficiente-K de 5,6 como mínimo, en el anillo de enfriamiento.

4.6 SELECCIÓN DEL PROPORCIONADOR DE ESPUMA

El proporcionador de espuma es aquel equipo que regula la solución de concentrado de líquido proteico en el agua, bajo las recomendaciones de la NFPA 11 para productos clase I como la gasolina y nafta es recomendable una solución del 3% y utilizar espuma de AFFF 3%.

Tabla N° 4.13: Tiempos de aplicación.

(área lateral de tanque)	Agua de extinción (agua para espuma)	
	Líquidos clase I	Líquidos clase II
Tiempo de aplicación	55 minutos	30 minutos

Fuente: DS 043-2007-EM

Requerimiento de solución de espuma (agua + espuma): $QSE = 761 \text{ GPM}$

Requerimiento de volumen de espuma: E

$E = QSE \times 3\% \times t = 761 \times 3\% \times 55 = 1\,255 \text{ GAL}$ tipo AFFF 3%... Para un tiempo de autonomía mínima de: $t = 55$ minutos para líquidos de clase I, según Art. 92 del D.S. 043-2007-EM.

Requerimiento de capacidad de almacenamiento de concentrado de espuma: CAE.

$$CAE = 2 \times E = 2 \times 1\,255 = 2\,511 \text{ GAL}$$

Por lo tanto se recomienda un nuevo tanque de concentrado de espuma de 2600 gal.

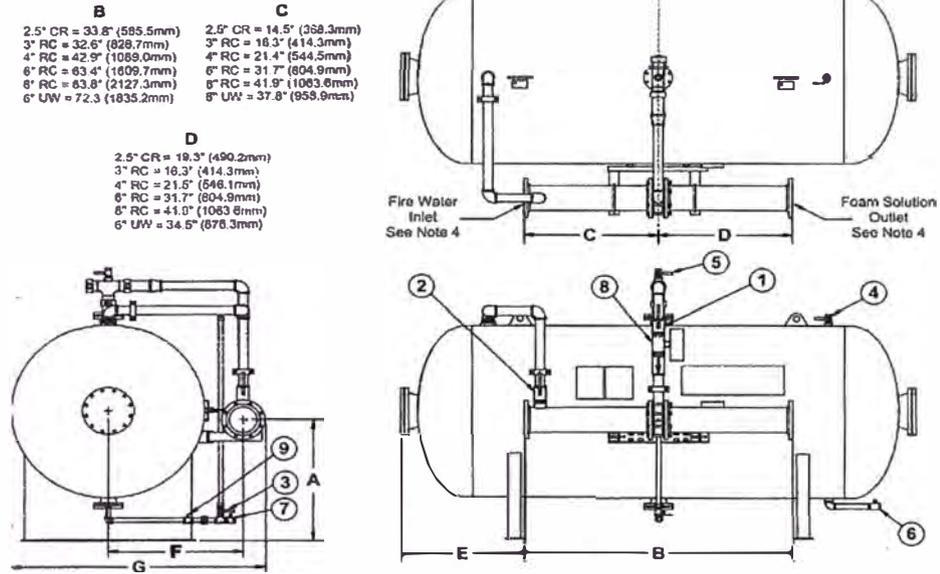


Figura N° 4.11: Esquema del tanque de espuma prepiped

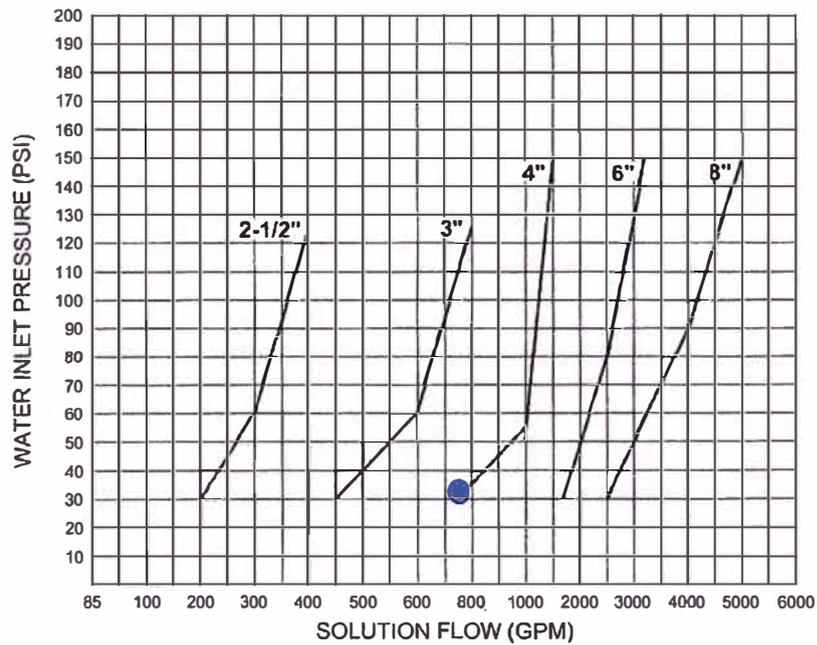
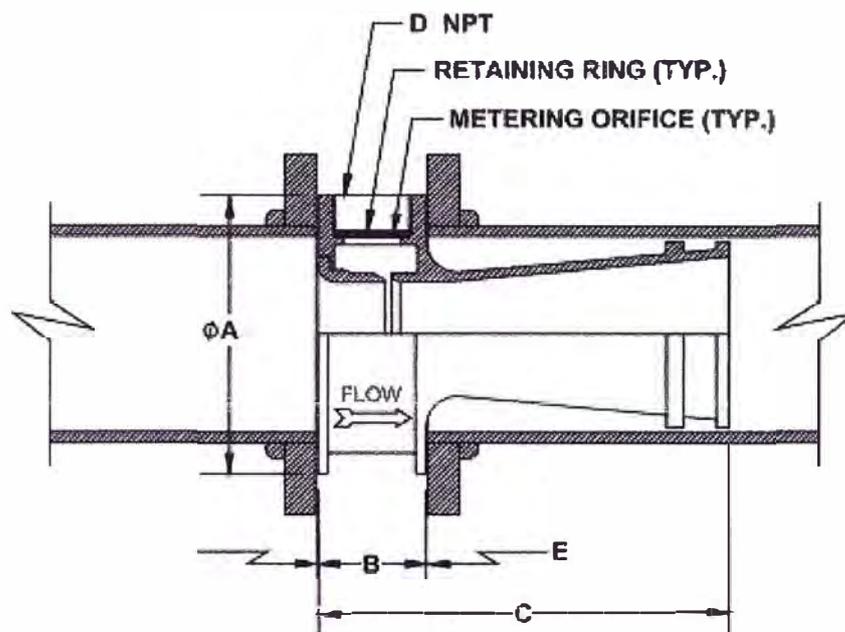


Figura N° 4.12: Selección del proporcionador de espuma



Ratio Flow Controller Size (Model)	Dimensions										
	A		B		C		D	***E		F	
	in.	(cm.)	in.	(cm.)	in.	(cm.)	in.	in.	(cm.)	lb.	(kg)
2-1/2" (CPC2.5)	4.3	10.9	2.40	6.10	6.9	17.5	1 NPT	12	31	8	3.6
3" (CPC3.0)	5.3	13.5	2.50	6.35	6.3	16.0	1-1/4 NPT	15	39	12	5.4
4" (CPC4.0)	6.8	17.3	2.75	6.99	8.0	20.3	1-1/2 NPT	20	51	22	10.0
6" (CPC6.0)	8.5	21.6	3.25	8.26	12.4	31.5	2 NPT	30	77	38	17.2
8" (CPC8.0)	10.9	27.7	3.55	9.02	12.4	31.5	2-1/2 NPT	40	102	73	33.1

Figura N° 4.13: Dimensiones del proporcionador de espuma

4.7 REQUERIMIENTO MÍNIMO DE FLUJO DE BOMBEO

El requerimiento mínimo de bombeo del sistema contra incendio para el tanque de clase I (Q_T), se determina sumando los siguientes flujos de agua:

- Requerimiento de flujo para enfriamiento del tanque incendiado.

$$Q_{ETI} = 1\ 826\ \text{GPM}$$

Requerimiento de flujo para enfriamiento del tanque adyacente.

$$50\% \text{ QETI} = 913 \text{ GPM}$$

- Requerimiento de flujo para extinción del tanque incendiado.

$$\text{QSE} = 761 \text{ GPM}$$

$$Q_T = 1\,826 \text{ GPM} + 913 \text{ GPM} + 761 \text{ GPM} = 3500 \text{ GPM}$$

Por lo tanto para el incendio del tanque de 30 m de diámetro se requiere un caudal de bombeo del sistema contra incendio de 3500 gpm.

Este requerimiento se cumple ya que existe un proyecto de adecuación del sistema contra incendio y contará con las siguientes bombas contra incendio:

Tabla N° 4.14: Bombas contra incendio en Refinería Iquitos

ITEM	GPM	HEAD (PSI)	CONDICION
1	2000	250	EXISTENTE
2	2500	200	PROYECTADO
3	2500	200	PROYECTADO
4	2500	200	PROYECTADO

4.8 REQUERIMIENTO MÍNIMO DE VOLUMEN DE AGUA

Para determinar el volumen mínimo de agua contra incendio se deberá tomar en cuenta los tiempos de aplicación: 55 min para el sistema de espuma y 4 horas para el sistema de enfriamiento.

El volumen mínimo total de agua requerido (V_T), se determina sumando los siguientes volúmenes parciales de agua:

- Requerimiento de volumen de agua para enfriamiento del tanque incendiado.

$$V_1 = Q_{ETI} \times 240 \text{ min} = 1\,826 \text{ GPM} \times 240 \text{ min} = 438\,240 \text{ gal}$$

- Requerimiento de volumen de agua para enfriamiento del tanque adyacente.

$$V_2 = 50\% Q_{ETI} \times 240 \text{ min} = 913 \text{ GPM} \times 240 \text{ min} = 219\,120 \text{ gal}$$

- Requerimiento de volumen de agua para extinción del tanque incendiado.

$$V_3 = Q_{SE} \times 55 \text{ min} = 761 \text{ GPM} \times 55 \text{ min} = 41\,855 \text{ gal}$$

$$V_T = 438\,240 \text{ gal} + 219\,120 \text{ gal} + 41\,855 \text{ gal} = 699\,215 \text{ gal}$$

Por lo tanto para el incendio del tanque de 30 m de diámetro se requiere un volumen de agua contra incendio de 699215 gal (16648 barriles).

Actualmente se cumple con este requerimiento ya que cuenta con 30 MB en los siguientes tanques de agua contra incendio:

Tabla N° 4.15: Tanques de agua contra incendio existentes en Refinería

CODIGO	PRODUCTO	CAPACIDAD BRTA APROX. (BLS)	ALTURA (MTS)	DIAMETRO (MTS)
329-T-111	AGUA	15.000	12.0	15.8
346-T-115	AGUA	15.000	12.0	15.8

4.9 DIMENSIONAMIENTO E IMPERMEABILIZACIÓN DEL CUBETO

4.9.1.- Dimensionamiento del largo y ancho del cubeto

Se deberá de tomar en cuenta que la distancia mínima del tanque al cubeto es de 1.5 m según el DS 052-93-EM y que la distancia entre tanques es la sexta parte de la suma de diámetros de los tanques.

Tabla N° 4.16: Distanciamientos mínimo entre tanques

Distanciamiento entre tanques			
	Tanques de clase I (gasolinas, naftas, diluyente, crudo)	Tanques de clase II (Diesel, Turbo, Residual, Bioo)	Tanques a presión (GLP)
Tanques de clase I (gasolinas, naftas, diluyente, crudo)	(Suma de diámetros)/6	(Suma de diámetros)/6	Diámetro mayor
Tanques de clase II (Diesel, Turbo, Residual, Bioo)	(Suma de diámetros)/6	(Suma de diámetros)/6	(Diámetro mayor)/2
Tanques a presión (GLP)	Diámetro mayor	(Diámetro mayor)/2	(Diámetro mayor)/2 para verticales o esferas

Con los criterios mencionado párrafo arriba se establece en primera instancia las siguientes dimensiones mínimas:

$$\text{LARGO} = 15+30+15+30+15 = 105 \text{ m.}$$

$$\text{ANCHO} = 14+30+14 = 58 \text{ m.}$$

Tabla N° 4.17: Distanciamientos entre tanques

Distanciamientos	Distancia mínima	Distancia Seleccionada
Entre tanques	$(30+30)/6 = 10 \text{ m}$	15 m
Entre tanque y dique.	1,5 m	14 m

Fuente: Elaboración propia

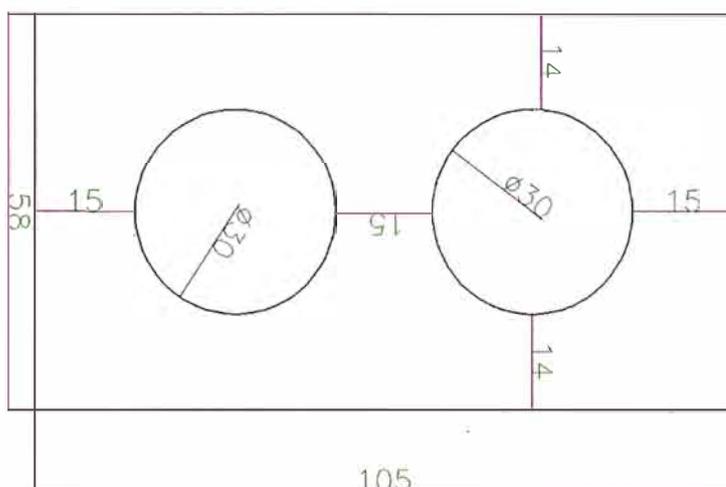


Figura N° 4.14: Distanciamientos entre tanques proyectados (m)

Por lo tanto el cubeto tendrá un largo de 105 m y un ancho de 58 m.

4.9.2.- Dimensionamiento de la altura del cubeto

Según normatividad vigente, los tanques de almacenamiento de hidrocarburos deberán contar con un cubeto cuya capacidad de contención sea 110% la capacidad de almacenamiento bruta del tanque.

Sabiendo que el 110% del Volumen bruto del tanque es de 9330 m³ y el área efectiva de contención del cubeto es de 6998 m² se concluye que la altura mínima del muro de contención del cubeto es de 1.73 m.

Por lo tanto se seleccionará una altura de 1.80 m.

Esta altura se encuentra acorde con la normatividad vigente y que exige que el muro de contención no debería tener una altura mayor de 1.80 m. Así mismo se recomienda un muro de 0.6m de altura entre los tanques.

4.9.3.- Impermeabilización del cubeto

El cubeto deberá estar impermeabilizada para evitar la contaminación del suelo en caso de derrames; para impermeabilizar el cubeto existen varias alternativas como geomembranas, concreto ó una mezcla de arcilla con cal con un espesor de 50 cm.

El Reglamento de Medio Ambiente para las Actividades de Hidrocarburos Decreto Supremo N° 015-2006-EM, art. 43 y sus modificatorias indican que el índice de permeabilidad debe ser 10^{-7} m/seg.

Los estándares internacionales recomiendan que la permeabilidad no debe exceder 10^{-7} cm/seg.

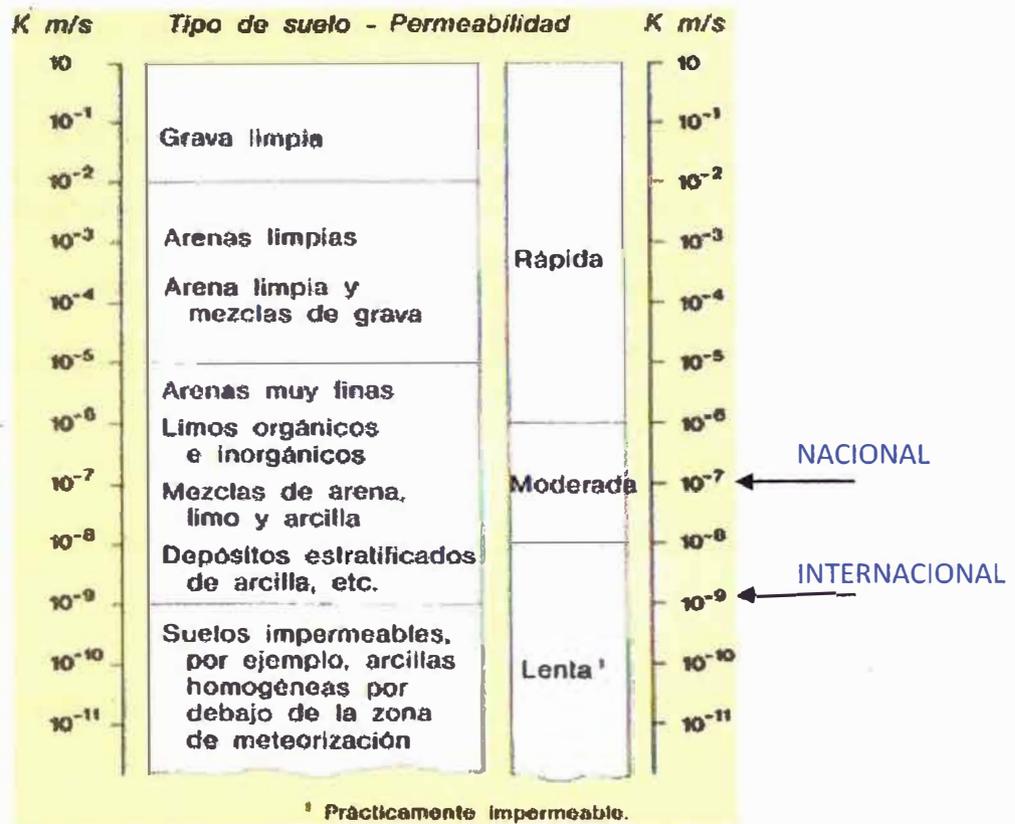


Figura N° 4.15: Coeficientes de permeabilidad (K)

Tabla N° 4.18: Comparativo de índices de permeabilidad

Normatividad	DS 015-2006-EM	API 650 (apend. I)
Permeabilidad por seg.	10 ⁻⁷ m/seg	10 ⁻⁷ cm/seg
Permeabilidad por años	30 m en 10 años	30 cm en 10 años

Del comparativo podemos concluir que en caso se opte por esta alternativa de impermeabilidad, el índice de permeabilidad más adecuado es lo recomendado internacionalmente.

4.9.4.- Impermeabilización debajo del tanque

Las fugas de producto por el fondo del tanque es muy probable debido a la posible presencia de agua en contacto con las planchas del fondo, porque es una zona no visible frecuentemente y porque la inspección interna se realiza a los 10 años como máximo.

Como una salvaguarda se debe considerar instalar geomembrana por debajo del fondo y un sistema de detección de fugas.

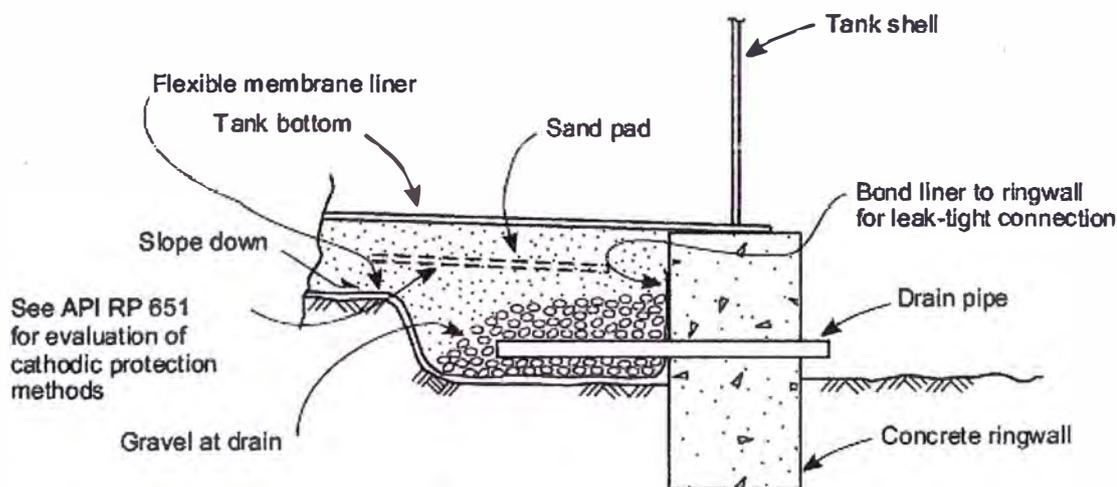


Tabla N° 4.16: Sistema de detección de fugas

Para minimizar la corrosión interna el API 652 recomienda un tipo de pintura anticorrosiva. Pintura interna tipo fenólica (dos capas de 5 mils)

Como una alternativa adicional existe la protección catódica el cual le da una mayor vida útil a las planchas del fondo. Su evaluación técnica económica dependería de la dimensión del tanque, su ubicación, el tipo de producto que almacena, que tan agresivo es el suelo en contacto, estos criterios de evaluación están definidos en el API 651.

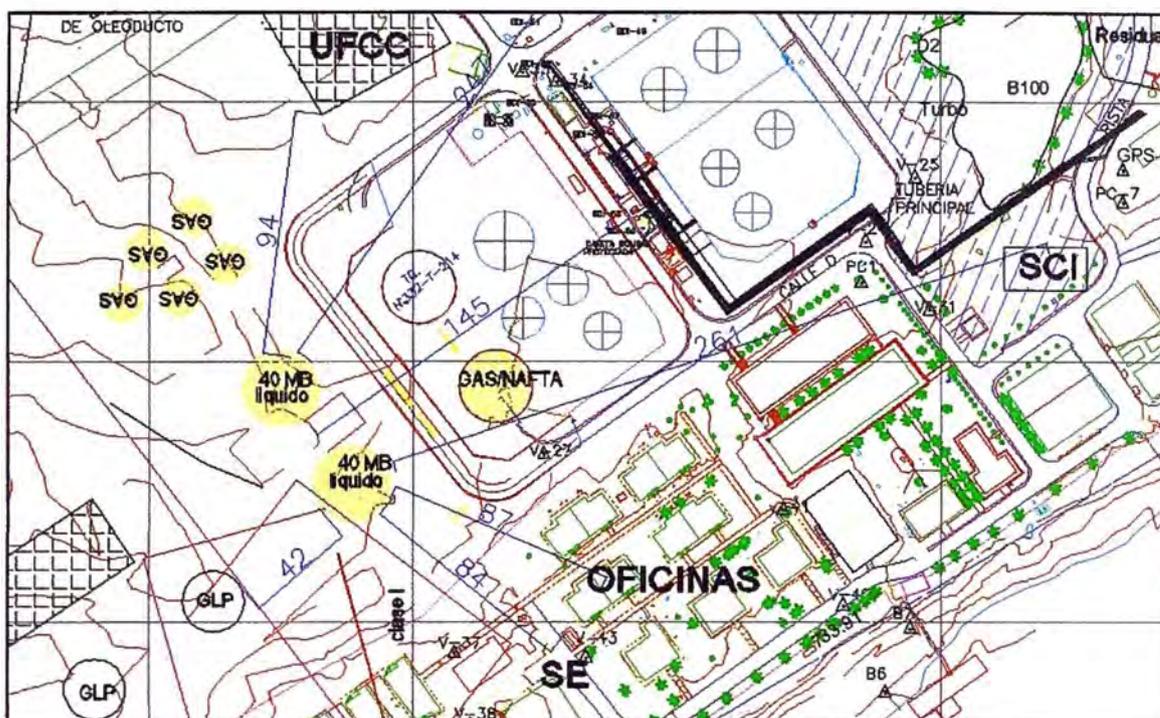


Figura N° 4.18: distanciamiento del tanque a equipos proyectados (Opción B)

Según la evaluación de distanciamientos seguros según el IRI no es aceptable el distanciamiento del tanque a las oficinas, por lo tanto se propone dos opciones de distribución A y B, ver los planos adjuntos.

Tabla N° 4.19: Distancia a equipos adyacentes

Tanque N°	Equipo	Distancia Real	Distancia IRI	Observación
Tanque 1	Sala de control	247 m	80 m	OK
Tanque 1	Área de procesos	94 m	91 m	OK
Tanque 1	Sub estación eléctrica	84 m	80 m	OK
Tanque 1	Oficinas	70 m	80 m	No cumple
Tanque 1	Patio de bombas	145 m	80 m	OK
Tanque 1	Contra incendio	261 m	107 m	OK
Tanque 1	Flare	402 m	107 m	OK

Es preciso mencionar que nacionalmente no existen restricciones por riesgo individual y social. Este análisis es una restricción de proyectos en algunos países como Reino Unido, Holanda, Japón y para fines conservadores se ha considerado el más exigente “Holanda”

Para la evaluación del riesgo se ha utilizado como herramienta el software para la evaluación de consecuencia en caso de una explosión; así mismo se ha considerado la probabilidad de ocurrencia en base al API 581.

Considerando el criterio de aceptación de riesgo individual y social a nivel internacional (Holandesa), se concluye que la mejor alternativa es la Opción A, debido a que el riesgo individual de la opción B no es aceptable y porque su riesgo social presenta 06 heridos por rotura de tímpanos. (ver Apéndice B)

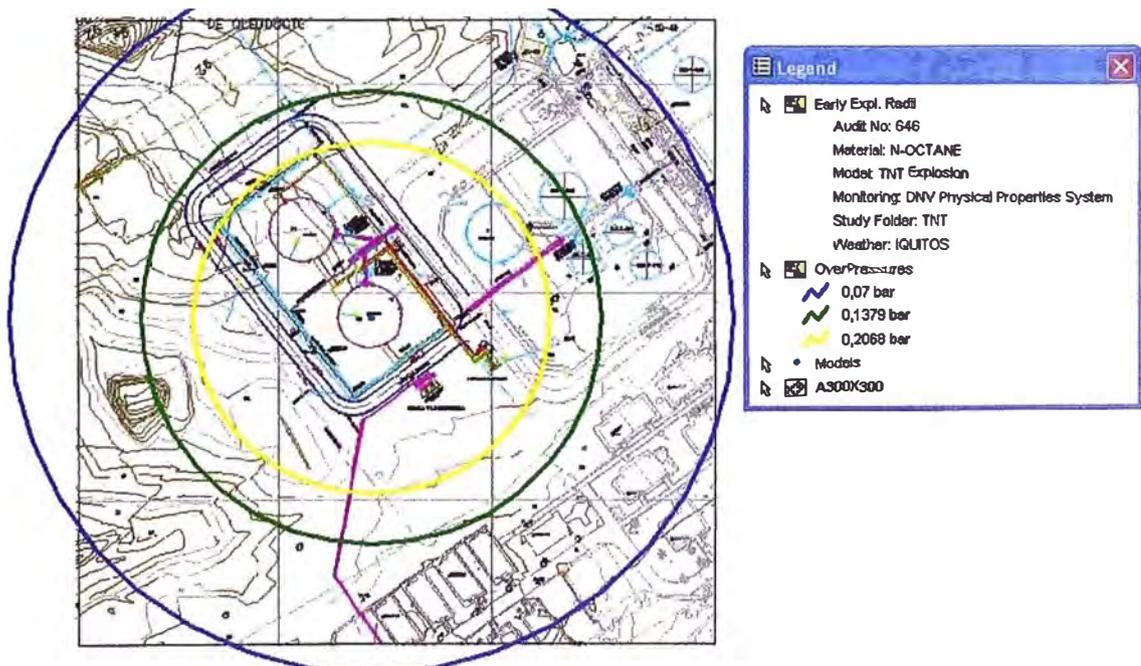


Figura N° 4.19: Radios de afectación de una explosión (Opción A)

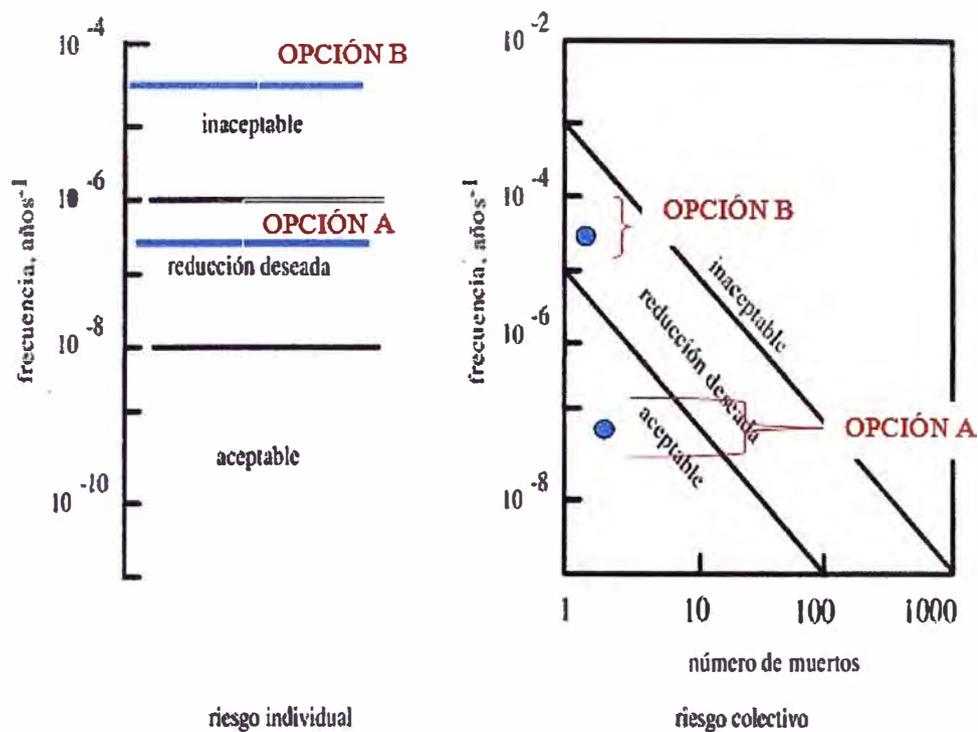


Figura N° 4.20: Riesgo individual y social del proyecto

En el apéndice N° B se muestra el detalle del cálculo de riesgo individual y social.

4.11 RESUMEN DE DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN

Tabla N° 4.20: Dimensiones del tanque de clase I

Volumen Útil (MB)	Volumen Nominal (MB)	Volumen Bruto (MB)	Diámetro (m)	Altura (m)	Altura de diseño (m)
45	50	53.4	30	12	11.25

Tabla N° 4.21: Relación de equipos en el tanque

ITEM	CANT	UND	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS (*)
TANQUE DE COMBUSTIBLE DE 30 M DE DIAMETRO Y 12 M ALTURA				
01	01	UND	Sábana Flotante Interna de aluminio	Tipo: Pontón Sello tipo pantografo Material: Aluminio
02	01	UND	Techo tipo domo	Material: Aluminio
03	01	UND	Válvula de presión y vacío	56 568 SCFH de aire en presión y 26 398 SCFH en vacío. (opcional)
SISTEMA CONTRAINCENDIO PARA EL TANQUE				
03	44	UND	Aspersor Spray Nozzles	50 GPM, ½" NPT K: 5.6 – 5.8, Listado UL Pn: 70 PSI – 100 PSI
04	02	UND	Cámara de Espuma	304 GPM, Listado UL Pn: 70 PSI – 100 PSI
05	01	UND	Tanque de espuma	Capacidad 2600 gal, Listado UL Proporcionados de 4"
06	2600	gal	Espuma AFFF	Tipo 3%, Listado UL

(*): La especificación técnica de los equipos se encuentra en apéndice C

CAPÍTULO V

DISEÑO MECÁNICO DEL TANQUE

5.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

Se presenta las siguientes consideraciones con respecto al tanque:

- Dimensiones de 30m de diámetro y 12 m de altura total.
- El margen por corrosión será de 1/16" o 1.6 mm.

La temperatura mínima y máxima de la zona es de 21 °C y 39 °C.

- Velocidad máxima de viento 5.13 Km/h (se considerará 15 km/hr)
- Dirección predominante del viento (variable).

Tabla N° 5.1: Parámetros meteorológicos de la zona

Meses	TEMPERATURA			VELOCIDAD DEL VIENTO			DIRECCIÓN DEL VIENTO
	°C			Km/h			
	Mín.	Máx.	Prom.	Mín.	Máx.	Prom.	
Enero	24.1	33.1	27.9	0.0	6.4	1.7	NE
Marzo	23.0	32.2	27.0	1.2	7.1	3	SW
Mayo	23.6	33.2	27.5	4.7	7.9	6.2	SE
Junio	22.7	33.2	26.6	1.9	7.6	4.3	NE
Setiembre	22.8	38.9	31.4	1.8	7.9	4.4	SSE
Octubre	23.4	37.2	29.9	1.2	8.5	4.0	SSE
Diciembre	22.5	34.1	27.7	1.4	5.2	3.0	SSW
Prom 2011	21.91	30.53	25.74	0.85	5.13	2.89	

Fuente: Senamhi

Las propiedades del producto se puede tomar como referencia las propiedades de la Nafta Craqueada procedente de Refinería Talara, la cual es el principal componente para la formulación de gasolinas comerciales.

Las propiedades a 40°C (temperatura de almacenamiento) son las siguientes:

Tabla N° 5.2: Propiedades del producto de almacenamiento.

Propiedad	Valor@40°C
• Temperatura @Presión de almacén.	38°C@14,75 psia
• API@60°F.	61
• Densidad de líquido.	44,62 lb/ft ³ (746 kg/m ³)
• Viscosidad de líquido.	0,35 cP
• Presión de vapor.	7,89 psia
• Conductividad térmica de líquido.	0,13 W/m-K
• Capacidad calorífica de líquido.	2 kJ/kg-K (Según correlación en Chemcad 5.5)
• Punto de inflamación.	-48 °C (-54°F)
• Temperatura de ebullición del líquido (VAP).	107 °C (224 °F)
• Calor de Combustión del líquido (ΔH_c).	4,71E+04 kJ/kg
• Calor de Vaporización en punto de ebullición de líquido (ΔH^*).	293,8 kJ/kg
• Densidad del vapor en el punto de ebullición del líquido (ρ_v).	0,18 lb/ft ³ (2,93 kg/m ³)

5.2 SELECCIÓN DEL MATERIAL DEL CILINDRO Y DEL FONDO

Considerando el material disponible en el mercado, se selecciona el ASTM A36 el cual pertenece al Grupo I de la clasificación del API 650.

Tabla N° 5.3: Grupos de materiales según el API 650.

Table 4-4a—(SI) Material Groups (See Figure 4-1a and Note 1 Below)

Group I As Rolled, Semi-Killed		Group II As Rolled, Killed or Semi-Killed		Group III As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group IIIA Normalized, Killed Fine-Grain Practice	
Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes
A 283M C	2	A 131M B	7	A 573M-400		A 131M CS	
A 285M C	2	A 36M	2, 6	A 516M-380		A 573M-400	10
A 131M A	2	G40.21-260W		A 516M-415		A 516M-380	10
A 36M	2, 3	Grade 250	5, 8	G40.21-260W	9	A 516M-415	10
Grade 235	3, 5			Grade 250	5, 9	G40.21-260W	9, 10
Grade 250	6					Grade 250	5, 9, 10
Group IV As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group IVA As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group V Normalized, Killed Fine-Grain Practice		Group VI Normalized or Quenched and Tempered, Killed Fine-Grain Practice Reduced Carbon	
Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes
A 573M-450		A 662M C		A 573M-485	10	A 131M EH 36	
A 573M-485		A 573M-485	11	A 516M-450	10	A 633M C	
A 516M-450		G40.21-300W	9, 11	A 516M-485	10	A 633M D	
A 516M-485		G40.21-350W	9, 11	G40.21-300W	9, 10	A 537M Class 1	
A 662M B				G40.21-350W	9, 10	A 537M Class 2	13
G40.21-300W	9					A 678M A	
G40.21-350W	9					A 678M B	13
E 275	4, 9					A 737M B	
E 355	9					A 841M, Grade A, Class 1	12, 13, 14
Grade 275	5, 9					A 841M, Grade B, Class 2	12, 13, 14

Notes:

- Most of the listed material specification numbers see ASTM specifications (including Grade or Class); there are, however, some exceptions: G40.21 (including Grade) is a CSA specification; Grades E 275 and E 355 (including Quality) are contained in ISO 630; and Grade 235, Grade 250, and Grade 275 are related to national standards (see 4.2.5).
- Must be semi-killed or killed.
- Thickness ≤ 20 mm.
- Maximum manganese content of 1.5%.
- Thickness 20 mm maximum when controlled-rolled steel is used in place of normalized steel.
- Manganese content shall be 0.80% – 1.2% by heat analysis for thicknesses greater than 20 mm, except that for each reduction of 0.01% below the specified carbon maximum, an increase of 0.06% manganese above the specified maximum will be permitted up to the maximum of 1.35%. Thicknesses ≤ 20 mm shall have a manganese content of 0.80% – 1.2% by heat analysis.
- Thickness ≤ 25 mm.
- Must be killed.
- Must be killed and made to fine-grain practice.
- Must be normalized.
- Must have chemistry (heat) modified to a maximum carbon content of 0.20% and a maximum manganese content of 1.60% (see 4.2.6.4).
- Produced by the thermo-mechanical control process (TMCP).
- See 5.7.4.6 for tests on simulated test coupons for material used in stress-relieved assemblies.
- See 4.2.9 for impact test requirements (each plate-as-rolled tested).

El material deberá ser del grupo I de la clasificación del API 650, por lo tanto podrá ser de material ASTM A36 ó A283 de los cuales el más recomendable es el A283 ya que tiene una mejor soldabilidad por tener menor porcentaje de carbono en su estructura cristalina. Sin embargo el ASTM A283 es poco comercial nacionalmente y como alternativa se puede utilizar el ASTM A36.

El ASTM A36 tiene limitaciones de espesores, pues el API 650 no permite este material para espesores mayores a 20 mm. Sin embargo considerando que el tanque de 50 MB es pequeño y sus espesores no superan los 20 mm se seleccionará el ASTM A36 por tener mayor resistencia mecánica que el ASTM A283

El material ASTM A36 tiene las siguientes características:

Esfuerzo de diseño: $S_d = 160$ MPa;

Esfuerzo de prueba hidrostática: $S_t = 171$ MPa

Tabla N° 5.4: Esfuerzo permisible del material seleccionado

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

Plate Specification	Grade	Plate Thickness t mm	Minimum Yield Strength Mpa	Minimum Tensile Strength Mpa	Product Design Stress S_d Mpa	Hydrostatic Test Stress S_t Mpa
ASTM Specifications						
A 283M	C		205	380	137	154
A 285M	C		205	380	137	154
A 131M	A, B, CS		235	400	157	171
A 36M	—		250	400	160	171
A 131M	EH 36		360	490 ^a	196	210
A 573M	400		220	400	147	165
A 573M	450		240	450	160	180
A 573M	485		290	485 ^a	193	208
A 516M	380		205	380	137	154

Considerando que el material pertenece al grupo I y máximo espesor a utilizar en la estructura es 20 mm (3/4 pulg) y que la temperatura crítica es de 10 °C; se concluye que el material no requiere la prueba de impacto.

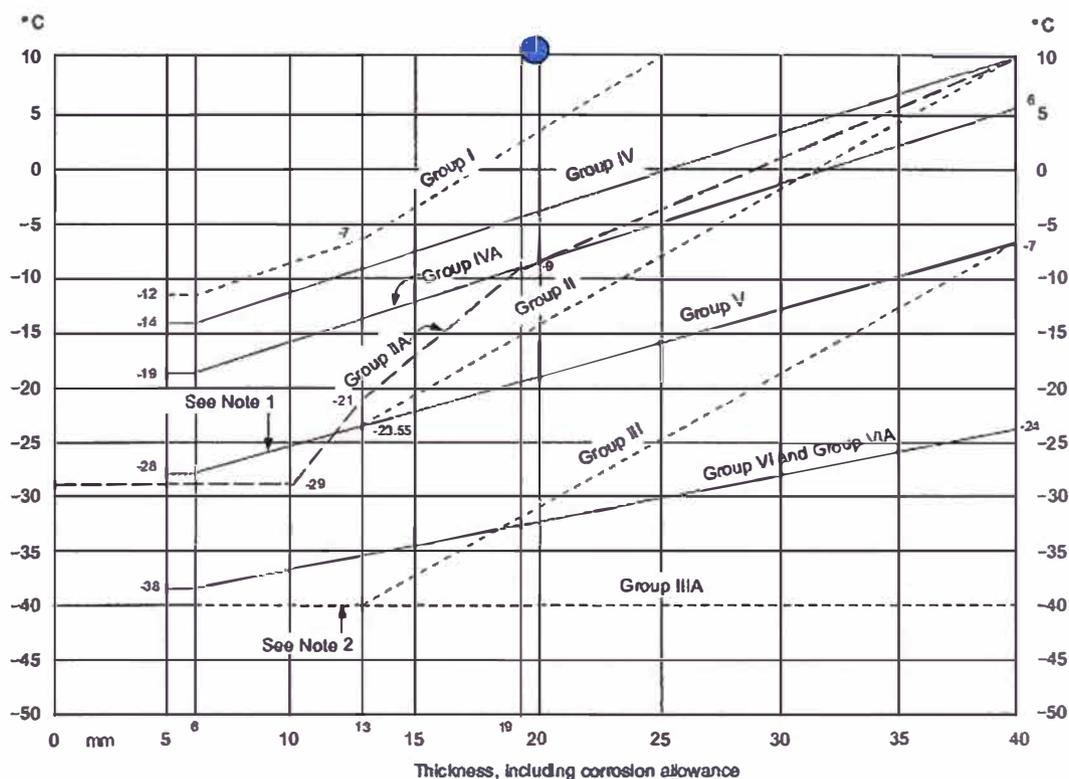


Figura N° 5.1: Verificación de requerimientos de prueba de Impacto

5.3 CÁLCULO DE LAS PLANCHAS DEL CILINDRO

El espesor del cilindro corresponde al mayor de los espesores obtenidos bajo las condiciones de diseño, o bajo las condiciones de prueba hidrostática. Estos espesores no deben ser inferiores a los señalados en la siguiente tabla:

Tabla N° 5.5: Espesores mínimos de las planchas del cilindro

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

Fuente: Sección 5.6 ESTÁNDAR API 650-MAY 1, 2010

El cálculo del espesor bajo la condición de diseño se establece en base, al nivel del líquido que será almacenado en el interior del tanque, la tensión, la gravedad específica del fluido y el sobre espesor por corrosión.

Por otro lado el cálculo del espesor por condiciones de prueba hidrostática, se obtiene con el mismo nivel de diseño, pero se utiliza la gravedad específica del agua y la tensión máxima de prueba hidrostática.

Se debe verificar la estabilidad del cilindro frente al pandeo generado por la presión del viento sobre las paredes del tanque. Para restringir el pandeo se utilizan atiesadores intermedios (wind girders) o aumentar el espesor de las paredes, entre otros. Se debe tener en cuenta que la tensión calculada para cada anillo del cilindro no debe ser mayor que la tensión permitida por el material utilizado. Además el espesor de un anillo inferior debe ser mayor o igual al anillo que se encuentra sobre él.

METODO DE UN PIE

Con la aplicación de este método se calcula el espesor requerido de la pared del tanque, por condiciones de diseño y por condiciones de prueba hidrostática, considerando una sección transversal ubicada a 30.48 cm. (1 pie) por sobre la unión entre. Este método solo es aplicable a tanques que tienen un diámetro menor o igual a 200 pies.

En base a lo expuesto anteriormente se tiene:

$$t_d = 4.9 \times D \times (H - 0.3) \times G / S_d + C.A$$

$$t_t = 4.9 \times D \times (H - 0.3) / S_t$$

Donde:

t_d = Espesores por condiciones de diseño (mm).

t_t = Espesores por condiciones de prueba hidrostática (mm).

D = Diámetro nominal del tanque (m): 30 m

H = Altura de diseño del nivel del líquido, desde la base hasta la altura de llenado (m): 11.25 m; el máximo crítico es 12 m

G = Densidad relativa del líquido a almacenar: 0.85

CA = Corrosión permisible (mm) : 1.6 mm

t_d = Esfuerzo permisible por condiciones de diseño (MPa).

t_t = Esfuerzo permisible por prueba hidrostática (MPa).

Remplazando tenemos:

Para el anillo 1:

$$td = 4.9 \times 30 \times (12 - 0.3) \times 0.85 / Sd + 1.6 = 10.73 \text{ mm}$$

$$tt = 4.9 \times 30 \times (12 - 0.3) / St = 10.02 \text{ mm}$$

Espesor mínimo calculado = 10.73 mm

Espesor seleccionado = 12 mm (1/2 pulg)

Para el anillo 2:

$$td = 4.9 \times 30 \times (10.5 - 0.3) \times 0.85 / Sd + 1.6 = 9.55 \text{ mm}$$

$$tt = 4.9 \times 30 \times (10.5 - 0.3) / St = 8.73 \text{ mm}$$

Espesor mínimo calculado = 9.55 mm

Espesor seleccionado = 12 mm (1/2 pulg)

Para el anillo 3:

$$td = 4.9 \times 30 \times (9.0 - 0.3) \times 0.85 / Sd + 1.6 = 8.38 \text{ mm}$$

$$tt = 4.9 \times 30 \times (9.0 - 0.3) / St = 7.45 \text{ mm}$$

Espesor mínimo calculado = 8.38 mm

Espesor seleccionado = 10 mm (3/8 pulg)

Para el anillo 4:

$$td = 4.9 \times 30 \times (7.5 - 0.3) \times 0.85 / Sd + 1.6 = 7.21 \text{ mm}$$

$$tt = 4.9 \times 30 \times (7.5 - 0.3) / St = 6.16 \text{ mm}$$

Espesor mínimo calculado = 7.21 mm

Espesor seleccionado = 8 mm (5/16 pulg)

Para el anillo 5:

$$td = 4.9 \times 30 \times (6.0 - 0.3) \times 0.85 / Sd + 1.6 = 6.04 \text{ mm}$$

$$tt = 4.9 \times 30 \times (6.0 - 0.3) / St = 4.88 \text{ mm}$$

Espesor mínimo calculado = 6.04 mm

Espesor seleccionado = 8 mm (5/16 pulg)

Para el anillo 6:

$$td = 4.9 \times 30 \times (4.5 - 0.3) \times 0.85 / Sd + 1.6 = 4.87 \text{ mm}$$

$$tt = 4.9 \times 30 \times (4.5 - 0.3) / St = 3.59 \text{ mm}$$

Espesor mínimo calculado = 4.87 mm

Espesor seleccionado = 6 mm (1/4 pulg)

Para el anillo 7:

$$td = 4.9 \times 30 \times (3.0 - 0.3) \times 0.85 / Sd + 1.6 = 3.7 \text{ mm}$$

$$tt = 4.9 \times 30 \times (3.0 - 0.3) / St = 2.31 \text{ mm}$$

Espesor mínimo calculado = 3.7 mm

Espesor seleccionado = 6 mm (1/4 pulg)

Para el anillo 8:

$$td = 4.9 \times 30 \times (1.5 - 0.3) \times 0.85 / Sd + 1.6 = 2.52 \text{ mm}$$

$$tt = 4.9 \times 30 \times (1.5 - 0.3) / St = 1.03 \text{ mm}$$

Espesor mínimo calculado = 2.52 mm

Espesor seleccionado = 6 mm (1/4 pulg)

Tabla N° 5.6: Resumen de cálculo de espesores del cilindro

Descripción	Altura de diseño "H" (m)	tdiseño (mm)	thidrostatico (mm)	tselec (mm)	tnominal (in)
Anillo no.1	12,00	10.73	10.02	12.000	1/2"
Anillo no.2	10,50	9.55	8.73	12.000	1/2"
Anillo no.3	9,00	8.38	7.45	9.000	3/8"
Anillo no.4	7,50	7.21	6.16	8.000	5/16"
Anillo no.5	6,00	6.00	4.88	8.000	5/16"
Anillo no.6	4,50	4.87	3.59	6.000	1/4"
Anillo no.7	3,00	3.70	2.31	6.000	1/4"
Anillo no.8	1,50	2.52	1.03	6.000	1/4"

5.4 CÁLCULO DE LAS PLANCHAS DEL FONDO

Todas las láminas del fondo deben tener un espesor nominal mínimo de 6 mm (1/4"), excluyendo cualquier sobre espesor de corrosión - Según Ítem 5.4.1.

$$t_f = 6 + CA$$

Donde:

t_f = Espesores por condiciones de diseño del fondo (mm).

CA = Corrosión permisible (mm) : 1.6 mm

Remplazando tenemos:

$$t_f = 6 + 1.6 = 7.6 \text{ mm}$$

Por lo tanto seleccionamos a las planchas del fondo: 8 mm (5/16)

5.5 CÁLCULO DE LAS PLANCHAS ANULARES DEL FONDO

Las planchas anulares es una alternativa de diseño es muy utilizada para las facilidades de constructivas del cilindro.

El espesor deberá ser como mínimo igual a las planchas del fondo, por lo que seleccionaremos un espesor comercial superior a las planchas del fondo:

Por lo tanto seleccionamos a las planchas anulares del fondo: 9 mm (3/8")

Al utilizar placa anular debe tener un ancho radial de por lo menos 600 mm (24 in), medida que va desde el interior del cilindro hasta cualquier cordón de soldadura perteneciente al fondo del tanque, y a lo menos 50 mm fuera del cilindro.

Cuando se requiere un ancho radial mayor al mencionado anteriormente, este se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Stv1 = 215 \times tb / (HG)^{0.5}$$

Donde:

Stv1: Longitud radial del anillo del fondo anular m (ft)

G: Densidad relativa del líquido a almacenar: 0.85

H: Altura del nivel de diseño del producto m(ft): 10.8 mm

t: Espesor de la placa anular mm (in) : 10 mm (3/8 pulg) “Un espesor superior a las planchas del fondo.

Reemplazando tenemos:

$$Stv1 = 215 \times 10 / (10.8 \times 0.85)^{0.5} = 709 \text{ mm}$$

Considerando que la placa anular se extiende 50 mm desde el cilindro hacia afuera, seleccionamos como ancho de la plancha anular 760 mm.

5.6 CÁLCULO DEL ÁNGULO DE RIGIDEZ DEL TOPE

Para un tanque de cuerpo cilíndrico no-rigidizado, sujeto a una presión externa suficiente para producir deformación, la deformación se producirá en el campo elástico.

Tabla 5.7. Ángulos rigidizadores del tope del cilindro del tanque

Tank Diameter (D)	Minimum Top Angle Size ^a (mm)	Minimum Top Angle Size ^a (in.)
$D \leq 11 \text{ m}$, ($D \leq 35 \text{ ft}$)	50 x 50 x 5	2 x 2 x $\frac{3}{16}$
11 m < $D \leq 18 \text{ m}$. (35 ft < $D \leq 60 \text{ ft}$)	50 x 50 x 6	2 x 2 x $\frac{1}{4}$
$D > 18 \text{ m}$. ($D > 60 \text{ ft}$)	75 x 75 x 10	3 x 3 x $\frac{3}{8}$

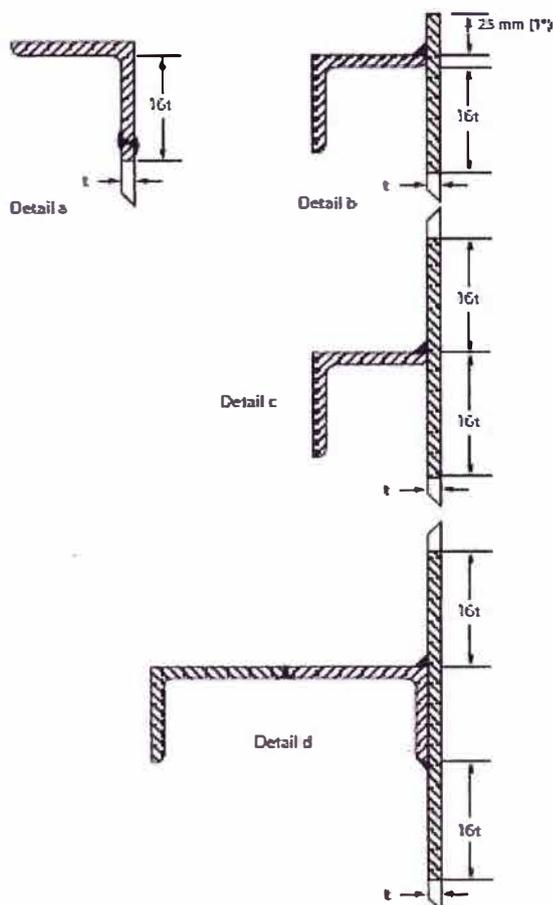


Figura 5.2: Detalle de los ángulos de rigidez

Evaluación de la rigidez del tanque:

Según el enunciado correspondiente de vigas de rigidez (stiffening ring) del API 650 la sección del perfil superior en un tanque a raíz de las cargas de viento se puede verificar con la siguiente relación.

$$Z = \frac{D^2 H_2}{17} \left(\frac{V}{190} \right)^2$$

Dónde:

Z = Modulo mínimo de sección requerido para el perfil superior (cm³).

H₂ = Altura del tanque (m). : 12 m

D = Diámetro nominal del tanque (m) : 30 m

V = Velocidad del viento (km/h). 25 Km/h según datos meteorológicos

Tabla 5.8. Momento de inercia de los rigidizadores del tope

Table 5-20a—(SI) Section Moduli (cm³) of Stiffening-Ring Sections on Tank Shells

Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6
Member Size	As-Built Shell Thickness (mm)				
mm	5	6	8	10	11
Top Angle: Figure 5-24, Detail a					
65 × 65 × 6	6.58	6.77	—	—	—
65 × 65 × 8	8.46	8.63	—	—	—
75 × 75 × 10	13.82	13.97	—	—	—
Curb Angle: Figure 5-24, Detail b					
65 × 65 × 6	27.03	28.16	—	—	—
65 × 65 × 8	33.05	34.67	—	—	—
75 × 75 × 6	35.98	37.49	—	—	—
75 × 75 × 10	47.24	53.84	—	—	—
100 × 100 × 7	63.80	74.68	—	—	—
100 × 100 × 10	71.09	87.69	—	—	—
One Angle: Figure 5-24, Detail c (See Note)					
65 × 65 × 6	28.09	29.15	30.73	32.04	32.69
65 × 65 × 8	34.63	36.20	38.51	40.32	41.17
100 × 75 × 7	60.59	63.21	66.88	69.48	70.59
102 × 75 × 8	66.97	70.08	74.49	77.60	78.90
125 × 75 × 8	89.41	93.71	99.86	104.08	105.78
125 × 75 × 10	105.20	110.77	118.97	124.68	126.97
150 × 75 × 10	134.14	141.38	152.24	159.79	162.78
150 × 100 × 10	155.91	171.17	184.11	193.08	196.62

Remplazando tenemos:

$$Z = 30^2 \times 12/17 \times (25/190)^2 = 11 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto según la tabla 5-20 del API 650 como mínimo el ángulo de rigidez del tanque será de 3"x3"x3/8", así mismo la dimensión del lado del ángulo de rigidez deberá ser 16" veces el espesor del ultimo anillo del cilindro (1/4"); como 16 veces 1/4" resulta 4 " por lo tanto seleccionamos como ángulo de rigidez a L 4"x4"x3/8".

5.7 CÁLCULO DEL ANGULO DE RIGIDEZ INTERMEDIO

Según el enunciado del API 650 la máxima altura del cilindro del tanque sin ser rigidizada por un anillo intermedio puede ser calculada con la siguiente relación.

$$H_1 = 9.47t \sqrt{\left(\frac{t}{D}\right)^3 \left(\frac{190}{V}\right)^2}$$

Dónde:

H1 = Distancia entre el rigidizador intermedio y el ángulo superior (m).

t = Espesor nominal de la plancha del casco superior (mm): 6 mm

D = Diámetro nominal del tanque (m): 30 m

V = Velocidad del viento (km/h). El proyecto considera velocidad básica del viento 25 kmp como promedio.

Remplazando tenemos:

$$H1 = 9.47 \times 6 \times (6/30)^{3/2} \times (25/190)^2 = 293 \text{ m}$$

Por lo tanto no requiere rigidizadores intermedios

5.8 CÁLCULO DEL TECHO TIPO DOMO

El cálculo del techo tipo domo está en función de la velocidad del viento y de una carga uniforme sobre el techo.

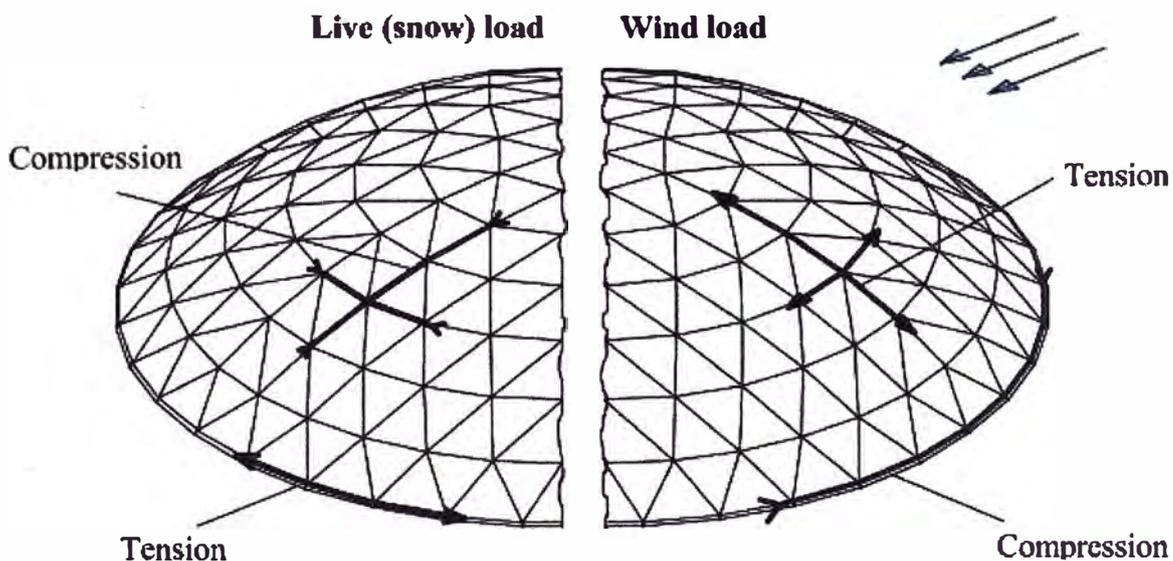


Figura 5.3: Cargas sobre el techo tipo domo

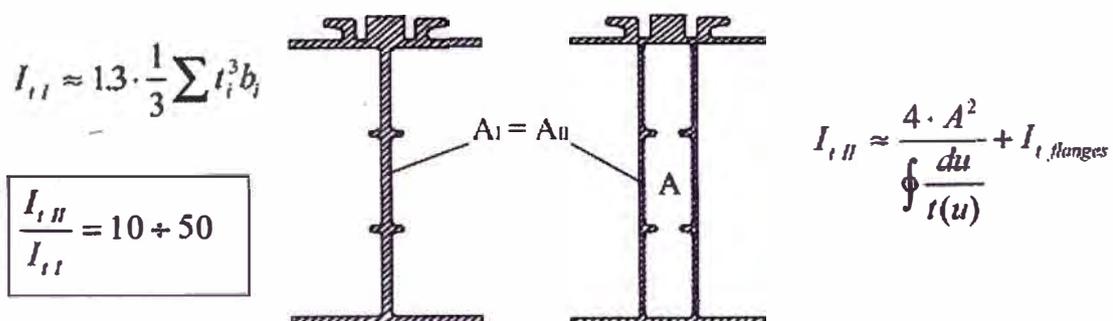


Figura 5.4: Perfiles del techo tipo domo

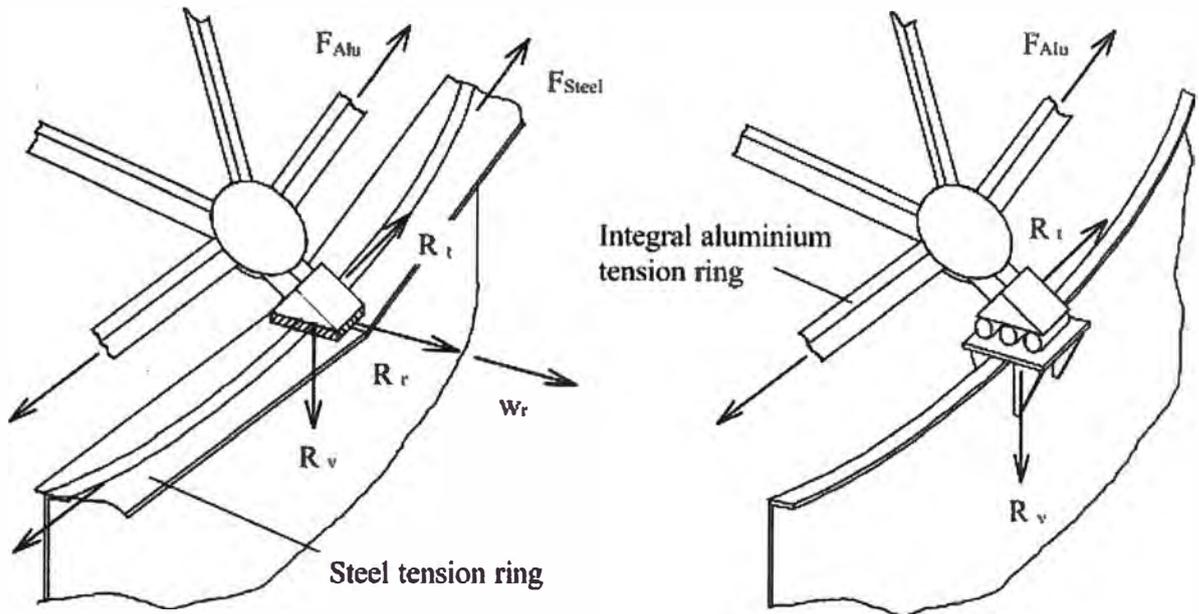


Figura 5.5: Soportes del techo tipo domo

Tabla 5.9. Cargas en los soportes del techo tipo domo

	Wind load: $v = 160 \text{ km/h}$		Live (snow) load: $q = 1250 \text{ N/m}^2$	
	Fixed support	Sliding support	Fixed support	Sliding support
F_{Steel} [kN]	-540	----	650	----
F_{Alu} [kN]	-60	-544	68	700
R_t [kN]	66	36	0	0
R_v [kN]	-54	-54	64	60
R_r [kN]	-68 *)	0	77 *)	0
W_r [mm]	-10	-48	10	53

5.9 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL TANQUE

5.9.1 Estabilidad por viento

Según el enunciado del API 650 permite estimar el máximo momento de volcadura con respecto al viento.

Los tanques no anclados deben satisfacer los dos criterios que se indican a continuación:

1. $0,6 M_w + M_{pi} < M_{dl} / 1,5$
2. $M_w + 0,4 M_{pi} < (M_{dl} + MF)/2$

Dónde:

1. M_{pi} = Momento respecto a la junta Cuerpo - Fondo, debido a la presión interna
2. M_w = Momento resistente al volteo respecto a la junta Cuerpo-Fondo, debido a la presión del viento
3. M_{dl} = Momento resistente al volteo respecto a la junta Cuerpo-Fondo, debido al peso del cuerpo, y al peso del techo, soportado por el cuerpo
4. MF = Momento respecto a la junta Cuerpo-Fondo, debido al líquido contenido en el tanque, y equivalente.

Si $M_{dl}/1,5 > 0,6 M_w + M_{pi}$, en tanque no requiere pernos de anclaje por viento

Si $(M_{dl} + MF)/2 > M_w + M_{pi}$, No se requiere pernos de anclaje por viento

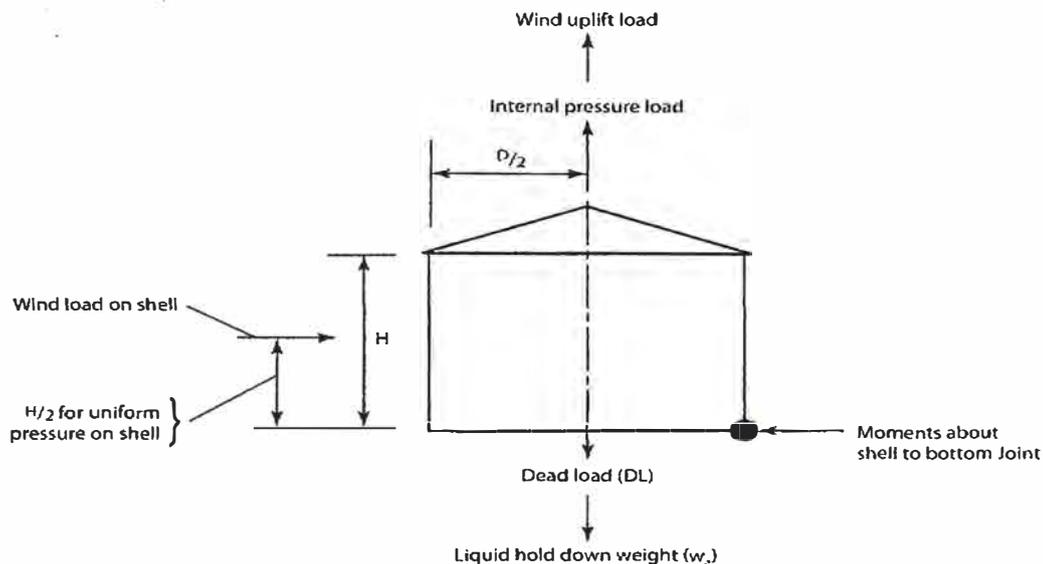


Figura 5.6: Efectos de carga por viento

5.9.2 Estabilidad por sismo

Según el Apéndice E del API 650, establece la opción de diseñar la estructura del tanque en función de riesgo de sismo y factores de comprensibilidad. Este apéndice es opción del cliente. En esta memoria de cálculo se incluye el efecto del sismo, el análisis se realizara en base al Apéndice E - (API 650), API Estándar 650- 11th Edition, Addendum 2: November 2009 Effective Date: May 1, 2010.

5.10 ACCESORIOS DEL TANQUE

Plataformas, pasadisos y escaleras

Según el API 650 Acápite 5.8.10 las plataformas, pasadizos y escaleras deben cumplir los requerimientos de las tablas 5-17, 5-18 y 5-19 así mismo la OSHA 28 CFR 1910, Subparte D.

Boquillas y accesorios:

Según el API 650 Acapite 5.8.10 las plataformas

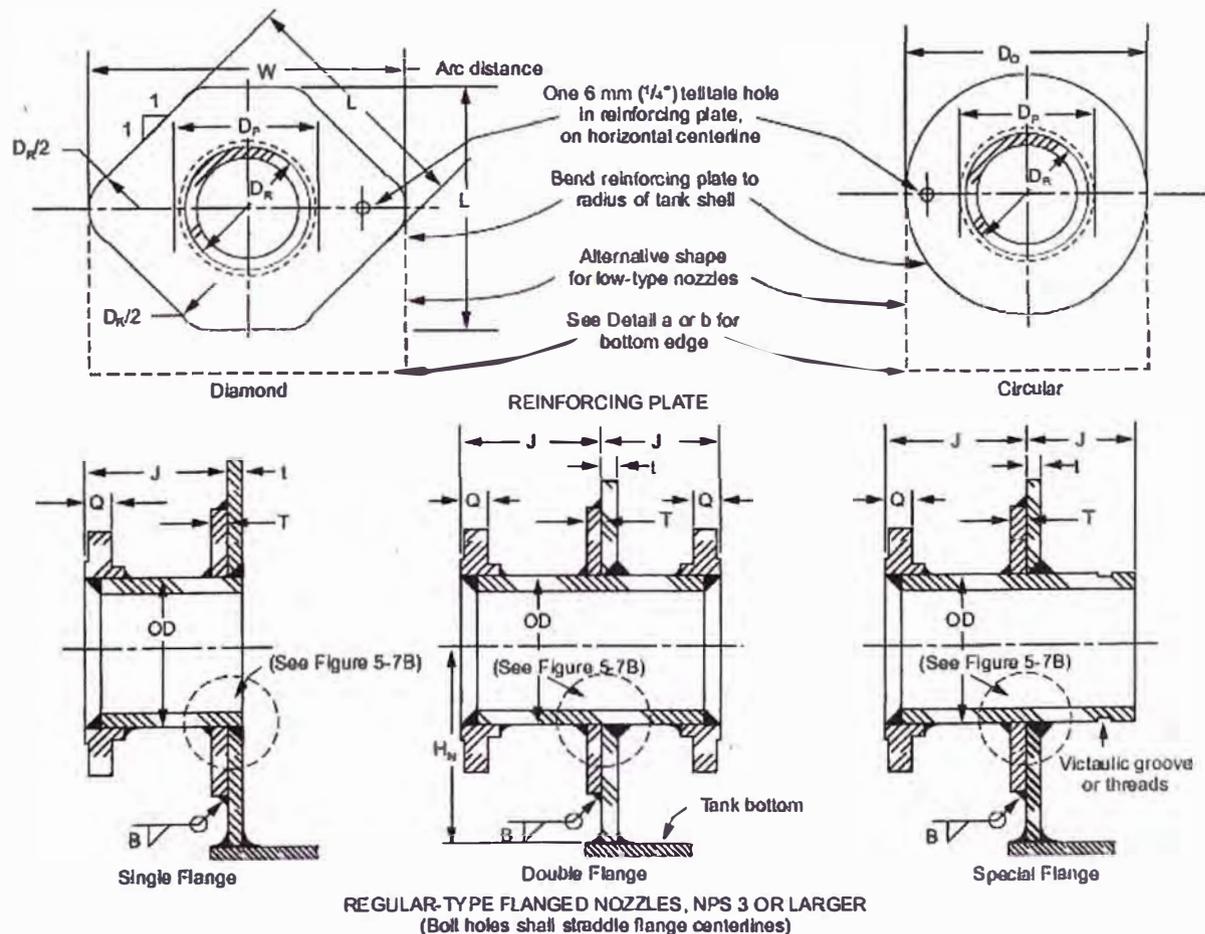


Figura 5.7: Detalle típico de las boquillas

Tabla N° 5.10: Dimensiones típicas de las boquillas

Table 5-6a—(SI) Dimensions for Shell Nozzles (mm)

Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6	Column 7	Column 8	Column 9 ^c
NPS (Size of Nozzle)	Outside Diameter of Pipe OD	Nominal Thickness of Flanged Nozzle Pipe Wall ^a t_n	Diameter of Hole in Reinforcing Plate D_R	Length of Side of Reinforcing Plate ^b or Diameter $L = D_o$	Width of Reinforcing Plate W	Minimum Distance from Shell-to-Flange Face J	Minimum Distance from Bottom of Tank to Center of Nozzle Regular Type ^d H_N	Low Type C
Flanged Fittings								
48	1219.2	e	1222	2455	2970	400	1334	1230
46	1168.4	e	1172	2355	2845	400	1284	1180
44	1117.6	e	1121	2255	2725	375	1234	1125
42	1066.8	e	1070	2155	2605	375	1184	1075
40	1016	e	1019	2050	2485	375	1131	1025
38	965.2	e	968	1950	2355	350	1081	975
36	914.4	e	918	1850	2235	350	1031	925
34	863.6	e	867	1745	2115	325	979	875
32	812.8	e	816	1645	1995	325	929	820
30	762.0	e	765	1545	1865	300	879	770
28	711.2	e	714	1440	1745	300	826	720
26	660.4	e	664	1340	1625	300	776	670
24	609.6	12.7	613	1255	1525	300	734	630
22	558.8	12.7	562	1155	1405	275	684	580
20	508.0	12.7	511	1055	1285	275	634	525
18	457.2	12.7	460	950	1160	250	581	475
16	406.4	12.7	410	850	1035	250	531	425
14	355.6	12.7	359	750	915	250	481	375
12	323.8	12.7	327	685	840	225	449	345
10	273.0	12.7	276	585	720	225	399	290
8	219.1	12.7	222	485	590	200	349	240
6	168.3	10.97	171	400	495	200	306	200
4	114.3	8.56	117	305	385	175	259	150
3	88.9	7.62	92	265	345	175	239	135
2 ^f	60.3	5.54	63	—	—	150	175	h
1½ ^f	48.3	5.08	51	—	—	150	150	h
1 ^f	33.4	6.35	—	—	—	150	150	h
¾ ^f	26.7	5.54	—	—	—	150	150	h

5.11 REQUERIMIENTOS DE LA SOLDADURA

Según el API 650 Acápite 4.8 los electrodos de soldadura tendrán las siguientes características:

Para materiales con esfuerzo de fluencia menor que 550 MPa (80 ksi), la soldadura por arco manual debe ser con electrodo de una clasificación de la serie E60 y E70, la posición del electrodo y otros elementos esenciales serán de acuerdo a AWS A5.1.

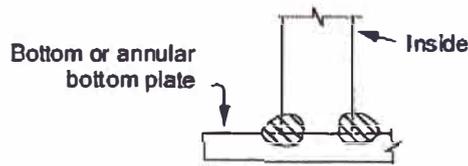
Para materiales con esfuerzo de fluencia entre 550 MPa – 585 MPa (80 ksi – 85 ksi), la soldadura por arco manual debe ser con electrodo de una clasificación de la serie E80XX-XC, la posición del electrodo y otros elementos esenciales serán de acuerdo a AWS A5.5.

Según el API 650 Acápite 5.1.5.2 los tipos de junta de soldadura tendrán las siguientes características:

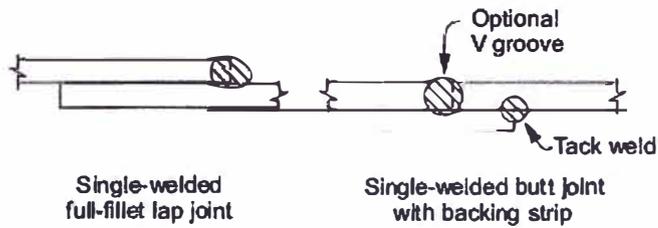
- a.- Las juntas verticales del cilindro debe ser a tope con penetración completa y fusión completa por ambos lados.
- b.- Las juntas verticales adyacentes al cilindro debe ser no alineada a menos de una distancia de $5t$ “donde t es el espesor más delgado del cilindro”.

Según el API 650 Acápite 5.1.5.4 los puntos de encuentros triples del cordones de soldadura deberán ubicarse a una distancia menor de 300 mm de la junta cilindro – fondo.

Para soldaduras del fondo se puede usar a tope con un backing de 1/8”



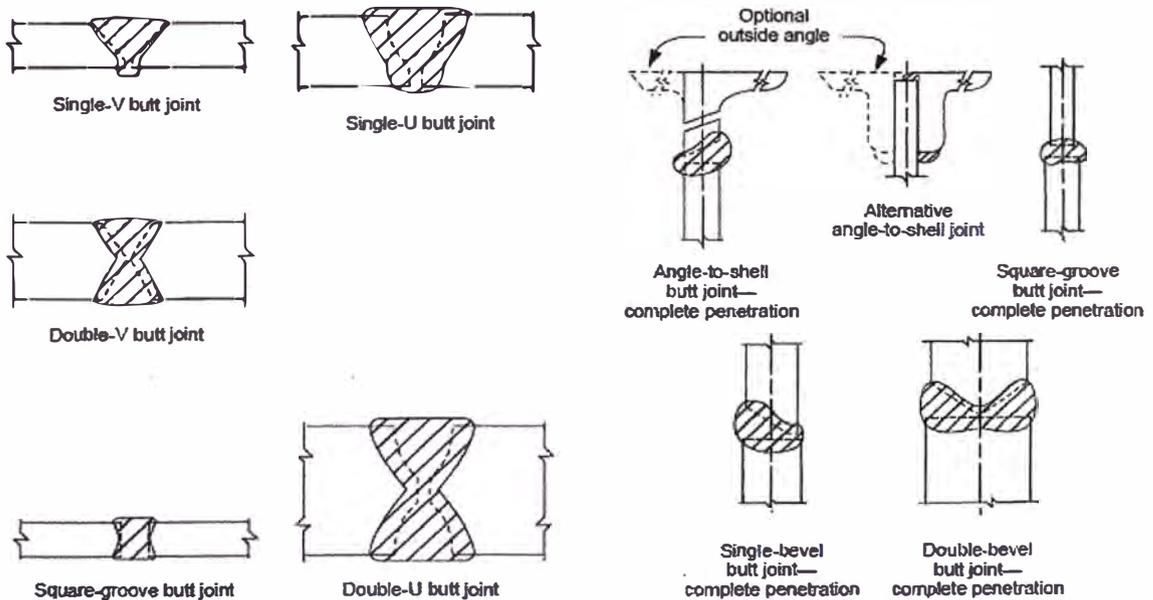
BOTTOM-TO-SHELL JOINT



BOTTOM-PLATE JOINTS

- Notes:
1. See 5.1.5.4 – 5.1.5.9 for specific requirements for roof and bottom joints.
 2. The alternative roof-to-shell joint is subject to the limitations of 5.1.5.9, Item f.

Figura 5.8: Soldadura típica de las planchas del fondo



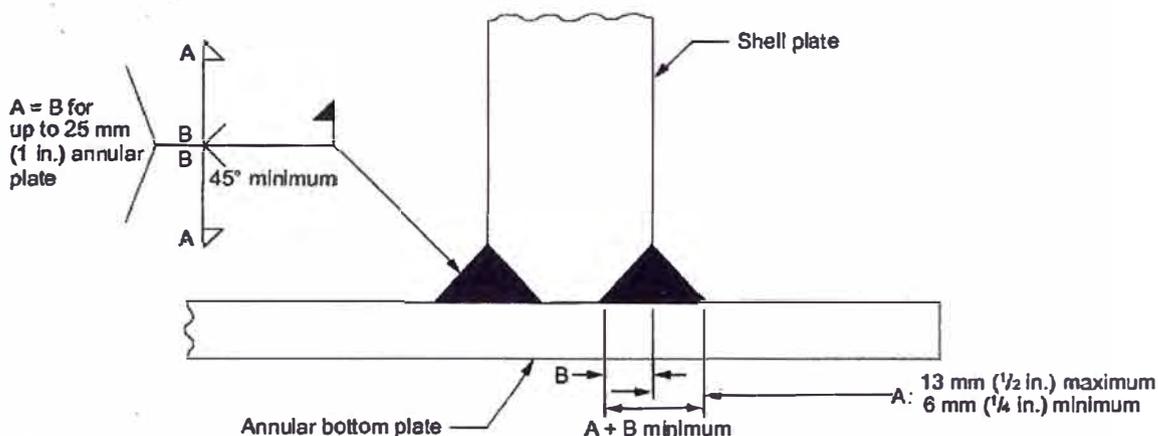
Note: See 5.1.5.2 for specific requirements for vertical shell joints.

Figure 5-1—Typical Vertical Shell Joints

Note: See 5.1.5.3 for specific requirements for horizontal shell joints.

Figure 5-2—Typical Horizontal Shell Joints

Figura 5.9: Soldadura típica del cilindro



Notes:

1. A = Fillet weld size limited to 13 mm ($\frac{1}{2}$ in.) maximum.
2. A + B = Thinner of shell or annular bottom plate thickness.

Figure 5-3C—Detail of Double Fillet-Groove Weld for Annular Bottom Plates with a Nominal Thickness Greater Than 13 mm ($\frac{1}{2}$ in.) (See 5.1.5.7, Item b)

Figura 5.10: Soldadura típica del cilindro con el fondo

Según el API 650 Acápito 5.1.5.7, la junta entre fondo y cilindro debe ser tipo filete por cada lado del cilindro; la dimensión del cordón de soldadura debe ser menor a $\frac{1}{2}$ pulg y no menor a la plancha más delgada entre el cilindro y el fondo, y no menor a lo indicado en la siguiente tabla:

Tabla N° 5.11: Dimensión mínima del cordón entre cilindro y fondo

Nominal Thickness of Shell Plate		Minimum Size of Fillet Weld	
(mm)	(in.)	(mm)	(in.)
5	0.1875	5	$\frac{3}{16}$
> 5 to 20	> 0.1875 to 0.75	6	$\frac{1}{4}$
> 20 to 32	> 0.75 to 1.25	8	$\frac{5}{16}$
> 32 to 45	> 1.25 to 1.75	10	$\frac{3}{8}$

CAPÍTULO VI

COSTOS

6.1 PRESUPUESTO GENERAL

El estimado de la inversión se resume en la siguiente tabla:

1	TRABAJOS PRELIMINARES		US\$	369 628.13
2	TRABAJOS DE HABILITACION		US\$	18 257.76
3	TRABAJOS CIVILES		US\$	2 207 292.35
4	TRABAJOS DE METALMECÁNICOS		US\$	934 339.20
5	EQUIPOS IMPORTADOS		US\$	652 416.39
6	INSTALACIONES ELECTRICAS		US\$	392 000.08
7	INSTALACIONES DE INSTRUMENTACIÓN		US\$	138 737.01
8	PRUEBAS O ENSAYOS		US\$	89 897.01
9	INFORME FINAL AS BUILT		US\$	2 776.00
10	CAPACITACION DEL PERSONAL		US\$	643.02
COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN			US\$	4 805 987
GASTOS GENERALES		15.62%	US\$	750 607
UTILIDAD DE COSTO DE INSTALACIÓN		10.00%	US\$	480 599
SUB TOTAL			US\$	6 037 192
IGV		18.00%	US\$	1 086 695
COSTO TOTAL INCLUIDO IGV			US\$	7123887

6.2 PRESUPUESTO DISGREGADO

COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN						
CODIGO	PARTIDA	UND	METR.	P.U.(US \$)	P.PARCIAL	TOTAL
01	TRABAJOS PRELIMINARES					369.628.13
02	TRABAJOS DE HABILITACION Y DESMONTAJE					18.257.76
02.01	RETIROS DE INSTALACIONES				18.257.76	
02.01.01	RETIRO DE LA MALLA PERIMETRICA EXISTENTE	glb	1.00	1.961.51	1.961.51	
02.01.02	TALA DE ARBOLES , MALEZA Y ARBUSTOS	m2	13.037.00	1.25	16.296.25	
03	TRABAJOS CIVILES					2.207.292.35
03.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS Y DEMOLICIONES				1.464.667.34	
03.02	RESANES				1.702.80	
03.03	INSTALACIONES DE MORTERO ARMADO				740.922.21	
03.03.01	CIMENTACIÓN DE TANQUE 332-T-216				65.395.27	
03.03.02	CIMENTACIÓN DE TANQUE 332-T-217				65.395.27	
03.03.03	SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL				19.210.63	
03.03.04	SISTEMA DE DRENAJE INDUSTRIAL				13.781.39	
03.03.05	LOSA DEL CUBETO				200.815.65	
03.03.06	MURO DE CONTENCIÓN DEL CUBETO				145.753.08	
03.03.07	CIMENTACIÓN DE SOPORTES DE TUBERÍAS				7.174.58	
03.03.08	PISTA DE ACCESO VEHICULAR				189.948.20	
03.03.09	CASETA DE BLADDER TANK				1.510.49	
03.03.10	CASETA DE SALA DE BOMBAS				12.411.20	
03.03.11	SUBESTACIÓN				19.526.45	
04	TRABAJOS METALMECANICOS					934.339.20
04.01	MONTAJE DE TANQUES				445.379.88	
04.01.01	SUMINISTRO Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS DE ACERO AL CARBONO, PLANCHAS, PERFILES, VIGAS (INCLUYE TRASLADO AL ÁREA DE MONTAJE)				415.834.16	
04.01.01.0	ROLADO DE PLANCHAS EN TALLER	kg	73.881.00	1.40	103.433.40	
04.01.01.0 ₂₁₇	SUMINISTRO Y MONTAJE DEL CILINDRO TANQUES 332-T-216 Y 332-T-217	kg	73.881.00	2.03	149.978.43	
04.01.01.0	SUMINISTRO Y MONTAJE DEL FONDO TANQUES 332-T-216 Y 332-T-217	kg	49.046.00	2.03	99.563.38	
04.01.01.0	SUMINISTRO Y MONTAJE DEL TECHO TANQUES 332-T-216 Y 332-T-217	kg	27.278.00	2.03	55.374.34	
04.01.01.0	SUMINISTRO Y MONTAJE DE ESCALERA DE ACCESO A CUBETO TANQUES 332-T-216 Y 332-T-217 (4 UNIDADES)	kg	3.687.00	2.03	7.484.61	
04.01.02	ACCESORIOS DE TANQUES 332-T-216 Y 332-T-217 (CILINDRO, FONDO Y TECHO)				29.545.72	
04.02	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SISTEMA DE TUBERÍAS DE HIDROCARBUROS TANQUES 332-T-216 Y 332-T-217				101.640.27	
04.03	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SISTEMA DE TUBERÍAS CONTRA INCENDIO TANQUES 332-T-216 Y 332-T-217				88.242.88	
04.04	ESTRUCTURAS METÁLICAS				134.528.78	
04.05	TRABAJOS DE ARENADO Y PINTADO EXTERIOR TANQUES 332-T-216 Y 332-T-217				164.347.39	

COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN						
CODIGO	PARTIDA	UND	METR.	P.U.(US \$)	P.PARCIAL	TOTAL
05	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE IMPORTACIÓN TANQUES 332-T-216 Y 332-T-217					652.416.39
05.01	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SÁBANA FLOTANTE INTERNA (INCLUYE SELLO Y TRASLADO AL ÁREA DE MONTAJE)	u	2.00	185.221.27	370.442.54	
05.02	SUMINISTRO E INSTALACIÓN TANQUE BLADDER PREPIPED HORIZONTAL DE 2600 GAL UL-FM, INCLUYE PROPORCIONADOR DE ESPUMA DE 6"	u	1.00	95.276.38	95.276.38	
05.03	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ELECTROBOMBA PARA TRANSFERENCIA DE GASOLINAS 2200 GPM	u	2.00	81.049.22	162.098.44	
05.04	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CAMARA DE ESPUMA MODELO FC 4.0 O SIMILAR	u	6.00	1.864.81	11.188.86	
05.05	SUMINISTRO E INSTALACIÓN MONITOR CONTRAINCENDIO Ó SIMILAR BRIDADO	u	4.00	1.653.03	6.612.12	
05.06	SUMINISTRO E INSTALACIÓN INSTALACIÓN DE MANÓMETROS	u	2.00	26.02	52.04	
05.07	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MEDIDOR DE FLUJO	u	1.00	171.27	171.27	
05.08	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BOQUILLAS MONITORAS	u	6.00	924.52	5.547.12	
05.09	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANGUERAS CONTRAINCENDIO (INCLUYE ACCESORIOS)	u	6.00	171.27	1.027.62	
06	INSTALACIONES ELECTRICAS					392.000.08
06.01	INSTALACIONES TANQUES 332-T-216 Y 332-T-217				84.288.58	
06.01.01	INSTALACION DE ILUMINACION PERIMETRAL				36.247.38	
06.01.02	INSTALACION PARA LA PUESTA A TIERRA				48.041.20	
06.03	INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN PARA BOMBAS				4.052.36	
06.04	INSTALACIÓN DE SISTEMA DE PROTECCIÓN ATMOSFÉRICA				36.631.92	
06.05	INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN NUEVA SUBESTACIÓN 06				262.669.95	
06.06	INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN PARA NUEVA SUBESTACION				1.395.80	
07	INSTALACIONES DE INSTRUMENTACIÓN					138.737.01
07.01	INSTALACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN DEL TANQUE 332-T-216				49.626.18	
07.01.01	INSTALACION DE MEDIDOR DE NIVEL TIPO RADAR DEL TANQUE	u	1.00	16.957.18	18.957.18	
07.01.02	INSTALACION MEDICION DE TEMPERATURA Y NIVEL DE AGUA DEL TANQUE	u	1.00	10.957.18	10.957.18	
07.01.03	INSTALACION ACTUADOR ELECTRICO	u	1.00	4.095.72	4.095.72	
07.01.04	PREFABRICADO E INSTALACION DE SOPORTE PARA TUBERIA CONDUIT 3/4"Ø	u	13.00	13.78	179.14	
07.01.05	INSTALACION DE TUBERIA CONDUIT DE 3/4"Ø EN TANQUE	pza	20.00	33.26	665.20	
07.01.06	INSTALACION DE SOPORTE DEL INDICADOR DE PIE DEL TANQUE	u	1.00	18.78	18.78	
07.01.07	INSTALACION DE INDICADOR A PIE DE TANQUE	u	1.00	16.091.27	16.091.27	
07.01.08	INSTALACIÓN DE CABLE DE COMUNICACION Y CONEXIÓN	m	65.00	3.33	216.45	
07.01.09	EXCAVACIÓN MANUAL	m3	0.15	20.86	3.13	
07.01.10	ENCOFRADO (INCLUYE HABILITACIÓN DE MADERA) Y DESENCOFRADO	m2	1.38	13.61	18.78	
07.01.11	INSTALACIÓN Y CONEXIÓN A TIERRA DE SOPORTES METÁLICOS	glb	1.00	300.69	300.69	
07.01.12	INSTALACIÓN DE SOPORTE PARA TANQUE DE TUBERÍA CONDUIT 3/4"Ø	u	5.00	21.05	105.25	
07.01.13	MORTERO F'C = 210 KG/CM2	m3	0.12	145.08	17.41	
07.02	INSTALACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN DEL TANQUE 332-T-217				49.672.38	
07.03	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BANDEJA DE COMUNICACIÓN Y ACCESORIOS				37.523.51	
07.04	DESINSTALACIÓN Y REUBICACIÓN DE GABINETE DE COMUNICACIÓN Y ACCESORIOS				1.480.73	
07.05	ACABADO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS				434.21	

COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN						
CODIGO	PARTIDA	UND	METR.	P.U.(US \$)	P.PARCIAL	TOTAL
08	PRUEBAS O ENSAYOS					89.897.01
08.01	PRUEBA DE TANQUES 332-T-216 Y 332-T-217				66.388.00	
08.01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE PERSONAL PARA RADIOGRAFIA (INCLUYE VIATICOS)	u	2.00	814.28	1.628.56	
08.01.02	INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA DEL TANQUE (PLACAS DE 70 MM X 300 MM)	u	180.00	15.99	2.878.20	
08.01.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE ESPECIALISTAS EN PRUEBAS DE EQUIPOS CONTRA INCENDIOS (INCLUYE VIATICOS)	u	1.00	814.28	814.28	
08.01.04	INSPECCIÓN CON LÍQUIDOS PENETRANTES EN FONDO, CILINDRO Y TECHO	m	4.612.96	8.40	38.748.86	
08.01.05	INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA EN LÍNEAS Y ACCESORIOS	u	62.00	15.30	948.60	
08.01.06	INSPECCIÓN CON LÍQUIDOS PENETRANTES EN LÍNEAS Y ACCESORIOS	m	102.00	7.83	798.66	
08.01.07	PRUEBAS DE VACIO EN LAS JUNTAS DEL FONDO Y TECHO	m	2.344.00	7.03	16.478.32	
08.01.08	PRUEBA HIDROSTÁTICA DEL TANQUE (PETROPERÚ SUMINISTRA AGUA)	glb	1.00	3.065.56	3.065.56	
08.01.09	PRUEBA HIDROSTÁTICA DE TUBERÍAS (PETROPERÚ SUMINISTRA AGUA)	glb	1.00	1.026.96	1.026.96	
08.02	PRUEBAS DEL SCI				5.076.26	
08.02.01	INSPECCIÓN CON LÍQUIDOS PENETRANTES EN LÍNEAS Y ACCESORIOS DEL SCI	m	72.00	7.32	527.04	
08.02.02	INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA EN LÍNEAS Y ACCESORIOS DEL SCI	u	42.00	15.30	642.60	
08.02.03	PRUEBA HIDROSTÁTICA DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO (PETROPERÚ SUMINISTRA AGUA)	glb	1.00	1.026.96	1.026.96	
08.02.04	PRUEBAS HIDROSTÁTICAS EN MONTANTES DE ROCIADORES Y CÁMARAS DE ESPUMA	u	1.00	37.56	37.56	
08.02.05	PRUEBA DEL SISTEMA DE ESPUMA (CAMARA DE ESPUMA Y PROPORCIONADOR)	glb	1.00	727.26	727.26	
08.02.06	PRUEBA DE ANILLO DE ROCIADORES	glb	1.00	465.82	465.82	
08.02.07	PRUEBA DE LOS MONITORES	glb	1.00	622.06	622.06	
08.02.08	PRUEBA HIDROSTÁTICA DEL SCI (PETROPERÚ SUMINISTRA AGUA)	glb	1.00	1.026.96	1.026.96	
08.03	PRUEBAS DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO				666.66	
08.03.01	INSPECCIÓN CON LÍQUIDOS PENETRANTES EN LÍNEAS Y ACCESORIOS DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	m	33.00	7.22	238.26	
08.03.02	INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA EN LÍNEAS Y ACCESORIOS DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	u	28.00	15.30	428.40	
08.04	PRUEBAS CIVILES				2.800.42	
08.05	PRUEBAS ELECTRICAS				14.965.67	
09	INFORME FINAL AS BUILT					2.776.00
09.01	INFORME FINAL Y PLANOS AS BUILT	glb	1.00	2.776.00	2.776.00	
10	CAPACITACION Y ENTRENAMIENTO DEL PERSONAL					643.02
10.01	CAPACITACION Y ENTRENAMIENTO DEL PERSONAL	glb	1.00	643.02	643.02	

CONCLUSIONES

1. Los tanques de techo tipo domo cuenta con mayores ventajas técnicas que los tanques de techo flotante, las cuales son: tienen menos pérdidas de producto, cuenta con menor volumen muerto en el tope y es una estructura 100% impermeable, evitando que el agua de lluvia ingrese al interior contaminando el producto y evitando inconvenientes operativos.
2. Los tanques de techo tipo domo para productos de Clase I ubicados en la Amazonía peruana, son factibles técnica y económicamente para diámetros mayores a 25 m.
3. Los tanques de techo tipo domo pueden ser utilizados para almacenar las gasolinas o naftas con un dispositivo adicional que sería la sabana flotante con la finalidad de reducir el espacio de vapores inflamables.
4. Según la proyección de la demanda de combustibles de clase I en los próximos 20 años, es necesario instalar 02 nuevos tanques de almacenamiento de 50 MB cada una; dichos tanques tendrían un diámetro de 30 m y una altura 12 m.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda evaluar hidráulicamente el sistema contra incendio del tanque proyectado, considerando un flujo de 781 gpm a 80 psi para las cámaras de espuma y un flujo de 1826 gpm a 80 psi para los rociadores; y sean certificados por la UL/FM, según el art. 23 del D.S 043-2007EM.
2. Se recomienda que el cubeto de los 2 tanques de 50 MB tenga un área de 105m por 58 m y que la altura de 1.8m de altura, con el fin de que contenga el 110% de volumen del tanque, así mismo proyectar un muro intermedio de 0.6 m de altura para restringir la zona de vapores según el API 500.
3. Se recomienda que el cubeto sea impermeabilizado con el índice internacionalmente recomendado por el API 650 de 10^{-7} cm/seg ya que es más exigente a lo indicado en la normatividad nacional 10^{-7} m/seg.
4. De las dos opciones de distribución A y B planteadas en los planos T-1 y T-2, recomendamos la opción A. (de acuerdo a las recomendaciones internacionales de riesgo individual y social). Sin embargo ambas opciones cumplen con las restricciones de riesgo a nivel nacional.

BIBLIOGRAFÍA

NORMAS TÉCNICAS

- IRI: Reglamento de distanciamiento mínimos
- NFPA 11 Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam
- NFPA 15: Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection
- NFPA 20: Standard for the Installation of Stationary Fire Pumps for Fire
- NFPA 30: Flammable and Combustible Liquids Code.
- API 650: Diseño del tanque
- API 2001. Fire Protection In Refineries.

REGLAMENTO NACIONAL

- DS 043-2007-EM: Reglamento de seguridad en actividades de hidrocarburo.
- DS 052-93-EM: Reglamento de seguridad en tanques de almacenamiento de hidrocarburo.
- DS-045-2001-EM: Reglamento para comercialización de hidrocarburos.
- API 2021: Fighting Fires in and Around Flammable and Combustible Liquid Atmospheric Storage Tanks.
- API 2030 Application of Fixed Water Spray Systems for Protection

PUBLICACIONES

- Plan estratégico corporativo PETROPERU 2011-2025.
- Chemguard Specialty and Equipment.
- Libro anual de reservas de hidrocarburos
-

DIRECCIONES ELECTRÓNICAS (VIGENTES EN AGOSTO 2012):

- <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/ogp/GVEP/talleres/operacionselva>.
- <http://www.olade.org/eficiencia/Documents/PDF-22-9%20Peru.pdf>
- [http://www.minag.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/bioenergia/GORESA
M/Presentacion_Linea_de_Base_-_SNV.pdf](http://www.minag.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/bioenergia/GORESA_M/Presentacion_Linea_de_Base_-_SNV.pdf)
- <http://apiperu.com/Articulos/minem.pdf>
- <http://www.petroperu.com.pe>
- <http://www.minem.gob.pe>
- <http://www.osinerg.gob.pe>
- <http://www.snmpe.org.pe>
- <http://www.aguaytia.com>
- <http://www.eia.doe.gov>
- <http://www.che.com>
- <http://www.hydrocarbonprocessing.com>
- <http://www.epa.org>
- <http://www.uop.com>

PLANOS

T-01: Diagrama de flujo de procesos de los tanques

T-02: Plano de distribución opción A

T-03: Plano de distribución opción B

T-04: Diagrama de flujo del sistema contra incendio

T-05: Arreglo general de instalación del tanque

T-06: Distribución planchas de fondo del tanque

T-07: Distribución planchas del cilindro del tanque

T-08: Detalle de accesorios del cilindro y fondo del tanque

T-09: Estructura del techo del tanque

T-10: Escaleras, barandas y plataformas del tanque

APENDICE A:

ESTUDIO DE MERCADO DE LOS COMBUSTIBLES EN LA SELVA

A.1 ANÁLISIS DE LA OFERTA

Debido a las condiciones geográficas y a logística de transporte por lo ríos mediante barcazas la zona de influencia del balance de oferta de la selva baja está restringida a las ciudades de Iquitos, Tarapoto, Yurimaguas y Pucallpa.

No se está considerando el departamento de Madre de Dios ya que la logística de transporte de combustible es por carretera desde la planta Mollendo.

No se está considerando el departamento de Amazonas ya que cuenta con la Refinería el Milagro y la logística de transporte de combustible es por carretera desde la planta Talara.



Figura N° A.1: Transporte de combustibles en el Perú

Cuadro N° A.1: Oferta de combustibles en Iquitos y Ucayali - año 2012

RAZÓN SOCIAL	ESTABLECIMIENTO QUE OPERA	DPTO.	CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO		OBSERVACIÓN
			CANTIDAD	UNIDAD	
MAPLE GAS CORPORATION DEL PERÚ S.R.L.	REFINERÍA PUCALLPA	UCAYALI	3,3	MBPD en UDP	Oferta de producción al mercado
PETROLEOS DEL PERU - PETROPERU S.A.	REFINERÍA IQUITOS	LORETO	10,5	MBPD en UDP	Oferta de producción al mercado
PLUSPETROL NORTE S.A.	REFINERÍA SHIVIVYACU	LORETO	5,2	MBPD en UDP	Consumo propio
PLUSPETROL NORTE S.A.	REFINERÍA TOPPING YACIMIENTO CORRIENTES	LORETO	4000	BOPD	Consumo propio
PLUSPETROL NORTE S.A.	REFINERÍA TOPPING DE HUAYURÍ	LORETO	4000	BOPD	Consumo propio

Fuente: OSINERGMIN

Del cuadro anterior se puede observar que solo son ofertantes de combustibles las Refinerías de Iquitos y Pucallpa; por lo que se está considerando como zona de influencia del proyecto las ciudades de Iquitos, Tarapoto, Yurimaguas y Pucallpa, esto debido a la logística de transporte por ríos mediante barcazas.

Las refinerías de Iquitos y Pucallpa actualmente están trabajando casi a su máxima capacidad de producción.

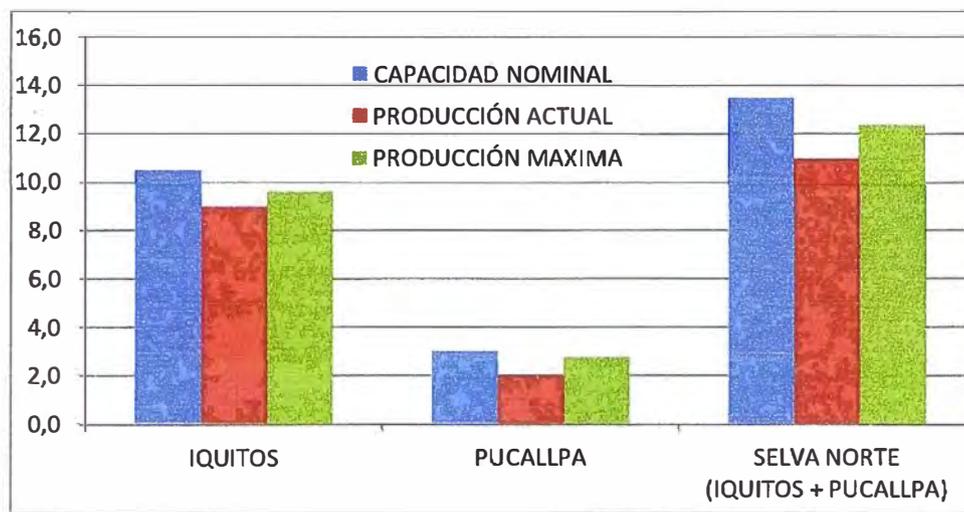


Figura N° A.2: Producción de las refinерías en la selva 2011 en MBPD

1.1.1 Características de la Refinería Iquitos

La Refinería Iquitos cuenta con las siguientes características:

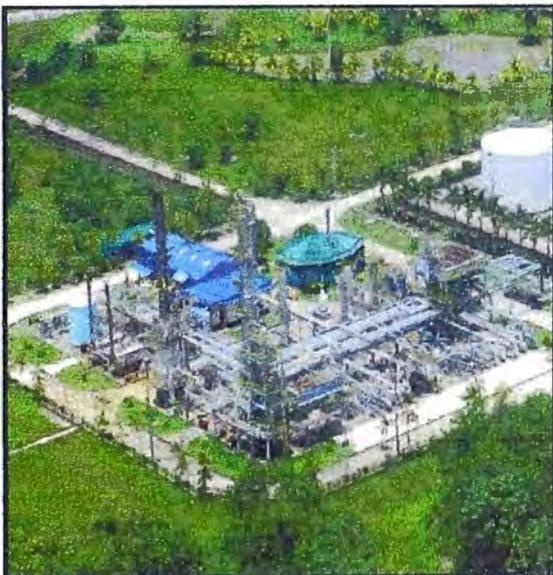
	UBICACIÓN:	Margen izquierdo del río Amazonas (15 km al NE de la ciudad de Iquitos)
	UNIDADES DE PROCESO	Destilación primaria de 10.5 MBD.
	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO	Petróleo Crudo: 213.85 MB Residual de Prim: 135.09 MB Gasolinas: 63.53 MB Destilados Medios: 77.84 MB
	MATERIA PRIMA	- Crudo Mayna (lote 8, 8x Pluspetrol). - Gasolina Natural Maple. - Hidrocarburo Acíclico Saturado (HAS). - Nafta Craqueada de Talara.
	CONSTRUCTOR	- Tecplant Ingest (España)

Figura N° A.3: Capacidad de la Refinería Iquitos

El grado de influencia de la Refinería Iquitos abarca hasta las ciudades de Iquitos, Pucallpa, Tarapoto y Yurimaguas en Perú y Leticia en Brasil.

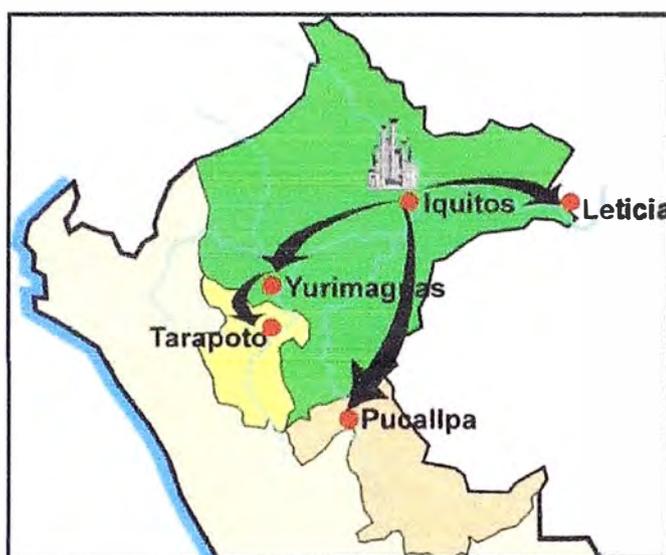


Figura N° A.4: Área de influencia de la Refinería Iquitos

Las gasolinas en la selva norte y centro del Perú se distribuyen de la siguiente manera: 53% en la Ciudad de Iquitos, 18% en Pucallpa, 19% en Tarapoto y 10% en Yurimaguas.

Petroperu cuenta con un plan estratégico al 2025; y uno de sus objetivos es la re-potenciación de sus Refinería Iquitos¹.

Los porcentajes de mezcla para el gasohol es de 7.8% de alcohol carburante y 92.2% de gasolina 84, 90, 95 y 97.

¹ Plan estratégico Corporativo 2011 al 2025 de Petroperú, página 39; publicado en la web: <http://www.ceplan.gob.pe/documents/10157/17a7c394-57bc-4e7d-a5ac-e18cef0f1a5b>

Modernización de refinería de Iquitos culminaría en 2016

Petroperú firmó convenio con la empresa española Fluor, para realizar el estudio de prefactibilidad de la modernización de Refinería Iquitos.

El proyecto de modernización de la Refinería Iquitos consiste en instalar nuevas unidades de conversión para minimizar el rendimiento de residuales y producir combustibles de mayor valor agregado.

También en procesar los petróleos crudos disponibles de los lotes situados en la selva norte de Perú, como los lotes 64 (Talismán), 8 y 1A/B (Pluspetrol), 67 (Perenco) y 39 (Repsol) y/o crudos importados.

Además para suministrar en el mercado gasolinas de alto octanaje e incrementar la producción de destilados medios (Diesel B5 y Turbo A-1) para cubrir los déficits actuales. Así mismo para producir GLP y asfalto para el abastecimiento a la región; y, producir diluyentes (naftas) para disminuir viscosidad del petróleo crudo pesado de la región, como crudo Perenco, crudo Repsol, etc.; e, igualmente, para producir energía a través de la cogeneración eléctrica.

“La ampliación de esta unidad productiva también responde a la presencia de nuevas empresas petroleras en esa zona que requieren de los servicios de la refinería, como es el caso de la francesa Perenco”.

A.1.1 Características de la Refinería Pucallpa

La refinería de Maple produce Gasolina de 84 octanos, Diesel, TurboA-1, Solventes, Residual Industrial y Naftoil. Las instalaciones de Maple cuentan con una capacidad de almacenamiento de 140,000 barriles. Los productos de Maple se comercializan en la Selva, Sierra Central y Costa del Perú.

Grupo energetico aguaytia

- Procesamiento de Gas Natural con condensados: 65 MMPCSD de Gas Natural Seco y 4,400 barriles/día de Líquidos de Gas Natural.
- Fraccionamiento de los Líquidos de Gas Natural: 1,400 barriles/día de GLP y 3,000 barriles/día de Gasolina Natural.

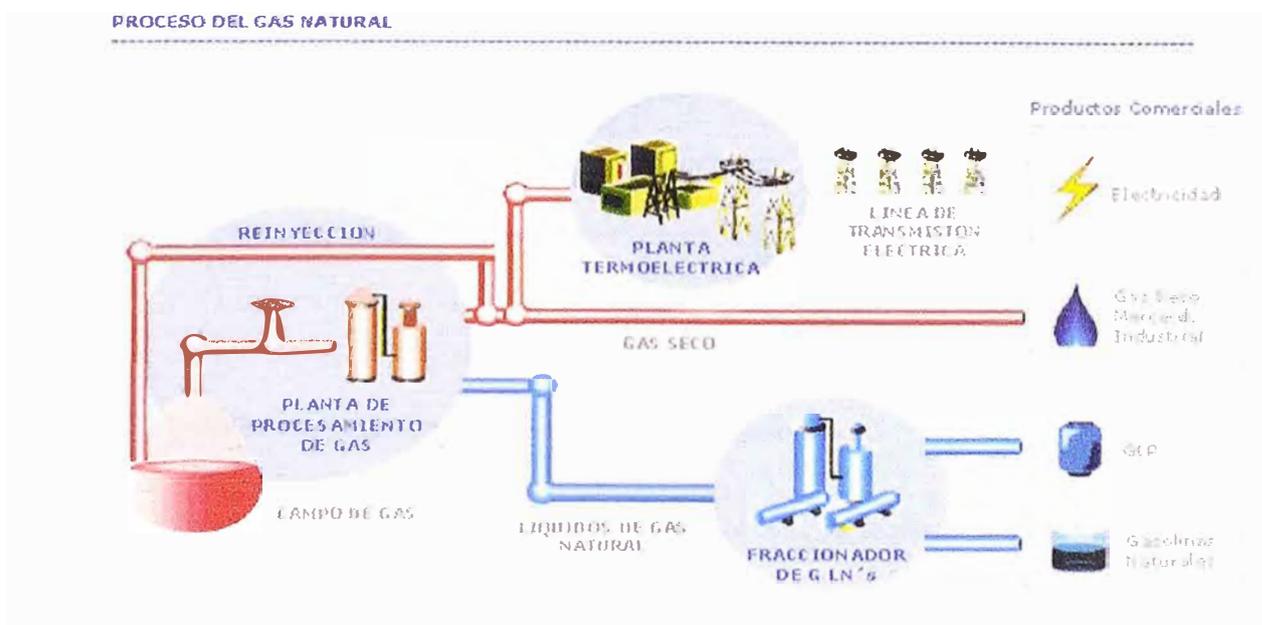


Figura N° A.5: Esquema de producción de Aguaytia

A.2 ANÁLISIS DE LA DEMANDA

A.2.1 Criterios Considerados en la Estimación de la Demanda

Para estimar la demanda de hidrocarburos líquidos en la selva se ha tomado en cuenta lo siguiente:

- Las principales variables macroeconómicas determinantes de la demanda son: PBI, población y parque automotor; la evolución de las mismas.
- Se ha elaborado un grado de correlación en función a las variables macroeconómicas del PBI para los años 2007–2011, publicado por el Ministerio de Economía y Finanzas y el Osinergmin.
- En la proyección de demanda de combustibles líquidos se considera la sustitución del GLP por las gasolinas.
- Debido a que el área del estudio tiene una logística de suministro restringida por los ríos y barcazas, no se ha considerado el efecto de sustitución del Gas Natural.

A.2.2 Data histórica nacional de la demanda de gasolinas

Según publicaciones del Ministerio de Energía y Minas, se espera que la demanda nacional de Gasolinas en el período hasta el 2016 disminuya moderadamente a una tasa promedio anual de 3,5%, de 19,4 MBPD en el año 2006 a 14,1 MBPD en el año 2016 principalmente por el efecto de sustitución por gas natural en los lugares

donde exista oferta de este combustible y por GLP en donde aún no esté disponible el gas natural.

Es importante hacer notar que a partir del año 2010 la demanda estimada, incluye el volumen de Alcohol Carburante (etanol anhidro desnaturalizado) que en una proporción de 7,8 % debe mezclarse con la gasolina de acuerdo a lo dispuesto en el D.S. N° 021-2007 “Reglamento para la comercialización de Biocombustibles”.

Así mismo el ministerio de energía y minas a publicado un balance energético en los últimos 50 años en el Perú y en el cual se ha observado cambios significativos en la matriz energética a nivel nacional, teniendo las siguientes características:

Desarrollo del gas licuado de petróleo (GLP).

Reducción de la demanda de gasolinas, desplazado por el GLP y el GNV principalmente por el cambio de uso de combustible del parque automotor.

Aumento de la demanda de los destilados medios, (Diesel 2 principalmente).

Reducción de la demanda de los destilados pesados, desplazado por los destilados medios principalmente por el cambio de uso de combustible del parque automotor.

Las gasolinas en el Perú cada vez se demandan menos, exportamos naftas livianas de bajo precio, por lo que se pierde exportando gasolina e importando diesel.

- El Proyecto Camisea ha desplazado la importación de GLP ahora somos productores a nivel internacional. Sin embargo a nivel nacional el dueño de la molécula es del Consorcio Camisea y el Perú tiene que comprar el producto a precio internacional.

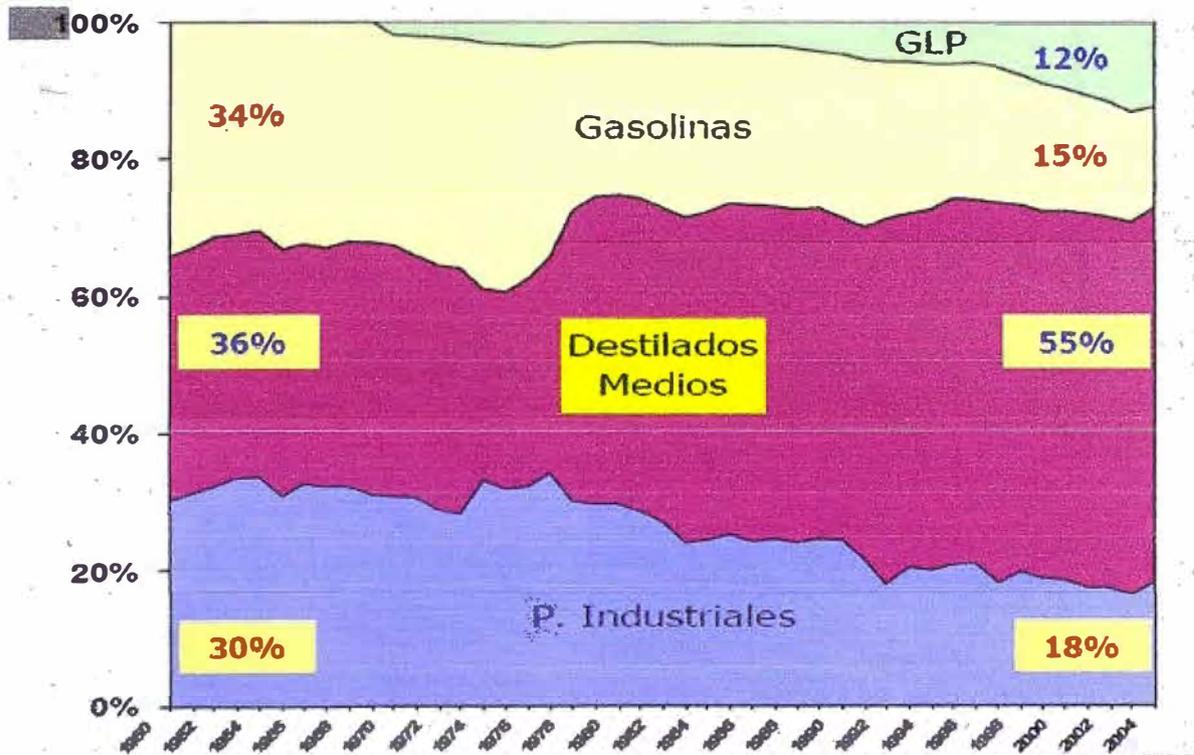


Figura N° A.6: Evolución del mercado de combustibles a nivel nacional

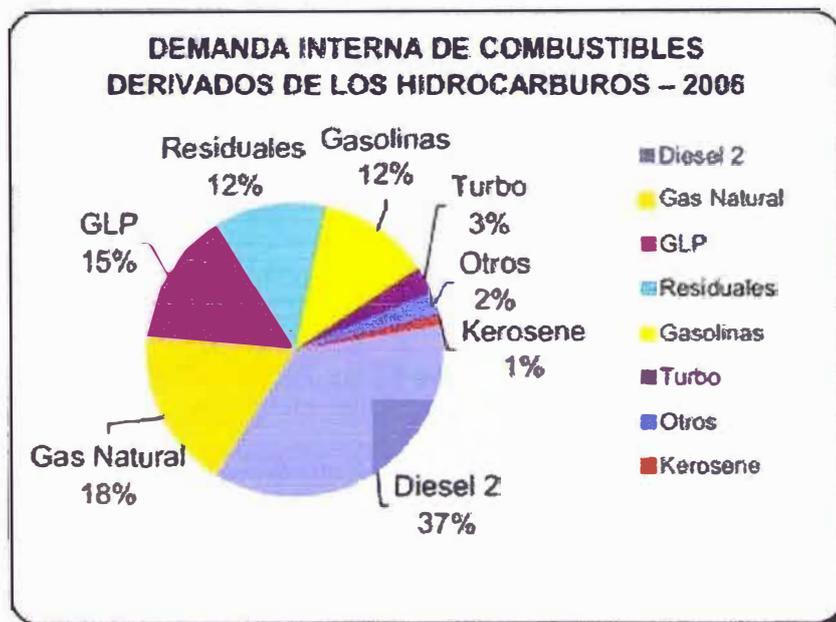


Figura A.7: Demanda de combustibles a Nivel Nacional

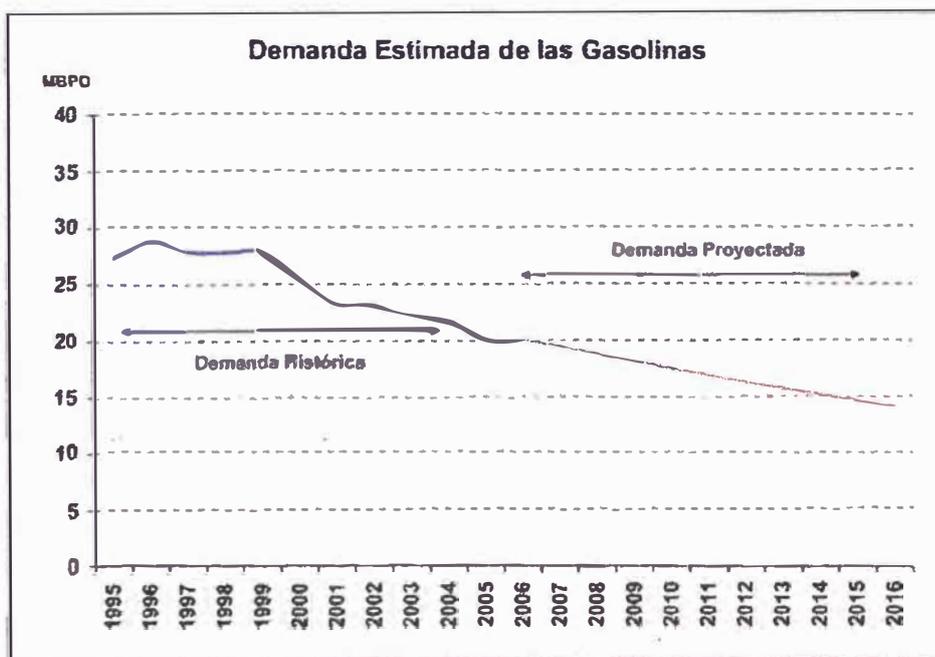


Figura N° A.8: Proyección de la demanda de gasolina a nivel nacional

A.2.2 Demanda de gasolinas de bajo azufre.

Considerando que el 12 de agosto del 2012 el río Amazonas ha sido considerado 'Maravilla Natural del Mundo' por parte del organismo internacional New 7 Wonders; debería ser política el cumplimiento de las más estrictas medidas ambientales a nivel internacional.

Los requerimientos ambientales están normados en el Perú, para los combustibles el contenido máximo que debe tener de azufre es 50 ppm.

Para llegar a ese nivel de contenido de azufre es necesario implementar las unidades de desulfuración.

Cuadro N° A.2: Requerimientos de reducción del contenido de azufre

Año	DESCRIPCION
1998	Especificaciones del Banco Mundial que recomendaban la reducción de Diesel y Gasolina a 2000 ppm (partes por millón).
2001	Bonner y Moore considera un contenido de azufre de 2000ppm y 400ppm para Diesel y gasolina respectivamente.
2002	Foster y Wheeler recomienda reducción de contenido de azufre a 500ppm en Diesel y 400ppm en gasolina.
2005	D.S. 025-2005 – EM prohíbe a partir del 2010 la comercialización de Diesel y Gasolina que contengan más de 50ppm.
2009	D.S. 061-2009 – EM, Prorroga hasta el 2015 excepto Lima, la comercialización de Diesel y Gasolina que contengan más de 50ppm.

A.2.3 Data historica de la demanda de gasolinas en la selva

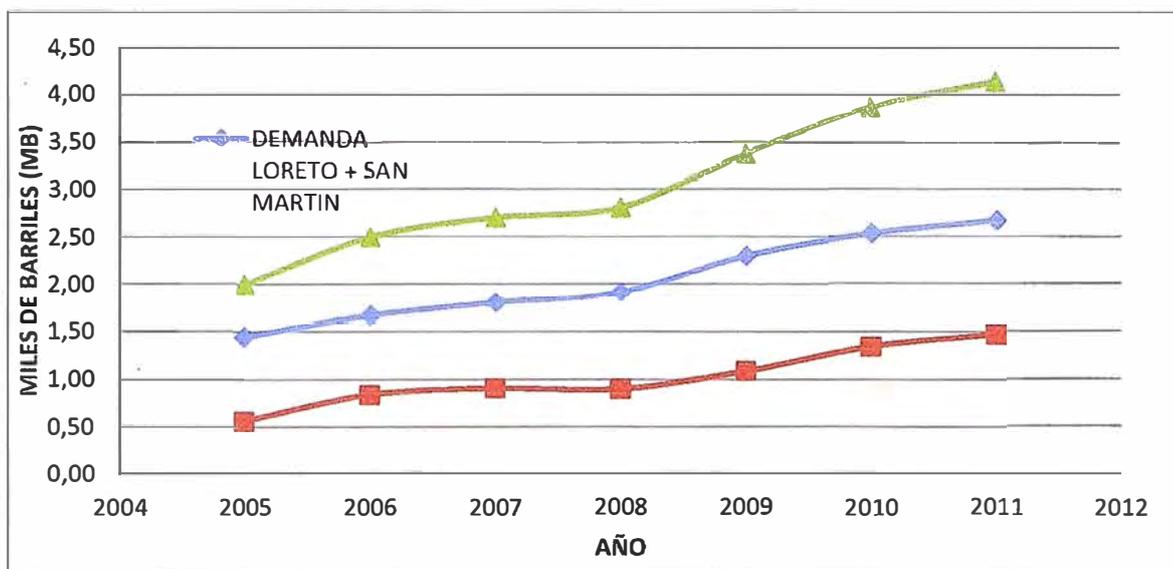


Figura N° A.9: Demanda de gasolina en la selva

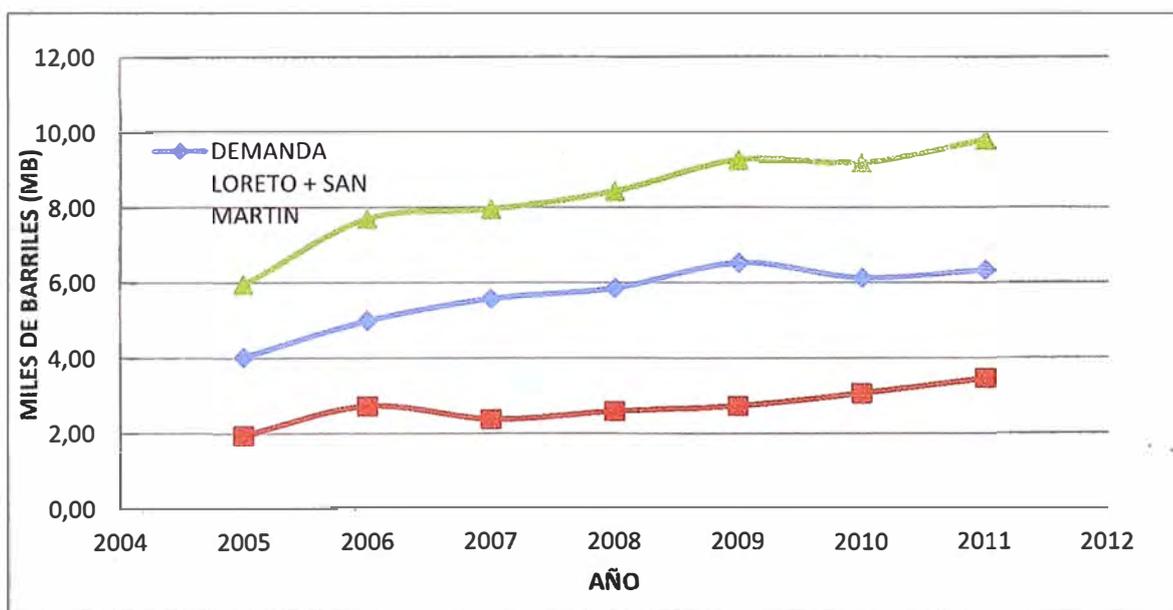


Figura N° A.10: Demanda de combustibles en la selva

Cuadro N° A.3: Data histórica de demanda publicado en el SCOP

2005 DEMANDA DE COMBUSTIBLES EN GALONES

Jul-05

DEPARTAMENTO	GAS 100LL	GAS 97	GAS 95	GAS 90	GAS 84	GA TOTAL	KERO	DIESEL	RESIDUAL	TOTAL
LORETO	34	0	0	1638	30494	32166	3447	36059	33065	
SAN MARTIN	34	0	0	998	13564	14596	1239	27841	13077	
UCAYALI	0	0	0	5716	17758	23474	1355	50357	6257	
TOTAL (GAL)	68,00	0,00	0,00	8495,00	64555,00	73118,00	7861,00	121076,00	52399,00	
TOTAL MBDC	0,00	0,00	0,00	0,20	1,54	1,74	0,19	2,88	1,25	6,06

2005 DEMANDA DE COMBUSTIBLES EN GALONES

Dic-05

DEPARTAMENTO	GAS 100LL	GAS 97	GAS 95	GAS 90	GAS 84	GA TOTAL	KERO	DIESEL	RESIDUAL	TOTAL
LORETO	94	0	0	1742	32650	34486	2990	35613	0	
SAN MARTIN	43	0	0	1075	14802	15920	760	21117	11775	
UCAYALI	0	0	0	9165	20465	29630	1313	57271	26334	
TOTAL (GAL)	137,00	0,00	0,00	12296,00	71430,00	83863,00	6795,00	121146,00	38109,00	
TOTAL MBDC	0,00	0,00	0,00	0,29	1,70	2,00	0,16	2,88	0,91	5,95

2006 DEMANDA DE COMBUSTIBLES EN GALONES

Jul-06

DEPARTAMENTO	GAS 100LL	GAS 97	GAS 95	GAS 90	GAS 84	GA TOTAL	KERO	TURBO	DIESEL	RESIDUAL
LORETO	14	0	0	2156	34424	36594	2494	12466	42651	26774
SAN MARTIN	97	0	0	2059	17313	19469	439	2261	28084	15321
UCAYALI	172	0	0	11423	22498	34093	986	5269	61514	25911
TOTAL (GAL)	283,00	0,00	0,00	15968,00	77771,00	94022,00	7344,00	20183,00	139632,00	68006,00
TOTAL MBDC	0,01	0,00	0,00	0,38	1,85	2,24	0,17	0,48	3,32	1,62

2006 DEMANDA DE COMBUSTIBLES EN GALONES

Dic-06

DEPARTAMENTO	GAS 100LL	GAS 97	GAS 95	GAS 90	GAS 84	GA TOTAL	KERO	TURBO	DIESEL	RESIDUAL
LORETO	14	0	0	2677	42246	44937	2624	7940	44077	32065
SAN MARTIN	97	0	0	2349	17807	20253	819	953	25046	14231
UCAYALI	73	0	0	10599	24330	35002	1008	3045	58717	16394
TOTAL (GAL)	184,00	0,00	0,00	16013,00	88453,00	104650,00	6897,00	12406,00	136555,00	62690,00
TOTAL MBDC	0,00	0,00	0,00	0,38	2,11	2,49	0,16	0,30	3,25	1,49

2007 DEMANDA DE COMBUSTIBLES EN GALONES

Jul-07

DEPARTAMENTO	GAS 100LL	GAS 97	GAS 95	GAS 90	GAS 84	GA TOTAL	KERO	TURBO	DIESEL	RESIDUAL
LORETO	51	0	0	2662	42461	45174	2069	8821	40782	27742
SAN MARTIN	0	0	0	3184	18337	21521	644	1866	32222	18501
UCAYALI	140	0	0	12628	21898	34666	798	2786	56612	12307
TOTAL (GAL)	191,00	0,00	0,00	18972,00	86572,00	105735,00	6226,00	15061,00	140758,00	58884,00
TOTAL MBDC	0,00	0,00	0,00	0,45	2,06	2,52	0,15	0,36	3,35	1,40

2007 DEMANDA DE COMBUSTIBLES EN GALONES

Dic-07

DEPARTAMENTO	GAS 100LL	GAS 97	GAS 95	GAS 90	GAS 84	GA TOTAL	KERO	TURBO	DIESEL	RESIDUAL
LORETO	0	0	0	2829	46065	48894	1751	16609	48415	29355
SAN MARTIN	0	0	0	3571	18666	22237	480	1996	29704	15437
UCAYALI	60	0	0	15460	22324	37844	977	3689	55738	1750
TOTAL (GAL)	60,00	0,00	0,00	22352,00	90901,00	113313,00	5964,00	22391,00	145699,00	46542,00
TOTAL MBDC	0,00	0,00	0,00	0,53	2,16	2,70	0,14	0,53	3,47	1,11

2008 DEMANDA DE COMBUSTIBLES EN GALONES

Jul-08

DEPARTAMENTO	GAS 100LL	GAS 97	GAS 95	GAS 90	GAS 84	GA TOTAL	KERO	TURBO	DIESEL	RESIDUAL
LORETO	0	0	0	3407	50331	53738	1463	14794	42306	35000
SAN MARTIN	97	0	49	4186	21342	25674	501	1984	42746	16524
UCAYALI	51	0	0	16331	22776	39158	813	5024	56952	15995
TOTAL (GAL)	148	0	49	23924	94449	118570	2777	21802	142004	67519
TOTAL MBDC	0,00	0,00	0,00	0,57	2,25	2,82	0,07	0,52	3,38	1,61

2008 DEMANDA DE COMBUSTIBLES EN GALONES

Dic-08

DEPARTAMENTO	GAS 100LL	GAS 97	GAS 95	GAS 90	GAS 84	GA TOTAL	KERO	TURBO	DIESEL	RESIDUAL
LORETO	0	0	0	4154	52673	56827	1530	23109	48596	34986
SAN MARTIN	97	0	98	4272	18925	23392	585	1505	39525	15687
UCAYALI	68	0	0	17238	20308	37614	812	1520	53259	15338
TOTAL (GAL)	165	0	98	25664	91906	117833	2927	26134	141380	66011
TOTAL MBDC	0,00	0,00	0,00	0,61	2,19	2,81	0,07	0,62	3,37	1,57

2009 DEMANDA DE COMBUSTIBLES EN GALONES

Jul-09

DEPARTAMENTO	GAS 100LL	GAS 97	GAS 95	GAS 90	GAS 84	GA TOTAL	KERO	TURBO	DIESEL	RESIDUAL
LORETO	17	0	0	4114	60813	64944	1610	15833	38670	40968
SAN MARTIN	0	0	98	6647	22909	29654	824	1030	54106	16004
UCAYALI	148	0	0	17844	29773	47765	0	4969	62772	2005
TOTAL (GAL)	165	0	98	28605	113495	142363	2434	21832	155548	58977
TOTAL MBDC	0,00	0,00	0,00	0,68	2,70	3,39	0,06	0,52	3,70	1,40

2009 DEMANDA DE COMBUSTIBLES EN GALONES

Dic-09

DEPARTAMENTO	GAS 100LL	GAS 97	GAS 95	GAS 90	GAS 84	GA TOTAL	KERO	TURBO	DIESEL	RESIDUAL
LORETO	128	0	0	4245	59882	64255	1476	11394	48498	38710
SAN MARTIN	97	0	98	7810	24192	32197	468	1703	56359	19201
UCAYALI	94	0	0	20465	24905	45464	0	5171	61004	3101
TOTAL (GAL)	319	0	98	32520	108979	141916	1944	18268	165861	61012
TOTAL MBDC	0,01	0,00	0,00	0,77	2,59	3,38	0,05	0,43	3,95	1,45

2010 DEMANDA DE COMBUSTIBLES EN GALONES

Jul-10

DEPARTAMENTO	GAS 100LL	GAS 97	GAS 95	GAS 90	GAS 84	GA TOTAL	KERO	TURBO	DIESEL	RESIDUAL
LORETO	31	0	0	4414	62061	66506	0	19173	43054	43548
SAN MARTIN	97	0	98	7744	25086	33025	0	2969	47696	15517
UCAYALI	111	0	0	24485	29885	54481	0	1978	75253	2599
TOTAL (GAL)	239	0	98	36643	117032	154012	0	24120	166003	61664
TOTAL MBDC	0,01	0,00	0,00	0,87	2,79	3,67	0,00	0,57	3,95	1,47

2010 DEMANDA DE COMBUSTIBLES EN GALONES

Dic-10

DEPARTAMENTO	GAS 100LL	GAS 97	GAS 95	GAS 90	GAS 84	GA TOTAL	KERO	TURBO	DIESEL	RESIDUAL
LORETO	34	0	0	4540	64520	69094	0	14616	56086	38710
SAN MARTIN	0	0	98	9437	27521	37056	0	2450	35248	3977
UCAYALI	351	0	158	33424	22407	56340	0	6706	62583	3082
TOTAL (GAL)	385	0	256	47401	114448	162490	0	23772	153917	45769
TOTAL MBDC	0,01	0,00	0,01	1,13	2,72	3,87	0,00	0,57	3,66	1,09

2011 DEMANDA DE COMBUSTIBLES EN GALONES

Jul-11

DEPARTAMENTO	GAS 100LL	GAS 97	GAS 95	GAS 90	GAS 84	GA TOTAL	KERO	TURBO	DIESEL	RESIDUAL
LORETO	51	0	0	4422	61460	65933	0	11717	51816	38710
SAN MARTIN	97	0	98	11093	24848	36136	0	1983	42867	0
UCAYALI	247	0	0	39477	21194	60918	0	6230	70259	
TOTAL (GAL)	395	0	98	54992	107502	162987	0	19930	164942	38710
TOTAL MBDC	0,01	0,00	0,00	1,31	2,56	3,88	0,00	0,47	3,93	0,92

2011 DEMANDA DE COMBUSTIBLES EN GALONES

Dic-11

DEPARTAMENTO	GAS 100LL	GAS 97	GAS 95	GAS 90	GAS 84	GA TOTAL	KERO	TURBO	DIESEL	RESIDUAL
LORETO	34	0	0	5150	69559	74743	0	19626	54534	42903
SAN MARTIN	0	0	131	12064	25036	37231	0	3461	32641	862
UCAYALI	399	0	97	41516	19655	61667	0	8852	72998	1506
TOTAL (GAL)	433	0	228	58730	114250	173641	0	31939	160173	45271
TOTAL MBDC	0,01	0,00	0,01	1,40	2,72	4,13	0,00	0,76	3,81	1,08

A.2.4 Proyección de la demanda de gasolinas en la selva

En vista a que la demanda está creciendo sosteniblemente se estima que la Refinería Iquitos estará operando hasta el tope en el año 2015; por lo que es justificable el proyecto de modernización de la Refinería Iquitos. El proyecto deberá aumentar su capacidad de producción a 25 MB como mínimo para que permita satisfacer la demanda de combustibles en la selva hasta el año 2036.

Cuadro N° A.4: Variables que influyen en la demanda de combustibles

AÑOS	PARQUE AUTOMOTOR VEHÍCULAR LIGEROS - LORETO (Unidades)	PARQUE ACUATICO - LORETO (Unidades)	VALOR AGREGADO TRANSPORTE LORETO (Millones de nuevos soles)	VALOR AGREGADO RESTAURANTE HOTEL LORETO (Millones de nuevos soles)	VALOR AGREGADO BRUTO - LORETO (Millones de nuevos soles)	VALOR AGREGADO BRUTO - UCAYALI (Millones de nuevos soles)
2 001		480	153	128	2 437	1 221
2 002		185	160	133	2 556	1 281
2 003		440	169	141	2 614	1 328
2 004		456	184	147	2 707	1 439
2 005	1 390	572	196	156	2 825	1 539
2 006	1 775	622	205	164	2 972	1 640
2 007	2 103	637	228	178	3 105	1 708
2 008	2 440	503	250	200	3 259	1 808
2 009	3 298	637	244	204	3 329	1 850
2 010	4 165	799	275	225	3 560	1 947

Cuadro N° A.5: Grado de correlacion de la demanda

GRADO DE CORRELACION	PBI UCAYALI	PBI LORETO	PARQUE ACUATICO LORETO	PARQUE AUTOMOTOR LORETO	PBI TRANSPORTE LORETO	PBI TURISMO LORETO
GASOLINA SAN MARTIN+ LORETO	N/A	0,97	0,68	0,81	0,92	0,92
GASOLINA UCAYALI	0,9	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
DIESEL SAN MARTIN+ LORETO	N/A	0,92	0,3	0,3	0,71	0,75
DIESEL UCAYALI	0,73	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
TURBO SAN MARTIN+ LORETO	N/A	0,31	N/A	N/A	N/A	0,22
TURBO UCAYALI	0,81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
RESIDUAL SAN MARTIN+ LORETO	N/A	0,51	N/A	N/A	N/A	0,5
RESIDUAL UCAYALI	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Cuadro N° A.6: Regresión de la demanda con respecto al PBI

GASOLINA SAN MARTIN+ LORETO	PBI BRUTO LORETO	A=	0,0015	B=	-2,825
GASOLINA UCAYALI	PBI BRUTO UCAYALI	A=	0,001553	B=	-1,77
DIESEL SAN MARTIN+ LORETO	PBI BRUTO LORETO	A=	0,00139	B=	-2,245
DIESEL UCAYALI	PBI BRUTO UCAYALI	A=	0,000549	B=	0,396
TURBO SAN MARTIN+ LORETO	PBI BRUTO LORETO	A=	0,00019544	B=	-0,2397
TURBO UCAYALI	PBI BRUTO UCAYALI	A=	0,00031516	B=	-0,47123
RESIDUAL SAN MARTIN+ LORETO	PBI BRUTO LORETO	A=	0,000406	B=	-0,201

Cuadro N° A.7: Estimación del crecimiento del PBI

Periodo de gobierno	Expectativa de gobierno	promedio de crecimiento pbi loreto	promedio de crecimiento pbi ucayali
Gobierno 2001-2006	Alejandro Toledo	4,39%	6,86%
Gobierno 2006-2011	Alan García	4,90%	6,25%
Gobierno 2011-2016	Ollanta Humala	5,20%	6,49%
Gobierno 2016-2021	Futuro 1	6,00%	5,00%
Gobierno 2021-2026	Futuro 2	5,00%	4,00%
Gobierno 2026-2031	Futuro 3	4,00%	4,00%
Gobierno 2031-2036	Futuro 4	4,00%	4,00%

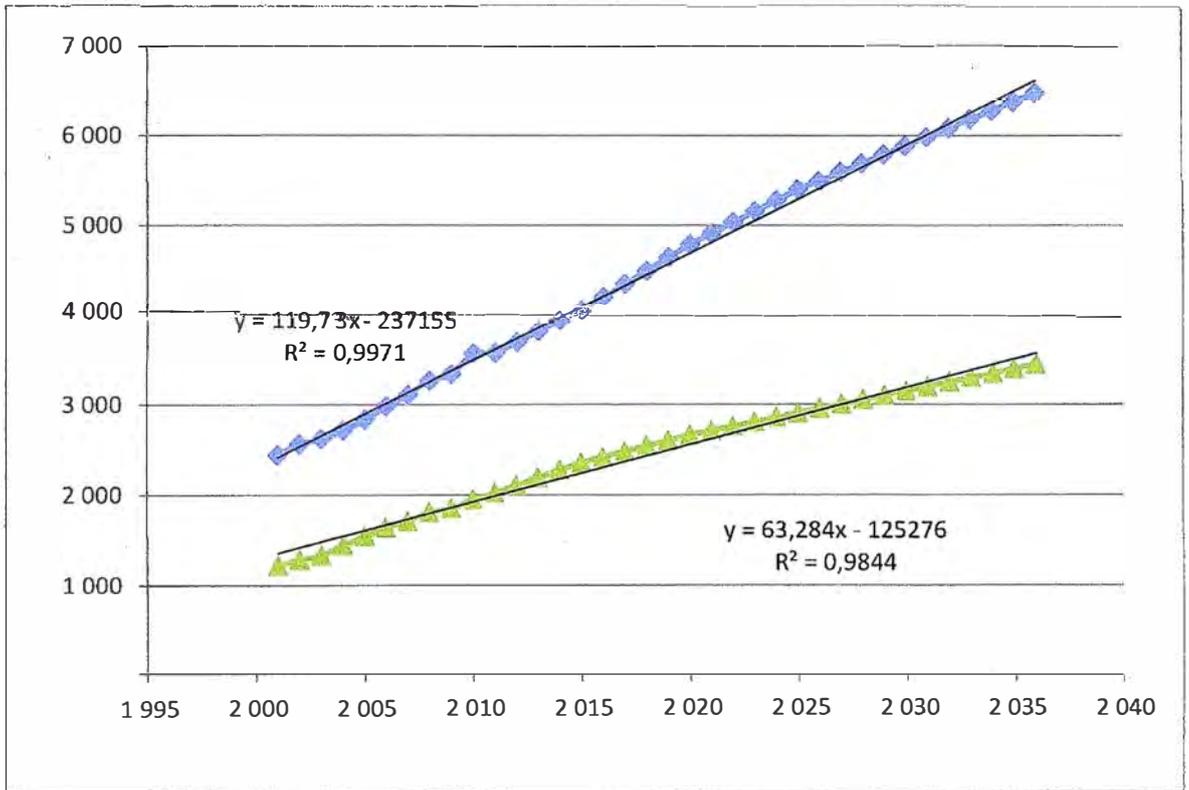


Figura N° A.11: Proyección del crecimiento del PBI (Millones soles) vs años

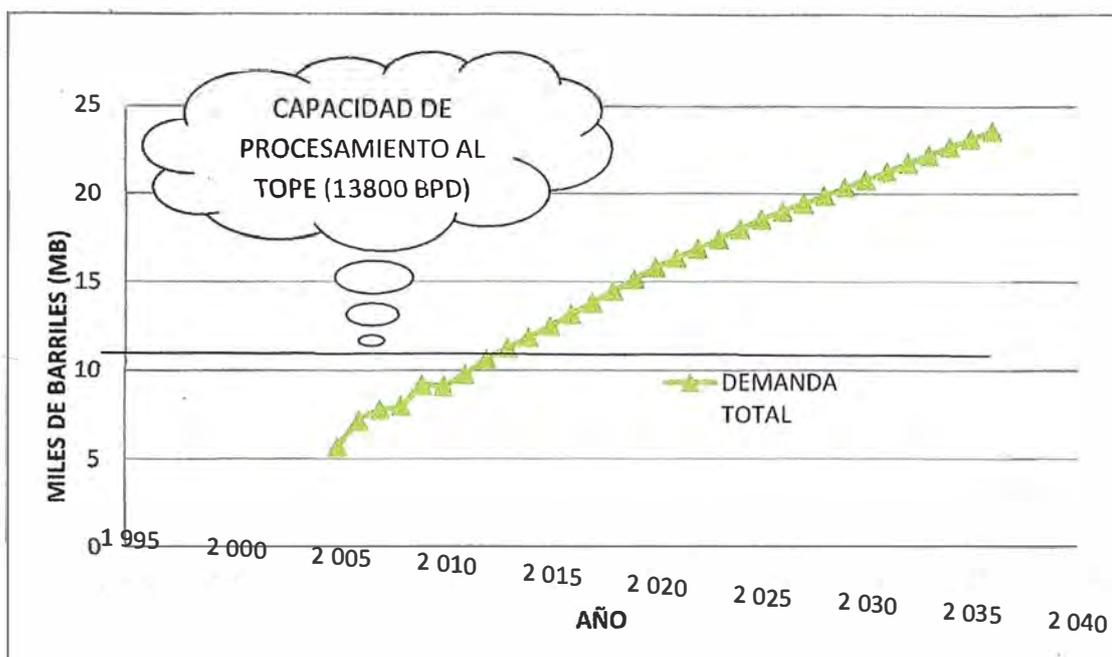


Figura N° A.12: Proyección de la demanda de combustibles en la selva

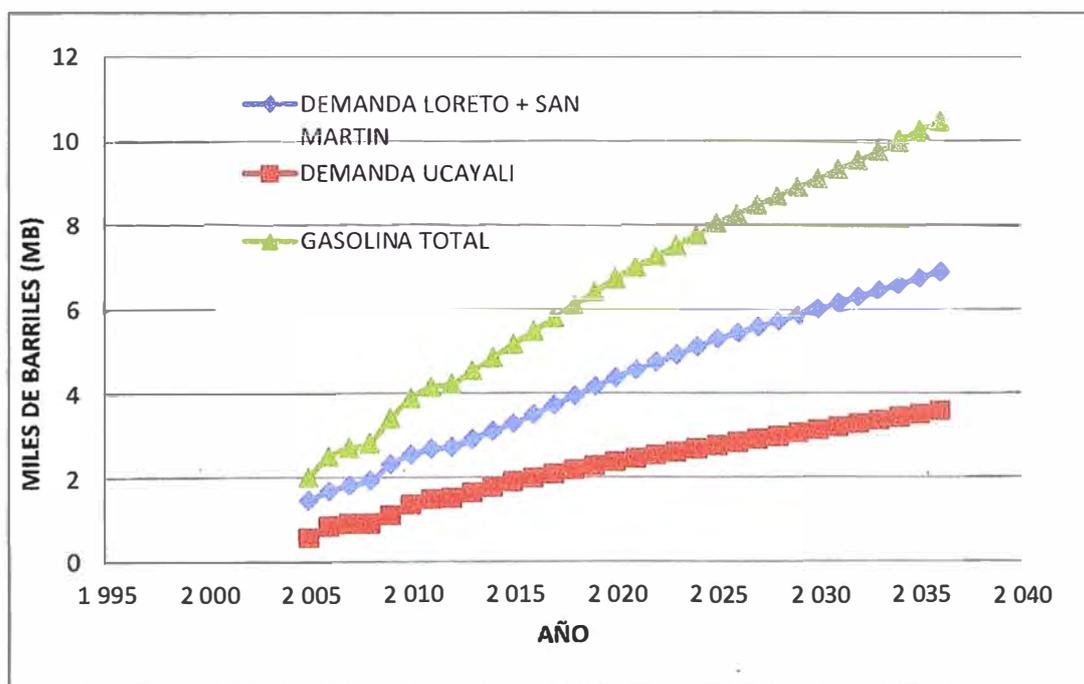


Figura N° A.13: Proyección de la demanda de gasolinas en la selva

A.3 BALANCE DE LA OFERTA Y LA DEMANDA

Actualmente la participación de la oferta de gasolinas es del 50 – 60% ello debido a que las gasolinas producidas son de bajo octanaje.

Con el proyecto de modernización de refinería Iquitos se estima que las gasolinas mejoraran su nivel de octanaje y que aumentaría su participación de hasta un 80% y que la producción aumente a 8154 BPD como mínimo.

Cuadro N° A.8: Oferta de gasolinas en Iquitos y Ucayali - año 2012

Escenario	Participación	Balance oferta demanda (BPD)
PESIMISTA	70%	6952
CONSERVADOR	80%	7753
OPTIMISTA	99%	8555

El proyecto de modernización involucra procesos más complejos y tecnología más avanzada, para una Refinería más competitiva. Este proceso se está realizando para:

- Desulfurizar los combustibles
- Mejorar el octanaje de naftas
- Procesar crudos más pesados

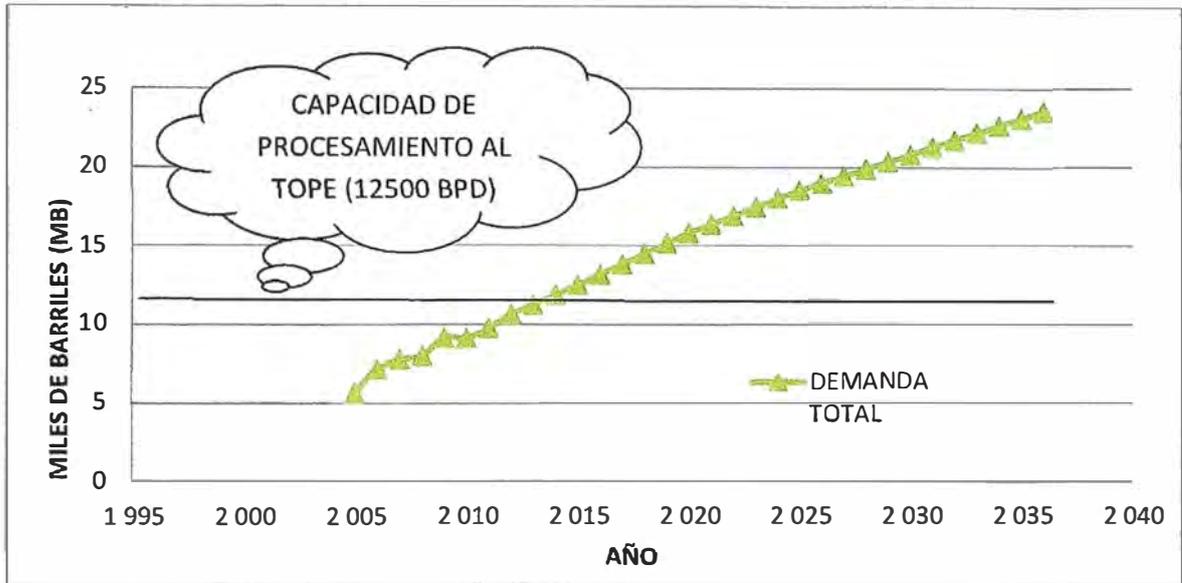


Figura N° A.14: Proyección de la demanda de combustibles en la selva

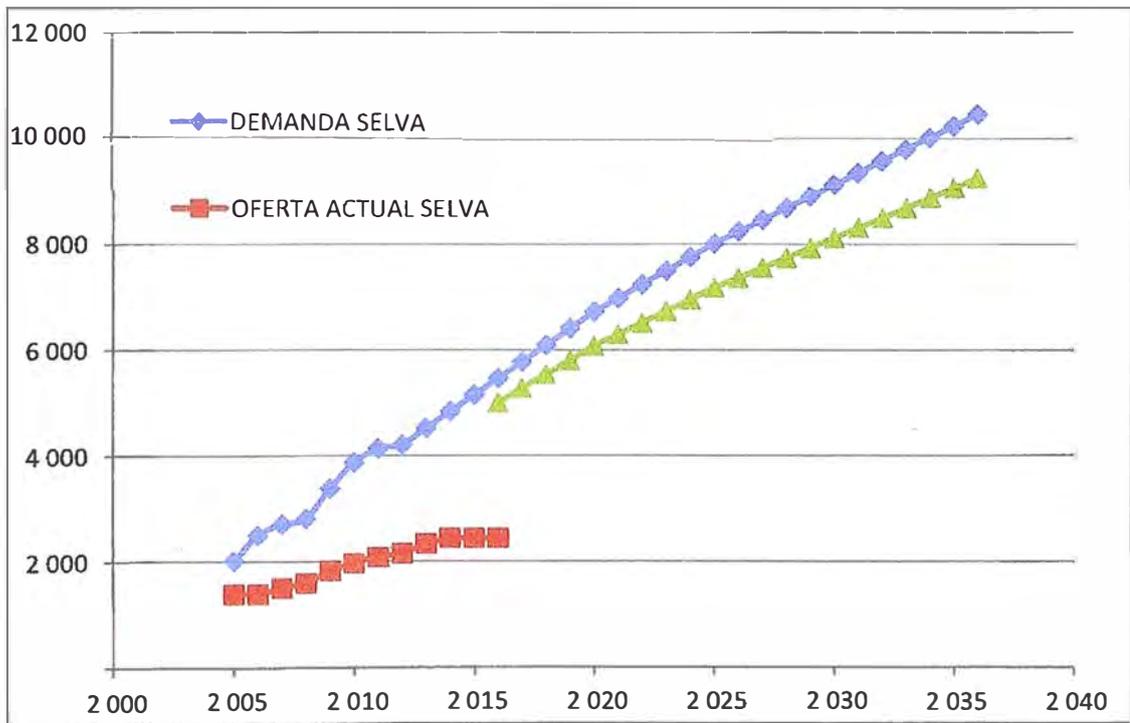


Figura N° A.15: Balance de Oferta y demanda de gasolinias en la selva (Loreto + San Martin + Ucayali), Escenario Conservador

A.4 CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO DE MERCADO

Según el estudio de mercado realizado con la data del SCOP de Osinergmin es necesario que la capacidad de procesamiento aumente a 25 MBPD como mínimo,

Cuadro N° A.9: Demanda proyectada en Iquitos y Ucayali - MBPD

Combustible	año 2011	año 2036
Gasolinas	4,13	10,45
Diesel	3,81	9,03
Turbo	,76	1,64
Residual	1,04	2,43
Total	9,75	23,55

Es necesario que la Refinería Iquitos implemente nuevas unidades de proceso similares a las refinerías de la costa como Talara y Pampilla que cuentan con unidades de vacío y unidades de craqueo catalítico que permiten la producción de nafta por conversión de productos pesados.

Con la modernización de la Refinería Iquitos se aumentará la participación en la demanda de gasolinas de la zona de influencia Iquitos, San Martín y Pucallpa.

APENDICE B:

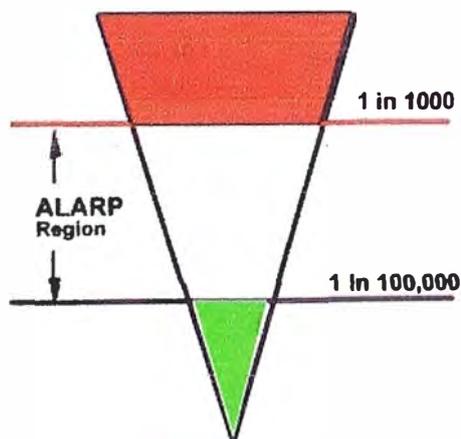
ANÁLISIS DE RIESGO INDIVIDUAL Y SOCIAL

B.1 ANÁLISIS DE RIESGO INDIVIDUAL

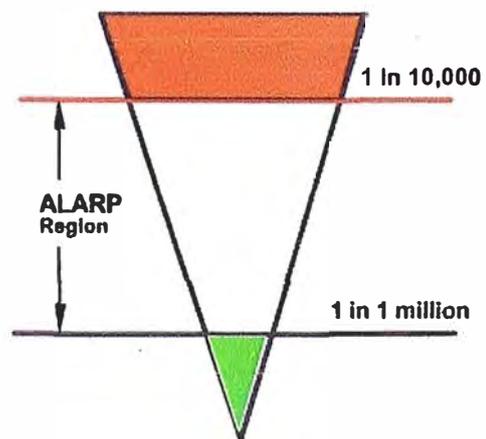
La evaluación del riesgo individual se fundamenta en el cálculo de la probabilidad de fallecimiento de un trabajador en el momento de un accidente.

El riesgo individual se clasifica en tres categorías: Aceptable, Tolerable, No aceptable. La gráfica que se muestra a continuación representa las tres categorías de riesgo junto con la probabilidad de pérdida de vida.

Riesgo individual al Personal



Riesgo individual al público



Fuente: Health and Safety Executive (HSE)

Figura N° B.1. Criterios para la Tolerabilidad de Riesgos Individual

De acuerdo al grafico anterior se establece que:

- Cuando la frecuencia de riesgo individual se sitúa por encima de 10^{-3} /año, el riesgo se considera intolerable y debe ser reducido independientemente del costo que suponga.
- Para un valor de frecuencia inferior a 10^{-5} /año, el riesgo es aceptable
- La Región que se encuentra entre 10^{-3} /año y 10^{-5} /año deberán ser reducidas a niveles tan bajos como sea posible. Esta región recibe el nombre de ALARP (As Low As Reasonably Practicable). Los riesgos situados en esta región no serán reducidas solo en caso de ser inviables la disminución del riesgo debido a que el coste requerido sea desproporcionado en comparación con la mejora obtenida.

B.2 ANÁLISIS DE RIESGO SOCIAL

Para el cálculo del riesgo colectivo o social se ha utilizado también los datos de las matrices de riesgos y se han construido las tablas F-N para evaluar los riesgos. N es el número máximo de fatalidades relacionado con un evento determinado y F es la frecuencia de ocurrencia de las N fatalidades.

La grafica que se presenta a continuación muestra los criterios de aceptabilidad y tolerabilidad de riesgos en función de la frecuencia y el potencial de fatalidades. Estos riesgos se clasifican en intolerables, aceptables y tolerables.

Pr = «Probit» o función de probabilidad de daño sobre la población expuesta.

a = Constante dependiente del tipo de lesión y tipo de carga de exposición.

b = Constante dependiente del tipo de carga de exposición.

V = Variable que representa la carga de exposición.

El valor «probit» permite determinar el porcentaje de la población expuesta que se verá afectada a un determinado nivel de lesiones o por muerte a causa de una carga de exposición determinada:

Cuadro N° B.1 Equivalencia entre valores “Probit” y porcentaje afectación

Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%
0	0	3,72	10	4,16	20	4,48	30	4,75	40	5,00	50	5,25	60	5,52	70	5,84	80	6,28	90	7,33	99,0
2,67	1	3,77	11	4,19	21	4,50	31	4,77	41	5,03	51	5,28	61	5,55	71	5,88	81	6,34	91	7,37	99,1
2,95	2	3,82	12	4,23	22	4,53	32	4,80	42	5,05	52	5,31	62	5,58	72	5,92	82	6,41	92	7,41	99,2
3,12	3	3,87	13	4,26	23	4,56	33	4,82	43	5,08	53	5,33	63	5,61	73	5,95	83	6,48	93	7,46	99,3
3,25	4	3,92	14	4,29	24	4,59	34	4,85	44	5,10	54	5,36	64	5,64	74	5,99	84	6,55	94	7,51	99,4
3,36	5	3,96	15	4,33	25	4,61	35	4,87	45	5,13	55	5,39	65	5,67	75	6,04	85	6,64	95	7,58	99,5
3,45	6	4,01	16	4,36	26	4,64	36	4,90	46	5,15	56	5,41	66	5,71	76	6,08	86	6,75	96	7,65	99,6
3,52	7	4,05	17	4,39	27	4,67	37	4,92	47	5,18	57	5,44	67	5,74	77	6,13	87	6,88	97	7,75	99,7
3,59	8	4,08	18	4,42	28	4,69	38	4,95	48	5,20	58	5,47	68	5,77	78	6,18	88	7,05	98	7,88	99,8
3,66	9	4,12	19	4,45	29	4,72	39	4,97	49	5,23	59	5,50	69	5,81	79	6,23	89	7,33	99	8,09	99,9

B.3.1 Método «Probit» de vulnerabilidad a radiaciones térmicas

La institución holandesa TNO (Organización holandesa para la investigación científica) presenta las ecuaciones «probit» siguientes:

Quemaduras mortales (protegidos con ropas):

$$Pr = -37,23 + 2,56 \ln (t l^{4/3})$$

Quemaduras mortales (sin protección): (Ver cada escenario)

$$Pr = -36,38 + 2,56 \ln (t l^{4/3})$$

Quemaduras de 2º grado: (Ver cada escenario)

$$Pr = -43,14 + 3,0188 \ln (t l^{4/3})$$

Quemaduras de 1er. grado:

$$Pr = -39,83 + 3,0186 \ln (t l^{4/3})$$

Mortalidad por irradiación térmica: (ecuación de Eisenberg) (Ver cada escenario)

$$Pr = -14.9 + 2.56 \ln (t l^{4/3}/10000)$$

Donde:

t = Tiempo efectivo de exposición en segundos.

l = Intensidad de irradiación en W/m²

Estas ecuaciones son útiles para incendios de tipo fogonazo (flash fire) de corta duración, como en el incendio de la bola de fuego ocasionada por una BLEVE y que no da tiempo a escapar, y también para incendios de derrames que forman un charco en llamas en los cuales se intenta escapar y buscar protección detrás de obstáculos. En este último caso se determina el tiempo de exposición efectivo mediante la expresión propuesta por TNO:

$$t_{ef} = t_r + \frac{3}{5} \cdot \frac{x_o}{\mu} \left[1 - \left(1 + \frac{\mu}{x_o} \cdot t_w \right)^{-5/3} \right]$$

Dónde:

t_{er} = Tiempo de exposición efectivo (s).

t_r = Tiempo de reacción (5 segundos).

x_o = Distancia al centro del incendio (m).

μ = Velocidad de escape de una persona (m/s). Se asume 1 m/s

t_v = Tiempo en llegar a la distancia en la que la intensidad de irradiación sea 1 kW/m² (S).

B.3.2 Método «Probit» de vulnerabilidad a explosiones

Al considerar las consecuencias sobre las personas se debe hacer distinción entre consecuencias directas e indirectas de una explosión. Entre las primeras están las lesiones de los pulmones y los tímpanos. Entre las segundas se encuentran las lesiones ocasionadas por proyección de fragmentos y por impacto del cuerpo contra obstáculos.

Las ecuaciones «probit» para estas consecuencias se han tomado de Eisenberg et al. (1975) y se desglosan a continuación:

Muerte por lesiones pulmonares (Ver cada escenario)

La ecuación «probit» para determinar el porcentaje de muertes por hemorragia pulmonar es la siguiente:

$$Pr = -77,1 + 6,91 \ln P$$

P = sobrepresión máxima (N/m²)

Rotura de tímpano (Ver cada escenario)

El porcentaje de afectados por rotura de tímpano se determina por la ecuación:

$$Pr = -15,6 + 1,93 \ln P$$

P = sobrepresión máxima (N/m²)

Cuadro N° B.2. Efecto de sobre presión originada por una explosión

Sobrepresión		Daños Materiales	Daños Personales
P (bar)	P (KPa)		
0,01	1	Rotura de algún cristal.	-
0,07	7	Rotura de todos los cristales de ventanas.	-
0,14	14	Rotura de tabiques y paneles	-
0,16	16	Rotura de paredes de bloques de cemento.	Rotura de tímpanos.
0,17	17		
0,16	16-20	Colapso parcial de estructuras de hormigón (40-60 cm) espesor. Destrucción total de viviendas ordinarias.	-
0,20-0,27	20-27	Rotura de tanques para almacenamiento de líquidos, colapso de estructuras metálicas en edificios de construcción ordinaria.	-
0,35	35	Casas quedan inhabitables.	
0,45	43		Daños pulmonares significativos a personas
0,47	47	Vuelco de vagones de ferrocarril	
0,50	50	Rotura de paredes de ladrillo. Las casa requieren demolición	
0,7	70	Ya casi no se requiere demolición (75% destrucción)	Umbral de daños graves a personas.
1-2	100-200	100% destrucción.	Probabilidad muy alta de lesiones graves a personas.
3,29	329		Mortalidad: 1%
4,06	406		Mortalidad: 50%
5	500		Mortalidad: 99%

Fuente: Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Energéticas

TABLE 2.18b. Damage Estimates Based on Overpressure for Process Equipment^a

Equipment	Overpressure, psi																									
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10	12	14	16	18	20	
Control house steel roof	A	C	D				N																			
Control house concrete roof	A	E	P	D			N																			
Cooling tower	B			F			O																			
Tank: cone roof		D				K							U													
Instrument cubicle			A			LM						T														
Fire heater				G	I					T																
Reactor: chemical				A				I					P						T							
Filter				H					F											V		T				
Regenerator						I				IP						T										
Tank: floating roof						K							U													D
Reactor: cracking							I							I								T				
Pipe supports							P					SO														
Utilities: gas meter										Q																
Utilities: electronic transformer									H						I						T					
Electric motor										H									I							V
Blower										Q												T				
Fractionation column											R				T											
Pressure vessel: horizontal												PI								T						
Utilities: gas regulator												I										MQ				
Extraction column													I									V	T			
Steam turbine															I								M	S		V
Heat exchanger															I					T						
Tank sphere																I								I	T	
Pressure vessel: vertical																							I	T		
Pump																							I		V	

Key to Table 2.18b

- A. Windows and gauges broken
- B. Louvers fall at 0.2–0.5 psi
- C. Switchgear is damaged from roof collapse
- D. Roof collapses
- E. Instruments are damaged
- F. Inner parts are damaged
- G. Brick cracks
- H. Debris—missile damage occurs
- I. Unit moves and pipes break
- J. Bracing falls

- K. Unit uplifts (half tilted)
- L. Power lines are severed
- M. Controls are damaged
- N. Block walls fall
- O. Frame collapses
- P. Frame deforms
- Q. Case is damaged
- R. Frame cracks
- S. Piping breaks
- T. Unit overturns or is destroyed
- U. Unit uplifts (0.9 tilted)
- V. Unit moves on foundation

Figura N° B.3. Daños de sobrepresión en las estructuras

B.4 EVALUACIÓN DE ACCIDENTES EN EL TANQUE

Para la evaluación de consecuencias se ha considerado como herramienta de análisis un software especializado, así mismo los input de caracterización del material están según las recomendaciones del API 581.

Cuadro N° B.3. Características del combustible

Table 7.1 – Fluids and Fluid Properties for Atmospheric Storage Tank Consequence Analysis

Fluid	Level 1 Consequence Analysis Representative Fluid	Molecular Weight	Liquid Density (lb/ft ³)	Liquid Dynamic Viscosity (lbf-s/ft ²)
Gasoline	C6-C8	100	42.702	8.383E-5
Light Diesel Oil	C9-C12	149	45.823	2.169E-5
Heavy Diesel Oil	C13-C16	205	47.728	5.129E-5
Fuel Oil	C17-C25	280	48.383	7.706E-4
Crude Oil	C17-C25	280	48.383	7.706E-4
Heavy Fuel Oil	C25+	422	56.187	9.600E-4
Heavy Crude Oil	C25+	422	56.187	9.600E-4

Table 7.1M – Fluids and Fluid Properties for Atmospheric Storage Tank Consequence Analysis

Fluid	Level 1 Consequence Analysis Representative Fluid	Molecular Weight	Liquid Density (kg/m ³)	Liquid Dynamic Viscosity (N-s/m ²)
Gasoline	C6-C8	100	684.018	4.01E-3
Light Diesel Oil	C9-C12	149	734.011	1.04E-3
Heavy Diesel Oil	C13-C16	205	764.527	2.46E-3
Fuel Oil	C17-C25	280	775.019	3.69E-2
Crude Oil	C17-C25	280	775.019	3.69E-2
Heavy Fuel Oil	C25+	422	900.026	4.60E-2
Heavy Crude Oil	C25+	422	900.026	4.60E-2

Los accidentes típicos en un tanque de clase I, es la explosión de vapores confinados y el incendio tipo charco ó pool fire.

B.4.1. Incendio de tipo Pool Fire en el interior del Tanque

Cuadro N° B.4. Consecuencias de un incendio tipo charco en el tanque

Incendio Tipo pool Fire		
Datos de entrada		
Sustancia	Nafta	
Temperatura Ambiente (°C)	33	
Humedad Relativa (%)	82	
Velocidad del Viento (m/s)	2,52	
Categoría de Estabilidad Atmosférica	A/B	
Diámetro del tanque (m)	30	
Tiempo de Exposición (s)	81	
Resultados		
Letalidad por Radiación		
Distancia (m)	Radiación (Kw/m2)	Letalidad (%)
2,04	24,32	100
10,20	24,32	100
16,33	13,16	98,76
20,41	10,61	93,45
30,61	7,12	55,91
40,82	5,21	17,95
51,02	3,67	1,74
61,22	2,56	0,04
71,43	1,81	0
81,63	1,31	0
91,84	0,97	0
100	0,79	0

La opción B tiene la deficiencia que la radiación de un incendio en el tanque de clase I puede afectar al personal que se encontrará en el tanque de espuma.

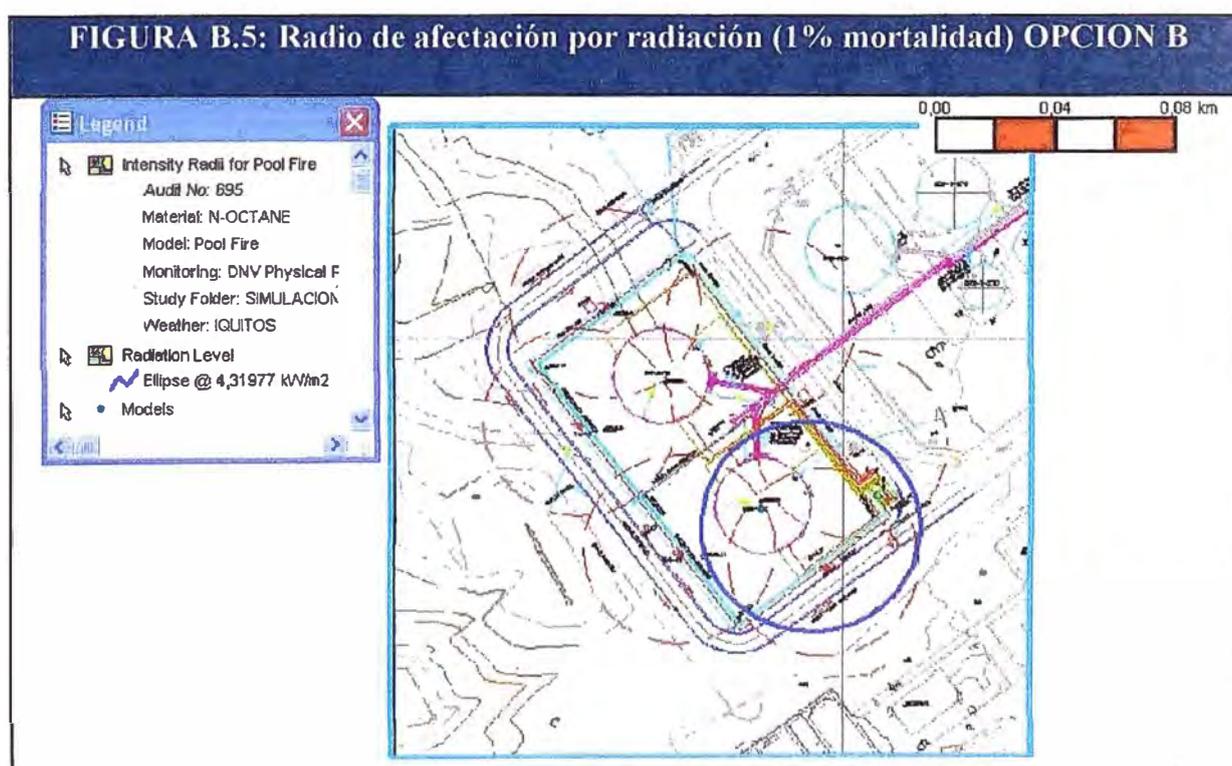
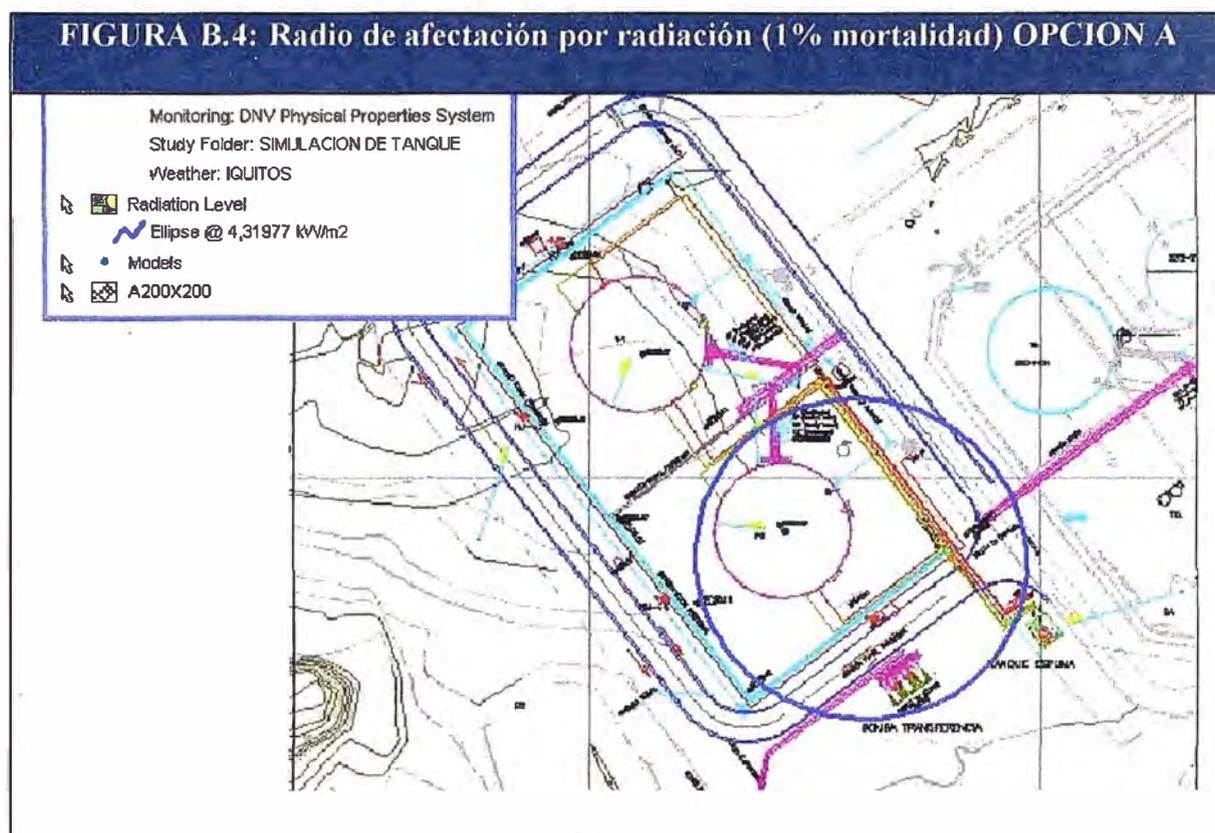


FIGURA B.6: Radio de afectación por radiación (1% mortalidad)

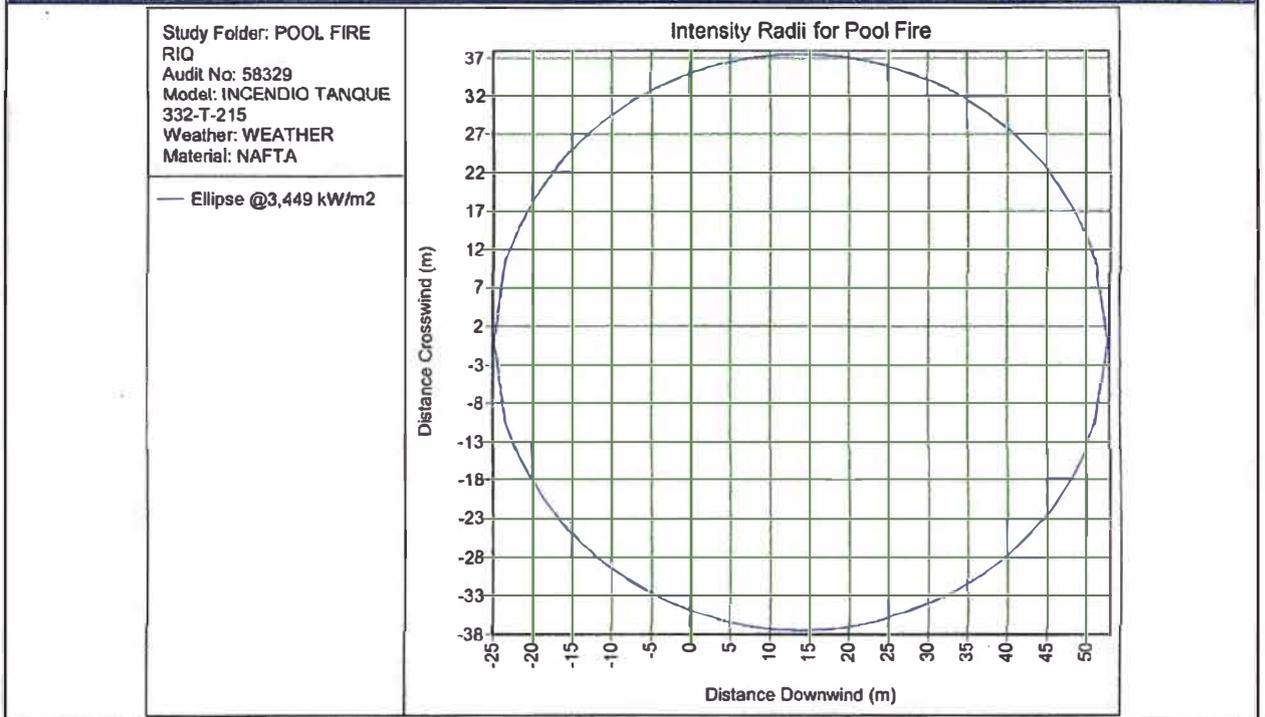
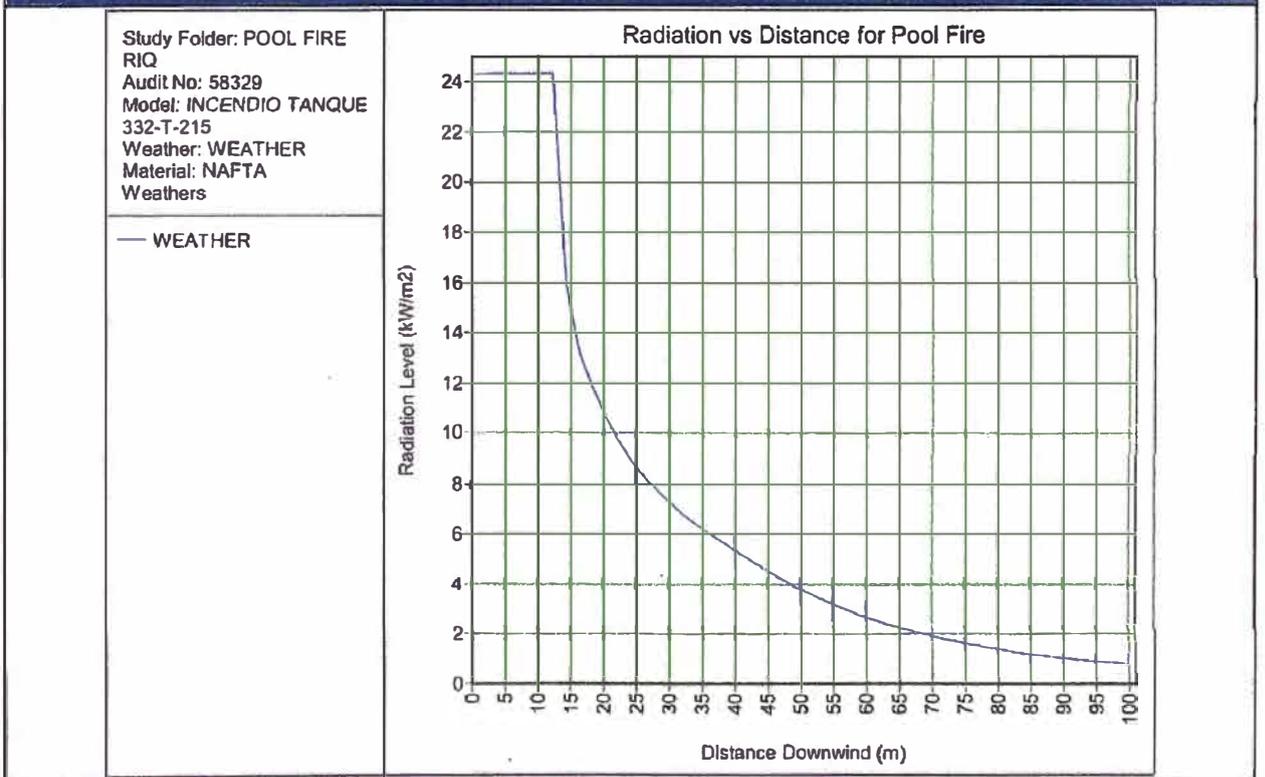


FIGURA B.7: Radiación vs distancia (m)



B.4.2. Explosión tipo VCE en el interior del Tanque

Cuadro N° B.5. Consecuencias de una explosión en el tanque

Explosión de Vapores Confinados –Método Multienergía	
Datos de entrada	
Sustancia	Nafta
Temperatura Ambiente (°C)	33 °C
Humedad Relativa (%)	82
Velocidad del Viento (m/s) crítica	5
Masa (kg)	3500
Densidad de vapores (kg/m ³)	2.5
Volumen Confinado(m ³)	1400
Consideraciones	
<ul style="list-style-type: none"> • Se consideran datos ambientales que generan mayor consecuencia de este escenario por fines conservadores. • Se considera el nivel más bajo de la sabana flotante (2 m) por fines conservadores. 	

La opción B tiene la deficiencia que la sobrepresión de 0.13 bar de una explosión en el tanque de clase I puede afectar al personal que se encontrará las oficinas.

FIGURA B.8: Radios de sobrepresión vista en planta – OPCION A

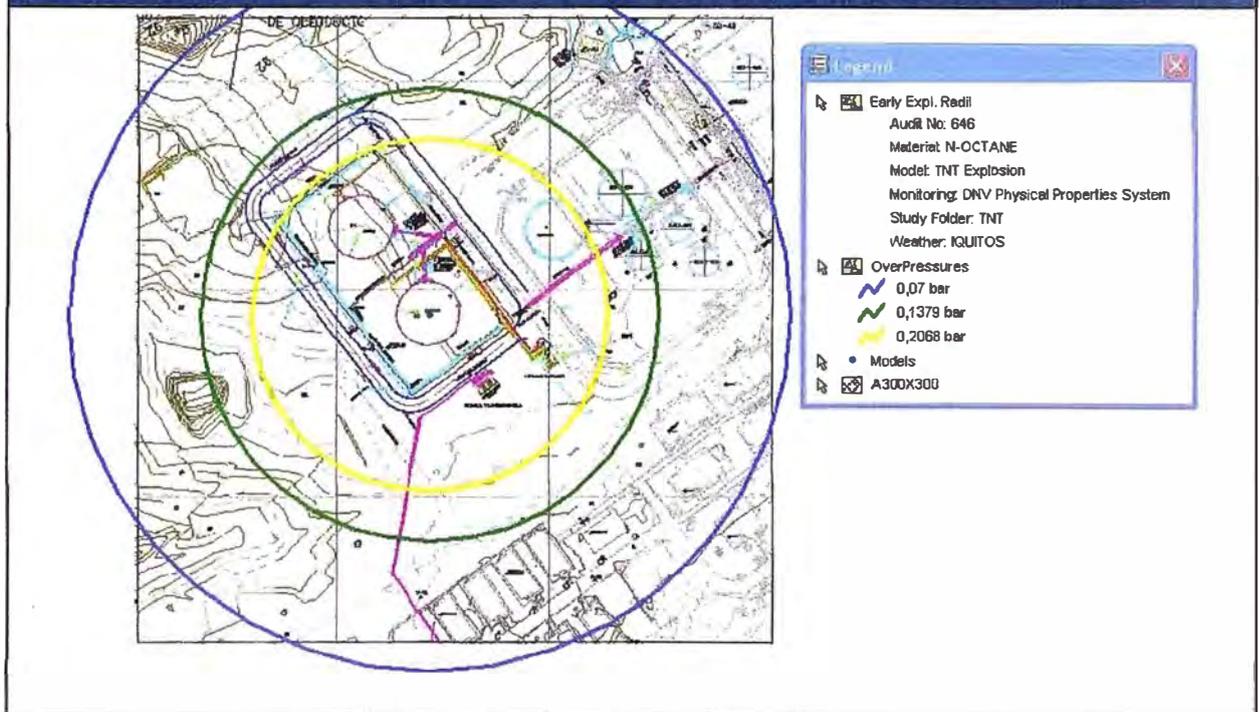


FIGURA B.9: Radios de sobrepresión vista en planta – OPCION B

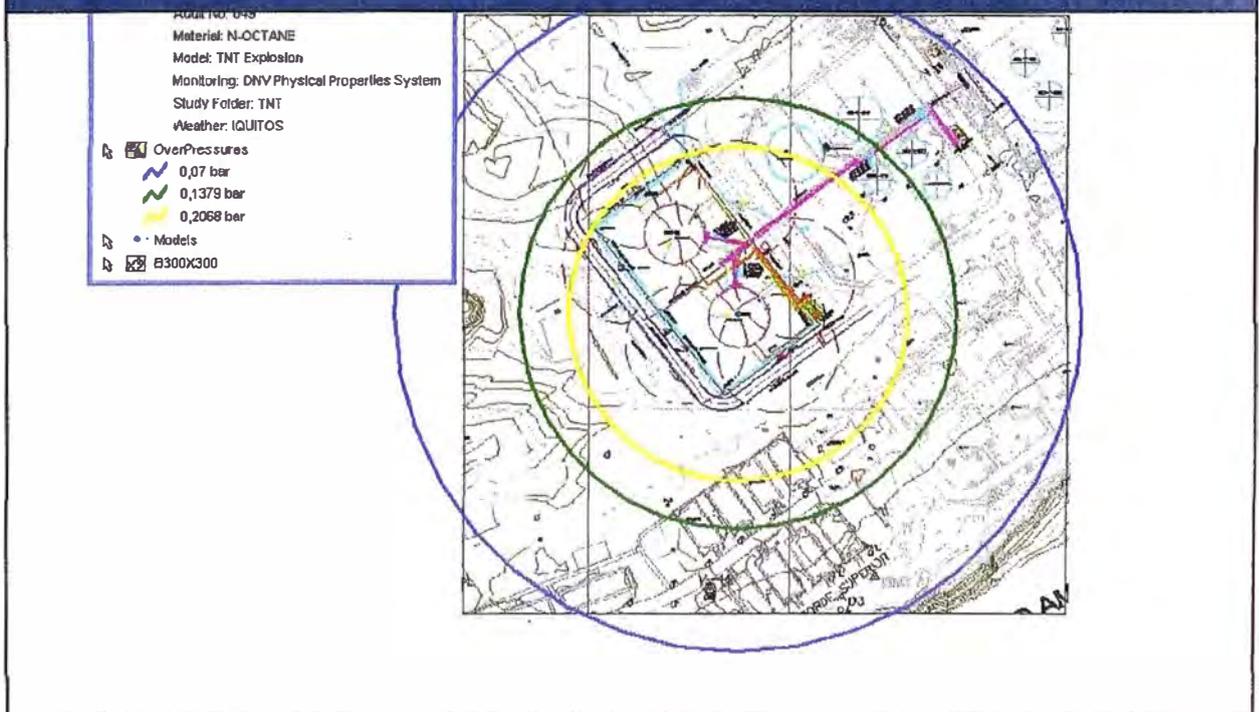


FIGURA B.10: Distancia vs. sobrepresión

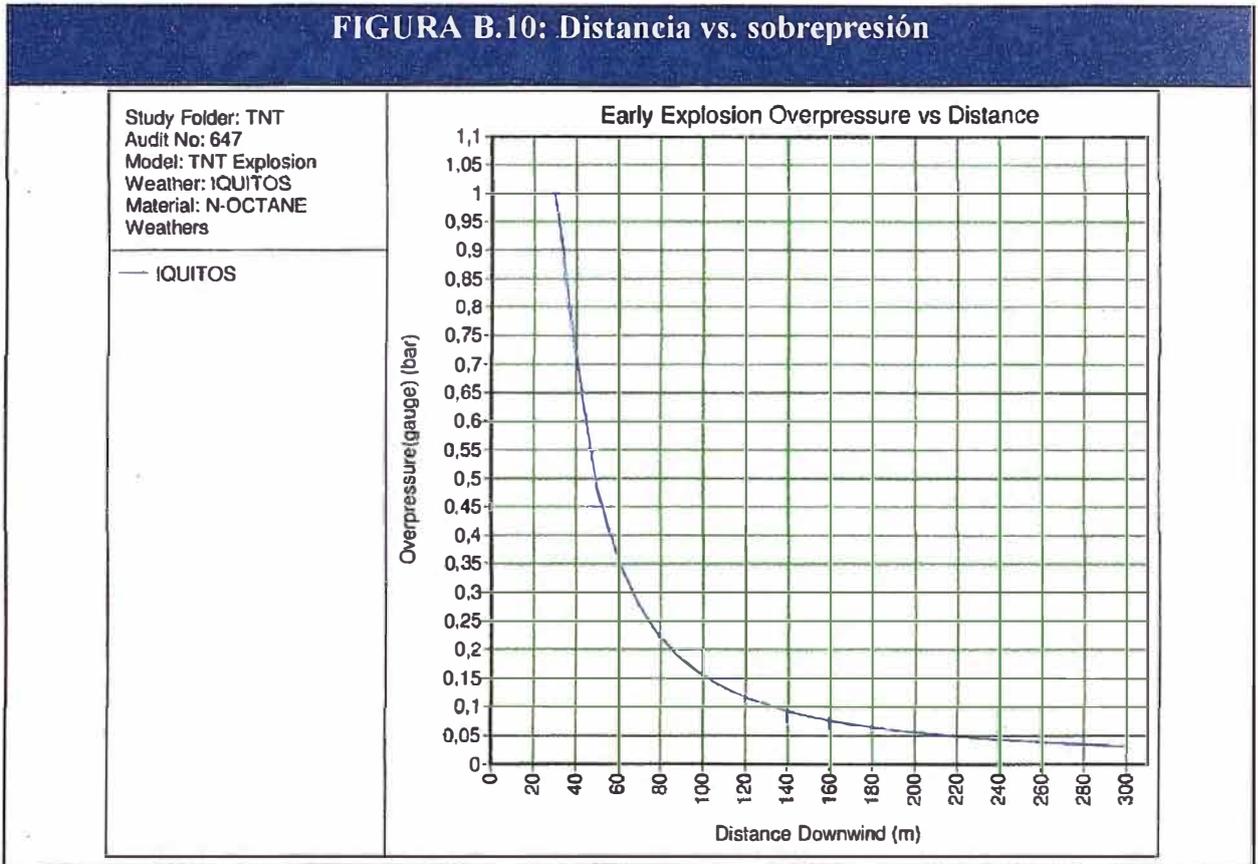
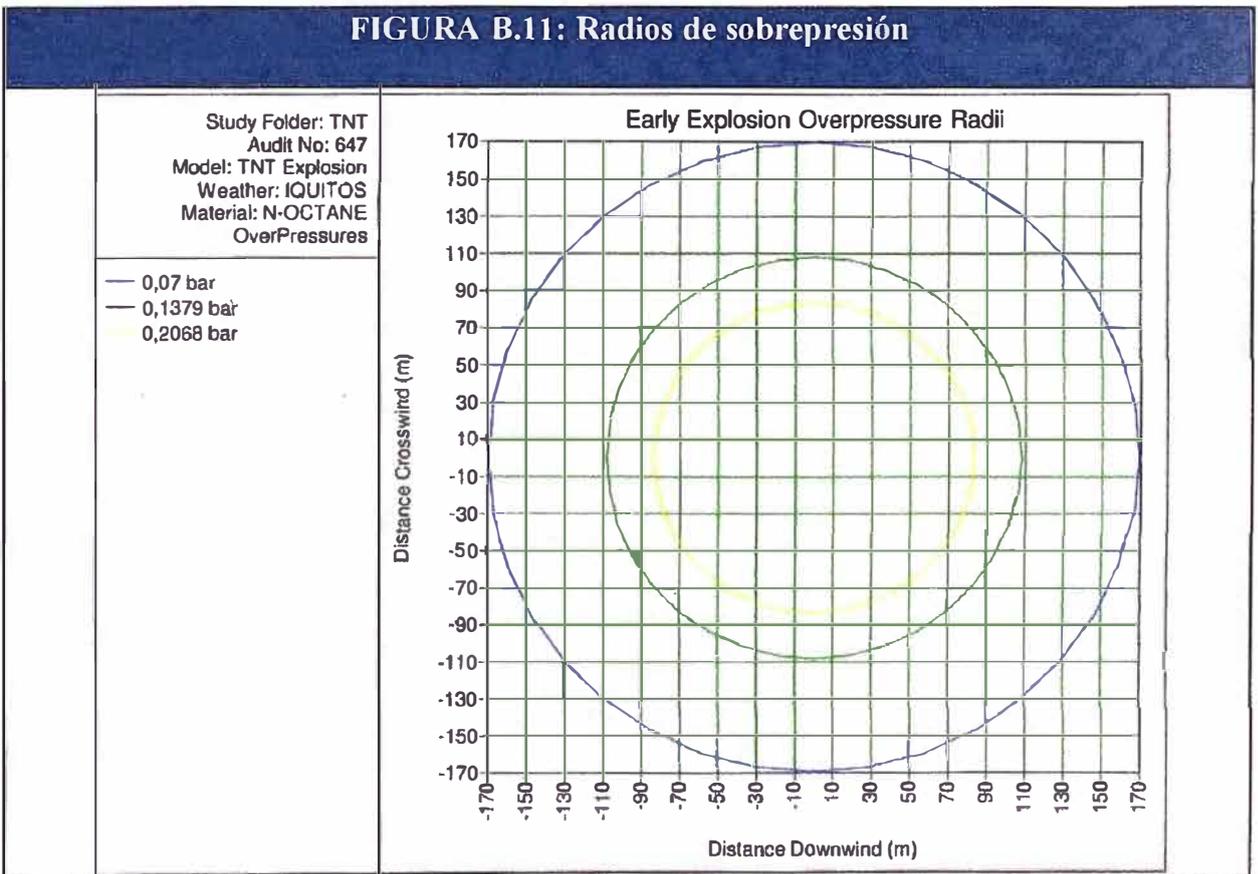


FIGURA B.11: Radios de sobrepresión



B.5 ESTIMACIÓN DE RIESGO INDIVIDUAL Y SOCIAL

$$Pr = -23,8 + 2,92 \ln P$$

Porbit Destrucción

$$Pr = -77,1 + 6,91 \ln P$$

Muerte por lesiones pulmonares

$$Pr = -15,6 + 1,93 \ln P$$

Rotura de tímpano

Cuadro N° B.6. Consecuencias de una explosión en el tanque (OPCION A)

Distancia m	Sobre presión Pa	Porbit Destrucción Y	Probit			% Muerte pulmonar	% Rotura de tímpano
			Probit muerte pulmonar Y	Probit rotura de tímpano Y	% Destrucción		
0	100000	9,82	2,45	6,62	100	1	95
10	100000	9,82	2,45	6,62	100	1	95
20	49000	7,73	-2,47	5,24	100	0	60
30	25000	5,77	-7,12	3,94	78	0	15
40	16000	4,47	-10,21	3,08	30	0	3
50	11000	3,37	-12,80	2,36	5	0	0
60	8000	2,44	-15,00	1,75	1	0	0
70	7000	2,05	-15,92	1,49	0	0	0
80	6000	1,60	-16,99	1,19	0	0	0
90	5000	1,07	-18,25	0,84	0	0	0
100	4000	0,42	-19,79	0,41	0	0	0

Cuadro N° B.7. Probabilidad de ocurrencia del accidente en el tanque

4.7 Tables

Table 4.1 – Suggested Component Generic Failure Frequencies (*gff*) [1 thru 8]

Equipment Type	Component Type	<i>gff</i> as a Function of Hole Size (failures/yr)				<i>gff_{total}</i> (failures/yr)
		Small	Medium	Large	Ruptura	
Compressor	COMPC	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	0	3.00E-05
Compressor	COMPR	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Heat Exchanger	HEXSS	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Heat Exchanger	HEXTS	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Heat Exchanger	HEXTUBE	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Pipe	PIPE-1	2.80E-05	0	0	2.60E-06	3.06E-05
Pipe	PIPE-2	2.80E-05	0	0	2.60E-06	3.06E-05
Pipe	PIPE-4	8.00E-06	2.00E-05	0	2.60E-06	3.06E-05
Pipe	PIPE-6	8.00E-06	2.00E-05	0	2.60E-06	3.06E-05
Pipe	PIPE-8	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Pipe	PIPE-10	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Pipe	PIPE-12	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Pipe	PIPE-16	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Pipe	PIPEGT16	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Pump	PUMP2S	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Pump	PUMPR	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Pump	PUMP1S	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Tank650	TANKBOTTOM	7.20E-04	0	0	2.00E-06	7.20E-04
Tank650	COURSE-1	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04
Tank650	COURSE-2	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04
Tank650	COURSE-3	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04
Tank650	COURSE-4	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04
Tank650	COURSE-5	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04
Tank650	COURSE-6	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04
Tank650	COURSE-7	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04
Tank650	COURSE-8	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04
Tank650	COURSE-9	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04
Tank650	COURSE-10	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04
Vessel/FinFan	KODRUM	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Vessel/FinFan	COLBTM	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Vessel/FinFan	FINFAN	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Vessel/FinFan	FILTER	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Vessel/FinFan	DRUM	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Vessel/FinFan	REACTOR	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Vessel/FinFan	COLTOP	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05

Cuadro N° B.8. Resultados del riesgo individual (en el tanque de espuma)

OPCIÓN	Distancia (m)	% Muerte por radiación	Factor de servicio del trabajador	Probabilidad	Riesgo individual	Observación
OPCIÓN A	10	0.03	0.1	1,00E-04	3,00E-07	Zona Alarp
OPCIÓN B	10	27	0.1	1,00E-04	2,70E-04	Inaceptable

Cuadro N° B.9. Resultados del riesgo social del proyecto – OPCION A

Distancia (m)	Ubicación referencial	Cantidad de personas	% Muerte por sobrepresion	% heridos por sobrepresion	% Muerte por radiación	Probabilidad	Riesgo social	Observación
0	dentro del cubeto	0	1	95	100	1.00E-04	0.00E+00	Zona Alarp
10	dentro del cubeto	0	1	95	100	1.00E-04	0.00E+00	
20	dentro del cubeto	1	1	95	91	1.00E-04	9.20E-05	
30	fuera del cubeto	0	1	95	59	1.00E-04	0.00E+00	Zona segura
40	fuera del cubeto	0	0	83	27	1.00E-04	0.00E+00	
50	fuera del cubeto	0	0	58	3.1	1.00E-04	0.00E+00	
60	fuera del cubeto	1	0	36	0.03	1.00E-04	3.00E-08	
70	fuera del cubeto	0	0	18	0.03	1.00E-04	0.00E+00	
80	fuera del cubeto	0	0	10	0.03	1.00E-04	0.00E+00	Zona segura
90	fuera del cubeto	0	0	5	0.01	1.00E-04	0.00E+00	
100	Oficinas	10	0	2	0.01	1.00E-04	1.00E-07	
110	Oficinas	20	0	1	0.01	1.00E-04	2.00E-07	
120	Oficinas	30	0	0	0.01	1.00E-04	3.00E-07	
130	Oficinas	40	0	0	0.01	1.00E-04	4.00E-07	
140	Oficinas	40	0	0	0.01	1.00E-04	4.00E-07	
150	Oficinas	40	0	0	0.01	1.00E-04	4.00E-07	

Cuadro N° B.10. Resultados del riesgo social del proyecto - OPCION B

Distancia (m)	Ubicación referencial	Cantidad de personas	% Muerte por sobrepresion	% heridos por sobrepresion	% Muerte por radiación	Probabilidad	Riesgo social	Observación
0	dentro del cubeto	0	1	95	100	1.00E-04	0.00E+00	Zona Alarp
10	dentro del cubeto	0	1	95	100	1.00E-04	0.00E+00	
20	dentro del cubeto	1	1	95	91	1.00E-04	9.20E-05	
30	fuera del cubeto	0	1	95	59	1.00E-04	0.00E+00	Zona Alarp
40	fuera del cubeto	1	0	83	27	1.00E-04	2.70E-05	
50	fuera del cubeto	0	0	58	3.1	1.00E-04	0.00E+00	
60	fuera del cubeto	0	0	36	0.03	1.00E-04	0.00E+00	
70	Oficinas	10	0	18	0.03	1.00E-04	3.00E-07	Zona segura para muertes + 6 heridos
80	Oficinas	20	0	10	0.03	1.00E-04	6.00E-07	
90	Oficinas	30	0	5	0.01	1.00E-04	3.00E-07	
100	Oficinas	40	0	2	0.01	1.00E-04	4.00E-07	
110	Oficinas	40	0	1	0.01	1.00E-04	4.00E-07	
120	Oficinas	40	0	0	0.01	1.00E-04	4.00E-07	
130	Oficinas	40	0	0	0.01	1.00E-04	4.00E-07	
140	Oficinas	40	0	0	0.01	1.00E-04	4.00E-07	
150	Oficinas	40	0	0	0.01	1.00E-04	4.00E-07	

Considerando el criterio de aceptación de riesgo individual y social a nivel internacional (Holandesa), se concluye que el riesgo individual de la opción B no es aceptable por lo que se recomienda alejar el tanque de espuma; así mismo el riesgo social de la opción A y B son aceptables en ambos casos, sin embargo en la opción B existen 06 heridos por rotura de tímpanos.

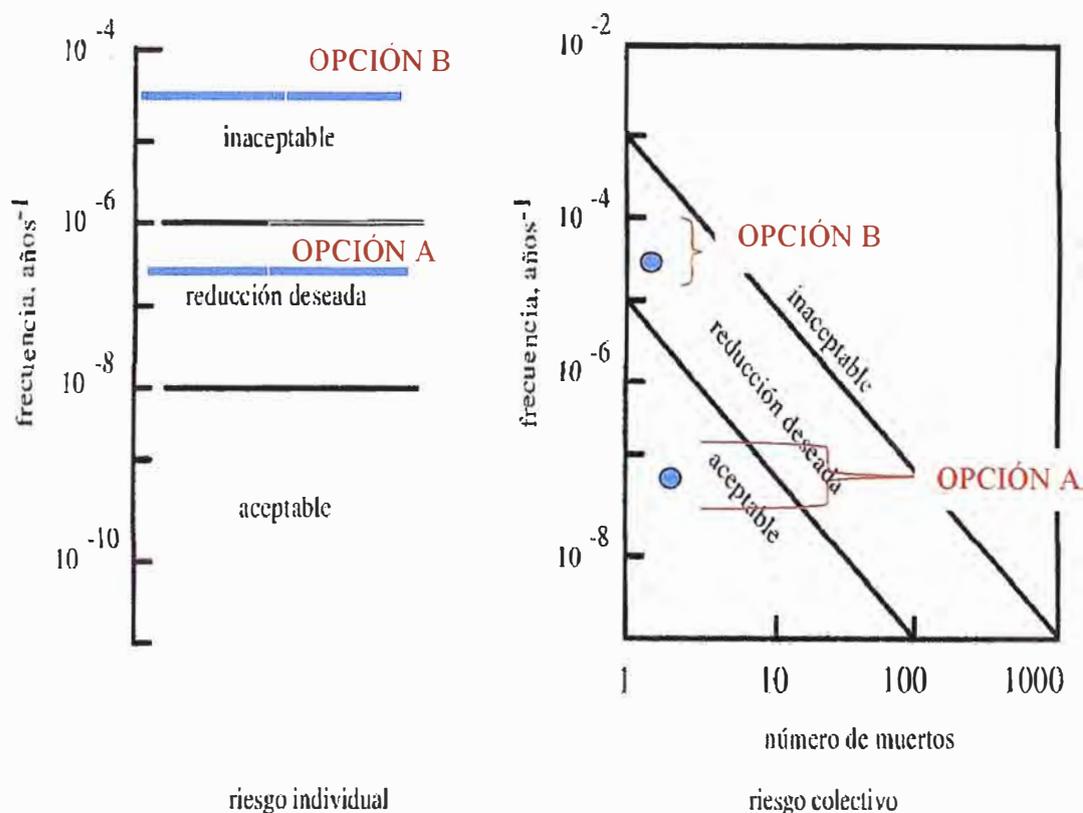


Figura N° B.12. Aceptabilidad Curva F-N (Fuera del cubeto)

B.6 CONCLUSIÓN

De las dos opciones de distribuciones A y B planteadas en los planos T-1 y T-2, la mejor alternativa es la opción A. (de acuerdo a las recomendaciones internacionales de riesgo individual y social). Sin embargo ambas opciones A y B cumplen con las restricciones de riesgo a nivel nacional.

INPUT DATA

Unique Audit Number:

1 410



Study Folder: **iquitos**

PHAST 6.5

 **iquitos**

 **Study**

Pool Fire

Base Case Data

\iquitos\Study\Pool Fire

Material

Material Identifier nafta

Bund

Status of Bund No bund present

Pool Fire

Calculate Pool Fire Flame Shape Yes
Calculate Pool Fire Emissive Power Yes
Calculate Pool Diameter No
Pool Diameter 30 m
Pool Fire Surface On Water
Elevation of Release 0 m

Radiation Distance

Inclination Given No
Orientation Given No
Radiation vs Distance: Maximum Distance 100 m
Radiation vs Distance: Height above Origin 0 m

Radiation Ellipse

Inclination Given No
Radiation Ellipse Option Lethality Level
Radiation Ellipse: Lethality Level 0,1 %

Radiation Point

Inclination Given No
Orientation Given No
Radiation at a Point: Downwind Distance 100 m
Radiation at a Point: Crosswind Distance 0 m
Radiation at a Point: Height above Origin 0 m

Radiation Contour

Origin of Plane - X Direction 0 m
Origin of Plane - Y Direction 0 m
Origin of Plane - Z Direction 0 m
Point 2 X 100 m
Point 2 Y 0 m
Point 2 Z 0 m
Point 3 X 0 m
Point 3 Y 100 m
Point 3 Z 0 m

[Note: Data in square brackets are defaulted values]

POOL FIRE REPORT

Study Folder: iquitos

Unique Audit Number: 1 410

PHAST 6.5



Radiation Intensity Ellipse

User-Defined Quantities

Observer Inclination	Variable	deg
Observer Orientation	Variable	deg
Exposure Duration	60,00	s

Calculated Quantities

Incident Radiation Level:

3,45 kW/m²

Lethality Level

0,10 %

View Factor

0,15

Dose Level

3 131 232,68 (W/m²)[^]Probit N.s

Downwind semi-axis (A)

41,18 m

Crosswind semi-axis (B)

42,21 m

Offset Ratio (D)

0,43

Effect Distance

58,96 m

Area

5 460,98 m²

POOL FIRE REPORT

Study Folder: iquitos

Unique Audit Number: 1 410



PHAST 6.5

Radiation Distance

User-Defined Quantities

Maximum Distance	100,00	m
Angle from Wind Direction	0,00	deg
Height above Origin	0,00	m
Observer Inclination	Variable	deg
Observer Orientation	Variable	deg

Calculated Quantities

X Coordinates m	Y Coordinates m	Z Coordinates m	Incident Radiation kW/m2	Lethality Level %	View Factor
0,00	0,00	0,00	23,27	100,00	1,00
2,04	0,00	0,00	23,27	100,00	1,00
4,08	0,00	0,00	23,27	100,00	1,00
6,12	0,00	0,00	23,27	100,00	1,00
8,16	0,00	0,00	23,27	100,00	1,00
10,20	0,00	0,00	23,27	100,00	1,00
12,24	0,00	0,00	23,27	100,00	1,00
14,29	0,00	0,00	23,27	100,00	1,00
16,33	0,00	0,00	15,29	97,66	0,66
18,37	0,00	0,00	13,70	94,68	0,59
20,41	0,00	0,00	12,62	90,89	0,54
22,45	0,00	0,00	11,70	85,86	0,50
24,49	0,00	0,00	10,94	80,14	0,47
26,53	0,00	0,00	10,23	73,15	0,44
28,57	0,00	0,00	9,64	66,01	0,41
30,61	0,00	0,00	9,08	58,34	0,39
32,65	0,00	0,00	8,68	52,15	0,37
34,69	0,00	0,00	8,19	44,36	0,35
36,73	0,00	0,00	7,80	37,87	0,34
38,78	0,00	0,00	7,43	31,71	0,32
40,82	0,00	0,00	7,11	26,52	0,31
42,86	0,00	0,00	6,75	21,10	0,29
44,90	0,00	0,00	6,32	15,15	0,27
46,94	0,00	0,00	5,85	9,84	0,25
48,98	0,00	0,00	5,39	5,80	0,23
51,02	0,00	0,00	4,94	3,09	0,21
53,06	0,00	0,00	4,52	1,50	0,19
55,10	0,00	0,00	4,12	0,65	0,18
57,14	0,00	0,00	3,76	0,25	0,16
59,18	0,00	0,00	3,42	0,09	0,15
61,22	0,00	0,00	3,11	0,03	0,13
63,27	0,00	0,00	2,84	0,01	0,12
65,31	0,00	0,00	2,59	0,00	0,11
67,35	0,00	0,00	2,37	0,00	0,10
69,39	0,00	0,00	2,18	0,00	0,09
71,43	0,00	0,00	2,03	0,00	0,09
73,47	0,00	0,00	1,89	0,00	0,08

POOL FIRE REPORT

Study Folder: **iquitos**

Unique Audit Number: **1 410**



PHAST 6.5

X Coordinates m	Y Coordinates m	Z Coordinates m	Incident Radiation kW/m2	Lethality Level %	View Factor
75,51	0,00	0,00	1,76	0,00	0,08
77,55	0,00	0,00	1,65	0,00	0,07
79,59	0,00	0,00	1,54	0,00	0,07
81,63	0,00	0,00	1,44	0,00	0,06
83,67	0,00	0,00	1,35	0,00	0,06
85,71	0,00	0,00	1,27	0,00	0,05
87,76	0,00	0,00	1,19	0,00	0,05
89,80	0,00	0,00	1,12	0,00	0,05
91,84	0,00	0,00	1,06	0,00	0,05
93,88	0,00	0,00	1,00	0,00	0,04
95,92	0,00	0,00	0,94	0,00	0,04
97,96	0,00	0,00	0,89	0,00	0,04
100,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,04

Radiation at a Point

User-Defined Quantities

Observer Coordinates:	- Downwind	100,00 m
	- Crosswind	0,00 m
	- Height	0,00 m
Observer Inclination		Variable deg
Observer Orientation		0,00 deg

Calculated Quantities

Incident Radiation Level	0,85 kW/m2
Lethality Level	0,00 %
View Factor	0,04
Exposure Duration	60,00 s
Dose Level	479 957,72 (W/m2)^Probit N.s

INPUT DATA

Unique Audit Number:

647



Study Folder: TNT

PHAST 6.5



TNT



Study

TNT Explosion

Base Case

Data

\TNT\Study\TNT Explosion

Material

Material Identifier

N-OCTANE

TNT Explosion

Minimum Distance

0 m

Maximum Distance

300 m

Flammable Mass

3500 kg

Liquid Fraction

0 fraction

Mass Modification Factor

1

TNT Explosion Parameters

Explosion efficiency

3 %

Air or Ground burst

Ground burst

[Note: Data in square brackets are defaulted values]



TNT

Study

TNT Explosion

Base Case

Data



Weather: Global Weathers\IQUITOS

Speed: 5,00 m/s **Stability:** A/B

\TNT\Study\TNT Explosion

User-Defined Quantities

Material	N-OCTANE
Release Mass	3 500,00 kg
Minimum Distance of Interest	0,00 m
Maximum Distance of Interest	300,00 m
Distance Step Size	10,00 m
TNT Efficiency	3,00 %
Air / Ground Burst	Ground Burst

Calculated Quantities

Radii at Overpressures (gauge) :

Over-Pressure bar	Radius m	Mass kg
0,07	169,66	3 500,00
0,14	108,05	3 500,00
0,21	83,60	3 500,00

Over-Pressure vs Distance

Distance m	Over-Pressure bar
0,00	1,00
10,00	1,00
20,00	1,00
30,00	1,00
40,00	0,71
50,00	0,48
60,00	0,36
70,00	0,27
80,00	0,22
90,00	0,18
100,00	0,15
110,00	0,13
120,00	0,12
130,00	0,10
140,00	0,09
150,00	0,08

T REPORT

Study Folder: TNT

Unique Audit Number: 647

PHAST 6.5

Distance m	Over-Pressure bar
160,00	0,08
170,00	0,07
180,00	0,06
190,00	0,06
200,00	0,06
210,00	0,05
220,00	0,05
230,00	0,05
240,00	0,04
250,00	0,04
260,00	0,04
270,00	0,04
280,00	0,03
290,00	0,03
300,00	0,03

APENDICE C:
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Domo Geodésico de Aluminio



Techas Internas Flotantes para Servicio Pesado de Aluminio y Acero Inoxidable
Líneas de Succión Flotante Especiales para Aviación y propósito general,
desde 3" a 36" de diámetro
Sellos Primarios y Secundarios para Techos Flotantes
Sistema de Drenaje para Techos Flotantes
Skimmers Flotantes



Domo Geodésico de Aluminio

El Domo Geodésico para Servicio Pesado es el resultado de más de 25 años de experiencia práctica en equipos para tanques,

Nuestro objetivo es proveer a la industria petrolera un domo que sea extremadamente durable y que solucione los múltiples problemas de diseño, presentes en domos de otras marcas reconocidas.

En esta época cuando la preocupación es "Costo Total de Vida" la ingeniería de calidad del Domo Geodésico, le ofrece a los dueños de tanques la mejor relación calidad precio.



El Domo Geodésico de BTE para tanques de almacenamiento de petróleo, incorpora las más recientes tecnologías en diseño. BTE también ha utilizado los muchos años de experiencia adquiridas en el diseño de equipos para tanques, para desarrollar lo último en diseño de domos geodésicos.

Los puntos de filtración (goteras) potenciales podrían ser, las juntas de los paneles principales, los nodos del domo y los puntos de penetración tales como tubos de aforo, senderos u otros accesorios del tanque. El diseño meticuloso de BTE ha puesto particular atención en eliminar estos puntos de filtración.

BTE usa el más reciente software de Análisis de Elementos Finitos (FEA siglas en inglés) & 3-D para garantizar la integridad estructural y el posicionamiento 3-D exacto en todo momento.

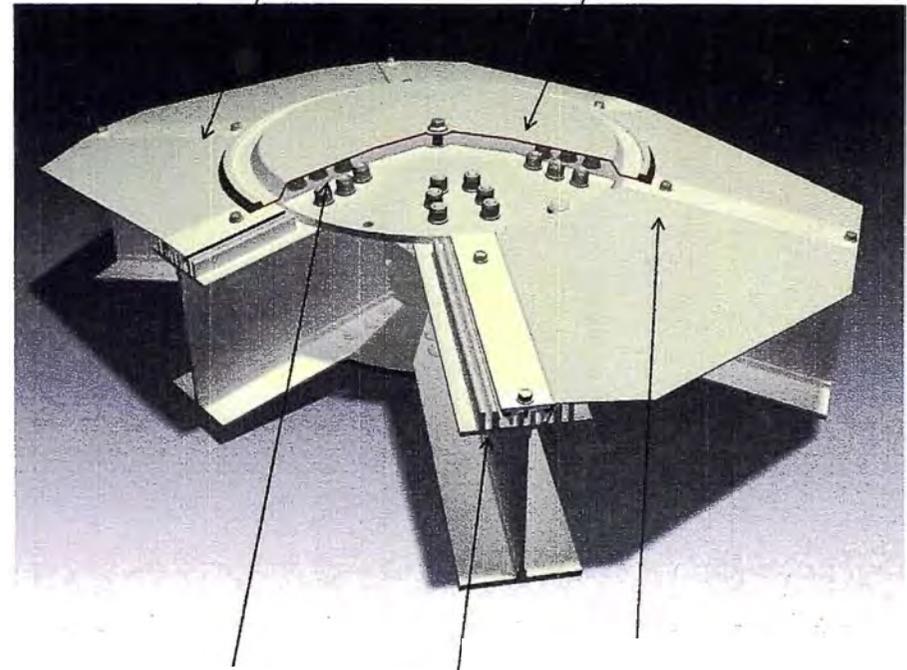


La zapata de soporte del domo BTE va montada directamente sobre el tope de la pared y el ángulo perimetral del tanque, refuerzos locales se colocan dentro y fuera de la pared del tanque. Este diseño permite un mejor sellado cuando el tanque va a ser presurizado parcialmente con nitrógeno.

Placas deslizantes de PTFE se colocan debajo de cada zapata de soporte, para permitir la expansión y contracción debida a cambios de temperatura y movimientos debidos a la carga del viento.

Los paneles principales y el perfil cubrejuntas están al ras, facilitando el sellado alrededor del nodo. El agua corre y la tapa del nodo es capaz de sellar mejor a través de los cubrejuntas y los paneles del techo, porque están en planos similares.

Las tapas de los nodos son anodizadas, dando una resistencia superior a la corrosión y permitiendo además que el sello de silicona se adhiera más efectivamente a la tapa. El diseño único de la tapa del nodo asegura que el grueso del sello de silicona esté protegido del sol.



El uso de remaches tipo Lock (Huck) en las uniones del nodo, aseguran que una tensión uniforme y predeterminada se aplique en todas las uniones de la estructura. Estos remache pasan a ser elementos de sujeción permanentes.

El perfil cubrejuntas de sección alta y los tornillos de fijación colocados cada 200 mm., aseguran una presión de sellado constante a lo largo de las vigas principales, permitiendo así una unión viga-panel libre de fugas.

Dos guías extras para tornillos, permiten la instalación segura de senderos y otros accesorios. Otros fabricantes instalan los accesorios en los cubrejuntas centrales, lo cual ocasiona el desplazamiento de éste y pueden aparecer filtraciones al moverse los senderos u otros accesorios. El sellado de los paneles podría estar comprometido.



ALUMINATOR™ 1000 Internal Floating Roof



HMT's ALUMINATOR™ family of internal floating roofs were developed in response to the market demand for a high quality, high strength aluminum pontoon roof that can readily accommodate a mechanical shoe seal and not be subject to the failure modes that plague conventional lightweight designs. All ALUMINATOR roofs meet or exceed the requirements of AP1650 Appendix H.

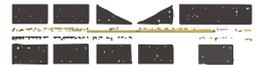
HMT's ALUMINATOR 1000 Internal Floating Roof eliminates the typically weak and failure prone problems found in standard aluminum roofs. Broken leg gussets, legs ripped through deck sheeting, cracks in the weld of pontoon end caps, hydrocarbon vapor leakage through deck bolting, along with the many other common AIFR problems are a thing of the past.

The ALUMINATOR 1000's unique structural arrangement is based on the HMT SIGMA STRUT deck support system. The SIGMA STRUT's high section modules allow for a complete support of the roof, independent of the pontoons.

The unique rim channel design, incorporating the same superior strength given to the deck structure, allows for the mounting of primary shoe seals and secondary seals without any modifications to the standard roof.

Let HMT put our three decades of experience in the design, manufacture, supply and installation of aluminum structures to work for you today.

Contact your local HMT representative to discuss the full suite of products and services that will satisfy all your AST needs.



MINI-SHOE™ Primary Seal



The HMT MINI-SHOE™ Primary Seal is specifically designed for use with internal floating roofs, where tight rim spaces are often encountered. This seal has the same superior long-lasting qualities and positive vapor sealing capabilities as our Scissor Shoe Primary Seal, but is engineered to operate in narrow rim spaces.

The innovative feature of the seal is the HMT MINI-SHOE Type Hanger Assembly. It successfully maintains positive gap sealing ability while accommodating rim spaces as small as 2.5".

The utilization of 1/4 - hard spring stainless steel pusher bars provides equal consistent tension across the shoes. This not only provides a tight fitting seal, but equal

tension assists in keeping the floating roof centered.

Made of lightweight galvanized or stainless steel, the MINI-SHOE Primary Seal combines superior strength with economical corrosion prevention.

Each MINI-SHOE Primary Seal is designed for a specific tank application and is engineered for rapid field installation. With its wide range of metallic and non-metallic materials, the MINI-SHOE Primary Seal is resistant to virtually all products stored in floating roof tanks.

Contact your local HMT representative to discuss the full suite of products and services that will satisfy all your AST needs.

The ALUMINATOR™ 1000's Unique Design Features Include the Following:

- SIGMA STRUT girders are specifically designed for a 1,000 pound load limit prior to considering the additional strength provided by the completed structure.
- SIGMA STRUT girders are designed with extruded continuous threaded bolting slots. These bolting slots prevent vapors from escaping through the bolt holes and allow easier attachment of leg assemblies, pontoon saddles, cross girders, etc. They also provide more thread engagement area than in conventional designs.
- The ALUMINATOR 1000 rim channel provides additional structural support to the roof and is designed with the strength to support both a primary mechanical shoe seal and a secondary seal without additional modifications
- The leg supports connect to the girder structure instead of between the pontoons allowing for repeated flexing without pontoon end cap failure. Girder spacing does not exceed 57 inches.
- Standard 10 inch pontoons are attached to the roof using extruded pontoon saddles and straps. pontoons are not structural components, they do not contain gussets and are not interconnected. The maximum spacing between pontoon rows is 10 feet.

- Standard deck sheeting is 0.025" nominal thickness which is 25% heavier than the minimum allowed by standards.
- The ALUMINATOR 1000 can be cable suspended from either cone roof tanks or geodesic dome roofs. The option allows roof height adjustments to be completed from the outside of the tank. With no leg structure under the roof, cleaning inspection and repairs to the tank bottom are simplified.
- The ALUMINATOR 1000 can be altered to a hybrid stainless steel/aluminum design when the stored product is not completely compatible to the aluminum alloy.
- The ALUMINATOR 1000 is easily fitted with a mechanical shoe seal utilizing a laminated Teflon® vapor barrier fabric. This provides a compatible seal system to the many products and additives stored in floating roof tanks.
- The ALUMINATOR 1000 is completely constructed without welding and can fit through a 24 inch manway, allowing for much faster installation and quicker tank turnaround.



HMT Inc
24 Waterway Avenue, Suite 400
The Woodlands, Texas 77380
Ph: +1.281.681.7000
Fax: +1.281.351.8589

Locations worldwide to service
all your AST needs.

Visit us at www.hmttank.com

ALUMINATOR™ and SIGMA STRUT™
are trademarks of HMT Inc.
Teflon® is a registered trademark
of DuPont or its affiliates.

HMT'S MINI-SHOE™ Unique Design Features Include:

- Unique Mini-Shoe type hanger and Pusher Bar assemblies
- Compatibility with all stored products
- Compliance with EPA and local regulations
- Compatibility with welded and riveted tank shells
- Available with secondary seal systems
- Horizontal or vertical rim mounts

HMT'S Wide Range Of Seal Materials Include:

- Metallic
- Stainless Steel
- Galvanized Steel
- Primary vapor barrier fabric
 - HMT's PTFE Laminated Fluoropolymer (Teflon®)
 - Urethane, polyester reinforced

These and other fabrics are available in various thicknesses



HMT Inc.
24 Waterway Avenue, Suite 400
The Woodlands, Texas 77380
Ph: +1.281.681.7000
Fax: +1.281.351.8589.

Locations worldwide to service all your AST needs.

Visit us at www.hmttank.com



Foam Chambers

The Chemguard Foam Chamber consists of a foam expansion chamber and an integral foam maker. The foam chamber is installed on a flammable liquid storage tank just below the roof joint. The foam solution is piped to the chamber from outside the hazard area. Upon entering the chamber, the foam solution is expanded and then discharged against a deflector inside the storage tank. The deflector directs the foam against the inside wall of the storage tank. This reduces the submergence of the foam and agitation of the fuel surface. (NFPA Type II Application)

FEATURES

- U. L. Listed
- FM Approved
- (4) models available to cover all flow requirements
- Top of chamber has handle, which simplifies inspection access to the vapor seal
- Frangible glass vapor seal is provided. The glass is scored on one side and designed to break at a minimum 10 psi but not greater than 20 psi.
- Chamber manufactured in ASTM A36 carbon steel with a 304 stainless steel screen covering the foam maker air inlets
- All foam chamber inlets and outlets are flat faced and drilled to ANSI 150 lb. standard. Flange gaskets are provided.
- Choice of two styles of deflector is available (split or solid)
- Finished with durable red epoxy paint
- A stainless steel inlet orifice is supplied. Chemguard sizes the orifice based on the foam solution flow requirements and the foam solution inlet pressure available at the base of the foam chamber.

ORDERING INFORMATION

When ordering please supply the following:

1. Minimum inlet pressure at base of foam chamber and foam solution flow rate required (It is recommended a minimum of 40 PSI inlet pressure be available)
2. Type of deflector required - solid or split
3. Mounting pad if required

Part Number	Flow
FC 2.50	58-177 GPM
FC 3.00	101-292 GPM
FC 4.00	180-642 GPM
FC 6.00	540-1090 GPM

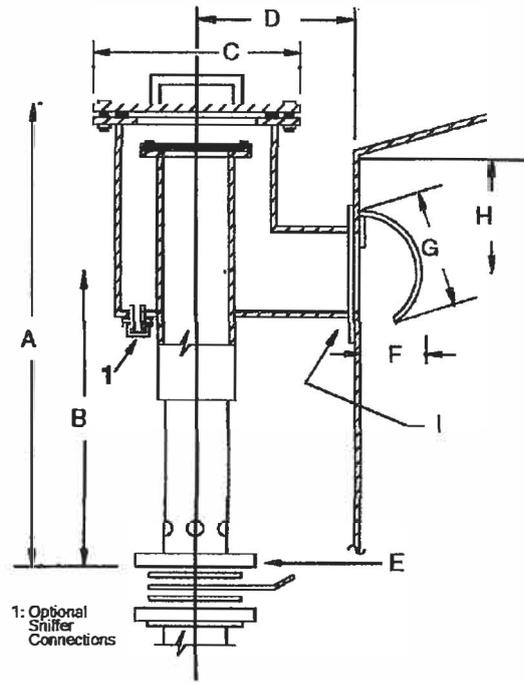
CHEMGUARD

204 S. 6th Ave • Mansfield, Tx 76063 • (817) 473-9964 • FAX (817) 473-0606

www.chemguard.com

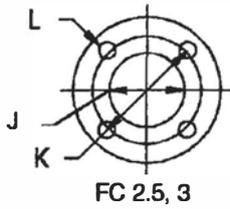
CHAMBER DIMENSIONS

	FC 2.5	FC 3	FC 4	FC 6
A	29 IN.	34 3/4 IN.	38 1/2 IN.	44 3/4 IN.
B	17 1/2 IN.	22 1/4 IN.	23 1/2 IN.	27 1/2 IN.
C	10 5/8 IN.	12 3/4 IN.	14 3/4 IN.	18 IN.
D	7 IN.	9 IN.	10 IN.	12 IN.
E	2 1/2 IN.	3 IN.	4 IN.	6 IN.
F	3 1/4 IN.	4 1/4 IN.	5 3/8 IN.	6 3/8 IN.
G	6 1/2 IN.	8 1/2 IN.	10 1/2 IN.	12 1/2 IN.
H	8 IN.	9 1/2 IN.	11 IN.	12 IN.
I	4 IN.	6 IN.	8 IN.	10 IN.
J	2 7/8 IN.	3 1/2 IN.	4 1/2 IN.	6 5/8 IN.
K	5 1/2 IN.	6 IN.	7 1/2 IN.	9 1/2 IN.
L	3/4 IN.	3/4 IN.	7/8 IN.	7/8 IN.
M	4 1/2 IN.	8 5/8 IN.	8 5/8 IN.	10 3/4 IN.
N	7 1/2 IN.	9 1/2 IN.	11 3/4 IN.	14 1/4 IN.
O	3/4 IN.	7/8 IN.	7/8 IN.	1 IN.
P	8 IN.	12 IN.	16 IN.	20 IN.
Q	12 IN.	18 IN.	24 IN.	30 IN.



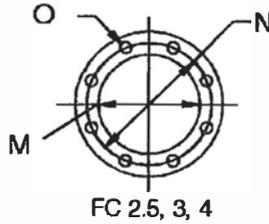
SIDE VIEW

INLET FLANGE (E DETAIL)

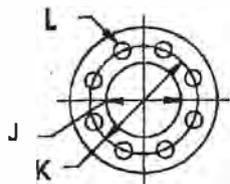


FC 2.5, 3

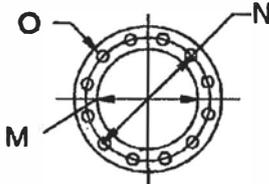
OUTLET FLANGE (I DETAIL)



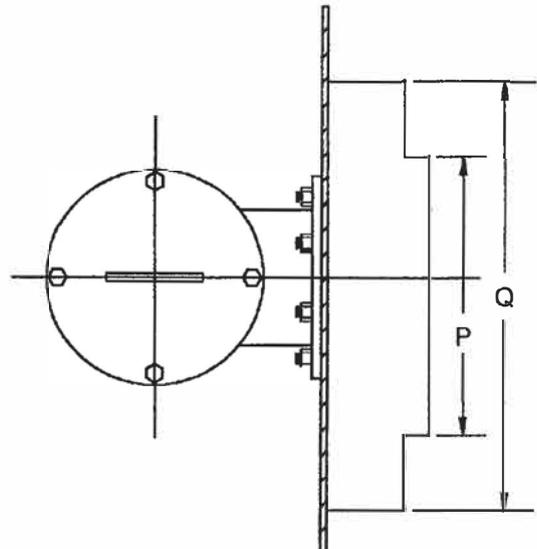
FC 2.5, 3, 4



FC 4, 6



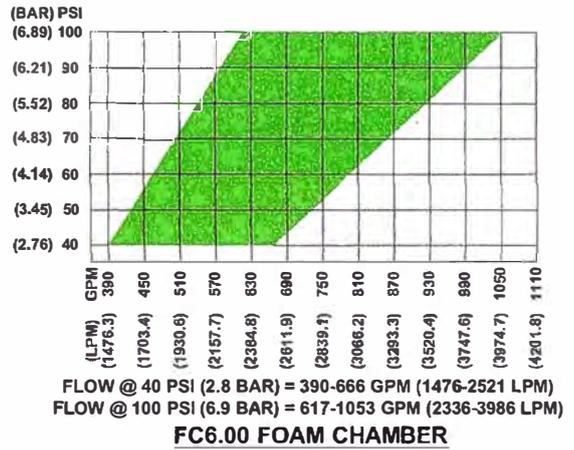
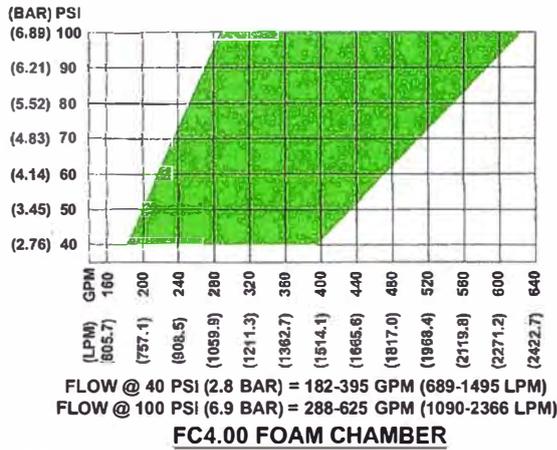
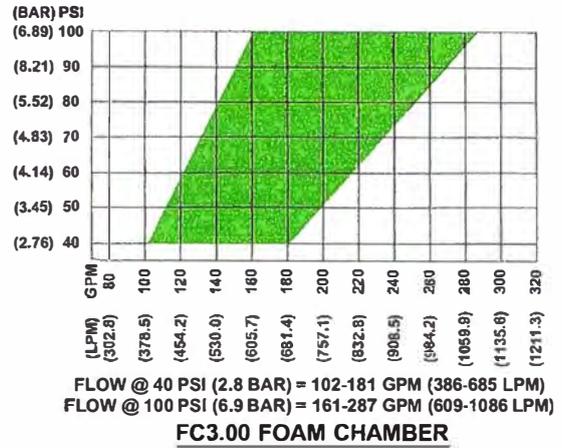
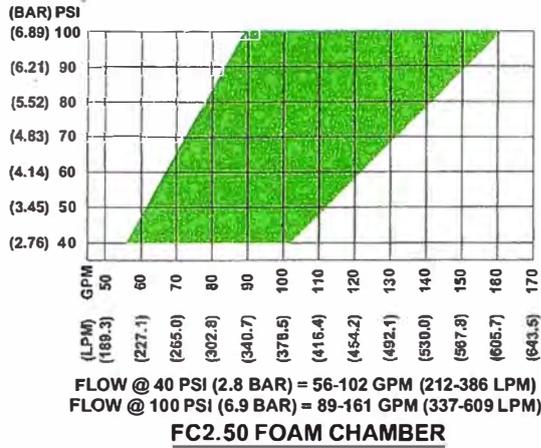
FC 6



TOP VIEW

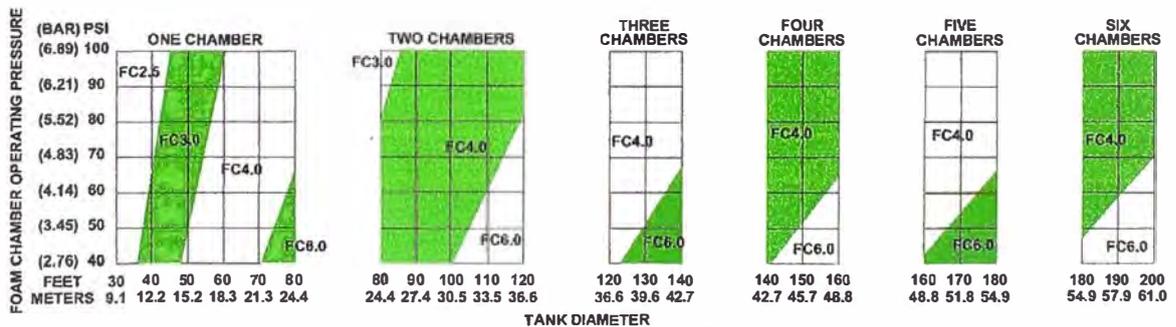
CHEMGUARD
 204 S. 6th Ave • Mansfield, Tx 76063 • (817) 473-9964 • FAX (817) 473-0606
www.chemguard.com

FLOW RANGE CHARTS FOR CHEMGUARD FOAM CHAMBERS



NOTE:

1. Solution flow can be specified for any flow/pressure combination within the shaded area.
2. Flows noted at 40 and 100 psi (2.8 & 6.9 bar) are flow achieved through the smallest & largest orifice available for each device.



CHEMGUARD
 204 S. 6th Ave • Mansfield, Tx 76063 • (817) 473-9964 • FAX (817) 473-0606
www.chemguard.com



PRE-PIPED HORIZONTAL BLADDER TANKS

The Chemguard Pre-Piped Horizontal Bladder Tank is one component in a balanced pressure foam proportioning system. It requires no external power, other than the water pressure to ensure correct operation. The pre-piped horizontal bladder tanks are designed and constructed in accordance with the latest revisions to ASME code, Section VIII for unfired pressure vessels with a working pressure of 175 psi and tested to 1.3 times this pressure.

SPECIFICATIONS

The tank shell is constructed of SA 516 Grade 70 steel, complying with ASME specifications, possessing a tensile strength of not less than 70,000 psi. The circumferential, as well as the longitudinal body seam, are machine welded. The tank interior welds and edges are ground smooth.

The tank shell water inlet and tank shell water drain is screened to prevent bladder blow out or the entrapment of debris between the tank shell and the bladder.

The pre-piped horizontal tank assembly is supported on two saddles welded to the tank, and fitted with anchoring holes, allowing easy access to the bladder drain/fill valve and the tank shell drain/fill valve.

FEATURES

- UL Listed*.
- FM Approved*.
- Chemguard Bladder Tanks comply with the requirements of the Pressure Equipment Directive 97/23/EC.
- The bladder is manufactured of a vinyl based polymer. Bladder material shall have an ASTM D-412 Tensile Strength of at least 3000 psi and an ASTM D-624 Graves Tear Strength of at least 420 lbs./in.

* **Note:** Listings, Approvals and/or Certifications for Chemguard foam concentrate and/or equipment are valid only when used with other Chemguard foam concentrates or equipment in a manner as outlined in the applicable Listing, Approval and/or Certification.

- Tanks are supplied with foam concentrate discharge located at the top of the tank.
- Standard piping material for prepiped tanks:
Foam Concentrate Lines Brass/Bronze
Water Pressurization Lines Brass/Bronze
Vent/Drain Lines Brass/Bronze
Fire Water/Foam Solution Lines ... Carbon Steel
- All valves are labeled showing normal working position and function.
- Lifting lugs are permanently welded to the tank with eyes of approximately 2" diameter.
- Tanks contain a perforated PVC center tube that assures maximum agent discharge.
- All tanks are oversized to allow for any thermal expansion of the foam concentrate.
- All tanks are supplied with a label, which identifies the type of foam concentrate the system is designed for, the percentage ratio and the tank size.
- Tanks are painted red enamel.

OPTIONS

- Coal tar epoxy for coating the interior shell of the tank (for use in salt-water environment).
- Sight Glass.
- Red epoxy finish.
- Custom fabrication of specialty materials, dimensions, and capacities.
- Actuated valves for water/concentrate.
- Stainless steel or carbon steel for prepiped tanks.
- Insulation and heat tracing packages.
- Seismic designed tanks available.



RATIO FLOW CONTROLLERS

The Chemguard ratio flow controller is a device designed to meter the correct amount of Chemguard foam concentrate into the water stream over a wide range of flows and pressures with minimal pressure loss. These devices are used in conjunction with either a bladder tank or a foam pump proportioning system. Chemguard ratio flow controllers are UL Listed and FM Approved with certain Chemguard foam concentrates. Typical applications include flammable liquid storage tanks, loading racks, aircraft hangars, and heliports or anywhere flammable liquids are used, stored, processed or transported.

The operating principle of the controller is based upon the use of a modified venturi. As water passes through the inlet nozzle, pressure is reduced in the annular area of the nozzle. This reduction allows the metering of foam concentrate into the water stream through a foam concentrate metering orifice.

SPECIFICATIONS

Chemguard offers the ratio flow controller body in five models. The 2-1/2" ratio flow controller is a threaded controller designed with a 2-1/2" female NPT threaded inlet and 2-1/2" male NPT threaded outlet. The 3", 4", 6" and 8" ratio flow controllers are "between the flanges" units designed to fit between two ANSI 150 lb. pipe flanges. Only the recovery section protrudes into the system water piping. To ensure a complete gasket seal when installing between flanges, each face of the controller is machined with 20 grooves per inch.

The ratio flow controller body is cast from ASTM UNS-C84400 Brass. The inlet nozzle and metering orifice are machined from SAE #72 Brass. The inlet nozzle set screws and metering orifice retaining ring are of stainless steel.

The inlet nozzle is secured by two stainless steel set screws. This allows the nozzle to be removed from

the controller for cleaning and/or repair.

Metering orifices are sized appropriately for each specified type and percentage foam concentrate. A stainless steel retaining ring secures the metering orifice in place.

The controller body is clearly marked with a flow direction arrow and label to identify the type of foam concentrate and injection percentage ratio.

FLOW RANGE

The Ratio Flow Controller Flow Range Table on page 4 lists the flow range for each ratio flow controller with respect to foam concentrate type. Please consult the Chemguard Engineering Department for specific applications or other foam concentrate types.

DESIGN INFORMATION

1. To ensure correct operation of a ratio flow controller when used with a bladder tank, the pressure of the foam concentrate at the controller must be within 2 psi of the incoming water pressure.
2. To ensure accurate proportioning over the flow range of the controller, minimum water inlet pressure of 30 psi must be available during operation of the system. A rule of thumb should include the water supply pipe to bladder tank and the concentrate supply pipe from bladder tank to controller foam inlet. The equivalent length of pipe including elbows, fittings and valve should be approximately 50 equivalent feet of the same pipe size as the foam inlet connection "D" on page 2.
3. Please review the controller dimension table for information on the minimum recommended length of straight pipe required upstream and downstream from the controller.

APENDICE D:

ESTUDIO DE EMISIÓN DE VAPORES EN TANQUES

EPA Tanks 4.09 Emissions Estimating Tool

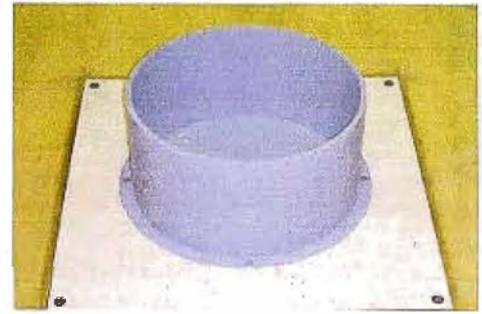
www.epa.gov/ttn/chief/efpac/esttools.html

WIND LOADS ON OPEN-TOPPED OIL STORAGE TANKS

Yasushi Uematsu*, Choongmo Koo†, and Koji Kondo††



(a) Experimental setup



(b) Model A ($h_r = 0$)

Figure 1: Experimental setup and model for pressure measurements (Model A).

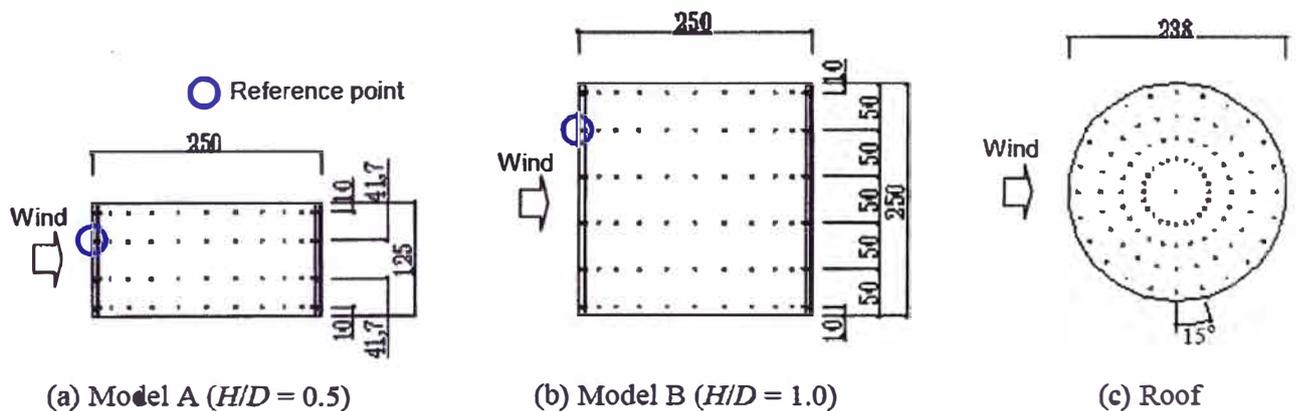


Figure 2: Dimensions of wind-tunnel models and location of pressure taps (external wall surface and roof).

The distributions of $C_{p\text{mean}}$ on the floating roof at various heights h_r are shown in Figure 6. The roof is generally subjected to suction. The distribution of $C_{p\text{mean}}$ becomes more uniform with a decrease in h_r . Figure 7 shows the spatially averaged values of $C_{p\text{mean}}$ over the roof and internal wall surface, plotted as a function of h_r/H . These values decrease in magnitude with an increase in h_r/H . However, the effect of h_r is not significant, particularly for the roof pressure. A similar feature was observed for longer cylinders (see Uematsu and Koo [7]).

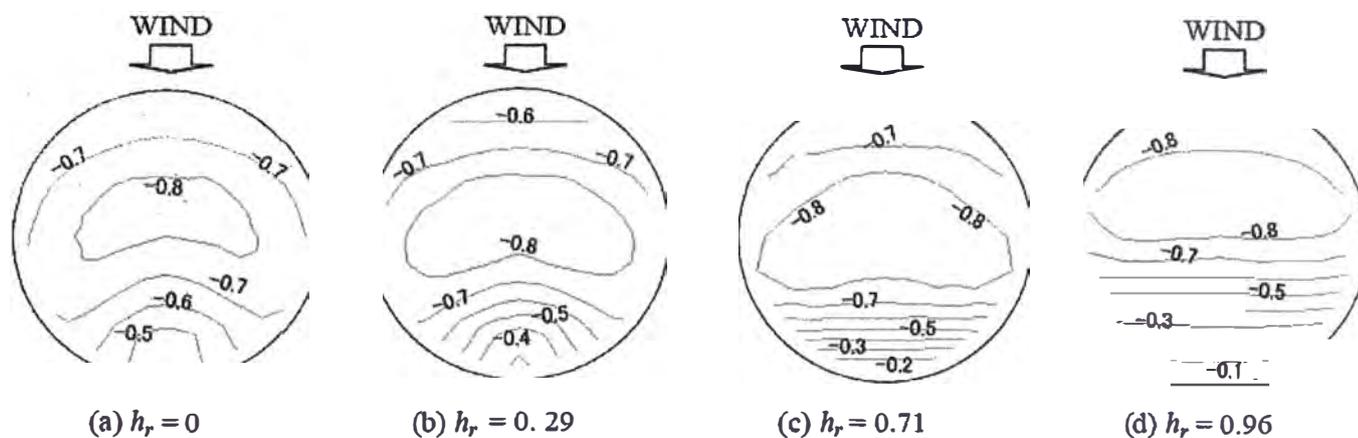


Figure 6: Distributions of the mean pressure coefficients on the floating roof (Model B).

REDUCING (CONTROLLING) VAPOUR LOSSES FROM STORAGE TANKS.

By S. Ramachandran [MTech Machine Design, IIT Bombay]

1. **Storage loss** is the expulsion of vapour from a tank through vapour expansion and contraction, which are the results of changes in temperature and barometric pressure. This loss occurs without any liquid level change in the tank and can be controlled to some extent by using a pressure-vacuum relief valve.
2. **Working loss:** The combined loss from filling and emptying is called **working loss**. Evaporation during filling operations is a result of an increase in the liquid level in the tank. As the liquid level increases, the pressure inside the tank exceeds the relief pressure and vapours are expelled from the tank. Evaporative loss during emptying occurs when air, drawn into the tank during liquid removal, becomes saturated with organic vapour and expands, thus exceeding the capacity of the vapour space. Fixed roof tank emissions vary as a function of

B. FLOATING ROOF TANKS

Total emissions from floating roof tanks are the sum of withdrawal losses and standing storage losses. True vapour pressure is the force causing vapourization and generally, loss is considered to be more or less directly proportional to it.

1. **Withdrawal losses** occur as the liquid level, and thus the floating roof, is lowered. Some liquid remains on the inner tank wall surface and evaporates. For an internal floating roof tank that has a column supported fixed roof, some liquid also clings to the columns and evaporates. Evaporative loss occurs until the tank is filled and the exposed surfaces are again covered. **This loss cannot be controlled.**
2. **Standing storage losses** from floating roof tanks include rim seal and deck fitting losses, and, for internal floating roof tanks, also include deck seam losses for constructions other than welded decks.
 - **Rim seal loss.** Regardless of tank design, a floating roof requires a device to seal the gap between the tank wall and the deck perimeter. Rim Seal losses can occur

through many complex mechanisms, but, for external floating roof tanks, the majority of rim seal vapour losses have been found to be **wind induced**. Wind movements give rise to a partial vacuum just above the floating roof which draws out vapour from the seal area. Tanks located in coastal areas are subject to high losses because of this peculiar phenomenon. No dominant wind loss mechanism has been identified for internal floating roof or domed external floating roof tank rim seal losses.

Losses can also occur due to permeation of the rim seal material by the vapour or via a wicking effect of the liquid, but permeation of the rim seal material generally does not occur if the correct seal fabric is used. Testing has indicated that breathing, solubility, and wicking loss mechanisms are small in comparison to the wind-induced loss.

A rim seal system may consist of just a primary seal or a primary and a secondary seal, which is mounted above the primary seal. The primary seal serves as a vapour conservation device by closing the annular space between the edge of the floating deck and the tank wall. Three basic types of seals are used on floating roofs: mechanical shoe, resilient filled, and flexible wiper seals.

To conclude, Rim seal Losses can be controlled by eliminating the wind induced losses and by proper choice of seal. **This is best achieved by going for Fixed cum Floating Roof tanks.**

- **Deck fitting Loss** : Deck Fittings can be a source of evaporative loss when they require openings in the deck. Numerous fittings pass through or are attached to floating roof decks to accommodate structural support components or allow for operational functions. Deck fittings give an escape route for the vapour, which if not blocked effectively can result in unnecessary losses. However, simple Vent Design rules, if followed, minimize these losses.
- Other potential standing storage loss mechanisms include **breathing losses** as a result of temperature and pressure changes. But for Floating Roof tanks, these losses are marginal.

VENTING OF STORAGE TANKS

API Standard 2000 gives Normal and Emergency Venting requirements of liquid petroleum or petroleum products storage tanks. Types of Vents available and their operational characteristics are also covered in detail. Fixed roof tanks are either freely vented or equipped with a breather valve (pressure/vacuum valve), which allows the tanks to operate at a slight internal pressure or vacuum. Weight loaded, Spring loaded or Pilot Operated Mechanisms are used to control the pressure or vacuum. Because this valve prevents the release of vapours during only very small changes in temperature, barometric pressure, or liquid level, the emissions from a fixed-roof tank can be appreciable. Additionally, gauge hatches/sample wells, float gauges, and roof manholes provide accessibility to these tanks and also serve as potential sources of volatile emissions. Breather vents may be called conservation vents, although hardly any conservation of vapours occurs at such low pressure settings.

ESTIMATING VAPOUR LOSS

Emission models have been developed and published by API that estimates volatile organic compound (VOC) and hazardous air pollutant (HAP) emissions from fixed- and floating-roof storage tanks. Of special mention is the TANKS software program released jointly by API and EPA which is continuously updated. The cumbersome evaporation loss calculation procedure is now very much simplified. Necessary data, after years of research, is now readily available for hundreds of pure chemicals as well as mixtures commonly stored. These models take into account the effect of

- Type of tank, overall dimensions and present condition.
- Physical and chemical properties of product stored.
- Seasonal and daily variations in temperature and pressure.
- Wind velocities at tank location.
- Various deck fittings and Relief Valves.
- Type of Rim seals used.
- Tank utilization (Turnovers).
- Shell and Roof Paint Colour and condition.

With such tools available in hand, a comparison of the efficiency of alternate designs of storage tanks has been made easy. Such an exercise is a must before starting out any new project to choose a system which is most efficient in the long run. And it wouldn't take long to realize that existing systems are not economical in the overall sense. Retrofitting existing tanks to make it as equally efficient as modern systems has been made possible and again, would be economical in the long run.

LOSS COMPARISON

In order to obtain Quantitative Loss comparison data, yearly emissions were calculated for different Storage tanks having the same capacity. The products chosen were **Naphtha** (13RVP) and **n-Hexane**. Major Input data assumed are as follows...

Tank Diameter = 28m , Tank Height = 14m

EFR : Steel Pontoon Deck. with Vapour Mounted Primary Seal with Weather Shield.

IFR : Aluminium Bolted Deck with Vapour Mounted Primary Seal.

DEFR : Aluminium Geodesic Dome.

Location : Mumbai (For Meteorological data). Wind speed : 12 mph.

Turnovers per year: 30

Typical Deck fittings, Deck Construction and provision of Breather Vents.

Loss Type	Fixed Roof	EFR	DEFR	IFR New / Retrofitted	Remarks
Storage Loss					

$\Delta P / \Delta T$	15-20% Can be Controlled	Negligible			Seasonal and Daily Cycles
Rim Seal	6	84 % Wind Induced	70%	48 %	Depends on type used.
Deck Fitting	6	16 %	26%	30%	Can be minimised
Deck Seam	6	6	6	18%	For Bolted Decks only
Working Loss					
Filling	80 -85%	6	6	6	Depends on Vapour Space
Withdrawal	Major	< 1%	4%	4%	Wetting Unavoidable
Loss Summary					
n-Hexane Loss Tonnes/year	280	55	1	3	-
Naphtha Loss Tonnes/year	776	182	3.6	11	-
Savings as compared to Fixed Roof	-	76-80%	>99%	98%	-

Observations:

- Retrofitting an EFR with a Dome Roof increases the savings to over 99%.
- Effect of wind speed: Increasing the wind speed from 12mph to 13mph resulted in a 26% increase in the losses from EFR. This accounts for the high losses suffered by EFRs installed near coastal areas.
- Retrofitting existing Fixed roof tanks storing volatile products with an Internal floating Roof will pay off in most cases.

ECONOMICS

The magnitude of savings realized by going for a more efficient storage system depends mainly on

- The size and type of the tank,
- Its location,
- Volatile and toxic nature of product stored,
- Product cost,
- Long term maintenance and replacement cost.

All these factors coupled with the pollution factor are to be considered before going in for any new storage facility or retrofitting an existing facility. For the case considered, typical relative costs of different storage systems are tabulated.

Fixed Roof	EFR	IFR	DEFR
1	1.3	1.25	1.6

The point to be noted here is that IFR, though much more efficient, costs almost the same as EFRs. Despite this major advantage, majority of installations in India are EFRs. Retrofitting existing EFRs with Geodesic Domes may be economically feasible for only highly volatile products.

CONCLUSION

Quantitative estimates of vapour loss are available which give a fair idea of the extent of damage done to the environment as well as the loss of revenue suffered by the user by adhering to less efficient storage systems. Retrofitting of existing tanks would lead to a drastic reduction in the losses suffered and also aid in protecting the environment.

The reduction in vapour loss in most cases, will give an economic return. To be most effective, conservation measures should be based upon an understanding of sources of loss, factors affecting size of loss, and means for its control.

Cone roofs frequently corrode more rapidly than the tanks they cover, requiring replacement.

This combination of aluminium domes and internal floating roof for the 3 newly built tanks has significant advantages over the more traditional steel external floating roofs or fixed steel roofs covering an internal floating roof.

The main advantages of this tank configuration are:

- Low maintenance cost. Due to the materials used the dome roofs do not require any maintenance such as blasting or painting during their entire service life, which well exceeds a minimum expected lifetime of 40 years
- Lower emissions. The combination of an aluminium dome and full contact internal floating roof will reduce the emission from these tanks with a minimum of 97% compared to a

reference tank, as is a mandatory requirement by the most stringent European emission legislation (BREF Storage tanks, by IPPC – 2005) and local authorities

- Eliminate weather influences. By covering the tanks completely the influence of wind, rain and lightning is eliminated. This reduces or eliminates product emissions, product contamination by rain water and the risk of rim fires
- High reliability. As an aluminium dome requires no maintenance, and an internal floating roof configuration has no drain line configuration this tank design is much more reliable than other available atmospheric storage tank designs
- Wide range of products to be stored. The range of products to be stored in these tanks is extended with (bio-)fuel related products such as alcohols, ETBE and MTBE. The used anodised aluminium for the internal floating roofs guarantees product compatibility for a very wide range of products.

Tank emissions:

Reducing emissions of volatile organic carbons is of great importance for modern tank terminals, and OTR is committed to realising a maximum emission reduction for all tanks operated, but definitely for new tanks built. When calculating the emissions for the different tank types, based on 12 turnovers per year the following are the results:

<u>Tank type</u>	<u>Emission (kg/year)</u>	<u>Emission reduction percentage (IPPC BREF)</u>
Standard tank, no emission reduction measures	40,4530	
Internal floating roof tank	301	99.26%

The comparison above is made between the supplied dome and full contact aluminium internal floating roof with liquid mounted shoe plate seal against a standard steel fixed roof tank with no further emission reduction measures in place. Under IPPC BAT requirements reducing emissions significantly beyond initial reductions is becoming more and more important. Using domes with internal floating roofs results in significant emission reductions and is classified as BAT (Best Available Technique) for reducing VOC emissions (calculations were made for Methanol on a basis of 12 annual turnovers).

Building the domes and internal floating roofs

The domes have been built inside the tank by CTS. The domes were completed in less than 4 weeks and lifted on the tanks with a mobile crane with a capacity of 400 tons. The flight of the lift (over 40 meters from crane centre to the centre of the dome) required a large crane. Specialised lifting equipment as owned and mobilised by CTS was used to lift the dome safely onto the tank.

In the weeks immediately after completing the domes the internal floating roof were built underneath the dome, as this enables the construction of the internal floating roof independent from any adverse weather conditions.

Key facts and figures:

Each of these domes in a diameter of 42.67m weigh only 18,778 kg each. The dome frame only weighs 10,886 kg. The panels weigh 7,892 kg. Despite this low weight the domes are designed as per API 650 to withstand a 160 km/hour maximum wind speed and can bear an uniform live load of 25 psf across the full roof (1,197 N/m²), resulting in the dome being able to bear an additional load of 171,171 kilograms (this besides its own weight)!

Construction schedule and materials

Each dome consists of the following parts:

- 420 Struts (representing the dome wire frame)
- 324 Panels (covering the dome frame)
- 420 Battens (securing the dome panels)
- 363 Gusset plates (connecting the struts)
- 6,557 Batten screws
- 14,912 Lock bolts
- 960 Bolts and nuts (conventional bolts)
- 1,978 Rivets
- 108 Tubes caulking

Safety and health during construction:

This project was completed without any safety incidents, or personal injury. This is accomplished by giving full attention and great care to all SHE-related aspects on this complicated project by all involved which include Odfjell and CTS staff. By means of this article we would like to congratulate them on this safe performance, and express our expectations for the project to be realised in a safe way within the time period available and required.

Storage tank fire causes and prevention. There are hundreds of above-ground

atmospheric pressure hydrocarbon storage tank fires every year.⁵ Table 1 shows the primary fire hazards associated with each standard type of tank.¹

Overfill fires. Overfill fires occur on the ground in the dike around the tank as a result of piping or tank leakage. All above ground storage tanks are subject to these types of fires. The majority of these fires are caused by equipment malfunction or operator error, or both. This leads to the tank and spillage of the hydrocarbon into the diked area. The Buncefield fire was this type of fire. If the overfill is detected, ignition sources should be isolated to prevent the fire. In the Buncefield situation, the overfilling continued for 40 min before ignition occurred.⁶

TABLE 1. Common tank-type fire hazards

Tank type	Overfill fire	Vent fire	Rim-seal fire	Obstructed full surface fire	Unobstructed full surface fire
Floating roof					
Internal	Yes	Yes	Yes	Yes	No
External	Yes	No	Yes	Yes	Yes
Domed	Yes	Yes	Yes	Yes	No
Fixed roof	Yes	Yes	No	Yes	Yes

Vent fires. Vent fires occur as a result of ignition of the plume from hydrocarbon gases exiting tank vents, typically during tank filling. These fires are usually caused by lightning.

However, electrical arcing, static discharge and human activities around the tank can all cause ignition of a flammable mixture. Investigation of a 2003 tank fire in Glenpool, Oklahoma, found that a static charge was generated as a result of the operator using flowrates that were too high for the transfer operation.⁷ The subsequent static discharge ignited the vapors being vented from beneath the floating roof into the space between the internal floating roof and the fixed roof of the tanks. API RP 2003 identifies the proper flowrates and conditions to prevent static discharge in storage tanks.⁸ Vent fires can occur in all tank types except external floating-roof tanks, which do not have vents.

Rim-seal fires. Rim-seal fires are the most common type of fire for floating-roof tanks, especially external floating-roof tanks.⁵ It is estimated that 95% of rim seal fires are the result of lightning strikes and 0.16% of all tanks with rim seals will experience a rim-seal fire in any given year.⁹ Fig. 1 shows the global distribution of lightning strikes based on satellite monitoring.¹⁰ This shows that all regions of the world are subject to lightning strikes, although Europe and northern Asia have a lower probability of strikes.

To comply with NFPA 780, operators install roof shunts to dissipate the energy of the lightning to prevent fires.¹¹ However, tests for the API RP 545 task group have shown that, rather than reducing the risk of fire from lightning strikes, they may actually be increasing the risk.^{5,9} Tests have shown that both above-roof and submerged shunts can produce arcing at the shunt-shell interface under all lightning conditions.⁴ Shunts above the roof produce a greater risk because the arcing occurs where there may be a flammable vapor-air mixture.

Recent studies indicate that the risk of rim-seal fires can be reduced by ensuring that:

- Tight-fitting primary and secondary seals are in place and are effectively preventing vapors escaping from the tank⁹
- Submerged grounding cables are installed that directly connect the tank roof and shell. This is shown to be more effective than roof shunts, which, due to wall coating, corrosion or an out-of-round shell, may not effectively connect the roof to the shell.⁵

The API RP 545 task group is planning additional studies to evaluate alternative methods of connecting the tank roof to the wall.⁵

Monitoring systems and firefighting systems are typically installed around the tank rim to detect rim fires and allow for rapid response. These must be regularly inspected to ensure that they are in good working order to prevent small rim-seal fires from escalating.

Full-surface fires. Full-surface fires occur when the entire liquid surface in the tank is on fire. They can be further divided into obstructed full-surface fires and unobstructed full-surface fires.

Obstructed full-surface fires are those where access to a portion of the burning surface is blocked by the roof or pan, and they happen when the roof or pan sinks. Roof sinking occurs due to a variety of reasons, such as:

- Rain buildup on the roof, where there is inadequate drainage either from plugging of the drains or the rain amount received exceeds the design standards for the tank
- In pontoon roofs, where the pontoons have become filled with the tank liquid as a result of corrosion or other failure
- Improper application of firefighting materials during a rim-seal fire, causing the roof to sink.