



2ej. 157

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
.....
FACULTAD DE INGENIERIA

**BASES DE DISEÑO PARA
EL TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DE LA TERMINAL
MARITIMA DOS BOCAS (TAB.)**

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO CIVIL

p r e s e n t a :

MARTIN P. SANTIAGO FALCON

MEXICO, 1981



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

BASES DE DISEÑO PARA EL TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES DE LA TERMINAL
MARITIMA DOS BOCAS (TAB.)

	Pág.
I.- INTRODUCCION.	
Presentación.	1
Descripción General de la Terminal.	2
Etapas de Desarrollo de la Terminal.	7
II.- AGUAS RESIDUALES.	
Aceitosa.	9
Pluvial Aceitosa.	13
De Lastre.	18
Contra Incendio.	20
Residual del Puerto de Abastecimiento.	22
Pluvial.	24
Negras.	24
III.- SISTEMA DE DRENAJES.	
Drenaje Aceitoso.	26
Línea de Desaladoras.	27
Línea de Deslastre.	27
Drenaje Pluvial.	27
Colectores Finales.	27
IV.- TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	
Calidad del Efluente.	29
Agua Aceitosa y Pluvial Aceitosa.	30
Agua de Desaladoras.	35
Agua de Lastre	37
Cárcamo de Bombeo y Emisor Submarino.	40
Tratamiento Secundario.	42

V.-	INSTALACIONES	
	Sistema de Desemulsificante.	44
	Sistema de Aceite Recuperado.	44
	Sistema de Lodos.	45
	Instrumentación Básica.	45
	Subestación Eléctrica y Cuarto de Control.	46
	Protección Contra Incendio.	47
	Facilidades para Operación y Mantenimiento.	47
VI.-	CALCULO DEL PERFIL HIDRAULICO.	
	Fosa de Igualación Agua Aceitosa.	51
	Laguna de Oxidación.	54
VII.-	PROYECTO Y CONSTRUCCION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.	
	Diseño de las Estructuras Hidráulicas.	60
VIII.-	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
	ANEXOS Y PLANOS.	

PRESENTACION.

Esta tesis constituye las Bases de Diseño para el Proyecto de Tratamiento y Disposición de las Aguas Residuales de la Terminal Marítima Dos Bocas, del Estado de Tabasco.

Los criterios básicos de diseño a que se refiere se sustentan en la evaluación de los diversos sistemas de tratamiento desarrollados e implantados por PETROLEOS MEXICANOS para instalaciones similares, así como también de los resultados de los análisis y experiencias técnicas que demuestran su factibilidad.

En estas Bases de Diseño se establecen los lineamientos generales para realizar la Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento a que han de someterse las aguas aceitosas y pluviales aceitosas de la terminal y el agua de lastre de los Buques-Tanque que en el futuro arriven a ésta.

Asimismo, se definen, cuantifican y caracterizan, las múltiples corrientes de aguas residuales a tratar y se determina su disposición final en el mar, mediante un emisor submarino.

La implementación del sistema de tratamiento descrito en esta tesis tiene como objetivo:

- a. Producir un efluente con las características cualitativas que exige el Reglamento vigente para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas, de la SARH en su artículo relativo a "Aguas Costeras".
- b. Evitar los daños socio-económicos que se originen al afectar el equilibrio ecológico de la región y.
- c. Propiciar la recuperación de recursos no renovables impidiendo el desperdicio.

I. INTRODUCCION.

El incremento de las reservas nacionales de crudo marino ha propiciado un crecimiento en la exportación del mismo, y por la imperiosa necesidad del país de abrir nuevas fuentes de crédito monetario para acelerar su desarrollo económico, la dirección de PETROLEOS MEXICANOS decide desarrollar una terminal portuaria para proporcionar todos los servicios de abastecimiento necesarios para el apoyo de las operaciones de PERFORACION, EXPLOTACION Y EXPORTACION en los campos marinos y disponer de las instalaciones adecuadas para la producción, manejo y exportación del crudo.

La magnitud y las características físicas de la terminal determinan la implementación de diversos sistemas para el tratamiento de aguas residuales aceitosas y pluviales aceitosas, así como las aguas de lastre que en el futuro provengan de los buques-tanque para crudo que se recibirán en la terminal.

I.1. DESCRIPCION GENERAL DE LA TERMINAL.

La terminal Marítima Dos Bocas estará integrada por los siguientes sectores principales:

I.1.a Puerto de Abastecimiento.

El Puerto de Abastecimiento será diseñado para suministrar todos los servicios y materiales requeridos para la ejecución de las operaciones en los campos marinos.

El Puerto dispondrá de instalaciones para almacenamiento de diesel, agua industrial, agua potable, ácido clorhídrico, cemento, barita, productos químicos empacados, lubricantes y alimentos. Incluirá también talleres de salva-

mento de equipo de perforación, de máquinas-herramienta, - de soldadura y pintura, así como también áreas de pruebas y almacenamiento de tuberías.

Asimismo, en el Puerto de Abastacimiento se localizarán las Oficinas Administrativas de Perforación y Marina estacionamientos, casetas de control, casa de bombas, guarnición militar, primeros auxilios, gasolinera, subestaciones eléctricas, estación de telecomunicaciones y otros servicios complementarios.

I.I.b Almacenamiento y Manejo de Crudo.

Todo el crudo terrestre que se reciba en la terminal será destinado a la exportación y se almacenará en tanques de techo flotante de 500 000 BBL cada uno; en tanto que para el crudo marino previamente deshidratado, estabilizado y desalado, se utilizarán tanques de techo flotante de --- 200 000 BBL cada uno. Se proyecta que la capacidad de almacenamiento de crudo marino puede incrementarse a futuro, - incorporando tanques adicionales de 500 000 BBL cuando la producción lo demandara.

En esta área se localizarán las estaciones de bom-- beo de crudo a buques-tanque y para envío de crudo marino a Cárdenas, Tabasco o a Pajaritos, Veracruz.

Asimismo se contará con cuartos de control, subestaciones eléctricas y diversos sistemas de medición de crudo.

I.I.c Procesamiento de Crudo.

Las condiciones físicas y químicas en que se recibirá el crudo marino en la Terminal Dos Bocas obligan a un - procesamiento de estabilización y desalado del mismo.

La capacidad de procesamiento está prevista para un total de 1 100 000 BBL por día, misma que se implementará

mediante dos etapas de desarrollo.

En la etapa inicial se instalarán cinco módulos con capacidad unitaria de 100 000 BBL diarios; y en la final se alcanzará el total proyectado, con trenes de procesamiento convenientemente modulados.

11.c.1 Descripción del Proceso.

Al crudo de plataforma, se le dosificarán inhibidores de incrustación y corrosión y un desemulsificante antes de intercambiar calor con el crudo estabilizado que se envía a tanques de almacenamiento como producto final. El crudo adicionado con químicos y precalentado pasará a un separador de tres fases del cual se obtiene un producto con menores cantidades de gas y agua; el gas se enviará a quemadores y el agua aceitosa a tratamiento de efluentes. El crudo del separador se bombeará a la desaladora previo calentamiento con crudo del estabilizador luego de ser tratado con sosa. El agua de lavado que se mezcla con el crudo en la desaladora se precalienta con el agua aceitosa procedente del mismo equipo; esta agua aceitosa de la desaladora se conducirá a tratamiento de efluentes.

El crudo desalado pasará por la sección de radiación de un horno de fuego directo antes de llegar al estabilizador, de donde se bombeará a los tanques de almacenamiento luego de enfriarse con el crudo de llegada a desalado y con el de entrada al separador de tres fases.

En la sección de convección del horno de fuego directo se calentará el agua de lavado.

Al igual que el gas producido en el separador de tres fases, el del estabilizador se enviará a quemadores de campo, hasta en tanto no se alcance una producción de

gas que justifique su recuperación.

I.I.c.2 Instalaciones Complementarias de Proceso.

En el área de proceso se tendrán provisiones para -- la futura recompresión del gas procedente de plataformas.

Se dispondrá también, de cuartos de control, subestaciones eléctricas, casas de bombas y de todas las instalaciones accesorias correspondientes.

En un área físicamente distinta, aunque considerada como parte del proceso, se ha previsto la instalación de un quemador elevado y otro de fosa para el manejo de desfogues.

I.I.d Monoboyas y Líneas Submarinas.

Para la carga de crudo a buques-tanque, se instalará una monoboya diseñada para recibir barcos de 250 000 -- TPM. Esta monoboya dispondrá de una línea submarina de 48 pulgadas de diámetro para carga de crudo a razón de 60 -- MBPH.

A nivel de proyecto futuro se está considerando una segunda monoboya, la cual se conectaría con la terminal mediante tres líneas submarinas; dos para carga de crudo a un régimen de 60 MBPH y una para descarga del agua de mar con la que generalmente se lastran los buques-tanque cuando navegan vacíos.

Las boyas se instalarán aproximadamente a 12 y 20 -- Kms. de la orilla de la playa respectivamente, a fin de garantizar suficiente fondaje a los buques de gran calado -- que llegarán a cargar a ese lugar.

I.I.e Servicios Auxiliares.

El área de servicios auxiliares estará constituida inicialmente por tres turbogeneradores duales, un sistema de compresión para aire de instrumentos y de servicios, - tanques de almacenamiento y equipos de tratamiento de --- agua industrial y potable, así como también tanques de al macenamiento y equipos para centrifugación de diesel, ade más de todas las instalaciones complementarias como son - cuartos de control, casa de bombas, subestaciones eléctri cas, etc.

Se preve que el área de servicios auxiliares po-- dría ampliarse a futuro, de acuerdo con los requerimien-- tos de expansión de la terminal.

I.I.f Tratamiento de Efluentes.

Para que los desechos líquidos originados en la ter minal no constituyan una fuente de contaminación ambiental los drenajes de agua aceitosa y pluvial aceitosa, las --- aguas negras y el agua de lastre futura, serán objeto de - un tratamiento adecuado que considere sus gastos y caracte rísticas particulares, así como también el punto de dispo sición final de las aguas tratadas.

Por ser el tema de estas bases de diseño, la descrip ción de los sistemas de recolección, conducción y tratamien to de efluentes se detalla en el capítulo correspondiente.

I.I.g Edificios de Servicios y Oficinas.

En forma independiente a las instalaciones del puer to de abastecimiento y para el servicio propio de la Termi nal de Manejo y Almacenamiento de Crudo, en esta área se -

localizarán las Oficinas Administrativas de Comercio Exterior y Explotación, además de baños y vestidores para personal de operación, talleres de mantenimiento, almacenes, laboratorios de control de calidad, servicio médico, gasolinera, estación de bomberos y casetas de control y guarnición militar.

1.2. ETAPAS DE DESARROLLO DE LA TERMINAL.

Para efectos de dimensionamiento del Sistema de Tratamiento de Efluentes a que las presentes Bases de Diseño se refieren, se distinguirán dos etapas de desarrollo de la Terminal Marítima Dos Bocas que comprenden las siguientes instalaciones:

1.2.a Primera Etapa.

- Puerto de Abastecimiento.
- Ocho tanques de crudo para 500 000 BBL.
- Seis tanques de crudo para 200 000 BBL.
- Trenes de procesamiento para 500 000 BBL de crudo/dfa.
- Una boya para buques-tanque de 250 MTPM.
- Servicios Auxiliares.
- Edificios de Servicio y Oficinas.
- Primera fase del tratamiento de Efluentes.

1.2.b Segunda Etapa.

Únicamente con el propósito de estimar los requerimientos futuros del sistema de tratamiento de aguas residuales, se considerarán las siguientes instalaciones complementarias a las de la primera etapa:

- Una boya para buques-tanque de 150 MTPM
- Siete tanques de crudo para 500 000 BBL.

- Trenes de procesamiento para 600 000 BBL de crudo/ día.
- Un sistema de recuperación y recompresión de gas natural.
- Ampliación de Servicios Auxiliares.
- Segunda fase de tratamiento de Efluentes.

II. AGUAS RESIDUALES.

II.I AGUA ACEITOSA.

Se definen como aguas residuales aceitosas las provenientes de:

- II.I.a Purgas de Tanques de Almacenamiento.
- II.I.b Drenes, Fugas y Agua de Sello en Bombas.
- II.I.c Desaladoras.

II.I.a Purgas de Tanques.

Debido a que en la terminal la cantidad de crudo por exportar será de 1, 100 000 BPD o mayor, para diseño se establecerá que habrán de purgarse diariamente cuatro tanques de 500 MB cada uno, considerando que el contenido de agua en el crudo almacenado representa un máximo de 0.5%.

Por lo anterior, el volúmen diario total por purgas será:

$$(0.005) (4 \text{ Tqs.}) (0.5 \times 10^6 \text{ BBL/Tq.}) (0.159 \text{ M}^3/\text{BBL}) = 1590 \text{ M}^3.$$

$$1590 \text{ M}^3 = 10 \text{ 000 BBL} = 420 \text{ 000 GAL.}$$

$$\text{O sean: } 2 \text{ 500 BBL/Tq.}$$

El gasto máximo instantáneo que se enviará a tratamiento será el siguiente:

Para cada tanque de 500 MB:

No. de boquillas para purga = 6

No. de boquillas a usar durante purga = 1

Diámetro de boquilla = 4 pulgadas.

Velocidad en boquilla:

$$v = 0.5 \sqrt{2gh} ;$$

0.5 = Coeficiente de descarga por orificio.

$$g = 9.82 \text{ M/seg}^2$$

h = Columna de líquido en tanque = 14 m.

$$v = 0.5 \sqrt{2 \times 9.82 \times 14} = 8.3 \text{ m/seg} = 27.2 \text{ pie/seg.}$$

Gasto máximo instantáneo:

$$Q_{mi} = VA = 27.2 \left(\frac{\pi}{4} \right) (4^2 / 144) = 2.37 \text{ pie}^3/\text{seg.}$$

$$Q_{mi} = 2.37 \text{ pie}^3/\text{seg} = 67.12 \text{ l /seg} = 1\,064 \text{ gpm.}$$

$$Q_{mi} \text{ por 4 tanques} = 268.5 \text{ l /seg} = 4\,256 \text{ gpm.}$$

El tiempo de purga correspondiente al gasto máximo instantáneo será:

$$\theta = V/Q = 1\,590\,000 \text{ lts}/268.5 \text{ l /seg.}$$

$$\theta = 5\,922 \text{ seg} = 98.7 \text{ min} = 1.645 \text{ horas}$$

Calidad del agua de purgas:

Aceite = 3 000 -- 10 000 ppm.

Sulfuros = 25 ppm (promedio)

Fenoles = 25 ppm (promedio)

Sólidos Suspendidos = 1 000 -- 2 000 ppm.

El agua de purgas se captará en una tubería de acero, situada en el perímetro de cada tanque y por ésta se conducirá hasta un colector aceitoso localizado fuera de los diques.

11.1.b Drenes, Fugas y Agua de Sello.

Incluyen el agua residual aceitosa debido a purgas y fugas en los equipos de proceso, casa de bombas y drenaje de talleres; así como también el gasto eventual de agua de limpieza de áreas contaminadas. Sus aportes representan aproximadamente 1 300 GPM, para la primera etapa y 1 200 GPM adicional para la segunda etapa.

Gasto total de diseño en la planta de tratamiento -
para los flujos anteriores:

$$1\ 300 + 1\ 200 = 2\ 500\ \text{GPM}$$

$$2\ 500 + 500\ (\text{reserva}) = 3\ 000\ \text{GPM}$$

Calidad del agua residual de drenes, fugas y aguas
de sellos.

Aceite	=	50 ppm (promedio)
Sulfuros	=	2 ppm (promedio)
Fenoles	=	5 ppm (máximo)
Sólidos Suspendidos	=	120 ppm (promedio)
Salinidad	=	500 ppm (promedio)
DBO ₅	=	75-100 ppm
DQO	=	200-300 ppm

El agua aceitosa a que este inciso se refiere, se -
conducirá a la planta de tratamiento de efluentes por el -
colector de agua aceitosa descrito en el capítulo III.

II.1. c Agua de Desaladoras.

El agua de desaladoras es el residuo líquido resul-
tante del proceso de eliminación de sales al que se somete-
rá el crudo marino en la terminal.

De acuerdo con el diseño del proceso, la operación
de desalado ocurre simultáneamente con la deshidratación -
del crudo.

Debido a lo anterior, el gasto total del agua de de-
saladoras estará integrado por la suma de los gastos de --
agua de lavado y de agua extraída del crudo.

Gasto de Agua de Desaladoras.

Premisas de Cálculo.

El gasto de agua de desaladoras equivale al 5% de la cantidad de crudo procesado, según el diagrama de balance respectivo.

Para el diseño de los equipos de procesamiento, se consideró que el contenido máximo inicial de agua en el crudo a procesar es de 3%.

La concentración final de agua en el crudo procesado será de 0.05%, de acuerdo con el diseño del proceso.

Gasto 1a. Etapa:

$$Q = (0.050 + .03 - 0.0005) (500\ 000\ \text{BBL/dfa})$$

$$Q = 39\ 750\ \text{BPD} = 1\ 160\ \text{GPM}$$

Gasto 2a. Etapa:

$$G = (0.050 + 0.03 - 0.0005) (600\ 000\ \text{BBL/dfa})$$

$$Q = 47\ 700\ \text{BPD} = 1\ 391\ \text{GPM}$$

Gasto total de diseño en la planta de tratamiento de efluentes, para el agua de desaladoras:

$$1\ 160 + 1\ 391 + 500\ (\text{reserva}) = 3\ 000\ \text{GPM}$$

Calidad considerada para el agua de desaladoras:

Aceite	=	50 -	250 ppm
Sulfuros	=		25 ppm (promedio)
Fenoles	=		20 ppm (promedio)
Sólidos Suspendidos	=	200 -	400 ppm
Salinidad	=	5 000 -	20 000 ppm
DBO ₅	=		300 ppm (promedio)
DQO	=		800 ppm (promedio)

El agua de desaladoras se enviará a tratamiento de efluentes por una línea de conducción presurizada.

II.2 AGUA PLUVIAL ACEITOSA.

Se define como agua pluvial aceitosa la originada - por la precipitación pluvial sobre:

II.2.a Techos flotantes de tanques de almacenamiento de crudo.

II.2.b Interior de diques de tanques de almacenamiento - (emergencia).

II.3.c Area de proceso y área de servicios auxiliares.

II.2.a Techos Flotantes de Tanques de Almacenamiento de - Crudo.

Las características constructivas y de funcionamiento de los techos flotantes propician que la precipitación pluvial sobre éstos se contamine con el petróleo crudo almacenado en el tanque; en consecuencia, el volúmen captado deberá enviarse a la planta de tratamiento de efluentes.

Volúmen de agua pluvial aceitosa de techos flotantes.

Premisas de Cálculo:

Duración de tormenta = 48 horas (anexos 3 y 4)

Intensidad de tormenta I = variable (anexos 3 y 4)

Periodo de Retorno = 25 años (anexos 3 y 4)

Coefficiente de escurrimiento C = 1

Area de la sección transversal del tanque de:

500 MB

$$A = 5\ 675\ M^2 = 0.5675\ Has.$$

200 MB

$$A = 2\ 366\ M^2 = 0.2366\ Has.$$

$$Q = (2.78) (C) (I) (A)$$

Volúmen total de agua pluvial de techos flotantes que se -
enviará a tratamiento:

1a. Etapa:

8 tanques de 500 MB

6 tanques de 200 MB

$$V_1 = 14\ 342\ M^3$$

(Ver anexo 4)

2a. Etapa.

7 tanques de 500 MB

$$V_2 = 9\ 671\ M^3$$

(Ver anexo 4)

Calidad considerada para el agua residual de techos flotantes:

Aceite = 200 - 400 ppm

Sólidos Suspendidos = 100 - 200 ppm

El agua de la precipitación pluvial sobre techos flotantes no se descargará en el interior de los diques sino que será captada en la misma tubería perimetral de cada tanque en la que se reciben las purgas y, al igual que éstos, se conducirá hasta el drenaje aceitosa localizado fuera - del dique.

II.2.b Diques de Tanque de Almacenamiento.

El agua pluvial precipitada en el interior de los diques de los tanques de almacenamiento de crudo se descargará normalmente al drenaje pluvial; sin embargo, considerando la posibilidad de derrames y presencia de aceite en el interior de los diques, la descarga de éstos se deberá interconectar al drenaje aceitoso para su ocasional envío hacia la planta de tratamiento de efluentes.

Gastos de Agua de Diques.

Premisas de Cálculo:

Para efectos de cálculo del gasto hacia la planta de tratamiento, sólo se tomará en cuenta, en caso de una eventual situación de emergencia, un dique de un tanque de almacenamiento de crudo de 500 MBBL por ser el determinante.

Tiempo de retención del agua pluvial en el dique
= 48 Hs.

Lámina máxima de agua pluvial acumulada en 48 hs.
= 24 cm.

(Ver anexo 3)

Período en que se descarga el agua de un dique
= 24 hs.

(Ver anexo 5)

No se considerarán significativos los aportes de la precipitación pluvial sobre diques de tanques de diesel de servicios auxiliares; no obstante, el manejo del agua residual en estos últimos se hará en la misma forma que los anteriores.

La superficie efectiva de contención en los diques

excluye el área de la sección transversal de los tanques, ya que la precipitación pluvial sobre techos flotantes se manejará de manera independiente.

Cálculos para un dique: (tanque de 500 MBBL)

Longitud por lado, a la base del talud	=	241 M
Area sección transversal del tanque	=	5 675 M ²
Area interior total del dique	=	58 081 M ²
Area efectiva de contención	58 081 - 5 675	= 52 406 M ²
Volúmen de agua acumulada:		
V = (52 406 M ²) (0.24 M)	=	12 577 M ³
Gasto de descarga en 24 horas		
(12 577 M ³) / (24 x 3.6) = 146 lps	=	2 314 GPM

Calidad del agua residual de diques de tanques de crudo:

Aceite	=	150 ppm (máximo)
Sólidos Suspendidos	=	220 ppm "
Fenoles	=	5 ppm "
Sulfuros	=	5 ppm "

El agua pluvial del interior de diques se descargará normalmente al drenaje pluvial mediante regulación en - 24 hrs.

Cuando en situación de emergencia el agua de precipitación pluvial en el interior de un dique resulte contaminada, la descarga se interconectará al drenaje aceitoso para conducirse hacia la planta de tratamiento de efluentes, mediante dosificadores en 24 horas.

El agua pluvial aceitosa de los diques de tanques - de almacenamiento de diesel en servicios auxiliares, deberá descargarse también al drenaje aceitoso de dicha área.

II.2.c. Areas de Proceso y Servicios Auxiliares.

Debido a que el agua pluvial que se precipita sobre las áreas de proceso y servicios auxiliares es susceptible de contaminación por tratarse de zonas en las que hay operación y mantenimiento intensivos, además de manejo de crudo, diesel, lubricantes y productos químicos, los sectores contaminantes deberán delimitarse u confinarse con sardineles a efecto de disminuir las aportaciones totales a la planta de tratamiento de efluentes.

Como lineamientos generales, se establecen como sectores contaminantes los siguientes:

Area inferior de cambiadores de calor.

Desaladores.

Casa de Bombas.

Calentadores de Fuego Directo.

Separadores.

Estabilizadores.

Turbogeneradores.

Tanques de Diesel.

La precipitación pluvial colectada en el exterior de los sardineles estará libre de contaminación y se captará en el drenaje pluvial para conducirse a la dársena.

Gasto de Agua Pluvial Aceitosa.

Premisas de Cálculo:

Duración de tormenta = 48 horas

(Ver anexos 3 y 4)

Periodo de retorno = 25 años

(Ver anexo 3)

Coefficiente de escurrimiento C = 0.9

(Piso de concreto)

Area de proceso:

Superficie total = 6.5. Has.
Superficie total contaminante = 1.9 Has.
Superficie total de Areas Contaminantes $1.9 + 1.6 = 3.5$ Ha

En estas áreas, aunque se han previsto espacios para instalaciones futuras, desde la 1a. Etapa, se drenará instantáneamente el agua pluvial aceitosa de toda la superficie indicada, de ahí que no se considere ningún volumen adicional a futuro.

Calidad considerada para el agua residual por precipitación pluvial sobre las áreas de Proceso y Servicios -- Auxiliares:

Aceite	=	50 ppm (promedio)
Sulfuros	=	2 ppm (promedio)
Fenoles	=	5 ppm (máximo)
Sólidos Suspendidos	=	120 ppm (promedio)
Salinidad	=	500 ppm (promedio)
DBO ₅	=	75-100 ppm
DQO	=	200-300 ppm

El agua pluvial aceitosa de estas áreas se conducirá a la planta de tratamiento por el drenaje aceitoso correspondiente.

II.3 AGUA DE LASTRE.

Es el agua de mar que generalmente toman los buques tanque para conservar su estabilidad cuando navegan vacíos.

Los barcos que pudieran atracar en la futura boya - No. 2 para carga de crudo, o en las instalaciones petrole-

ras equivalentes actualmente en estudio, descargarán el --
agua de lastre con sus propias bombas a través de una lí--
nea que la conducirá hasta la Planta de Tratamiento.

II.3.a BOYA No. 1

Será diseñada para recibir buques-tanque de hasta -
250 000 TPM y no dispondrá de instalaciones para manejo de
agua de lastre.

II.3. b BOYA No. 2

A nivel de proyecto futuro se está considerando una
segunda boya que se diseñará para el servicio a buques-tan-
que de hasta 150 000 TPM.

En virtud de que actualmente se encuentra en estu--
dio el desarrollo de unos muelles petroleros que eventual-
mente suplirán a la Boya No. 2, las instalaciones para ma-
nejo de agua de lastre en la planta de tratamiento de Dos
Bocas, deberán proyectarse desde ahora, conforme a las --
muelles petroleros.

Porcentaje volumétrico de lastre con respecto a la
capacidad total de carga de crudo - 25%
Densidad relativa del crudo = 0.934
Cada TPM equivale a 6.7 barriles de agua.
Tiempo de deslastre = 4 horas (Ver anexo No. 6)

Cálculos:

Volúmen de agua de lastre Boya No. 2.

$$V = (150\ 000) (6.7) (0.25) = 251\ 250\ \text{BBL}$$

Gasto de agua de lastre a tratamiento.

$$Q = (251\ 250\ \text{BBL}) / (4\ \text{horas})$$

$Q = 62\ 812\ \text{BBL}/\text{Hr} = 43\ 968\ \text{GPM} = 9\ 986\ \text{M}^3/\text{hr}.$

Calidad considerada para el agua de lastre:

Aceite	=	3 - 4%
Sólidos Suspendidos	=	100 - 500 ppm
DBO ₅	=	150 - 300 ppm
DQC	=	400 - 800 ppm

II.4 AGUA CONTRA INCENDIO.

El sistema de agua contra incendio será especificado para satisfacer ampliamente los requerimientos de agua que determinen las unidades de riego por incendio.

El diseño de este sistema preve la utilización de aguas de mar y la instalación de equipos de bombeo con capacidad total de diseño para 10 000 GPM.

El agua residual generada durante el combate de fuego deberá desalojarse del área incendiada tan pronto como sea posible para impedir la formación de cualquier lámina o acumulación peligrosa.

Por su naturaleza, el agua residual contra incendio aplicada directamente a equipos o tanques deberá conducirse a la planta de tratamiento antes de su disposición final.

Debido a lo anterior, es preciso:

- Calcular los gastos máximos de agua contra incendio a drenar de los diques, para establecer cuál será el dato de diseño de los drenajes, si el gasto de agua contra incendio ó el de agua pluvial de diques.

Gastos de agua contra incendio en tanques de almacenamiento: (se consideran sólo los de 500 MB, por ser los -

máximos).

CONCEPTO	Gasto/Tanque 500 MB GPM
(1) Espuma (gasto no aditivo)	256
(2) Enfriamiento	3834
(3) Cortina Protectora	2500
Gasto total por tanque (conceptos 2 + 3)	6334

Gastos comparativos por tanque:

Agua contra incendio	6334 GPM
Agua pluvial aceitosa (eventual)	2314 GPM

Gastos para diseño de drenajes de diques (por cada tanque):

Tanques de 500 MB 6334 GPM = 400 lps

- Calcular el gasto máximo de agua contra incendio esperado en la planta de tratamiento, a fin de comprobar si el cárcamo regulador de que dispondrá ésta, tiene capacidad suficiente para contener el volúmen respectivo.

Premisas de Cálculo:

El gasto máximo instantáneo de agua contra incendio, es el correspondiente a un tanque de 500 000 BBL.

Gasto total de agua contra incendio = 6 334 GPM.

Capacidad del cárcamo regulador = 24 000 M³

(Ver anexo 5)

Sistema de bombeo del cárcamo regulador hacia tratamiento:

En operación, a una capacidad de 3 000 GPM.

Duración del siniestro = 24 Hrs.

Cálculos:

Tiempo de almacenamiento de agua residual contra incendio en cárcamo regulador.

$$Q = 6\ 334 \text{ GPM} = 1\ 440 \text{ M}^3/\text{hr.}$$

$$V_c = 24\ 000 \text{ M}^3$$

Volúmen requerido para regulación = $18\ 231 \text{ M}^3$.

(Durante 24 hrs. de siniestro y con un régimen de bombeo en el cárcamo, de 3 000 GPM).

θ Máximo de retención = 32 Hrs. (ver anexo 7).

En consecuencia, se demuestra que el cárcamo tiene capacidad suficiente para contener el agua residual contra incendio hasta por 32 horas cuando se produce el gasto máximo de agua contra incendio aplicada a un tanque de 500 - 000 BBL.

Calidad considerada para el agua residual contra incendio.

En virtud de que a la red contra incendio se bombea exclusivamente agua de mar, las aguas residuales que se originen durante el combate de un siniestro, tendrán características semejantes a las del agua de lastre:

Aceite	=	3 - 4%
Sólidos Suspendidos	=	100 - 500 ppm
DBO ₅	=	150 - 300 ppm
DOO	=	400 - 800 ppm

II.5 AGUA RESIDUAL DEL PUERTO DE ABASTECIMIENTO.

Para efectos de diseño, las aguas residuales del Puerto de Abastecimiento se clasificarán como sigue:

II.5.a Aceitosa.

II.5.b. Pluvial Aceitosa.

II.5.c Con Sólidos.

II.5.a Aceitosa.

Es la que se produce durante la operación, mantenimiento y limpieza de los equipos de talleres y la captada en los registros recolectores que se localizarán en cada estación de carga.

Aunque estas aportaciones no son cuantitativamente significativas, deberán colectarse en un cárcamo de bombeo para ser enviado.

II.5.b Pluvial Aceitosa.

Están constituidas por las purgas eventuales en los tanques de almacenamiento de diesel y por el agua residual de la precipitación pluvial dentro de sus diques; se colectarán en el mismo cárcamo de bombeo del agua aceitosa.

El gasto de diseño para las bombas de achique será el resultante de desalojar en 24 horas el volumen acumulado en los diques después de un periodo de tormenta de 48 horas (lámina de 24 cm.)

II.5.c Con Sólidos.

El agua para limpieza y la precipitación pluvial sobre las áreas de manejo de cemento y barita se contaminan con sólidos suspendidos.

Su recolección deberá hacerse en una trinchera perimetral que las conduzca hasta un registro desarenador, cu-

yá salida se conectará con el drenaje pluvial del puerto.

Los sólidos sedimentados en la sección de desarenado de dicho registro, se extraerán periódicamente con una bomba portátil de desasolve y se transportarán en un camión hacia las instalaciones para lodos de la planta de tratamiento.

El agua para limpieza, la precipitación pluvial y los derrames en la zona para carga y descarga de tanques de ácido clorhídrico, deberán colectarse en una fosa de neutralización que contenga terracería de mármol, antes de descargarse al drenaje pluvial del puerto.

II.6 AGUA PLUVIAL.

En esta clasificación queda comprendida la precipitación pluvial sobre áreas no contaminadas; a saber;

Calles y Banquetas.

Almacenes.

Edificios.

Estacionamientos.

Camellones.

Áreas exteriores no incluidas en la definición de "Agua Aceitosa" y "Pluvial Aceitosa".

Como estas aguas están exentas de contaminantes, no serán objeto de tratamiento alguno y se conducirán directamente por un colector pluvial hacia la dársena del puerto.

II.7 AGUAS NEGRAS.

El agua residual de usos sanitarios en baños y ves-

tidores, comedores, edificios administrativos, cuartos de control, talleres, etc., será descargada a las fosas sépticas que habrán de instalarse en la terminal, antes de conectarse en el drenaje pluvial.

Para la construcción de las fosas sépticas deberán hacerse las consideraciones de diseño adecuadas para prevenir la contaminación del agua freática.

De requerirse por reglamentación algún sistema complementario para el control bacteriológico del efluente de fosas sépticas, durante el desarrollo de la Ingeniería de detalle deberá estudiarse e implementarse el equipo básico conveniente.

III. SISTEMA DE DRENAJES.

III.1. DRENAJE ACEITOSO. Ver Anexo No. 1

Colectará y conducirá hacia el cárcamo de bombas -- elevadas de la planta de tratamiento de efluentes, o hacia el cárcamo regulador de ésta, si el gasto de demasías así lo determina, las aportaciones del agua aceitosa y pluvial aceitosa definidas en los incisos, II.1.a, II.1.b, II.2, - II.4 y II.5 como se indica subsecuentemente:

III.1.a. Agua Aceitosa.

- Drenajes de los techos flotantes de tanques para almacenamiento de crudo.
- Purgas de tanques de almacenamiento de crudo.
- Drenes, fugas y aguas de sello en bombas.
- Agua contra incendio (emergencia)

III.1.b. Agua Pluvial Aceitosa.

- Areas interiores de los sardineles de Proceso y - Servicios Auxiliares.
- Interior de diques de tanques de almacenamiento, según las condiciones indicadas en el inciso II.2. b.

De acuerdo con las consideraciones del inciso II.5 en el Puerto de Abastecimiento no será necesario el drenaje aceitoso general, sino únicamente colectores particulares concurrentes a un cárcamo de bombeo y una línea presurizada de conducción hacia el drenaje aceitoso del patio - de tanques de almacenamiento de crudo.

III.2. LINEA DE DESALADORAS.

El agua de desaladoras se conducirá a presión hacia la planta de tratamiento de efluentes a través de una tubería independiente de acero.

III.3 LINEA DE DESLASTRE. BOYA No. 2 (FUTURA).

Los buques-tanque que pudieran atracar en la futura Boya No. 2, o en las instalaciones petroleras equivalentes, actualmente en estudio, descargarán el agua de lastre con sus propias bombas, a través de una tubería de acero que la conducirá hacia los tanques receptores tipo API de la planta de tratamiento.

III.4. DRENAJE PLUVIAL.

El drenaje pluvial colectará y conducirá hacia la dársena del Puerto de Abastecimiento, el agua de la precipitación pluvial sobre calles, edificios, estacionamientos etc.

Al drenaje pluvial se incorporarán también los efluentes de las fosas sépticas de los drenajes sanitarios así como los residuos del agua contra incendio no aplicada directamente a equipos o tanques (por ejemplo: cortinas exteriores a los diques).

El único drenaje del puerto de abastecimiento será el pluvial y su descarga final, se hará también en la dársena.

III.5. COLECTORES FINALES.

Para la ulterior eliminación de las aguas residuales de la terminal, se dispondrá de unos colectores fina-

les; los pluviales que descargarán por gravedad en la dársena y el de aguas tratadas, consistente en un tubo emisor difusor submarino por el que se bombeará el efluente final de la planta de tratamiento.

IV. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

IV.1 CALIDAD DEL EFLUENTE.

El diseño del sistema de tratamiento para las aguas residuales de la Terminal Marítima Dos Bocas se fundamenta en la evaluación de diversos procesos desarrollados por -- PETROLEOS MEXICANOS para instalaciones similares, así como también de los resultados de investigaciones y experiencias técnicas que demuestran su viabilidad.

Para su implementación, se consideraron cuatro aspectos fundamentales:

- 1.- Características cualitativas y cuantitativas de las -- aguas residuales por tratar.
- 2.- Condiciones del cuerpo receptor.
- 3.- Requerimiento de calidad establecidos por el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de aguas de la SARH.
- 4.- Eficacia, eficiencia, funcionalidad y simplicidad del sistema.

El sistema de tratamiento de aguas residuales deberá diseñarse para producir un efluente de las siguientes características:

PARAMETRO	VALOR
Sólidos sedimentables	0.5 - 1.0 Ml/l
Grasas y Aceites	10 - 15 mg/l
Materia Flotante	Ausente
Temperatura	25 - 30°C
pH	6.0 - 0.25 mg/l

PARAMETRO	VALOR
Sulfuros	0.1 - 0.25 mg/l
DBO ₅ (disuelta, efluente lag. Oxid.)	20 - 25 mg/l
DQO	125 mg/l máximo
Fenoles	0.05 mg/l máximo

IV.2. AGUA ACEITOSA Y PLUVIAL ACEITOSA.

El sistema de tratamiento para el agua aceitosa y pluvial aceitosa estará constituido por las siguientes instalaciones:

Descripción	No. de Equipos	Capacidad Unitaria
a. Cárcamo regulador	1	24 000 M ³
b. Bombas elevadoras	2+1	3 000 GPM
c. Mallas de Retención	2	6 000 GPM
d. Separadores de placas corrugadas	2	3 000 GPM
e. Fosas de igualación	1	8 000 M ³
f. Máquinas de Flotación	2	3 000 GPM

a. Cárcamo Regulador.

Considerando los volúmenes de agua pluvial aceitosa que habrán de manejarse en la terminal, deberá disponerse de un cárcamo regulador cuyo diseño permita que la capacidad del sistema de tratamiento no resulte excesiva y que los equipos operen eficientemente aún en condiciones de máxima precipitación pluvial.

La capacidad "neta" de este cárcamo fue calculada como se indica en los anexos 4 y 5, en tanto que para determinar la capacidad total, a la calculada debió sumarse

el volúmen correspondiente a la precipitación pluvial sobre el propio cárcamo

Desde la primera etapa deberá constituirse un cárcamo con capacidad total de 24 000 M³, suficiente para contener y regular el volúmen excedente de agua pluvial aceitosa de las dos etapas producido durante un período de tormenta de 48 hrs. o el gasto de agua contra incendio aplicado a un tanque de 500 MBBL hasta por 32 horas.

Para que el agua pluvial aceitosa de las áreas de proceso y servicios auxiliares pueda derivarse automáticamente hacia el sistema de regulación, al drenaje se le conectará un vertedor de demasías localizado tan cerca como sea posible del cárcamo regulador.

Para la construcción del cárcamo regulador deberá tenerse en cuenta el nivel freático y los efectos de subpresión, transminación y percolación de las aguas marinas.

b. Bombas Elevadoras.

Debido a los niveles del terreno y al nivel de llegada del drenaje aceitoso a los cárcamos reguladores, y a fin de que el sistema de tratamiento opere por gravedad, la descarga de los cárcamos hacia el resto de los equipos se hará mediante bombas elevadoras tipo Arquímedes para evitar el emulsionamiento del aceite en el agua.

La capacidad de cada bomba será de 3 000 GPM.

En la primera etapa se instalarán tres bombas elevadoras; dos en operación normal y una de relevo; los requerimientos de la segunda etapa quedarán cubiertos con este equipo ya instalado en la primera etapa.

El cárcamo de bombeo deberá diseñarse y construirse para las tres bombas, previendo espacio hasta para un total de cuatro bombas.

De las tres bombas, una tendrá accionamiento dual y las dos restantes serán de motor eléctrico.

c. Mallas de Retención.

Antes de las bombas elevadoras o después de éstas, si la ubicación previa presentará dificultades serias en - proyecto, se instalarán dos mallas de retención autolimpiantes para eliminar sólidos voluminosos que pueden obstruir los paquetes de placas corrugadas.

Cada malla tendrá una capacidad de 6 000 GPM.

Tanto entre las bombas elevadoras y las mallas de - retención, como entre éstas y los separadores de placas corrugadas, deberán instalarse registros de distribución con las compuertas de seccionamiento necesarias.

d. Separadores de Placas Corrugadas. (CPI)

El agua de las bombas elevadoras, o de las mallas - de retención, según sea el caso, fluirá por gravedad hacia dos separadores de placas corrugadas.

Para el dimensionamiento y diseño de estos equipos deberán observarse las siguientes condiciones:

Capacidad Unitaria Total	=	3000 GPM
Número total de celdas por separador (11 en operación y 1 en relevo)	=	12
Número de paquetes por celda	=	2

Capacidad c/paquete	=	125 GPM
Número total de paquetes por separador	=	24

Cada separador CPI deberá contar con 2 bombas de -- 200 GPM cada una para el envío del aceite recuperado a los tanques respectivos (ver nota al final de Fosa de Igualación).

Para el mantenimiento de los paquetes de placas corrugadas cada separador contará con un monorriel longitudinal y en su extremo final con un rodapié delimitando el -- área de limpieza de paquetes.

Para el tratamiento del agua aceitosa, tanto de la primera como de la segunda etapa de la terminal, desde la primera etapa se instalarán 2 CPI.

Ya que los separadores CPI serán superficiales, los lodos que en estos sedimenten se purgarán y conducirán por gravedad hacia un cárcamo de lodos de donde se enviará a -- presión hacia las tolvas de lodos, mediante bombas inatas-- cables.

e. Fosa de Igualación.

El efluente de los CPI se captará en una fosa de -- igualación antes de hacerse llegar a las máquinas de flota-- ción; esta fosa se diseñará para un tiempo de residencia -- de 6 horas, considerando un gasto de diseño de 6 000 GPM -- correspondiente a las dos etapas.

Esta fosa se utilizará sin ampliaciones para la etapa fi-- nal.

La localización de la fosa dependerá de su geometría y de la dirección de los vientos dominantes, ya que éstos favorecen el arrastre de aceite hacia el extremo final de la misma, en donde se instalará un tubo espumadera para la recolección de ese aceite.

El aceite recolectado se captará en un cárcamo provisto de dos bombas de 200 GPM cada una para su transferencia a los tanques de aceite recuperado respectivos. (Ver nota final de este inciso).

Para el mantenimiento de la fosa se instalará una derivación que conecte directamente los CPI con las máquinas de flotación. Asimismo, a la fosa de igualación deberá proveérsele de las facilidades necesarias para su drenado total y rampas de acceso para camiones.

NOTA:

Con el fin de optimizar el número y el uso de las bombas de aceite recuperado de 200 GPM c/u., durante la ingeniería de detalle se estudiará la posibilidad de comunicar todos los cárcamos de aceite recuperado, para disponer de un sólo cárcamo de bombeo, en el cual, en función de la recuperación de aceite, se establecerá la cantidad de bombas para ese servicio.

f. Máquina de Flotación.

El agua proveniente de la fosa de igualación pasará por gravedad a máquinas de flotación de aire inducido, en donde se conseguirá disminuir la concentración residual de aceite hasta 5 - 10 ppm.

Desde la primera etapa se instalarán 2 unidades de flotación 3 000 GPM cada una suficientes para absorber el incremento en gasto de la segunda etapa.

Aunque inicialmente no habrán de utilizarse agentes desemulsionantes para flotación; sí deberá preverse el espacio requerido y las preparaciones convenientes para su posible incorporación al sistema.

Las máquinas de flotación deberán incluir todos los elementos auxiliares necesarios para el manejo del aceite recuperado y la eliminación de lodos precipitados.

El efluente de los equipos de flotación se enviará por gravedad hacia el cárcamo de bombeo y de éste al mar.

Como en el caso de la fosa de igualación, entre ésta y el cárcamo final habrá una derivación que permita sacar de operación las unidades de flotación sin suspender el flujo de proceso.

IV.3. AGUA DE DESALADORAS.

El sistema de tratamiento para el agua de desaladoras estará constituido por las siguientes instalaciones:

Descripción	No. de Unidades	Capacidad Unitaria.
a. Canal separador primario	1	3 000 GPM
b. CPI	1	3 000 GPM
c. Fosa de Igualación	1	8 000 M ³
d. Máquina de Flotación	1	3 000 GPM

En virtud de que el agua de desaladoras se conduce al sistema de tratamiento por una tubería presurizada y de que el gasto es prácticamente constante, su descarga en la planta se hará sobre un separador primario ubicado al nivel de descarga de las bombas elevadoras prescindiendo del cárcamo regulador.

a. Canal Separador Primario.

Debido al efecto emulsionante que se produce en el agua aceitosa salada al conducirse bajo presión, la línea de conducción deberá descargar en un canal separador primario de nivel constante, diseñado para 3 000 GPM y con un tiempo de residencia y una velocidad superficial acorde con las recomendaciones API para sus separadores.

En el canal separador primario se deberá contar con los dispositivos adecuados para la recuperación del aceite flotado. La descarga de éste se hará sobre el cárcamo de bombeo de aceite más cercano mediante una comunicación directa.

La localización del canal separador primario está determinada por las mismas variables de las fosas de igualación.

Desde la primera etapa, el canal separador primario será diseñado para la capacidad total del agua de desaladoras.

b. y d. CPI y Máquina de Flotación.

El separador de placas corrugadas que recibirá la descarga del separador primario, así como la máquina de flotación incluida tendrán las mismas características de los equipos correspondientes, mencionados en el inciso an-

terior (E.2 d y f).

c. Fosa de Igualación.

El tiempo de residencia de esta fosa será de 12 horas, para un gasto total de 3 000 GPM.

Esta fosa no dispondrá de bombas para aceite recuperado; el aceite que se recolecte por su tubo espumadera se conducirá hacia el cárcamo de bombeo correspondiente de la fosa de igualación de agua aceite y pluvial aceitosa. El resto de los criterios establecidos para esta última, deberá aplicarse a la fosa de igualación para agua de desaladoras.

IV. 4. AGUA DE LASTRE (FUTURO)

Ver definición y consideraciones básicas en el inciso II.3

Captación y Regulación.

El agua de lastre se descargará del buque hacia tres tanques atmosféricos tipo API de 100 000 BBL cada uno: dos para recibo durante la descarga de agua de lastre del buque-tanque y uno para separación que permitirá un flujo uniforme y constante hacia los separadores de placas corrugadas.

Por lo anterior, los sistemas de captación y regulación para agua de lastre deberán incluir desnatadores de nivel variable equipos de bombeo de aceite recuperado e instalaciones para eliminación de lodos.

El sistema de tratamiento para agua de lastre consecutivo a los tanques API, será igual al que se aplica al -

agua de desaladoras sólo que de mayor capacidad y sin "separador primario ni fosa de igualación; los módulos que lo integren deberán ser también de 3 000 GPM cada uno.

El tratamiento para el agua de lastre estará constituido por las siguientes instalaciones:

Descripción	Etapa Futura	
	No. de Unidades	Capacidad Unitaria.
a. Tanques API	3	100 000 BBL
b. Separadores CPI	3	3 000 GPM
c. Máquinas de Flotación	3	3 000 GPM

a. Tanques API para captación de Agua de Lastre.

Determinación de la capacidad.

Premisas de Cálculo:

Q entrada	=	62 812 B/Hr.
Q entrada	=	43 968 GPM.
Q salida de tanques	=	9 000 GPM.
θ descarga de buque	=	4 Hrs.
θ maniobras buque	=	4 Hrs.
θ carga crudo buque	=	20 Hrs.
θ total disponible	=	28 Hrs.
θ máximo disponible para vaciado de tanques	=	19.5 Hrs.
Q a almacenar (Q entrada menos Q salida)	=	34 968 GPM

Capacidad requerida total de tanques receptores API (Ver anexo 6).

$$V_1 = 31\,800\text{ M}^3 \quad 200\,000\text{ BBL}$$

Criterios de Diseño.

Para el diseño, la instalación y la operación de -- los tanques de agua de lastre, deberán observarse las recomendaciones API contenidas en el "Manual en Disposal of Refinery Wastes, Volume on Liquid Wastes", capítulo 7.

El efecto de igualación se llevará a cabo en el tercer tanque API.

b. y c. Separadores de Placas Corrugadas y Máquinas de Flotación.

Los separadores de placas y las máquinas de flotación incluidas en el sistema de tratamiento del agua de -- lastre, tendrán las mismas características de los equipos correspondientes descritos en los incisos E.2d y f.

5. CARCAMO DE BOMBEO Y EMISOR SUBMARINO.

Todas las corrientes resultantes de los sistemas de tratamiento para agua aceitosa y pluvial aceitosa, agua de desaladoras y agua de lastre, concurrirán en un cárcamo común para ser bombeadas al mar a través de una línea de difusión marina.

El cárcamo de bombeo y la línea de conducción submarina deberán diseñarse para manejar un gasto de 13 000 GPM que corresponden al total de las dos etapas.

Las bombas de efluentes serán de tipo vertical con capacidad unitaria de diseño de 3000 GPM.

En la primera etapa se instalarán tres bombas (dos operando normalmente y una de relevo); en tanto que para la segunda etapa se incorporará una bomba más.

Para el futuro sistema de manejo de agua de lastre se requerirán tres bombas adicionales de 3 000 GPM cada una; consecuentemente, en el cárcamo de bombeo podrían ubicarse en el futuro hasta siete bombas. No obstante, desde el diseño inicial del cárcamo deberá preverse espacio para un total de hasta ocho bombas.

De las tres primeras bombas, una dispondrá de accionamiento dual y las dos restantes serán de motor eléctrico. La bomba para la 2a. Etapa será dual.

De las tres bombas que habrán de instalarse para manejo de agua de lastre, una será de accionamiento dual y dos de motor eléctrico.

En el cárcamo de bombeo al mar deberá incluir un vertedor de demasías para que en caso de falla del sistema

de bombeo, el agua residual derrama por gravedad hacia el cárcamo regulador.

6. TRATAMIENTO SECUNDARIO.

Como podrá observarse, el sistema de tratamiento -- descrito en estas Bases de Diseño es exclusivamente de carácter primario.

Las consideraciones en que se sustenta la exclusión del secundario son las siguientes:

- a. El predominio de la cantidad de aguas saladas y lluviales aceitosas sobre el volúmen de las rigurosamente aceitosas siendo éstas las que podrán aportar mayores contenidos de DBO_5 .
- b. Los grandes volúmenes de almacenamiento disponibles -- significan a su vez prolongados tiempos de residencia que permiten la biodegradación.
- c. La flotación
- d. Por ser el mar el cuerpo receptor, y un difusor el elemento de descarga, el efecto de dilución es muy favorable.

Con todo, a nivel de proyecto deberán preverse el espacio y las interconexiones necesarias para la posible integración de un tratamiento secundario que comprenda lagunas de oxidación y estabilización para el agua aceitosa y pluvial aceitosa, en tanto que para el agua de desaladoras y el agua de lastre, no se harán provisiones de lagunas de estabilización.

Requerimientos de superficie a futuro.

A. Agua Aceitosa y Pluvial Aceitosa.

	Laguna de Oxidación	Laguna de Estabi- lización.
	Total	Total
Q GPM	6 000	6 000
θ Resid. días	3.4	1.3
Profundidad Aprox. m.	2.5	2.0
Area Aprox. Has.	5	2.5

La construcción de las lagunas de oxidación y estabilización dependerá de las características finales del -- efluente que se produzca mediante el sistema de tratamiento primario aquí descrito y de un estudio experimental al que deberán someterse las aguas residuales en cuestión.

V. INSTALACIONES.

V.1. SISTEMA DE DESEMULSIFICANTE.

Con el propósito de favorecer la separación de fases y mejorar la eficiencia del sistema de tratamiento, a las corrientes emulsionadas deberá agregárseles un polielectrolito mediante dosificación proporcional.

La corriente afluyente del sistema que precisará del rompedor de emulsión será la de agua de lastre; en tanto que de las corrientes internas de la planta de tratamiento únicamente la de aceite recuperado a tanques será objeto de adición de polielectrolito.

V.2. SISTEMA DE ACEITE RECUPERADO.

Todo el aceite recuperado en tanques API para lastre, separadores de placas corrugadas, fosas de igualación y máquinas de flotación, se enviará mediante los equipos de bombeo particulares hacia tres tanques atmosféricos verticales de 20 000 BBL cada uno, en los que se dejarán todas las provisiones necesarias para instalar a futuro seis calentadores internos tipo TB-18 a cada uno.

Estos tanques se equiparán con arrestador de flama con snufer y cadena, cámaras de espuma y filtros tipo canasta para la línea de succión de bombas de trasiego.

Para las operaciones de trasiego de aceite recuperado a tanques de crudo, se instalarán dos bombas centrífugas horizontales de 600 GPM cada una, previendo el espacio y las interconexiones necesarias para la futura instalación de una bomba adicional. Las purgas de los tanques de aceite recuperado deberán descargarse al drenaje aceitoso.

V.3 SISTEMA DE LODOS.

El manejo de lodos que se originen durante el tratamiento del agua residual deberá hacerse mediante bombas -- inatascables de capacidad adecuada a la cantidad de lodos que resulte del balance de materia respectivo.

Para el sistema de agua de lastre se instalará un -- cárcamo de lodos provisto de dos bombas verticales fijas, en tanto que para el manejo de lodos en cada separador de placas corrugadas se dispondrá de un cárcamo del que ha--- brán de extraerse con bombas portátiles autocebantes.

El sistema de tratamiento de lodos para la primera etapa consistirá únicamente de dos tolvas de acumulación y asentamiento a la que descargarán todas las bombas inatascables. Estas tolvas contarán con boquillas para inyección de aire a presión para fluidización, purgas a diferentes -- niveles, arteza para rebosar el agua lodosa y descarga inferior para carga de camiones por gravedad, mismos que -- transportarán los lodos a lugares adecuados para su eliminación final como relleno sanitario. Las purgas de estas -- tolvas deberán descargarse al drenaje aceitoso.

A nivel de proyecto deberán dejarse todas las previ-- siones necesarias para que a futuro pueda instalarse un -- sistema completo para incineración de lodos, el cual habrá de diseñarse de acuerdo con las características particula-- res de éstos.

V.4. INSTRUMENTACION BASICA.

Se deberá instalar toda la instrumentación requeri-- da para la operación automática del sistema.

La instrumentación mínima necesaria será la siguiente:

En cárcamos de aceite recuperado de separadores CPI y fosas de igualación: Interruptores y alarmas de nivel, - en circuito con el sistema de desemulsificante a tanques - de aceite recuperado.

En las descargas de bombas: Indicadores de presión.

En las máquinas de flotación: Interruptores y controladores de nivel para las bombas de aceite recuperado.

En el cárcamo de bombas elevadoras y en el de bombeo al mar: Interruptores y alarmas de nivel.

En los filtros de succión: Indicadores de presión diferencial.

En los tanques de aceite recuperado: Indicadores de nivel, interruptores y alarmas de alto y bajo nivel e indicadores de temperatura.

En los cabezales de descarga de las bombas de trasiego y de descarga al mar: elementos medidores de flujo y transmisores para registradores.

En la línea de agua de lastre a tratamiento: Medidor de flujo y transmisor para registrador.

En el tablero de control, alarmas luminosas y audibles, indicadores y registradores de todas las variables de proceso que lo requieran.

V.5. SUBESTACION ELECTRICA Y CUARTO DE CONTROL.

La subestación eléctrica y el cuarto de control de-

berá integrarse en una construcción común y habrán de proyectarse para satisfacer las necesidades de toda la planta de tratamiento dejando provisiones de espacio e interconexiones para las ampliaciones futuras.

En el cuarto de control se considerará la superficie necesaria para un escritorio, dos archiveros, un tablero de instrumentos, dos servicios sanitarios (uno con comunicación al propio cuarto y otro al exterior), una mesa para alimentos y un equipo para aire acondicionado.

El centro de control de motores se instalará en un cuarto propio, adyacente al de control. El CCM será de las dimensiones y capacidad necesarias para todos los motores de la primera etapa, dejando espacio suficiente para la ampliación de la segunda etapa.

En un área lateral al cuarto anterior, se instala--rán los transformadores de potencia, delimitados por una reja.

V.6. PROTECCION CONTRA INCENDIO.

Todas las instalaciones que integran el sistema de tratamiento de aguas residuales deberán protegerse contra incendio, de acuerdo con las normas de Seguridad Industrial de PEMEX Nos. A-I-I-I a A-I-I-8, inclusive.

V.7. INSTALACIONES PARA OPERACION Y MANTENIMIENTO.

El cárcamo regulador y las fosas de igualación, así como las lagunas futuras de oxidación y estabilización, deberán estar provistas de las instalaciones para operación y mantenimiento que a continuación se indican:

a. Bordes y Taludes.

Deberán diseñarse de tal manera que se asegure tanto su estabilidad vertical como su estabilidad respecto al desplazamiento horizontal, con el fin de evitar agrietamientos que pudieran originar fugas; por lo anterior, deberán calcularse de acuerdo con las características mecánicas del suelo en el lugar donde se localizarán las lagunas, cárcamo y fosas.

Los fondos deberán tener suficiente estabilidad y no deberán exceder un desnivel de ± 0.075 m. El ancho de la corona, por consideraciones de operación y mantenimiento, deberá tener un mínimo de dos metros.

Los taludes húmedos deberán preservarse de la erosión que produce el oleaje, sobre todo en las futuras lagunas de oxidación para ello, deberán tener la pendiente respectiva de acuerdo a la protección que se les aplique.

Todos los bordos deberán estar a 0.30 m. arriba del espejo de agua, por lo que en caso de que la estabilidad del terreno indique la posibilidad de algún asentamiento, deberá aumentarse esta altura en una magnitud equivalente a la del asentamiento previsto.

b. Gradas de Acceso.

Con objeto de bajar al nivel del agua y facilitar las operaciones del muestreo y de medición del lodo, así como también para recolectar el aceite en emulsión que se deposita en la superficie del agua, las lagunas, cárcamo, separador primario y fosas deberán contar con gradas.

c. Acceso para Camiones y Grúas.

Tanto los cárcamos y fosas, así como las futuras lagunas de oxidación y estabilización, deberán contar con acceso perimetral para su mantenimiento.

Se requieren el uso de camiones y grúas para el manejo de los futuros aereadores y lodos; por lo anterior, deberán considerarse estas instalaciones incluyendo una rampa para llegar a la altura de la corona y otra bajar al fondo.

d. Embarcaderos.

Para poder efectuar muestreos, medición de nivel de lodos y para llegar a los futuros aereadores, se requerirán una lancha y embarcaderos.

e. Alumbrado.

En toda el área de tratamiento deberá contarse con alumbrado especialmente en:

Separadores de Aceite.

Cárcamos de aceite recuperado de los separadores y de las fosas de igualación.

Cárcamos de bombeo.

Mallas de retención.

Unidades de flotación.

Caminos de acceso.

Tanques de aceite recuperado.

Tolvas de lodo.

Tanques API para lastre.

VI. CALCULO DEL PERFIL HIDRAULICO.

Este capítulo está basado en la información general proporcionada por el departamento electromecánico de esta compañía, el cual comprende fundamentalmente lo siguiente: Planta del arreglo general de equipo del área de tratamiento de efluentes, plano No.

bases de diseño del área de tratamiento de efluentes, proyecto de drenaje aceitoso del área de almacenamiento de -- crudo y servicios auxiliares, las indicaciones y recomendaciones son del personal técnico del departamento electromecánico.

En este capítulo se considera fundamentalmente el cálculo de los gastos de diseño correspondientes a cada una de las estructuras hidráulicas (vertedores, canales, tuberías, etc.

Es conveniente anotar que este estudio en general considera los siguientes puntos:

VI. 1.a. El gasto de diseño de los vertedores, tuberías y canales de descarga de las fosas de igualación, oxidación y estabilización comprende el gasto teórico calculado por el departamento de proceso y el incremento de gasto producido de la precipitación sucedida sobre dichas lagunas correspondiente a una tormenta con período de retorno de **25** años.

VI.1.b. Se diseñará un sistema de drenaje para todas las lagunas, que permitirá desfogar las aguas hacia el cárcamo del cual posteriormente se conducirán hacia el mar. Estos drenajes se proponen de acuerdo a las características de cada laguna; y así, para la laguna de oxidación se conside

ra una descarga por celda para la laguna de estabilización, se proponen tres descargas que permitirán drenar las aguas en 4 hs., las fosas de igualación se drenarán directamente al cárcamo regulados No. 2.

VI.1.c. El cárcamo de bombeo que permitirá conducir el --- efluente hacia el mar contará con un sistema de drenaje de alivio, que funcionará en condiciones de emergencia conduciendo las aguas nuevamente a los cárcamos reguladores.

VI.1.d. Se diseñará un sistema de tuberías y canales que - permita dejar fuera de servicio total o parcialmente a las lagunas de oxidación y estabilización sin interrumpir el funcionamiento general de la planta.

VI.1.e. Debido a que la construcción de las lagunas de oxidación y estabilización está condicionada a decisiones futuras, el diseño del sistema de conducción y distribución -- considera las condiciones del funcionamiento actual y el - futuro.

A continuación se presentan los cálculos numéricos descritos anteriormente y los resultados obtenidos se muestran en la planta general anexa.

VI.2. CALCULO DE LOS GASTOS DE DISEÑO.

FOSA DE IGUALACION AGUA ACEITOSA.-

Gasto de diseño en la descarga con incremento por - lluvia.

Gasto de entrada (proceso) = 9000 g.p.m. * 0.57 m³/S.

Tiempo de residencia = 6 Hs. (t)

Lámina de lluvia para $t = 6$ Hs \rightarrow 0.1848 m.
(de las curvas I-D-TR)

Volúmen correspondiente de precipitación;

$$\begin{aligned} \text{Area expuesta (fosa de Igual.)} &= 97.56 \times 51.93 = \\ &= 5066.29 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volúmen} &= \text{Area} \times H (\text{precip.}) = 5066.29 \times 0.1848 = \\ &= 936.25 \text{ M}^3. \end{aligned}$$

Incremento de gasto $\Rightarrow \Delta Q$

$$\begin{aligned} \Delta Q &= \frac{V}{t} = \frac{936.25}{6} = 156 \frac{\text{m}^3}{\text{hr.}} \\ &= 0.043 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 681 \text{ GPM.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gasto de Diseño} &= 0.570 + 0.043 = 0.613 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 9681 \text{ GPM} \end{aligned}$$

FOSA DE IGUALACION AGUA DE DESALADORAS.

Gasto de diseño en la descarga con incremento por lluvia.

$$\text{Gasto de entrada (proceso)} = 4000 \text{ GPM} = 0.255 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tiempo de residencia = 12 Hs. (t)

Lámina de lluvia para $t = 12$ Hs. = 0.2124 m.
(de las curvas I-O-TR)

Volúmen correspondiente de precipitación:

$$\begin{aligned} \text{Area expuesta (Fosa de Ig.)} &= 97.56 \times 51.93 \\ &= 5066.29 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volúmen} &= \text{Area} \times \text{H (precip)} = 5066.29 \times 0.2124 = \\ &= 1076.08 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Incremento de gasto $\Rightarrow \Delta Q$

$$\begin{aligned}\Delta Q &= \frac{v}{t} = \frac{1076.08}{12} = 89.67 \frac{\text{m}^3}{\text{Hs.}} \\ &= 0.025 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Gasto de diseño} &= 0.255 + 0.025 = 0.280 \text{ m}^3/\text{s.} \\ &= 4437 \text{ GPM}\end{aligned}$$

LAGUNA DE OXIDACION (1a. Celda)

Gasto de diseño en la descarga con incremento por lluvia.

$$\text{Gasto de entrada (proceso)} = 9681 \text{ GPM} = 0.613 \text{ m}^3/\text{s.}$$

Tiempo de residencia (t)

$$t = \frac{50.36 \text{ Hs. (tiempo total)}}{6 \text{ (Número de celdas)}} = 8.39 \text{ Hs.}$$

$$\text{Lámina de lluvia para } t = 8.39; \text{Hs} = 0.200 \text{ m.}$$

Volúmen correspondiente de precipitación:

$$\text{Area expuesta (celdas)} = 7,200 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Volúmen} &= \text{Area} \times \text{H (Precip.)} = 7200 \times 0.20 \\ &= 1440 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Incremento de gasto $\Rightarrow \Delta Q$

$$\begin{aligned}\Delta Q &= \frac{v}{t} = \frac{1440}{8.39} = 171.6 \text{ m}^3/\text{Hs.} \\ &= 0.048 \text{ m}^3/\text{s.} \\ &= 755 \text{ GPM.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gasto de diseño} &= 0.613 + 0.048 = 0.661 \text{ m}^3/\text{s}. \\ \text{Vertedor 1a. celda.} &= 10,478 \text{ GPM}. \end{aligned}$$

LAGUNA DE OXIDACION (2a. celda).

Gasto de diseño en la descarga con incremento por lluvia.

$$\text{Gasto de entrada (proceso)} = 9,681 \text{ GPM} = 0.613 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Tiempo de residencia (t)

$$t = 9.39 \times 2 = 16.78 \text{ Hs.}$$

$$\text{Lámina de lluvia para } t = 16.78 \text{ Hs.} = 0.22 \text{ m}.$$

Volúmen correspondiente de precipitación:

$$\text{Area expuesta (celdas)} = 14,400 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Volúmen} &= \text{Area} \times \text{H (precip.)} = 14,400 \times 0.22 \\ &= 3204 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Incremento de gasto $\Rightarrow \Delta Q$

$$\begin{aligned} \Delta Q &= \frac{v}{t} = \frac{3204}{16.78} = 190.96 \text{ m}^3/\text{Hs}. \\ &= 0.053 \text{ m}^3/\text{s}. \\ &= 840 \text{ GPM}. \end{aligned}$$

$$\text{Gasto de diseño} = 0.613 + 0.053 = 0.666 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$\text{Vertedor 2a. celda.} = 10,558 \text{ GPM}.$$

LAGUNA DE OXIDACION (3a. Celda).

Gasto de diseño en la descarga con incremento de lluvia.

$$\text{Gasto de entrada (proceso)} = 9681 \text{ GPM} = 0.613 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Tiempo de residencia (t)

$$t = 9.39 \times 3 = 25.17 \text{ Hs.}$$

Lámina de lluvia para $t = 25.17$ Hs. = 0.23 m.

Volúmen correspondiente de precipitación:

$$\text{Area expuesta (celdas)} = 21,600 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Volúmen} &= \text{Area} \times H (\text{precip.}) = 21,600 \times 0.23 \\ &= 4997 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Incremento de gasto $\longrightarrow \Delta Q$

$$\begin{aligned}\Delta Q &= \frac{v}{t} = \frac{4997}{25.17} = 198.53 \text{ m}^3/\text{Hs.} \\ &= 0.055 \text{ m}^3/\text{s.} \\ &= 0.874 \text{ GPM.}\end{aligned}$$

$$\text{Gasto de diseño} = 0.613 + 0.055 = 0.668 \text{ m}^3/\text{s.}$$

$$\text{Vertedor 3a. celda.} = 10,589 \text{ GPM.}$$

LAGUNA DE OXIDACION (4a. Celda).

Gasto de diseño en la descarga con incremento por lluvia.

$$\text{Gasto de entrada (proceso)} = 9681 \text{ GPM.} = 0.613 \text{ m}^3/\text{s.}$$

Tiempo de residencia (t)

$$t = 8.39 \times 4 = 33.56 \text{ Hs.}$$

Lámina de lluvia para $t = 33.56$ Hs. = 0.236 m.

Volúmen correspondiente de precipitación:

$$\text{Area expuesta (celdas)} = 28,800 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Volúmen} &= \text{Area} \times H (\text{precip.}) = 28,800 \times 0.236 \\ &= 6798 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Incremento de gasto $\longrightarrow \Delta Q$

$$\begin{aligned}\Delta Q &= \frac{v}{t} = \frac{6798}{33.56} = 202.53 \text{ m}^3/\text{Hs.}, \\ &= 0.056 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 0.892 \text{ GPM.} = 892 \text{ GPM.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gasto de diseño} &= 0.613 + 0.056 = 0.660 \text{ m}^3/\text{s}. \\ \text{Vertedor 4a. celda.} &= 10,602 \text{ GPM}. \end{aligned}$$

LAGUNA DE OXIDACION (5a. Celda).

Gasto de diseño en la descarga con incremento por lluvia.

$$\text{Gasto de entrada (proceso)} = 9681 \text{ GPM} = 0.613 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Tiempo de residencia (t)

$$t = 8.39 \times 5 = 41.95 \text{ Hs.}$$

$$\text{Lámina de lluvia para } t = 41.95 \text{ Hs.} = 0.239 \text{ m.}$$

Volúmen correspondiente de precipitación:

$$\text{Area expuesta (celdas)} = 35,586 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Volúmen} &= \text{Area} \times \text{H (Precip.)} = 35,586 \times 0.239 \\ &= 8505 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Incremento de gasto $\Rightarrow \Delta Q$

$$\begin{aligned} \Delta Q &= \frac{v}{t} = \frac{8585}{41.95} = 202.7 \text{ m}^3/\text{Hs.} \\ &= 0.056 \text{ m}^3/\text{s}. \\ &= 893 \text{ GPM}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gasto de diseño} &= 0.613 + 0.056 = 0.669 \text{ m}^3/\text{s}. \\ \text{Vertedor 5a. celda.} &= 10,602 \text{ GPM}. \end{aligned}$$

LAGUNA DE OXIDACION (6a. Celda).

Gasto de diseño en la descarga con incremento por lluvia.

$$\text{Gasto de entrada (proceso)} = 9681 \text{ GPM} = 0.613 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Tiempo de residencia (t)

$$t = 8.39 \times 6 = 50.34 \text{ Hs.}$$

$$\text{Lámina de lluvia para } t = 50.34 \text{ Hs.} = 0.24 \text{ m.}$$

Volúmen correspondiente de precipitación:

$$\text{Area expuesta (celdas)} = 43,669 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Volúmen} &= \text{Area} \times H(\text{Precip.}) = 43,669 \times 0.24 \\ &= 10,520 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Incremento de gasto $\Rightarrow \Delta Q$

$$\begin{aligned}\Delta Q &= \frac{v}{t} = \frac{10,520}{50.34} = 209 \text{ m}^3/\text{Hs.}, \\ &= 0.058 \text{ m}^3/\text{s.} \\ &= 0.920 \text{ GPM.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Gasto de diseño} &= 0.613 + 0.058 = 0.671 \text{ m}^3/\text{s.} \\ \text{Vertedor óa. Celda.} &= 10,634 \text{ GPM.}\end{aligned}$$

LAGUNA DE ESTABILIZACION.

Gasto de diseño del vertedor de salida con incremento por lluvia.

$$\text{Gasto de entrada (proceso)} = 13,471 \text{ GPM} = 0.850 \text{ m}^3/\text{s.}$$

Este gasto corresponde a la descarga de la fosa de oxidación funcionando en paralelo, ya que el funcionamiento normal arroja un gasto de 671 /s.

Tiempo de residencia (t)

$$t = 17.45 \text{ Hs.} = \text{Hs.}$$

$$\text{Lámina de lluvia para } t = 17.45 \text{ Hs.} = 0.22 \text{ m.}$$

Volúmen correspondiente de precipitación:

$$\text{Area expuesta} = 18,974 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Volúmen} &= \text{Area} \times H(\text{precip.}) = 18,974 \times 0.22 \\ &= 4,241 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Incremento de gasto $\Rightarrow \Delta Q$

$$\begin{aligned}\Delta Q &= \frac{v}{t} = \frac{4241}{17.45} = 243 \text{ m}^3/\text{Hs.} \\ &= 0.067 \text{ m}^3/\text{s.} \\ &= 1070 \text{ GPM.}\end{aligned}$$

$$\text{Gasto de diseño} = 0.850 + 0.067 = 0.917 \text{ m}^3/\text{s.}$$

$$\text{Vertedor} = 14,533 \text{ GPM.}$$

NOTA: El gasto de diseño del vertedor de entrada a esta laguna será el de descarga de la fosa de oxidación funcionando en paralelo = 850 l/s.

FOSA DE IGUALACION (Agua de Desaladoras Nos. 1, 2, Futura)

Gasto de diseño en la descarga con incremento por lluvia.

$$\text{Gasto de entrada (proceso)} = 4000 \text{ GPM} = 0.255 \text{ m}^3/\text{s.}$$

Tiempo de residencia (t)

$$t = 12 \text{ Hs.}$$

$$\text{Lámina de lluvia para } t = 12; \text{ Hs.} = 0.213 \text{ m.}$$

Volúmen correspondiente de precipitación:

$$\text{Area expuesta} = 5066.3 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Volúmen} &= \text{Area} \times \text{H (Precip.)} = 5066.3 \times 0.213 \\ &= 1078 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Incremento de gasto $\Rightarrow \Delta Q$

$$\begin{aligned}\Delta Q &= \frac{v}{t} = \frac{1078}{12} = 89.85 \text{ m}^3/\text{Hs.} \\ &= 0.025 \text{ m}^3/\text{s.} \\ &= 396 \text{ GPM.}\end{aligned}$$

$$\text{Gasto de diseño} = 0.255 + 0.025 = 0.280 \text{ m}^3/\text{s.}$$

$$= 4438 \text{ GPM.}$$

VII. PROYECTO Y CONSTRUCCION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.

El programa de ejecución de la terminal marítima -- Dos Bocas y el tipo de instalaciones que constituyen el -- sistema de tratamiento determinan la necesidad de realizar el proyecto de la planta de tratamiento de la manera siguiente:

VII.1.a. Fosa de igualación agua aceitosa y pluvial aceitosa, con bombas de aceite recuperado.

VII.1.b. Máquinas de flotación, 2 para agua aceitosa y pluvial aceitosa y 1 para agua de desaladoras.

- Sistema de manejo de lodos.
Bombas inatascables.
Bombas portátiles.
Tolvas de Lodos.
- Sistema de Desemulsificante.
Aceite recuperado a tanques de 20 MB.
- Un tanque adicional de aceite recuperado.

VII.2. PARA LA SEGUNDA ETAPA DE LA TERMINAL

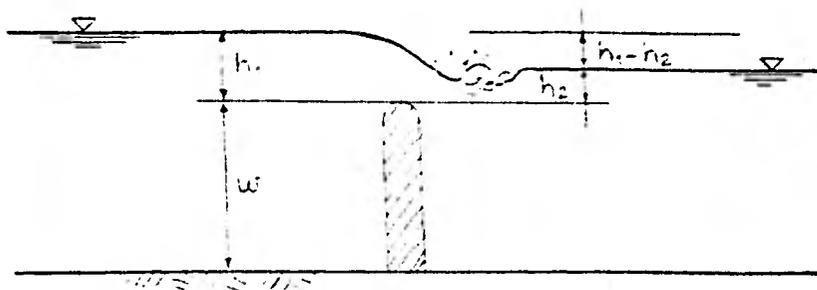
Se indican las instalaciones con las que habrá de contarse en la planta de tratamiento de aguas residuales para cuando se realice la segunda etapa de desarrollo de la terminal.

- Una bomba en cárcamo de bombeo al mar y es probable que se integren al mismo sistema para completarlo:
- Un sistema de incineración y eliminación de lodos.

VII. 3. DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS HIDRAULICAS.

VII.3.a. Laguna de oxidación (vertedor)

Se propone un vertedor ahogado con un funcionamiento en serie



Se utilizarán las siguientes expresiones:

$$Q = C \times L_f \sqrt{2g (h_1 - h_2)} \times \left[\frac{2}{3} (h_1 - h_2) + h_2 \right]$$

$$L_f = L - 0.10 n \cdot h_1$$

$$C = \frac{2}{3} \sqrt{2g M}$$

$$M = 1.02 - \frac{1.015}{h/r + 2.02} + \left[0.24 (h/r + 0.19)^2 + 0.0223 \right] \frac{r}{w}$$

Donde $\frac{h}{r} \leq 4.20$

Datos:

$$w = 2.50 \text{ m}$$

$$r = 0.10 \text{ m}$$

$$\text{Si } \frac{h_1}{r} = 3.0$$

$$h_1 = 3.0 \times 0.10 = 0.30 \text{ m}$$

$$\text{Si } h_2 = 0.25 \text{ m}$$

$$h_1 - h_2 = 0.30 - 0.25 = 0.05 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$M = 1.02 - \frac{1.015}{3.0 + 2.08} + \left[0.01 \times (3.0 + 0.19)^2 + 0.0223 \right] \frac{0.10}{2.50}$$

$$M = 0.8374$$

$$c = 2.0/3.0 \sqrt{2.0 (9.81) \times (0.8374)}$$

$$c = 2.437$$

- Vertedor 1a. Celda

Cálculo de "L" (longitud real)

Para = 9000 GPM + lluvia

$$L_f = \frac{0}{c \times \sqrt{2g (h_1 - h_2)} \left[\frac{2}{3} (h_1 - h_2) + h_2 \right]}$$

$$L_f = \frac{0.661}{2.473 \sqrt{19.62 \times 0.05} \left[\left(\frac{2}{3} \times (0.05) + 0.25 \right) \right]} = 0.95 \text{ m}$$

$$L = L_f + 0.10 \times n \times h_1 = 0.95 + 0.10 \times 2.0 \times 0.30$$

$$L = 1.01 \text{ m}$$

- Vertedor 2a. Celda.

Cálculo de "L" (longitud real)

$$L_f = \frac{0.666}{2.473 \times \sqrt{19.62 \times 0.05} \left[\frac{2}{3} \times (0.05) + 0.25 \right]} = 0.96 \text{ m}$$

$$L = L_f + 0.10 \times n \times h_1 = 0.96 + 0.10 \times 2.0 \times 0.30$$

$$L = 1.02 \text{ m}$$

- Vertedor 3a. Celda.

Cálculo de "L" (longitud real)

$$L_f = \frac{0.668}{2.447 \times \sqrt{19.62 \times 0.05} \left[\frac{2}{3} \times (0.05) + 0.25 \right]} = 0.96 \text{ m}$$

$$L = L_f + 0.10 \times n \times h_1 = 0.96 + 0.10 \times 2.0 \times 0.30$$

$$L = 1.02 \text{ m}$$

- Vertedor 4a. Celda.

Cálculo de "L" (longitud real)

$$L_f = \frac{0.669}{2.447 \times \sqrt{19.62 \times 0.05} \left[\frac{2}{3} \times (0.05) + 0.25 \right]} = 0.96$$

$$L = L_f + 0.10 \times n \times h_1 = 0.96 + 0.10 \times 2.0 \times 0.30$$

$$L = 1.02 \text{ m}$$

- Vertedor 5a. Celda.

Cálculo de "L" (longitud real)

$$L_f = \frac{0.669}{2.447 \times \sqrt{19.62 \times 0.05} \left[\frac{2}{3} \times (0.05) + 0.25 \right]} = 0.96$$

$$L = L_f + 0.10 \times n \times h_1 = 0.96 + 0.10 \times 2.0 \times 0.3$$

$$L = 1.02 \text{ m}$$

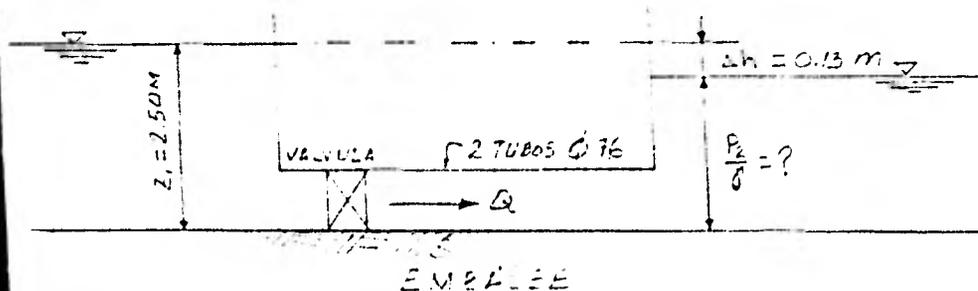
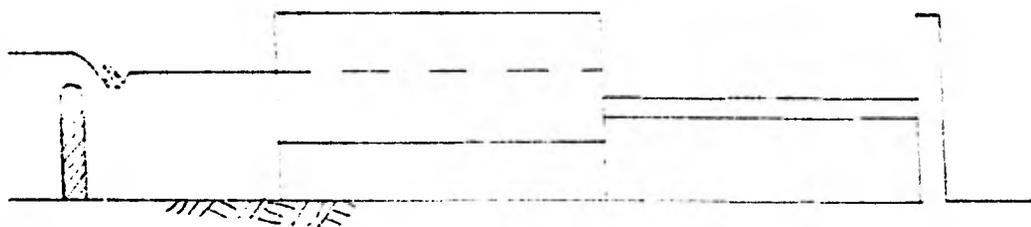
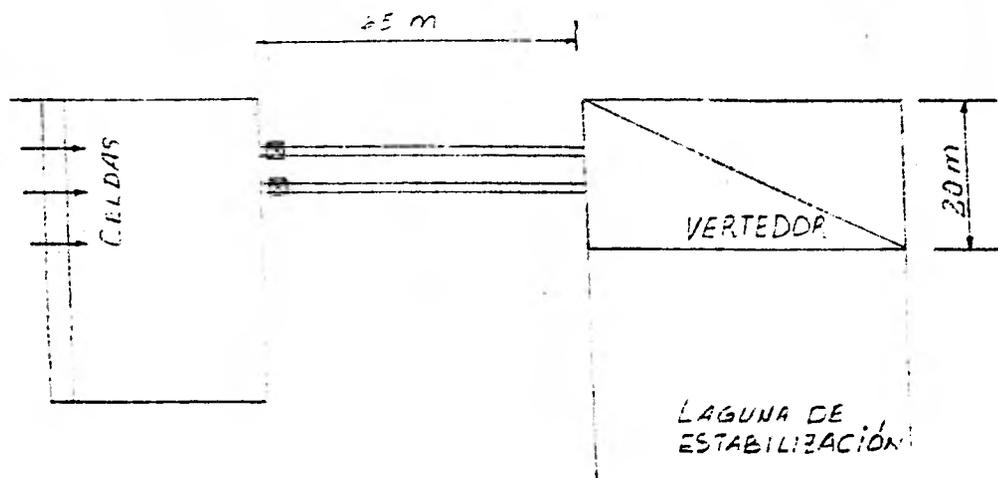
- Vertedor 6a. Celda.

No se requiere porque la descarga es por tuberías y funcionan como orificios ahogados.

RESUMEN DE CALCULOS:

VERTEDOR	GASTO EN (m ³ / seg.)	Lf (M)	L (M)	h ₂ - h ₁ (M)
1a. Celda	0.661	0.95	1.01	0.05
2a. Celda	0.666	0.96	1.02	0.05
3a. Celda	0.668	0.96	1.02	0.05
4a. Celda	0.669	0.96	1.02	0.05
5a. Celda	0.669	0.96	1.02	0.05

VII.3.b. LAGUNA DE OXIDACION Y LAGUNA DE ESTABILIZACION (TUBERIAS DE DESCARGA)



Se utilizarán 2 tubos de diámetro = 76 mm.

$$A = 0.45 \text{ m}^2$$

$$Q = 671. \text{ L/seg.}$$

$$\frac{Q}{2} = \frac{671.0}{2} = 335.0 \text{ L/seg.}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.335}{0.45} = 0.74 \text{ m/seg.}$$

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{(0.74)^2}{2.0 \times 9.81} = 0.028$$

$$\epsilon/D = 0.00033$$

$$Re = \frac{V \times D}{\nu} = \frac{0.74 \times 76.0}{0.016} \text{ (Número de Reynolds)}$$

$$Re = 351500$$

$$f = 0.0173$$

Pérdidas por fricción:

$$hf = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} = 0.0173 \times \frac{65}{0.76} \times 0.028 = 0.041$$

Pérdidas por entrada:

$$h_e = k \times \frac{V^2}{2g} = 0.5 \times 0.028 = 0.014$$

Pérdidas por salida:

$$h_s = \frac{V^2}{2g} = 0.028$$

Pérdidas por válvula:

$$a_1 = 0.45$$

$$a_0 = 80\% a_1$$

$$\frac{a_1}{a_0} = \frac{0.45}{0.8 \times 0.45} = \frac{0.45}{0.36} = 1.25$$

$$h_v = 0.014 \text{ m}$$

De la ecuación de Bernoulli :

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + hf + h + h_s + h_v$$

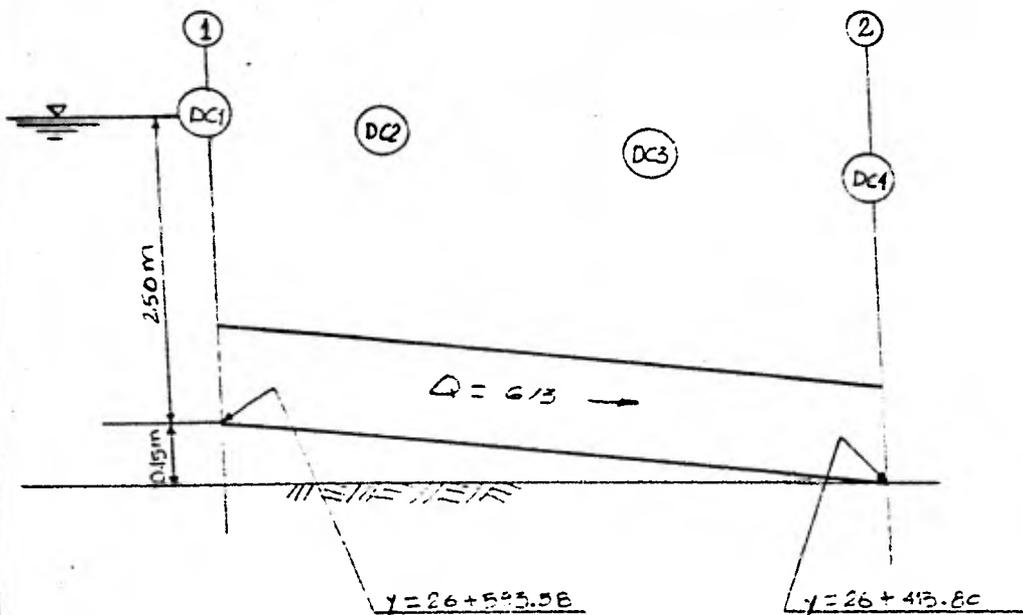
$$2.50 + 0.0 + 0.0 = 0.0 + \frac{P_2}{\gamma} + 0.028 + 0.014 + 0.028 + 0.01$$

$$2.50 = \frac{P_2}{\gamma} = 0.125$$

$$\frac{P_2}{\gamma} = 2.50 - 0.125 = 2.375$$

VII.3c. TUBERIAS (FUNCIONAMIENTO EN PARALELO)

VII.3.c.1. Tramo 29



D.C. = Descarga en la celda 1, 2 etc.

Q = Gasto de descarga en caso de que se interrumpa el funcionamiento de la laguna en una emergencia.

Se supone un tubo de acero con las siguientes características:

$$D = 107.0 \text{ cm.} = 1.07 \text{ m}$$

$$E = 0.25$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \times (1.07)^2}{4} = 0.90 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.613}{0.90} = 0.68 \text{ m/seg.}$$

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{0.68^2}{2 \times 9.81} = 0.0237$$

L = Longitud del tramo de tubo = 180.0 m.

$$\frac{E}{D} = \frac{0.25}{1.07} = 0.000234$$

$$Re = \frac{V \times D}{\gamma} = \frac{68.0 \times 107.0}{0.016} = 454750.0 \text{ (Número de Reynolds)}$$

$$f = 0.016$$

- Pérdidas por fricción:

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} = 0.016 \times \frac{180}{1.07} \times 0.0237 = 0.064 \text{ m}$$

- Pérdidas por entrada:

$$h_e = K \times \frac{V^2}{2g} = 0.50 \times 0.0237 = 0.0119 \text{ m.}$$

- Pérdidas por salida:

$$h_s = K \times \frac{(V_2 - V_1)^2}{2g} : \text{ como } V_2 = V_1$$

$$h_s = 0.0$$

Planteando la ecuación de la energía entre 1 y 2

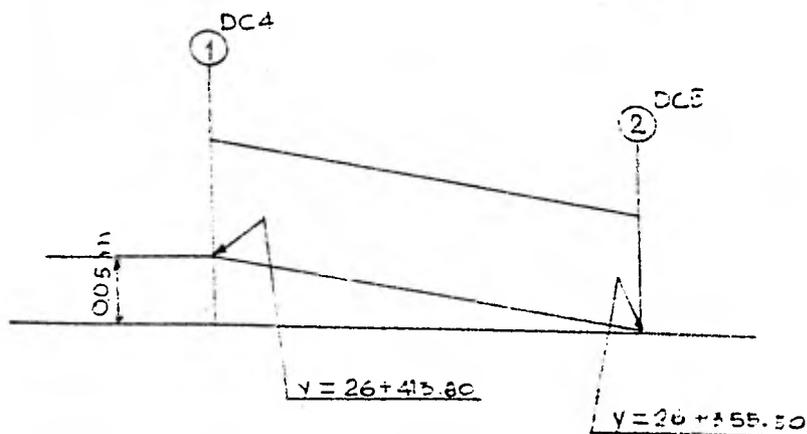
$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_f + h_e + h_s$$

$$0.15 + 2.5 + 0.0237 = 0.0 + 2.50 + 0.0237 + 0.064 + 0.0119 + 0.0$$

$$0.15 > 0.0759$$

Por lo tanto se usará tubería cuyo $D = 107.0$ cm.

VIII.3c.2. Tramo 17



Q = Gasto que circulará cuando estén fuera de servicio dos celdas.

Se propone un tubo de acero con las siguientes características:

$$D = 122 \text{ cm.} = 1.22 \text{ m.}$$

$$\epsilon = 0.25$$

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times (1.22)^2}{4} = 1.17 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.804}{1.17} = 0.68 \text{ m/seg.}$$

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{0.68^2}{2.0 \times 9.81} = 0.0237$$

L = Longitud tramo del tubo = 62.0 m.

$$\frac{E}{D} = \frac{0.25}{1.22} = 0.000205$$

$$Re = \frac{V \times D}{\nu} = \frac{68 \times 122}{0.016} = 518500 \text{ (Número Reynolds)}$$

$$f = 0.016$$

- Pérdidas por fricción:

$$hf = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} = 0.016 \times \frac{62.0}{1.22} \times 0.0237 = 0.019 \text{ m.}$$

- Pérdidas por entrada:

$$h_e = k \times \frac{V^2}{2g} = 0.5 \times 0.0237 = 0.0119 \text{ m.}$$

- Pérdidas por salida:

$$h_s = K (V_2 - V_1) ; \text{ como } V_2 = V_1$$

$$h_s = 0.0$$

Planteando la ecuación de la energía entre 1 y 2.

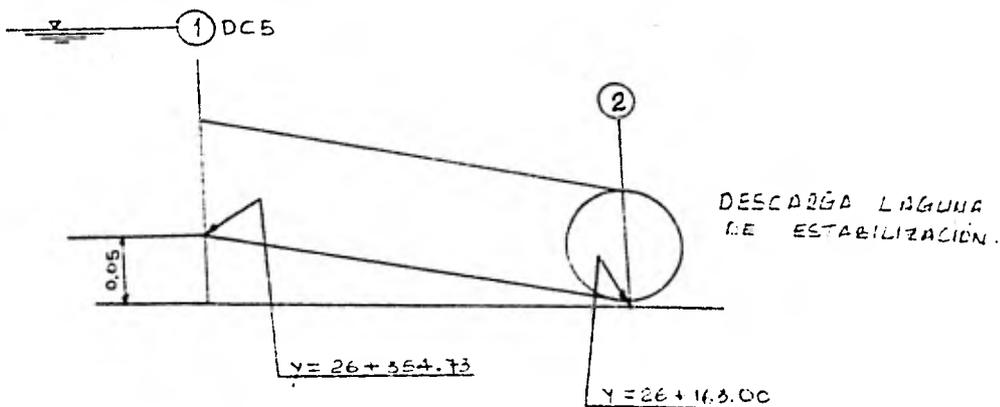
$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + hf + h_e + h_s$$

$$0.05 + 2.5 + 0.0237 = 0.0 + 2.5 + 0.0237 + 0.019 + 0.0119 + 0.0$$

$$0.05 > 0.0309$$

Por lo tanto se usará tubería cuyo $D = 122$ cms.

VII.3.c.3. Tramo 18.



Q = Gasto que circulará cuando esté fuera de servicio -- una celda.

Se propone una tubería de acero con las siguientes características:

$$D = 122 \text{ cm} = 1.22 \text{ m.}$$

$$\epsilon = 0.25$$

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times 1.22}{4} = 1.17 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.850}{1.17} = 0.726 \text{ m/seg.}$$

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{(0.726)^2}{2 \times 9.81} = 0.0269$$

L = Longitud del tramo del tubo = 207.0 m.

$$\frac{\epsilon}{D} = \frac{0.25}{1.22} = 0.000205$$

$$Re = \frac{V \times D}{\nu} = \frac{726 \times 122}{0.016} \times 553575$$

$$f = 0.0158$$

- Pérdidas por fricción:

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} = 0.0158 \times \frac{207.0}{1.22} \times 0.0269 = 0.072 \text{ m.}$$

- Pérdidas por entrada:

$$h_e = K \times \frac{v^2}{2g} = 0.5 \times 0.0269 = 0.0135$$

- Pérdidas por salida:

$$h_s = 0.0$$

Planteando la ecuación de la energía entre 1 y 2.

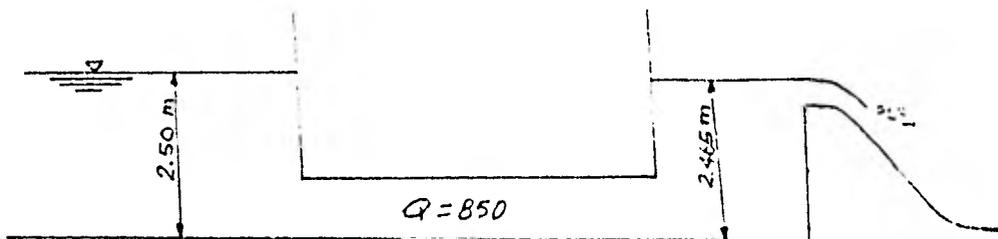
$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_f + h_e + h_s + \frac{P_2}{\gamma}$$

$$0.05 + 2.50 + 0.0269 = 0 + \frac{P_2}{\gamma} + 0.0269 + 0.072 + 0.0135$$

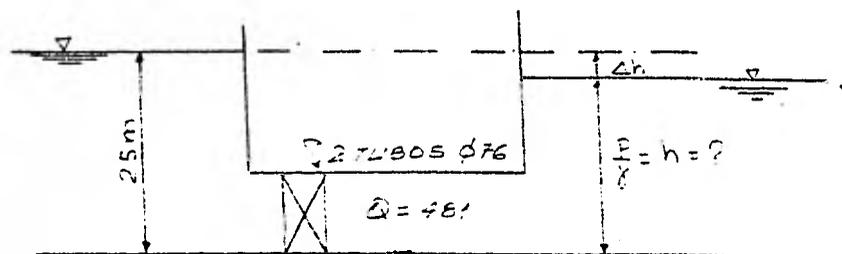
$$2.55 = \frac{P_2}{\gamma} + 0.085$$

$$\frac{P_2}{\gamma} = 2.55 - 0.085 = 2.465 \text{ m.}$$

De acuerdo a los cálculos anteriores el embalse en el registro distribuidor queda con las siguientes características:



VII.3.c.4. Tramo 19 (Embalse)



Q = Gasto que circulará en dos tubos de acero con las siguientes características:

$$D = 76 \text{ cm} = 0.76 \text{ m.}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \times 0.76}{4} = 0.45 \text{ m}$$

$$Q = 481 \text{ L/seg.}$$

$$\frac{Q}{2} = 240 \text{ L/seg.}$$

$$V = \frac{Q/2}{A} = \frac{0.240}{0.45} = 0.53 \text{ m/seg.}$$

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{(0.53)^2}{2 \times 9.81} = 0.0145$$

L = Longitud del tramo de los tubos = 65.0 m.

$$\frac{E}{D} = 0.00033$$

D

$$Re = \frac{V \times D}{\nu} = \frac{53 \times 76}{0.016} = 251750 \quad (\text{Número de Reynolds})$$

$$f = 0.0176$$

- Pérdidas por fricción:

$$hf = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} = 0.0176 \times \frac{65.0}{0.76} \times (0.0145) = 0.022 \text{ m}$$

- Pérdidas por entrada:

$$h = K \times \frac{V^2}{2g} = 0.5 \times 0.0145 = 0.007$$

- Pérdidas por salida:

$$hs = 0.0145 \text{ m}$$

- Pérdidas por válvula:

$$K_1 = 0.45$$

$$K_0 = 80\% K_1$$

$$\frac{K_1}{K_0} = \frac{0.45}{0.8 \times 0.45} = 1.25$$

$$hv = 0.0075$$

Planteando la ecuación de la energía entre 1 y 2.

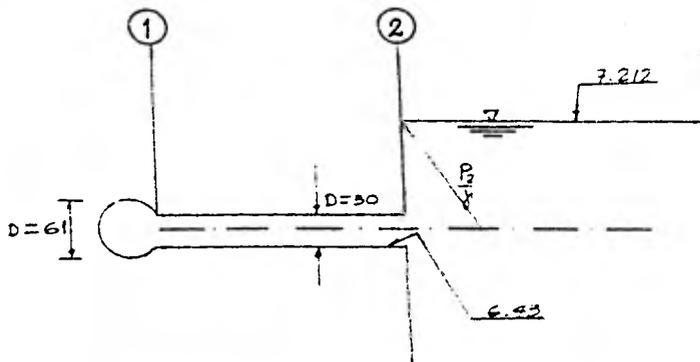
$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + hf + h + hs + hv$$

$$2.5 + 0.0 + 0.0 = 0 + \frac{P}{\gamma} + 0.0145 + 0.022 + 0.007 + 0.0145 + 0.0075$$

$$2.5 = \frac{P}{\gamma} + 0.07$$

$$\frac{P}{\gamma} = h = 2.43 \text{ ,}$$

VII.3.c.5. Tramo 32 (Tubería de descarga a máquinas de flotación).



Planteando la ecuación de la energía entre 1 y 2.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = hf + h_e + h_s + h_v + \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + Z_2$$

$$Z_1 = 0.0$$

$$\frac{P_1}{\gamma} = ?$$

$$Q = 205 \text{ L/seg.}$$

$$A_1 = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times (0.61)^2}{4} = 0.29 \text{ m}^2$$

$$V_1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{0.205}{0.290} = 0.70 \text{ m/seg.}$$

$$\frac{V_1^2}{2g} = \frac{(0.70)^2}{2 \times 9.81} = 0.025 \text{ m.}$$

$$Z_2 = 0$$

$$\frac{P_2}{\gamma} = 0.49$$

δ

$$Q = 205 \text{ L/seg.}$$

$$A_2 = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times (0.30)^2}{4} = 0.071 \text{ m}^2$$

$$V_2 = \frac{Q}{A_2} = \frac{0.205}{0.071} = 2.90 \text{ m/seg.}$$

$$\frac{V_2^2}{2g} = \frac{(2.90)^2}{2 \times 9.81} = 0.43$$

- Pérdidas por fricción:

$$h_f = 0.14 \text{ (para 5 m. de longitud)}$$

- Pérdidas por entrada:

$$h = 0.22$$

- Pérdidas por salida:

$$h_s = 0.09$$

- Pérdidas por válvula:

$$h_v = 0.003$$

Sustituyendo los valores conocidos en la ecuación de la --
energía:

$$0.0 + \frac{P_1}{\gamma} + 0.025 = 0.0 - 0.49 + 0.43 + 0.14 + 0.22 + 0.09 + 0.003$$

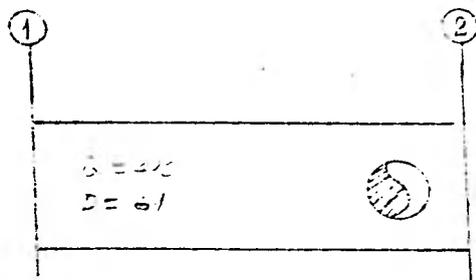
$$\frac{P_1}{\gamma} + 0.025 = 1.383$$

δ

$$\frac{P_1}{\gamma} = 1.358 \text{ m.}$$

δ

VII.3.c.6. Tramo 33.



Planteando la ecuación de la energía entre 1 y 2.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2g} + hf + h_z + hr + hcd$$

$$Z_1 = 0.0$$

$$\frac{P_1}{\rho} = ?$$

$$\frac{V_1^2}{2g} :$$

$$Q = 410 \text{ L/seg.}$$

$$D = 76 \text{ cm} = 0.76 \text{ m}$$

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times (0.76)^2}{4.0} = 0.453 \text{ m}^2$$

$$V_1 = \frac{Q}{A} = \frac{0.410}{0.453} = 0.90 \text{ m/seg.}$$

$$\frac{V_1^2}{2g} = \frac{(0.90)^2}{2 \times 9.81} = 0.041 \text{ m}$$

$$Z_2 = 0.0$$

$$\frac{V_2^2}{2g} :$$

$$Q = 205 \text{ L/seg.}$$

$$D = 61 \text{ cm} = 0.61 \text{ m}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \times 0.61^2}{4} = 0.29 \text{ m}^2$$

$$V_2 = \frac{Q}{A} = \frac{0.205}{0.29} = 0.70 \text{ m/seg.}$$

$$\frac{V_2^2}{2g} = \frac{(0.70)^2}{2 \times 9.81} = 0.025 \text{ m}$$

$$P_2 = 1.348$$

δ

- Pérdidas por fricción:

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V_2^2}{2g} = 0.0188 \times \frac{8.6}{0.61} \times 0.025 = 0.007 \text{ m}$$

- Pérdidas por entrada:

$$h_e = K_1 \times \frac{V_2^2}{2g} = 0.5 \times 0.025 = 0.0125$$

- Pérdidas por reducción brusca:

$$h_R = K_2 \times \frac{V_2^2}{2g} = 0.4 \times 0.014 = 0.01$$

- Pérdidas por cambio de dirección:

$$h_{cd} = K_3 \times \frac{V_2^2}{2g} = 0.25 \times 0.025 = 0.006$$

Sustituyendo los valores conocidos en la ecuación de la energía:

$$0.0 + \frac{P_1}{\gamma} + 0.041 = 0.0 + 1.348 + 0.025 + 0.007 + 0.0125 + 0.01 + 0.006$$

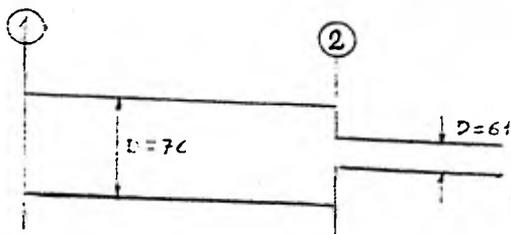
$$\frac{P_1}{\gamma} + 0.041 = 1.4085$$

δ

$$\frac{P_1}{\gamma} = 1.368 \text{ m}$$

δ

VII.3.c.6. Tramo 34



Planteando la ecuación de la energía entre 1 y 2.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + hf + h + hR$$

$$Z_1 = 0$$

$$\frac{P_1}{\gamma} = ?$$

$$\frac{V_1^2}{2g} :$$

$$Q = 614 \text{ L/seg.}$$

$$D = 91 \text{ cm} = 0.91 \text{ m}$$

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times (0.91)^2}{4.0} = 0.65 \text{ m}^2$$

$$V_1 = \frac{Q}{A} = \frac{0.614}{0.65} = 0.95 \text{ m/seg.}$$

$$\frac{V_1^2}{2g} = \frac{(0.95)^2}{2 \times 9.81} = 0.046 \text{ m}$$

$$Z_2 = 0.0$$

$$\frac{P_2}{\gamma} = 1.368 \text{ m}$$

$$\frac{V_2^2}{2g} = 0.041 \quad (\text{con } D = 76 \text{ cm})$$

- Pérdidas por fricción:

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V_1^2}{2g} = 0.0168 \times \frac{8.50}{0.76} \times 0.046 = 0.01 \text{ m}$$

- Pérdidas por entrada:

$$h = K_1 \times \frac{V_1^2}{2g} = 0.5 \times 0.046 = 0.023$$

- Pérdidas por reducción brusca:

$$h_R = K_2 \frac{V_1^2}{2g} = 0.24 \times 0.041 = 0.01 \text{ m}$$

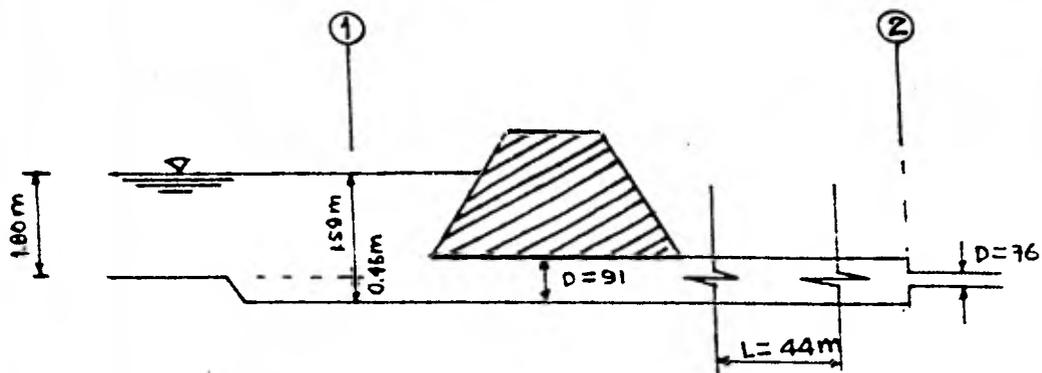
Sustituyendo los valores conocidos en la ecuación de la energía:

$$0.0 + \frac{P_1}{\gamma} + 0.046 = 0.0 + 1.368 + 0.041 + 0.01 + 0.023 + 0.01$$

$$\frac{P_1}{\gamma} + 0.046 = 1.452$$

$$\frac{P_1}{\gamma} = 1.406 \text{ m}$$

VII. 3.c.7. Tramo 35



Planteando la ecuación de la energía entre 1 y 2.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + hf + h + hR$$

$$Z_1 = 0.0$$

$$P_1/\gamma = ?$$

$$\frac{V_1^2}{2g} = 0.0$$

$$Z_2 = 0.0$$

$$\frac{P_2}{\gamma} = 1.406 \text{ m}$$

$$\frac{V_2^2}{2g} :$$

$$Q = 615 \text{ L/seg.}$$

$$D = 91 \text{ cm} = 0.91 \text{ m}$$

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times (0.91)^2}{4.0} = 0.65 \text{ m}^2$$

$$V_2 = \frac{Q}{A} = \frac{0.615}{0.650} = 0.95 \text{ m/seg.}$$

$$\frac{V_2^2}{2g} = \frac{(0.95)^2}{2 \times 9.81} = 0.046 \text{ m}$$

- Pérdidas por fricción:

$$hf = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V_2^2}{2g} = 0.0168 \times \frac{44.0}{0.91} \times 0.046 = 0.037$$

- Pérdidas por entrada:

$$h = K_1 \times \frac{V_2^2}{2g} \times Ne = 0.50 \times 0.046 \times 3.0 = 0.069 \text{ m}$$

Ne = Número de entradas.

- Pérdidas por Reducción

$$hR = K_2 \times \frac{V_2^2}{2g} \times NR = 0.23 \times 0.046 \times 3.0 = 0.032 \text{ m}$$

NR = Número de Reducciones.

Sustituyendo los valores conocidos en la ecuación de la energía:

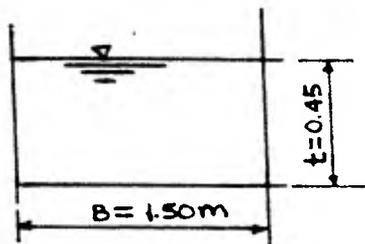
$$0.0 + \frac{P_1}{\gamma} = 0.0 = 0.0 + 1.406 + 0.046 + 0.037 + 0.069 + 0.032$$

$$\frac{P_1}{\gamma} = 1.59 \text{ m}$$

VII. 3.c.8. Tramo 36, 37 y 38.

Tramo 36:

Se propone la siguiente sección:



$$A = B \times t = 1.50 \times 0.45 = 0.675 \text{ m}^2$$

$$P = B + 2t = 1.5 + 2 \times 0.45 = 2.40 \text{ m}$$

$$R_h = \frac{A}{P} = \frac{0.675}{2.40} = 0.281$$

$$\frac{2}{3} \quad \frac{2}{3}$$

$$R_h = (0.281)^{\frac{2}{3}} = 0.43$$

$$S = 0.002$$

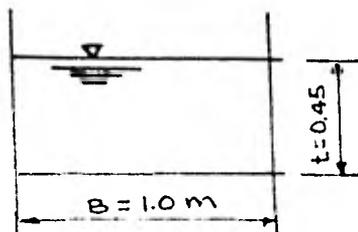
$$\frac{1}{2} \\ S = 0.0447$$

$$V = 0.96 \text{ m/seg.}$$

$$Q = 647 \text{ L/seg.} > 570 \text{ L/seg.} \therefore \text{OK.}$$

Tramo 37:

Se propone la siguiente sección:



$$A = B \times t = 1.0 \times 0.45 = 0.45 \text{ m}^2$$

$$P = B + 2 t = 1.0 + 2 \times 0.45 = 1.90 \text{ m}$$

$$R_h = \frac{A}{P} = \frac{0.45}{1.90} = 0.237$$

$$R_h = (0.237)^{\frac{2}{3}} = 0.383$$

$$S = 0.002$$

$$S^{\frac{1}{2}} = 0.0447$$

$$V = 0.856$$

$$Q = 385 \text{ L/seg}, > 380 \text{ L/seg} \therefore \text{OK}$$

$$\text{Tramo 38} = \text{Tramo 37}$$

VII.3.D. LAGUNA DE ESTABILIZACION (Vertedor de Entrada).

Este vertedor se diseñará para dos gastos, los cuales se calculan a continuación:

a.- Gasto del Vertedor en la 1a. Etapa.

380 L/seg. + lluvia en laguna de igualación + lluvia en laguna de oxidación.

Funcionando en serie:

$$Q_1 = 380 + 43 + 58 = 481 \text{ L/seg.}$$

Funcionando en paralelo:

$$Q_2 = 380 + 43 + 237 = 660 \text{ L/seg.}$$

b.- Gasto del Vertedor en la 2a. Etapa.

570 L/seg. + lluvia en laguna de igualación + lluvia en laguna de oxidación.

Funcionando en serie:

$$Q_3 = 570 + 43 + 58 = 671 \text{ L/seg.}$$

Funcionando en paralelo:

$$Q_4 = 570 + 43 + 237 = 850 \text{ L/seg.}$$

Análisis de los gastos anteriores.

Para $Q_1 = 481 \text{ L/seg.}$

$$Q = C L H^{3/2}$$

$$L = 52.0 \text{ m.}$$

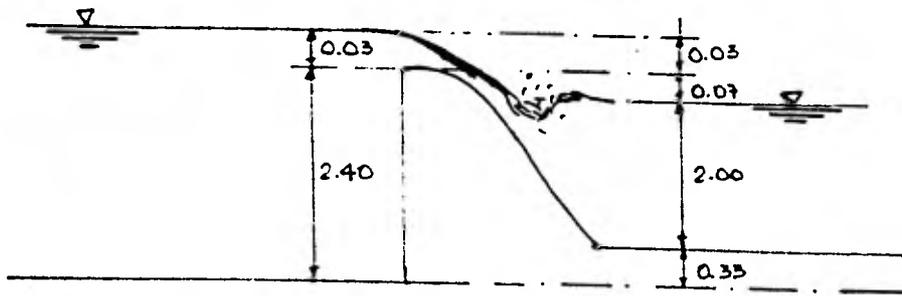
$$H = 0.03 \text{ m}$$

$$M = 1.02 - \left[\frac{1.015}{\frac{0.03}{0.10} \cdot 2.08} \right] + \left[0.04 \left(\frac{0.03}{0.10} + 0.19 \right)^2 + 0.0223 \right] \times \frac{0.1}{2.3}$$

$$M = 0.595$$

$$C = \frac{2}{3} \sqrt{2g} \times M = \frac{2}{3} \times \sqrt{2 \times 9.81} \times 0.595 = 1.757$$

$$H = \left[\frac{Q_1}{C \times L} \right]^{2/3} = \left[\frac{0.481}{1.757 \times 52.0} \right]^{2/3} = 0.03 \text{ m} \quad \therefore \text{OK}$$



Para $Q_3 = 671 \text{ L/seg.}$

$$Q = C \times L \times H^{3/2}$$

$$L = 52.0 \text{ m}$$

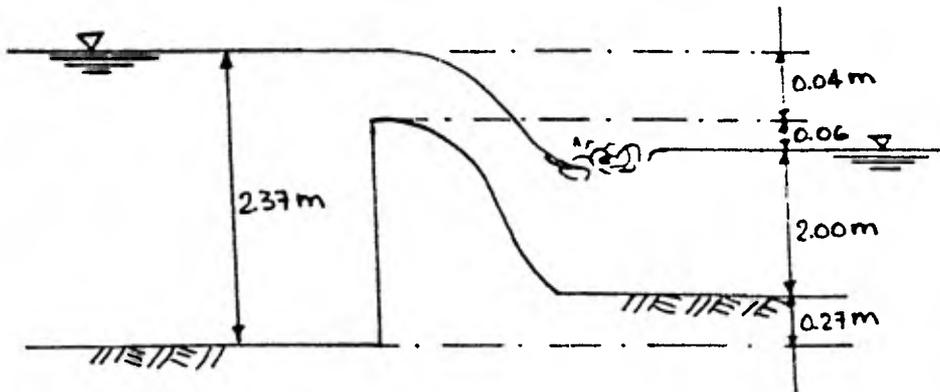
$$h = 0.04 \text{ m}$$

$$M = 1.02 - \left[\frac{1.015}{\frac{0.04}{0.10} + 2.08} \right] + \left[0.04 \left[\frac{0.04}{0.10} + 0.19 \right]^2 + 0.0223 \right] \times \frac{0.1}{2.3}$$

$$M = 0.612$$

$$C = \frac{2}{3} \sqrt{2 \times g \times M} = \frac{2}{3} \times \sqrt{2 \times 9.81} \times 0.612 = 1.808$$

$$H = \left[\frac{Q^3}{C \times L} \right]^{2/3} = \left[\frac{0.671}{1.808 \times 52.0} \right]^{2/3} = 0.037 \text{ m} \therefore \text{OK}$$



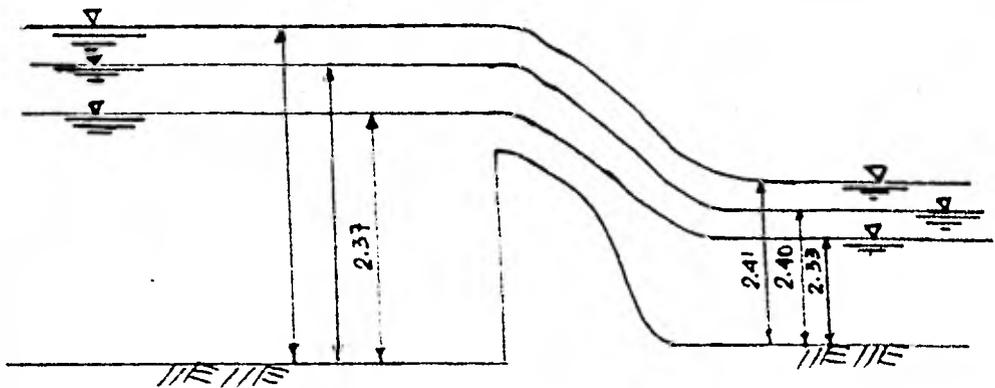
- Conclusión:

El vertedor de entrada a la laguna de estabilización queda diseñado, condición crítica, con las siguientes características:

$$Q = 671 \text{ L/seg.}$$

$$h = 0.04 \text{ m.}$$

$$\text{cresta} = 33 \text{ m}$$



VII.3.E. VERTEDOR DE DESCARGA AL CARCAMO.

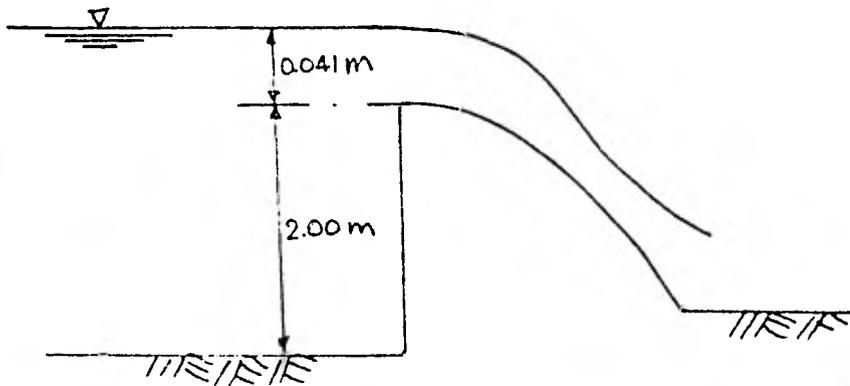
$$Q = C L H^{3/2}$$

$$Q = 917 \text{ L/seg.}$$

$$L = 52.0 \text{ m}$$

$$C = 2.10 \text{ m}$$

$$H = \frac{Q}{C \times L}^{2/3} = \frac{0.917}{2.10 \times 52.0}^{2/3} = 0.041 \text{ m}$$



VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Para finalizar este trabajo es conveniente hacer una relación de los aspectos más útiles, a quienes invitados por el título y la presentación del mismo tengan a bien consultar lo.

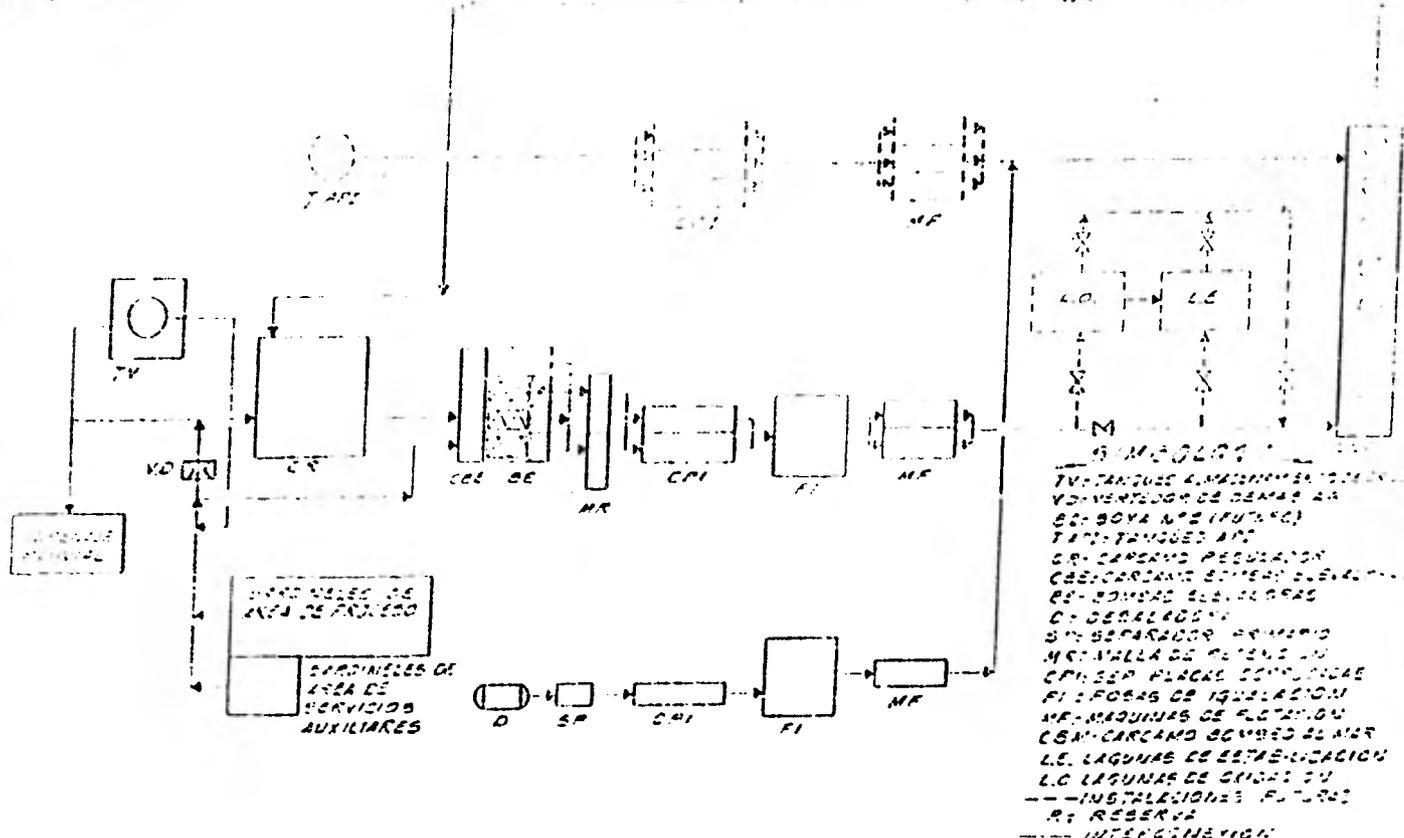
El análisis conceptual de la planta de tratamiento debe considerar la planeación de una etapa inmediata y su desarrollo integral a largo plazo. Lo anterior se enfocará al diseño y localización de los diferentes elementos que la integran, como son: ampliaciones en instalaciones, en servicios y de infraestructura tanto civil como electromecánica.

Durante el desarrollo del proyecto deberán considerarse las siguientes etapas:

- 1a.- El inicio deberá plantear un estudio a gran visión de las necesidades de la planta, esta primera etapa se representará con el arreglo general de las diferentes estructuras y equipo necesarios, así mismo se complementará con un antepresupuesto del total de la obra.
- 2a.- Se realizará un estudio de prefactibilidad que afinará los datos del estudio general a gran visión.
- 3a.- Finalmente se hará un proyecto de detalle que considerará la topografía real de la zona, los estudios necesarios de mecánica de suelos y las características exactas del equipo.
En esta etapa se define el costo real de la obra y el programa constructivo, tanto en la parte civil como en la electromecánica.

Para concluir este capítulo es importante garantizar el debido cumplimiento de las especificaciones referentes a los procedimientos constructivos y de diseño de las diferentes estructuras, lo cual se logrará mediante la instalación de diversos laboratorios de campo en las áreas de mecánica, de suelos, hidráulica (para pruebas hidrostáticas), de resistencia de materiales y fundamentalmente la supervisión del equipo electromecánico.

24 1954



LEYENDA:
 TV-TANQUE A MAQUINARIA
 VD-VENTEDOR DE DEMAS
 CB-BOYA MPE (FUTURO)
 TAP-TANQUE AP
 CR-CARBAMO REGULADOR
 CBE-CARBAMO BOMBAS
 RS-BOMBAS DE RESERVA
 D-DEBILIDAD
 SP-SEPARADOR
 MR-MALLA DE FIBRA
 CPI-SEPARADOR DE FLOTTACION
 FI-FOGAS DE IZOLACION
 ME-MAQUINAS DE FLOTACION
 CB-CARBAMO BOMBAS
 LC-LAGUNAS DE ESTABILIZACION
 LQ-LAGUNAS DE OXIGEN
 - - -INSTALACIONES FUTURAS
 R-RESERVA
 - - -INTERCONEXION

ANEXO No. 3

REGISTRO DE LA PRECIPITACION
PLUVIAL EN LA ESTACION METEOROLOGICA
DE PARAISO, TABASCO

Periodo comprendido entre 1961 y 1977

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
						19.1		50.3				22.0
	5.1								9.0			14.3
	15.3							14.2	11.7	15.0		15.0
				15.0		20.1				11.7		15.0
				20.1		14.3				11.7		15.0
				12.7		10.2	11.0		1.2	11.5		15.0
				65.2	2.0	105.4	129.7	66.7	109.9	511.6	15.2	150.0
	122.8	101.6	1.2	2.5	15.4	10.5	1.1	2.1	3.7	17.1	2.9	150.0
	25.1	12.1	15.2	20.1	3.0	20.4	13.2	0.5	3.0	172.7	21.6	15.0
			0.6			10.3				21.3	2.0	
	15.3	15.3		2.0	0.0	5.0	4.0	2.0	2.8		3.0	
				1.0				2.6	5.0			
	5.0		3.1	2.1								
	9.0		2.0			4.1	5.0		16.0	72.0		
	14.0						1.5	6.0				
							6.9	1.9				
	14.1						13.0		26.3			
	6.6		7.0				2.0					
							10.8	4.0		14.5		
			5.1				1.0					
									21.6			
	2.6					6.0	29.3			6.0	12.6	
	2.0					3.8				4.8		
				17.3							26.3	
		20.1							20.7			17.3
		4.0						0.1		60.5	10.0	
		20.0						1.0		21.0		
		26.2					20.6					
		0.0					6.6					
	14.1	8.6					3.0	3.0	15.3		3.0	
	2.0	0.0						2.0	10.8		1.3	
		21.6						23.3	66.7		6.0	
	10.0	0.4	26.3				5.0		70.1			
	15.3		19.0					3.0	9.0	6.0		
							6.3			59.6		
		3.7			26.6			6.0			18.0	
					20.3						25.5	
										34.3		
										12.1		
	149.1	116.6	72.3	30.9	34.9	111.9	83.5	65.9	342.5	290.4	112.9	167.2
	4.3	4.3	2.3	1.6	1.6	3.7	2.7	2.1	11.4	9.4	3.8	5.2
	19.3	26.2	36.3	17.3	26.6	41.0	29.3	23.3	80.8	95.6	26.3	35.0
			3.0									
		2.0				12.5						2.0
	0.5	4.0		17.0			3.0					1.0
				12.0								12.0
									8.6	4.2		
		15.8								3.6	2.0	
		2.3	2.0				9.0			6.4		
	51.0	21.6	0.6				12.0			20.0		
	2.3	0.9							11.5	16.7		
	11.1									12.8	5.3	
	15.4						2.3	3.0		3.0		

DIA	M											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
12	5.0							37.7		31.5		
13						27.6			2.6	5.0		
14						6.0		10.3	7.6			
15					11.0	3.0			31.5	12.6		
16					2.4	2.4	6.0	2.0	81.1	19.1		
17					22.8	19.0		5.6		1.0		
18	10.0				15.0	15.0		4.1		6.0		
19	5.0				6.0	26.7						
20	1.0	3.6										10.6
21									31.5			26.4
22		21.5						9.3	8.0			
23		3.4						3.2	21.1	12.7		
24	11.1								36.7			
25	2.0	28.8							30.0	1.0		
26									101.9			
27									26.5			
28						7.3		21.1	43.8	6.0		
29								2.2		10.6		
30	164.5	161.7	3.6	29.6	15.6	143.4	32.3	101.7	412.7	229.2	55.1	161.9
31	5.4	3.7	6.7	1.0	5.4	6.7	1.0	3.3	13.6	1.8	1.8	3.9
Media en 24 horas	53.8	26.8	3.0	17.0	11.0	26.6	12.0	37.7	100.8	80.3	22.7	34.6
1					3.2					8.0		
2								20.0				
3								2.0			7.0	11.4
4	19.4	11.0	21.3		4.5			5.6				7.0
5	3.0	26.1						2.0				
6		4.0								4.0		
7	15.0		2.0							2.6		
8	6.4								12.3			4.0
9						8.6			20.5		24.5	
10	31.2			1.5				3.6		16.3	16.0	
11	13.0			5.6							7.0	
12	13.0				2.6	6.8		20.0		17.5		
13	22.8							21.1		6.3		51.5
14		17.6								14.0	0.3	
15												
16		3.0	7.2									
17						6.6			15.7		21.6	
18					20.6	18.0			16.6		22.3	
19						34.0		5.6	10.0			
20	49.3				36.7	2.4	3.3	4.3		121.6	12.6	
21					29.5					12.3		
22			5.0					3.8				
23			15.8						10.5	21.3		
24	2.0	2.2							19.6	2.6		13.1
25									8.0			
26				11.6	25.7					2.0		
27								4.0				
28						4.0		15.5	8.5			
29								5.0				
30		8.0						12.0		3.0		
31				3.5		0.3		6.5			14.0	
Media Mensual	174.8	71.9	52.6	21.8	121.5	49.0	91.9	74.4	198.1	256.2	181.3	152.7
Media Mensual	5.6	3.5	1.7	0.7	4.0	3.0	3.0	2.4	4.9	8.5	6.0	3.0
Media en 24 horas	49.3	25.1	21.1	11.0	36.7	38.0	26.0	23.1	27.5	121.8	73.8	52.3

DIA	II												
	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1							17.7		3.1	15.9	Impreciable	2.5	15.4
2								11.5	16.9			1.5	
3								10.3	11.7				
4								19.1	1.7	15.8			
5								2.0	3.7				
6						12.6		0.1	1.0				
7								3.5	11.5				
8						11.9		20.2	157.5	221.3	7.9		
9						0.6		7.0	5.1	7.4	205.5	167.1	110.2
10								6.6			6.6	5.4	
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
Mensual	414.6	67.7	25.3	24.3	17.5	401.1	129.9	166.1	81.3	152.5	160.9	207.1	
Extrínseco	14.3	2.3	0.6	0.8	0.1	13.4	4.2	5.2	2.8	4.9	6.4	7.2	
Máxima en 24 horas	132.1	31.9	19.8	21.5	3.0	82.9	29.5	38.3	11.8	47.8	44.6	129.0	
1							6.4						
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
Mensual													
Extrínseco													
Máxima en 24 horas													

1922

1973

DIA		11												
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1574	1	0.2				9.5			16.7					
	2					6.6			3.5			4.0		
	3					38.5			2.1	21.7				
	4								1.3	56.6				
	5								1.1		60.0	16.0		
	6							7.5						
	7							6.4	13.5	25.7	13.5	12.0		
	8								5.0	17.2	12.3	27.5		
	9													
	10							17.6		21.9	10.0	61.9		15.1
	11							31.7	11.0	30.0		51.7		
	12							11.0		18.0	2.2	161.1		
	13									18.0	2.3	48.0		
	14									20.9		29.6		
	15									20.2		12.0		
	16					12.4			6.3					
	17									14.0	5.8	13.2	20.1	
	18									4.1	13.4		17.0	
	19						33.3		3.6	18.5			9.0	
	20						21.5		10.0	5.3			9.0	
	21						111.3	207.8	166.5	132.1	238.9	507.2	37.9	
	22						3.6	67.6	3.4	13.9	8.0	17.7	3.9	
	23													
	24					19.4	39.5	61.0	26.9	23.9	26.6	161.1	26.3	
	25													
	26													
	27													
	28													
	29													
	30													
	31													
Promedio		78.7	20.1	3.2	22.6	111.3	207.8	166.5	132.1	238.9	507.2	37.9		
Máximo en 24 horas		37.0	48.5	5.0	20.5	40.0	70.5	17.5	30.0	-	140.0	120.0	24.2	
Mínimo		78.4	156.6	5.0	47.0	165.7	328.1	60.1	113.2		377.7	417.9	26.8	
Promedio		2.3	5.8	0.7	1.6	3.4	10.7	1.6	3.7		15.2	13.0	0.6	
Máximo en 24 horas		37.0	48.5	5.0	20.5	40.0	70.5	17.5	30.0	-	140.0	120.0	24.2	

Date	II										5		
	ENR	FRB	SEAR	ASB	DAVE	JTB	JDL	ATD	SEP	CCF	WV	DIC	
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
Month	114.3	225.0	12.0	19.0	62.5	116.4	45.0	62.3	41.4	502.5	35.0	65.1	
Previous	5.7	9.4	0.4	0.6	2.0	3.9	1.5	2.0	13.7	16.2	8.8	2.7	
Maxima in	32.3	113.3	5.6	19.0	62.3	27.5	15.2	33.6	164.0	110.0	51.7	43.4	
2 hours													
1						1.5		4.5		5.3	1.4	7.5	
2								3.9		7.3	3.0	21.5	
3													
4	2.6												
5	45.0												
6													
7		0.5											
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
Month													
Previous													
Maxima in													
2 hours													
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
Month													
Previous													
Maxima in													
2 hours													

1376

MIA	Año											
	JAN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1						2.4	1.5					2.4
2		2.0				21.6	11.7			6.0		
3	11.1	2.5						3.5				
4	1.5	1.1				2.5		5.0	1.0		1.3	
5						1.5		1.5	1.0		2.1	0.5
6						1.5		2.0			1.7	
7						1.5		5.0		7.1		
8	25.5	21.6			10.5	136.1	97.4	182.0	97.2	100.7	211.3	210.5
9	7.1	2.4			1.7	1.5	1.1	3.1	3.2	11.7	11.1	11.5
10	12.0	35.3			15.0	27.5	21.4	28.3	28.6	142.0	51.1	55.1
11		17.5				2.0						
12		2.5					1.0		5.2	5.5		
13	2.0	1.7					15.0	4.6	11.2	2.3		
14		32.0	3.6				12.4	5.1			2.2	
15		111.0				1.0	21.0			13.5		
16						25.5	3.5					
17	0.3	2.7	1.4	6.6		21.6		9.7		5.0		
18		6.0	3.2	2.1		1.3						
19	2.1					1.0	6.3	13.9			4.5	
20	3.0			3.2			2.0	6.0			46.5	
21	2.0							4.8			11.0	
22	0.7							6.2		125.1	11.4	
23		6.6								2.8		
24		6.1					6.2		21.2			
25		14.5					1.3		11.3			
26	4.6											
27	10.2	3.0				3.0		2.5	22.7	2.1		
28						1.9			15.3			
29	5.7					31.0			30.6			
30						27.7						
31						21.5			7.5			
32									46.4			
33			7.2	1.4			13.5				1.3	
34							3.5	1.9				
35										3.5		
36						2.4		11.6		2.5		
37										6.2		
38										1.2		
39	0.8								13.8			
40									9.1			
41									1.0			
42	40.5	9.7										
43	25.5	25.8	15.1	13.8	0.0	143.9	95.8	74.6	203.2	171.0	79.9	
44	2.4	6.5	0.5	0.5	0.0	4.8	3.1	2.4	6.8	5.5	7.2	
45	40.5	111.0	4.2	6.6	0.0	31.0	22.0	13.9	46.4	125.1	46.5	

NOTAS:

Los espacios que aparecen en blanco significan valor cero

Los espacios marcados con guión corresponden a valores no registrados.

La información correspondiente al año de 1970 no fue localizada.

CALCULO DE ESCURRIMIENTOS Y VOLUMENES ACUMULADOS POR PRECIPITACION PLUVIAL

1a. ETAPA

HS.	DURACION		INTENSIDAD mm/H.	(mm) I x D	Q (TECHOS) m ³ /S	V ₁ m ³	(PROCESO S ₃ AUX.) m ³ /S	V ₂ m ³
	MIN.							
0	0		0					
1	60		79.3	79.30	1.323	4763	0.695	2500
2	120		60.3	120.60	1.006	7243	0.528	3802
4			40.7	162.80	0.674	9706	0.356	5134
6			30.8	184.80	0.514	11102	0.269	5829
8			24.8	198.40	0.411	11837	0.217	6256
10			20.7	207.00	0.343	12348	0.181	6528
12			17.7	212.40	0.295	12744	0.155	6697
14			15.5	217.00	0.257	12953	0.136	6840
16			13.8	220.80	0.229	13190	0.121	6960
18			12.5	225.00	0.207	13414	0.109	7098
20			11.3	226.00	0.187	13464	0.099	7125
22			10.4	228.80	0.172	13622	0.091	7214
24			9.6	230.40	0.160	13834	0.084	7265
30			7.8	234.00	0.129	13932	0.068	7382
36			6.6	237.60	0.110	14213	0.058	7487
42			5.7	239.40	0.094	14256	0.044	7546
48			5.0	240.00	0.083	14342	0.036	7561

A N E X O No. 4

(CONTINUACION).

CALCULO DE ESCURRIMIENTOS Y VOLUMENES ACUMULADOS POR PRECIPITACION
PLUVIAL. (UNICAMENTE TECHOS FLOTANTES)

2a. ETAPA.

HS.	DURACION		INTENSIDAD		TECHOS m ³ /s	V — m ³
	MIN.	SEG.	mm/H.	I x d		
2	120	7200	60.3	120.60	0.671	4831.2
4	240	14400	40.7	162.80	0.453	6523.2
6	360	21600	30.8	184.80	0.343	7405.6
8	480	28800	24.8	198.40	0.276	7950.3
10	600	36000	20.7	209.00	0.230	8294.9
14	840	50400	15.5	217.00	0.173	8695.6
18	1080	64800	12.5	225.00	0.139	9016.2
24	1440	86400	9.6	230.40	0.107	9232.6
30	1800	108000	7.8	234.00	0.087	9373.9
36	2160	129600	6.6	237.60	0.073	9521.1
42	2520	151200	5.7	239.40	0.063	9593.2
48	2880	172800	5.0	240.00	0.056	9671

A N E X O No. 4
(CONTINUACION)

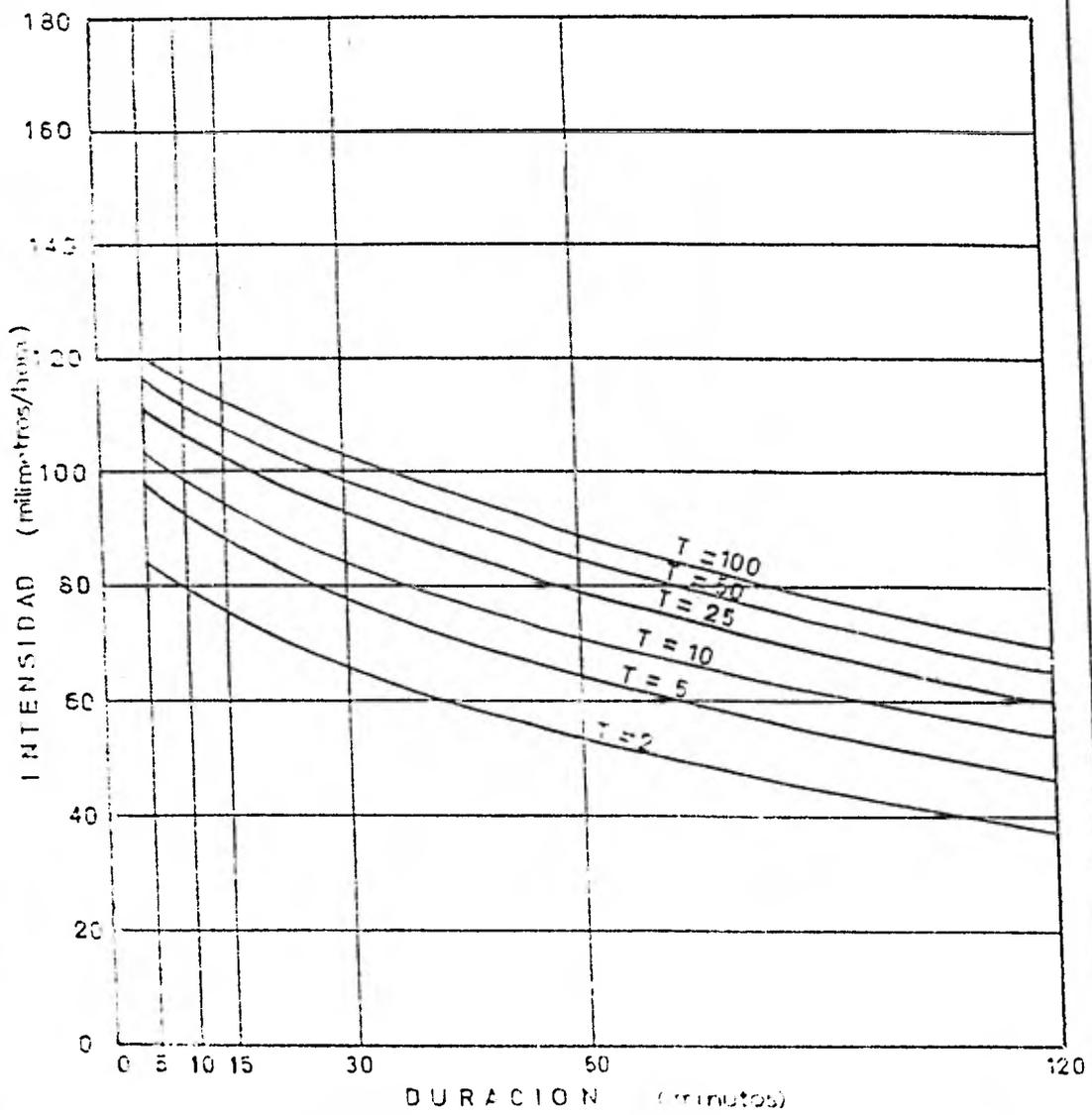
CALCULO DE ESCURRIMIENTOS Y VOLUMENES ACUMULADOS POR PRECIPITACION PLUVIAL.

DURACION HS.	VOLUMEN ACUMULADO (m ³)	
	$V_t = V_1 + V_2$ 1a. ETAPA	$V_T = V_t + V_3$ 2a. ETAPA.
1	7263	-----
2	11045	15876
4	14840	21363
6	16931	24337
8	18093	26043
10	18876	27171
12	19441	-----
14	19793	28489
16	20150	-----
18	20512	29528
20	20589	-----
22	20836	-----
24	21089	30322
30	21314	30688
36	21746	31267
42	21759	31352
48	21903	31520

CURVA INTENSIDAD-DURACION FRECUENCIA

ESTACION : PARAISO, TABASCO

D ≤ 120 minutos



$$I = A / (B + D)$$

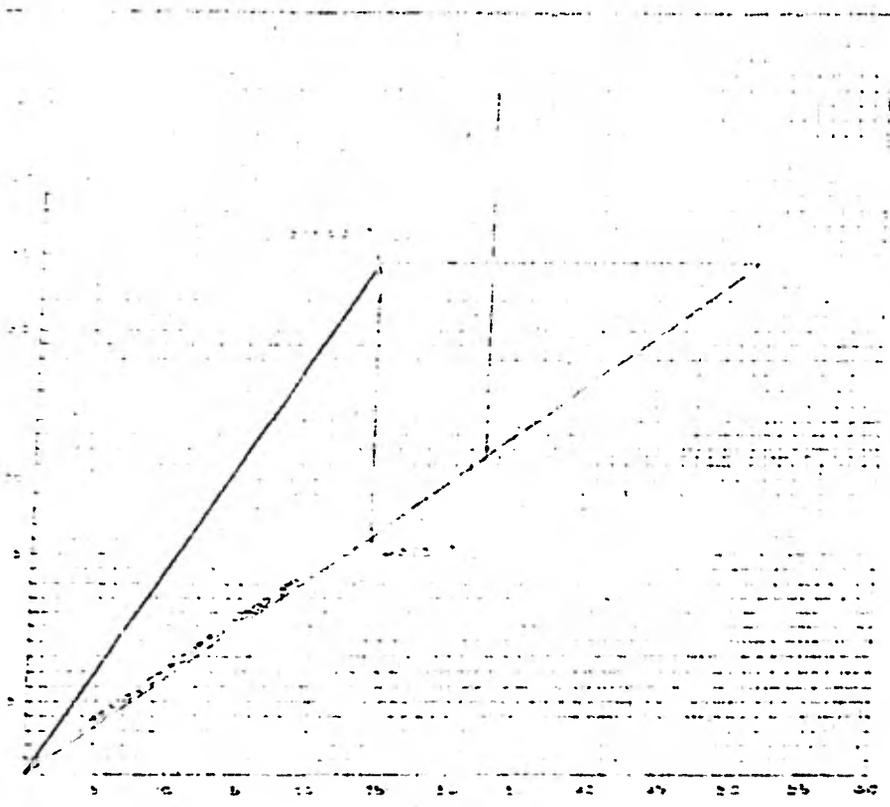
$$A = 5323.03 + 5536.59 \log T$$

$$B = 73.15 + 27.16 \log T$$

I = Intensidad (mm/hr)

D = Duración (minutos)

T = Período de retorno (años)

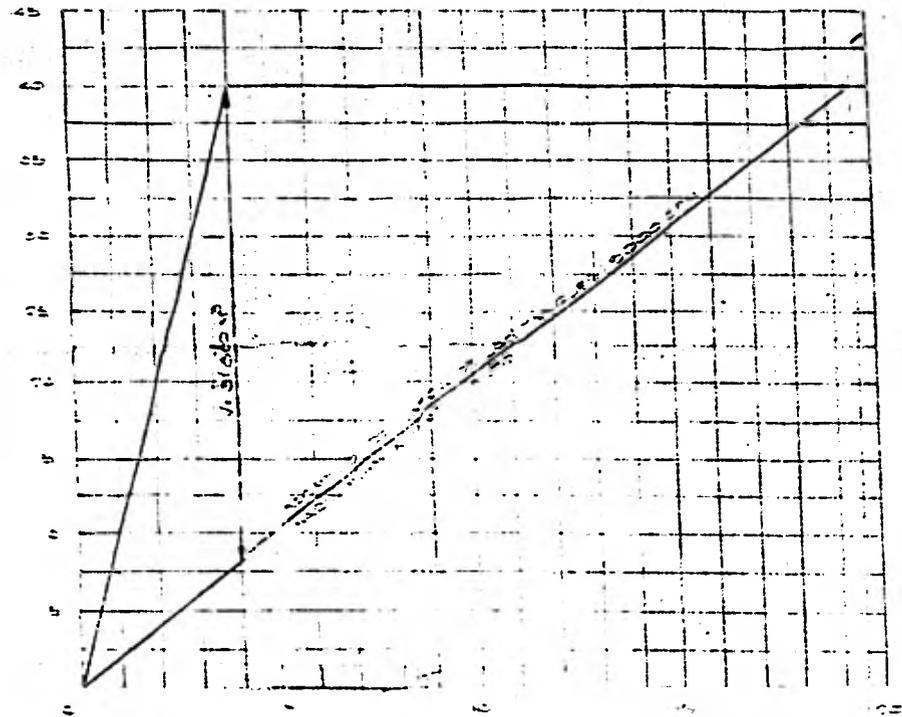


100
 90
 80
 70
 60
 50
 40
 30
 20
 10
 0

PARA O ANEXO 1, O ANEXO 2,
 ANEXO 3, O ANEXO 4, O ANEXO 5,
 ANEXO 6, O ANEXO 7, O ANEXO 8,
 ANEXO 9, O ANEXO 10, O ANEXO 11,
 O ANEXO 12, O ANEXO 13, O ANEXO 14,
 O ANEXO 15, O ANEXO 16, O ANEXO 17,
 O ANEXO 18, O ANEXO 19, O ANEXO 20,
 O ANEXO 21, O ANEXO 22, O ANEXO 23,
 O ANEXO 24, O ANEXO 25, O ANEXO 26,
 O ANEXO 27, O ANEXO 28, O ANEXO 29,
 O ANEXO 30, O ANEXO 31, O ANEXO 32,
 O ANEXO 33, O ANEXO 34, O ANEXO 35,
 O ANEXO 36, O ANEXO 37, O ANEXO 38,
 O ANEXO 39, O ANEXO 40, O ANEXO 41,
 O ANEXO 42, O ANEXO 43, O ANEXO 44,
 O ANEXO 45, O ANEXO 46, O ANEXO 47,
 O ANEXO 48, O ANEXO 49, O ANEXO 50,
 O ANEXO 51, O ANEXO 52, O ANEXO 53,
 O ANEXO 54, O ANEXO 55, O ANEXO 56,
 O ANEXO 57, O ANEXO 58, O ANEXO 59,
 O ANEXO 60, O ANEXO 61, O ANEXO 62,
 O ANEXO 63, O ANEXO 64, O ANEXO 65,
 O ANEXO 66, O ANEXO 67, O ANEXO 68,
 O ANEXO 69, O ANEXO 70, O ANEXO 71,
 O ANEXO 72, O ANEXO 73, O ANEXO 74,
 O ANEXO 75, O ANEXO 76, O ANEXO 77,
 O ANEXO 78, O ANEXO 79, O ANEXO 80,
 O ANEXO 81, O ANEXO 82, O ANEXO 83,
 O ANEXO 84, O ANEXO 85, O ANEXO 86,
 O ANEXO 87, O ANEXO 88, O ANEXO 89,
 O ANEXO 90, O ANEXO 91, O ANEXO 92,
 O ANEXO 93, O ANEXO 94, O ANEXO 95,
 O ANEXO 96, O ANEXO 97, O ANEXO 98,
 O ANEXO 99, O ANEXO 100

Gráfico de Comparação

ESTRUCTURA DE PLACA



10000 kg
 10000 kg

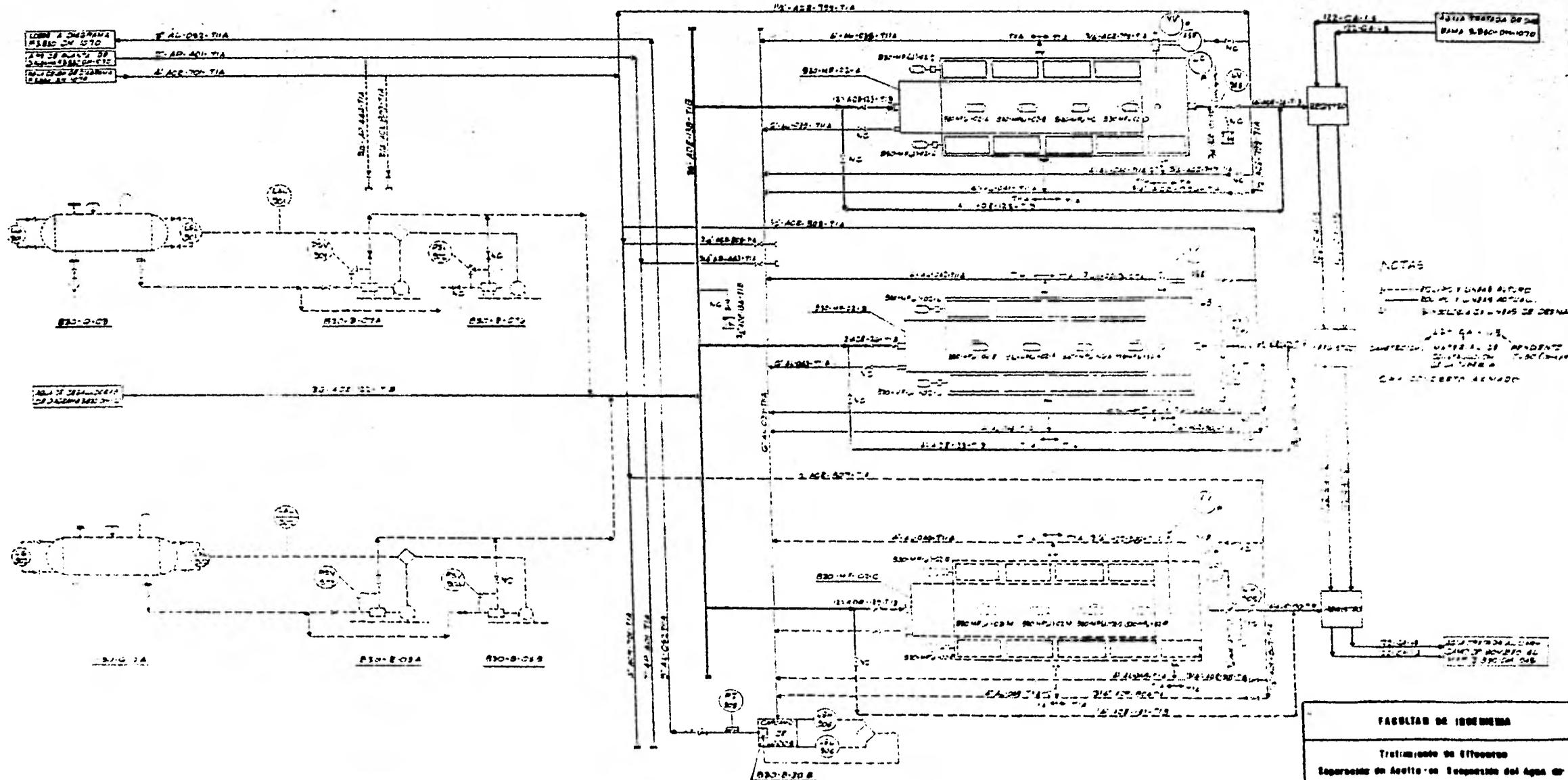
10000 kg
 10000 kg
 10000 kg
 10000 kg
 10000 kg
 10000 kg
 10000 kg
 10000 kg
 10000 kg
 10000 kg
 10000 kg

ESTRUCTURA DE PLACA

NOTAS DE CALCULO Y NOTAS

1. DIMENSIONES DE LA PLACA: 10x10 METROS
2. MATERIAL: ACERO AUSTENITICO INOXIDABLE 304
3. TIPO DE CARGA: CARGA UNIFORME DE 10000 KG/M²
4. TIPO DE VINCULO: LA PLACA ESTÁ VINCULADA EN LOS CUATRO BORDES
5. RESULTADOS DE LOS CALCULOS: 10000 KG
6. TIPO DE CARGA DE DISEÑO: 10000 KG
7. RESULTADOS DE LOS CALCULOS: 10000 KG
8. RESULTADOS DE LOS CALCULOS: 10000 KG
9. RESULTADOS DE LOS CALCULOS: 10000 KG
10. RESULTADOS DE LOS CALCULOS: 10000 KG

N-DE IDENTIFICACION	DESCRIPCION DE SERVICIO	MATERIAL	N-DE IDENTIFICACION	DESCRIPCION DE SERVICIO	MATERIAL	N-DE IDENTIFICACION	DESCRIPCION DE SERVICIO	MATERIAL
830-B-018	830-B-018	...	...	830-B-018	...	...
830-B-019	830-B-019	...	...	830-B-019	...	...
830-B-020	830-B-020	...	...	830-B-020	...	...
830-B-021	830-B-021	...	...	830-B-021	...	...
830-B-022	830-B-022	...	...	830-B-022	...	...
830-B-023	830-B-023	...	...	830-B-023	...	...
830-B-024	830-B-024	...	...	830-B-024	...	...
830-B-025	830-B-025	...	...	830-B-025	...	...
830-B-026	830-B-026	...	...	830-B-026	...	...
830-B-027	830-B-027	...	...	830-B-027	...	...
830-B-028	830-B-028	...	...	830-B-028	...	...
830-B-029	830-B-029	...	...	830-B-029	...	...
830-B-030	830-B-030	...	...	830-B-030	...	...
830-B-031	830-B-031	...	...	830-B-031	...	...
830-B-032	830-B-032	...	...	830-B-032	...	...
830-B-033	830-B-033	...	...	830-B-033	...	...
830-B-034	830-B-034	...	...	830-B-034	...	...
830-B-035	830-B-035	...	...	830-B-035	...	...
830-B-036	830-B-036	...	...	830-B-036	...	...
830-B-037	830-B-037	...	...	830-B-037	...	...
830-B-038	830-B-038	...	...	830-B-038	...	...
830-B-039	830-B-039	...	...	830-B-039	...	...
830-B-040	830-B-040	...	...	830-B-040	...	...
830-B-041	830-B-041	...	...	830-B-041	...	...
830-B-042	830-B-042	...	...	830-B-042	...	...
830-B-043	830-B-043	...	...	830-B-043	...	...
830-B-044	830-B-044	...	...	830-B-044	...	...
830-B-045	830-B-045	...	...	830-B-045	...	...
830-B-046	830-B-046	...	...	830-B-046	...	...
830-B-047	830-B-047	...	...	830-B-047	...	...
830-B-048	830-B-048	...	...	830-B-048	...	...
830-B-049	830-B-049	...	...	830-B-049	...	...
830-B-050	830-B-050	...	...	830-B-050	...	...
830-B-051	830-B-051	...	...	830-B-051	...	...
830-B-052	830-B-052	...	...	830-B-052	...	...
830-B-053	830-B-053	...	...	830-B-053	...	...
830-B-054	830-B-054	...	...	830-B-054	...	...
830-B-055	830-B-055	...	...	830-B-055	...	...
830-B-056	830-B-056	...	...	830-B-056	...	...
830-B-057	830-B-057	...	...	830-B-057	...	...
830-B-058	830-B-058	...	...	830-B-058	...	...
830-B-059	830-B-059	...	...	830-B-059	...	...
830-B-060	830-B-060	...	...	830-B-060	...	...
830-B-061	830-B-061	...	...	830-B-061	...	...
830-B-062	830-B-062	...	...	830-B-062	...	...
830-B-063	830-B-063	...	...	830-B-063	...	...
830-B-064	830-B-064	...	...	830-B-064	...	...
830-B-065	830-B-065	...	...	830-B-065	...	...
830-B-066	830-B-066	...	...	830-B-066	...	...
830-B-067	830-B-067	...	...	830-B-067	...	...
830-B-068	830-B-068	...	...	830-B-068	...	...
830-B-069	830-B-069	...	...	830-B-069	...	...
830-B-070	830-B-070	...	...	830-B-070	...	...



NOTAS

1. SERVICIO DE AGUA

2. SERVICIO DE ELECTRICIDAD

3. SERVICIO DE VENTILACION

4. SERVICIO DE CALOR

5. SERVICIO DE ENFRIAMIENTO

6. SERVICIO DE LIMPIEZA

7. SERVICIO DE MANTENIMIENTO

8. SERVICIO DE REPARACION

9. SERVICIO DE OBRAS

10. SERVICIO DE ALERJIA

11. SERVICIO DE ASISTENCIA

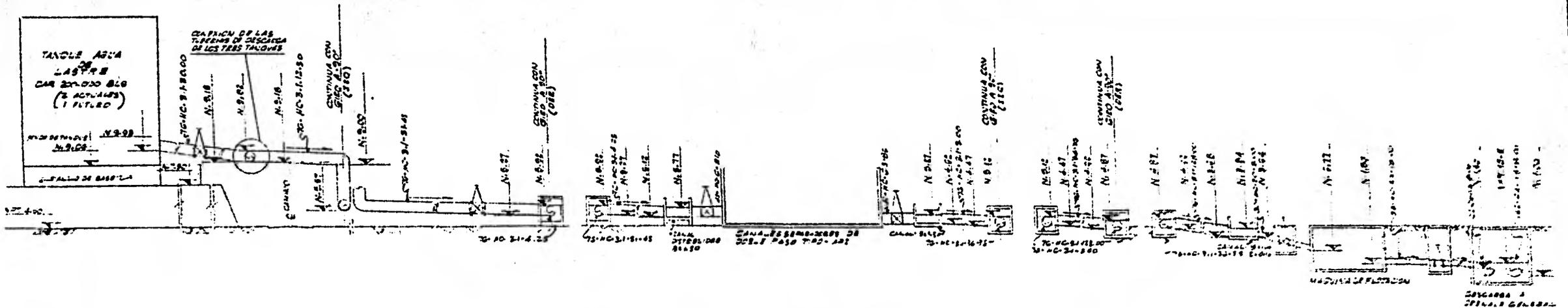
12. SERVICIO DE ATENCION AL CLIENTE

13. SERVICIO DE ATENCION AL PUESTO

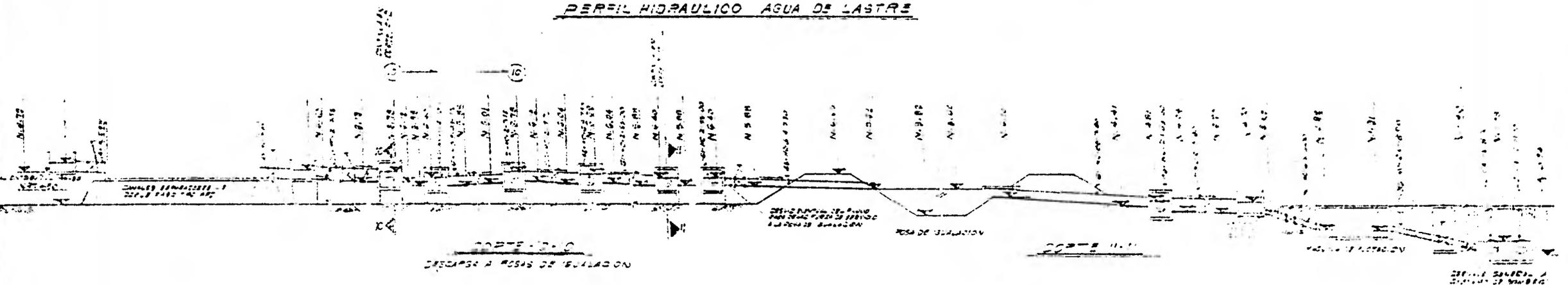
14. SERVICIO DE ATENCION AL SERVIDOR

15. SERVICIO DE ATENCION AL USUARIO

FACULTAD DE INGENIERIA		
Tratamiento de Efluentes		
Separación de Aceite en Separación del Agua de		
Residuos, Diagrama Mecánico de Planta.		
TEMA PROFESIONAL	TARTIN R BARTOLO	INGENIERO DE OBRAS
	INGENIERO	



PERFIL HIDRAULICO AGUA DE LASTRE



PERFIL HIDRAULICO AGUA DE DESALADORES

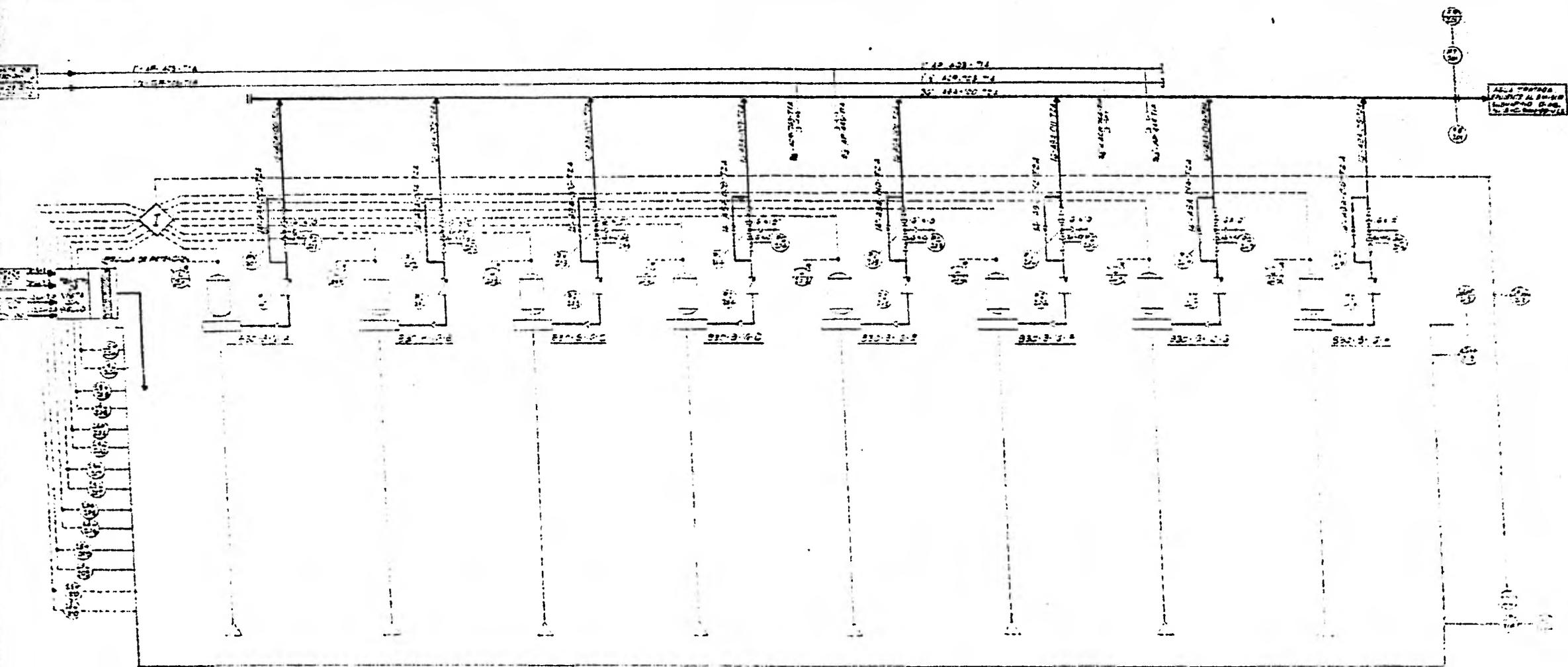
NOTAS: 1. Este perfil hidraulico muestra el comportamiento de la red de abastecimiento de agua potable en las zonas de Lastre y de Desaladores. 2. Se han considerado las pérdidas de fricción y de accesorios en los tramos de tubería. 3. El nivel de agua en los tanques de almacenamiento se ha tomado como referencia. 4. El perfil muestra que el sistema cumple con los requisitos de presión y caudal en todas las zonas de servicio. 5. Se recomienda mantener el nivel de agua en los tanques de almacenamiento dentro de los límites establecidos para garantizar el suministro de agua potable.

FACULTAD DE INGENIERIA		
Tratamiento de Efluentes Por el Método Agua de Lastre y de Desaladores		
TEXA PROFESIONAL	MARTIN P. SANTIAGO FALCON	BOVICIENDE DE INGENIERIA

NO. DE PROYECTO	100-100-100
SERVICIO	BOUSA
CLIENTE	COMUNIDAD DE LA BOSA
FECHA	1980
PROYECTADO POR	ING. J. G. GARCIA
REVISADO POR	ING. J. G. GARCIA
APROBADO POR	ING. J. G. GARCIA
PROYECTO	100-100-100

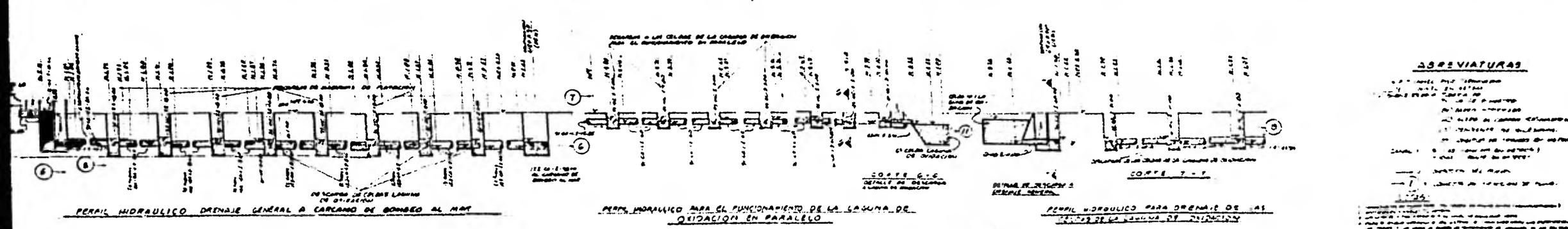
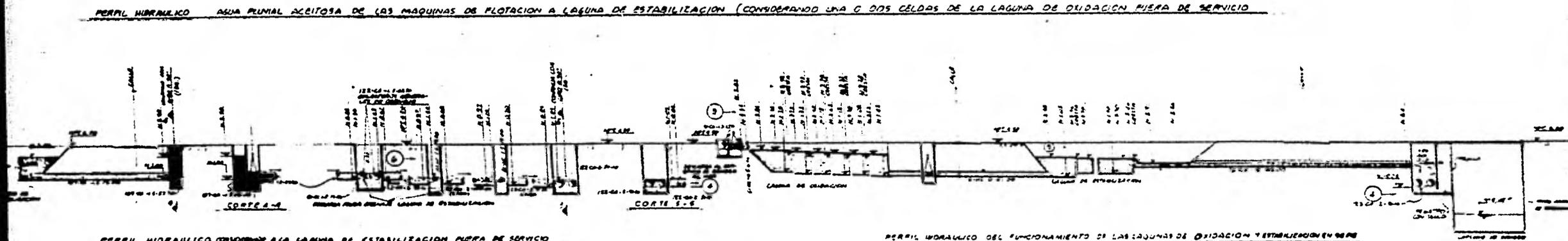
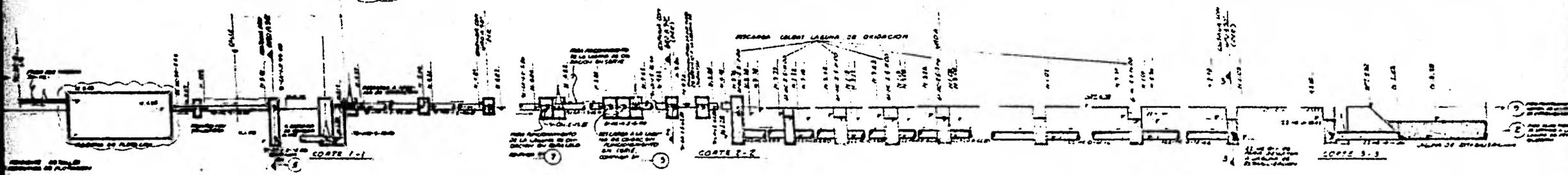
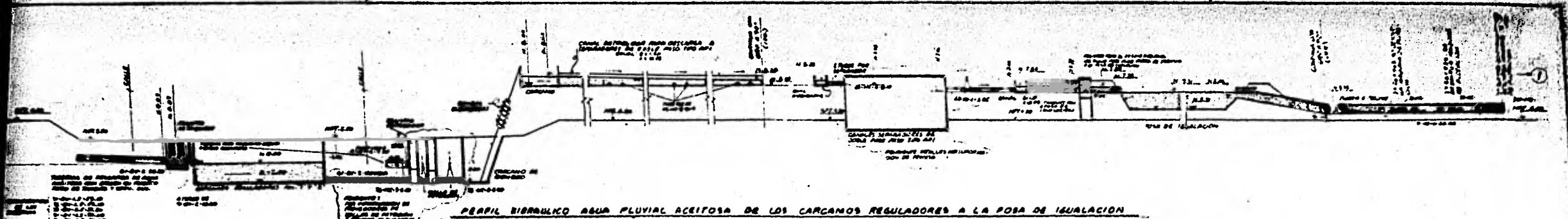
SERVICIO	BOUSA
CLIENTE	COMUNIDAD DE LA BOSA
FECHA	1980
PROYECTADO POR	ING. J. G. GARCIA
REVISADO POR	ING. J. G. GARCIA
APROBADO POR	ING. J. G. GARCIA

TRUJILLO
 1. SIMBOLOGIA DE LINEAS Y CONEXIONES
 2. PLANOS DE LA BOSA
 3. PLANOS DE LA BOSA
 4. PLANOS DE LA BOSA



PARQUEO DE BOMBEO AL MAR

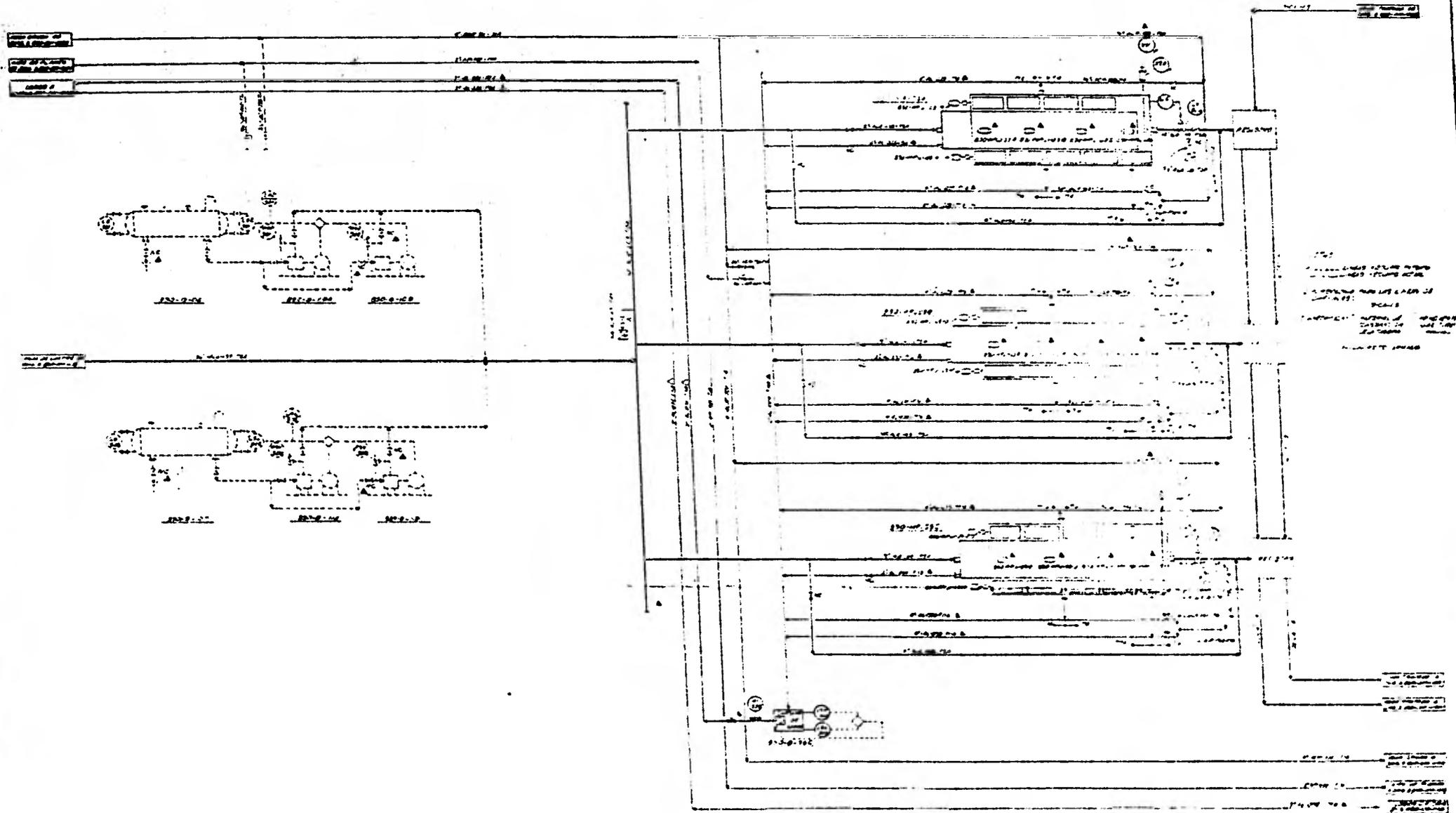
FACULTAD DE INGENIERIA		
Tratamiento de Efluentes Bosque de Lomas de Lomas Diagrama Mecánico de Flujo		
TEXTO PROFESIONAL	ASISTENTE P. SANTIAGO FALCON	BOYERON DE



ABREVIATURAS

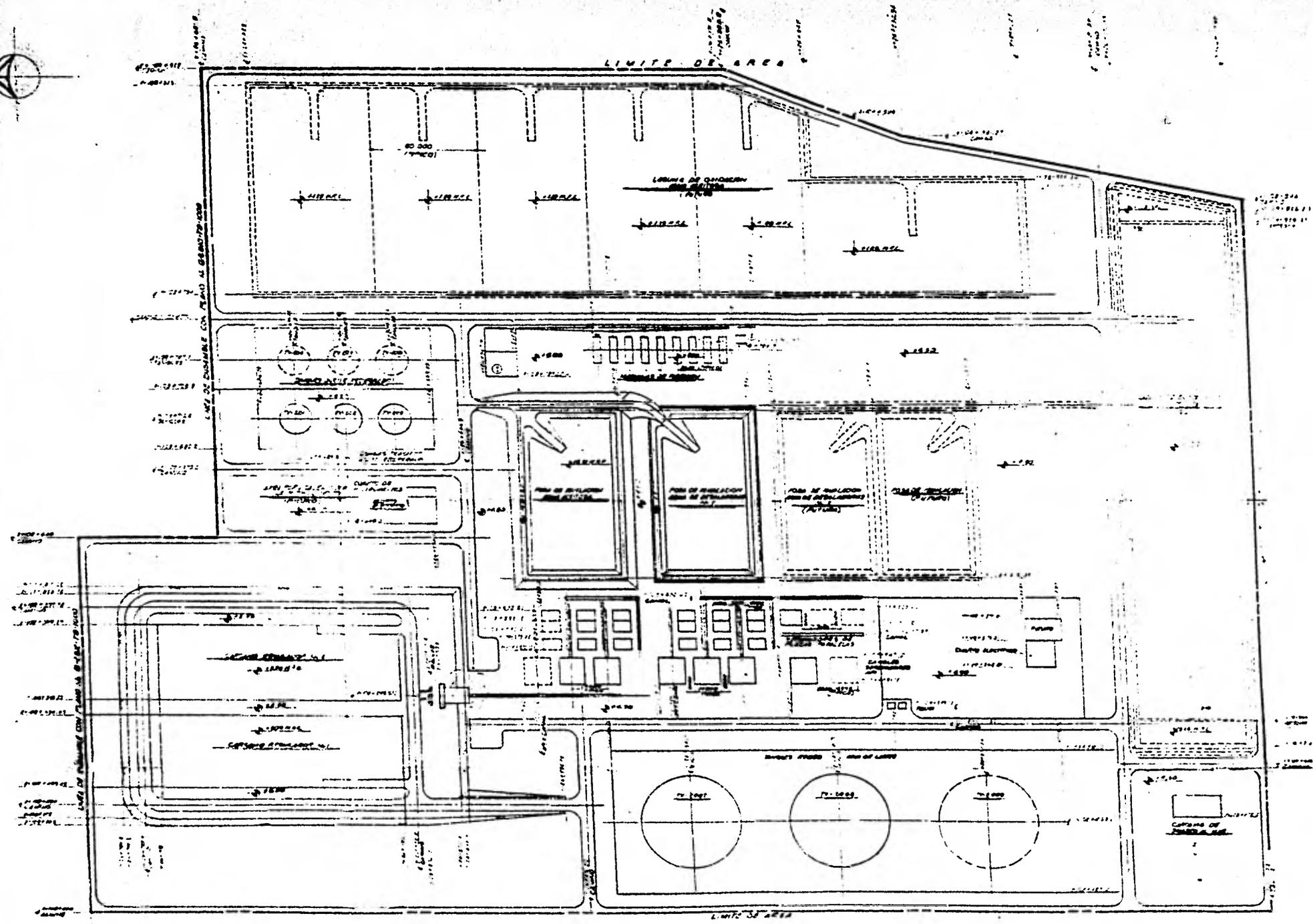
A. T. = ALTO DE TRAZO
 B. T. = BAJO DE TRAZO
 C. = CARGANO
 D. = DRENAJE
 E. = ESTABILIZACION
 F. = FLOTACION
 G. = GRASA
 H. = HERRAJE
 I. = INSULACION
 J. = JALISCO
 K. = KILÓMETRO
 L. = LITRO
 M. = METRO
 N. = NIVEL
 O. = OXIDACION
 P. = PARED
 Q. = QUINCE
 R. = RADIACION
 S. = SEÑAL
 T. = TUBERIA
 U. = UNIDAD
 V. = VALVULA
 W. = WATTS
 X. = XILÓMETRO
 Y. = YARDAS
 Z. = ZONA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES		
Instituto de Estudios Puerto Guzmán Lago de Izapa		
TEC PROYECTO	GRABADO Y DISEÑO FOLIO	OTRO DATO DE USO



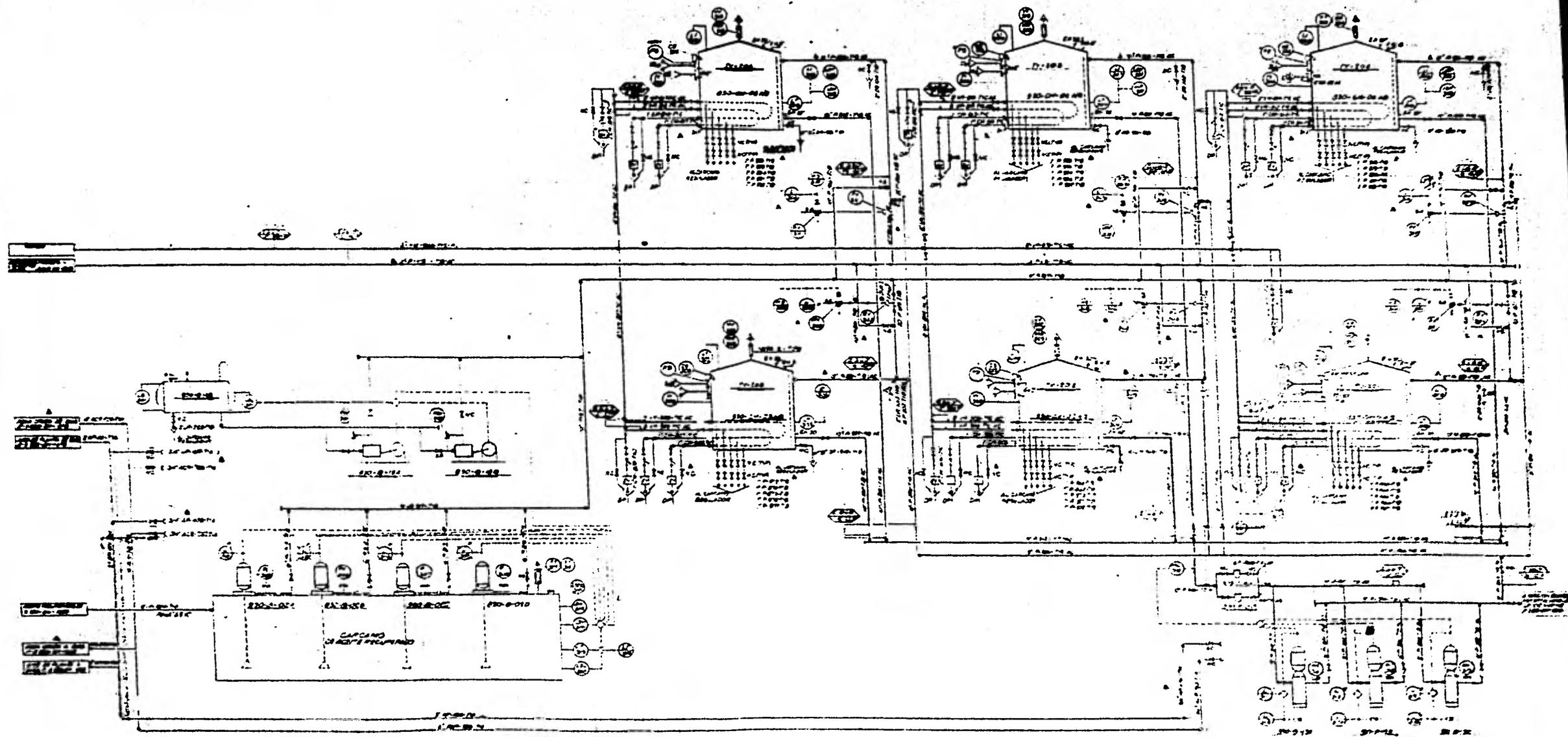
RECEIVED BY THE ENGINEER
 INSPECTED BY THE ENGINEER
 DESIGNER OF WORKS OR ENGINEER IN CHARGE OF
 WORKS - GENERAL SECURITY IS ASSURED.

THIS PERMIT	DATE & DAY PAID	AMOUNT OF FEE
----------------	--------------------	------------------



1. Lignes de points de vue
 2. Lignes de points de vue de nuit
 3. Lignes de points de vue de jour

Légende des symboles		
Symboles de symboles		
Lignes de points de vue		
—	—	—
—	—	—
—	—	—



LEGEND OF SYMBOLS		
(Symbol description)		
(Symbol description)		
(Symbol description)		
(Symbol)	(Symbol)	(Symbol)