

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADEMICO DE INGENIERIA
CIVIL



**“ Evaluación de Locales de Almacenamiento y
Distribución de Combustible en caso de ocurrir
un Sismo Destructor en la Ciudad de Lima “**

T E S I S

PRESENTADA POR

JOSE RAUL DELGADO CLAVO

PARA OPTAR EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

PROMOCION 1975 - 2

LIMA - PERU

1977

RESUMEN

Nuestro país en los últimos años ha sido sacudido por varios movimientos sísmicos, los cuales han ocasionado grandes pérdidas económicas y la desaparición de muchas vidas humanas; el Comité Nacional de Defensa Civil se ha propuesto realizar un estudio sobre la posibilidad de que ocurra un sismo de grado VIII M.M. en promedio, analizar los posibles efectos que produciría en Lima Metropolitana, para así tomar las medidas necesarias. Ahora bien, tenemos conocimiento que en Niigata-Japón, debido a la ocurrencia de un sismo de grado VIII, los depósitos de petróleo se incendiaron ocasionando gran cantidad de daños a la industria y a la población; en Tokachi-Oki los tanques fallaron en la parte superior y en Alaga se derramó el Combustible. Teniendo como antecedente estos sucesos, en esta tesis se analizan los Locales de Almacenamiento y Distribución de Combustible en caso de ocurrir un sismo destructor en Lima Metropolitana.

En primer lugar se analizan los tanques de almacenamiento y se observa a qué esfuerzos están sometidos los cuerpos cilíndricos. De la combinación de esfuerzos a que están sometidos se llega a una fórmula para determinar el espesor del cuerpo: $t = 0.0001456 (H - 1)D$.

Se revisa el diseño de los tanques y se pudo observar que han seguido las normas A.P.I., las cuales no contemplan en su totalidad la fuerza sísmica supuesta. En el segundo capítulo, se presenta un estudio aplicando las técnicas de espectros a fluidos en vibración. Esta teoría ha sido presentada por el Profesor Housner; en la cual se explica que la falla de los tanques se debe al "sloshing", o sea que el líquido al vibrar, produce un momento mayor que los que pueden resistir los tanques.

En el tercer capítulo se especifican las zonas que se estudian, tratando de obtener una información general que se debe tener para realizar este tipo de estudio, como son los planos de ubicación, topográficos, geológicos, de actividad sísmica, etc.

Debido a que algunos locales en estudio se encuentran cerca del mar, pueden ser afectados por tsunamis. Se explica la acción de éstos y la protección que debe realizarse.

Los locales que se estudian en este tema son los siguientes: Refinería y Planta de Ventas "La Pampilla", Refinería y Planta de Ventas "Conchán", Planta Callao y Aeropuerto Callao.

"La Pampilla" fue construída por una Compañía Japonesa, inicialmente con una capacidad de 20,000 barriles diarios; esta refinería cuenta con oficinas, talleres, zona de crudo y refinería propiamente dicha. En cuanto a las oficinas, éstas han sido bien diseñadas, pero existen algunas que se encuentran como provisionales que no prestan seguridad. En las unidades de refinería en sí se ha pensado en la cuestión sísmica, cuenta con una buena cimentación, las tuberías en esta zona cuentan con resortes que amortiguan la vibración. La zona de tanques se ha construído teniendo en cuenta las normas A.P.I., tiene pozos de aguas propios, ya que ésta es indispensable para el proceso de refinación, así como para casos de incendio. Esta refinería cuenta con un sistema contra incendio, planes de emergencia y con un Departamento de Seguridad.

"La Pampilla" en estos momentos se está ampliando para tener una capacidad de 100,000 barriles diarios, el diseño de esta ampliación es francés y también ha seguido las normas sísmicas. Las zonas de los nuevos tanques se encuentra en terreno de cultivo.

La Refinería "Conchán" fue construída por una compañía norteamericana, cuenta con zona de oficinas, refinería en sí zona de tanques y zona de despacho. Las oficinas son de 1 piso, lo mismo que los laboratorios; el muro perimetral constituído por bloques de concreto, cada 4 ó 5 mts. tiene una "mocheta". La zona de refinería en sí, durante el sismo de 1,974 ha sufrido daños, especialmente en las columnas y vigas que sirven de base a las unidades; no cuentan con amortiguadores como en "La Pampilla". La zona de tanques ha sido diseñada con las normas A.P.I.; debido al sismo del 74, uno de los tanques falló en la parte inferior y otro derramó combustible. Al costado de la Refinería se encuentra la Planta de Ventas que cuenta con oficinas y 6 tanques de almacenamiento que no tienen muros de contención adecuados. También cerca a ésta Refinería se encuentra la "Planta 28" de Productos Químicos, en la cual existen tanques que almacenan productos tóxicos.

La Planta Callao, esta constituída por oficinas, talleres, almacenes, tanques de almacenamiento, puentes de despacho, Plantas de Asfalto y Productos Químicos; los productos que se almacenan provienen del exterior. La napa freática en esta zona está a 1.50mt. de la superficie.

La Planta Aeropuerto Callao, está constituida por oficinas y tanques de almacenamiento de combustible, su finalidad es abastecer de combustible a los aviones, tiene tanques horizontales y verticales, los soportes de las tuberías se muestran débiles, los muros de contención son deficientes, el cerco perimetral no tiene columnas de refuerzo.

En el cuarto capítulo se hace un análisis de la información obtenida y se tiene lo siguiente:

- La Refinería "La Pampilla" se encuentra en una buena zona, la posibilidad de que la zona alta de la misma, donde se ubican las principales instalaciones, sea afectada por un tsunami es remota ya que se encuentra protegida por un cerro de regular altura. Las oficinas antiguas es poco probable que fallen, las provisionales sí pueden fallar. El sistema de abastecimiento de electricidad puede interrumpirse. Las unidades en sí de la refinería han sido bien diseñadas; algunos de los pórticos que sirven de apoyo a las tuberías aéreas pueden hacer fallar a éstas por la posición en que se encuentran. Los tanques pueden fallar por el "sloshing". En cuanto al abastecimiento de agua, donde puede presentarse algún problema en la tubería que cruza el río Chillón. En la amplia zona la zona más desfavorable es la parte sur, donde se encuentran los tanques de almacenamiento.

- En la Refinería "Conchán" las oficinas pueden sufrir pequeños daños, pero en una de ellas (Prod.Quim.) existe una "columna corta" en una de sus esquinas, donde puede fallar. La casa de fuerza le falta confinamiento en la parte superior; el muro perimetral está deficientemente arriostrado; cuenta con dos generadores de electricidad auxiliares. Las bases de las unidades en sí no soportarían el sismo de la hipótesis lo mismo que la caseta donde se encuentran las bombas contra incendio.

Los tanques más probables de fallar son los que se encuentran en la zona de contacto.

En la Planta de Ventas, el problema se encuentra en los tanques de almacenamiento que se encuentran sobre un material de relleno y no tienen muros de contención adecuados. En la "Planta 28", los muros de contención son deficientes así como los perimetrales.

- En la Planta Callao, el problema principal es el suelo, los tanques pueden fallar por asentamiento y por el "sloshing" - Las oficinas se encuentran bien diseñadas, los cercos no resistirán el sismo. La Planta Lubricantes se estima no sufrir

rá grandes daños.

- En la Planta Aeropuerto Callao, los tanques horizontales difícilmente fallarán, los verticales pueden fallar debido al "sloshing"; las oficinas lucen seguras, no presentan columnas cortas; los muros perimetrales se caerán, los muros de contención no cumplen con las normas existentes.

En el capítulo V, se realiza un estudio breve sobre los Grifos (Estaciones de Servicio), se observa que están distribuidos en cada distrito adecuadamente, en cuanto a la capacidad de almacenaje, varía de 2,000 a 30,000 galones de combustible.

Del muestreo realizado se observa que algunos grifos presentan el problema de "columna corta", en algunos locales sus muros no tienen columnas de amarre, en cuanto al mantenimiento, éste es bueno, todos los grifos cuentan con extinguidores, los cuales pueden ser usados en casos de emergencia.

En el último capítulo se incluyen las conclusiones y recomendaciones:

CONCLUSIONES.

- Todos los tanques han sido diseñados con las normas A.P.I. . Aplicando la teoría de espectros a los fluidos en vibración, se observa que los tanques podrían fallar. Los más propensos a fallar son los tanques más esbeltos.
- La mayoría de los muros perimetrales no cuentan con columnas de concreto armado.
- La Pampilla sufrirá daños pero no de gran importancia, es difícil que sea afectada por tsunamis. El personal está adiestrado para casos de emergencia, cuenta con un Dpto. de Seguridad y con un sistema contra incendio.
- La Refinería "Conchán" sería la más afectada, pues además de tener fallas estructurales, puede ser afectada por tsunamis.
- La Planta Callao tiene el problema del suelo.
- En la Planta Aeropuerto Callao el principal problema es que no hay modo de controlar un posible incendio que pueda agravarse por no contar con apropiados muros de contención.
- Algunos grifos (Estaciones de Servicio) presentan el problema de "Columnas cortas".

RECOMENDACIONES.

Las recomendaciones generales son las siguientes:

- Programarse el apoyo de abastecimiento Terrestre y Marítimo de las Plantas que se encuentran en Provincias.
- Adiestrar al personal que labora en estos locales para casos de emergencia.
- Realizar simulacros de emergencia, tal como se viene programando.
- Reforzar los muros perimetrales con columnas de concreto armado.

En La Pampilla:

- Debe reforzarse las oficinas del Dpto. de seguridad.
- Realizar un estudio sobre los pórticos que soportan la tubería aérea.
- Revisar el diseño de la tubería que cruza el río Chillón.
- Analizar la posibilidad de adquirir un equipo auxiliar de generación eléctrica.

En la Refinería "Conchán":

- Las estructuras que sirven de soporte a las unidades de la refinería deben reforzarse adecuadamente.
- Debe demolerse la caseta donde se encuentran las bombas contra incendio y construir una nueva convenientemente reforzada.
- En la casa de fuerza colocar una viga de amarre en la parte superior del muro.
- La casa de bomba debe reforzarse adecuadamente.
- Revisar el diseño de las nuevas oficinas de Prod. Quím.

- En la Planta de Ventas, construir muros de contención adecuados, de igual manera en la "Planta 28".

En la Planta Aeropuerto Callao:

- Se debe construir de inmediato muros de contención por el gran peligro que presenta.
- Los soportes de las tuberías deben reforzarse.
- Recomendar que los locales adyacentes tomen las debidas precauciones.
- Debe procurarse contar con un buen sistema contra incendio.

I N D I C E

PAG. :

CAPITULO I INTRODUCCION

1.10	ANTECEDENTES -----	1
1.20	SISMICIDAD DE LIMA -----	3
1.30	OBJETIVO -----	4
1.40	METODOLOGIA DEL ESTUDIO -----	5

CAPITULO II ESTUDIO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO

2.10	ESFUERZOS EN UN CUERPO CILINDRICO -----	9
2.20	REVISION DE DISEÑO DE TANQUES DE ACERO--	12
2.30	UBICACION DE TANQUES -----	21
2.40	APLICACION DE LAS TECNICAS DE ESPECTROS A FLUIDOS EN VIBRACION -----	23
2.50	APLICACION DE LA FUERZA SISMICA -----	26

CAPITULO III ZONAS DE ESTUDIO

3.10	INFORMACION GENERAL -----	29
3.20	TSUNAMIS -----	32
3.30	LOCALES (PLANTAS) -----	37
3.31	REFINERIA LA PAMPILLA -----	38
3.32	REFINERIA CONCHAN -----	49
3.33	PLANTA CALLAO -----	52
3.34	PLANTA AEROPUERTO CALLAO -----	57

CAPITULO IV ANALISIS DE LA INFORMACION

4.10	ANALISIS DE ALGUNOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO -----	60
4.20	REFINERIA LA PAMPILLA -----	69
4.30	REFINERIA CONCHAN -----	77
4.40	PLANTA CALLAO -----	86
4.50	PLANTA AEROPUERTO CALLAO -----	93

CAPITULO V GRIFOS (ESTACIONES DE SERVICIO)

5.10	UBICACION -----	95
5.20	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO -----	96
5.30	ESTADO EN QUE SE ENCUENTRAN -----	96
5.40	FACILIDADES DE PREVENCION CONTRA INCENDIO -----	101

CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.10	CONCLUSIONES -----	105
6.20	RECOMENDACIONES -----	107

BIBLIOGRAFIA -----	112
--------------------	-----

ANEXO 1 PUNTOS QUE DEBEN VERIFICARSE ANUALMENTE

ANEXO 2 FORMATO PARA EVALUAR LOS LOCALES EN CASO DE SISMOS.

C A P I T U L O I

INTRODUCCION

1.10 ANTECEDENTES.-

En Niigata-Japón, el 16 de Junio de 1964 ocurrió un sismo de Magnitud 7.7 y de una Intensidad de VIII a IX M.M., se produjeron incendios de gigantescos depósitos de petróleo que ocasionaron gran cantidad de daños a la industria y al público alrededor de las plantas. Tres depósitos de 30,000 B1. se quemaron, no se aclaró como se produjo el incendio. El techo flotante de un depósito de petróleo se inclinó de manera que se podía ver la parte inferior del techo. Después de varias oscilaciones, el petróleo crudo se incendió.

Se reportó tres tipos de daños en los depósitos de petróleo, uno de ellos fue provocado por el "sloshing" del petróleo. Esto hizo que el techo flotante oscilara y que el techo fijo se rompiera. Este mismo efecto del petróleo, inclinó las paredes y techo cuando el nivel del petróleo disminuyó hasta un punto medio.

El tercer tipo de daño, se debió al asentamiento del fondo. Algunos tanques se asentaron desigualmente y se observó el arrugamiento de las paredes. Varios de ellos se asentaron cerca de 700mm. Los asentamientos causaron frecuentemente la ruptura de pilotes y de las boquillas de las paredes.

En Niigata, el abastecimiento por bombeo fue cor-

tado debido al sismo, y en los tanques de techo flotante, el techo no pudo acompañar al nivel del petróleo en todos los sitios debido a su distorsión. Para evitar la formación de un espacio entre la superficie del petróleo crudo y el interior del techo, se echó agua para sustituir a éste.

Una defensa para separar los bloques de almacenaje de petróleo, fue agrietado en varios puntos de cada sección. Así el petróleo penetró al otro lado de la defensa, desbordándose a ambos lados de los depósitos, no pudiendo evitar que el fuego se propagara en todas direcciones.

En Tokachi-Oki-Japón, el 16 de Mayo de 1,968 ocurrió un sismo de magnitud 7.8 y de intensidad VIII M.M. en este caso, no hubieron derrames de petróleo, semejantes a los ocurridos durante el sismo de Niigata, pero si se produjeron otros tipos de daños:

Sobre dos tipos de tanques de 30,000 Bl., se produjo arrugamiento del cilindro a lo largo de sus bordes superiores. Cuando se produjo el sismo el nivel del petróleo en ambos tanques, era más bien bajo. Sólo un daño acusó el petróleo, filtrándose por una grieta a lo largo de una soldadura de las planchas del fondo. Una formación de la cimentación pudo también causar una brecha, pero la dirección de ésta y otros aspectos hicieron pensar en la posibilidad de un desplazamiento de estos tanques y la grieta de la plancha del fondo podría haberse originado durante un movimiento desplazante.

En Alaska en 1,964, ocurrió un sismo de gran intensidad, 7 tanques de una compañía de aceites sufrieron daños, uno de ellos derramó 750,000 galones de combustible de avión.

1.20 SISMICIDAD DE LIMA.-

Lima y en general el Perú, se encuentra en una zona altamente sísmica; para tener una mejor idea se da la siguiente relación de sismos que han afectado a Lima:

1,552.- Junio 2.

Daños considerables.

1,553.-

El mayor temblor desde su función.

1,578.- Junio 17.

Se destruyeron Iglesias, residencias.

1,586.- Julio 9.

Intensidad VIII, más de 20 muertos.

1,609.- Octubre 9.

Daños considerables.

1,630.- Noviembre 27.

Aproximadamente de intensidad V_{II}.

1,655.- Noviembre 13.

Daños considerables.

1,678.- Junio 17

Destrucción de muchos edificios, int. VIII.

1,678.- Octubre 20.

La mayor parte de Lima en ruinas, grado VIII; maremoto, más de 500 muertos.

1,709.- Octubre 24.

Grado VIII.

1,746.- Octubre 28.

Grado x, en el Callao, ola sísmica mató a 5,000 habitantes.

1,806.- Diciembre 10.

Ola sísmica en el Callao, llegó a una altura de 6 metros.

- 1,828.- Marzo 30.
Grado VIII. Olas sísmicas.
- 1,904.- Mayo 4.
Intensidad VIII.
- 1,940.- Mayo 24.
En el Callao y Chorrillos Grado VIII, zona
antigua de Lima Grado VII.
- 1,963.- Setiembre 24.
Grado VI, daños en zonas rurales.
- 1,966.- Octubre 17.
Grado VI y VII (SMK).
- 1,970.- Mayo 31.
Grado VIII en Huaraz y Chimbote.
- 1,974.- Octubre 3.
Grado VI - IX

1.30 OBJETIVO.

Actualmente en Lima se están realizando varios estudios, para tratar de anular o disminuir en lo posible los daños que se producirían al ocurrir un sismo de cierta magnitud. Se han llevado a cabo estudios sobre locales Escolares, locales Industriales, viviendas y se están llevando a cabo estudios sobre locales de Espectáculos Públicos, locales de Almacenamiento de alimentos, comunicaciones, energía eléctrica. Estos estudios se están realizando debido a la importancia que tienen estos complejos.

Si se analiza el sub-capítulo de antecedentes, se ve pues que la ocurrencia de un sismo puede destruir los Locales de Almacenamiento y Distribución de Combustible, poniendo en peligro las industrias y casas aleñadas, además de provocar la caída de combustible en la ciudad.

Con lo expresado anteriormente se puede apreciar que es

necesario realizar un estudio de los Locales de Almacenamiento y Distribución de Combustible, en la ciudad de Lima. En la presente Tesis, se trata de cumplir con este cometido, siendo el objetivo principal:

- Evaluar los posibles daños que puedan ocurrir en los Locales de Almacenamiento y Distribución de Combustible, en caso de ocurrir un sismo destructor en Lima Metropolitana.
- Analizar las posibles consecuencias y dar algunas recomendaciones.

Se debe tener presente que se denomina "sismo destructor" al sismo que alcanza una intensidad de grado VIII M.M., la cual a la letra dice lo siguiente:

"Se hace dificultoso manejar un auto. Daños en la mampostería C, en parte se cae. Algunos daños en la mampostería B; ninguno en la mampostería A. Caída de revoques y de algunas paredes de mampostería. Rotación y caída de chimineas, pilas de mercaderías, monumentos, torres, tanques elevados. Las armazones de las casas se salen de sus fundaciones sinó están ancladas. Débiles tabiques se tumban. Se rompen ramas de los árboles. Cambio en el caudal o la temperatura de fuentes naturales y en pozos. Grietas en terrenos húmedos y en pendientes fuertes".

1.40 METODOLOGIA DEL ESTUDIO.-

Para llevar adelante este estudio se han realizado seis capítulos:

En este primer capítulo como se observa, se expone algunos casos de fallas de tanques de almacenamiento de combustible en diferentes lugares de la Tierra debido a la ocurrencia de sismos.

mos de intensidad VIII aproximadamente; se cita a grandes rasgos los sismos ocurridos en la ciudad de Lima y teniendo en cuenta esto, se expone el motivo del presente estudio.

Debido a que los Locales de Almacenamiento y Distribución de Combustible en su mayoría están conformados por tanques cilíndricos, en el capítulo II, se realiza un estudio de estos tanques, desde el punto de vista sísmico se vé a qué esfuerzos están sometidos, las normas con que han sido diseñados, etc. En este capítulo se presenta un estudio aplicando la teoría de las Técnicas de Espectros y Fluidos en Vibración.

En el capítulo III se ha tratado de recopilar información acerca de los locales a evaluar. Debido a que estos locales se encuentran cerca del mar, en este capítulo se explica la acción de los tsunamis. Los locales a evaluar son:

"La Pampilla", Conchán, Planta Callao y Planta Aeropuerto Callao".

En el siguiente capítulo se realiza un análisis de la información obtenida; en primer lugar se aplica la teoría de las técnicas de espectros a fluidos en vibración a algunos tanques existentes en los locales, se ha utilizado 2 tipos de espectros uno normalizado a 330 gals (cm/seg²) y otro a 200 gals.(cm/seg²). Luego se evalúa las instalaciones de cada Local mostrándose en cada caso un cuadro de resumen de la evaluación.

En el capítulo V, se realiza un breve estudio de Grifos - (Estaciones de Servicio), se explica en que estado se encuentran para lo cual se ha llevado a cabo una encuesta; también se exponen los daños que han sufrido algunos grifos (Estaciones de Servicio) debido al sismo de 1,974, así como las recomendaciones que se dieron para ese caso.

En el capítulo VI, se dan las conclusiones y recomendaciones necesarias.

C A P I T U L O I I

ESTUDIO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO

2.10 ESFUERZOS EN CUERPO CILINDRICO.-

Desde sus principios la industria petrolera ha usado tanques cilíndricos para almacenar el petróleo y sus derivados, debido a esto, se analizará los esfuerzos en un cuerpo cilíndrico, los cuales son los siguientes :

- 1.- Esfuerzo longitudinal, resultante de la presión interna del cilindro.
- 2.- Esfuerzo circunferencial, resultante de la presión interna del cilindro.
- 3.- Esfuerzo residual de la soldadura, resultante del calentamiento, producto de la operación.
- 4.- Esfuerzo resultante de las cargas soportadas, tales como vientos, equipos auxiliares, cargas de impacto.
- 5.- Esfuerzo resultante de diferencias térmicas.
- 6.- Otros esfuerzos que se puedan presentar en la práctica.

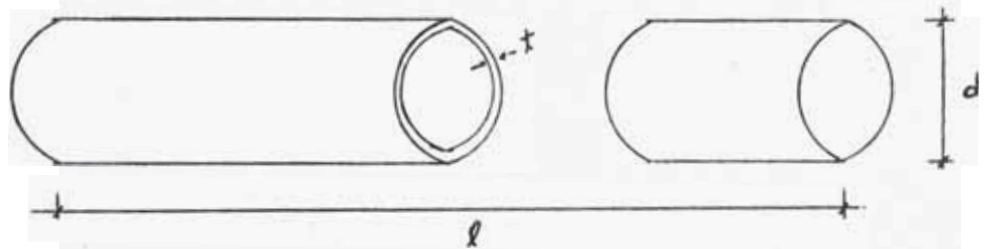
El esfuerzo longitudinal puede ser escrito de la siguiente manera:

$$f = \frac{F}{A}$$

Donde:

F = Fuerza que tiende a ocasionar la rotura longitudinal.

A = Area que soporta esa fuerza = d x t



d = Diámetro del tanque.

t = Espesor de la plancha del cuerpo.

a = Area del tanque.

$$\text{Pero: } F = p \times a \text{ ----- (1)}$$

$$F = p \times \frac{d^2}{4}$$

Siendo p: presión interna del cuerpo.

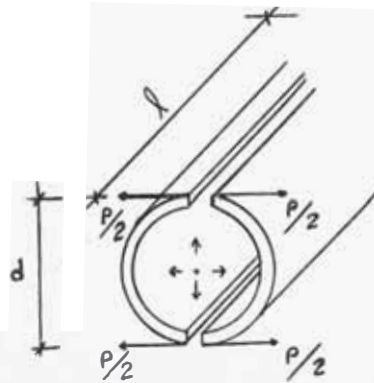
Entonces:

$$f = p \times \frac{d^2}{4} \times \frac{1}{dt}$$

Luego:

$$t = \frac{p \times d}{4 f} \text{ ----- (2)}$$

El esfuerzo circunferencial se considera solamente causado por la presión interna, y se tendrá :



$$f = \frac{F}{A} = \frac{p \times d \times l}{2t \times l} = \frac{p \times d}{2t}$$

Luego:

$$t = \frac{p \times d}{2f} \text{ ----- (3)}$$

Por la comparación de las ecuaciones 2 y 3 se ve que la ecuación 2 es la mitad de (3), por lo que se considera la ecuación (3); se debe tener en cuenta el factor de eficiencia de las uniones que es menor que la unidad y está regido por el A. P.I., también se debe considerar el espesor del metal permisible por corrosión, por lo cual las ecuaciones 2 y 3 se convierten en:

$$t = \frac{p \times d}{4 \times f \times E} + c \text{ ----- (4)}$$

$$t = \frac{p \times d}{2 \times f \times E} + c \text{ ----- (5)}$$

E = Eficiencia de uniones.

c = Corrosión aceptable en pulgadas.

Para tanques de almacenamiento, el máximo esfuerzo de trabajo aceptable es considerado aproximadamente la tercera par

te de tensión de acero (62,000 psi.); esto es, se emplea un factor de seguridad de 3, el cual es común para cargas estructurales sobre acero..

La presión hidrostática en tanques varía de un mínimo en la parte superior a un máximo en el fondo. Con esta apreciación se tiene que la presión máxima es:

$$p = \frac{\rho (H - 1)}{144} \text{ ----- (6)}$$

Donde:

$$\rho = 62.37 \text{ lb/pie}^3$$

Los esfuerzos son tomados asumiendo que el tanque es llenado completamente con agua a 60° F.

Para construcciones a tope, doble soldadura, se puede usar un esfuerzo de diseño aceptable de 21,000 psi., para planchas SA-7 y una eficiencia de unión a 0.85 para este tipo de soldadura.

Sustituyendo en (5) :

$$t = \frac{62.37 (H-1) (12 D)}{2 \times (21,000)(0.85) (144)} + c$$

Donde:

t = Espesor de la plancha en pulgadas.

H = Altura en pies.

D = Diámetro interior en pies

c = Corrosión aceptable en pulgadas.

Simplificando:

$$t = 0.0001456 (H-1) D + c$$

para uniones traslapadas la eficiencia es 0.75 entonces :

$$t = 0.000165 (H-1) D + c$$

Por razones de rigidez, el mínimo espesor de la plancha está limitada a 3/16" para tanques de 45' de diámetro o más pequeños y de 1/4" para diámetros más grandes.

Para $t = 1/4"$:

$$0.25 = 0.0001456 (H-1) D$$

Luego:

$$D (H - 1) = 1720 \text{ para cascos soldados a tope.}$$

$$D (H - 1) = 1515 \text{ para cuerpos soldados en traslape.}$$

Todos los tanques que tienen valores de $D (H - 1)$ iguales o menores a 1720 ó 1515 ya sean soldados a tope o traslapados, están dentro de la clase en la cual el espesor del cuerpo es independiente de D y H .

2.20 REVISION DE DISEÑO DE TANQUES DE ACERO.

En tanques de acero, la presión máxima la recibe las costuras de soldadura en el fondo del tanque, la variación de presión a que están sujetas las diferentes partes del tanque, hacen que en su construcción se considere diferentes tipos de planchas; teniendo en cuenta que las partes que sufren mayor deterioro serán el fondo y el techo, al fondo lo ataca las sedimentaciones ácidas de los productos almacenados, mientras que el techo lo ataca el oxígeno del ambiente (caso techo fijo)

Es por esta razón que los diseños de tanques están sujetos a especificaciones dadas, siendo las más usadas las del A. P. I. (American Petroleum Institute).

ESPECIFICACIONES A.P.I.

El A.P.I. prescribe lo siguiente:

- Deben ser construídos con planchas de acero que tengan una resistencia a la tensión de 55,000 a 72,000 psi.
- Las planchas de acero deben tener de 0.2 a 0.25% de cobre por su resistencia a la corrosión.
- Los tanques deben ser probados con agua a la temperatura de 60°F.
- El máximo esfuerzo de trabajo en las planchas del casco debe ser de 21,000 psi.
- Las planchas del casco debe variar de espesor entre 3/15" a 7/8" dependiendo del tamaño del tanque. Las planchas más gruesas deben estar en los anillos más bajos.
- Para tanques de 48' de diámetro o menor, el fondo es construído con planchas de 5/16" como mínimo y 72" de ancho.

CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA ERECCION DE TANQUES.

- A.- Especificaciones del material.
- B.- Diseño del casco.
- C.- Diseño de la base.
- D.- Diseño del techo.
- E.- Especificaciones de fabricación y erección.

A.- ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL.

- Las planchas se especifican de acuerdo a las normas ASTM (American Society For Testing Materials) para el caso de construcciones tubulares.

- Las especificaciones por pesos y grosores se consideran las indicadas por el A.P.I.

REQUISITOS QUIMICOS.-

% Carbono máximo	-----
% Fósforo Máximo	0.04
% Azufre máximo	0.05
% Silicio	0.25 - 0.70
% Cobre	0.30 - 0.50

REQUISITOS MECANICOS.-

Ultimo esfuerzo, psi.	58,000 - 80,000
Límite elástico, psi.	36,000

B.- DISEÑO DEL CASCO.-

De acuerdo a las normas A.P.I.

- El máximo esfuerzo de trabajo debe ser de 21,000 psi.
- El grosor de las planchas no debe ser menor de 3/16" para tanques de 40' de diámetro o menores y no debe ser menor de 1/4" para tanques sobre los 40' de diámetro.
- El máximo grosor de plancha es de 1 1/2".
- Las fuerzas internas en el caso serán computadas considerando el tanque lleno de agua a 60°F.
- La siguiente fórmula debe ser aplicada para determinar el mínimo grosor de las planchas:

$$t = 0.0001456 D (H - 1)$$

Donde:

t = Mínimo grosor en pulgadas.

D = Diámetro interior del tanque en pies.

H = Altura en pies desde el fondo del cuerpo en consideración al tope del ángulo reborde del techo.

- Cuando un tanque almacena un producto de gravedad específica mayor que uno, el mínimo grosor debe ser multiplicado por la gravedad específica.
- Cuando un tanque almacena un producto de gravedad específica menor que uno, no se efectúa ninguna corrección.
- Cuando un tanque es construido en áreas de vientos de altas velocidades, deben tomarse consideraciones especiales a fin de prevenir fallas en el casco, por dobladura cuando están vacíos.

DISEÑO DE LA BASE.-

Este diseño por lo general consta de lo siguiente:

- Eliminar el terreno natural hasta cierta cota determinada, reemplazando con hormigón en capas debidamente compactadas y en toda la zona que abarca el fondo del tanque.
- Una vez obtenido el relleno, se construirá un anillo de concreto armado, cuidando que su parte superior esté perfectamente nivelada (no se permitirá variaciones mayores de 1/8" de diferencia de nivel entre dos puntos cualquiera del anillo).

Para la fabricación del concreto armado se seguirá las normas del A.C.I. se usará concreto $f'c = 140 \text{ Kg/cm}^2$.

- Se continuará el relleno en el interior del anillo y en las últimas 4" se colocará arena limpia compactada regando su superficie con asfalto líquido en caliente del tipo RCR a

razón de 1.5 lts/m².

- Alrededor del anillo de concreto se rellenará con hormigón debidamente compactada y hasta 0.30 m de de su parte superior.

C.- DISEÑO DEL TECHO.-

Depende del tipo de techo a usarse. En este caso se hablará de los techos fijos. Para este tipo de techo existen dos posibilidades de diseño:

- Techos sin columnas de soporte.
- Techos con columnas de soporte.
- En el primer caso, el peso del techo del tanque es transmitido al fondo del tanque. Este tipo de techo no es recomendable para tanques con presión
- Los techos deben ser diseñados para soportar las cargas siguientes:
 - Una carga no menor de 25 lbs/pie²
 - Una presión interna equivalente a 3" de agua para tanques sin presión y una presión interna de 8" de agua para tanques con presión.

D.- DISEÑO DEL FONDO.-

- Todos los tanques hasta 40' de diámetro, deberán ser contruidos con planchas rectangulares y retazos de planchas en la periferie. El mínimo espesor de la plancha será de 1/4".
- Todos los tanques mayores de 40' de diámetro deberán tener anillo anular de segmento de planchas de espesor mínimo de 5/16"

- Todas las uniones de planchas serán traslapadas con un mínimo traslape de 5 veces el espesor de la plancha.

EJEMPLO DE DISEÑO DEL CUERPO DE UN TANQUE.

En este ejemplo se diseñará un tanque que tiene las siguientes características:

Diámetro : 100 pies.
Altura : 42 pies.
Capacidad : 58,750 barriles.

CALCULO DEL GROSOR DE LAS PLANCHAS

Para calcular el grosor de las planchas se usará la siguiente fórmula:

$$t = 0.0001456 (H - 1) D$$

Reemplazando valores : $t_1 = 0.595''$

Se está considerando que las uniones serán a tope, soldadas con completa penetración y de acuerdo a las recomendaciones se tendrá que el tanque estará conformado por 7 cuerpos:

$$N^{\circ} \text{de cuerpos} = H/6 = 7 \text{ cuerpos.}$$

Entonces t_1 corresponde al primer cuerpo o piso.

CALCULO DE t_2 .- (segundo cuerpo)

$$\begin{aligned} t_2 &= 0.0001456 (36 - 1) D \\ t_2 &= 0.0001456 \times 35 \times 100 \\ t_2 &= 0.51'' \end{aligned}$$

CALCULO DE t_3 .- (tercer cuerpo)

$$\begin{aligned}t_3 &= 0.0001456 (30 - 1) D \\t_3 &= 0.0001456 \times 29 \times 100 \\t_3 &= 0.42''\end{aligned}$$

CALCULO DE t_4 .- (cuarto cuerpo).

$$\begin{aligned}t_4 &= 0.0001456 (24 - 1) D \\t_4 &= 0.0001456 \times 23 \times 100 \\t_4 &= 0.334''\end{aligned}$$

CALCULO DE t_5 .- (quinto cuerpo).

$$\begin{aligned}t_5 &= 0.0001456 (18 - 1) D \\t_5 &= 0.0001456 \times 17 \times 100 \\t_5 &= 0.246''\end{aligned}$$

CALCULO DE t_6 .- (sexto cuerpo),

$$\begin{aligned}t_6 &= 0.0001456 (12 - 1) D \\t_6 &= 0.0001456 \times 11 \times 100 \\t_6 &= 0.16''\end{aligned}$$

CALCULO DE t_7 .- (sétimo cuerpo)

$$\begin{aligned}t_7 &= 0.0001456 (6 - 1) D \\t_7 &= 0.0001456 \times 5 \times 100 \\t_7 &= 0.0725''\end{aligned}$$

DIMENSION DE LAS PLANCHAS DE LOS CUERPOS.-

Para hallar el número de planchas para cada cuerpo se usará la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned}L &= \frac{D - \text{Longitud de soldadura}}{12 n} \\L &= \frac{(D \times 12) + t - n \times 5/32}{12 n}\end{aligned}$$

Se usará planchas de 6' x 20', entonces L = 20'

Despejando n en la ecuación:

$$n = \frac{3.14 (1,200 + t)}{240.15625}$$

En el cálculo del espesor la plancha del primer anillo o cuerpo, resultó 0.59" o sea 5/18" de espesor, por lo que se usará planchas de 6' x 20' x 5/8"

Entonces:

$$n_1 = \frac{3.14 \times 1,200.625}{240.15625}$$

$$n_1 = 15.704"$$

O sea que para el primer cuerpo se necesitan 15 planchas de 6' x 20' x 5/8", más un plancha de 6' x 14' - 15/16" x 5/8".

NUMERO DE PLANCHAS PARA EL SEGUNDO CUERPO.-

En el cálculo de la plancha del segundo cuerpo del tan - que resultó 0.51" o sea 9/16" de espesor.

Entonces:

$$n_2 = \frac{3.14 \times 1,200.5625}{240.15625}$$

$$n_2 = 15.703 \text{ planchas.}$$

Se necesitan 15 planchas de 6' x 20' x 9/16 más una plan - cha de 6' x 14' - 13/14" x 9/16".

NUMERO DE PLANCHAS PARA EL TERCER CUERPO.-

El espesor de la plancha para el tercer cuerpo es de

7/16".

Entonces:

$$n_3 = 15.701$$

Se necesitan 15 planchas de 6' x 20' x 7/16 y una plancha de 6 x 14 - 1/4 x 7/16"

De igual forma:

Para el cuarto cuerpo: se necesitan 15 planchas de 6' x 20' x 3/8 más una plancha de 6' x 14' x 3/8"

Para el quinto cuerpo: se necesita 15 planchas de 6' x 20' x 1/4" más una plancha de 6' x 13' + 11/16 x 1/4"

Para el sexto y séptimo anillo, el grosor resulta inferior a 1/4", pero por normas del A.P.I. se usará de 1/4.

ACCESORIOS DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

Son elementos sin los cuales no puede operar los tanques estos accesorios se clasifican de la siguiente manera:

- a.- Accesorios de acceso.
- b.- " " seguridad.
- c.- " " medida de los productos.
- d.- " " conducción.
- e.- " Para prevenir la corrosión.
- f.- Otros.

Accesorios de acceso, son los elementos que permiten la entrada a los tanques de almacenamiento, ya sea para su limpieza, medidas o reparaciones; integran este grupo las escaleras, las compuertas de entrada, pasamanos, etc.

accesorios de seguridad, son aquellos que garantizan una operación de tanques sin peligros, sea de explosión, incendio, fugas, intoxicaciones del personal. Estos accesorios trabajan por medio de dispositivos a base de manómetros o a base de termóstatos y en caso de operaciones con productos muy volátiles en base a gasómetros, detectores de gases, etc. Los accesorios que funcionan a base de manómetros pueden ser de alta y baja presión, pueden funcionar a la depresión y a la presión, por su método de operar pueden ser hidráulicos, mecánicos ó de diágrama.

Los dispositivos de temperatura trabajan o funcionan por medio de termóstatos que liberan gases del tanque al alcanzar cierta temperatura.

Otros accesorios de seguridad son los extinguidores, estos son de diferentes tipos, dependiendo del uso a que están destinados.

Los accesorios de medida se usan para medir los productos.

Los accesorios de conducción comprenden a las tuberías, válvulas, bombas, juntas, etc.

Los accesorios de mezcla son los que uniformizan el producto dentro del tanque de almacenamiento.

Los accesorios para prevenir la corrosión son elementos catódicos, basados en las corrientes inducidas, estos elementos tienen la finalidad de mantener el tanque y en general las partes metálicas, en un estado eléctrico neutro, de tal forma de retardar su oxidación.

2.30 UBICACION DE TANQUES.-

Para decidir la ubicación de los tanques de almacenamiento ,

se debe tener en cuenta lo siguiente:

- 1.- Reducir el costo de abastecimiento y distribución.
- 2.- Asegurar un suministro barato de flujo regular.

En el estudio de la primera consideración se debe tener en cuenta cálculos estructurales, análisis actuariales de los centros industriales y agrícolas, su ubicación, derivados específicos que consumen y en qué cantidades, desarrollo económico de la región, vías de comunicación, etc.

Para ubicar una planta es necesario ver el problema del abastecimiento de la carga, dependiendo de la naturaleza del transporte, puede ser por buque-tanque, camiones cisternas, oleoductos.

Se tiene que ver cómo abastecer a más bajo costo dicha planta (zona donde están ubicados los tanques de almacenamiento) si está ubicada cerca de un terminal marítimo facilitaría el desembarco en buques-tanque.

También es importante el factor distribución, siendo necesario dar facilidades al consumidor así como también al personal operante.

En resumidas cuentas, será necesario antes de ubicar una planta, analizar el tipo de cliente que va a servir la planta, estableciendo tipos de consumo, distancia de la planta, sus facilidades de comunicación, etc. Una vez elegido el lugar donde será también necesario ubicar el sitio preciso donde se levantará; tendremos pues, que estudiar una serie de factores como los siguientes:

a.- Posibilidad de desarrollo urbano, factor primordial en Amé-

rica Latina, donde no se sabe a ciencia cierta donde aparecerá un nuevo centro urbano que prohibirá la operación de la planta por factores de seguridad colectiva, trayendo consigo el congelamiento de planes de desarrollo, malas relaciones públicas debido a los razonamientos que puedan surgir a esta expansión con el Gobierno.

- b.- Se tiene que hacer un estudio muy cuidadoso de los reglamentos de construcción, para evitar costosas inversiones adicionales.
- c.- Las condiciones del terreno es lógicamente otro factor de mucha importancia, debido a que se debe tratar de incurrir en los menores gastos posibles por concepto de nivelación, drenajes, instalaciones eléctricas, comunicaciones telefónicas, etc. Se debe tener en cuenta que el terreno debe soportar grandes cargas como son los tanques de almacenamiento.

2.40 APLICACION DE LAS TECNICAS DE ESPECTROS A FLUIDOS DE

VIBRACION

El diseño espectral y el oscilador simple equivalente que se usan para estudiar los edificios, pueden usarse para mostrar el comportamiento de un sistema más complicado, durante un terremoto, tal como un tanque conteniendo líquido con una superficie libre.

Experiencias mostradas durante un sismo, tanques de combustible y agua, no están propiamente diseñadas para resistir fuerzas sísmicas, pueden colapsar y derramar su contenido.

Por ejemplo durante el sismo de 1,964 en Alaska, 7 tanques de una compañía de aceites en Anchorage colapsaron, uno de

ellos derramó 750,000 galones de combustible para aviones, y durante el sismo de 1,933 en Long Beach, un gran tanque de acero - (agua) colapsó.

Este estudio que se presenta ha sido realizado por el Profesor Housner.

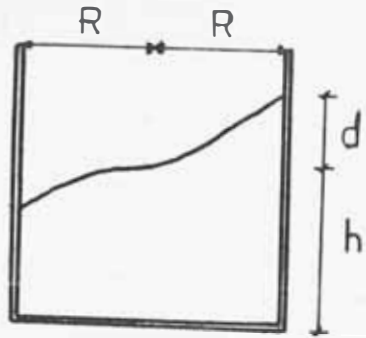
En la fig. 2.40a, se presenta un tanque cuyo contenido líquido está bien excitado por el sismo que produce movimientos en el suelo; como las paredes del tanque están apoyadas sobre el suelo, el fluido se acercará a las paredes empujado por la aceleración y esencialmente hacia afuera de las paredes. El fluido próximo al centro no será tan acelerado, pero tendrá que oscilar hacia atrás y hacia adelante con el período natural del chapoteo del líquido. La presión del tanque reflejará las dos acciones y una componente variará en el tiempo directamente proporcional a la aceleración de la base y otra componente variará en el tiempo con el chapoteo del fluido.

Como se presenta en la fig. 2.40b, la acción de las fuerzas dinámicas ejercidas por el fluido, pueden representarse por una masa determinada M_0 que tiene el mismo movimiento que las paredes del tanque y M_1 que tiene el mismo período de vibración, que el primer modo de vibración del fluido.

En el caso que el oscilador simple equivalente mostrado en la fig. 2,40b, es sometido a un sismo, las fuerzas horizontales ejercidas por M_0 y M_1 serán equivalentes a las fuerzas del fluido que serían ejercidas sobre las paredes del tanque mostrado en la figura 2.41a.

Las propiedades del sistema equivalente son las siguientes :

$$M_0 = M \frac{\tan h 1.7 R/h}{1.7 R/h}$$



fig, 240 a

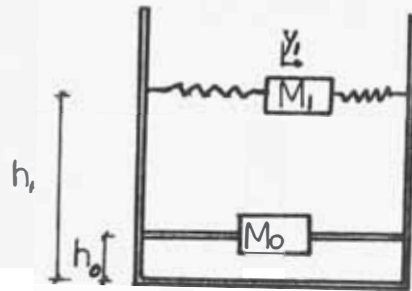


fig. 240 b

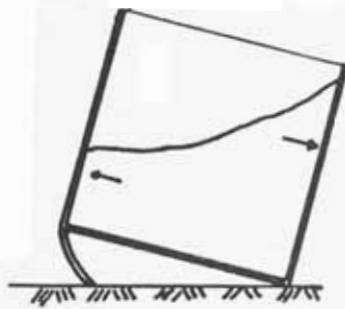


fig. 2.41 a

$$M_1 = (0.6) M \frac{\tan h 1.8 h/R}{1.8 h/R}$$

$$h_0 = \frac{3}{8} h$$

$$h_1 = h \left(1 - \frac{\cos h 1.8 h/R - 1}{(\text{Sen } h 1.8h/R)(1.8 h/R)} \right)$$

$$T = 2 \sqrt{\frac{h}{g}} \div \sqrt{(1.8 h/R) \tan h (1.8 h/R)}$$

En la expresión anterior, T es el período de vibración. El símbolo g representa la aceleración de la gravedad. El fluido también ejerce un momento en el piso del tanque que no ha sido tomado en cuenta cuando se calcularon h_0 y h_1 . Si esto es tomado en cuenta, se tendrá lo siguiente:

$$h_0 = \frac{3}{8} h \left[1 + \frac{4}{3} \left(\frac{M}{M_0} - 1 \right) \right]$$

$$h_1 = h \left(1 - \frac{\cos h 1.8/R - 2}{(\text{sen } h 1.8h/R)(1.8 h/R)} \right)$$

La amplitud correspondiente al máximo desplazamiento A_1 de la masa m_1 para un tanque circular es:

$$d = \frac{0.6 A}{(g/R) (T/2\pi)^2 - 5 (A_1/6g) (2\pi/T)^2}$$

2.50 APLICACION DE LA FUERZA SISMICA.

La máxima fuerza ejercida sobre las paredes del tanque por M_0 y M_1 , debido a una componente horizontal de aceleración -

en la base Z_x está dado por:

$$F_x = M_0 (\ddot{Z}_x)_{\max} + M_1 S_a \text{ Sen } (wt + \phi)$$

Donde S_a , es la aceleración del espectro.

Una fórmula más aproximada a la realidad es la siguiente:

$$F = M_0 (\ddot{Z}_x)_{\max} + \sqrt{2} M_1 S_a$$

EJEMPLO.-

Un tanque de almacenamiento de aceite de 42 lb/pie^3 tiene de radio 22.5 pies y una altura de 28.6 pies/

Aplicando las fórmulas:

$$M_0 = M \frac{\tanh 1.7 R/h}{1.7} = 1.2 \times 10^6 \div g$$

$$M_0 = 0.6 M \frac{\tanh 1.8 h/R}{1.8 h/R} = 4.7 \times 10^5 \div g$$

$$T = 2 \sqrt{\frac{h}{g}} \div \sqrt{1.8 h/R \tanh (1.8 h/R)} = 3.9 \text{ seg.}$$

$$h_0 = \frac{3}{8} h = 11.0 \text{ pies.}$$

$$h_1 = h \left(1 - \frac{\cosh 1.8 h/R - 1}{\sinh 1.8 h/R (1.8 h/R)} \right) = 18.2 \text{ pies.}$$

Para una aceleración máxima de $0.33 g$ y $S_a = 14\% g$, la fuerza tiene el siguiente valor:

$$F = M_0 (Z_x)_{\max} + \sqrt{2} M_1 S_a$$

$$\begin{aligned} F &= 1.2 \times 10^6 (0.33) + \sqrt{2} \times 4.7 \times 10^5 (0.14) \\ F &= 40 \times 10^4 + 9.2 \times 10^4 \\ F &= 49.2 \times 10^4 \text{ lb.} \end{aligned}$$

El momento que produce esta fuerza está dado por la siguiente fórmula :

$$M = F_0 \times h_0 + F_1 \times h_1$$

Reemplazando:

$$\begin{aligned} M &= 40 \times 11 \times 10^4 + 9.2 \times 18.2 \times 10^4 \\ M &= 6 \times 10^6 \text{ lb-pie.} \end{aligned}$$

El momento del volteo es resistido por el peso de las paredes del tanque y el techo, en este caso es cerca de- 60,000 lbs.

El tanque tiene un momento estabilizador de $F \times R$

$$\begin{aligned} M \text{ resist.} &= 60,000 \times 22.5 \\ M \text{ resist.} &= 13.5 \times 10^5 \text{ lib-pie.} \end{aligned}$$

Como se puede apreciar este momento estabilizador es insuficiente, y el tanque de este modo tiende a voltearse y levantarse de la platea de cimentación, hasta derramar el fluido impulsado, necesitando una fuerza estabilizadora extra para resistir el momento al volteo. Para evitar el colapso, el diseño de la platea debe ser tal, de minimizar el levantamiento.

C A P I T U L O I I I

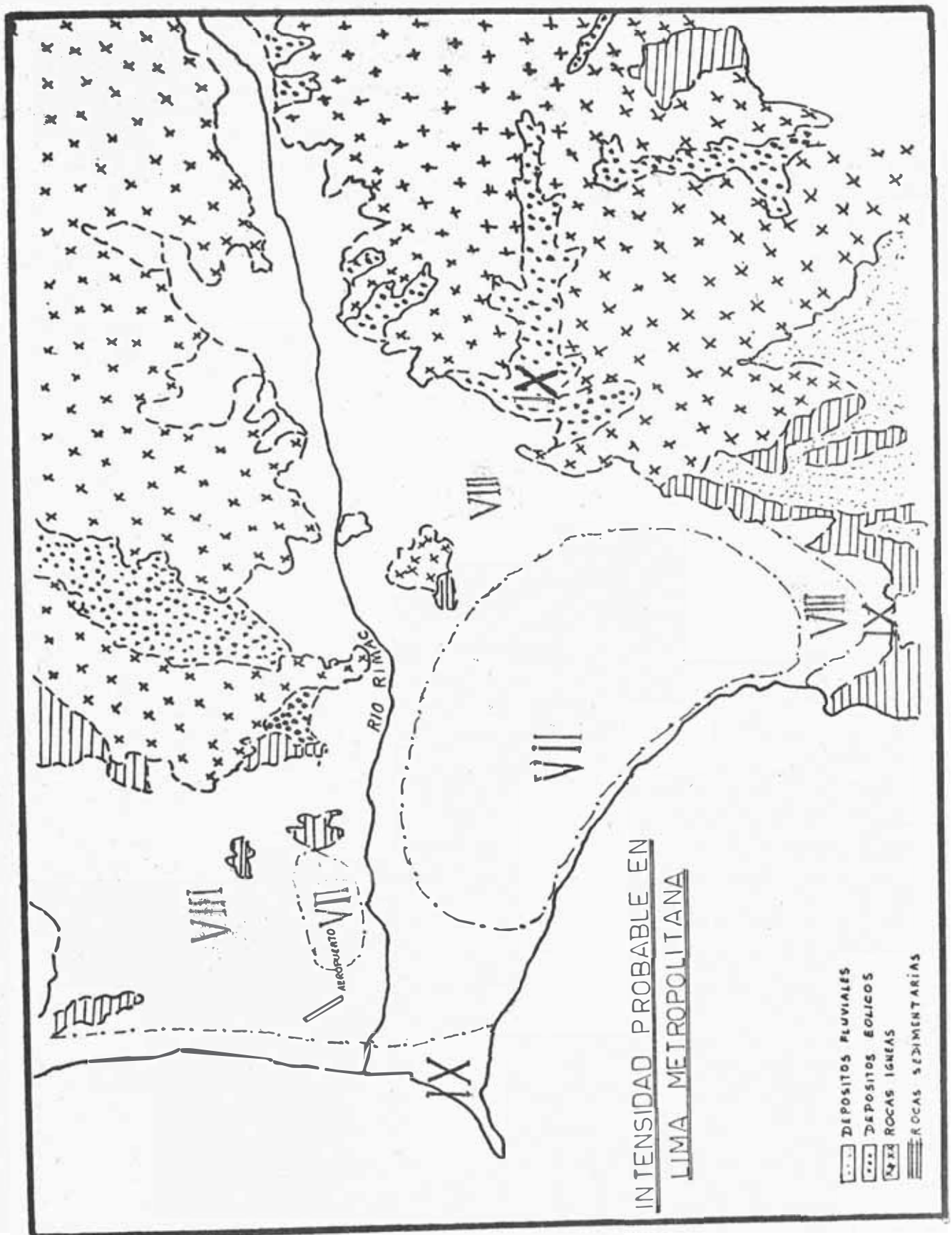
ZONAS DE ESTUDIO

.10 INFORMACION GENERAL

Para realizar un estudio sísmico de alguna zona o Complejo Industrial, se debe tratar de obtener la siguiente información general :

- 1.- Plano mostrando la ubicación del Complejo Industrial en forma integral.
- 2.- Lista de los componentes del Complejo, especificando el tipo, medidas, capacidad, etc.
- 3.- Breve descripción de cómo opera el Complejo y cómo está relacionadas las partes constituyentes.
- 4.- Plano topográfico de la zona.
- 5.- Plano geológico de la zona.
- 6.- Plano de actividad sísmica del área, mostrando zonas y ubicación de los sismos ocurridos, sus epicentros y magnitudes
- 7.- Descripción de la zona sísmica y estimación de magnitudes de sismos y frecuencia de ocurrencia.
- 8.- Información meteorológica (variación estacional, máximas lluvias y vientos) y posibilidad de Tsunamis.
- 9.- Arreglo y reglamentación de locales incluyendo exigencias del sismo.

Para el estudio de Locales de Almacenamiento y Distribución de Combustible, se ha tratado de conseguir toda esta información general. Ver planos a continuación.



INTENSIDAD PROBABLE EN
LIMA METROPOLITANA

- DEPOSITOS FLUVIALES
- DEPOSITOS EOLICOS
- ROCAS IGNEAS
- ROCAS SEDIMENTARIAS



3.20 TSUNAMIS

Como se ha dicho anteriormente, si el Complejo que se va a estudiar está cerca al mar, debe estudiarse la posibilidad de que ocurra un tsunami y debido que los locales en estudio se encuentran cerca al mar, se estudiará algo sobre ello.

DEFINICION.-

Los tsunamis son ondas de gran periodo y longitud, que se generan impulsivamente en los mares y desde su origen se propagan en todas direcciones, a través del medio líquido.

Los tsunamis pueden ser generados por :

- 1.- Movimientos sísmicos
- 2.- Derrumbes
- 3.- Actividades volcánicas submarinas
- 4.- Explosión de bombas poderosas.

Las características generales de todo tsunami son las siguientes:

- Altura de ola
- Longitud de onda
- Número de olas
- Velocidad de propagación
- Periodo.

Altura de ola.- En alta mar la onda tiene poca altura y es difícil detectarla a simple vista, pero al acercarse a zonas menos profundas, cerca de las costas, la altura aumenta ocurriendo que la energía cinética se transforma en energía potencial.

Longitud de onda.- En alta mar, las ondas son de gran longitud, llegando a tener en algunos casos 400 millas náuticas, mientras

que al acercarse a la costa la longitud disminuye.

Número de olas.- El número de olas es variable, en algunos casos llega a un número de 6; estas ondas llegan sucesivamente con intervalos de 15 a 30 minutos. En la mayoría de los casos la tercera y cuarta onda son las más elevadas y las más destructivas.

Velocidad de propagación.- La velocidad de los tsunamis depende de la profundidad del mar y puede encontrarse según la siguiente relación :

$$V = (g \times H)^{1/2}$$

Donde :

V = Velocidad en m/seg.

g = Aceleración de la gravedad (9.8 m/seg²)

H = Profundidad en mts.

Con el uso sucesivo de esta relación, trazando el frente de ondas con arcos circulares para zonas de igual profundidad, es posible predecir la hora del arribo del tsunami a cualquier punto. Si los datos batimétricos son precisos, el tiempo de arribo puede calcularse con un error menor que el 3%.

Período.- Los períodos varían de 15 a 40 minutos, siendo mayor el período de las ondas, cuando más grande es la magnitud del terreno generador.

FUERZA DE OLAS DE TSUNAMIS.-

Para calcular la fuerza de las olas sobre cualquier obstáculo, se necesita saber la velocidad de la onda y su dirección de flujo, así como el nivel de agua en función del tiempo.

La fórmula para calcular la fuerza que produce en estructuras pequeñas es la siguiente :

$$F = \frac{1}{2} \rho C_d A u^2$$

Donde :

F , es la fuerza ejercida sobre el objeto.

C_d, es un coeficiente adimensional de resistencia al avance, apropiado a la forma del cuerpo y al número de Reynolds del flujo del fluido.

ρ , es la densidad de masa del agua.

A , es el área proyectada del cuerpo.

En este caso, se llama estructuras pequeñas a los edificios pequeños.

En el caso de estructuras grandes como rompeolas continuos, malecones, una manzana de edificios, y otros objetos con grandes extensiones lineales en su frente que puedan obstruir el flujo, se tomará en cuenta el efecto de las presiones hidrostática y dinámica.

Se tiene la siguiente fórmula :

$$F = \frac{1}{2} g d_w^2 + C_f \rho d_t u^2$$

Donde :

F = Fuerza por unidad de longitud.

d_w = Profundidad de agua formada en el muro antes de la deflexión de la corriente.

v_s = Velocidad del oleaje a la altura d_s.

ρ = Densidad de masa de agua.

C_f = Coeficiente adimensional de fuerza.

g = Aceleración de la gravedad.

Simplificando la fórmula, se llega a lo siguiente :

$$F = 5 g d_s^2 \quad (\text{para fondo seco})$$

$$F = 7.5 g d_s^2 \quad (\text{para fondo húmedo})$$

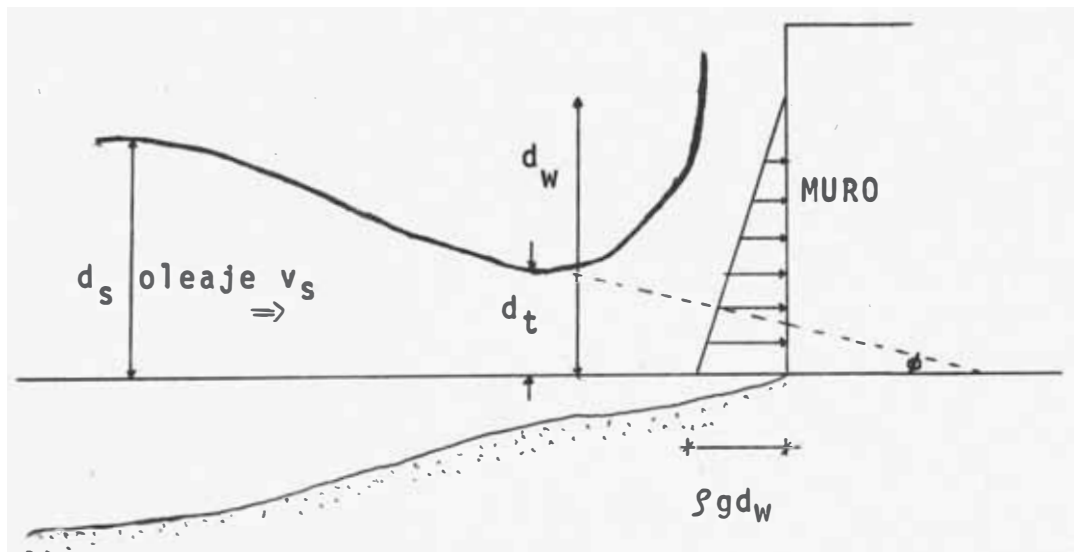


Diagrama esquemático de efecto impulsivo debido a un oleaje de tsunami, sobre un muro vertical.

PROTECCION CONTRA TSUNAMIS.-

Debido a que los tsunamis han causado muchas muertes y provocado grandes pérdidas materiales, en 1948 comenzó a funcionar en Honolulu-Hawai, el Sistema de Alerta de Ondas Marinas (SSWWS, Seismic Sea Waves Warning System) que tiene comunicación por radio con estaciones sismológicas, mareográficas y centros de detección de tsunamis ubicados en el Océano Pacífico.

En el Perú, el Observatorio de Huancayo forma parte de la red-Océano Pacífico, del servicio preventivo de tsunamis. Dos canales de comunicación entre Honolulu y Huancayo funcionan con cierta periodicidad. Las pruebas de comunicación se realizan mensualmente. Un mensaje, salvo casos excepcionales.

En caso de un presunto tsunami, Huancayo recibe el mensaje y se comunica de inmediato con el Servicio Hidrológico del Ministerio de Marina, entidad que tiene a su cargo el mareógrafo de la Punta. Si se recibe un mensaje proclamando un estado de alerta, el Ministerio de Marina entra en contacto directo con Honolulu.

3.30 LOCALES (Plantas)

Los productos derivados del petróleo provienen de las Refinerías de Talara, La Pampilla, Conchán y de importaciones; el consumo de Lima, Callao, Sierra Central, Norte y Sur Chicos se abastecen por las Plantas de Almacenamiento del Callao, La Pampilla, Conchán, Aeropuerto Callao y grifos.

En esta oportunidad se estudiará los siguientes Locales:

3.31.- La Pampilla.

3.32.- Conchán.

3.33.- Planta Callao.

3.34.- Planta Aeropuerto Callao.

3.31 REFINERIA DE LA PAMPILLA

Esta refinería fue diseñada por la "Japan Gasoline Co." para la Empresa Petrolera Fiscal.

Fue construída el año 1966 para una capacidad de 20,000 barriles diarios.

La refinería consta de :

- Oficinas
- Zona de crudo
- Refinería propiamente dicha.

OFICINAS.-

Las oficinas que fueron diseñadas por la Compañía japonesa han sido diseñadas con un coeficiente de seguridad mayor que el del Reglamento de Construcción de esa época.

Las oficinas que se han construído recientemente son mayormente de 1 piso. Las oficinas del Dpto. de Seguridad son de 1 piso, no tienen columnas de amarre (oficinas provisionales).

REFINERIA PROPIAMENTE DICHA.-

Dentro de la Refinería, lo más importante es la parte eléctrica y la zona de calderos. En caso de interrupción de la corriente eléctrica, el área de refinación deja de funcionar inmediatamente. En el circuito de alimentación eléctrica, La Pampilla está a la cola o sea que es el último punto de alimentación, por lo cual a veces se produce caída de tensión. Todas las veces que han ocurrido terremotos se ha producido la interrupción eléctrica. Debido a todo esto, se tiene un equipo auxiliar de abasteci-

miento de energía que sirve para abastecer a determinados equipos para que no dejen de funcionar violentamente.

En cuanto al diseño de las unidades en sí de la refinería se puede apreciar que se han tenido en cuenta las normas antisísmicas, así tenemos que en el sismo del 3 de Octubre de 1,974, no le sucedió nada a estas unidades. Si se observa la cimentación de una torre estabilizadora, ésta consta de 4 zapatas unidas por vigas de 1.30 x 0.80 mts. debidamente armada, los estribos están colocados a standard superior al que usualmente se hubiera tenido en el año 1,966.

En el patio de transformadores, las tuberías son de acero, pocas son de fierro galvanizado por las cuales pasa agua a baja presión.

En esta zona se aprecia un enjambre de tuberías, las cuales tienen un contrapeso que hace flexible la zona, además cuentan con resortes (como en los reactores nucleares) que sirven para amortiguar las vibraciones. Estos resortes son de gran utilidad en el caso de ocurrir un movimiento sísmico.

En cuanto a los pórticos que sirven de apoyo a las tuberías aéreas, algunos de ellos pueden hacer fallar a las tuberías en la unión de estos pórticos o sea en las esquinas.

ZONA DE TANQUES.-

La construcción de esta zona se ha realizado teniendo en cuenta las especificaciones del A.P.I.

Así tenemos que la base de los tanques está sobre terreno cortado hasta una cierta profundidad, reemplazando con hormigón en capas debidamente compactadas y en toda la zona que abarca el

el fondo del tanque. Una vez obtenido el relleno, se ha construído un anillo de concreto armado de 20 x 30 cm., sobre el cual se asienta la parte exterior del tanque. En las últimas 4 pulgadas del relleno se ha colocado arena limpia debidamente compactada, su superficie ha sido regada con aceite pesado a razón de 7 a 9 litros por metro cuadrado.

Debido al sismo del 3 de Octubre, uno de los tanques falló en su parte inferior.

ABASTECIMIENTO DE AGUA.-

Para el proceso de refinación es necesaria la presencia de agua, La Pampilla, cuenta con 2 pozos de agua por la zona del río Chillón, los cuales tienen su propio bombeo de agua (diesel). Para cruzar el río Chillón cuenta con una tuberfa aérea.

Dentro de la refinerfa se encuentra un pozo para incendio esta agua es de mala calidad pero en caso de emergencia se usará para el proceso.

EN CUANTO A PLANES DE EMERGENCIA.-

La Pampilla, cuenta con un sistema contra incendio, cuenta con un plan contra incendio y desastres. El personal que trabaja en este Complejo está adiestrado para casos de emergencia. El Departamento de Seguridad mantiene una labor constante.

AMPLIACION DE LA PAMPILLA.-

Actualmente La Pampilla se está ampliando para llegar a una capacidad de 100,000 barriles diarios.

El diseño de las nuevas unidades de la Refinerfa en sí es francés. En este caso las tuberfas también tienen juegos de pesas

y resortes que amortiguan las vibraciones. Las estructuras son metálicas, forradas con concreto para protegerlas de un posible incendio. La casa de control además de ser segura, es elegante.

Esta ampliación se encuentra al norte de la actual refinera en esta zona, el terreno es mucho mejor que en la parte sur.

Los nuevos tanques de almacenamiento se están construyendo en la parte sur, esta zona anteriormente ha sido terreno de cultivo, por lo cual uno de los tanques ha tenido que ser piloteado.

Debido a la necesidad de agua se va a perforar dos pozos para lo cual se ha hecho un estudio de resistividad eléctrica para determinar la napa freática.

GENERALIDADES DE LOS DIFERENTES TIPOS DE TANQUES

Los tanques se encuentran en La Pampilla, están comprendidos entre los siguientes tipos:

- a.- Tanque de techo flotante.
- b.- Tanque de techo diagrama.
- c.- Tanque con techo de Rayón.
- d.- Tanque de alta presión.
- e.- Tanque de construcción horizontal.

a.- Tanque de techo flotante.- Hay dos tipos según las especificaciones A.P.I., que son los tipos Horton y los tipos Pontoon.

Los tanques de tipo Horton están constituidos por dos plataformas unidas por una estructura radial completamente hermética, funcionando como un flotador sobre el producto almacenado. Tiene la gran desventaja de deformarse por efecto del calor, puesto que la dilatación de ambas plataformas es diferentes, debido a la di-

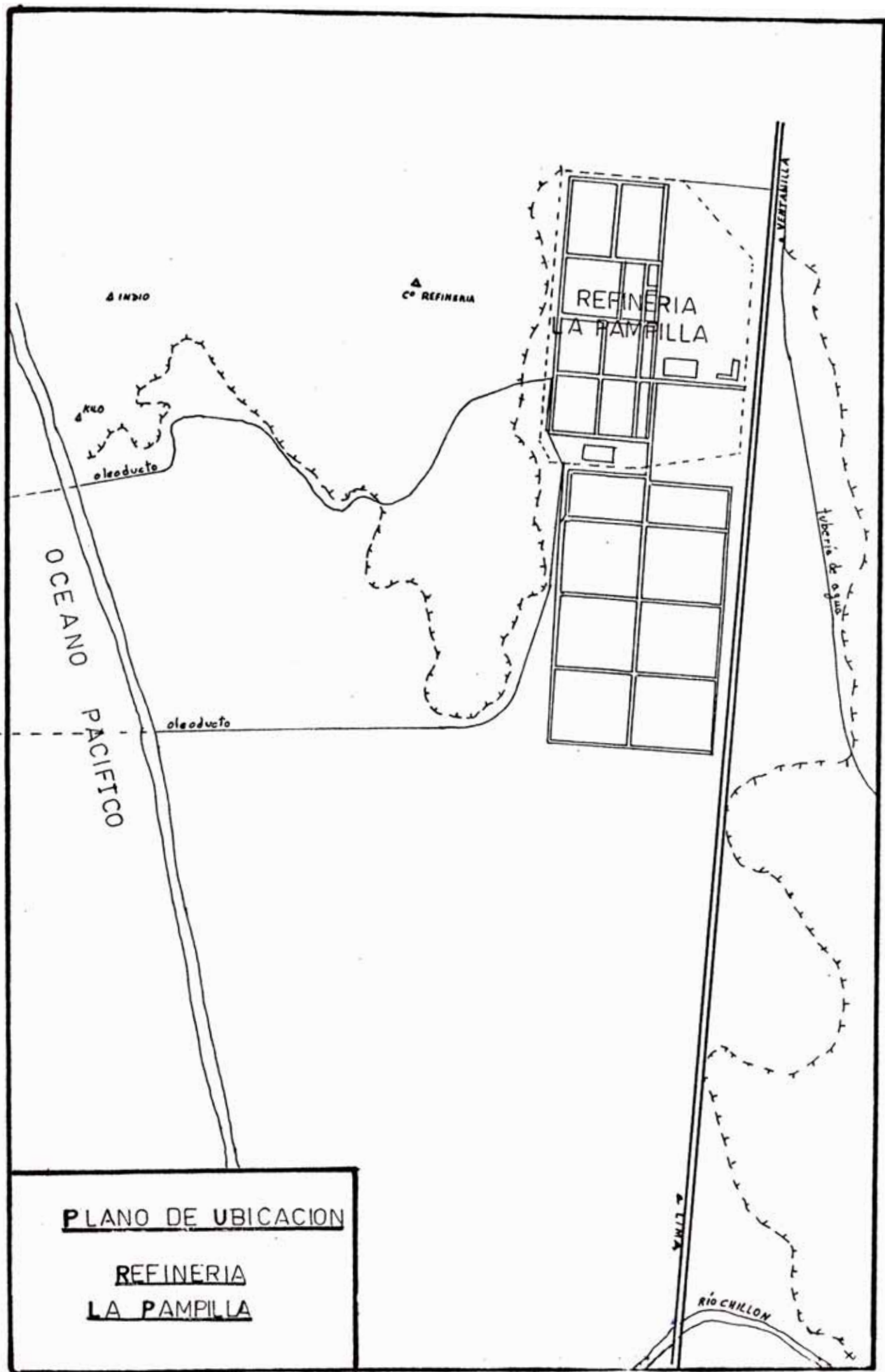
ferencia de temperatura existente entre la superior y la inferior, produciendo distorsiones que dificultan su desplazamiento normal sobre el casco. Su ventaja principal reside en el colchón de aire existente entre las plataformas, que sirve de aislador al calor evitando grandes evaporaciones del producto.

El tipo Pontoon, es también flotador, con la diferencia que el elemento flotador está situado radialmente a la plataforma principal, tiene este tipo de sistema, la ventaja de tener mayor rigidez proporcionada por el flotador, además tiene una flotabilidad más estable.

b.- Tanques con techo de tipo diagrama.- Este techo permite tener un tanque completamente fijo. Este tipo de tanque tiene la particularidad de ofrecer un volumen variable fijado por la naturaleza del tanque que evita la fuga de hidrocarburos por evaporación, este techo está construido con planchas de acero distribuidas radialmente en calidad de diagrama, tiene la ventaja de ser muy sensible a la presión interna que puede provocar su deformación. La ventaja es su simplicidad en la construcción.

c.- Tanques con techo de Rayón.- Funcionan en forma semejante al techo de tipo diafragma, pero con menos volumen de variación, admite mayores presiones internas que el techo diafragma, se sostiene con tensores de nylon, lo que le da una gran resistencia.

d.- Tanques de alta presión.- Son del tipo esférico y esferoidales, se utiliza para productos de alta presión de vapor, suprime casi por completo la evaporación.



PLANO DE UBICACION

REFINERIA
LA PAMPILLA

RELACION DE CAPACIDADES Y ESPECIFICACIONES GENERALES DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE CRUDOS Y COMBUSTIBLES EN SU INICIO (AÑO 1,966, 20,000 BARRILES DIARIOS).

Tanques de Almacenamiento	metro Pies	om.	t. om les	Nº de pisos
TAC 1	168		56.6	7
TAC 2	168		48.6	6
TAC 3	144		48.6	6
TAK 1 Tanque de Kerosene	48		23.4	4
TAJPL 4 1 Turbo	24		23.4	4
TAJ 4 1 Turbo	24		23.4	4
TAD 14 Diesel 4	48		16.3	2
TAD 12 Diesel 2	48		48.6	6
FARO 16 Fuel Oil 6	60		40.6	5
FARO 15 Fuel Oil 5	48		24.4	3

Tanque de Almacenamiento	Alt.de planchas pulg.	Capacidad Bbls.
TAC 1	100	223,000
TAC 2	100	192,000
TAC 3	100	141,000
TAK 1	72	7,540
TAJPL 4 1	72	1,910
TAJP-4 1	100	1,910
TAD 14	100	5,250
TAD 12	100	15,700
TAFO 16	100	20,800
TAFO 15	100	7,860

DETALLES DE LOS TECHOS DE CADA UNO DE LOS TANQUES

CRUDOS: Flotantes.

DERIVADOS:

KEROSENE.	Diafragma
TURBO JPLA 1	Diafragma.
TURBO JP-41	Diafragma.
DIESEL 2	Rayón.
DIESEL 2	Rayón.
DIESEL 4	Rayón.
FUEL OIL 5	Rayón.
FUEL OIL 6	Rayón.
MOGAS 84	Esférico.
MOGAS 95	Esférico.
BUTANO Y PROPANO	Horizontal.

Especificaciones generales del material de construcción de los remachados de acuerdo a las especificaciones del A. P. I.

TAC 1

Número de Pisos	Grosor de Planchas (pulg)	Remachado Distancia (pulg)	Pitch de Remache (pulg)	Faja Int. Ext. pulg.pulg.	Remaches pulg.
1	1-7/16	1-1/4 B6	17.09	17/32 23/32	1 1/4
2	1-1/4	1-1/4 B6	19.45	1 1/32 19/32	1 1/4
3	1-1/16	1-1/4 B6	22.66	27/32 21/32	1 1/4
4	7/8	1-1/4 B6	25.375	11/16 3/4	1 1/4
5	23/32	1 B4	18.42	1/2 17/32	1
6	17/32	7/8 B5	16.56	13/32 15/32	7/8
7	3/8	3/4 B3	7.04	1/4 13/32	3/4

TAC 2 capacidad de 192,000 Bbls., las mismas dimensiones de TAC 1

TAC 3

Número de Pisos	Grosor de planchas (pulg)	Remachado Distancia (pulg)	Pitch de Remache (pulg)	Faja Int. Ext. pulg.pulg.	Remaches pulg.
1	1-7/32	1-1/4 B6	19.92	1 9/16	1 1/4
2	1-1/16	1-1/4 B6	19.45	1 1/32 19/32	1 1/4
3	39/32	1-1/4 B6	25.375	23/32 3/4	1 1/4
4	3/4	1 B5	18.77	9/16 17/32	1
5	19/32	7/8 B5	16.56	7/16 15/32	7/8
6	15/32	3/4 B4	14.08	11/32 13/32	3/4

TAC 1

Número de Pisos	Grosor de Planchas (pulg)	Remachado Distancia (pulg)	Pitch de Remache (pulg)	Faja Int.Ext. pulg.pulg.	Remaches pulg.
1	3/8	3/4 L ₃	3.375	-- --	5/8
2	11/32	5/8 L ₃	3.000	-- --	5/8
3	5/16	5/8 L ₂	2.565	-- --	5/8
4	1/4	5/8 L ₂	2.375	-- --	5/8

TURBO JP1-A y JP-4

Número de Pisos	Grosor de Planchas (pulg)	Remachado Distancia (pulg)	Pitch de Remache (pul)	Faja Int.Ext. pulg.pulg.	Remaches pulg.
1	1/4	5/8 L ₁	2.05	-- --	5/8
2	1/4	5/8 L ₁	2.05	-- --	5/8
3	3/16	7/16 L ₁	1.5	-- --	5/8
4	3/16	7/16 L ₁	1.5	-- --	5/8

DIESEL 4 TAD4-1

Número de Pisos	Grosor de planchas (pulg)	Remachado Distancia (pulg)	Pitch de Remache (pulg)	Faja Int.Ext. pulg.pulg.	Remaches pulg.
1	7/16	3/4 B ₄	14.08	5/16 13/32	3/4
2	3/8	3/4 B ₄	14.08	9/32 13/32	3/4

TAD2-1

Número de pisos	Grosor de Planchas (ul)	Remachado Distancia (ul)	Pitch de Remache (ul)	Faja Int. Ext. (ul . ul)	Remaches (ul)
1	7/16	3/4 B ₄	14.08	5/16 13/32	3/4
2	3/8	3/4 B ₄	14.08	9/32 13/32	3/4
3	13/32	3/4 L ₃	3.59	-- --	3/4
4	11/32	5/8 L ₂	2.40	-- --	5/8
5	8/32	5/8 L ₂	2.59	-- --	5/8
6	1/4	5/8 L ₂	2.375	-- --	5/8

TAF0 15

Número de pisos	Grosor de Planchas (pulg)	Remachado Distancia (pulg)	Pitch de Remache (pulg)	Faja Int. Ext. (pulg.pulg.)	Remaches (pulg.)
1	7/16	3/4 B ₄	14.08	5/16 13/32	3/4
2	3/8	3/4 B ₄	14.08	9/32 13/32	3/4
3	13/32	3/4 L ₃	3.59	-- --	3/4

TAF0 16

Número de Pisos	Grosor Planchas (pulg)	Remachado Distancia (pulg)	Pitch de Remache (pulg)	Faja Int. Ext. (pulg.pulg.)	Remaches (Pulg.)
1	17/32	7/8 B ₄	16.27	3/8 15/32	7/8
2	15/32	3/4 B ₄	14.09	11/32 13/32	3/4
3	13/32	3/4 B ₄	14.08	9/32 13/32	3/4
4	13/32	3/4 L ₃	3.59	-- --	5/8
5	11/32	5/8 L ₂	2.59	-- --	5/8

3.32 REFINERIA CONCHAN.

Esta refinería está constituida por:

- Zona de oficinas
- Refinería en sí
- Zona de tanques

ZONA DE OFICINAS.-

Son construcciones de un piso, de techo aligerado, durante la época de lluvia el agua se filtra debido a la ausencia de pasteleros.

Los laboratorios se encuentran en edificaciones de 1 piso. El muro perimetral está constituido por bloques de cemento a cada 4 o 5 mts. una mocheta de refuerzo.

ZONA DE REFINERIA EN SI.-

El sismo de 1,974 ha producido daños en la Refinería. Las vigas que sirven de base al enfriador ha sido fracturada en la parte central debido a la vibración vertical; se ha apuntalado con columnas metálicas, tuvo que cambiar la posición de la bomba, se observa que las vigas de concreto están todavía fracturadas, expuestas a sufrir corrosión.

Varios de los anclajes de concreto han fallado en la parte superior. El anclaje del horno se ha reforzado, pero aún se observan fisuras en estas columnas. No hubo roturas de tuberías, pero estas se encuentra oxidadas.

De las tuberías, no penden amortiguadores como en La Pampilla. Esta Planta ha sido diseñada en California.

Las bombas de la red de agua contra incendio se encuentran "protegidas" por una caseta que presenta grietas en la parte central producidas por el sismo de 1974, no tiene arriostramiento; como vigueta de techo tiene un riel que puede caerse encima de las bombas.

La casa de bomba, se dañó y se ha resanado superficialmente, uno de los extremos no tiene columna de confinamiento.

ZONA DE TANQUES.-

La zona de tanques se divide en dos: parte sur y parte norte. En la parte sur no hubo daños, el tanque 23 se balanceó y derramó producto.

En la zona norte el tanque N°5 sufrió rotura en el fondo, pero todo el combustible en este caso, petróleo, se almacenó dentro del muro de contención y se pudo recuperar el 90%, ya que el petróleo tiene la característica de impermeabilizar la arena.

En esta refinería todos los tanques tienen muros de contención.

PLANTA DE VENTAS.-

Esta planta cuenta con oficinas de 1 y 2 pisos.

consta de 6 tanques, que prácticamente no tienen muros de contención, los tanques están sobre material de relleno.

PLANTA 28 DE PRODUCTOS QUIMICOS.-

Los productos almacenados son altamente inflamables y de acción corrosiva.

Los tanques se limpian cada cierto tiempo y se pintan con pintura especial (1 vez al año).

Los productos vienen del exterior, las tuberías por donde se descargan estos productos son de 4", a diferencia de las tuberías por donde se descarga el crudo que son de 10 y 18 pulgadas.

Los muros de contención no están terminados. El cerco perimetral se encuentra en malas condiciones.

3.33 PLANTA CALLAO.

Esta planta se encuentra ubicada en el Callao, entre la Av. Contralmirante Mora, Av. Néstor Gambetta, Av. Ignacio Mariátegui, Callejón de La Marina y a unos 80 mts. del Rfo Rímac. Es la Planta más grande del País, está dividida en Planta 20 y 20A. La Planta 20 pertenecía a la I.P.C. y la Planta 20A a LOBITOS.

Está constituido por oficinas, talleres, almacenes, tanques de almacenamiento, puentes de despacho, planta de Asfaltos y planta de Productos Químicos.

En esta Planta se almacenan los siguientes productos:

Kerosene	Gas. A 80
Diesel 2	Gas. 95
Pet. # 5	Gas. 84
Pet. # 6	Turbo A1
Gas. 100-130	Turbo B

Los productos son traídos del exterior por vía marítima.

EN CUANTO A OFICINAS.-

Su construcción es de material noble, los daños debido a sismos anteriores han sido mínimos. Los talleres y almacenes son de construcción liviana.

ZONA DE TANQUES.-

Algunos de los tanques son soldados, otros son remachados, se ha seguido las especificaciones A.P.I., cuenta con muros de contención tal como lo especifica el reglamento.

La napa freática está a 1.50 mts. de la superficie.

La Planta cuenta con un sistema contra incendio, constituido por una red de agua y un sistema de espuma.

Los cercos que existen en las Plantas no tienen columnas de arriostre, en el sismo de 1,974 gran parte del cerco se derrumbó. Gran parte de la tubería se encuentra cerca de los muros.

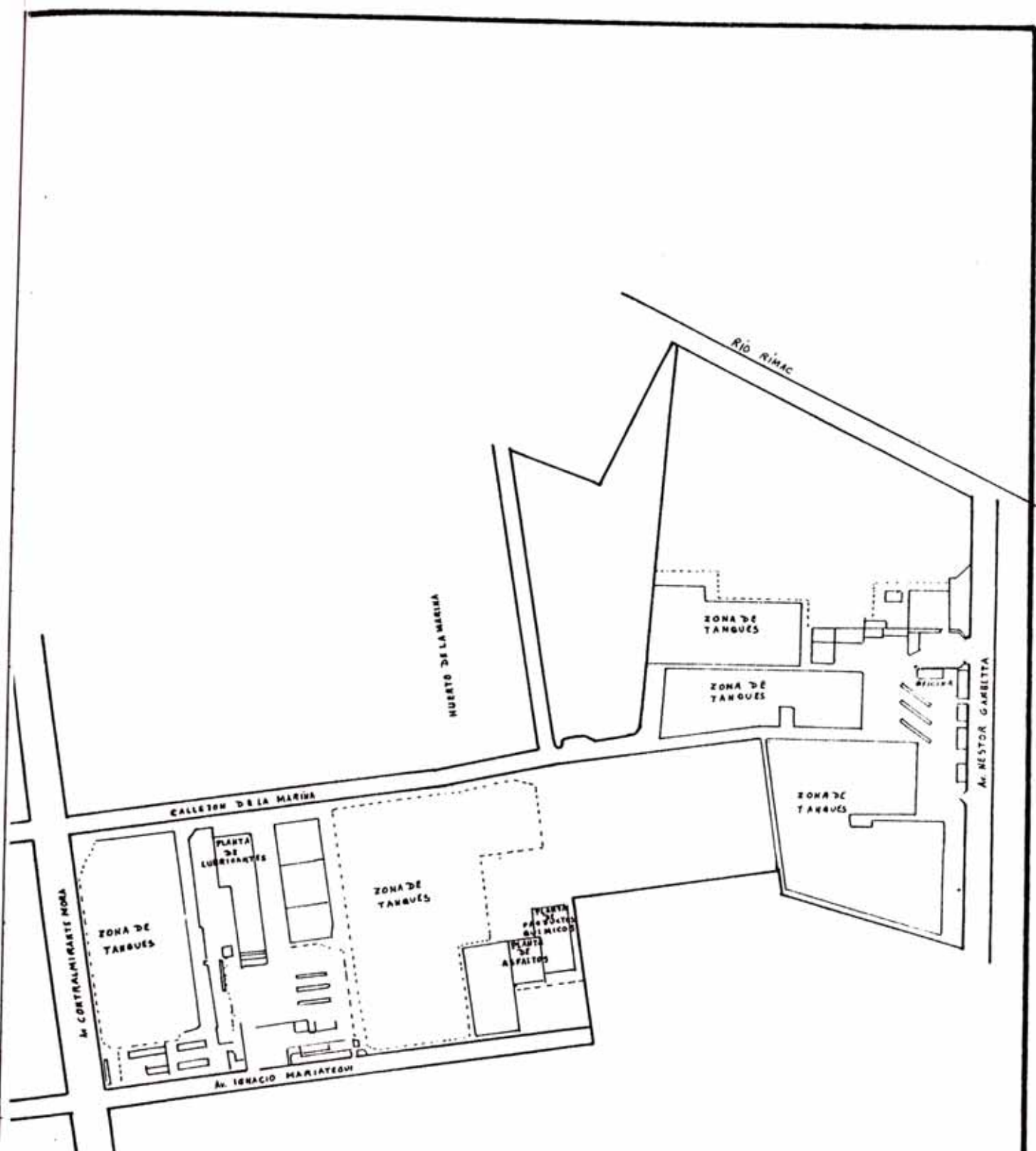
PLANTA DE LUBRICANTES.-

La estructura principal es un edificio de acero (columnas metálicas y vigas llenas), El techo de calamina, los muros son de eternit; el área que ocupa esta planta es de aproximadamente 3,500 m².

PLANTA DE PRODUCTOS QUIMICOS.-

Básicamente son depósitos, consiste en 7 tanques metálicos conectados con tuberías metálicas (acero).

El muro de contención consiste en muros de ladrillo, tienen perforaciones por donde pasan las tuberías. Las columnas de arriostre están muy espaciadas.



PLANO DE UBICACION

PLANTA
CALLAO

DISTRIBUCION DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO PLANTA CALLAO

Núm.	Tipo	Producto	Dimensiones						Capacidad Neta Barriles
			Diámetro			Altura			
			pie	pulg.	oct.	pie	pulg.	oct.	
28	V/R	100/130	119	11	15/16	39	6	7/16	72,316.62
35	V/S	100/130	30	0	0	40	0	0	4,696.24
		Totales							77,012.86
46	V/S	Gas .A 80	24	1	17/32	10	5	4/5	353.31
47	V/S	Gas .A 80	17	10	15/16	7	7	9/16	140.88
		Totales							494.19
10A	V/S	Gas . 95	45	6	0	36	3	1/16	9,568.20
4 A	V/S	Gas . 84	100	0	3/8	39	11	5/8	49,440.00
5 A	V/S	Gas . 84	73	4	15/32	40	0	0	28,297.00
38	V/S	Gas . 84	120	0	0	40	0	0	75,240.96
42	V/S	Gas . 84	99			39	2	82	51,382.43
		Totales							204,360.39
7	V/R	Turbo A1	70	0	3/8	33	10	3/4	21,652.16
14	V/R	Turbo A1	60	0	0	41	11	3/16	19,976.10
7 A	V/S	Turbo A1	85	0	29/64	40	0	0	36,834.00
12A	V/S	Turbo A1	70	6	0	42	0	7/16	26,689.00
		Totales							105,124.26
6 A	V/S	Turbo B	73	4	11/32	39	11	5/8	26,629.00

V = Vertical H = Horizontal S = Soldado R = Remachado

DISTRIBUCION DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO PLANTA CALLAO

Núm.	Tipo	Producto	dimensiones						Capacidad Neta Barriles
			Diámetro			Altura			
			pie	pulg	oct	pie	pulg	oct	
2 A	V/S	Kerosene	100	0	11/16	39	11	6/8	52,388.00
45	V/S	Kerosene	42	11	35/64	39	10	7/8	9,264.48
51	V/S	Kerosene	106	9	0	42	0	1/16	63,449.00
		Totales							125,101.48
9 A	V/S	Diesel 2	60	10	2/8	40	3	7/16	18,989.11
11A	V/S	Diesel 2	45	6	0	36	2	6/8	9,430.22
1	V/S	Diesel 2	99	11	9/	41	10	1/8	52,742.90
6	V/S	Diesel 2	105	0	0	37	0	2/8	52,456.44
		Totales							135,618.67
3 A	V/S	Pet. # 5	73	4	15/32	40	0	0	27,409.00
12	V/R	Pet. # 5	120	0	0	41	10	0	79,786.51
13	V/R	Pet. # 5	100	0	0	42	3	6/8	55,019.86
		Totales							162,215.37
1 A	V/S	Pet. # 6	120	0	13/32	40	0	0	77,743.00
8 A	V/S	Pet. # 6	45	6	0	36	3	6/8	9,709.00
44	V/S	Pet. # 6	140	0	7/32	40	0	2/8	101,779.27
		Totales							189,231.27
55	V/S	G.L.P.	11.536 mts.			11.499 mts.			4,869.00
66	V/S	G.L.P.							7,700.00
		Totales							12,569.00

3.34 PLANTA AEROPUERTO CALLAO.

Alrededor del 30% del movimiento de carga aérea se efectúa por el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, situado en el Callao. Es el punto convergente de las redes viales más importantes del país, verdaderas arterias por donde se alimenta la Capital. Como cada Aeropuerto tiene su Planta de abastecimiento de combustible, se ve la necesidad también de evaluar la Planta Aeropuerto Callao en caso de ocurrir el sismo en estudio.

La Planta Aeropuerto Callao, está constituida por oficinas y tanques de almacenamiento de combustible. La finalidad de esta planta como se ha dicho, es abastecer el combustible necesario a los aviones.

TANQUES.

En esta Planta se almacena gasolina 100-130, turbo B y turbo A1. Los aviones chicos usan gasolina 100-100 y los DC6 usan gasolina 100-130, el turbo B lo usan los aviones de las Fuerzas Armadas, este producto forma presión de vapores a una temperatura de 212°F, de 2 a 3 lb/pulg² es más peligroso que la gasolina 100-130, el turbo a-1 forma presión de vapores de 0 a 0.1 lb/pulg², lo usa cualquier avión comercial.

Existen tanques verticales y horizontales. Los tanques horizontales tienen tres apoyos de concreto armado, estas bases lucen seguras. Los tanques verticales son soldados, en la parte central tienen una columna que sostiene el techo metálico, está asentado sobre un cimiento de concreto cubierto con asfalto.

Los tanques 1, 2 y 17 están siendo ampliados, soldando les una nueva faja en la parte superior; antes de la ampliación Planta tenía una capacidad de 350,000 galones, después de la ampliación llega al medio millón de galones.

En esta planta, como en todas las Plantas de los demás Aeropuertos del País, no tiene muros de contención adecuados, en este caso tiene un pequeño muro de concreto de 50 cm. de altura que no llega a rodear a los tanques.

TUBERIAS.-

Las tuberías son de acero, los soportes de las tuberías son débiles.

Del patio de tanques salen tres tuberías enterradas hacia la pista de aviones, una de gasolina 100-130, otra de turbo y la tercera de 100-145; la válvula de cada tubería se encuentra al final de ésta.

En caso de roturas de tuberías, el suministro de combustible hacia los aviones se puede hacer por medio de los camiones que traen el combustible a la Planta, ayudado con una moto bomba y por medio de un tanque-camión de 4,000 glns.

OFICINAS.-

En cuanto a las oficinas, exteriormente lucen seguras, es de 2 pisos, la densidad de muros es apropiada cuenta con un cuarto que sirve de almacén, es de material liviano. A los costados de la Planta se encuentran los talleres de Braniff y almacenes de Corpac. que puede ser afectados en caso de incendio.

En cuanto a la ocurrencia de un posible incendio, la Planta no tiene un sistema de enfriamiento, y no hay forma de aislar el fuego.

Para casos de emergencia se ha coordinado con las unidades contra incendio de Corpac.

Esta Planta está delimitada por un cerco de 2 mts. de altura el material es ladrillo calcáreo, y en la parte superior tiene alambres con púas, no tiene columnas de refuerzo, sólo "mochetas"; este cerco ha sido afectado por el sismo del 3 de Octubre de 1,974.

C A P I T U L O I V

ANALISIS DE LA INFORMACION

4.10 ANALISIS DE ALGUNOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

Se inicia este capítulo haciendo un análisis de los momentos que puede afectar a algunos tanques de almacenamiento debido a la fuerza sísmica. Este análisis se realiza para tres casos: 1) cuando el tanque está lleno de combustible, 2) cuando el combustible está a 3/4 partes de la altura del tanque y 3) cuando el combustible está a la mitad del tanque.

En este análisis se ha usado dos tipos de espectros de aceleración, el tipo "A" normalizado a 330 Gals. usado por Housner en su teoría y el TAFT Calif. U.S.A.E.W. 1,952 VII 21 (200 gals).

Así mismo se calcula el momento estabilizador de estos tanques.

Las unidades usadas son las siguientes:

$$M = \frac{lb}{\text{pulg/cm}^2}$$

$$h = \text{pies.}$$

$$T = \text{seg.}$$

$$F = lb$$

$$\text{Mom} = lb\text{-pie.}$$

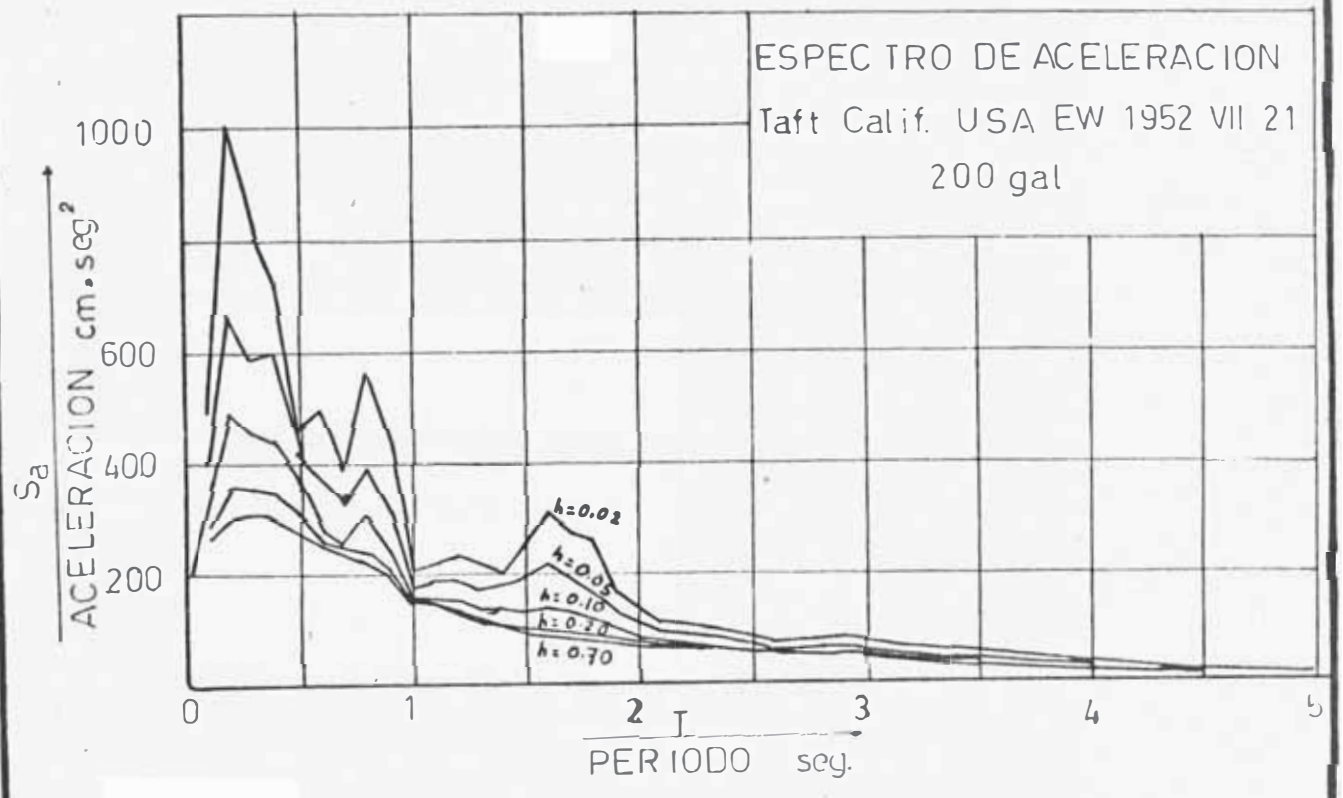
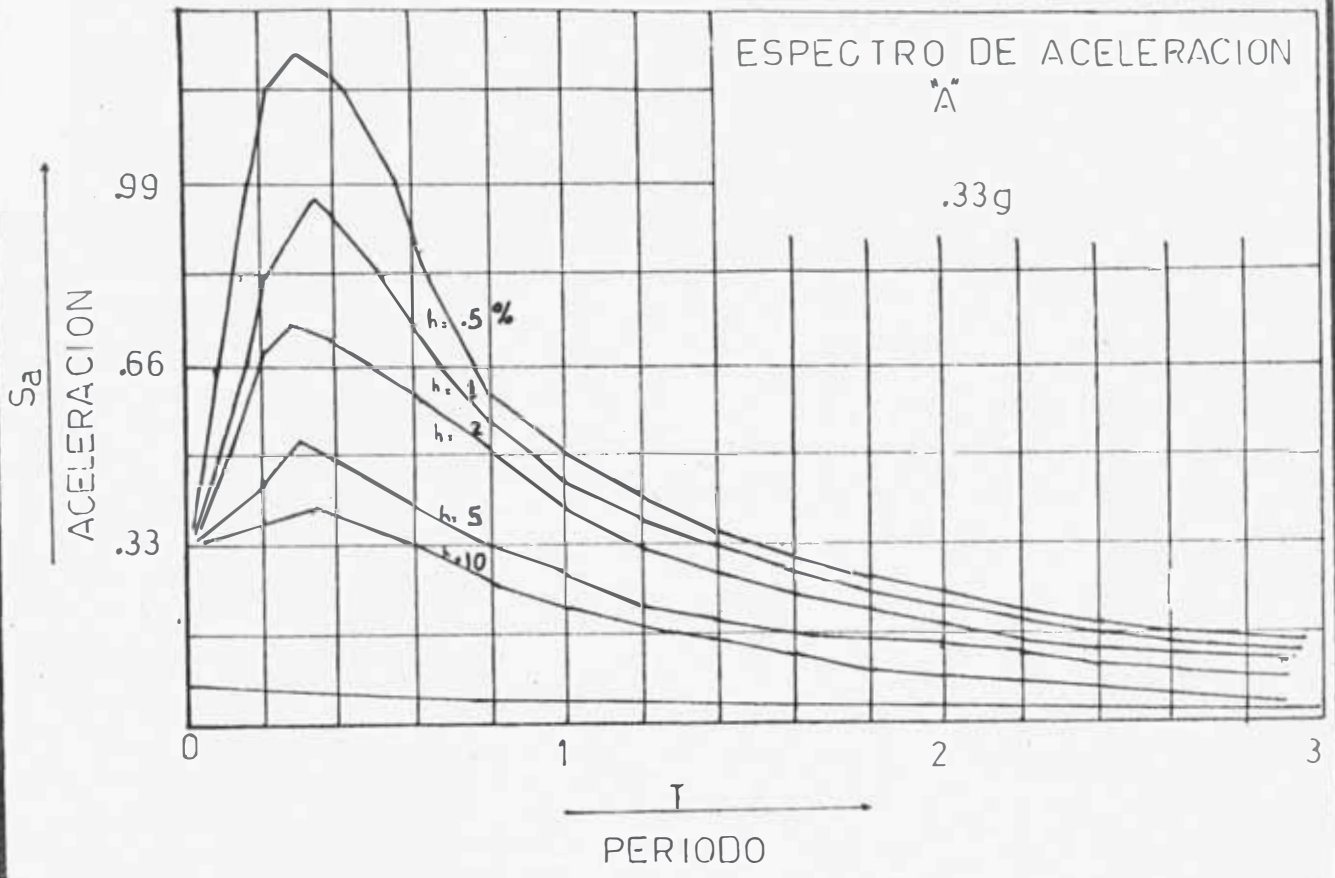
De este análisis se puede deducir lo siguiente:

El momento debido a la fuerza sísmica es mayor cuando el tanque está lleno de combustible, o sea que cuando más combustible tenga el tanque, mayor será el momento.

Se observa que usando el espectro "A" la fuerza sísmica, así como el momento debido a esta fuerza son mayores que al usar el espectro TAFT, esto se debe que el "A" está normaliz

zado a 330 gals y el TAFT a 200 gals.

- Otra observación es, que, los tanques de mayor esbeltez son los más propensos a fallar.
- Se ve pues que usando estos espectros, todos los tanques tienden a fallar.



TANQUE DE R = 15' h = 40'			
M	LLENO	3/4 PARTE	MITAD
M	1'763,470	1'322,602	881,735
M ₀	585,990	537,653	442,838
M ₁	220,402	220,105	216,834
h ₀	15.00	11.25	7.50
h ₁	31.80	22.10	13.00
T	3.19	3.20	3.23
ESPECTRO "A"			
F ₀	193,337	177,425	141,360
F ₁	46,754	46,691	45,997
Mom ₀	2'900,655	1'996,030	1'060,200
Mom ₁	1'486,794	1'031,878	597,961
Mom _T	4'387,449	3'027,908	1'658,161
Mom _R	687,225	687,225	687,225
ESPECTRO TAFT			
F ₀	119,467	109,613	90,282
F ₁	16,521	16,499	16,254
Mom ₀	1'792,005	1'233,146	677,115
Mom ₁	525,367	364,627	211,302
Mom _T	2'317,372	1'597,773	888,417
Mom _R	687,225	687,225	687,225

TANQUE DE R = 30' h = 40'

	LLENO	3/4 PARTE	MITAD
M	7'053,881	5'290,410	3'526,940
M ₀	3'542,708	2'911.000	2'049,525
M ₁	1'734,672	1'669,671	1,470,117
h ₀	15.00	11.25	7.50
h ₁	26.10	18.06	11.05
T	4.6	4.66	4.66
ESPECTRO "A"			
F ₀	1'169,093	960,630	676,343
F ₁	318,913	306,962	270,275
Mom ₀	13'152,296	10'807,088	5'072,572
Mom ₁	8'323,629	5'525,323	2'986,538
Mom _T	21'475,925	16'332,411	8'059,110
Mom _R	2'587,200	2'587,200	2'587,200
ESPECTRO TAFT			
F ₀	722,264	593,476	417,844
F ₁	75,020	67,395	55,101
Mom ₀	10'833,960	6'676,605	3,133,830
Mom ₁	1'958,022	1'217,153	608,866
Mom _T	12'791,982	7'893,758	3'742,696
Mom _R	2'587,200	2'587,200	2'587,200

TANQUE DE R = 21' h = 39'			
	LLENO	3/4 PARTE	MITAD
M	3'369,991	2'527,493	1'689,995
M ₀	1'438,986	1'243,943	944,210
M ₁	604,880	592,198	565,148
h ₀	14.63	10.96	7.30
h ₁	28.20	19.40	11.50
T	3.8	3.8	3.9
ESPECTRO "A"			
F ₀	474,865	410,501	311,589
F ₁	119,759	117,248	111,893
Mom ₀	6'944,900	4'499,091	2'274,549
Mom ₁	3'377,204	2'274,611	1'290,126
Mom _T	10'322,104	6'773,702	3'564,725
Mom _R	1'399,440	1'399,440	1'399,440
ESPECTRO TAFT			
F ₀	293,371	253,607	192,499
F ₁	80,902	69,936	53,085
Mom ₀	4'290,550	2'779,532	1'405,242
Mom ₁	2'281,436	1'356,758	610,477
Mom _T	6'571,986	4'136,290	2'015,719
Mom _R	1'399,440	1'399,440	1'399,440

TANQUE DE R = 50' h = 39'			
	LLENO	3/4 PARTE	MITAD
M	19'104,261	14'328,196	9'552,130
M ₀	10'953,484	8'375,420	5'617,214
M ₁	7'228,187	6'359,938	4'934,205
h ₀	14.62	11.06	7.30
h ₁	22.13	15.90	10.15
T	6.2	6.5	7.5
ESPECTRO "A"			
F ₀	3'614,650	2'763,888	1'853,680
F ₁	1'328,886	1,169,260	907,133
Mom ₀	52'864,256	30'492,594	13'555,035
Mom ₁	29'408,247	18'591,234	9'212,842
Mom _T	82'272,503	49'083,828	22'767,877
Mom _R	12'462,000	12'462,000	12'462,000
ESPECTRO TAFT			
F ₀	2'233,126	1'707,527	1'145,201
F ₁	270,922	238,379	184,940
Mom ₀	32'648,302	18'885,249	8'359,967
Mom ₁	5'995,503	3'790,226	1'877,141
Mom _T	38'643,806	22'675,475	10'237,108
Mom _R	12'462,000	12'462,000	12'462,000

TANQUE DE R = 50' h = 39'

	LLENO	3/4 PARTE	MITAD
M	19'104,261	14'328,196	9'552,130
M ₀	10'953,484	8'375,420	5'617,214
M ₁	7'228,187	6'359,938	4'934,205
h ₀	14.62	11.06	7.30
h ₁	22.13	15.90	10.15
T	6.2	6.5	7.5
ESPECTRO "A"			
F ₀	3'614,650	2'763,888	1'853,680
F ₁	1'328,886	1,169,260	907,133
Mom ₀	52'864,256	30'492,594	13'555,035
Mom ₁	29'408,247	18'591,234	9'212,842
Mom _T	82'272,503	49'083,828	22'767,877
Mom _R	12'462,000	12'462,000	12'462,000
ESPECTRO TAFT			
F ₀	2'233,126	1'707,527	1'145,201
F ₁	270,922	238,379	184,940
Mom ₀	32'648,302	18'885,249	8'359,967
Mom ₁	5'995,503	3'790,226	1'877,141
Mom _T	38'643,806	22'675,475	10'237,108
Mom _R	12'462,000	12'462,000	12'462,000

TANQUE DE R = 53' h = 42'

	LLENO	3/4 PARTE	MITAD
M	23'116,743	17'337,557	11'558,371
M ₀	13'283,968	9'920,040	6'796,322
M ₁	8'647,999	7'676,563	5'923,188
h ₀	15.75	11.81	7.88
h ₁	23.97	17.10	10.86
T	7.3	6.8	7.7
ESPECTRO "A"			
F ₀	4'383,709	3'949,526	2'242,786
F ₁	1'589,900	1'137,666	1'088,954
Mom ₀	69'043,417	38'669,554	17'661,940
Mom ₁	38'109,903	19'454,089	11'826,040
Mom _T	107'153,320	58'123,643	29'487,980
Mom _R	16'361,100	16'361,100	16'361,100
ESPECTRO TAFT			
F ₀	2'708,250	2'022,434	1'565,048
F ₁	324,138	287,727	22,009
Mom ₀	42'654,938	23'890,002	12'324,750
Mom ₁	7'769,587	4'920,131	2'411,017
Mom _T	50'424,525	28'810,133	14'735,767
Mom _R	16'361,100	16'361,100	16'361,100

TANQUE DE R = 70' h = 40'

	LLENO	3/4 PARTE	MITAD
M	38'404,463	28'803,347	19'202,231
M ₀	22'549,745	16'939,757	11'294,300
M ₁	17'338,803	14'493,453	10'535,075
h ₀	15.00	11.25	7.50
h ₁	21.57	15.73	10.30
T	7.85	8.60	10.10
ESPECTRO "A"			
F ₀	7'441,416	5'590,120	3'727,119
F ₁	3'187,700	2'664,589	1'936,831
Mom ₀	111'621,240	62'888,850	27'953,393
Mom ₁	68'758,689	41'900,066	19'949,359
Mom _T	180'380,929	104'788,916	47'902,752
Mom _R	35'284,550	35'284,550	35'284,550
ESPECTRO TAFT			
F ₀	4'597,300	3'453,569	2'302,609
F ₁	649,881	543,234	394,868
Mom ₀	68'959,500	38'852,651	17'269,568
Mom ₁	14'017,933	8'542,354	4'067,140
Mom _t	82'977,433	47'395,005	21'336,708
Mom _R	35'284,550	35'284,550	35'284,550

4.20 REFINERIA LA PAMPILLA.

Este complejo se encuentra en una buena zona, en cuanto a la posibilidad de que sea afectado por un tsunami, es remota, ya que se encuentra protegido por un cerro de aproximadamente 50-mts. de altura. El terreno en que se encuentra consiste en arena consolidada de un espesor de 15 a 20 mts. buzando hacia el mar, por lo cual es también poco probable que La Pampilla sea afectada por un deslizamiento.

OFICINAS.-

En las oficinas antiguas se aprecia que éstas han sido bien diseñadas, es poco probable que fallen.

En cuanto a las oficinas provisionales, no podrán resistir la fuerza sísmica.

REFINERIA EN SI.-

El sistema eléctrico será interrumpido y para que las unidades no dejen de funcionar violentamente, se cuenta con equipo eléctrico auxiliar.

Las unidades han sido muy bien diseñadas, se encuentran apoyadas sobre estructuras de concreto armado que se observan muy seguras, en anteriores sismos no han sufrido daño alguno. Las vibraciones de las tuberías serán amortiguadas por resortes que penden de ellas.

Algunos de los pórticos que sirven de apoyo a las tuberías aéreas, por su posición en que se encuentran, pueden hacer fallar a estas tuberías, ya que estos pórticos se desplazan en sentidos diferentes y producirán esfuerzos en las tuberías.

En general, las unidades de la Refinería en sí se muestran bastante seguras.

ZONA DE TANQUES.-

Los tanques de almacenamiento de combustible han sido diseñados de acuerdo a las especificaciones de A.P.I.

Todos los tanques cuentan con muros de contención que tienen la altura especificada y pueden almacenar una vez y media la capacidad del tanque que rodea.

Uno de los tanques de este Complejo, falló en su parte inferior debido al "sloshing" producido durante el sismo de 1,974.

Estos tanques también pueden fallar por asentamiento del terreno.

Todos estos tanques están provistos de sistemas contra incendio.

ABASTECIMIENTO DE AGUA.-

Donde puede presentarse algún problema es en la tubería que cruza el Rfo Chillón.

En cuanto a las personas que laboran en este complejo, podemos decir que se encuentra altamente capacitado para actuar en caso de emergencia, se realizan ensayos de varios tipos, como simulacros de incendio, evacuación, etc.

AMPLIACION.-

La zona más desfavorable es donde se está ampliando la

zona de tanques ó sea en la parte sur, por haber sido zona de cultivo y su capacidad portante es menor. Las nuevas instalaciones de la Refinería en sí también están bien diseñadas. A continuación se presenta un cuadro resumen de la evaluación.

CUADRO DE RESUMEN DE LA EVALUACION

CLASIFICACION NOMBRE ESTRUCTURA		REFINERIA LA PAMPILLA	Lab.y Ofic.	Otros Edif.	Talle- res.
Evaluación sismo-resist.	ALTA NORMAL POBRE DESCONOCIDA		x	x	x
Posible Magnitud de daño.	LIGERA PARCIAL SEVERA GRAVE		x	x	x
Riesgos Posibles	INCENDIO o EXPLOS. CONTAMINACION DERRUMBE ROTURA DERRAME OTROS		x x x	x	x x
Podría Afectar a:	PERSONAL PROPIO INSTALACIONES MATERIAL o RESP. ELEBORACION DE PROD. ALMACENAJE " " RESERVA " " DISTRIB. " " TERCEROS		x x x x x	x	x x
Disponibilidad	PLANES DE EMERGENCIA ORG.CONTRA INCENDIO PTA.ELECTRICA PROPIA SIST. DE AGUA PROPIA SIST. CONJUNTO " REQUIERE AYUDA " TRANSPORTE TERRESTRE	x x x x			

CLASIFICACION NOMBRE ESTRUCTURA		Alma cenes	Sala de Cont.	Cal- deros	Unid. de des- tilac.	Unid. de Oc- tanaje
Evaluación sísmo-resist.	ALTA NORMAL POBRE DESCONOCIDA	x	x	x	x	x
Posible magnitud de daño	LIGERA PARCIAL SEVERA GRAVE	x	x	x	x	x
Riesgos Posibles	INCENDIO o EXPLOS. CONTAMINACION DERRUMBE ROTURA DERRAME OTROS	x x	x x x	x x x	x x x	x x x x
Podría Afectar a:	PERSONAL PROPIO INSTALACIONES MATERIAL o RESP. ELABORACION DE PROD. ALMACENAJE " " RESERVA " " DISTRIBUC. " " TERCEROS	x x	x x x	x x x	x x x	x x x
Disponibilidad	PLANES DE EMERGENCIA ORG.CONTRA INCENDIO PTA.ELECTRICA PROPIA SIST. AGUA " SIST. CONJUNTO " REQUIERE AYUDA TRANSPORTE TERRESTRE					

CLASIFICACION NOMBRE ESTRUCTURA		Unid. de recu peración de gas	Unid. F.CC.	Unid. dest. vacío	Bomba de Trans feren.	Pta. Etlo
Evaluacion sismo-resist.	ALTA NORMAL POBRE DESCONOCIDA	x	x	x	x	x
Posible magnitud de daño	LIGERA PARCIAL SEVERA GRAVE	x	x	x	x	x
Riesgos Posibles	INCENDIO o EXPLOS. CONTAMINACION DERRUMBE ROTURA DERRAME OTROS	x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x
Podría Afectar a:	PERSONAL PROPIO INSTALACIONES MATERIAL o RESP. ELEBORACION DE PROD. ALMACENAJE " " RESERVA " " DISTRIBUCION" " TERCEROS	x x	x x x	x x x	x x x	x x x
Disponibilidad	PLANES DE MERGENCIA ORG.CONTRA INCENDIO PTA.ELECTRICA PROPIA SIST.DE AGUA PROPIA SIST.CONJUNTO " REQUIERE AYUDA TRANSPORTE TERRESTRE					

CLASIFICACION NOMBRE ESTRUCTURA		Pta. trat. de agua	Pozos de agua	TKS Diesel	TKS Turbo	TKS Kero- sene
Evaluación sismo-resist.	ALTA	x		x	x	x
	NORMAL		x	x	x	x
	POBRE					
	DESCONOCIDA					
Posible magnitud de daño	LIGERA	x				
	PARCIAL					
	SEVERA		x			
	GRAVE					
Riegos Posibles	INCENDIO o EXPLOS.			x	x	x
	CONTAMINACION					
	DERRUMBE		x	x	x	x
	ROTURA DERRAMES	x x	x	x	x	x
Podría Afectar a:	PERSONAL PROPIO	x	x	x	x	x
	INSTALACIONES					
	MATERIAL o RESP.					
	ELEBORACION DE PROD.	x	x	x	x	x
	ALMACENAJE " "			x	x	x
	RESERVA " "			x	x	x
DISTRIBUCION " "			x	x	x	
	TERCEROS					
Disponibilidad	PLANES DE EMERGENCIA					
	ORG. CONTRA INCENDIO					
	PTA.ELECTRICA PROPIA					
	SIST. DE AGUA PROPIA					
	SIST. CONJUNTO "					
REQUIERE AYUDA						
TRANSPORTE TERRESTRE						

CLASIFICACION NOMBRE ESTRUCTURA		TKS Gasolina	TKS Gasolina Oil	TKS Gasolina Base	TKS Crudo	Línea Subma- rina
Evaluación sísmo-resist.	ALTA	x	x	x	x	
	NORMAL					x
	POBRE					
	DESCONOCIDA					
Posible magnitud de daño	LIGERA					
	PARCIAL	x	x	x	x	
	SEVERA					
	GRAVE					
Riesgos Posibles	INCENDIO o EXPLOS. CONTAMINACION	x	x	x		
	DERRUMBE	x	x	x	x	
	ROTURA	x	x	x	x	x
	DERRAME	x	x	x	x	x
	OTROS					x
Podría Afectar a:	PERSONAL PROPIO INSTALACIONES	x	x	x	x	x
	MATERIAL o RESP. ELABORACION DE PROD.	x	x	x	x	x
	ALMACENAJE " "	x	x	x	x	x
	RESERVA DE " "	x	x	x	x	x
	DISTRIBUCION " "	x				
	TERCEROS					x
Disponibilidad	PLANES DE EMERGENCIA					
	ORG. CONTRA INCENDIO					
	PTA.ELECTRICA PROPIA					
	SIST. DE AGUA PROPIA					
	SIST. CONJUNTO "					
	REQUIERE AYUDA TRASTORNO TERRESTRE					

4.30 REFINERIA CONCHAN.

En cuanto a las oficinas, las fallas que puedan producirse son mínimas, pero en la nueva oficina que pertenece a Productos Químicos existe una "columna corta" a una de sus esquinas; esta construcción está diseñada para más pisos, por lo que puede fallar.

En la casa de fuerza, la construcción es a base de bloques de concreto, no tiene vigas de amarre, o sea que le falta confinamiento. En los muros interiores se observan fallas producidas por sismos anteriores. El taller de mantenimiento puede sufrir pequeños daños.

En caso de fallar la energía eléctrica, se cuenta con 2 generadores auxiliares que abastecen el 75% del total de energía necesaria. Debemos tener en cuenta que esta Refinería tiene capacidad para 8,000 barriles diarios.

El muro perimetral está deficientemente arriostrado, así como el muro que protege la línea marina.

UNIDADES DE LA REFINERIA EN SI.-

El diseño de este caso, es diferente al de La Pampilla. De las tuberías no penden resortes que sirven como amortiguadores de vibración. Las tuberías se encuentran oxidadas y pueden causar problemas.

Los soportes o bases de las unidades son de concreto armado, no podrán resistir totalmente la fuerza sísmica de la hipótesis; en el sismo del 74 estas bases han sido seriamente dañadas.

En cuanto a la caseta en donde se encuentran las bombas

de agua contra incendio, no podrá soportar el sismo y puede comprometer a los accesorios de las bombas.

La casa de bomba le falta confinamiento y puede ser afectada.

ZONA DE TANQUES.-

Todos los tanques tienen adecuados muros de contención, los tanques que se encuentran en la zona de contacto, son los más probables a fallar.

PLANTA DE VENTAS.-

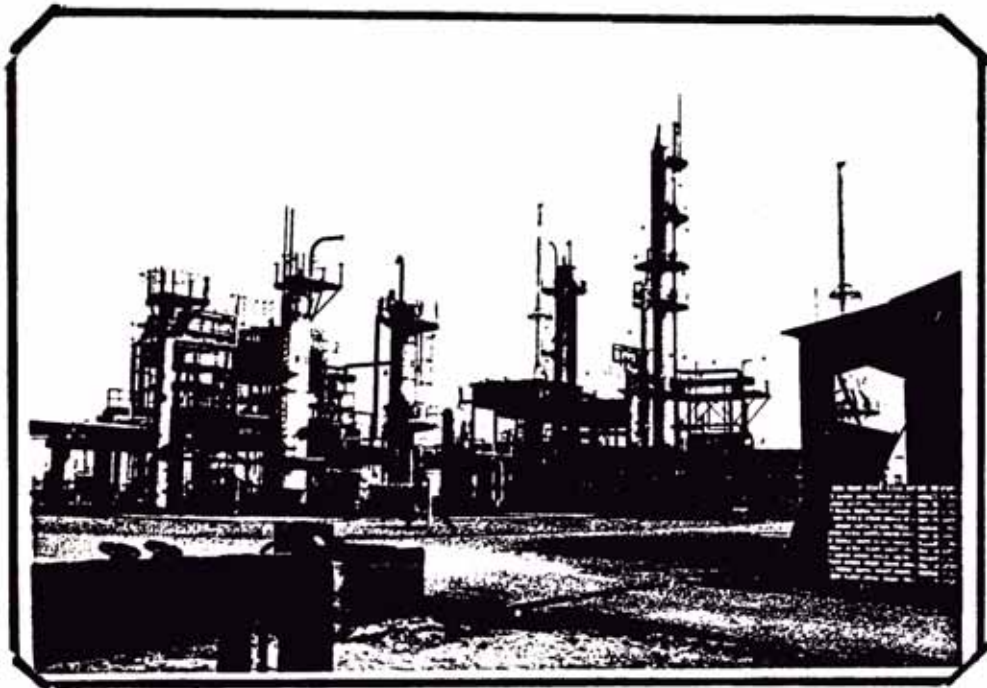
En cuanto a oficinas no existe problema, el problema se encuentra en los tanques de almacenamiento que se encuentra sobre un material de relleno y no tiene muros de contención, lo que significa que esta Planta se encuentra en peligro.

PLANTA 28 DE PRODUCTOS QUIMICOS.-

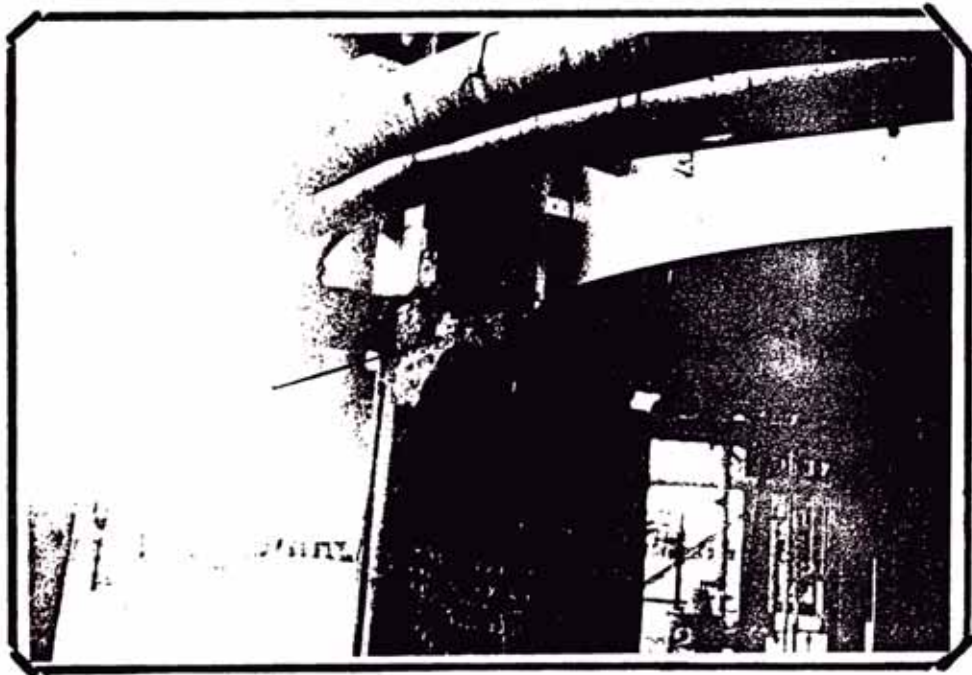
La oficina es pequeña y los daños serán mínimos. El problema que existe es que los productos son tóxicos.

Los muros de contención son deficientes.

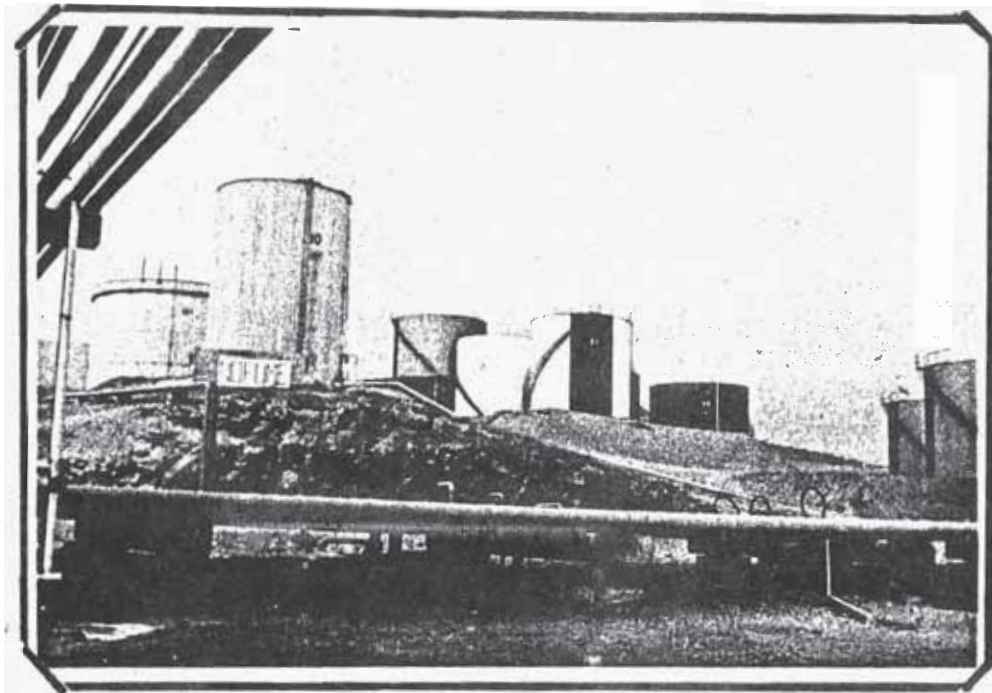
El cerco perimetral no resistirá la fuerza sísmica.



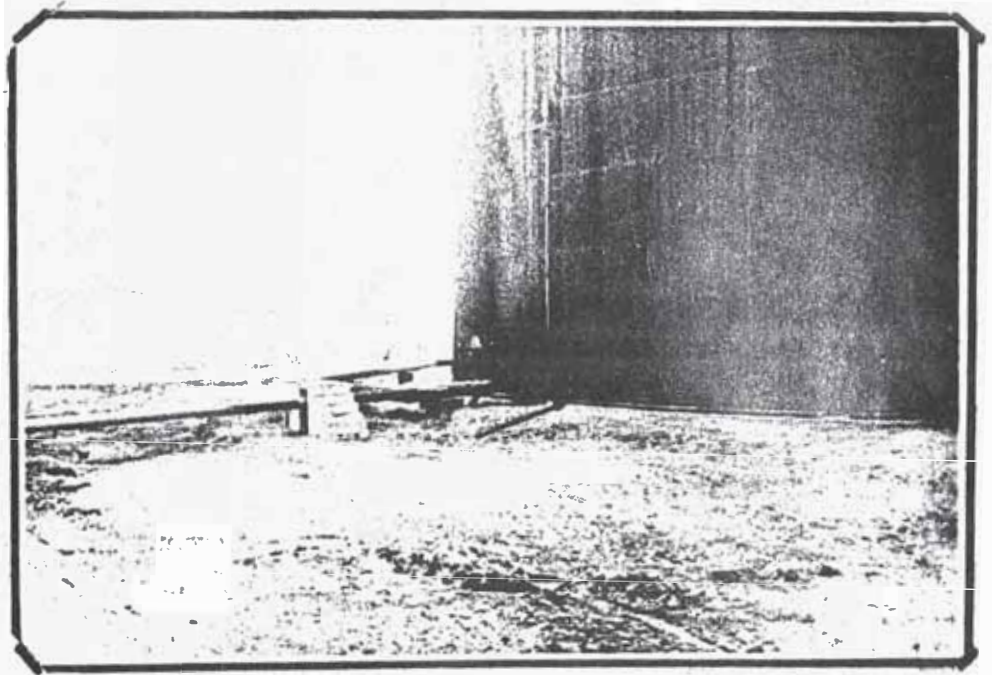
Vista, Unidades de la Refinería Conchán



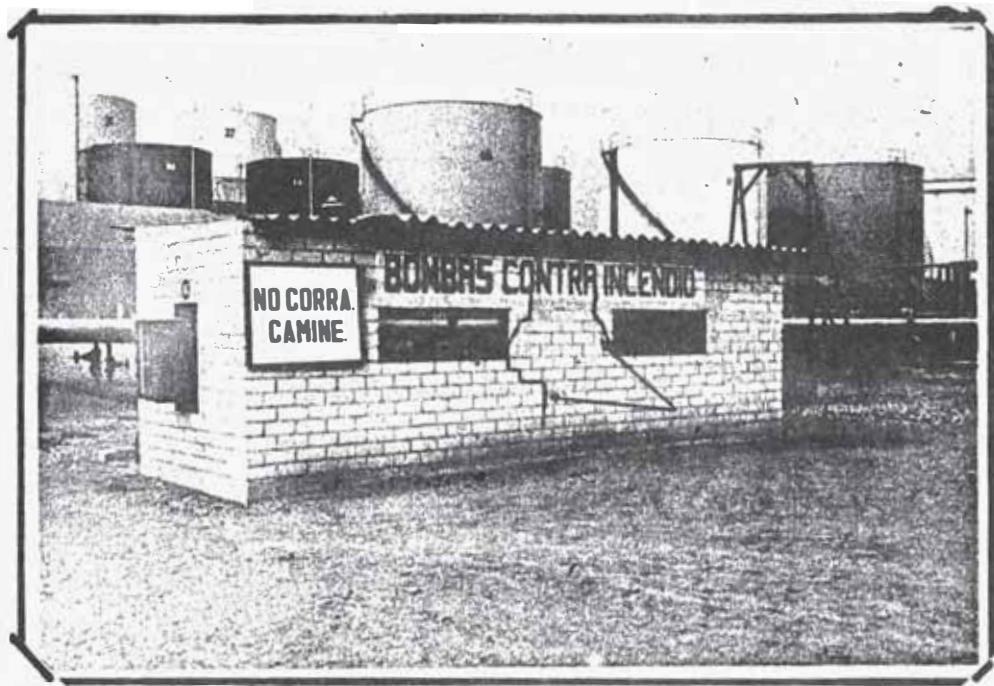
Nótese el estado en que se encuentra la columna de concreto armado que sirve de apoyo a una de las unidades de la Refinería.



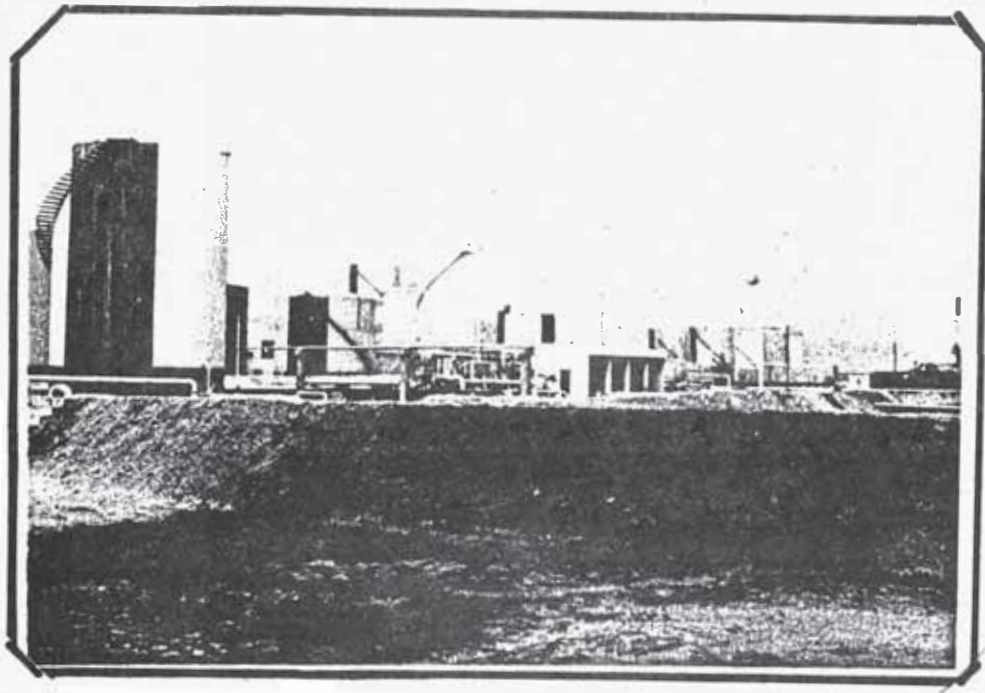
Zona Sur de Tanque de Almacenamiento, se encuentra sobre Afloramientos Rocosos.



Este Tanque, durante el sismo del 74, falló en su base .se.



Caseta de Bombas Contra Incendio, agrietada debido al sismo del 74.



Vista panorámica de los Tanques de Almacenamiento en "Conchán". También se observa la casa de bombas.

CUADRO DE RESUMEN DE LA EVALUACION

CLASIFICACION NOMBRE ESTRUCTURA		Refineria Conchan	Ofi- cinas	Labora- torios	Pta. Calde- ros.
Evaluación sismo-resist.	ALTA NORMAL POBRE DESCONOCIDA		x	x	x
Posible magnitud de daño	LIGERA PARCIAL SEVERA GRAVE		x	x	x
Riesgos Posibles	INCENDIO o EXPLOS. CONTAMINACION DERRUMBE ROTURA DERRAME OTROS		x x	x x x	x x x
Podría Afectar a:	PERSONAL PROPIO INSTALACIONES MATERIAL o RESP. ELABORACION DE PROD. ALMACENAJE " " RESERVA " " DISTRIBUCION" " TERCEROS		x x	x x x x	x x x
Disponibilidad	PLANES DE EMERGENCIA ORG.CONTRA INCENDIO PTA. ELECTRICA PROPIA SIST. DE AGUA PROPIA REQUIERE AYUDA TRANSPORTE TERRESTRE	x x x x 16			

CLASIFICACION NOMBRE ESTRUCTURA		Talle- res y Amace- nes	Pta. Etilo	Unid. de Proce- so.	Pozo de agua
Evaluación sísmo-resist.	ALTA NORMAL POBRE DESCONOCIDA	x	x	x	x
Posible magnitud de daño	LIGERA PARCIAL SEVERA GRAVE	x	x	x	x
Riegos Posibles	INCENDIO o EXPLOS. CONTAMINACION DERRUMBE ROTURA DERRAME OTROS	x	x x x x x	x x x x x	x x
Podría Afectar a:	PERSONAL PROPIO INSTALACIONES MATERIAL o RESP. ELABORACION DE PROD. ALMACENAJE " " RESERVA " " DISTRIBUCION" " TERCEROS	x x x	x x	x x	x x
Disponibilidad	PLANES DE EMERGENCIA ORG.CONTRA INCENDIO PTA.ELECTRICA PROPIA SIST. DE AGUA PROPIA SISTEMA CONJUNTO " REQUIERE AYUDA TRANSPORTE TERRESTRE				

CLASIFICACION NOMBRE ESTRUCTURA		TKS Gaso- lina	TKS Kero- sene	TKS Die- sel	TKS crudo
Evaluación sismo-resist.	ALTA NORMAL POBRE DESCONOCIDA	x	x	x	x
Posible Magnitud de daño	LIGERA PARCIAL SEVERA GRAVE	x	x	x	x
Riesgos posibles	INCENDIO o EXPLOS. CONTAMINACION DERRUMBE ROTURA DERRAME OTROS	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x
Podría Afectar a:	PERSONAL PROPIO INSTALACIONES MATERIAL o RESP. ELEVORACION DE PROD. ALMACENAJE " " RESERVA DISTRIBUCION" " TERCEROS	x x x x x x	x x x x x x	x x x x x x	x x x x x x
Disponibilidad	PLANES DE EMERGENCIA ORG. CONTRA INCENDIO PTA. ELECTRICA PROPIA SIST. DE AGUA PROPIA SIST. CONJUNTO " REQUIERE AYUDA TRANSPORTE TERRESTRE				

CLASIFICACION NOMBRE ESTRUCTURA		TKS Resi- dual	Lfnea Subma rina
Evaluación sismo-resist.	ALTA NORMAL POBRE DESCONOCIDA	x	x
Posible magnitud de daño	LIGERA PARCIAL SEVERA GRAVE		x
Riesgos Posibles	INCENDIO o EXPLOS. CONTAMINACION DERRUMBE ROTURA DERRAME OTROS		x x x x
Podría Afectar a:	PERSONAL PROPIO INSTALACIONES MATERIAL o RESP. ELABORACION DE PROD. ALMACENAJE RESERVA DISTRIBUCION TERCEROS		x x x x x
Disponibilidad	PLANES DE EMERGENCIA ORG.CONTRA INCENDIO PTA.ELECTRICA PROPIA SIST.DE AGUA PROPIA SIST.CONJUNTO " REQUIERE AYUDA TRANSPORTE TERRESTRE		

4.40 PLANTA CALLAO

El problema principal como es en todo el Callao, es el suelo, la napa freática se encuentra a 1.50. de la superficie.

Las oficinas se muestran bien diseñadas.

Los talleres y almacenes son de construcción liviana y sufrirán algunos daños.

TANQUES._

En esta planta, no han ocurrido fallas en los tanques , pero se pueden presentar debido a la poca capacidad portante del suelo.

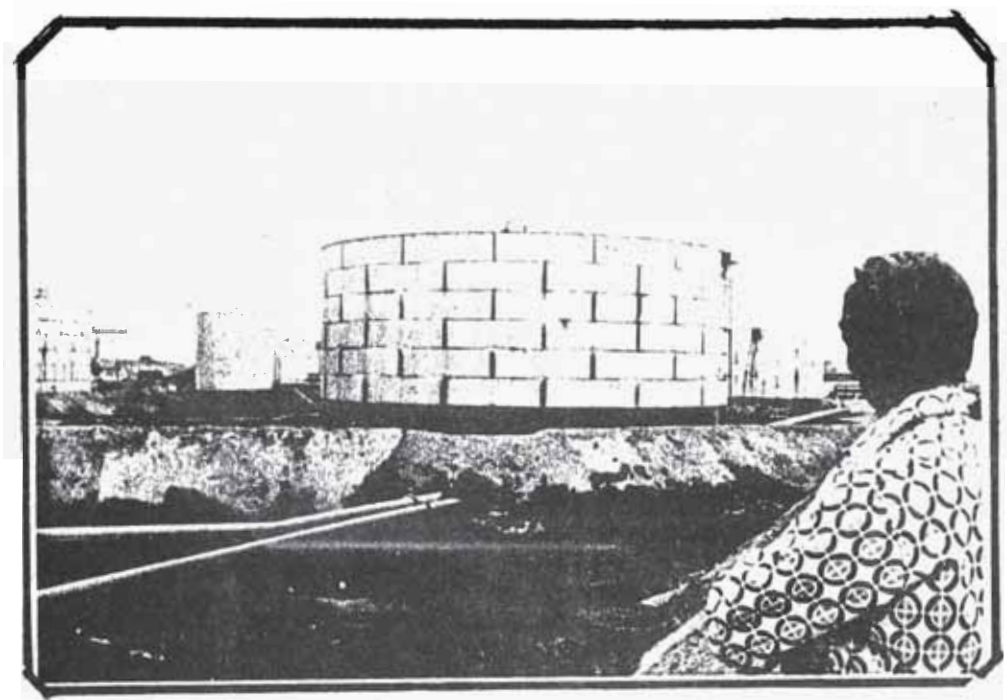
En cuanto a los cercos. Están en mal estado y no tienen columnas de refuerzo, estos fallarán en caso de ocurrir el sismo de la hipótesis.

PLANTA DE LUBRICANTES.-

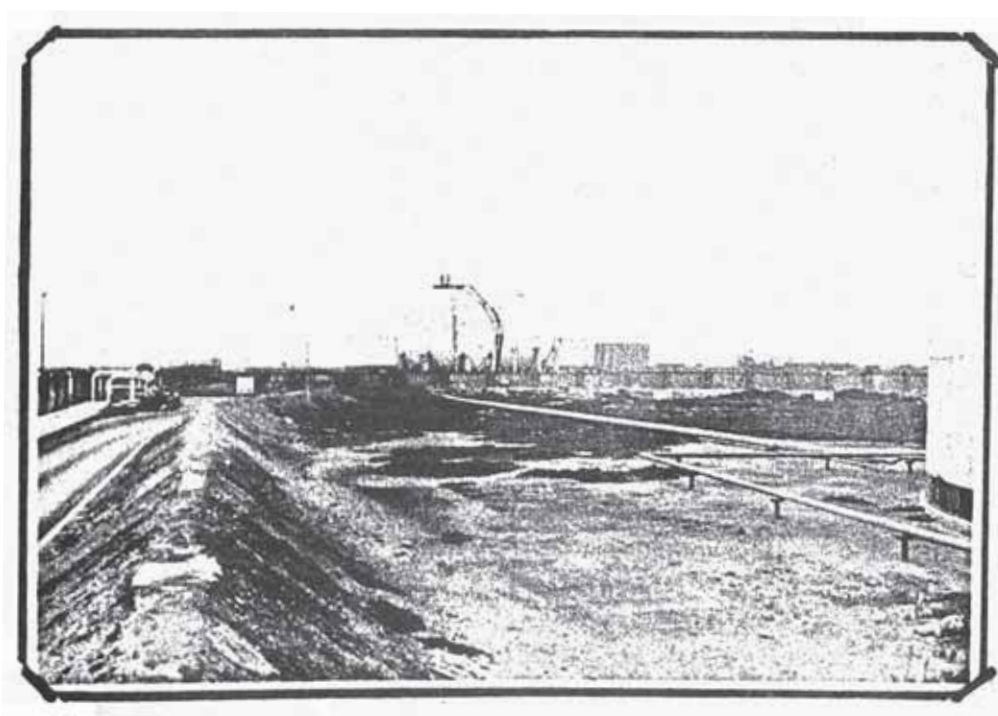
En esta Planta, los daños serán leves ya que es una edificación de acero, tanto el techo como sus columnas.

PLANTA DE PRODUCTOS QUIMICOS.-

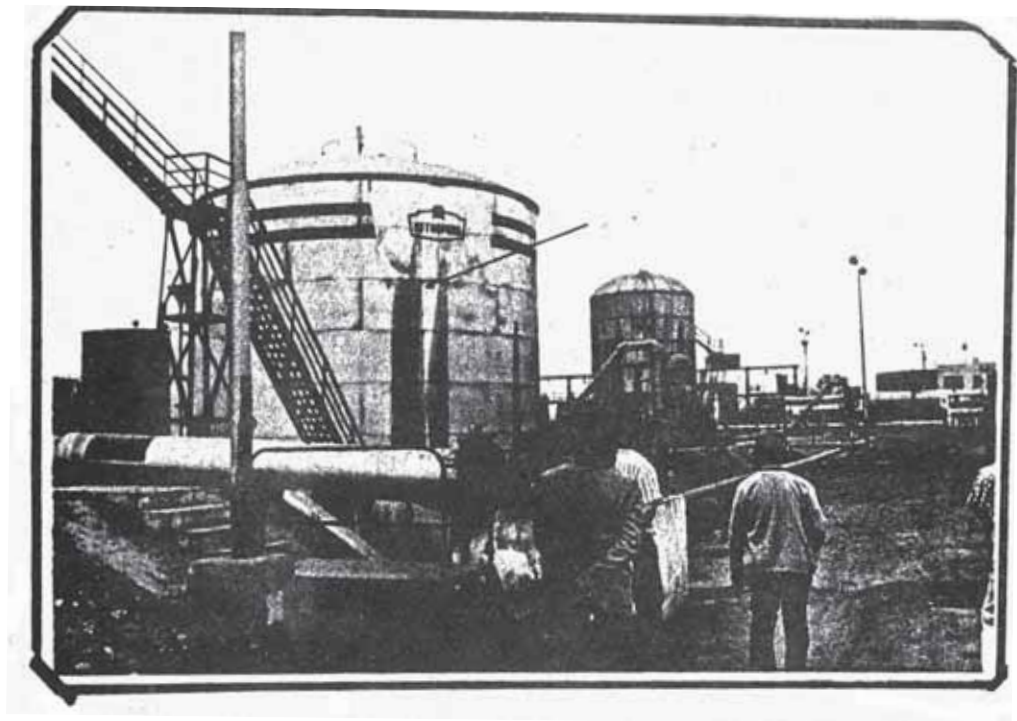
Los muros de contención son de ladrillo y las columnas se encuentran muy distanciadas.



Vista panorámica de un Tanque cilíndrico (remachado)
Nótese que está rodeado por un muro de contención.



Vista panorámica de 2 Tanques esféricos .



Este Tanque ha sufrido oxidación.

CUADRO DE RESUMEN DE LA EVALUACION

CLASIFICACION NOMBRE ESTRUCTURA		Planta Callao	Edif. y Ofic.	Alma- cenes	Talle res.
Evaluación sísmo-resist.	ALTA NORMAL POBRE DESCONOCIDA		x	x	x
Posible magnitud de daño.	LIGERA PARCIAL SEVERA GRAVE		x	x	
Riegos Posibles	INCENDIO o EXPLOS. CONTAMINACION DERRUMBE ROTURA DERRAME OTROS		x x	 x x	 x x
Podría Afectar a:	PERSONAL PROPIO INSTALACIONES MATERIAL o RESP. ELABORACION DE PROD. ALMACENAJE " " RESERVA " " DISTRIBUCION " " TERCEROS		x x x	 x	 x x x
Disponibilidad	PLANES DE EMERGENCIA ORG. CONTRA INCENDIO PTA. CONTRA INCENDIO SIST.ELECTRICA PROPIA SIST. DE AGUA PROPIA SISTEMA CONJUNTO " REQUIERE AYUDA TRANSPORTE TERRESTRE	x x x 14			

CLASIFICACION NOMBRE ESTRUCTURA		ros	pacho		TKS L.P.G.
Evaluación sísmo-resist.	ALTA				x
	NORMAL	x	x	x	
	POBRE				
	DESCONOCIDA				
Posible Magnitud	LIGERA		x		x
	PARCIAL	x		x	
	SEVERA				
	GRAVE				
Riesgos Posibles	INCENDIO o EXPLOS.	x	x	x	x
	CONTAMINACION			x	x
	DERRUMBE	x			
	ROTURA	x	x	x	x
	DERRAME	x	x	x	x
	OTROS				
Podría Afectar a:	PERSONAL PROPIO	x	x	x	x
	INSTALACIONES	x	x	x	x
	MATERIAL o RESP.				
	ELABORACION DE PROD.				
	ALMACENAJE " "	x			
	RESERVA " "	x			
	DISTRIBUCION" "	x	x	x	x
	TERCEROS		x	x	x
Disponibilidad	PLANES DE EMERGENCIA				
	ORG.CONTRA INCENDIO				
	PTA.ELECTRICA PROPIA				
	SIST.DE AGUA PROPIA				
	SIST.CONJUNTO "				
	REQUIERE AYUDA				
	TRANSPORTE TERRESTRE				

CLASIFICACION NOMBRE ESTRUCTURA		TKS Gasolina Ayuda	TKS Gasolina	TKS Turbo Al	TKS Kerosene y otros.
Evaluación sismo-resist.	ALTA NORMAL POBRE DESCONOCIDA	x	x	x	x
Posible magnitud de daño	LIGERA PARCIAL SEVERA GRAVE	x	x	x	x
Riesgos Posibles	INCENDIO O EXPLOS. CONTAMINACION DERRUMBE ROTURA DERRAME OTROS	x x x x x	x x x x x	x x x x x	x x x x x
Podría Afectar a:	PERSONAL PROPIO INSTALACIONES MATERIAL O RESP. ELABORACION DE PROD. ALMACENAJE " " RESERVA " " DISTRIBUCION " " TERCEROS	x x x x x x	x x x x x x	x x x x x x	x x x x x x
Disponibilidad	PLANES DE EMERGENCIA ORG. CONTRA INCENDIO PTA. ELECTRICA PROPIA SIST. DE AGUA PROPIA SIST. CONJUNTO " REQUIERE AYUDA TRANSPORTE TERRESTRE				

CLASIFICACION NOMBRE ESTRUCTURA		PTA. Lubri cant.	Edif.	Labo rato rio	Alma cenes
Evaluación sismo-resist.	ALTA NORMAL POBRE DESCONOCIDA			x	x
Posible magnitud de daño	LIGERA PARCIAL SEVERA GRAVE			x	x
Riegos Posibles	INCENDIO O EXPLOS. CONTAMINACION DERRUMBE ROTURA DERRAME OTROS		x x x x	x x x	x x x
Podría Afectar a:	PERSONAL PROPIO INSTALACIONES MATERIAL o RESP. ELABORACION DE PROD. ALMACENAJE " " RESERVA " " DISTRIBUCION" " TERCEROS		x x x x x	x x	x x x
Disponibilidad	PLANES DE EMERGENCIA ORG. CONTRA INCENDIO PTA.ELECTRICA PROPIA SIST. DE AGUA PROPIA SIST. CONJUNTO " REQUIERE AYUDA TRANSPORTE TERRESTRE	x x x			

4.50 PLANTA AEROPUERTO CALLAO.

De acuerdo a lo expuesto en el capítulo III (3.34), se puede decir lo siguiente:

TANQUES.-

Los tanques horizontales difícilmente fallarán, ya que cuentan con una buena cimentación. En cuanto a los tanques verticales, pueden sufrir algunos daños.

TUBERIAS.-

Las tuberías pueden fallar en las uniones con los tanques, debido a que el desplazamiento de ambos pueden ser diferente

Los soportes de las tuberías no podrán resistir el sismo de la hipótesis.

OFICINAS.-

La construcción es de dos pisos, ha sido bien diseñada, no presenta el problema de columnas cortas. En cuanto al cuarto que sirve como almacén, éste no podrá resistir el sismo. El cerco que limita a la Planta, tampoco resistirá el movimiento sísmico, pudiendo ocasionar daños.

En cuanto al muro de contención en la zona de tanques, éste no es suficiente y no cumple con las normas que existen para este caso y el punto potencialmente más peligroso de esta instalación, que hay que resolver de inmediato.

Por último, si ocurre un incendio, afectaría a los almacenes adyacentes a la planta.

CUADRO DE RESUMEN DE LA EVALUACION

CLASIFICACION NOMBRE ESTRUCTURA		PTA Aerop Callao	Edif. y Ofic.	Equi- pos	TKS y Lfneas
Evaluación sísmo-resist.	ALTA		x	x	x
	NORMAL				
	POBRE				
	DESCONOCIDA				
Posible magnitud de daño	LIGERA		x	x	
	PARCIAL				x
	SEVERA				
	GRAVE				
Riegos posibles	INCENDIO o EXPLOS.				x
	CONTAMINACION				
	DERRUMBE		x	x	x
	ROTURA		x	x	x
	DERRAME			x	x
Podría Afectar a:	OTROS			x	x
	PERSONAL PROPIO		x		
	INSTALACIONES			x	x
	MATERIAL o RESP.				
	ELABORACION DE PROD.				
	ALMACENAJE " "				x
RESERVA " "				x	
DISTRIBUCION" "				x	x
TERCEROS				x	x
Disponibilidad	PLANES DE EMERGENCIA				
	ORG. CONTRA INCENDIO				
	PTA. ELECTRICA PROPIA				
	SIST. DE AGUA PROPIA				
	SIST. CONJUNTO "				
	REQUIERE AYUDA	x			
TRANSPORTE TERRESTRE					

C A P I T U L O V

GRIFOS (ESTACIONES DE SERVICIO)

5.10 UBICACION.

La distribución de combustible a los usuarios en Lima se por intermedio de los Grifos o Estaciones de Servicio, los cuales se encuentran en todos los distritos de la ciudad.

A continuación se presenta una lista de Estaciones de Servicio y Grifos que pertenecen a Petr6leos del Per6.

	Estación de Servicio	Grifos
Ate	3	-
Barranco	2	4
Breña	4	1
Chorrillos	2	1
Comas	3	-
Jesús Marfa	3	8
La Molina	2	-
La Victoria	21	10
Lima	16	18
Lince	4	2
Magdalena	2	1
Miraflores	11	8
Pueblo Libre	5	3
Rímac	6	8

San Isidro	10	1
San Martín de Porres	7	1
San Miguel	6	-
San Luis	2	1
Surco	7	-
Surquillo	5	-
Callao	16	8

5.20 CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO.-

Los grifos tienen diferentes capacidades de almacenamiento que varía de 2,000 a 30,000 galones de combustible; en la siguiente página se muestra un cuadro de capacidad de almacenamiento.

5.30 ESTADO EN QUE SE ENCUENTRAN.-

El mantenimiento de todos los grifos es muy bueno, pero cabe señalar que en algunos de ellos, los estantes son demasiado altos y los tarros de aceite están colocados de tal manera que debido al sismo pueden caerse y ocasionar algunos daños a las personas que se encuentran en la oficina.

CAPACIDADES DE ALMACENAMIENTO EN ESTACIONES DE SERVICIO

PRODUCTOS DISTRITO METROPOLITANO REVENTA

(UNIDADES GALONES)

ZONA N°	GAS. 95	GAS. 84	DIESEL 2	K.Do.	K.Ind.
30	83,726	476,148	158,396	6,000	83,552
31	89,500	269,000	35,500	--	12,000
32	92,370	479,650	122,900	14,500	21,500
33	83,800	335,350	84,300	4,000	32,000
34	111,500	387,000	10,000	--	13,000
35	82,200	456,100	83,200	29,600	28,800
36	52,100	380,774	176,430	24,300	41,900
40	32,700	168,110	32,900	4,000	13,000
41	60,100	114,000	32,000	30,000	4,000
42	32,100	105,800	27,800	24,000	6,000
43	21,100	134,040	--	--	3,000
48	---	---	--	242,250	--

En algunas estaciones de servicio, sus muros no tienen columnas de amarre, otros presentan el problema de columnas cortas".

A continuación se presenta algunas estaciones de servicio que han sufrido daños debido al sismo de 1.974:

ESTACION ABEL ULLOA.-

Sala de Exhibición.- Se presentó rajaduras en el muro del fondo - (se reparó según recomendaciones 1 y 2).

Pared Medianera.- Donde se encuentra la zanja-compresora, es necesario que tenga una columna intermedia ya que es un paño muy largo. (debe tenerse en cuenta la recomendación 3).

Baño del Personal.- Presentó rajaduras superficiales, se cambiaron las mayólicas. (Se reparó según la recomendación 2)

ESTACION ISMAEL VILLENA.-

Zona de oficina, depósito y baño interior, presentaron rajaduras que se trataron de acuerdo a las recomendaciones 1 y 2.

Cafetería.- Fallas típicas de varias construcciones, donde el tabique no estructural por falta de una viga solera u otro elemento que sujete a la estructura, se ha separado.

Zona posterior a la cafetería, rajaduras similares y el muro separado de la columna.

ESTACION DE LA MOLINA.-

En la zona de lavado y engrase, las columnas presentaron rajaduras en sus extremos, siendo las columnas más afectadas donde se encuentran la zanjas (recomendación 4).

También se presentaron rajaduras en los muros de la sala de engrase (recomendación 1 y 2).

Se presentaron pequeñas grietas en diferentes lugares, baños, depósitos, etc. (recomendación 1 y 2)

El cerco perimétrico en el lugar donde se encuentra el servicio de aire, se vino abajo, (recomendación 3).

ESTACION ALFREDO ROMERO CALDERON.-

Sufrió hundimiento de losas por roturas de ductos de regadío, provocando huecos y por ello el hundimiento de las losas, (recomendación 5).

ESTACION ENRIQUE PEREZ.-

En las salas de lavado y engrase se presentaron roturas en las columnas por consecuencia de lo explicado en la recomendación 4.

Una columna sufrió más que las otras por tener el techo de las oficinas pegada a ella, provocando lo explicado en la recomendación 4.

ESTACION CESAR BOTTO.-

Presentó rajaduras en el cerco perimétrico, (recomendación 3).

ESTACION CARLOS RAZURI.-

Las mismas roturas que en La Molina.

En muro perimétrico, reparado según las indicaciones en la recomendación N°3.

En las salas de lavado y engrase, con las recomendaciones N°4

Para reparar estos daños se dieron las siguientes recomendaciones:

RECOMENDACION N° 1.-

Resanes de muros donde las rajaduras han roto el ladrillo y pasa al otro extremo o no.

Es necesario picar de un extremo a otro o llegar un poco más de la grieta.

Preparar una mezcla equivalente a la resistencia a tracción del ladrillo por separar. Si es decochura, aproximadamente a 7 Kg/cm^2 .

Si las rajaduras son en lugares donde se han asentado ladrillos, se prepara una mezcla equivalente a la que está amarrando el ladrillo, esto es, una parte de cemento por 4 de arena y de igual forma, es necesario picar un poco más la grieta. Este mortero debe colocarse mojando las grietas y debe quedar compacto para lograr una buena adherencia.

RECOMENDACION N° 2.-

Estas grietas superficiales sólo es necesario picar hasta llegar al ladrillo y preparar un mortero igual al tarrajeo de una parte de cemento por 4 de arena. Colocar el mortero mojando las grietas.

RECOMENDACION N° 3.-

En los muros que no tienen columnas de amarre, es necesario colocarle columnas de concreto armado de $25 \times 25 \text{ cm.}$, según cada caso hasta distancias no mayores de 5 metros; donde existe columnas de ladrillo es conveniente reemplazarlas por columnas de concreto armado.

RECOMENDACION N° 4.-

En estos casos, es necesario el colocado de estribos separados 5 cm. como máximo.

Es necesario cubrir los espacios con muros hasta el techo en las diferentes zonas, para evitar la formación de columnas cortas y en otras por tener zonas más rígidas unas que otras.

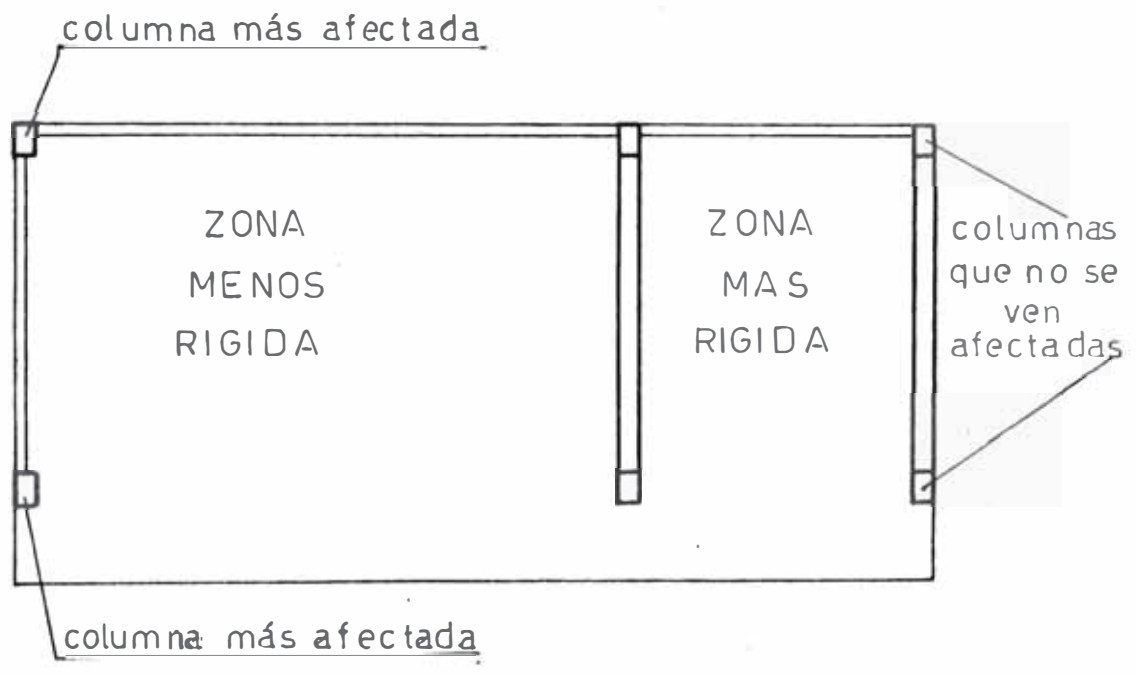
La mayoría de estas roturas se han producido en salas de lavado y engrase, cafeterías, etc., ya sea por tener columnas cortas y en otras por tener zonas más rígidas.

RECOMENDACION N° 5.-

Es necesario excavar hasta una profundidad de 0.60 mts. y luego rellenarlo con material adecuado, debidamente apisonado y luego colocarle el pavimento necesario.

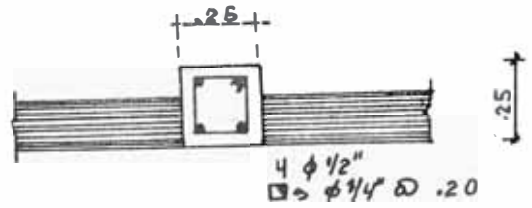
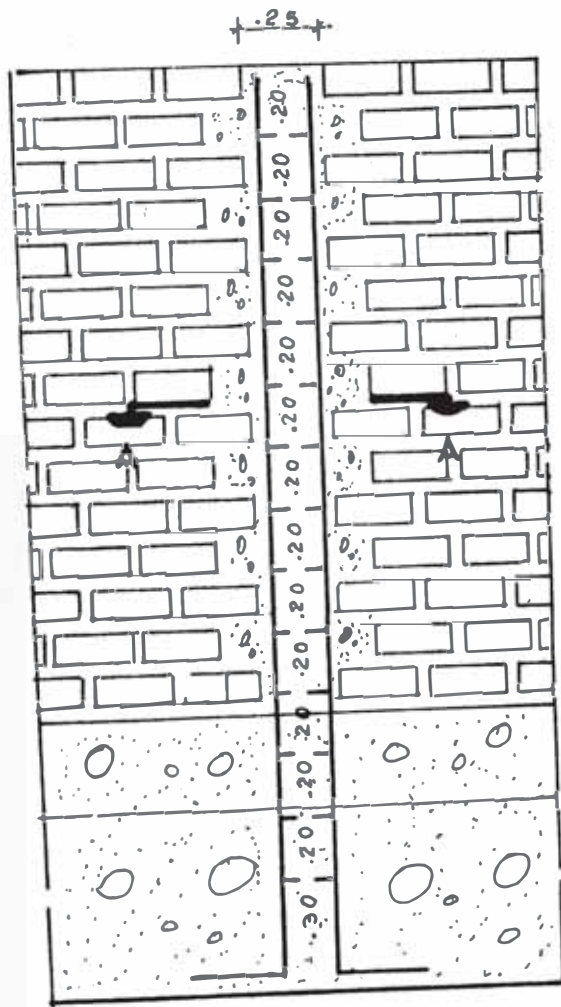
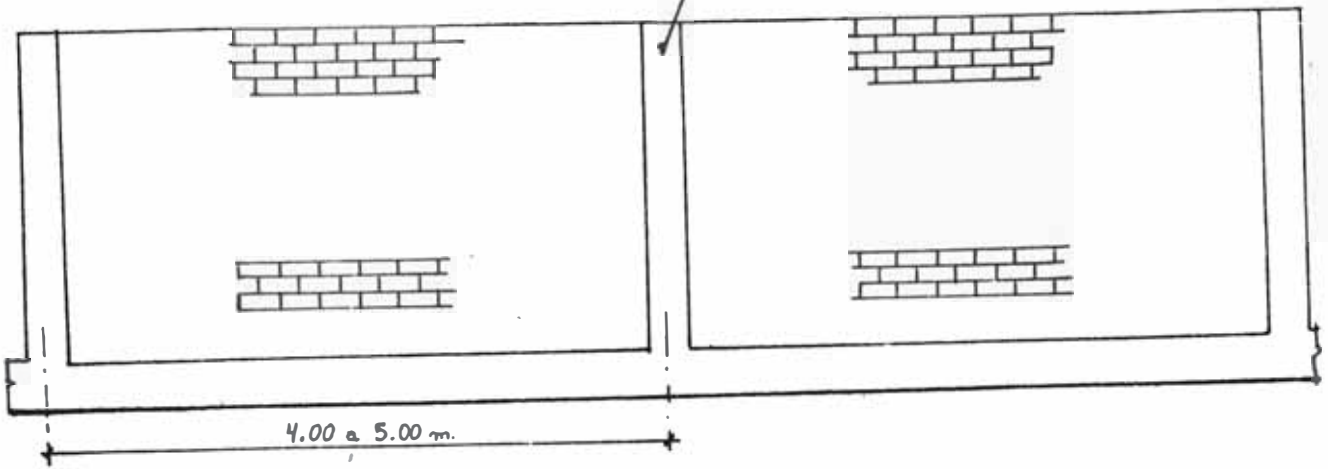
5.40 FACILIDADES DE PREVENCION CONTRA INCENDIO.

Todos los grifos cuentan con extinguidores que se encuentran en buenas condiciones y pueden ser usados en caso de emergencia, el personal que labora, se encuentra capacitado para poder usar estos extinguidores.



ESTACION DE SERVICIO
(vista en planta)

columna de amarre



CORTE A-A

COLUMNA TIPO

EN CUANTO A SEGURIDAD DE LOS LOCALES.-

- Los locales que pueden ser afectados por tsunamis son la Refinería Conchán y la Planta Callao.
- Los locales cuentan con un Departamento de Seguridad, los cuales cumplen una efectiva labor, tienen a su cargo la elaboración de planes de emergencia, la implementación de simulacros de desastres y la seguridad de todo el local.
- El personal se encuentra adecuadamente adiestrado para afrontar desastres.
- Otra de las conclusiones generales es, que todos los cercos se encuentran débilmente arriostados.

A continuación se presentarán las conclusiones para cada local:

LA PAMPILLA.-

Se encuentra ubicada en una buena zona, está bien diseñada, sufrirá daños pero no de gran importancia, pueden producirse daños en las tuberías aéreas así como la energía eléctrica podría interrumpirse temporalmente.

En cuanto a la ampliación, ésta también es segura, siendo la zona menos favorable la parte sur, donde se encuentran los nuevos tanques de almacenamiento

CONCHAN.-

En caso de ocurrir el sismo de la hipótesis, sería la zona más perjudicada, pues además de tener fallas estructurales, puede ser afectada por tsunamis.

- La Planta de Ventas presenta un constante peligro, ya que los tanques no tienen muros de contención adecuados.

PLANTA CALLAO.-

El problema principal es el suelo, la napa freática se encuentra a 1.50 m. de la superficie. No ha ocurrido fallas de tanques anteriormente.

- Cuenta con un buen sistema contra incendio.

PLANTA AEROPUERTO CALLAO:-

El principal problema es que no tiene sistema propio contra incendio. Así como también la deficiencia de sus muros de contención; que hay que resolver de inmediato.

- En cuanto a las estaciones de servicio, algunas fallarán debido a los problemas expuestos (columnas cortas, falta de arriostramiento de muros, etc.).

6.20 RECOMENDACIONES.

Las recomendaciones generales son las siguientes:

- Programarse el apoyo de abastecimiento Terrestre y Marítimo de las Plantas que se encuentran en Provincias para casos de desastres.
- Continuar con los simulacros de emergencia, tal como se vienen realizando.
- Educar a los escolares, principalmente en los colegios que se encuentran cerca de alguna estación de servicio, acerca de la manera de actuar en casos de emergencia.
- Reforzar los muros perimetrales con columnas de concreto armado.

RECOMENDACIONES.-REFINERIA LA PAMPILLA.-

De manera general, la Refinería puede soportar la fuerza sísmica en estudio, pero se darán alguna recomendaciones:

- Debe reforzarse las oficinas del Dpto. de Seguridad.
- Analizar la posibilidad de adquirir un equipo auxiliar de generación eléctrica, debido a que a aumentado su capacidad.
- Realizar un estudio sobre los pórticos que soportan las tuberías aéreas.
- Revisar el diseño de la tubería que cruza el río Chillón.

RECOMENDACIONES.-REFINERIA CONCHAN.-

De todos los locales de almacenamiento y distribución de combustible, éste es el que presenta mayores problemas, incluso está expuesto a los embates de un posible tsunami

Se dan las siguientes recomendaciones:

- Revisar el diseño de las nuevas oficinas de Productos Químicos, debido a que presenta "columnas cortas", los sismos anteriores permiten pronosticar que en esta zona la construcción puede fallar.
- En la casa de fuerza, debe colocarse una viga de amarre en la parte superior del muro. Deben resanarse adecuadamente las fallas ocasionadas por sismos anteriores.
- La caseta donde se encuentran las bombas contra incendio, debe demolerse y construir una nueva convenientemente reforzada.
- La casa de bomba debe resanarse en forma adecuada y confinar una de sus paredes.

Las estructuras que sirven de soporte a las unidades de la refinería en sí, deben repararse adecuadamente y las grietas que aún se observan, deben ser rellenadas con material epóxico.

- Los cercos deben reforzarse con columnas de concreto armado.
- En cuanto a la Planta de Ventas, debe construirse muros de contención, tratando de que el posible combustible que se derrame se dirija hacia el cerro y no a las oficinas.

- En la Planta 28, reconstruir los muros de contención y reforzar los muros perimetrales.

RECOMENDACIONES PLANTA CALLAO.-

- Reforzar los cercos con columnas de concreto armado.
- En la Planta de Productos Químicos, los muros de contención deben de reforzarse con columnas de concreto armado y rellenar los vacíos de estos muros por donde pasan las tuberías.

RECOMENDACIONES PLANTA AEROPUERTO CALLAO.-

TANQUES.-

- Se debe construir de inmediato muros de contención por el gran peligro que presenta.

TUBERIAS.-

- Analizar la unión de las tuberías con los tanques, ya que en esta zona pueden fallar debido a la deficiencia de rigidez.
 - Los soportes de las tuberías aéreas deben reforzarse.
- En cuanto al cuarto que sirve de almacén debe ser convenientemente

temente reparado.

- El cerco perimetral tendrá que reforzarse con columnas de concreto armado.
- Recomendar que en los locales adyacentes se tomen las debidas precauciones.
- Procurar contar con un buen sistema contra incendio.

B I B L I O G R A F I A

- "Earthquake Engineering"
ROBERT WIEGEL
- "Mecánica Aplicada - Dinámica"
HOUSNER Y HUDSON
- "Principios de la Geología y la Geotecnia para Ingenieros"
D. KRYNINE - W. JUDD
- "Conferencia Intergubernamental sobre la Evaluación y Disminución de los Riesgos Sísmicos"
París 10-19 de Febrero de 1,976 - UNESCO
- "Influencia del Suelo en los Daños por Sismo"
ING. ARNALDO CARRILLO GIL
- Apuntes del Curso "Ingeniería Antisísmica"
ING. JULIO KUROIWA HORIUCHI
- "Historia de los Sismos más notables ocurridos en el Perú"
ENRIQUE SELGADO F.
- "American Petroleum Institute" Catálogo.
- "Investigaciones sobre el Terremoto de Ancash del 31 de Mayo de 1,970"
INGS: JULIO KUROIWA H., R. MORALES M., A. SANCHEZ O., E. TEMOCHE,
R. YAMASHIRO.
- "Lima - Daños de sus Edificaciones en el sismo de Octubre de 1.974"
JAVIER PIQUE

- "Daños en Estaciones de Servicio debido al Sismo de 1,974
Recomendaciones"
ING. BRAGAGNINI

TESIS :

- "Estudio Sísmico de las Viviendas en el Distrito del Rímac
bajo la hipótesis de un Sismo Destructor"
RAFAEL PAREDES V.
- "Estudio de los efectos destructores de un Sismo hipotético
de Grado VIII M.M. y las medidas a tomar para minimizarlas"
WALTER PORTUGAL B.
- "Evaluación de los Locales Escolares bajo la hipótesis de un
Sismo Destructor"
GONZALO BRAVO R.
