

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



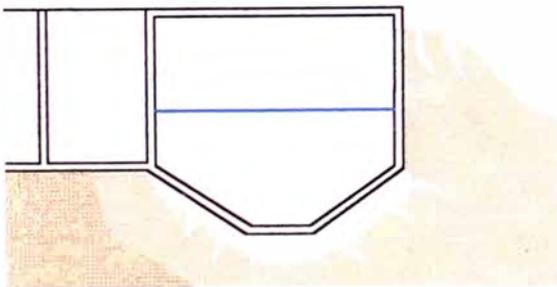
**TITULO: "PATOLOGÍA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
DESAGÜES DE LA HABILITACIÓN URBANA LAS LOMAS DEL
MAR"**

**INFORME DE INGENIERÍA
Para optar el Título Profesional de
INGENIERO CIVIL**

MANUEL AUGUSTO MARTINO BELTRÁN

**Lima - Perú
2001**

**“PATOLOGÍA DE LA
PLANTA DE TRATAMIENTO
DE DESAGÜES DE LA
HABILITACIÓN URBANA
LAS LOMAS DEL MAR”**



“PATOLOGÍA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESAGÜES DE LA HABILITACIÓN URBANA LAS LOMAS DEL MAR”

BACH. MANUEL A. MARTINO B.

Información preliminar

Cap. I

Estudio de la anomalía

Cap. II

Diagnóstico y evaluación de la anomalía

Cap. III

Alternativas de rehabilitación y evaluación

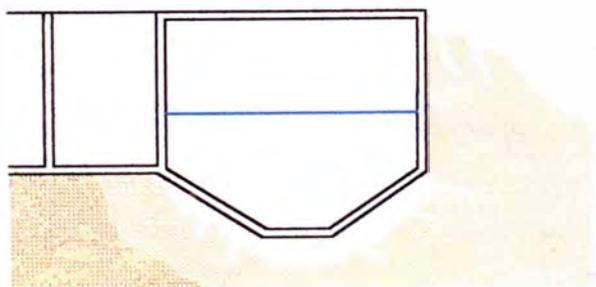
Cap. IV

Recomendaciones

Cap. V

Conclusiones

Cap. VI



DEDICATORIAS

A mis padres Manuel y Aurora y a mi tía Ercilia, por la confianza vertida en mi jamás perdida, por su ejemplo intachable y por el apoyo incondicional que siempre puedo encontrar para el alma, la mente y el corazón.

A mi esposa Cecilia y a mis hijos Mohamed y Axel, por sacrificar el tiempo que podemos pasar juntos y siempre responden con una sonrisa que me ayuda a seguir adelante.

A la memoria de mi abuela Eda, cuyos tiernos ojos deseaban de corazón ver terminado este trabajo.

Índice

Introducción	1
Capítulo I. Información preliminar	3
1. Proyecto	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Planta de tratamiento de aguas residuales	3
1.3. Criterios de diseño	6
1.4. Procesos de tratamiento	8
1.5. Dimensionamiento de los procesos de tratamiento	11
1.6. Funcionamiento de la planta	15
2. El concreto y la composición de los desagües	16
2.1. Ataque al concreto	17
2.2. Composición de los desagües	18
2.3. Correlación de la información	24
3. Construcción	26
3.1. Ubicación	26
3.2. Relleno	27
3.3. Concreto armado	28
3.4. Equipamiento	30
4. Puesta en marcha y uso	31
5. Presentación de la anomalía	31
Capítulo II. Estudio de la anomalía	35
1. Control en las cantidades de volumen perdidos de desagüe	35
2. Control en el avance de fisuras	36
3. Examen visual mediante excavaciones	37
4. Estudio de suelos	39
4.1. Características del terreno	40
4.2. Trabajos efectuados	41
4.3. Características del sub suelo	42
5. Examen visual del estado de la armadura	43
6. Definición del proceso de la anomalía	45

Capítulo III. Diagnóstico y evaluación de la anomalía.....	47
1. Origen de la anomalía.....	47
1.1. Fallas en el proyecto.....	48
1.2. Fallas en la ejecución.....	49
2. Mecanismos de acción y causas de la anomalía.....	50
2.1. Filtración.....	51
2.2. Colapso del relleno.....	52
2.3. Asentamiento diferencial.....	53
3. Estado de la anomalía.....	54
Capítulo IV. Alternativas de rehabilitación y evaluación.....	55
1. Reposición del acero dañado.....	55
2. Control de asentamientos.....	56
2.1. Especificaciones.....	60
2.2. Procedimiento constructivo.....	60
3. Reparación de rajaduras.....	61
4. Impermeabilización de las pozas.....	63
4.1. Uso de geomembrana.....	63
4.2. Empleo del asfalto.....	65
4.3. Tarrajeo impermeable.....	66
4.4. Recomendaciones especiales.....	67
5. Evaluación y selección de las alternativas.....	68
5.1. Evaluación técnica.....	68
5.2. Evaluación económica.....	69
Capítulo V. Recomendaciones.....	72
1. Relativas a estudios complementarios.....	72
2. Relativas al trabajo de reparación.....	72
3. Relativas a la dirección y supervisión.....	74
4. Relativas al comportamiento futuro de la planta.....	75
Capítulo VI. Conclusiones.....	76
Bibliografía.....	80
Anexos.....	82

1. Informe estructural planta de tratamiento de agua residuales	83
2. Estudio de suelos planta de tratamiento de desagües	84
3. Evaluación de la base granular de las vías.	85
4. Planos.	86

INTRODUCCIÓN.

Introducción.

A fin de conservar y preservar el medio ambiente y en especial el marino, la empresa habilitadora del balneario, ha considerado que las aguas residuales a ser generadas por el conjunto de viviendas de la Urbanización de Las Lomas del Mar, sean acondicionadas previo a su aprovechamiento en forestación. Al efecto, se ha considerado que para el tamaño poblacional, el proceso de tratamiento que mejor se adapta a estas condiciones, es el de aeración prolongada.

Acabamos de plantear la concepción del porque se construyó la planta de tratamiento, la cual considera un funcionamiento constante siempre y cuando cuente con su respectivo mantenimiento. Sin embargo, este concepto se ve frustrado ante la aparición de una serie de anomalías en las estructuras de concreto armado lo cual ocasiona una falla en su funcionamiento y el peligro de una falla total de la misma infraestructura. Por lo tanto la situación requiere de una serie de estudios, evaluación, diagnóstico, planteamiento de alternativas de solución, elección de las medidas correctivas y la rehabilitación de la planta; los cuales pretendemos evaluar, plantear, reconsiderar y recomendar en el trabajo.



PLAYA LAS LOMAS DEL MAR



- CL.O. CUISE
- ASCENSORES
- CORREAS D. SERVICIOS
- PISCINA
- ÁREAS RECREATIVAS PARA NIÑOS

En rojo se muestra el sistema de desagües de izquierda a derecha el tanque para el bombeo, la línea de impulsión y la planta de tratamiento.

Planta general de la Habilitación Urbana Las Lomas del Mar

CAPITULO I.

INFORMACIÓN PRELIMINAR:

- 1. PROYECTO.**
- 2. EL CONCRETO Y LA COMPOSICIÓN DE LOS DESAGÜES.**
- 3. CONSTRUCCIÓN.**
- 4. PUESTA EN MARCHA Y USO.**
- 5. PRESENTACIÓN DE LA ANOMALÍA.**

Capítulo I. Información preliminar.

1. Proyecto.

1.1. Antecedentes.

El balneario Las Lomas se ubica a la altura del kilómetro 121 de la carretera Panamericana Sur, en la provincia de Cañete, departamento de Lima. Una vez urbanizado, el referido balneario albergará unas trescientas viviendas que se distribuirán alrededor de la playa y a diferentes niveles altitudinales a causa de las características topográficas del lugar, lo que conlleva a que el desarrollo urbanístico armonice con la fisiografía del lugar.

A fin de conservar y preservar el medio ambiente y en especial el marino, la empresa habilitadora del balneario, ha considerado que las aguas residuales a ser generado por el conjunto de viviendas, sean acondicionadas previo a su aprovechamiento en forestación. Al efecto, se ha considerado que para el tamaño poblacional, el proceso de tratamiento que mejor se adapta a estas condiciones, es el de aeración prolongada.

1.2. Planta de tratamiento de aguas residuales.

Es una práctica común emplear en el tratamiento de aguas residuales de pequeñas localidades de hasta 10 000 habitantes procesos de tratamiento de aeración prolongada dentro del concepto de plantas paquetes o plantas compactas. Estos tipos de planta requieren poca atención para lograr una adecuada remoción de la carga contaminante y además proporcionan una alta

remoción y nitrificación de la materia orgánica sin producir malos olores, ni ningún tipo de impacto negativo hacia el medio ambiente.



Fig. 1.1. Vista panorámica de la planta de tratamiento e indicación del norte magnético.

El tratamiento de aeración prolongada es una modificación del proceso de lodos activados. Teóricamente, el tratamiento biológico de las aguas residuales es un proceso en el cual los microorganismos consumen la materia orgánica presente en ella para convertirlo en nuevos microorganismos. Estos sistemas de tratamiento consisten de cuatro partes básicas:

Tanque de aeración.

Sedimentador.

Tanque de contacto de cloro.

Digestor de exceso de lodos.

En el esquema (fig. 1.2) se pueden observar algunas de estas partes.

Por su concepción, este tipo de planta no requieren de sedimentador primario, por lo que se elimina el proceso de digestión de lodos lo que simplifica su

remoción y nitrificación de la materia orgánica sin producir malos olores, ni ningún tipo de impacto negativo hacia el medio ambiente.



Fig. 1.1. Vista panorámica de la planta de tratamiento e indicación del norte magnético.

El tratamiento de aeración prolongada es una modificación del proceso de lodos activados. Teóricamente, el tratamiento biológico de las aguas residuales es un proceso en el cual los microorganismos consumen la materia orgánica presente en ella para convertirlo en nuevos microorganismos. Estos sistemas de tratamiento consisten de cuatro partes básicas:

Tanque de aeración.

Sedimentador.

Tanque de contacto de cloro.

Digestor de exceso de lodos.

En el esquema (fig. 1.2) se pueden observar algunas de estas partes.

Por su concepción, este tipo de planta no requieren de sedimentador primario, por lo que se elimina el proceso de digestión de lodos lo que simplifica su

operación. Al efecto, el total del agua residual es conducido al tanque de aeración previa remoción del material grueso flotante, y si las circunstancias lo ameritan, también del material sedimentable inorgánico (gravilla y arena).

El agua residual cruda ingresa al tanque de aeración donde es mezclado con los microorganismos (lodo activo) y aireado por un determinado tiempo. En el tanque de aeración se produce la descomposición y mineralización de la materia orgánica en presencia de una alta concentración de microorganismos. A fin de mantener las condiciones aeróbicas dentro del proceso de tratamiento, en forma continua se insufla el aire por medio de difusores y con la ayuda de sopladores, ventiladores o a través de aeradores mecánicos superficiales.

Cap. I

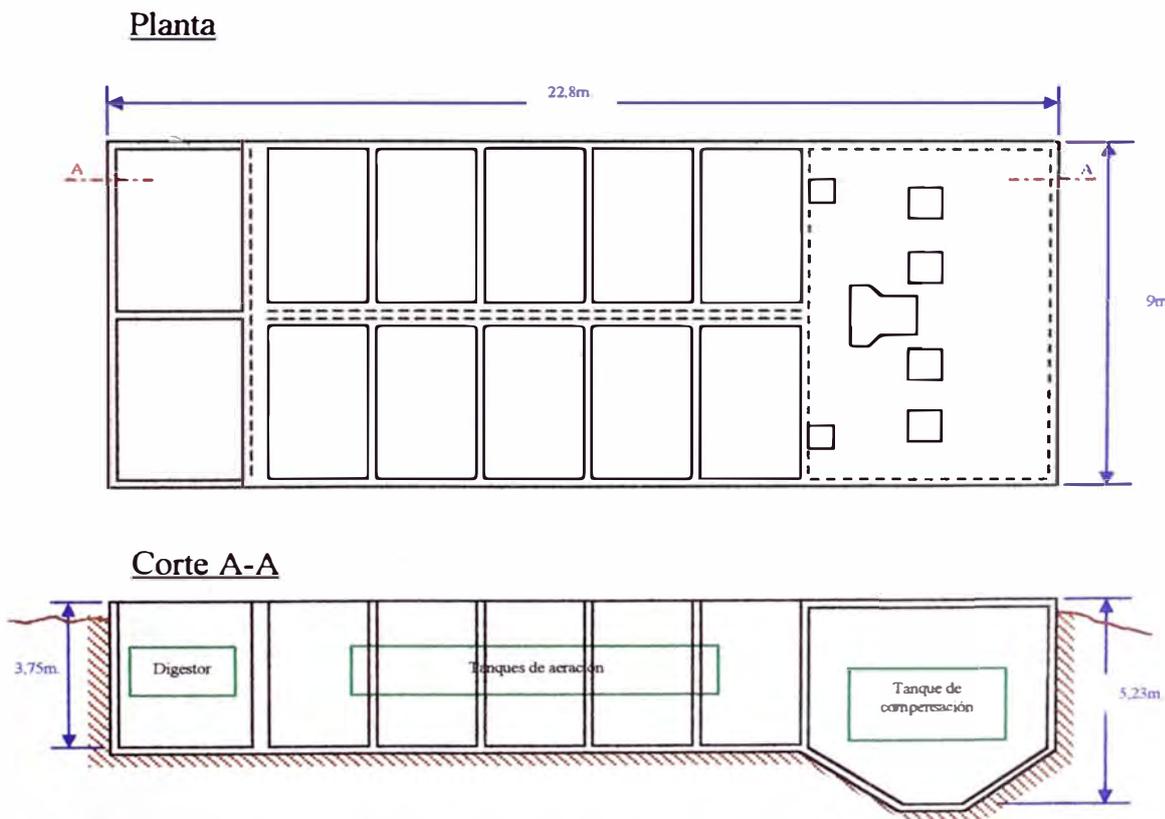


Fig. 1.2. Planta y corte de pozas de tratamiento de desagües.

La mezcla lodo agua residual (licor mixto) fluye hacia el sedimentador para la separación o decantación de los sólidos orgánicos y microorganismos los cuales son retornados al tanque de aeración. Los lodos de retorno son mezclados con el agua residual cruda que ingresa, repitiéndose el ciclo de tratamiento en forma continua. El agua clarificada fluye hacia el tanque de contacto de cloro en donde es desinfectado previo a su disposición final. Los excesos de lodo son periódicamente removidos del sedimentador hacia el digestor para lograr una adecuada estabilización de los mismos.

1.3. Criterios de diseño.

De acuerdo con el proyectista del sistema de abastecimiento de agua y alcantarillado, los parámetros de diseño se resumen como sigue:

Número de lotes 300 unidades

Dotación de agua 200 l/hab-día

Población:

Lunes a viernes 33% de las familias y 5 personas por familia

Sábado y domingo 100% de las familias y 10 persona por familia

Caudal de agua de consumo humano (lunes a viernes):

Promedio 1,15 l/s

Máximo diario 1,50 l/s

Máximo horario 3,00 l/s

Caudal de agua de consumo humano (sábado y domingo):

Promedio 6,95 l/s

Máximo diario 9,03 l/s

Máximo horario 18,06 l/s

A partir de la información proporcionada por el proyectista así como de la obtenida de algunos balnearios de la parte sur de Lima, se han considerado los siguientes caudales para el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales:

Caudal de aguas residuales (lunes a viernes):

Promedio 2,80 l/s

Máximo diario 3,65 l/s

Máximo horario 7,30 l/s

Caudal de aguas residuales (martes a jueves):

Promedio 1,87 l/s

Máximo diario 2,45 l/s

Máximo horario 4,90 l/s

Caudal de aguas residuales (sábado y domingo):

Promedio 5,56 l/s

Máximo diario 7,22 l/s

Máximo horario 14,45 l/s

Caudal de aguas residuales (invierno):

Promedio 0,20 l/s

Máximo diario 0,26 l/s

Máximo horario 0,52 l/s

Los criterios de diseño establecidos para la planta de tratamiento de aguas residuales son los siguientes:

Población a ser atendida:

Máxima	3 000 habitantes
Promedio	1 000 habitantes
Mínima	100 habitantes
Carga orgánica (DBO)	48 g/hab-día
Carga nitrogenada	50 mg/l
Carga bacteriana (coliformes)	1 E+08/100 m ³

Caudal de diseño:

Máximo instantáneo	5,6 l/s
Promedio	1,9 l/s
Mínimo	0,2 l/s

1.4. Procesos de tratamiento.

Normalmente, las plantas de tratamiento de agua residuales se diseñan para trabajar dentro de rangos de caudal comprendidos entre un más o menos 25% del caudal promedio. En el caso de balnearios como es el presente, se puede observar que las variaciones de caudal durante la semana son muy variados con una diferencia entre el mínimo con el máximo del 3 000%. Por motivos económicos, se ha considerado que la planta de tratamiento trabaje de dos maneras diferentes durante la semana. Durante los días de caudal el funcionamiento será del tipo lodo activado convencional y durante los días de

caudal mínimo como aeración prolongada. El esquema de tratamiento planteado tiene muchas ventajas como son:

- a) Bajo costo de capital.
- b) Bajo costo de mantenimiento.
- c) Calidad aceptable de las aguas residuales tratadas.

Sin embargo, será necesario que el operador tenga las cualidades mínimas para que sea capaz de operar con eficiencia y efectividad la planta de tratamiento.

Los procesos de tratamiento que conforma un sistema típico de tratamiento del tipo aeración prolongada son:

Rejas.

Tanque de aeración.

Sedimentador.

Conjunto de sopladores de aire.

Difusores.

Controles para los equipos electromecánicos.

Sin embargo, teniendo en cuenta la situación particular del balneario Las Lomas, además se han considerado los siguientes dispositivos complementarios:

Desarenador.

Tanque de compensación.

Sistema rociador para el control de espumas.

Barandales perimétricos.

Pasajes con parrillas.

Silenciador de sopladores.

Tanque de digestión de lodos.

Tanque de contacto de cloro.

Sistema de desinfección (cloración).

En vista de que Las Lomas es una zona de recreación por contacto, es de esperar la presencia de importantes cantidades de arenas y otros tipos de materiales gruesos en las aguas residuales crudas, los cuales de llegar al tanque de aeración reducirían el volumen útil y afectarían el buen funcionamiento del proceso de tratamiento. Por estas razones, se ha considerado la instalación de rejillas y una cámara de desarenación en la estación elevadora.

En lo que respecta al caudal de llegada, el comportamiento hidráulico está gobernado por la estación elevadora cuyo caudal máximo de impulsión podría llegar a ser aproximadamente 18 l/s. Este caudal al llegar a la planta prevista causaría el lavado de la biomasa en el tanque de aeración y la resuspensión de los sólidos en el sedimentador con el consiguiente deterioro de la calidad del agua residual tratada. Para evitar el efecto de lavado como resultado de la impulsión del caudal pico, se ha considerado que la planta de tratamiento cuente con una cámara de compensación para absorber los caudales picos que le pudieran llegar a ella.

El empleo de detergentes no degradables hace presumir la formación de espumas en el tanque de aeración, lo cual causaría un impacto visual indeseable. Por este motivo se ha considerado el empleo de un sistema de rociado superficial para el control de las espumas. En lo que respecta al amenguamiento del ruido

causado por los sopladores de aire, se ha previsto el uso de silenciadores en cada uno de los sopladores de aire.

El manejo de los dispositivos complementarios anteriormente mencionados, requiere que el operador debe desplazarse por los alrededores de la planta y teniendo en cuenta el concepto de seguridad, se ha considerado el empleo de barandas perimétricas.

Finalmente, a fin de disminuir la concentración bacteriana del agua residual tratada (efluente), se ha contemplado el empleo de hipoclorito de sodio como desinfectante. La remoción bacteriana se efectuará en un tanque de contacto de cloro con capacidad suficiente como para reducir la producción bacteriana hasta los límites permisibles para su aprovechamiento en el riego de las zonas aledañas.

1.5. Dimensionamiento de los procesos de tratamiento.

El dimensionamiento de cada uno de los procesos de tratamiento se ha efectuado aplicando las recomendaciones del documento “Rules and Standards devised by the Abwassertechnische Vereinigung e.V. (ATV) in conjunction with the Verband Kommunales Stadtereinigungsbetriebe (VKS)”, publicado por la Gesellschaft zur Forderung der Abwassertechnik e.V. (GFA), Markt 71, D-5205 St. Augustin 1.

Teniendo en cuenta los costos que demandaría la construcción de la planta de tratamiento así como su equipamiento, se ha considerado que la planta esté compuesta por diez módulos en lo que respecta al tanque de aeración y sedimentador, de dos módulos para el digestor aeróbico, un módulo para el tanque de compensación y un módulo para el tanque de contacto de cloro. Los

diez módulos trabajarán para los caudales de verano, es decir para un caudal comprendido entre 1.9 1 5.6 l/s. En invierno un solo módulo podrá tratar un caudal promedio de 0.20 l/s con un máximo instantáneo de 0.5 l/s. Las dimensiones de los procesos de tratamiento son los siguientes:

- Tanque de aeración:

Volumen	161,3 m ³
Unidades	10
Periodo de retención	
Máximo	24,0 h
Mínimo	8,0 h
Profundidad	3,0 m
Área superficial	53,8 m ²
Volumen de aire	
Máximo	700 m ³ /h
Mínimo	250 m ³ /h

- Sedimentador

Volumen	80,7 m ³
Unidades	10
Periodo de retención	
Máximo	6,0 h
Mínimo	4,0 h
Profundidad	3,0 m
Área superficial	36,0 m ²
Tasa de aplicación	

Máximo	13,2 m³-m²/día
---------------	---

Mínimo	4,4 m³-m²/día
---------------	--

- **Digestor de lodos**

Volumen	57,0 m³
----------------	---------------------------

Unidades	2
-----------------	----------

Periodo de retención

Máximo	30 días
---------------	----------------

Mínimo	25 días
---------------	----------------

Profundidad	3,0 m
--------------------	--------------

Área superficial	19,0 m²
-------------------------	---------------------------

Volumen de aire

Máximo	275 m³/h
---------------	----------------------------

Mínimo	75 m³/h
---------------	---------------------------

- **Tanque de compensación**

Volumen	160,0 m³
----------------	----------------------------

Unidades	1
-----------------	----------

Periodo de retención	8 horas
-----------------------------	----------------

Profundidad media	3,2 m
--------------------------	--------------

- **Tanque de contacto de cloro**

Volumen	6,7 m³
----------------	--------------------------

Periodo de retención

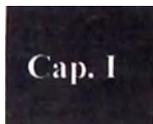
Máximo	1 hora
---------------	---------------

Mínimo	5 minutos
---------------	------------------

Concentración de cloro 10 a 15 mg/l

Necesidades de aire

Aerador (capacidad)	máximo	mínimo	
Tanque de aeración	655	220	m3/h
Digestor	225	74	m3/h
Air lifts lodo	100	40	m3/h
Air lifts espuma	100	40	m3/h
TOTAL	1080	375	m3/h



En lo que respecta al equipamiento será necesario disponer de los siguientes:

- **Sopladores**

Altura de impulsión 3,6 m

Temperatura ambiental máxima 25 C

Tipo A

Capacidad 800 m3/h

Unidades 2

Tipo B

Capacidad 400 m3/h

Unidades 2

- **Bombas tanque de compensación**

Altura de impulsión 4,0 m

Capacidad 2,0 l/s

Unidades 4

- Bombas sumergibles (limpieza)

Altura de impulsión	4,0 m
Capacidad	6 l/s

- Bomba centrífuga (rompe espuma)

Altura de impulsión	4,0 m
Capacidad	2 l/s
Unidades	1

- Celda electrolítica (desinfectación)

Capacidad	3 Kg/d
-----------	--------



1.6. Funcionamiento de la planta.

Como se indicó anteriormente, la planta tendrá dos tipos básicos de funcionamiento, durante el verano entre 1,90 a 5,60 l/s y en invierno entre 0,2 a 1,9 l/s. A su vez durante el verano, trabajaría como lodo activado convencional cuando el caudal esté comprendido entre 3,6 y 5,6 l/s y como aeración prolongada para un caudal de 3,60 a 0,2 l/s.

A fin de simplificar la operación del sistema de tratamiento, el diseño se ha efectuado variando solamente la edad del lodo y la tasa de sedimentación. Estos dos factores se manifiestan a través de la mayor o menor recirculación del lodo desde el sedimentador al tanque de aeración y en el número de sedimentadores en operación.

Las características operativas de ambos procesos son:

- Alto caudal (5,60 y 3,70 l/s)

Edad del lodo	23 días
---------------	---------

Volumen de lodos a disponer	2,3 m ³ /d
Recirculación de lodos	2,8 a 4,2 l/s(75% Q en tratamiento)

- Bajo caudal (3,60 y 0,2 l/s)

Edad del lodo	35 días
Volumen de lodos a disponer	1,9 m ³ /d
Recirculación de lodos	0,2 a 3,6 l/s(100% Q en tratamiento)

En lo que respecta a las características del lodo en el tanque de aeración (licor mixto), se ha previsto para el caso del lodo activado una concentración de 4 000 mg/l de sólidos suspendidos volátiles y 5 000 mg/l de sólidos suspendidos volátiles para la aeración prolongada. La concentración prevista de sólidos suspendidos volátiles en los lodos de retorno será de 7 000 mg/l y 10 000 mg/l respectivamente.

Cap. I

2. El concreto y la composición de los desagües.

En el proyecto de la planta de tratamiento encontramos que el sistema de pozas principal es de concreto armado, sin embargo, no se han encontrado especificaciones o detalles técnicos respecto al comportamiento del concreto con la presencia del desagüe a tratar, por lo que considero importante adicionar y correlacionar la información que pueden ajustarse al caso.

2.1. Ataque al concreto.

2.1.1. Por químicos.

El concreto puede ver alterada su estructura química y posterior debilitamiento estructural por ataques químicos que están clasificados en ataques por: ácidos, bases y sales.

El ataque por ácidos se produce principalmente porque el concreto es químicamente básico, con un pH del orden de 13, por lo que puede ser atacado por medios ácidos con pH menor de 7, de los cuales reaccionan con el hidróxido de calcio de la pasta produciéndose compuestos de calcio solubles en agua. Entre los compuestos que atacan el concreto podemos mencionar el ácido sulfúrico, el nítrico, el sulfuroso, el clorhídrico, agua de minas, industrias o fuentes minerales que puedan contener o formar ácidos, las turbas que puedan producir ácido sulfúrico, y ácidos orgánicos de origen industrial.

El ataque por bases como el hidróxido de sodio o soda cáustica y el hidróxido de amonio o amoniaco, si penetran en el concreto y se concentran en una zona determinada producen daño físico por cristalización y expansión a partir de la reacción entre el hidróxido y el bióxido de carbono proveniente del aire.

El ataque por sales se produce debido a que son compuestos químicos derivados de ácidos o bases, formados de la relación entre ellos, usualmente solubles en agua. Los cloruros y nitratos de amonio, magnesio, aluminio atacan en diferentes grados al concreto, siendo el más peligroso el de amonio. Por su importancia la acción de los sulfatos de calcio, sodio o magnesio deben ser tratados independientemente.

2.1.2. Por agua de desagüe.

La baja velocidad de flujo y la alta temperatura de las tuberías de desagüe puede generar hidrogeno sulfurado, el que en presencia de la humedad forma el ácido sulfúrico, que es altamente corrosivo con ataque y destrucción del concreto, produciéndose descascaramiento intermitente que puede producir ablandamiento y desprendimiento del agregado.

2.1.3. Por sustancias orgánicas.

El ácido acético (presente en el vinagre), el láctico (en leche agria) y el butírico (en grasas agrias) atacan con una severidad que depende de la concentración y temperatura.

El ácido tánico y los fenoles son medianamente corrosivos. Los ácidos palmítico, esteárico y oleico, presente en aceite y grasas, tienen acción corrosiva sobre el concreto.

Los aceites vegetales y aceites animales rancios son corrosivos, los de pescado aún más corrosivos.

La glicerina, las soluciones azucaradas degradan gradualmente al concreto, al igual que la creosota, el creso y el fenol.

2.2. Composición de los desagües.

El origen, composición y cantidad de los desechos están relacionados con los hábitos de vida vigentes. Cuando un producto de desecho se incorpora al agua, el líquido resultante recibe el nombre de agua residual o desagüe. Las aguas residuales domésticas son el resultado de actividades cotidianas de las personas.

La composición de las aguas residuales se analiza con diversas mediciones físicas, químicas y biológicas. Las mediciones más comunes incluyen la determinación del contenido en sólidos, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), la demanda química de oxígeno (DQO) y el pH.

Los residuos sólidos comprenden los sólidos disueltos y en suspensión. Los sólidos disueltos son productos capaces de atravesar un papel de filtro, y los suspendidos los que no pueden hacerlo. Los sólidos en suspensión se dividen a su vez en depositables y no depositables, dependiendo del número de miligramos de sólido que se depositan a partir de 1 litro de agua residual en una hora. Todos estos sólidos pueden dividirse en volátiles y fijos, siendo los volátiles, por lo general, productos orgánicos y los fijos materia inorgánica o mineral.

La concentración de materia orgánica se mide con los análisis DBO5 y DQO. La DBO5 es la cantidad de oxígeno empleado por los microorganismos a lo largo de un periodo de cinco días para descomponer la materia orgánica de las aguas residuales a una temperatura de 20 °C. De modo similar, la DQO es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medio de dicromato en una solución ácida y convertirla en dióxido de carbono y agua. El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO5 porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente. La DBO5 suele emplearse para comprobar la carga orgánica de las aguas residuales municipales e industriales biodegradables, sin tratar y tratadas. La DQO se usa para comprobar la carga orgánica de aguas residuales que, o no son biodegradables o contienen compuestos que inhiben la actividad de los microorganismos. El pH mide la acidez de una muestra de aguas residuales. Los

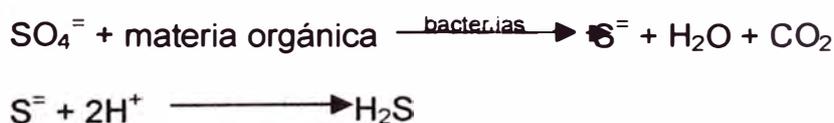
valores típicos para los residuos sólidos presentes en el agua y la DBO5 del agua residual doméstica aparecen en la tabla adjunta. El contenido típico en materia orgánica de estas aguas es un 50% de carbohidratos, un 40% de proteínas y un 10% de grasas; y entre 6,5 y 8,0, el pH puede variar.

2.2.1. Concentración de iones hidrógeno o pH.

La determinación de pH, es útil principalmente para regular el funcionamiento de las instalaciones de tratamiento de las aguas negras. No tiene significación desde el punto de vista de la higiene, y tiene poca influencia sobre la fuerza o concentración de las aguas negras, o sobre el método que deba adoptarse. El conocimiento del pH es útil en la regulación de los procesos de tratamiento de las aguas negras, y en la regulación de la digestión anaeróbica de la materia orgánica. Por ejemplo, si en este último proceso, se acerca el pH a 5,0, se está haciendo predominante la fase ácida de la digestión y ésta no será satisfactoria. Deben tomarse medidas para aumentar el pH.

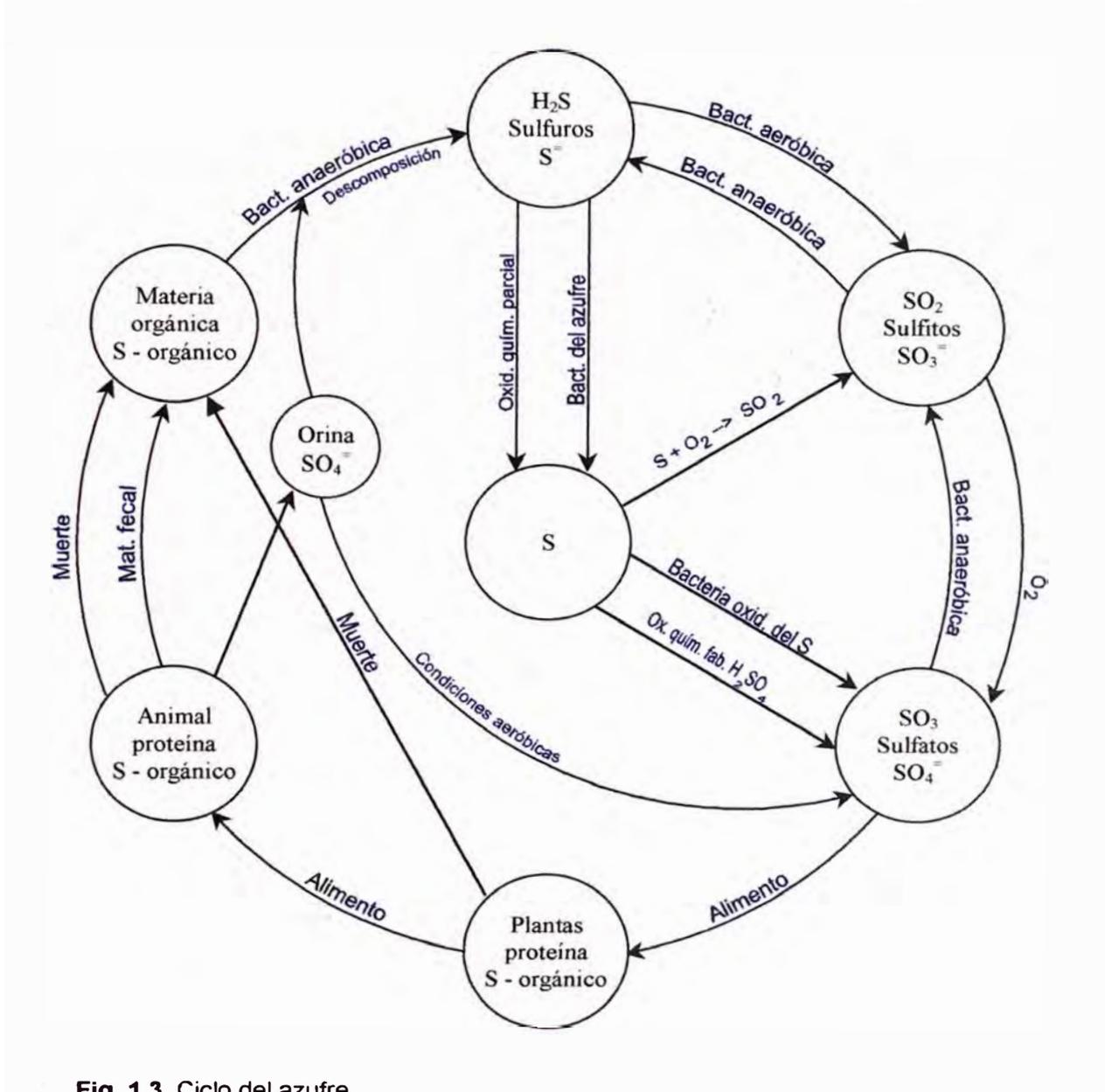
2.2.2. Azufre.

El ión sulfato se presenta naturalmente en la mayoría de los suministros de agua y también en el agua residual. El azufre es requerido en la síntesis de las proteínas y es liberado en su degradación. Los sulfatos son reducidos químicamente a sulfuros y a sulfuro de hidrógeno (SH₂) por las bacterias en condiciones anaeróbicas, como se muestra en las siguientes ecuaciones:



El SH_2 puede, pues ser oxidado biológicamente a ácido sulfúrico, el cual es corrosivo.

Los sulfatos son reducidos a sulfuros en los digestores de fangos y pueden alterar el proceso biológico si la concentración de sulfuro sobre pasa 200 mg/l.



Cap. I

Fig. 1.3. Ciclo del azufre.

En determinadas circunstancias, cuando se da una presencia elevada de materia orgánica y de microorganismos, principalmente anaeróbicos, desaparecen

los sulfatos y aparecen los hiposulfitos, los sulfuros o el azufre. Por ejemplo, las aguas de las tuberías y de las fuentes en las que se encuentran gran contenido de materia orgánica.

El hidrógeno sulfurado se elimina por simple aeración y cloración: la presencia de hidrógeno sulfurado facilita el desarrollo de las bacterias, por lo que las aguas que lo contengan serán agresivas.

2.2.3. Nitrógeno.

Los elementos nitrógeno y fósforo son esenciales para el crecimiento de protistas y plantas y como tales son conocidos como nutrientes o bioestimulantes. Vestigios de otros elementos, tales como el hierro, son necesarios para el crecimiento biológico, pero el nitrógeno y el fósforo son en la mayoría de los casos, los principales elementos nutritivos.

Cap. I

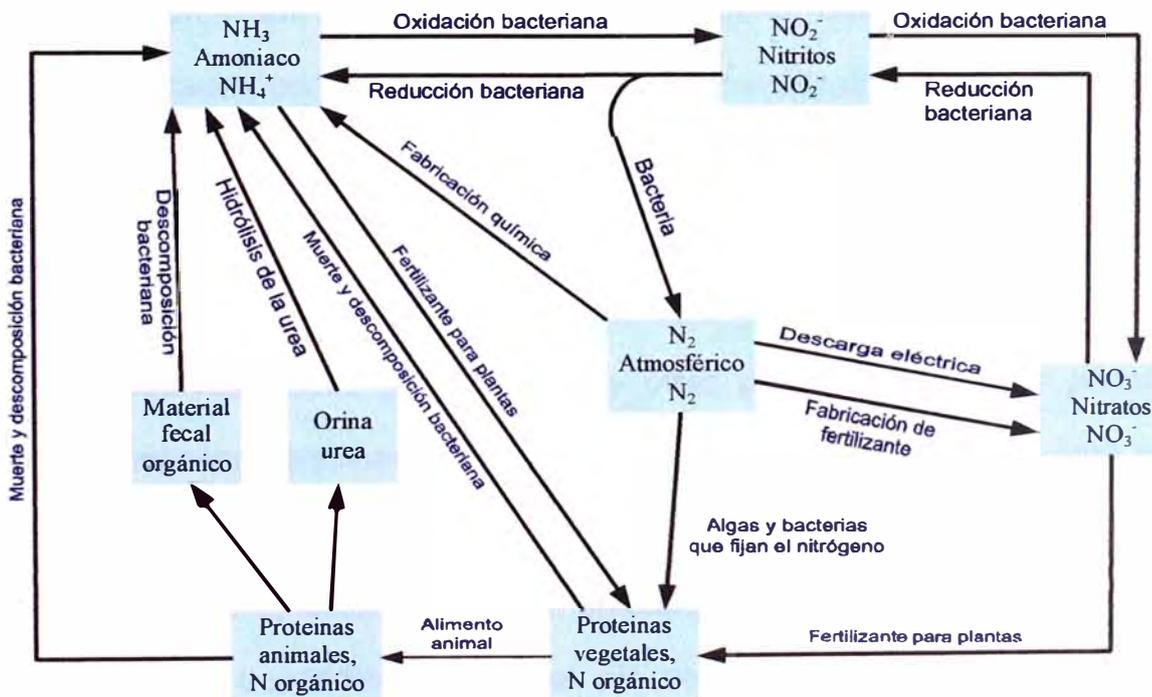


Fig. 1.4. Ciclo del nitrógeno.

Puesto que el hidrógeno es absolutamente básico para la síntesis de las proteínas, se necesitará conocer datos sobre el mismo para valorar la tratabilidad de las aguas residuales domésticas mediante procesos biológicos. Cuando el contenido de nitrógeno sea insuficiente se necesitará la adición del mismo para hacer tratable el agua residual.

Las distintas formas de nitrógeno presentes en la naturaleza y los caminos que siguen en sus transformaciones se presenta en la figura 1.4. se encuentra principalmente en la forma de urea y materia proteica. La descomposición por las bacterias cambia fácilmente estas formas en amoníaco. La edad del agua residual viene indicada por la cantidad relativa de amoníaco presente. En un ambiente aeróbico, las bacterias pueden oxidar el nitrógeno del amoníaco a nitritos y nitratos. El predominio del nitrógeno del nitrato indica que el agua residual se ha estabilizado con respecto a la demanda de oxígeno. Sin embargo, los nitratos pueden ser usados por las algas y otras planta acuáticas para formar proteínas vegetales que, a su vez, pueden ser utilizadas por animales para formar proteínas animales. La muerte y descomposición de las proteínas animales y vegetales por las bacterias produce de nuevo amoníaco. Por tanto, si el nitrógeno en forma de nitratos puede reutilizarse por las algas y otras plantas para formar proteínas, puede ser necesario eliminar o reducir el nitrógeno que haya presente para evitar estos crecimientos.

El nitrógeno amoniacal existe en solución acuosa bien como ión amonio o como amoníaco, dependiendo ello del pH de la solución, según la siguiente ecuación de equilibrio:



A niveles de pH superior a 7, el equilibrio se desplaza hacia la izquierda; a niveles inferiores de pH 7, el ión amonio es predominante. El amoníaco se determina elevando el pH, destilando el amoníaco con el vapor que absorbe el amoníaco gaseoso.

2.3. Correlación de la información.

Según lo expuesto en los puntos 2.1. y 2.2. podemos establecer dos condiciones de ataque de los componentes del desagüe a las pozas de la planta de tratamiento:

- Condiciones anaeróbicas.
- Condiciones aeróbicas.

Cap. I

2.3.1. Condiciones anaeróbicas.

Se produce en el tanque sedimentador o de homogenización, debido a que se trata de un ambiente cerrado y donde por lo menos se tendrá estanqueidad de las aguas por un período de mínimo de ocho horas, consiguiendo de esa manera que se establezca el ciclo de formación del ácido sulfúrico (pH 4), que representamos en la figura 1.5.

Como ya se sabe, el ataque por ácidos se produce principalmente porque el concreto es químicamente básico, con un pH del orden de 13, por lo que puede ser atacado por medios ácidos con pH menor de 7, de los cuales reaccionan con el hidróxido de calcio de la pasta produciéndose compuestos de calcio solubles en agua.

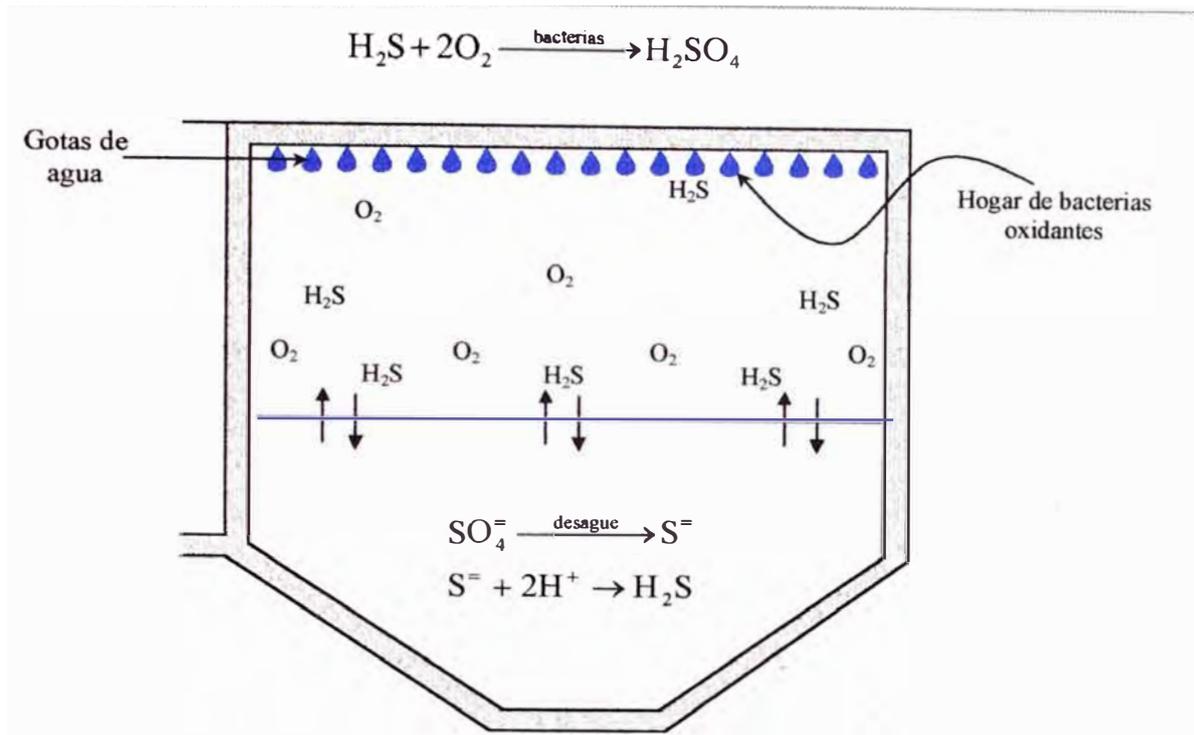


Fig. 1.5. Formación del ácido sulfúrico en el tanque sedimentador.

Cap. I

2.3.2. Condiciones aeróbicas.

Se produce en aquellas celdas que están expuestas al aire libre (tanques de aeración y el digester de lodos), debido a que este ambiente es propicio para la formación del amoníaco, el cual al ser una base, penetra en el concreto y se concentrará en zonas determinadas produciendo daño físico por cristalización y expansión a partir de la reacción entre el hidróxido y el bióxido de carbono proveniente del aire.

Además en los tanques de aeración se producirá una degradación acelerada del concreto en las zonas delimitadas por sus niveles máximo y mínimo de desagüe, debido a que esta zona presentará ciclos de humedecimiento y secado constante.

Una condición que se presentará independientemente del ambiente es el contenido de las sales en los desagües, propio de la zona de playa.

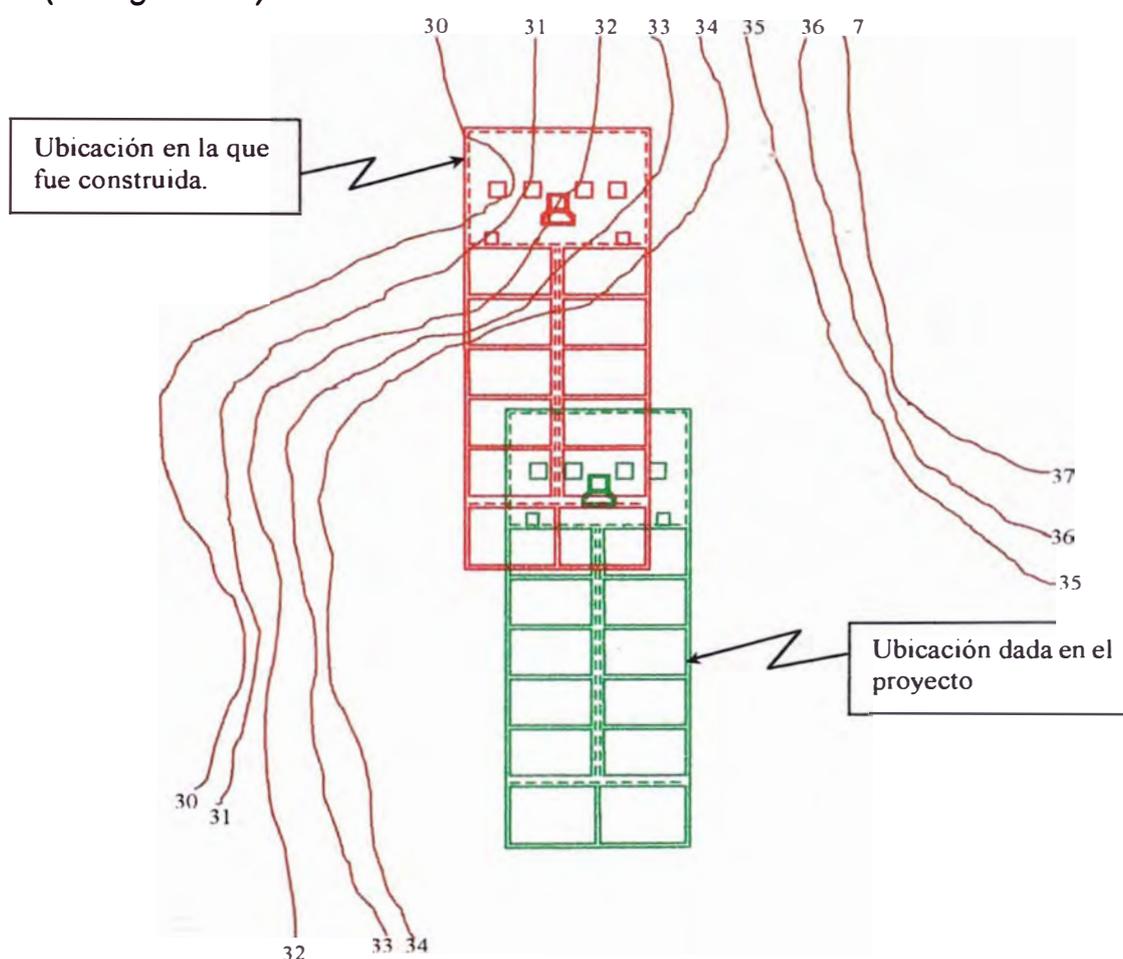
3. Construcción.

La construcción de la planta se terminó en el mes de Diciembre de 1997.

Contamos con los siguientes datos de campo:

3.1. Ubicación.

La planta de tratamiento no se ubicó en el lugar indicado en los planos de proyecto, en el cual se observa que estaba cimentada totalmente sobre terreno natural (ver figura 1.6).



Cap. I

Fig. 1.6. Ubicación del sistema de pozas de la planta de tratamiento.

La razón del cambio de ubicación no se encuentra documentada, ni siquiera la aprobación del proyectista estructural para la aceptación del cambio de tipo de

terreno de cimentación. Este cambio originó, según se puede determinar en los planos y verificar en campo, que la planta se ubicó de tal forma que parte del terreno de cimentación (zona este, aproximadamente 40% del área en planta) sería suelo natural y la otra parte sería un relleno, de aproximadamente 6 metros en su parte más alta, apoyado sobre un talud de pendiente del 60%.

Se pudo averiguar de manera verbal, que la nueva ubicación fue un requerimiento del arquitecto encargado del proyecto quien buscaba ampliar la zona de estacionamiento, que limita por la parte Este de la planta, para cumplir con el requerimiento de los dueños de la habilitación de contar con un estacionamiento por cada lote que tiene la urbanización.

Cap. I

3.2. Relleno.

Así como no existen registros del cambio de ubicación, tampoco existen estudios de estabilidad de taludes, de cantera de afirmado, de proctor modificado o algún otro que pueda justificar o servir de parámetros para la ejecución del relleno. En la figura 1.7. se puede apreciar indicado el nivel original de relleno.



Fig. 1.7. A la izquierda visto los tanques desde el lado Oeste, la línea punteada indica el nivel original que alcanzaba el relleno. A la derecha se observa el relleno sin alterar desde el lado Sur.

Según referencia verbal el relleno se hizo con afirmado de la cantera del MTC ubicada en el Km. 121 de la Carretera Panamericana Sur, del cual en Diciembre de 1999 se realizó un estudio del mismo para la construcción de la base y sub base del acceso principal de la urbanización cuyos análisis químicos efectuados han registrado entre 9 905 y 67 544 p.p.m. de sales solubles totales en las muestras de relleno compactado. La recomendación que hace es: “Los valores de sales solubles totales correspondientes a la capa de relleno compactado son sumamente elevados e inadmisibles para un material de base granular”.

Cap. I

También se supo que para este trabajo se utilizó una compactadora de rodillo pequeña (aprox. 1,5 Tn).

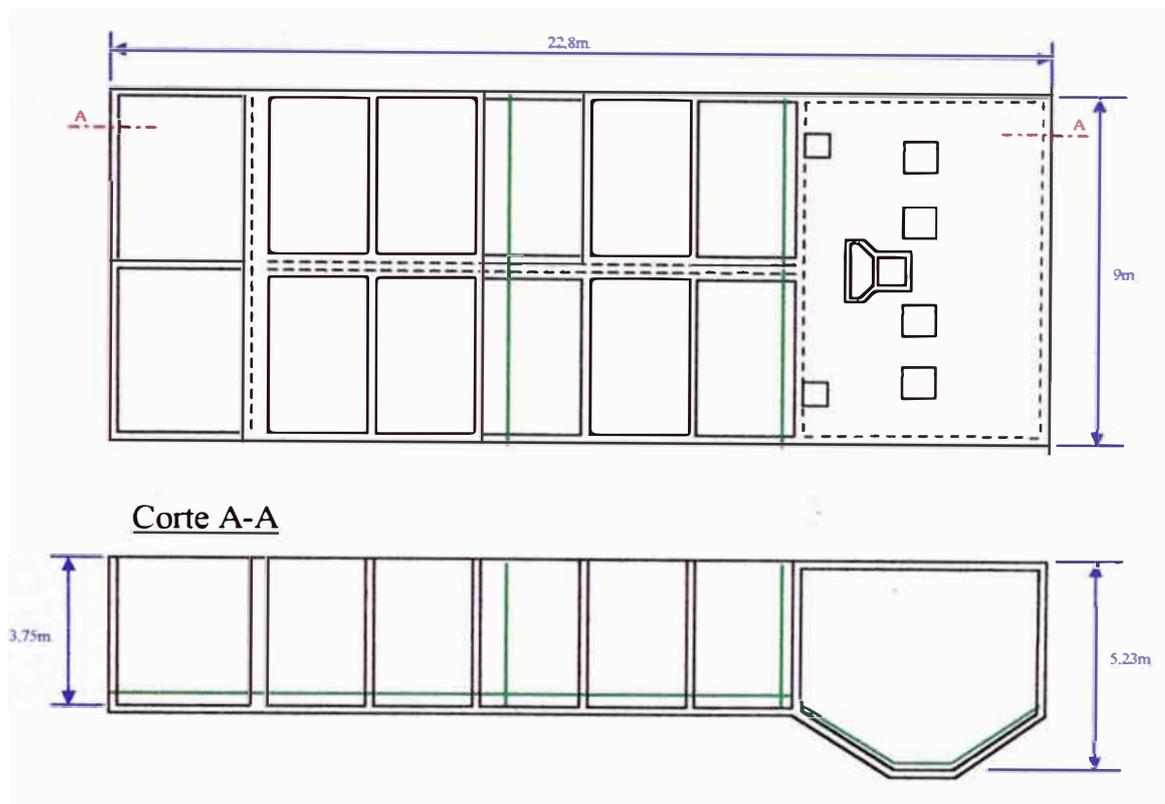
3.3. Concreto armado.

Sí se contó con los registros de vaciado del concreto, pero estos no podían aportar gran detalle debido a que estaban incompletos en lo que se refiere a las proporciones de la mezcla de concreto. Los datos con los que se cuenta son:

- Las juntas de construcción, determinadas en campo y no aprobadas por el proyectista estructural, con la aplicación del water stop para asegurar el sellado de las mismas, ver en la figura 1.8.
- Se usó cemento Andino Tipo V, para la preparación de la mezcla de concreto.
- Se utilizó de maquinarias una mezcladora y una vibradora, que según los registros trabajaron de manera continua.
- No se reportó ocurrencias en ninguno de los 6 vaciados.

- Se utilizó el acero recomendado por el estructural.

Planta



Cap. I

Fig. 1.8. Se muestra la ubicación de las juntas de construcción. La junta inferior separa todos los elementos horizontales de los verticales.

- Se dejaron todas las tuberías para las instalaciones eléctricas y sanitarias que serían embebidas en el concreto de manera que luego no se picaría para introducirlas y posteriormente resanar. Se puede constatar en sitio que no existen reparaciones en las pozas.
- No hay registro de los ensayos de probetas de concreto para las pozas de la planta.
- No hay registro del tipo de curado y ni del tiempo que duró el mismo.

3.4. Equipamiento.

El equipamiento de las partes metálicas empotradas que corresponden a las pozas se hicieron en su totalidad (ver figura 1.9.). No se ocasionaron daños de ningún tipo según se registra en el cuaderno de obra, siguiendo las recomendaciones de:

- No efectuar ninguna labor de picado que comprometa el comportamiento estructural de los diversos elementos.
- Las labores de picado superficiales deben ser aprobadas por la supervisión.
- No soldar las partes metálicas de las instalaciones al acero de la armadura.
- Para asegurar la unión de los elementos metálicos con el concreto se perforarán y se usarán pernos de expansión sellados en su perímetro con algún tipo de resina impermeable.

Cap. I



Fig. 1.9. A la izquierda canaletas metálicas dispuestas para su colocación. Al centro canales ya colocadas en las pozas de la planta de tratamiento. A la derecha se puede apreciar en el extremo derecho uno de los picados que se hizo para la colocación de la canaleta, el cual fue posteriormente resanado.

- Las labores de perforación no deben exceder la mitad del espesor del elemento de concreto y que la broca debe tener el filo suficiente como para no ocasionar grietas alrededor del agujero.
- Durante la perforación se debe tener en cuenta que de entrar en contacto con la armadura de las pozas esta se sellará de inmediato con una resina de recuperación estructural, impermeable y de baja contracción.

4. Puesta en marcha y uso.

La planta de tratamiento empezó a servir en el mes de Marzo del año 1999, contando con las siguientes características:

- Una bomba de 1,5 HP sin sistema de refrigeración por lo que sólo puede trabajar encontrándose sumergida totalmente.
- Grupo electrógeno para alimentación eléctrica de emergencia.
- Sólo cuatro casas alimentarían el desagüe. Debido al caudal pequeño producido por las casas se calculó que el tanque de homogenización serviría de almacén para los desagües y que en el mes de Junio se bombearía por primera vez hacia las cámaras de aeración, estando el tanque de homogenización lleno a 2,50 metros de altura, ver figura 1.5 (su capacidad máxima es de 4,50 de altura de desagüe).

5. Presentación de la anomalía.

- En el mes de Junio se disponía a bombear del tanque de homogenización hacia las pozas de aeración, sin embargo se anoto en el cuaderno para control en servicio de la planta que el tanque de

homogenización sólo se había llenado hasta 1,50 metros de altura (1,00 metro menos de lo esperado), por lo que no se bombeo a las pozas. También se dejó registro de la pérdida del talud del relleno por la aparición de grietas verticales y consecuentes derrumbes del mismo. Este hecho dio la pauta para controlar a diario el nivel de desagüe en el tanque de homogenización en los cuales no se encontró variaciones en los registros. A ese tiempo ya estaban 07 casas conectadas al sistema de desagüe de la habilitación.

- Durante la tercera semana del mes de Julio se registraron dos bombeos por separado cada uno con capacidad de subir 0,50 el nivel del desagüe y comprobado al terminar el bombeo. Al tomar la medida del nivel al día siguiente se registro nuevamente 1,50 metro de altura. Se produjo un aumento de las grietas en el talud del relleno, observando grietas hasta de 10 cm de ancho. Se dio la alerta de la anomalía. La primera medida que se adoptó fue la de no bombear más hacia el tanque de homogenización.
- En la cuarta semana de Julio se realizó una excavación alrededor del tanque de homogenización, ya que se suponía la existencia de una grieta o agujero a ese nivel. Se bombeo desagüe hasta alcanzar los 2,00 metros de altura observándose un descenso del nivel hasta los 1,50 metros en 5 horas. Aparecen fisuras leves visibles en la tercera fila de las pozas de aeración (ver figura 1.10.).

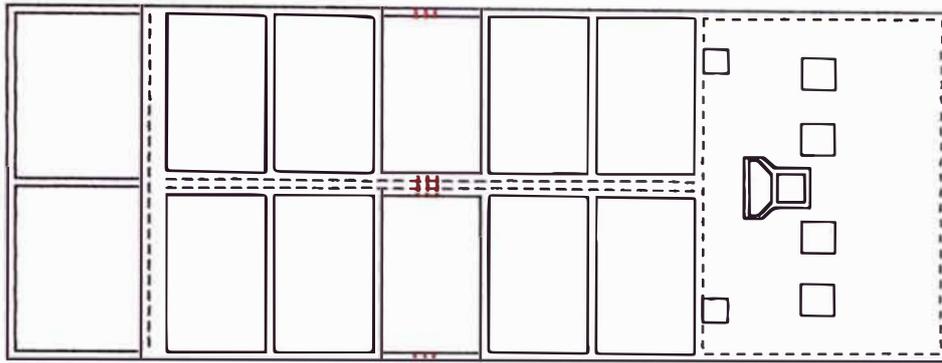


Fig. 1.10. En rojo las fisuras leves en la parte superior de la tercera fila de tanques de aeración.

- En la primera semana de Agosto se registró la existencia de rajaduras verticales en la fila tercera de las pozas de aeración, como se esquematiza en la figura 1.11., de 2 milímetros de ancho y las cuales se perdían a medida que descendían hacia las pozas (largo aproximado de 1,5 metros). Se procedió a aplicar pasta de cemento superficialmente en una pequeña zona de las rajaduras para establecer visualmente el avance de las mismas, tomando en cuenta por supuesto que la contracción de la pasta mostraría un avance ficticio en el ensanchamiento de la rajadura.

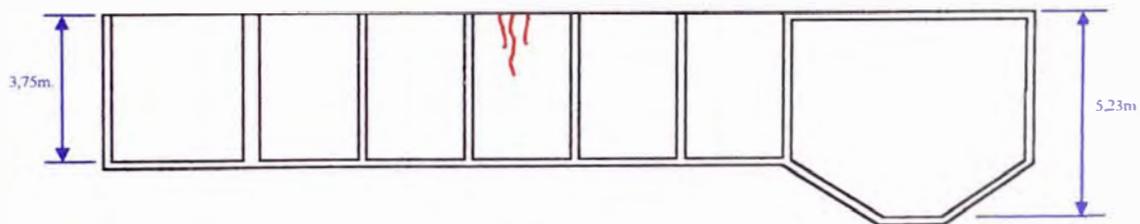


Fig. 1.11. En rojo las rajaduras, la más larga de 1,50 m. de largo aproximadamente.

- Para la primera semana del mes de Octubre se tenía una rajadura de 0,6 milímetros en la parte superior de las pozas y que llegaban hasta el fondo de la losa, inclusive, se observaba un leve sistema de grietas en

la misma losa. De la misma manera aparecieron dos sistemas de rajaduras, de iguales características que las descritas en el párrafo anterior, en otras pozas de 1,00 metro de largo.

Cap. I

CAPÍTULO II.

ESTUDIO DE LA ANOMALÍA:

- 1. CONTROL EN LAS CANTIDADES DE VOLUMEN PERDIDOS DE DENGUES.**
- 2. CONTROL EN EL AVANCE DE FISURAS.**
- 3. EXAMEN VISUAL MEDIANTE EXCAVACIONES.**
- 4. ESTUDIO DE SUELOS.**
- 5. EXAMEN VISUAL DEL ESTADO DE LA ARMADURA.**
- 6. DEFINICIÓN DEL PROCESO DE LA ANOMALÍA.**

Capítulo II. Estudio de la anomalía.

1. Control en las cantidades de volumen perdidos de desagüe.

Teniendo como datos el caudal de invierno de 0,2 litros por segundo, el de verano de 1,9 litros por segundo y las dimensiones del tanque de homogenización, se tiene:

- En el mes de Junio se esperaba tener en el tanque de homogenización 60,14 metros cúbicos de desagüe, sin embargo se puede calcular que el tanque de homogenización sólo se había llenado con 9,56 metros cúbicos (50,58 metros cúbicos menos de lo esperado).
- Durante la tercera semana del mes de Julio se registraron dos bombeos por separado cada uno con capacidad de 50,58 metros cúbicos. Al tomar la medida del nivel al día siguiente del bombeado se registro nuevamente que el tanque sólo contenía 9,56 metros cúbicos.
- En la cuarta semana de Julio se bombeo desagüe hasta alcanzar los 35,85 metros cúbicos de capacidad observándose un descenso del nivel que significaba un volumen de 25,29 metros cúbicos de desagüe perdidos en 5 horas. Por lo tanto el caudal de fuga es de 1,41 litros por segundo.
- Haciendo una estimación de los volúmenes perdidos estos suman aproximadamente 175 metros cúbicos.
- Si estimamos que las pérdidas se deben a una sola rajadura, esta debe tener un área aproximada de 15 centímetros cuadrados (pudiendo ser de 0,5 cm*30 cm).

- Si estimamos que las pérdidas se deben a filtraciones pequeñas aplicando un factor hidráulico estas deben sumar un área de 40 centímetros cuadrados. Asumiendo que cada una tiene 0,25 milímetros cuadrados, se estima que son 16000 unidades de poros que ocasionan tal pérdida distribuidos en un área de 1,60 metros cuadrados.

2. Control en el avance de fisuras.

Con la aparición de las fisuras en la tercera fila de las pozas de aeración, se establecieron medios para controlar el avance de las mismas de manera visual y tomando mediciones diarias del ancho de la fisura principal.

El control visual se estableció mediante la aplicación continua de una pasta de cemento superficial en un pequeño sector de la rajadura, con el objetivo de que cualquier persona que trabajaba en la zona pudiera establecer un avance notable, si ocurría, lo cual sería síntoma del agravamiento y posible colapso inmediato debido a la aceleración del crecimiento del ancho y profundidad de la fisura.

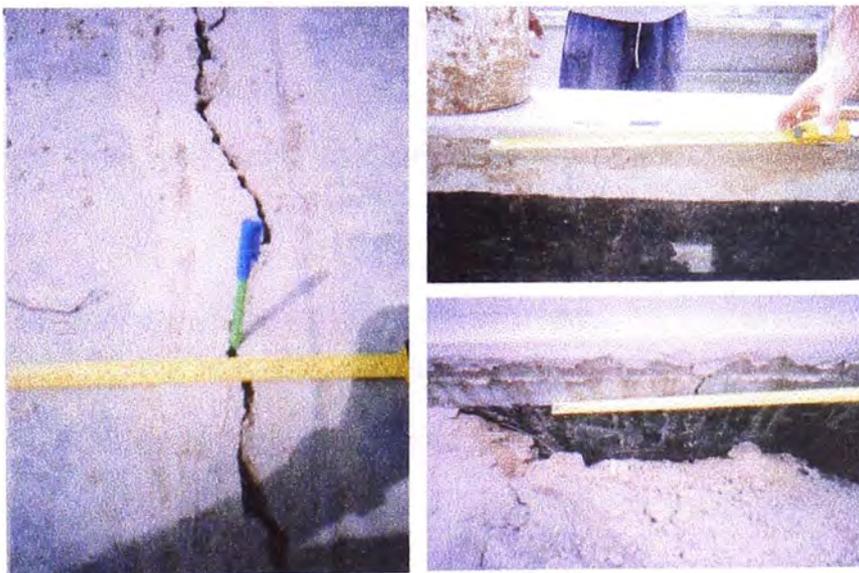


Fig. 2.1. Sistemas de fisuras, a la izquierda la grieta principal y a la derecha otras grietas del lado norte y sur respectivamente.

Las mediciones diarias arrojaron luces de un avance continuo pero lento de las grietas, desde su detección con un ancho de 0,02 milímetros (medida asumida debido a que es la mínima para que el ojo humano pueda detectarla) hasta llegar a medir 8 milímetros como se observa en la figura 2.1. antes de realizar los trabajos de reparación, avance registrado en 15 semanas.

Además se tiene registro de la aparición de anomalías en los alrededores de la planta, tal como se ve en la figura 2.2.



Fig. 2.2. Rajaduras en el suelo detrás de la caseta de sopladores, ubicadas al lado norte de los tanques.

3. Examen visual mediante excavaciones.

Las excavaciones laterales que se efectuaron, se realizaron con el objeto de encontrar el lugar de la fuga en la zona Oeste de los tanques, como se aprecia en la figura 2.3.

En un principio el hecho de que el desagüe se nivelara a 1,50 metros de altura hacia suponer una fuga a ese nivel, pero al realizar las excavaciones hasta

dicho nivel no se encontró indicios de rajaduras o agujeros. Posteriormente, al hacerse un bombeo que elevó el nivel a 0,50 metros más de alto y poner a una persona a controlar las variaciones de nivel que se esperaba y la presencia de filtración lateral, no se pudo registrar siquiera la presencia de humedad en las caras del tanque, pero, si la pérdida de desagüe, por lo que se concluye que la zona de fuga se encuentra en la losa inferior.

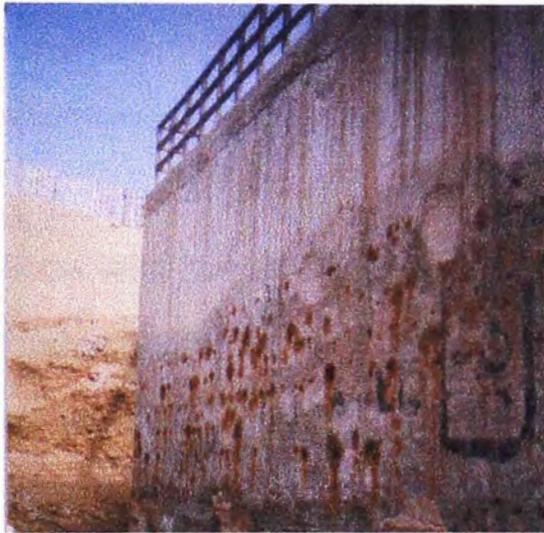


Fig. 2.3. Cara Oeste de los tanques, descubierta para poder detectar filtraciones.

Al llegar la excavación al nivel donde terminan los muros del tanque y empieza la losa con una pendiente descendente se observó que el tanque de homogenización estaba completamente en el aire (ver figura 2.4.), es decir en voladizo. Se procedió a excavar por debajo para detectar el lugar de la fuga, ubicando una gran cangrejera en la losa diagonal por la parte exterior del tanque y en donde se apreciaba la caída de gotas de agua en cantidades muy pequeñas. Por todo el comportamiento descrito se puede concluir que la pérdida de desagües es por la cangrejera, en la que se podía observar la exposición del acero de refuerzo en un área de 0,60 metros por 0,50 metros.

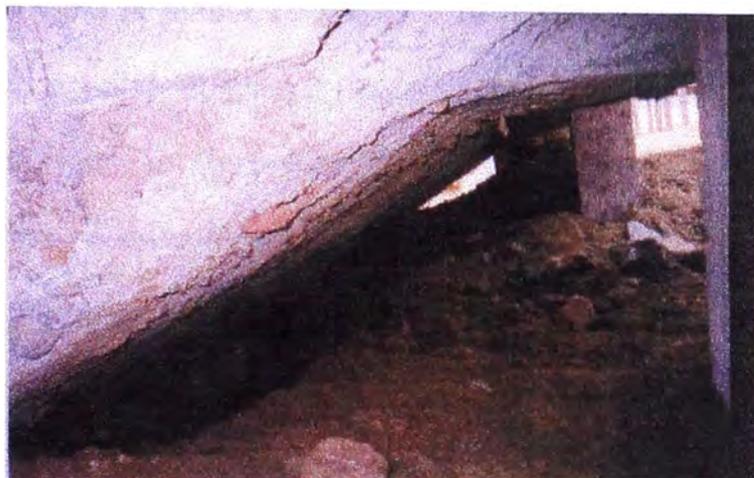


Fig. 2.4. Vista tomada por debajo del tanque de homogenización.

4. Estudio de suelos.

Para estos efectos nos remitiremos íntegramente al estudio de suelos desarrollado por la empresa M y M Consultores S.R.L., en Setiembre de 1999, a cargo de la Ing. Maggie Martinelli de Mayer. Cabe resaltar que la misma empresa fue quien desarrolló el Estudio de Suelos en forma integral de toda la Urbanización Las Lomas del Mar en el año 1996, proporcionando las capacidades portantes de los suelos por sectores y los estratos y tipos de cimentación para cada una de las manzanas proyectadas en la urbanización, recomendando inclusive los estratos de cimentación de estructuras importantes de las zonas comunes, como lo son: el muro de contención hacia el Oeste 250 metros lineales, 04 sub estaciones eléctricas, 05 ascensores de una altura promedio de 15 metros aproximadamente, la casa club, las vías de circulación 5000 metros lineales aproximadamente e inclusive de la planta de tratamiento de desagües en estudio.

Con ello queremos resaltar la importancia de este estudio de suelos, en virtud del conocimiento integral del terreno que tienen de esta Urbanización.

En principio la planta de tratamiento de desagües fue proyectada y ubicada unos 40 metros hacia el Este de la ubicación actual aproximadamente, ubicación recomendada por la empresa M y M Consultores, de acuerdo a sus investigaciones y estudios de campo, pues en dicha ubicación, se hubiera cimentado íntegramente en suelo rocoso y el ingeniero estructural, había desarrollado los planos pertinentes con esas consideraciones.

Por requerimientos propios de la urbanización, de contar con una mayor cantidad de estacionamientos para los automóviles de los propietarios, de sus familiares y visitantes, la directiva de la Urbanización decidió reubicar la planta de tratamiento de desagües a la ubicación actual, consiguiendo con ello aproximadamente 50 estacionamientos vehiculares adicionales.

Con estos antecedentes, podemos entender e iniciar el análisis del estudio de suelos en mención.

El informe de suelos presenta la descripción de los trabajos realizados en el campo y laboratorio, los resultados de los análisis efectuados y las conclusiones obtenidas en virtud de determinar las causas de las rajaduras presentadas en la planta de tratamiento de desagües y brindar recomendaciones para su reparación.

4.1. Características del terreno.

El terreno donde ha sido construida la Planta corresponde a la parte superior de una loma, en un sector donde nace una quebrada que baja en dirección hacia el Sur, hacia Balneario de Puerto Fiel.

La topografía original era ondulada, por lo que para la construcción de la planta fue necesario efectuar cortes de la parte superior del terreno y rellenos en la parte mas baja que corresponde al sector Sur, donde nace la quebrada.

Actualmente, alrededor de la planta de tratamiento existe una plataforma al nivel superior de los muros de las pozas, a una cota de 34.50m aproximadamente, en donde se han levantado tres edificaciones pequeñas de material noble, de un piso de altura, para la caseta de máquinas, guardianía y almacén.

El terreno en el extremo Sur de la planta se encuentra a 4m por debajo del nivel de plataforma y desciende desde cotas variables entre 31.00 y 32.00 con una pendiente promedio de 30° en dirección hacia la quebrada que baja hacia la Urbanización de Puerto Fiel.

4.2. Trabajos efectuados.

Se efectuó una exploración de campo, que consistió en realizar cinco (05) calicatas excavadas en forma manual en el perímetro de la planta hasta profundidades entre 3.70 y 6.30 m, en donde se alcanzó el terreno natural gravo-arenoso, que se encontraba cementado por sales.

Asimismo se desarrollo el perfil de las calicatas, los suelos de cada estrato, la clasificación visual (SUCS) y la extracción de muestras representativas para el Laboratorio.

En el laboratorio se verificó la clasificación visual de las muestras obtenidas y se escogieron muestras representativas para ejecutar con ellas los ensayos de análisis granulométrico por tamizado y los límites de Attemberg. Dichos ensayos fueron realizados según las Normas ASTM respectivas.

4.3. Características del sub suelo.

El perfil de suelo en el perímetro de la Planta de Tratamiento está conformado normalmente por una capa superior de relleno de arena fina a gruesa, gravosa, ligeramente limosa, mal graduada, suelta a medianamente densa. El espesor de esta capa es variable y aumenta en dirección Sur. Los espesores de relleno registrados en las calicatas excavadas en el perímetro de la planta son los siguientes:

Calicata C-1 : No se detectó.

Calicata C-5: 3.10 m con respecto al nivel de la plataforma de la cota
34.50m

Calicata C-4: 4.50 m con respecto al nivel de la plataforma de la cota
34.50m

Calicata C-3: 4.80 m con respecto al nivel de la plataforma de la cota
34.50m

Calicata C-2: 4.20 m por debajo de la parte inferior del muro perimetral de la
planta.

El suelo natural que se encuentra bajo el relleno es predominantemente arena gravosa, ligeramente limosa a limosa, mal gradada, en estado muy denso debido a su cementación por sales.

No se encontró la presencia de nivel de napa freática dentro de la profundidad investigada en las calicatas, pero en las Calicatas C-2 y C-3 excavadas, en la zona Sur, los suelos estaban saturados por efecto del agua proveniente de las filtraciones de la estructura. En la calicata C-2 se encontraron

suelos saturados hasta 4.20 m de profundidad por debajo de la losa del tanque (cota aprox. 26.30m), mientras que en la calicata C-3 los suelos se encontraron saturados hasta 6.30 m de profundidad por debajo de la losa superior de la planta (cota aprox. 28.20m).

5. Examen visual del estado de la armadura.

Al realizarse las excavaciones laterales se pudo observar la presencia de grandes manchas distribuidas uniformemente producto de la oxidación del acero en las paredes del tanque de homogenización (figura 2.5.), hasta donde habían llegado los niveles de desagüe.

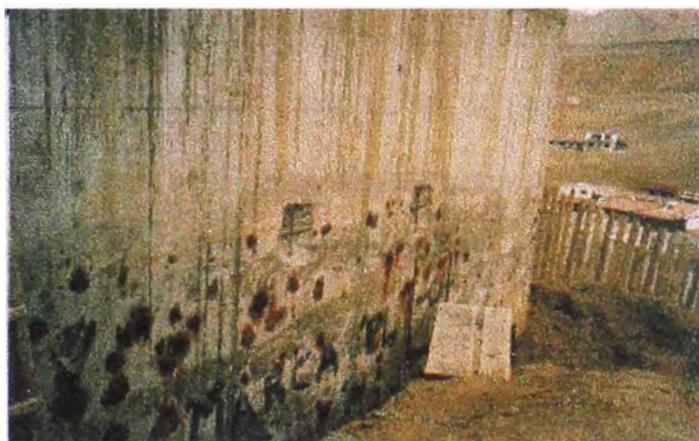


Fig. 2.5. Cara Oeste de los tanques con manchas de óxido y picado para el registro visual de las armaduras.

Sobre el origen de estas manchas y debido a su ubicación uniforme se presumen dos alternativas de su origen:

- Que para amarrar las caras opuesta del encofrado, que dio forma a los muros del tanque, se utilizaron alambres de tal manera que estos fueran el origen de las manchas de óxido. Esta alternativa pierde su afirmación por una simple inspección visual de la parte del muro a los que todavía no ha

llegado el nivel de desagüe del tanque, en donde se aprecia agujeros de ½ pulgada espaciados regularmente y rellenados (utilizados para pasar los pernos que amarran los encofrados).

- Que para amarrar las caras opuestas del encofrado se utilizaron pernos protegido con tubos de PVC y que posteriormente fueron eliminados, llenando los agujeros con una pasta de cemento. Estos agujeros al ser rellenados con pasta de cemento presentaron fisuras pequeñas ocasionadas por la contracción del concreto que han sido el camino de las filtraciones que han arrastrado el óxido hacia el exterior.

Al ver que la alternativa correcta es la segunda se sabe que el óxido proviene de la armadura de refuerzo de las paredes del tanque, entonces, resulta importante saber el grado de afectación que han tenido dichas armaduras.

Se realizó un picado para exponer el acero de refuerzo en diferentes puntos de los muros. Para seleccionar el lugar de picado se tomó como referencia a aquellas manchas de óxido más grandes.

Las indicaciones dadas a los trabajadores era de seguir gradualmente el camino de la filtración, siendo fácil el seguimiento ya que el camino estaba marcado muy claramente con el mismo óxido, hasta llegar al acero de refuerzo.

Se pudo apreciar que el estado de las armaduras era excelente (ver figura 2.5. y 2.6.) y que el origen del óxido era apenas un punto de menos de 1 milímetro cuadrado del acero aproximadamente, que el camino de la filtración había tocado tangencialmente, en cada una de los cuatro exámenes que se hicieron.

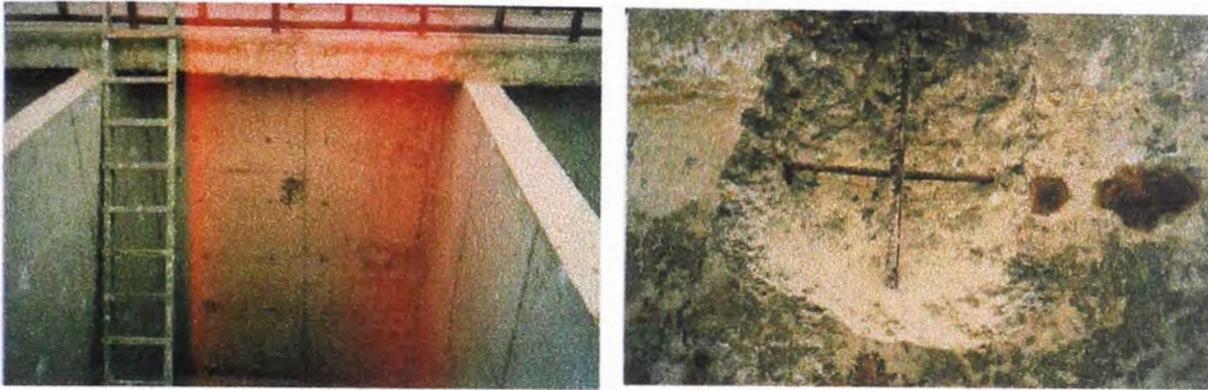


Fig. 2.6. A la izquierda picado por la parte interior de los tanques. A la derecha un acercamiento del picado en el que se aprecia el excelente estado de la armadura.

Por lo tanto, estas manchas no tienen mayor importancia de lo que causa su impacto visual. La amplitud de la mancha se debe que al aflorar el óxido a la parte exterior del muro como éste estaba en contacto con el relleno que ya tenía un contenido de humedad que evitaba que el oxido pasará al suelo, haciendo que este se expandiera en el muro.

No debe preocuparnos el avance del grado de oxidación del acero por esta razón, ya que como también se pudo comprobar estas filtraciones cesaron, suponemos, debido a la obstrucción de las micro fisuras por los mismos sedimentos finos que arrastra la filtración.

6. Definición del proceso de la anomalía.

Tomando en cuenta toda la descripción anterior, podemos definir cual fue el proceso de la anomalía:

- Filtración de volúmenes de desagüe en el tanque de homogenización.
- Pérdida de la capacidad portante del relleno por debajo del tanque de homogenización.

- El sistema de pozas es sometido a un asentamiento diferencial.
- Aparecen la rajaduras en las pozas de aeración intermedias.

CAPÍTULO III.

DIAGNOSTICO Y EVALUACIÓN DE LA ANOMALÍA:

- 1. ORIGEN DE LA ANOMALÍA.**
- 2. MECANISMOS DE ACCIÓN Y CAUSAS DE LA ANOMALÍA.**
- 3. ESTADO DE LA ANOMALÍA**

Capítulo III. Diagnóstico y evaluación de la anomalía.

1. Origen de la anomalía.

Según M y M Consultores, empresa encargada de los estudios de suelos en la habilitación urbana, en su estudio establece principalmente que: en primer lugar se recomienda evaluar el estado de las armaduras de la estructura. Si estas están oxidadas, deberá reforzarse la estructura. El óxido puede deberse a los siguientes factores:

- a. Ingreso de agua salada con presencia de cloruros a través de los alambres de encofrado expuestos.
- b. Utilización de agregados con presencia de sales y cloruros.
- c. Utilización de agua salada en la confección del concreto.

Para descartar este daño se recomienda picar las estructuras en diversos puntos, principalmente en las zonas mas afectadas, para apreciar el estado de la armadura. Estos huecos deberán resanarse utilizando aditivos especiales para que pegue el concreto nuevo al antiguo.

Uno o dos pedazos de concreto deberán remitirse al laboratorio de química para descartar la presencia de sales, sulfatos y cloruros en el concreto.

Según el Ing. Julio Higashi, encargado de hacer la evaluación estructural de la planta de tratamiento, establece que las fisuras que se han producido se han debido a un problema de asentamiento diferencial, ya que la planta se encuentra cimentada en dos tipos diferentes (suelo natural cementado y relleno no compactado adecuadamente).

Esto se comprueba si se analiza la estratigrafía de las calicatas, y lo encontrado en la calicata C-2 en el extremo Sur, donde se puede ver que el Tanque de Homogenización se encuentra literalmente en el “aire”, ya que todo el suelo de cimentación ha sido lavado por las filtraciones de agua.

Otro aspecto importante es que las paredes de las pozas no son ni han sido impermeables, lo que deberá ser reparado luego de realizar el reforzamiento de la estructura.

Teniendo todo el conocimiento previo y la opinión de los que intervinieron en el estudio de la planta podemos concluir que el origen de la anomalía se puede ubicar en dos fases del proceso constructivo: en el proyecto y la ejecución.

1.1. Fallas en el proyecto.

Las fallas en el proyecto fueron:

- El cambio de la ubicación de la planta que significaba un cambio del suelo de fundación por una parte de las pozas sobre relleno para el que había sido diseñada la estructura de las pozas. A pesar de requerir el diseño una capacidad portante del terreno relativamente baja (0,5 kg/cm²), no se puede considerar el relleno como al suelo natural, ya que el relleno aún ejecutado con muy buena compactación sufrirá un reacomodo de sus partículas lo cual originará un asentamiento del mismo y como las pozas están en parte de suelo natural es de esperar un asentamiento diferencial, para el cual no está diseñada la estructura.
- Si no existía forma de evitar el cambio de la ubicación de la planta, se hubiese recomendado un estudio muy detallado que arrojará luces sobre

la calidad del afirmado utilizado en el relleno: su contenido de humedad óptima para alcanzar la densidad máxima, granulometría, contenido de sustancias no deseables, etc.

- No dar a cualquier cambio en la planta de tratamiento la importancia debida, ya que la existencia de este lo convierte en el eje vital sobre la sanidad en la habilitación urbana y que cualquier eventualidad prevista significará un seguro de su funcionamiento correcto y continuo.

1.2. Fallas en la ejecución.

Las fallas en la ejecución fueron:

- La compactación no tuvo elementos de control, ni parámetros de referencia para su ejecución y la máquina con se realizó la compactación, debido a su tamaño, requeriría muchas pasadas para lograr una compactación aceptable.
- No se ejecutó el solado indicado en los planos estructurales, según se comprobó al excavar por debajo de los tanques. Esto quiere decir que el vaciado se realizo directamente sobre el suelo y el relleno de fundación.
- En el vaciado del concreto la falla principal fue utilizar una sola máquina mezcladora y una vibradora ya que la cangrejera en el elemento horizontal, por sus características, aparentemente obedece a la falta de vibrado posiblemente por la falla de esta.
- No haber contratado una supervisión especializada, para el control de las diferentes etapas en la ejecución de las pozas.

2. Mecanismos de acción y causas de la anomalía.

Según M y M Consultores sobre la base de los daños observados en la estructura, concluyen que la planta de tratamiento de desagües no es, ni ha sido impermeable y que las filtraciones del tanque y las pozas han originado los siguientes daños:

- a. Oxidación de los alambres del encofrado que atraviesan las placas y han quedado expuestos, por efecto de los cloruros del agua y del ambiente salino. Se desconoce si el óxido ha afectado la armadura de las estructuras.
- b. Lavado de sales y finos del material de relleno colocado bajo la planta, con la consecuente pérdida de resistencia y la formación de vacíos en algunos sectores, tales como el apreciado en el extremo Sur del tanque que está en el aire.
- c. Asentamientos en los rellenos, que aparentemente no fueron bien compactados.
- d. Lavado de sales y finos de la capa superior del suelo natural cementado sobre la cual se apoya el relleno.

Debido a lo indicado, y a que las filtraciones fluyen hacia el Sur, donde se tiene mayor espesor de relleno (que es un material más permeable que el suelo natural), el tanque cerrado del extremo Sur de la Planta ha quedado sin sustento en algunas zonas y actualmente está siendo parcialmente soportado por las paredes de concreto de las pozas. Si bien las paredes son de concreto armado, no han sido diseñadas para recibir los esfuerzos a lo que están siendo sometidas y es por esta razón que se están rajando.

Cabe señalar, que las estructuras están soportando otros esfuerzos internos (ya que las paredes siguen soportando parte del peso propio del tanque). Estos esfuerzos pueden trascender en mayores rajaduras o grietas.

Los hundimientos y rajaduras en las veredas se deben a que se han construido sobre capas de relleno de material no clasificado, que no han sido debidamente compactadas y que además se han visto afectadas por las filtraciones.

Con respecto a las principales causas de origen de las fallas, podemos indicar las siguientes:

- a. Construcción de la planta sobre dos materiales diferentes (suelo natural y cementado y relleno no compactado adecuadamente). Estos materiales tienen diferente comportamiento estático y sísmico.
- b. Falta de impermeabilización de la planta.
- c. Presencia de alambres de los encofrados expuestos, por donde ha ingresado el óxido y además ha permitido la ocurrencia de filtraciones.

Tenemos establecido el proceso ordenado de la anomalía y a continuación explicamos sus mecanismos de acción y causas:

2.1. Filtración.

El tanque de homogenización desde antes de ser llenado hasta 1,50 metros de altura de desagüe presentó las filtraciones a través principalmente de la cangrejera especificada en las partes 1. y 3. del capítulo II del informe (ver figura 3.1.). En algún momento la zona de la cangrejera alcanzó una presión de poros

suficiente como para poder soportar la presión ejercida por la columna de desagüe de 1,50 metros de alto, es por eso que al ser llenado por encima de este nivel se rompía la presión de poros y fugaba el desagüe rápidamente hasta llegar nuevamente al nivel que podía contener.

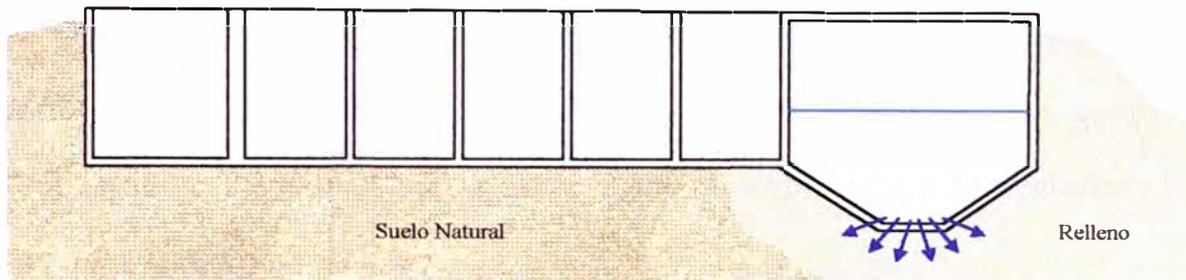


Fig. 3.1. Las flechas indican el sentido de la filtración producida debido a la cangrejera ubicada en la losa inferior del tanque de homogenización.

2.2. Colapso del relleno.

El material de relleno al tener gran contenido de sales se convirtió en un relleno colapsable, que ante un ligero incremento de humedad pierde súbitamente la estructura interna del relleno, llegando a colapsar grandes masas del mismo (el incremento de humedad lo proporcionó la filtración de desagüe). Debido a este fenómeno la planta pierde su fundación en la zona Oeste totalmente debajo del tanque de homogenización. El tanque de homogenización queda en voladizo.

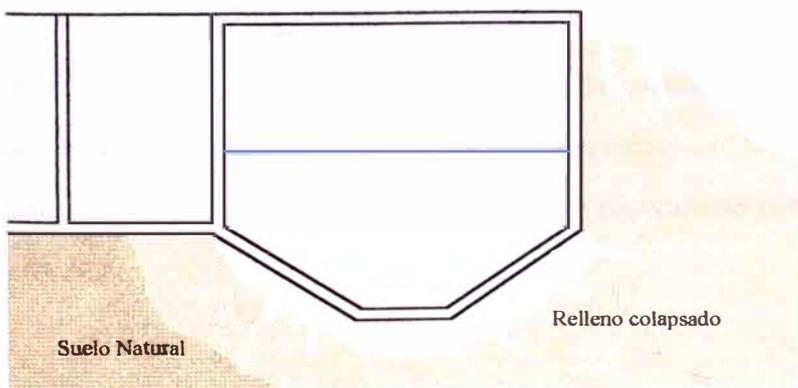


Fig. 3.2. Pérdida absoluta de la fundación bajo el tanque de homogenización. El debilitamiento del relleno se evidencia por la aparición de grandes rajaduras en la parte superior del relleno.

2.3. Asentamiento diferencial.

Se produce, entonces, un asentamiento diferencial en las pozas de la planta apareciendo así esfuerzos para los cuales la planta no había sido diseñada. Estos esfuerzos vistos por el perfil longitudinal de las pozas son de tracción en la parte superior de los muros y de compresión en la parte inferior de los muros y en toda la losa (figura 3.3.). Además debemos de tener en cuenta que cada vez que se bombeaba por encima del 1,50 metros se estaba aplicando una carga de aproximadamente 50 toneladas por cada metro de alto más y que posteriormente la carga desaparecía en 10 horas.

La aparición posterior de fisuras en la losa obedecen a la ocurrencia de esfuerzos cortantes para los que no han sido diseñados. Estas fisuras siguen a las ocasionadas por el momento de flexión debido a que esa zona a pasado a convertirse en la de menor sección de concreto en las pozas.

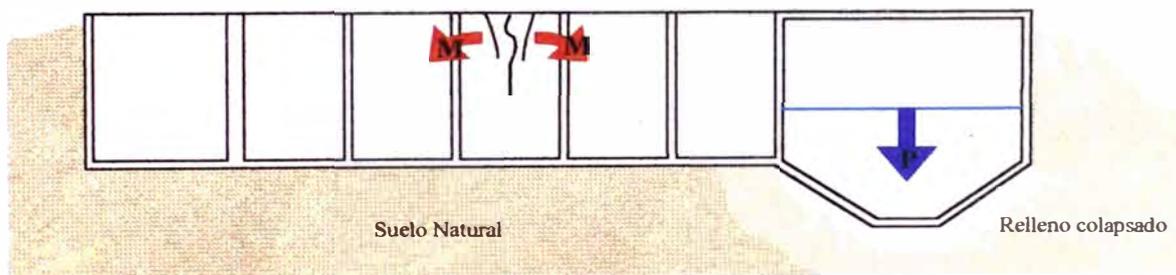


Fig. 3.3. En el gráfico se representa el relleno colapsado por debajo del tanque de homogenización y que la carga P (peso del desagüe y peso propio del tanque) ocasiona la aparición del momento M , ocasionando esfuerzos para los que no ha sido diseñado el tanque y dando lugar a la formación de grietas en las paredes de concreto de la tercera fila de tanques de aeración.

3. Estado de la anomalía.

Las filtraciones del tanque y las pozas han originado los siguientes daños:

- Se han observado rajaduras importantes en las pozas centrales de la planta, las cuales son transversales a la estructura y se encuentran en constante avance.
- Exteriormente no se aprecian fisuras ni rajaduras en los muros del tanque cerrado del extremo Sur de la Planta, sin embargo se ha observado filtraciones en el fondo del mismo debido a una cangrejera, lugar potencial de las filtraciones.
- El sistema de pozas se encuentra en constante asentamiento diferencial, por lo que urge una solución inmediata al problema.
- En las veredas perimétricas de las edificaciones se aprecian ciertos hundimientos y rajaduras producto de asentamientos diferenciales.

CAPÍTULO IV.

ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN Y EVALUACIÓN:

- 1. REPOSICIÓN DEL ACERO DAÑADO.**
- 2. CONTROL DE ASENTAMIENTOS.**
- 3. REPARACIÓN DE RAJADURAS.**
- 4. IMPERMEABILIZACIÓN DE LAS
POZAS.**
- 5. EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LAS
ALTERNATIVAS.**

Capítulo IV. Alternativas de rehabilitación y evaluación.

Previamente al planteamiento de las alternativas proponemos que debe descartarse el daño en la armadura de refuerzo en la zona de la cangrejera no sólo visualmente, si no, debería hacerse una prueba de potencial eléctrico para evaluar el grado de la oxidación. En el caso de las pozas abiertas las fisuras han permitido el ingreso de iones cloruros que es un factor desencadenante de la corrosión del refuerzo.

Uno o dos pedazos de concreto deberán remitirse al laboratorio de química para descartar la presencia de sales, sulfatos y cloruros en el concreto (lo cual podría deberse a la utilización de agua y agregados con contenido de sales en la confección del concreto). También es importante el conocimiento del pH del concreto, para conocer si cumple con la función de proteger al acero de refuerzo de la oxidación.

Una vez realizada dichas evaluaciones se tomará una mejor decisión sobre la ejecución de la reparación.

1. Reposición del acero dañado.

Como criterio en el caso que se tengan barras con picaduras o pérdidas de sección mayor del 30% éstas deberán ser reemplazadas. Podrán permanecer las barras que estén sanas y aquellas con pérdidas de sección menor del 30% o con pérdida de corrugación. En este caso se adicionarán nuevas barras cuya sección sea 1,2 veces el área de la sección pérdida.

Debe recalcar el hecho de que el proyecto de refuerzo no será válido si se tiene corrosión en las armaduras existentes, ya que luego de efectuarse el

reforzamiento, y cuando la planta esté en operación, se requiere que las armaduras tengan capacidad para soportar los esfuerzos a los que estarán sometidas.

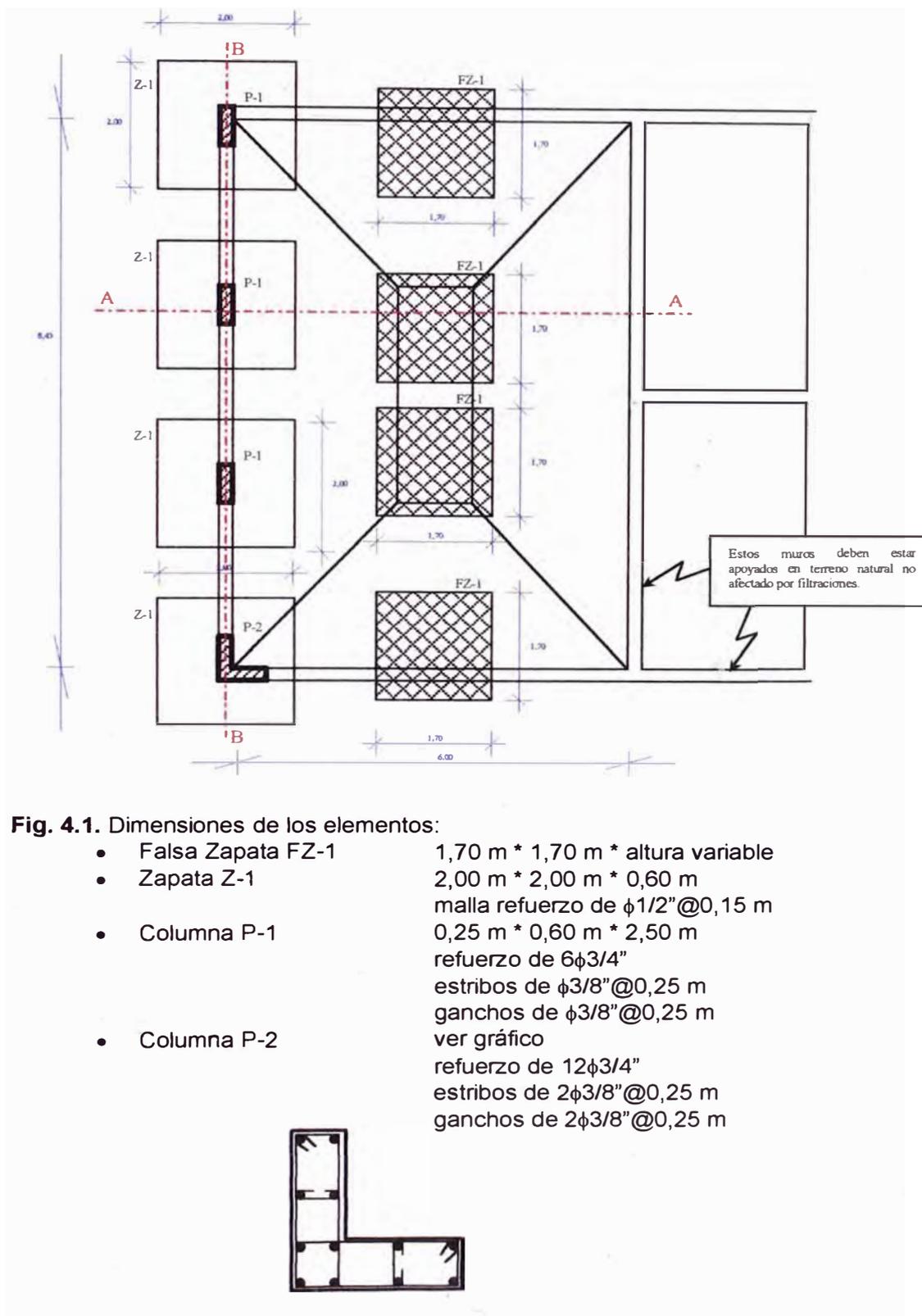
Se ha determinado que el acero estructural en las paredes de las pozas de tratamiento se encuentran en perfecto estado, por lo que se recomienda no reemplazar ni aumentar el refuerzo.

En la losa de fondo del tanque de homogenización si se requiere limpiar el material oxidado, afectado por la filtración del desagüe, pero no se requiere reforzar ya que la sección de acero pérdida no excede del 5% ni presenta pérdidas graves de la corrugación. Luego se cubrirá con una mezcla de mortero con cemento tipo V, previa aplicación de un aditivo que pega concreto viejo con nuevo, y se allanará junto con la parte inferior de la losa de fondo.

2. Control de asentamientos.

Se considera que podrá repararse la estructura construyendo cuatro dados de apoyo intermedio y cuatro columnas de concreto armado en el extremo sur de la planta (figura 4.1), bajo el muro extremo del tanque de homogenización, que se encuentra en el aire. Estas columnas anchas deberán apoyarse en el suelo natural que no ha sido afectado por las filtraciones y penetrar en él por lo menos 0,50 metros. Dado que el espesor del relleno en este sector alcanza 4,20 metros por debajo del muro, deberá preverse la construcción de columnas de por lo menos 4,70 metros en el extremo; en las partes con menos espesor de relleno y suelo alterado, podrá reducirse la profundidad de las columnas de calzadura. El concreto

de las columnas deberá prepararse con cemento Pórtland tipo V para contrarrestar la agresividad de las sales.



Luego de calzar el tanque con las columnas, deberá llevarse a cabo un trabajo de impermeabilización de las pozas y el tanque, que debe incluir el sellado de las rajaduras, el sello de todos los puntos con filtraciones y la impermeabilización de todas las paredes y losas de fondo.

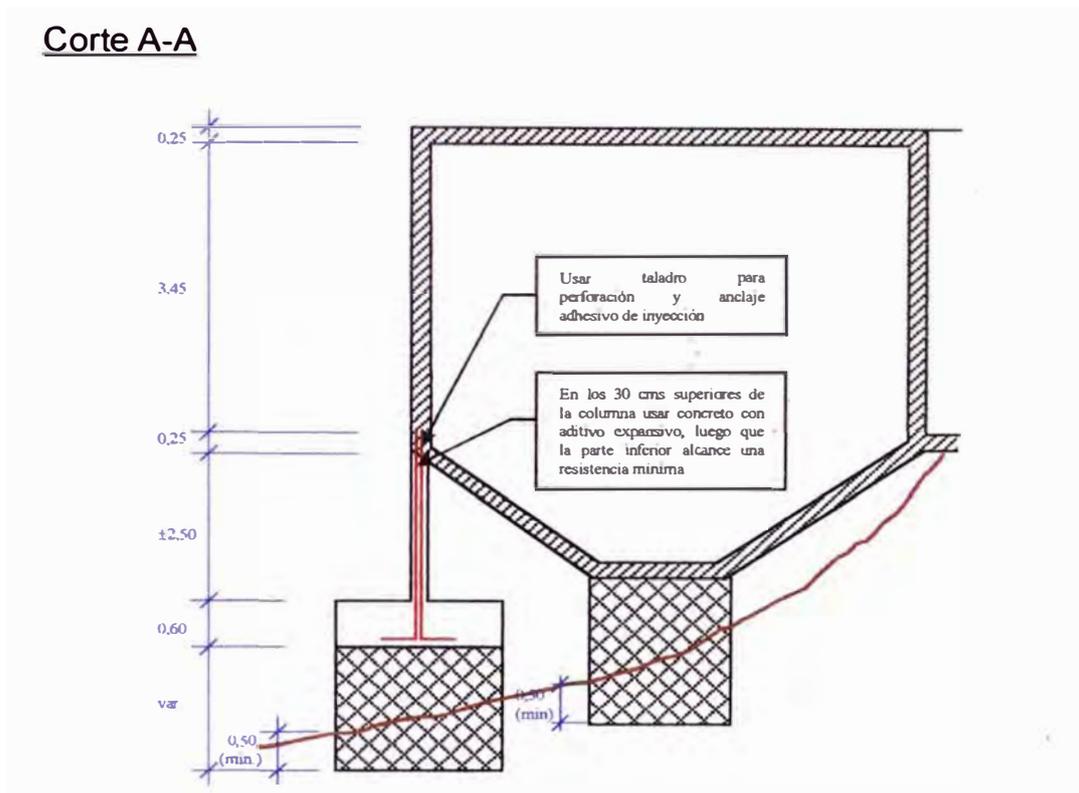


Fig. 4.2. Corte A-A de la figura 4.1., la línea sepia indica el nivel del terreno natural.

Se hizo necesaria la evaluación del ingeniero estructural Julio Higashi para el diseño del refuerzo, el cual comprendió las columnas de calzadura y el reforzamiento que se considere necesario (figuras 4.1., 4.2. y 4.3.), dado que en este caso la estructura no será simplemente apoyada, sino que tendrá algunos puntos de apoyo en un lado. Además las estructuras pueden verse afectadas al recibir esfuerzos no contemplados en su diseño estructural original.

Las evaluaciones y refuerzo de la planta se consideran urgentes por cuanto, en el estado en el que se encuentra la planta podría sufrir daños irreparables

durante un sismo. También podría colapsar si se sigue utilizando y se llena de desagüe, lo que incrementa los esfuerzos que originaron las rajaduras de las estructuras.

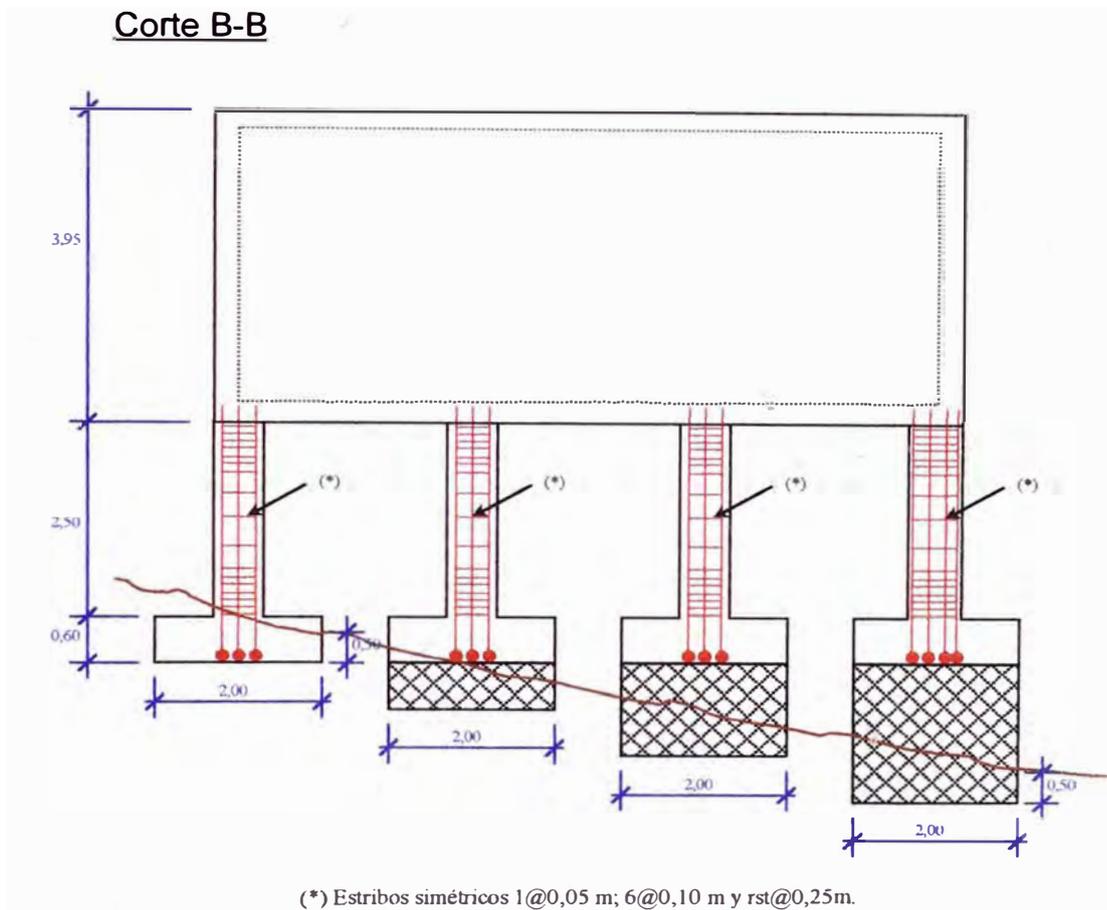


Fig. 4.3. Corte B-B de la figura 4.1., la línea sepiá indica el nivel del terreno natural.

En los tres gráficos anteriores del presente punto se muestran los detalles para realizar el refuerzo de las pozas de la planta de tratamiento. El esquema estructural propuesto consiste en restituir la cimentación a la poza de homogenización, llevando a un mismo suelo que el de las pozas adyacentes.

Este proceso de calzadura no sólo incluye la pared del extremo Sur, sino también el fondo de la losa del tanque de homogenización que no tiene sustento.

Además debe realizarse sondajes en las zonas adyacentes, para confirmar que ya se encuentren cimentadas en el suelo natural inalterado.

Este proyecto de refuerzo busca evitar que se generen mayores grietas y fisuras en las estructuras mediante el control del asentamiento diferencial.

2.1. Especificaciones.

Tenemos las siguientes:

- Concreto: $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
- Cemento: Pórtland tipo V.
- Acero: $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- Recubrimientos:
 - Zapatas 8 cms.
 - Columnas 5 cms.
- Falsas zapatas de concreto ciclópeo:
1:10 + 30% de p. g.

2.2. Procedimiento constructivo.

Se recomienda seguir el siguiente:

- Retirar el relleno alrededor de las tres paredes externas del tanque de homogenización.
- Retirar el desagüe depositado en el interior del tanque.
- Comprobar que el eje donde están los dados de concreto se encuentre cimentado sobre suelo natural y que a la profundidad de cimentación no existen problemas de socavación y/o humedecimiento.

- Proceder la construcción de las calzaduras en el eje B-B. Se deberá verificar que no se formen vacíos entre el fondo de la losa y las columnas por contracción de la fragua del concreto. Para asegurar dicha especificación deberá dejarse los últimos 20 centímetros en el que se vaciará concreto con aditivo súper plastificante y expansivo una vez que el primer vaciado haya alcanzado una resistencia mínima.
- Realizar un sondaje en la columna P-2 para establecer la altura de la columna de refuerzo y el nivel de fondo de cimentación.
- Proceder a la excavación de la zapata en el eje A-A y apuntalar el muro en ese eje en zona adyacente a la excavación.
- Realizar los anclajes del refuerzo en el muro existente. Colocar dowells de diferente longitud para evitar empalmar el 100% de refuerzo en una misma sección.
- Proceder al vaciado de la columna de refuerzo. Deberá aplicarse epóxico en la zona de contacto entre concreto nuevo y existente y garantizar que no existan vacíos.
- Se procederá de la misma manera con todas las columnas.

3. Reparación de rajaduras.

Una vez estabilizadas las fisuras para asegurar la reparación de las fisuras debe utilizarse una resina que tenga resistencia estructural y tener cierto nivel de permeabilidad. El procedimiento será el siguiente:

- La resina que se utilice debe tener indicaciones sobre el ancho mínimo en el cual es efectivo, para asegurar la penetración debida en el elemento

estructural. En el caso de no cumplir con el ancho mínimo y que la rajadura sea mayor que 1 milímetro, deberá ensancharse la rajadura hasta llegar por lo menos a la malla de acero estructural.

- Humedecer y limpiar las paredes internas de la rajadura, para que de esta manera se asegure que la interfase concreto – resina tenga propiedades estructurales. Tanto para el humedecimiento y limpieza utilizar chorros potentes de agua y aire respectivamente para asegurar la remoción de polvo y/o pequeñas partículas. Luego esperar a que sequen las superficies.
- Hacer agujeros en las fisuras a intervalos regulares, inyectar agua o un disolvente para decapar las partes debilitadas, dejar secar la superficie.
- Obturar las fisuras en superficie entre las juntas de inyección e inyectar la resina hasta que filtre a las secciones adyacentes a la fisura o comience a hinchar la junta de superficie; el trabajo se efectúa como en el caso de una inyección de lechada de cemento.
- La inyección se realiza por las cabezas de válvula fijadas en los orificios con resina, punto por punto, cerrando todas las válvulas del circuito a excepción de aquella por la que se verifica la inyección.
- Introducir la resina con la presión especificada por los fabricantes de la misma por un tiempo suficiente para que la resina penetre lo más posible.
- Después de endurecer la resina quitar las válvulas y el sellador con un puntero plano. Pulir y nivelar la superficie.
- Las fisuras superficiales sólo serán resanadas superficialmente, para evitar el impacto visual que puedan ocasionar las mismas.

4. Impermeabilización de las pozas.

Se debe tomar en cuenta que el trabajo de impermeabilización involucra también la protección mediante el aislamiento de los elementos de concreto armado, por lo que se recomienda que sea cualquiera el método escogido proteger la losa superior o techo del tanque de homogenización que se verá atacado por el ácido sulfúrico producto de la emanación de los desagües.

Tenemos tres alternativas las cuales serán propuestas con sus respectivas ventajas y desventajas que puedan ofrecer, estas son:

- Uso de geomembrana.
- Empleo del asfalto.
- Aplicación de tarrajeo impermeabilizante.

4.1. Uso de geomembrana.

La geomembrana debe reunir las siguientes condiciones:

- Debe resistir los compuestos químicos producidos por los desagües.
- Debe resistir las presiones máximas ejercidas por la columna de desagüe, que se produce en el fondo del tanque de homogenización.
- La geomembrana debe ser aplicada mediante un pegamento sobre la superficie total de concreto.
- El sellado de los traslapes de geomembranas se realizará mediante calor (couting).
- Para que la fijación de la geomembrana sea permanente, debe asegurarse que el desagüe no entre en contacto con el pegamento, es por eso que en los bordes superiores, donde termina la geomembrana se aplicará una plancha de aluminio que amarre el borde y permita aplicar un sello

impermeable (ver figura 4.4.). De la misma manera se procederá alrededor de los insertos metálicos que llevan las pozas.

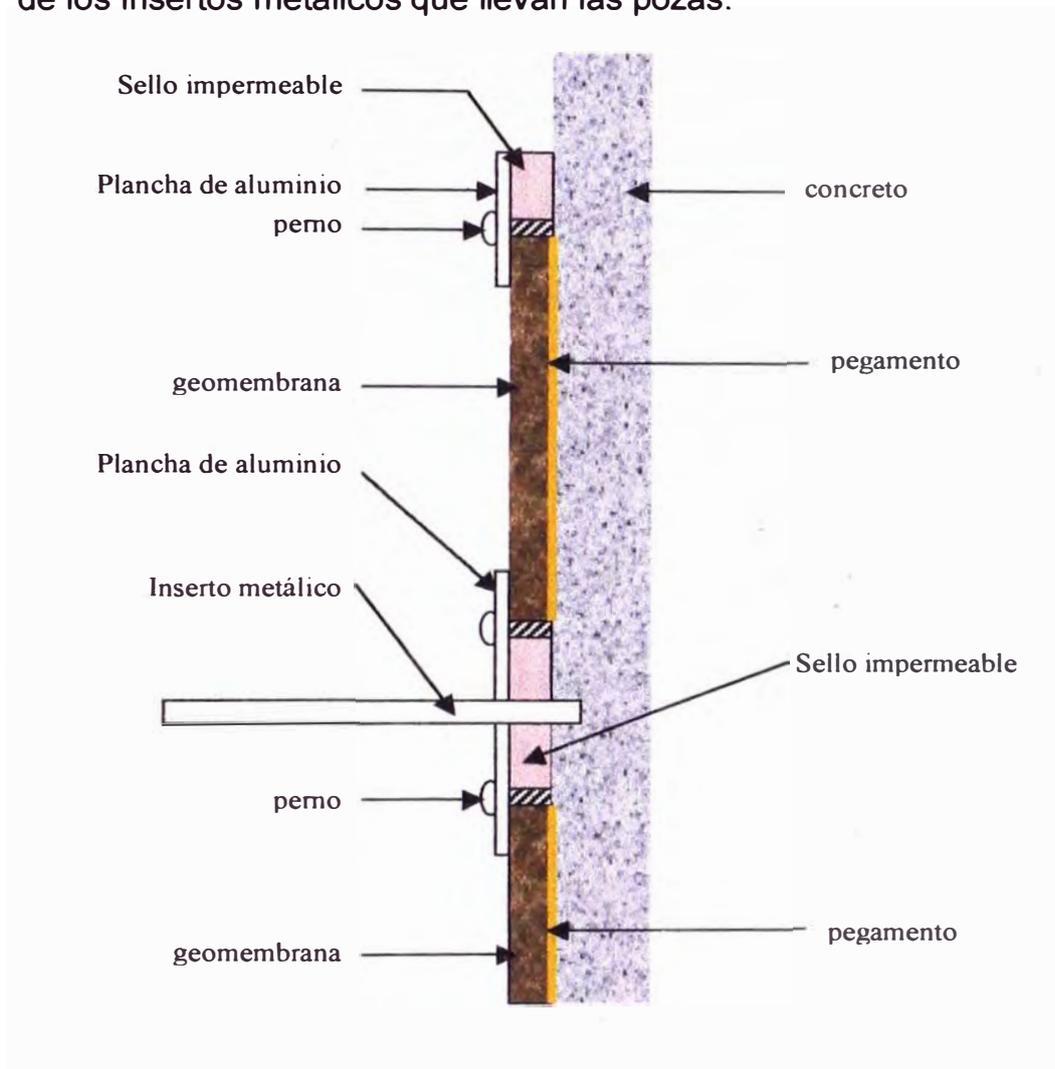


Fig. 4.4. Detalle para evitar que la humedad no entre en contacto con el pegamento de la geomembrana y ocasione el desprendimiento de la misma.

4.1.1. Desventajas

- Una de las desventajas que se puede encontrar en usar este método, es el de que en las pozas van elementos metálicos, como perfiles, que se introducen en el concreto. Esto ocasionaría un corte obligatorio de la geomembrana con lo que se vería expuesto el pegamento, por lo que

debería de usarse procedimientos especiales para asegurar el nuevo sellado.

- La otra desventaja es la económica, ya sea por el material y también por la mano de obra.
- Si bien hay geomembranas que ofrecen una total garantía respecto a su impermeabilidad, no se puede garantizar de la misma forma los traslapes, cortes y límites de la misma, que al momento de fallar la humedad entra en contacto con el pegamento que posteriormente falla.

4.2. Empleo del asfalto.

Se han empleado revestimientos asfálticos para diversos tipos de instalaciones para tratamiento de aguas residuales y en sistemas industriales en los que es necesario almacenar ciertos líquidos para utilizarlos más adelante. Muchos de estos líquidos tienen efectos perjudiciales sobre otros tipos de revestimientos, sensibles al ataque de ciertos tipos de sales o ácidos. Como el asfalto no es afectado en general por la mayor parte de los ácidos y sales, proporciona un excelente revestimiento para estructuras de este tipo. Normalmente, se emplean revestimientos del mismo tipo empleado en depósitos, pero debe hacerse un análisis cuidadoso para asegurarse de que el revestimiento es adecuado para la finalidad perseguida y de que los áridos tampoco serán afectados por los líquidos almacenados.

El inconveniente del empleo del asfalto es que al ser un elemento que en su proceso constructivo necesita de una compactación tiene una pendiente máxima

en el que puede ser aplicado, que es de 66%, lo cual hace imposible la aplicación sobre las paredes verticales de las pozas.

4.3. Tarrajeo impermeable.

Para lograr un revestimiento para superficies en contacto con el agua se deben aplicar dos capas de mezcla:

- Primera capa:
 - Mezcla de cemento: arena de 1:5
 - Espesor de 1,5 cm.
 - Acabado rayado.

- Segunda capa:
 - Aplicado a las 24 horas de terminada la primera capa.
 - Mezcla de cemento: arena de 1:3.
 - Espesor de 0,5 cm.
 - Acabado frotachado.

En ambas capas se utilizará aditivo impermeabilizante en proporción de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

4.3.1. Desventajas.

La desventaja de este método radica en que el acabado frotachado puede llegar a presentar fácilmente la fisuración por mapeo, debido a que la ejecución de dicho acabado implica un alto contenido de humedad, que si bien la profundidad llega rara vez a 1 centímetro, para los espesores especificados es más que suficiente para que el revestimiento deje de cumplir su función.

Otro inconveniente y más grave aún es que la durabilidad del tarrajeo se verá afectada fuertemente por la presencia de ácidos débiles como el H_2S , ácidos fuertes como el H_2SO_4 y el amoníaco que atacan la pasta conformada por la sílice y la cal. Esto puede también afectar al concreto ante la posible pérdida del recubrimiento o por medio de las fisuras en mapa.

4.4. Recomendaciones especiales.

Consideramos importante dar recomendaciones de seguridad para los trabajos que se realizarán dentro del tanque de homogenización, debido a que se encontraba en una etapa de servicio inicial de almacenamiento de desagües.

El tanque sólo se puede vaciar haciendo uso de la bomba sumergida que posee hasta la altura de la bomba (para asegurar así su refrigeración) y el resto puede ser vaciado con una bomba externa. Bajo estas condiciones aún no puede ingresar el personal dentro del tanque, debido a los gases que generaron los desagües pueden resultar nocivos al respirarlos.

Para la eliminación de dichos gases se recomienda abrir dos agujeros de 0,40*0,40 metros cuadrados por los lados Sur y Norte de las paredes de la planta, en los puntos más bajos que se pueda, de tal manera que los vientos que tienen principalmente un sentido hacia el Norte eliminarán los gases en por lo menos 24 horas.

Para la reposición de los agujeros aplicados, debe de usarse un aditivo que pegue el concreto viejo con el nuevo y la mezcla de concreto debe utilizar un aditivo súper plastificante y uno expansivo.

5. Evaluación y selección de las alternativas.

5.1. Evaluación técnica.

Una de las primeras alternativas que se debió contemplar y que no ha sido planteada en el estudio, es el de eliminar y construir nuevas pozas para la planta de tratamiento. Esto se debe a que el daño que afectó a las pozas no justificaban un reemplazo sino más bien una reparación. Se puede llegar a la misma conclusión haciendo una evaluación económica del reemplazo total.

En lo que se refiere a la reposición del acero dañado, control del asentamiento y reparación de rajaduras tenemos virtualmente alternativas únicas sin tomar en cuenta la diversidad de productos, con características propias, que se pueden encontrar en el mercado local. La elección de ellos no es parte del estudio.

Para la elección de la forma de impermeabilizar los tanques descartamos el factor económico y buscamos la mejor alternativa de solución que garantice funcionamiento y durabilidad de todo el sistema. Al considerar las desventajas que ofrecen los métodos quedan eliminados de inmediato el asfalto y el mortero de cemento, el primero por su imposibilidad de compactar en los elementos verticales y el segundo porque no existe garantía de la durabilidad, elemento muy importante para la evaluación de alternativas de solución. Por descarte nos quedamos con la alternativa del uso de geomembranas.

Cabe recalcar en este punto que tomando sólo en cuenta el costo elevado de la aplicación de la geomembrana, los encargados del proyecto seleccionaron el tarrajeo impermeable, luego, al primer mes se presentó la falla por mapeo (fig. 4.5.) y a los ocho meses se produjeron nuevas filtraciones, detectadas por lo que las paredes externas de los tanques han quedado expuestas por las

excavaciones. El origen de la falla por mapeo está en las tensiones superficiales motivadas por el alto contenido de humedad, sobre todo cuando el gradiente de humedad en sentido normal a la superficie es muy fuerte.



Fig. 4.5. A la izquierda se observa las pozas de aeración que fueron sólo tarrajeadas. A la derecha una vista mostrando la falla por mapeo producido en dicho revestimiento.

5.2. Evaluación económica.

El resumen de los presupuestos que sustentan esta evaluación económica se presentan en las tablas de las figuras 4.6. y 4.7.

Se mencionó en el punto anterior la alternativa de construir otro sistema de pozas, sin embargo esta alternativa resulta excesivamente costosa considerando que al costo total de construir tanques nuevos, le restamos el costo de los

equipamientos y accesorios metálicos, teniendo que adicionar su desmontaje y montaje (30% del costo original), la eliminación de desagües por dos meses (tiempo estimado de no servicio de la planta de desagüe) de aproximadamente US\$ 2400, la pérdida económica del terreno que ocupará la nueva planta US\$ 26500 (dato proporcionado por la inmobiliaria) y la demolición de la planta antigua de US\$ 8900, obteniendo el monto total de US\$ 118 090 .

PRESUPUESTO

Obra: Tanques de la planta de tratamiento de desagüe

Descripción	Und.	Mt.	Precio US\$	TOTAL US\$
<u>OBRAS PRELIMINARES</u>				
MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y HERRAM.	GLB	1,0	800,00	800,00
TRAZO Y REPLANTEO	M2	30,0	1,00	30,00
<u>SERVICIOS</u>				
TOPOGRAFÍA	GLB	1,0	350,00	350,00
ACARREO DE MATERIALES Y LIMPIEZA	GLB	1,0	120,00	120,00
<u>MOVIMIENTO DE TIERRAS</u>				
CORTE	M3	475,0	10,97	5210,75
RELLENO MATERIAL AFIRMADO	M3	306,0	8,15	2493,90
ELIMINACIÓN DE EXCEDENTES	M3	641,3	2,00	1282,50
<u>CONCRETO SIMPLE</u>				
SOLADOS	M2	21,0	5,49	115,02
<u>CONCRETO ARMADO</u>				
ACERO	KG	36306,0	0,64	23235,84
ENCOFRADO	M2	1035,9	7,90	8183,22
CONCRETO	M3	181,5	90,51	16430,28
<u>OTROS</u>				
ACCESORIOS METÁLICOS *	GLB	1,0	12340,00	12340,00
EQUIPAMIENTO *	GLB	1,0	22777,00	22777,00
COLOCACIÓN GEOMEMBRANA	GLB	1,0	11504,00	11504,00
Costo Directo US\$				104872,50

*Sólo incluye aquellos que se encuentran dentro del sistema de tanques de tratamiento que presentaron la falla.

Fig. 4.6. Resumen del presupuesto para la construcción del sistema de pozas de tratamiento.

Si nos basamos directamente en los parámetros económicos utilizados en otros países de no superar el 5% del valor original, concluiríamos en construir un sistema de tanques nuevos, ya que la reparación representa el 18,05%. Pero si tomamos en cuenta el servicio importante que presta la planta el parámetro de referencia se eleva a 30%, quedando de esta manera justificada ampliamente la reparación.

PRESUPUESTO

Obra: Reparación de los tanques de la planta de tratamiento de desagüe

Descripción	Und.	Mt.	Precio US\$	TOTAL US\$
<u>OBRAS PRELIMINARES</u>				
MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y HERRAM.	GLB	1,0	400,00	400,00
TRAZO Y REPLANTEO	M2	30,0	1,50	45,00
<u>MOVIMIENTO DE TIERRAS</u>				
CORTE	M3	150,0	15,97	2395,50
<u>CONCRETO SIMPLE</u>				
FALSAS ZAPATAS	M3	33,8	57,50	1943,50
<u>CONCRETO ARMADO</u>				
ACERO	KG	760,0	0,64	486,40
ENCOFRADO	M2	92,9	9,80	910,42
CONCRETO	M3	9,4	90,51	850,79
<u>OTROS</u>				
ELIMINACIÓN DE DESAGÜES	GLB	1,0	1200,00	1200,00
INYECCIÓN PEGAMENTO EPÓXICO	GLB	1,0	9504,00	9504,00
Costo Directo US\$				17735,61

Fig. 4.7. Resumen del presupuesto para la reparación de la planta de tratamiento.

CAPÍTULO V.

RECOMENDACIONES:

- 1. RELATIVAS A ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS.**
- 2. RELATIVAS AL TRABAJO DE REPARACIÓN.**
- 3. RELATIVAS A LA DIRECCIÓN Y SUPERVISIÓN.**
- 4. RELATIVAS AL COMPORTAMIENTO FUTURO DE LA PLANTA.**

Capítulo V. Recomendaciones.

1. *Relativas a estudios complementarios.*

- Recomiendo hacer pruebas localizadas de potencial eléctrico para evaluar el grado de la oxidación. En el caso de las pozas abiertas las fisuras han permitido el ingreso de iones cloruros que es un factor desencadenante de la corrosión del refuerzo.
- Uno o dos pedazos de concreto deberán remitirse al laboratorio de química para descartar la presencia de sales, sulfatos y cloruros en el concreto (lo cual podría deberse a la utilización de agua y agregados con contenido de sales en la confección del concreto). También es importante el conocimiento del pH del concreto, para conocer si cumple con la función de proteger al acero de refuerzo de la oxidación.

2. *Relativas al trabajo de reparación.*

- En la losa de fondo del tanque de homogenización si se requiere limpiar el material oxidado, afectado por la filtración del desagüe, pero no se requiere reforzar ya que la sección de acero pérdida no excede del 5% ni presenta pérdidas graves de la corrugación. Luego se cubrirá con una mezcla de mortero con cemento tipo V, previa aplicación de un aditivo que pega concreto viejo con nuevo, y se allanará junto con la parte inferior de la losa de fondo. Verificar que se elimina en su totalidad los residuos de oxido del acero corrugado.

- Comprobar que sólo las losas de fondo diagonales del tanque de homogenización no cuenten con fundación debiendo ser el resto fundado sobre suelo natural, falsas zapatas o columnas y que a la profundidad de cimentación no existen problemas de socavación y/o humedecimiento.
- El objetivo de reparación de las fisuras es el de asegurar el comportamiento estructural, por lo que no se recomienda pruebas de filtración una vez terminado los trabajos.
- Según experiencias de trabajos anteriores el punto de falla más común es el del pegamento con que se aplica la geomembrana por lo que para que la fijación de la geomembrana sea permanente, debe asegurarse que el desagüe no entre en contacto con el pegamento, es por eso que se recomienda que en los bordes superiores, donde termina la geomembrana se aplicará una plancha de aluminio que amarre el borde y permita aplicar un sello impermeable. De la misma manera se procederá alrededor de los insertos metálicos que llevan las pozas.
- Consideramos importante dar recomendaciones de seguridad para los trabajos que se realizarán dentro del tanque de homogenización, debido a que se encontraba en una etapa de servicio inicial de almacenamiento de desagües: el tanque sólo se puede vaciar haciendo uso de la bomba sumergida que posee hasta la altura de la bomba (para asegurar así su refrigeración) y el resto

puede ser vaciado con una bomba externa. Bajo estas condiciones aún no puede ingresar el personal dentro del tanque, debido a los gases que generaron los desagües pueden resultar nocivos al respirarlos, en el caso de ser necesario el ingreso de personal se recomienda utilizar un equipo de respiración provisto de:

- i. Compresora de aire especial.
- ii. Manguera y máscara de aire.
- iii. Botella de oxígeno portátil de emergencia.
- iv. Overol de jebe al pecho impermeable.
- v. Arnés con línea de recuperación de vida.

3. Relativas a la dirección y supervisión.

Tomando en cuenta que las soluciones aplicadas para los diferentes problemas que presentó la planta, deberán ser concretadas con una residencia y supervisión especializada e idónea que garantice el cumplimiento de las especificaciones y procesos de ejecución, además de solucionar en conjunto con los especialistas aquellos imprevistos que puedan presentarse.

También debe tenerse en cuenta las características y calidad de los materiales que requerimos, por lo que se debe someter a juicio del supervisor y del especialista.

La mano de obra juega también un papel importante y difícil, debido a que se trata de un trabajo poco común y que requiere mucha especialización para lograr el cometido que se presente con dicha labor.

4. Relativas al comportamiento futuro de la planta.

Cumpliendo con estas recomendaciones, se espera que la planta cumpla con las expectativas de servicio y de vida para las que ha sido diseñada. Posiblemente, presente en el primer año algunas fisuras debido al reajuste o cambios de esfuerzos producidos en los elementos de concreto armado, las cuales deberán ser evaluadas periódicamente por un especialista. Obviamente la detección será por el exterior de las pozas, debiendo hacerse mediante calicatas. Se dispondrá de las reparaciones según recomiende el especialista tomando en consideración tanto el impacto visual, estructural y de servicio de la planta.

CAPITULO VI.

CONCLUSIONES.

Capítulo VI. Conclusiones.

- No se puede hablar de calidad y garantía de las reparaciones sino se concreta y respalda con una residencia y supervisión especializada e idónea que garantice el cumplimiento de las especificaciones y procesos de ejecución, además de solucionar en conjunto con los especialistas aquellos imprevistos que puedan presentarse. Causa de todos los problemas que presentó la planta.
- De la misma manera se distingue en el trabajo la importancia radical que tienen los materiales y el conocimiento de sus características trascendentes, con lo cual los problemas se hubiesen minimizado. Por eso antes de seleccionar el material debemos reunir información de sus características, nivel de calidad que requerimos y dependiendo de su importancia ratificar mediante pruebas de laboratorio. Aún, tomando en cuenta tales consideraciones es necesario que debe someter a juicio del supervisor y del especialista.
- La mano de obra juega también un papel importante y difícil, debido a que se trata de un trabajo poco común y que requiere mucha especialización para lograr el cometido que se pretende con dicha labor.
- La importancia que tiene el concepto de durabilidad en la evaluación de los elementos que de no ser tomados en cuenta podrían causar mayor impacto de servicio, ambiental y económico de los elementos construidos.
- De haber seguido con todas las recomendaciones dadas al iniciar la construcción y con los costos que conllevan se gastaría:

- Costo de construcción US\$ 104 872.
 - Costo del terreno perdido US\$ 26 500.
 - Costo total US\$ 131 372.
- El costo de la decisión tomada de construir la planta sobre un relleno se traduce en:
 - Costo de construcción US\$ 104 872.
 - Costo de reparación US\$ 17 735.
 - Costo total US\$ 122 607.
 - La diferencia de costos es de US\$ 8 765, resultando más barata la reparación que de haber ubicado la planta en un terreno adecuado. Esto representa el 7,1% del costo total de la construcción y reparación, sin embargo hay pérdidas que no pueden ser estimadas como: las molestias dadas a los propietarios que requerían el servicio de desagüe, la imagen proyectada de la habilitación ante clientes potenciales para la compra de unidades inmobiliarias y el prestigio sobre la seriedad y calidad seguida en sus trabajos de a constructora.
 - Las decisiones apresuradas pueden llevar a fallas importantes en el proyecto, como es el caso presente. Creo que una mejor alternativa de solución sería mantener la planta en su ubicación original y crear un bolsón de estacionamiento en la zona de relleno (fig. 6.1). A partir de esa propuesta estimamos que el costo de ejecución de la obra:
 - Costo de construcción de la planta US\$ 104 872
 - Costo de construcción del estacion. US\$ 16 434 (fig. 6.2.)

- Costo total **US\$ 121 306**

Esto nos lleva a una solución económica viable comparada con las propuestas anteriores sin la pérdida del servicio de estacionamiento y sin hacer reparaciones que conllevan las pérdidas que no han sido cuantificadas (imagen y prestigio).

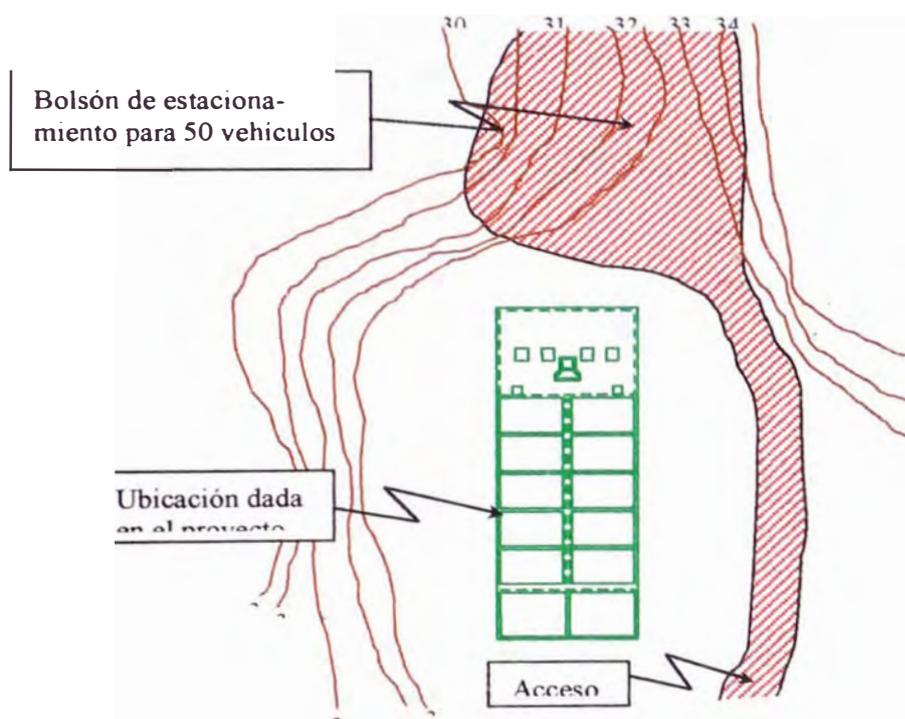


Fig. 6.1. Una alternativa diferente en el momento adecuado hubiese cambiado las condiciones presentes.

- Sobre la base de la información reunida en el trabajo, que puede ser extendida, se puede elaborar un expediente técnico para la construcción de otras plantas de tratamiento de concreto, buscando eliminar los errores ya cometidos.

- Nuestra elección del método de impermeabilización usando una geomembrana en las pozas no coincidió con la realidad que fue el usar un recubrimiento de mortero impermeable, ya que el principal factor tomado en cuenta fue el económico. Estimamos que tal decisión traerá problemas al comportamiento, servicio y durabilidad de la planta.

PRESUPUESTO

Obra: Bolsón para 50 estacionamientos vehiculares.

<u>Descripcion</u>	<u>Und.</u>	<u>Mt.</u>	<u>Precio US\$</u>	<u>TOTAL US\$</u>
<u>OBRAS PRELIMINARES</u>				
MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y HERRAM	GLB	1,0	800,00	800,00
TRAZO Y REPLANTEO	M2	420,0	1,50	630,00
<u>MOVIMIENTO DE TIERRAS</u>				
CORTE	M3	241,5	10,97	2649,26
RELLENO	M3	300,1	8,15	2445,82
ELIMINACION DE EXCEDENTES	M3	326,0	2,00	652,05
<u>CONCRETO SIMPLE</u>				
SOLADOS	M2	35,0	5,49	192,15
<u>CONCRETO ARMADO</u>				
ACERO	KG	760,0	0,64	486,40
ENCOFRADO	M2	241,5	9,80	2366,70
CONCRETO	M3	59,9	90,51	5417,02
<u>OTROS</u>				
CERCO PERIMETRICO DE CAÑA	ML	53,0	15,00	795,00
Costo Directo US\$				16434,39

Fig. 6.2. La tabla muestra el resumen del presupuesto del bolsón de estacionamiento.

BIBLIOGRAFÍA.

Bibliografía.

Ing. Julio Higashi Luy

Informe Planta de Tratamiento de Agua Residuales Urb. Las Lomas del Mar –
Cañete

Octubre 1999

M y M Consultores

Estudio de Suelos Planta de Tratamiento de Agua Urb. Las Lomas del Mar –
Cañete

Setiembre 1999

Ing. Ricardo Rojas Vargas

Especificaciones Técnicas de la Planta de Tratamiento de Agua Residuales Urb.
Las Lomas del Mar – Cañete

1997

Ing. Max Lothar Hess - Ing. Ricardo Rojas Vargas

Aspectos Prácticos de Construcción de Lagunas de Oxidación

Noviembre 1990

Melcaf

Tratamiento y Depuración de Aguas Residuales

Biblioteca de Ingeniería Ambiental – UNI

1994

Acuiquímica

Análisis Químico del Agua

Biblioteca de Ingeniería Ambiental – UNI

1998

C. Seim, F. Asce and R. Bridwell

Inspection of Long Span Steel in California

Biblioteca personal

Virginia, 1980

M. McKnight and J. Martin

Detection and Quantitative Characterization of Blistering and Corrosion of Coatings
on Steel

Coatings Tech.

1989

A. Gueree

Saneario de las Aglomeraciones Urbanas

Biblioteca de Ingeniería Ambiental – UNI

1982

José Calavera
Patología de Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado
Biblioteca Pontificia Universidad Católica
Diciembre 1998

ACI – Capítulo Peruano
Evaluación y Reparación de Estructuras
Lima, 1998

Página www.tanswer.cl/paginas/edar.htm
Depuración de agua residuales

Página www.sedapal.com.pe
Tratamiento de desagües

Página www.iti.acns.nwu.edu
Determining coating performance by cyclic exposure

Página www.iti.northwestern.edu
Laboratory evaluation of the corrosion

ANEXOS:

- 1. INFORME ESTRUCTURAL PLANTA DE TRATAMIENTO.**
- 2. ESTUDIO DE SUELOS PLANTA DE TRATAMIENTO.**
- 3. EVALUACIÓN DE LA BASE GRANULAR DE LAS VÍAS.**

Anexos.

1. Informe estructural planta de tratamiento de agua residuales
Urbanización Las Lomas del Mar - Cañete
Ing. Julio Higashi Luy

**INFORME PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUA RESIDUALES
URB LOMAS DEL MAR- CAÑETE**

INGENIERO JULIO HIGASHI LUY

OCTUBRE 1999

380 Dpto 401 Miraflores
ono 4453073 9981027

INFORME PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
URB LAS LOMAS DE MAR- CAÑETE

Generalidades:

En este informe se presenta la descripción de los trabajos a realizar para efectuar el reforzamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas residuales de la Urbanización Lomas del Mar, ubicada en el Km 121 de la Panamericana Sur, distrito de Cerro Azul, provincia de Cañete.

Como información previa se cuenta con el Informe de M y M Consultores (M 1350), y los planos de Estructuras con los que fue construida la planta.

Asimismo se efectuó una visita para observar los daños sufridos por la planta.

Descripción de la Estructura:

La Planta de Tratamiento tiene una forma rectangular de 9 mts de ancho por 23 mts de largo. La estructura es de concreto armado y está conformada por 10 pozas sin techo de 3.4 mts de profundidad y un tanque cerrado en el extremo Sur, cuya profundidad varía entre 4 mts en la parte periférica hasta 6.0 mts, en la parte central.

En la zona de tanque de aeración y sedimentadores se tienen compartimientos que en planta tienen 2.4 por 4.11, y no tienen techo. Estos muros de 25 cms de espesor, tienen un buen arriostramiento y se ha verificado el refuerzo encontrándose que es el adecuado. Lo mismo sucede con los muros del digestor aeróbico. Debe señalarse que se ha supuesto una cimentación continuamente apoyada en la parte inferior, como una losa de cimentación.

Los muros no se encuentran tarrajados como se recomendó en las especificaciones técnicas del proyecto.

En el caso del tanque de homogeneización se ha supuesto una estructura enterrada, y cimentada continuamente como una losa de cimentación. Los muros de las paredes presentan un refuerzo adecuado para las condiciones de apoyo y arriostramiento supuestos.

Evaluación superficial de los daños en las Estructuras de la Planta de Tratamiento:

Como se señala en el informe de M y M Consultores, y como se verificó en la visita a la obra, las pozas presentan rajaduras importantes, la mayoría de las cuales son paralelas a la dimensión corta de la planta. Debe indicarse que las pozas abiertas nunca han estado llenas de líquido, salvo el tanque de homogeneización.

Las fisuras que se han producido se han debido a un problema de asentamiento diferencial, ya que la planta se encuentra cimentada en dos tipos de suelos diferentes (suelo natural cementado y relleno no compactado adecuadamente).

Esto se comprueba si se analiza la estratigrafía de las calicatas, y lo encontrado en la Calicata C-2 en el extremo sur, donde se puede ver que el Tanque de Homogeneización se encuentra literalmente en el "aire", ya que todo el suelo de cimentación ha sido lavado por las filtraciones de agua.

Otro aspecto que debe indicarse es que las paredes de las pozas no son ni han sido impermeables, lo que deberá ser reparado luego de realizar el reforzamiento.

Verificaciones previas al proceso de reforzamiento:

Antes de realizar cualquier trabajo de reforzamiento deberá efectuarse una exhaustiva evaluación del estado del refuerzo existente.

En el caso de las pozas abiertas las fisuras han permitido el ingreso de iones cloruros que es un factor desencadenante de la corrosión del refuerzo. Según recomendación de la norma española EH-83 se contempla un ancho máximo admisible de fisuras en la superficie de 0.1 mm, lo que es largamente excedido en este caso.

Incluso habría que descartar que el contenido de los cloruros en el concreto en sí no sea elevado, ya que esto sería aún más grave. Esto último pudo ser causado por la calidad del agua o agregados utilizados.

Para descartar esto último y como lo recomienda la Ingeniera Maggie Martinelli se deberá remitir a un laboratorio químico dos muestras de concreto.

En el caso de la poza cerrada, (tanque al extremo sur), se deberá evaluar el estado del refuerzo en las tres caras en contacto con el terreno, ya que aquí las muestras de oxidación por picadura son evidentes. A pesar que no hay fisuración evidente esto no es un indicio que no exista corrosión, ya que en el caso de concreto húmedo los óxidos pueden emigrar a través de la red de poros y aparecer en la superficie en forma de manchas, que a veces no coinciden con la situación de las armaduras y esto es lo que se aprecia en las paredes del tanque.

La evaluación del estado de las armaduras deberá contemplar:

- Inspección del estado del refuerzo.
 - Detectar existencia de picaduras
 - Calibrar si hay pérdida de sección y/o corrugación.

Como criterio en el caso que se tengan barras con picaduras o pérdidas de sección mayor del 30% éstas deberán ser reemplazadas. Podrán permanecer las barras que estén sanas y aquellas con pérdidas de sección menor del 30% o con pérdida de corrugación. En este caso se adicionarán nuevas barras cuya sección sea de 1.2 veces el área de la sección perdida.

Debe recalcar el hecho de que el proyecto de reforzamiento no será válido si se tiene corrosión en las armaduras existentes, ya que luego de efectuarse el reforzamiento, y cuando la planta esté en operación, se requiere que las armaduras tengan capacidad para soportar los esfuerzos a los que estarán sometidas.

PROYECTO DE REFORZAMIENTO:

En el plano de reforzamiento se muestran los detalles y procedimientos para realizar el reforzamiento de las pozas de la Planta de Tratamiento. El esquema estructural propuesto consiste en restituir la cimentación a la poza de homogeneización, llevándola a un mismo material que el de las pozas adyacentes.

Este proceso de calzadura no sólo incluye la pared del extremo sur, sino también el fondo de la losa del tanque de homogeneización que actualmente no tiene sustento.

Además deberá realizarse sondajes en las zonas adyacentes, para confirmar que ya se encuentren cimentadas en el suelo natural inalterado.

Este proyecto de reforzamiento busca evitar que se generen mayores grietas y fisuras en las estructuras.

JULIO HIGASHI LUY
Ingeniero Civil CIP 42080

se efectúe este reforzamiento para que la planta esté operativa, se deberá garantizar su
bidad. El proyecto de reparación deberá contemplar el sello de las fisuras con
estructural, que pueda tomar los esfuerzos que se generen, y no ser sólo un resane.

Octubre de 1999

Ingeniero Julio Higashi
CIP 42080

380 Dpto 401 Miraflores
fono 4453073 9981027

2. Estudio de suelos planta de tratamiento de desagües
Urbanización Las Lomas del Mar - Cañete
MyM Consultores srl

ESTUDIO DE SUELOS
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
URB. LAS LOMAS DEL MAR - CAÑETE, LIMA

Estudio No M1350

Lima, Setiembre de 1999

ESTUDIO DE SUELOS
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
URB. LAS LOMAS DEL MAR - CAÑETE, LIMA

Indice

	Contenido del Informe
	Características del Terreno
1	Ubicación
	Descripción del Lugar
0	Características de las Estructuras de la Planta
.0	Trabajos Efectuados
	Exploración de Campo
2	Ensayos de Laboratorio
.0	Características del Subsuelo
i	Perfil del Suelo
	Nivel Freático
	Evaluación Superficial de los Daños en las Estructuras de la Planta de Tratamiento
0	Análisis del Comportamiento de los Suelos y de la Planta
.0	Recomendaciones para la Reparación de la Planta

Láminas

1350-1	Ubicación de Calicatas
350-2 a M1350-6	Perfiles de Suelos
1350-7 a M1350-11	Curvas Granulométricas

Cuadros

350-1	Análisis Granulométricos por Tamizado
350-2	Clasificación Unificada de las Muestras Ensayadas

ESTUDIO DE SUELOS
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
URB. LAS LOMAS DEL MAR - CAÑETE, LIMA

Informe

CONTENIDO DEL INFORME

En este Informe se presenta la descripción de los trabajos realizados en campo y laboratorio, los resultados de los análisis efectuados y las conclusiones obtenidas en el Estudio de Suelos llevado a cabo con la finalidad de evaluar el comportamiento del subsuelo en el emplazamiento de la Planta de Tratamiento de Agua de la urbanización Las Lomas del Mar, determinar las causas de las rajaduras que se han formado en ella y dar las recomendaciones para su reparación.

CARACTERISTICAS DEL TERRENO

Ubicación

La urbanización Las Lomas del Mar se encuentra ubicada frente al mar, a la altura del Km 121 de la carretera Panamericana Sur, en el distrito de Cerro Azul, provincia de Cañete y departamento de Lima.

La Planta de Tratamiento ha sido construida en una parte alta, en el extremo Sur-Este de la urbanización Las Lomas del Mar, adyacente a la pista de ingreso a la playa Puerto Fiel que colinda con Las Lomas del Mar. En la Lámina No M1350-1 se muestra la ubicación de la Planta.

Descripción del Lugar

El terreno donde se ha construido la Planta corresponde a la parte superior de una loma, en un sector donde nace una quebrada que baja en dirección hacia Puerto Fiel.

La topografía original del terreno era ondulada, por lo que para la construcción de la Planta fue necesario efectuar cortes de la parte superior del terreno y rellenos en la parte más baja que corresponde al sector Sur, donde nace la quebrada.

Actualmente, alrededor de la Planta de Tratamiento existe una plataforma al nivel superior de los muros de las pozas, a una cota de 34.50 m aprox., donde se han levantado tres edificaciones de material noble de un piso de altura, para la caseta de máquinas, la guardianía y el almacén. El terreno en el extremo Sur de la Planta, se encuentra 4 m por debajo del nivel de la plataforma y desciende desde cotas variables entre 31.00 y 32.00 con una pendiente promedio de 30° en dirección hacia la quebrada que baja hacia Puerto Fiel.

CARACTERISTICAS DE LAS ESTRUCTURAS DE LA PLANTA

La Planta de Tratamiento es rectangular y tiene 9 m de ancho por 23 m de largo. La estructura es de concreto armado y comprende 10 pozas abiertas (sin techo) de 3.40 m de profundidad y un tanque cerrado en el extremo Sur, cuyo fondo desciende desde 4.00 m en los muros perimétricos hasta 6.00 m de profundidad en la parte central.

TRABAJOS EFECTUADOS

Exploración de Campo

El programa de exploración de campo llevado a cabo comprendió los siguientes trabajos:

Evaluación superficial de los daños de la estructura de la Planta de Tratamiento. Cinco calicatas excavadas en forma manual en el perímetro de la Planta hasta profundidades comprendidas entre 3.70 y 6.30 m, denominadas C-1 a C-5. Las calicatas C-1, C-3, C-4 y C-5 se llevaron a cabo desde la plataforma que bordea

la Planta, a la cota 34.50 m. La calicata C-2 se efectuó en el extremo Sur desde una cota de 30.50 m aprox.

Todas las calicatas se excavaron hasta alcanzar el terreno natural gravo-arenoso, que se encontraba cementado por sales.

Dado al gran espesor de relleno muy suelto y desmoronable, fue necesario entibar las excavaciones de las calicatas C-2 y C-3. Ver fotos al final del informe.

El perfilaje de las calicatas fue minucioso e incluyó el registro cuidadoso de las características de los suelos que conforman cada estrato del perfil del suelo, la clasificación visual de los materiales encontrados de acuerdo con los procedimientos del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos y la extracción de muestras representativas de los suelos típicos las cuales debidamente protegidas e identificadas fueron remitidas al laboratorio para su verificación y análisis.

En la Lámina No M1350-1 se muestra la ubicación de las calicatas y en las Láminas Nos M1350-2 a M1350-6 se presentan los perfiles de suelos respectivos.

Ensayos de Laboratorio

En el laboratorio se verificó la clasificación visual de todas las muestras obtenidas y se escogieron muestras representativas para ejecutar con ellas los siguientes ensayos:

Análisis Granulométrico por Tamizado

Límites de Atterberg

Los ensayos de laboratorio fueron realizados de acuerdo con las normas ASTM respectivas y con los resultados obtenidos se procedió a efectuar una comparación con las características de los suelos obtenidas en el campo y las compatibilizaciones correspondientes en los casos en que fue necesario para obtener los perfiles de suelos definitivos, que son los que se presentan.

En las Láminas Nos M1350-7 a M1350-11 y los Cuadros Nos M1350-1 y M1350-2 se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio.

CARACTERISTICAS DEL SUBSUELO

1 Perfil del Suelo

El perfil del suelo en el perímetro de la Planta de Tratamiento está conformado normalmente por una capa superior de relleno de arena fina a gruesa, gravosa, ligeramente limosa, mal graduada, suelta a medianamente densa. El espesor de esta capa es variable y aumenta en dirección Sur. Los espesores de relleno registrados en las calicatas excavadas en el perímetro de la Planta son los siguientes:

Calicata C-1: No se detectó

Calicata C-5: 3.10 m con respecto al nivel de la plataforma de la cota 34.50 m

Calicata C-4: 4.50 m con respecto al nivel de la plataforma de la cota 34.50 m

Calicata C-3: 4.80 m con respecto al nivel de la plataforma de la cota 34.50 m

Calicata C-2: **4.20 m por debajo de la parte inferior del muro perimetral del tanque.**

Cabe señalar, que en la calicata C-4 se registró una losa de concreto pobre entre 3.20 y 4.30 m de profundidad.

El suelo natural que se encuentra bajo el relleno, es predominantemente grava arenosa, ligeramente limosa a limosa, mal graduada, en estado muy denso debido a su cementación por sales.

Nivel Freático

El nivel de la napa freática no se registró dentro de la profundidad investigada en las calicatas; sin embargo, cabe señalar, que en las calicatas C-2 y C-3 excavadas

adyacentes al tanque cerrado en la zona Sur de la Planta, los suelos están saturados por efecto del agua proveniente de las filtraciones de la estructura.

En la calicata C-2 los suelos se encontraron saturados hasta 4.20 m de profundidad por debajo del muro del tanque (es decir hasta una cota de aproximadamente hasta 26.30 m), mientras que en la calicata C-3 los suelos se encontraron saturados hasta 6.30 m de profundidad con respecto al nivel de la plataforma que bordea el tanque (hasta una cota de aproximadamente 28.20 m).

6.0 EVALUACION SUPERFICIAL DE LOS DAÑOS EN LAS ESTRUCTURAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Se han observado rajaduras importantes en las seis pozas centrales de la Planta, las cuales son transversales a la estructura y cuando se llenan las pozas permiten el paso del agua a través de ellas. En la Lámina No M1350-1 se indica la ubicación de las rajaduras.

Exteriormente, no se aprecian fisuras ni rajaduras en el tanque cerrado del extremo Sur de la Planta, sin embargo se han observado filtraciones desde las paredes junto con los fierritos o alambres del encofrado de las placas de concreto que han quedado expuestos. Cabe señalar, que en la parte inferior del tanque se aprecian gran cantidad de huellas de óxido, por donde aparentemente ha filtrado agua junto con los alambres del encofrado. Ver fotos al final del informe.

En las pozas abiertas aparentemente se produjo el mismo problema, ya que se aprecian gran cantidad de puntos resanados con mortero.

En las veredas perimétricas de las edificaciones se aprecian ciertos hundimientos y rajaduras producto de asentamientos diferenciales.

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS Y DE LA PLANTA

En base a los daños observados en la estructura podemos concluir que la Planta de Tratamiento no es, ni ha sido impermeable.

Las filtraciones del tanque y las pozas han originado los siguientes daños:

- 1.- Oxidación de los alambres del encofrado que atraviesan las placas y han quedado expuestos, por efecto de los cloruros del agua y del ambiente salino. Se desconoce si el óxido ha afectado la armadura de las estructuras.
- 2.- Lavado de sales y finos del material de relleno colocado bajo la planta, con la consecuente pérdida de resistencia y la formación de vacíos en algunos sectores, tales como el apreciado en el extremo Sur del tanque que está en el aire.
- 3.- Asentamientos en los rellenos, que aparentemente no fueron bien compactados.
- 4.- Lavado de sales y finos de la capa superior de suelo natural cementado sobre la cual se apoya el relleno.

Debido a lo indicado y a que las filtraciones fluyen hacia el Sur, donde se tiene mayor espesor de relleno (que es un material más permeable que el suelo natural), el tanque cerrado del extremo Sur de la Planta se ha quedado sin sustento en algunas zonas (donde hay vacíos - ver foto al final del informe) y actualmente, está siendo parcialmente soportado por las paredes de concreto de las pozas. Si bien las paredes son de concreto armado, no han sido diseñadas para recibir los esfuerzos a los que están siendo sometidas y es por esta razón que se están rajando.

Cabe señalar, que en este momento las estructuras pueden estar soportando otros esfuerzos internos (ya que las paredes de las pozas siguen soportando parte del peso propio del tanque). Estos esfuerzos pueden trascender en mayores rajaduras o grietas.

Los hundimientos y rajaduras en las veredas se deben a que se han construido sobre capas de relleno de material no clasificado, que no han sido debidamente compactadas

y que además se han visto afectadas por las filtraciones (ver perfil del suelo de la calicata C-3, excavada adyacente a una vereda rajada, en la Lámina No M1350-4).

Con respecto a las principales causas de origen de las fallas podemos indicar las siguientes:

- 1.- Construcción de la planta sobre dos materiales diferentes (suelos natural cementado y relleno no compactado adecuadamente). Estos materiales tienen diferente comportamiento estático y sísmico.
- 2.- Falta de impermeabilización de la planta
- 3.- Presencia de alambres de los encofrados expuestos, por donde ha ingresado el óxido y además a permitido la ocurrencia de filtraciones.

8.0 RECOMENDACIONES PARA LA REPARACION DE LA PLANTA

En primer lugar se recomienda evaluar el estado de las armaduras de la estructura. Si éstas están oxidadas, no será rescatable la estructura. Cabe señalar, que el óxido puede deberse a siguientes factores:

- 1.- Ingreso de agua salada con presencia de cloruros a través de los alambres del encofrado expuestos.
- 2.- Utilización de agregados con presencia de sales y cloruros.
- 3.- Utilización de agua salada en la confección del concreto.

Para descartar este daño se recomienda picar las estructuras en diversos puntos, principalmente en las zonas más afectadas donde se aprecian los puntos con óxido en las paredes, (mínimo 5 zonas), para apreciar el estado de la armadura. Estos huecos deberán resanarse utilizando aditivos especiales para que pegue el concreto nuevo con el antiguo.

Uno o dos pedazos de concreto deberán remitirse al laboratorio de química para descartar la presencia de sales, sulfatos y cloruros en el concreto (lo cual podría deberse a la utilización de agregados con sales o la utilización de agua salada en la confección del concreto).

Si se descarta el daño en la armadura de refuerzo de la estructura, consideramos que podrá repararse la estructura construyendo por lo menos 5 columnas de concreto en el extremo Sur de la Planta, bajo el muro extremo del tanque cerrado, que actualmente está parcialmente en el aire. Estas columnas anchas deberán apoyarse en el suelo natural que no ha sido afectado por las filtraciones y penetrar en él por lo menos 0.50 m. Dado, que el espesor de relleno en este sector alcanza 4.20 m por debajo del muro, deberá preverse la construcción de columnas de por lo menos 4.70 m en el extremo; en las partes con menos espesor de relleno y suelo alterado, podrá reducirse la profundidad de las columnas de calzadura. El concreto de las columnas deberá prepararse con cemento Portland tipo V para contrarrestar la agresividad de las sales.

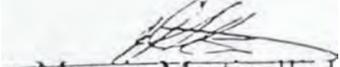
Luego de calzar el tanque con las columnas, deberá llevarse a cabo un trabajo de impermeabilización de las pozas y el tanque, que debe incluir el sellado de las rajaduras, el sello de todos los puntos con filtraciones y la impermeabilización de todas las paredes y losas de fondo.

Un ingeniero estructural deberá evaluar los resultados de la investigación del estado de la armadura de refuerzo y de la calidad del concreto y efectuar el diseño estructural del refuerzo, el cual comprenderá las columnas de calzaduras y el reforzamiento que se considere necesario, dado a que en este caso la estructura no será una estructura simplemente apoyada, sino que tendrá algunos puntos de apoyo en un lado. Además las estructuras pueden haber sido afectadas al recibir esfuerzos no contemplados en el diseño estructural original.

Las evaluaciones y reforzamiento de la Planta se consideran urgentes por cuanto, en el estado en que se encuentra la Planta podría sufrir daños irreparables durante un

sismo. También podría colapsar si se sigue utilizando y se llena de agua, ya que las filtraciones afectarían más al suelo de fundación.

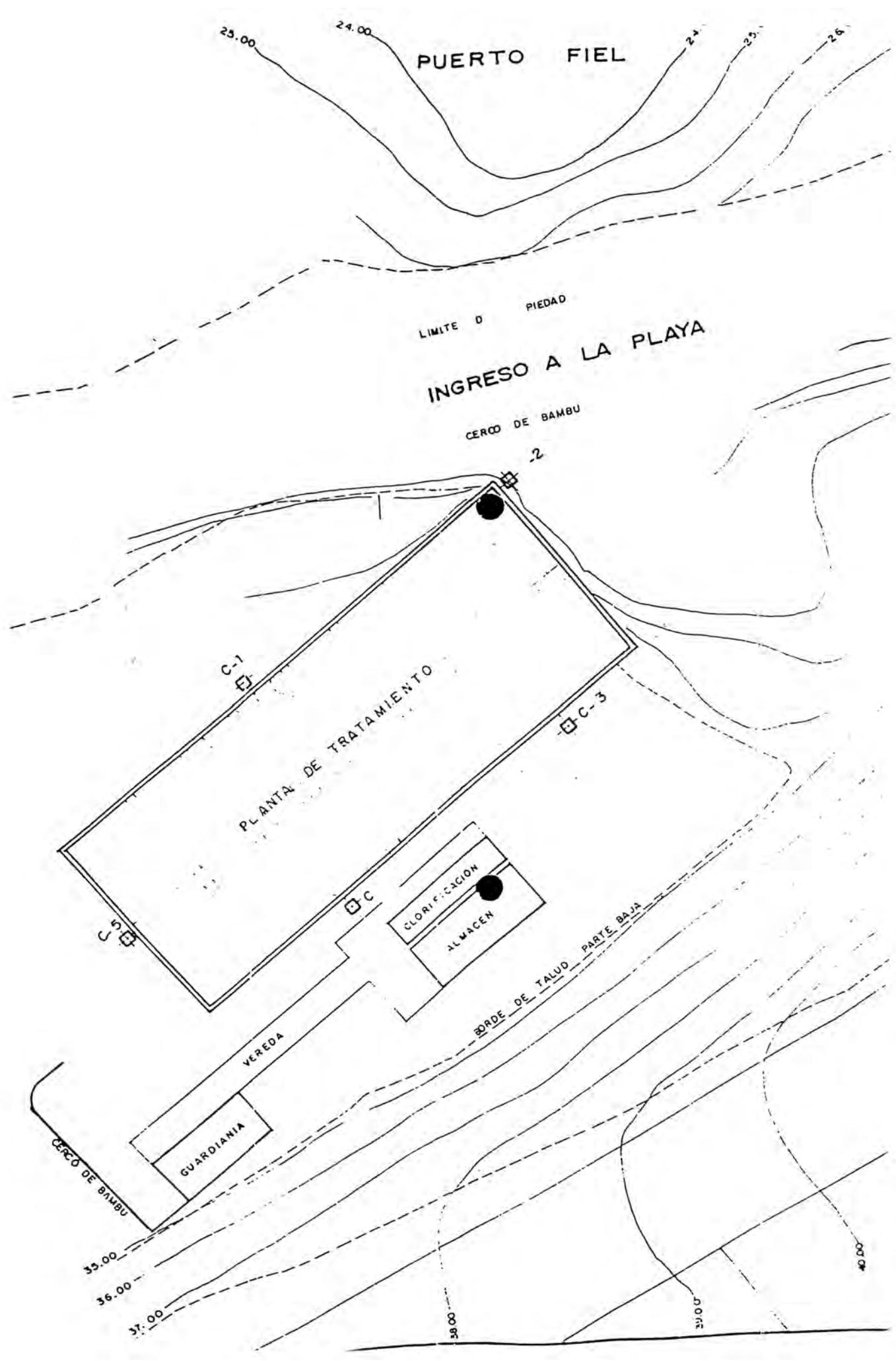
Lima, Setiembre de 1999


Ing. Maggie Martinelli de Mayer
Reg. Col. Ings. CIP 26250

M y M
Consultores s r l

CALLE MAYORAZGO #159
CHACARILLA DEL ESTANQUE
TELEFAX: 372-5281 TELF.: 372-1497

L A M I N A S



Sondaje: C-1 Tipo: Calicata Proyecto: Planta de Tratamiento de agua
 Cota del Terreno: 34.50 m Registrado: J.E.Z. Revisado: M.M.N
 Cota del Agua Subterránea: -- Fecha: Setiembre de 1999

Profund. (m)	Muestra	Simbolo	Descripción
0.5			
1.0			
1.5			
2.0			
2.5			
3.0			
3.5			
4.0			
4.5			
5.0			

Grava arenosa, limosa, medianamente densa, húmeda, marrón; con piedras angulares de 5 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos. (GM)

Grava arenosa, ligeramente limosa, mal graduada, cementada por sales, m densa, húmeda, marrón plumizo; con piedras angulares de 4 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos. (GP-G)

- Muestra Alterada
- Muestra Inalterada
- Muestra en Bloque

OBSERVACIONES:
 Cimentación del tanque a 3.30 m de profundidad.

PERFIL DE SUELOS

LAMINA N° ... M1356

Sondaje: C-2 Tipo: Calicata Proyecto: Planta de Tratamiento de agua
 Cota del Terreno: 30.50 m Registrado: J.E.Z. Revisado: M.M.
 Cota del Agua Subterránea: -- Fecha: Setiembre de 1999

Profund. (m)	Muestra	Simbolo	Descripción
0.5			<p>Relleno. Arena fina a gruesa, gravosa, ligeramente limosa, mal graduada, suelta, saturada, marrón; con piedras sub-angulares de 5 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos. Pedazos de grava arenosa cementada de pulg de tamaño máximo. Vacíos.</p>
1.0			
1.5			
2.0			
2.5			
3.0			
3.5			
4.0			
4.5			
5.0			
			<p>Grava arenosa, ligeramente limosa, mal graduada, cementada por sales, muy densa, húmeda, marrón. Finos no plásticos. (GP-GM)</p>

Muestra Alterada
 Muestra Inalterada

OBSERVACIONES: Se observa adyacente a la calicata que la cimentación

Sondaje: C-3 Tipo: Calicata Proyecto: Planta de Tratamiento de agua
 Cota del Terreno: 34.50 m Registrado: J.E.Z. Revisado: M.M.N
 Cota del Agua Subterránea : -- Fecha: Setiembre de 1999

Prolund. (m)	Mues- tra	Símbolo	Descripción
0.5			Relleno. Arena fina a gruesa, gravosa, ligeramente limosa, mal graduada, suelta, húmeda, marrón; con piedras angulares de 5 pulg de tam máximo. Finos no plásticos. Bolsones de grava gruesa ligeramente arenosa muy suelta. Restos de desmonte (pedazos de ladrillos, maderas tubo plásticos, etc.)
1.0			
1.5			
2.0			Relleno. Arena fina a gruesa, gravosa, limosa, suelta, saturada, marrón. Finos no plásticos.
2.5			
3.0			Arena fina a gruesa, gravosa, limosa, muy suelta, saturada, marrón amarillento. Finos no plásticos. (SM)
3.5			
4.0			Grava arenosa, ligeramente limosa, mal graduada, cementada por sales, muy densa, húmeda, saturada, marrón. (GF)
4.5			
5.0			
6.3			

 Muestra Alterada
 Muestra Inalterada

OBSERVACIONES: .. Filtraciones de agua a 4.00 m desde la pared de .. tanque. Las paredes del tanque se encuentran húmeda a partir de 1.60 m. Cimentación del tanque ..

Sondaje: C-4 Tipo: Calicata Proyecto: Planta de Tratamiento de agua
 Cota del Terreno: 34.50 m Registrado: J.E.Z. Revisado: M.M.A
 Cota del Agua Subterránea : -- Fecha: Setiembre de 1999

Profund. (m)	Muestra	Simbolo	Descripción
0.5			Relleno. Arena fina a gruesa, gravosa, ligeramente limosa, mal graduac suelta a medianamente densa, húmeda, marrón; con piedras angulares de pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos. Se aprecian tuberías de agu
1.0			
1.5			
2.0			
2.5			
3.0			
3.5			Losa de concreto.
4.0			Relleno. Arena fina a gruesa, gravosa, ligeramente limosa, mal graduac medianamente densa, húmeda, marrón; con piedras angulares de 3 pulg tamaño máximo. Finos no plásticos.
4.5			Arena fina a gruesa, gravosa, limosa, cementada por sales, muy dens húmeda, marrón. Finos no plásticos. (Si
5.0			

Muestra Alterada
 Muestra Inalterada

OBSERVACIONES:
 Cimentación del tanque a 3.20 m de profundidad.

Sondaje: C-5 Tipo: Calicata Proyecto: Planta de Tratamiento de agua
 Cota del Terreno: 34.50 m Registrado: J.E.Z. Revisado: M.M.I
 Cota del Agua Subterránea: -- Fecha: Setiembre de 1999

Profund. (m)	Muestra	Símbolo	Descripción
0.5		[Symbol]	Relleno. Arena fina a gruesa, gravosa, ligeramente limosa, mal graduada medianamente densa, húmeda, marrón; con piedras angulares de 5 pulg tamaño máximo. Finos no plásticos.
1.0		[Symbol]	
1.5		[Symbol]	
2.0		[Symbol]	
2.5		[Symbol]	
3.0		[Symbol]	Grava arenosa, limosa, cementada por sales, muy densa, húmeda, marrón plomizo; con piedras angulares de 4 pulg de tamaño máximo. Finos plásticos.
3.5	[Symbol]	[Symbol]	
4.0		[Symbol]	
4.5		[Symbol]	
5.0		[Symbol]	

<input type="checkbox"/> Muestra Alterada <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada	OBSERVACIONES:
---	----------------------

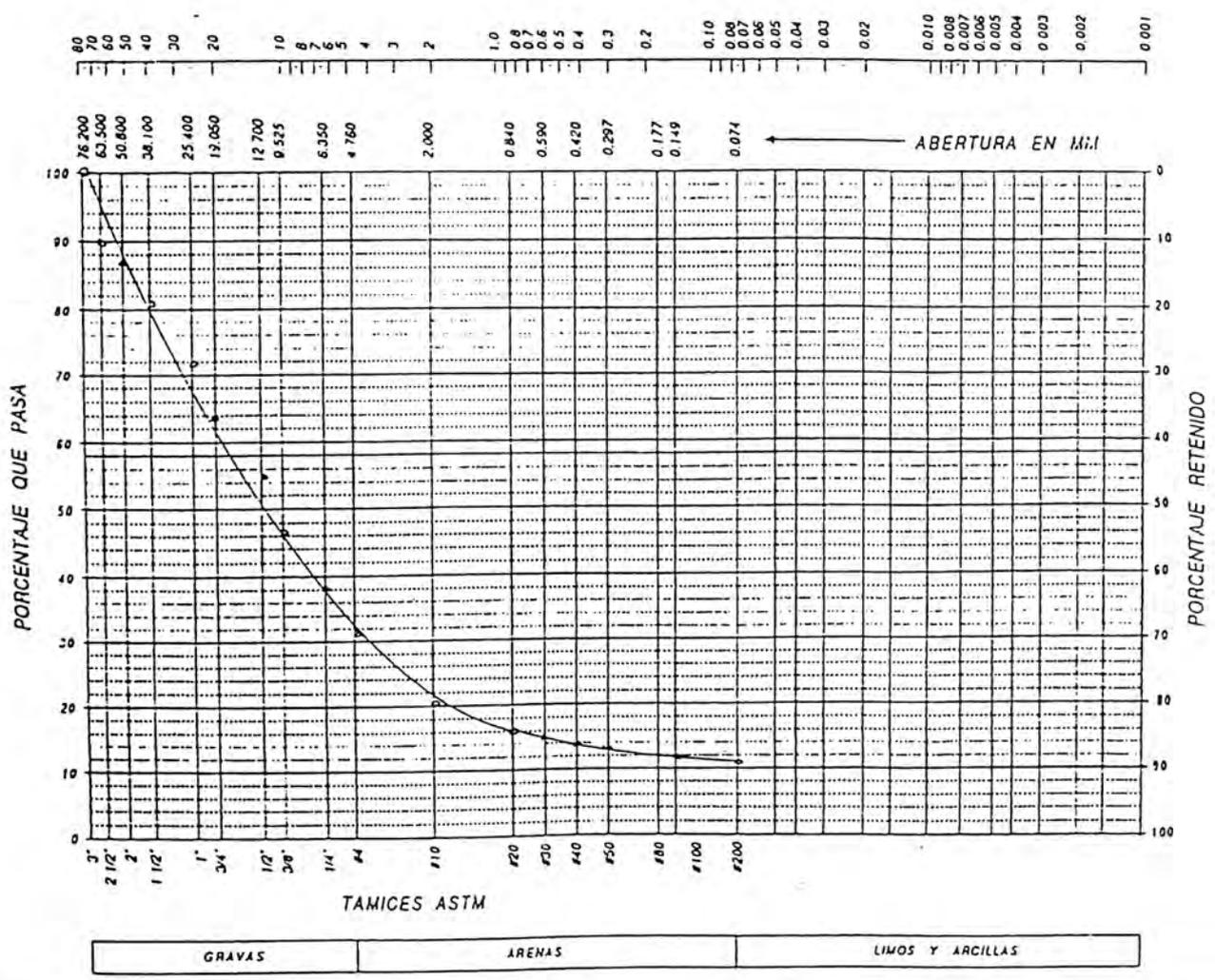
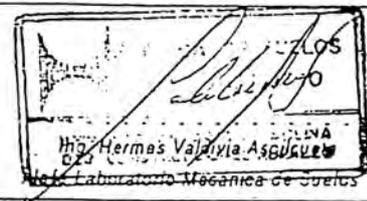


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ANALISIS GRANULOMETRICO

Solicitante: M y M Consultores srl		Expediente:
Proyecto: Planta de Tratamiento de Agua Potable		DCR-LMS 209/99
Ubicación: Las Lomas del Mar - Cañete		Fecha: 19-09-99
Sondaje: C - 1		
Muestra: MA - 1	Profundidad: 4.90-5.20 m	

Límite Líquido: -	Coef. de Uniformidad: 271.43
Límite Plástico: NP	Coef. de Curvatura: 15.23
Índice Plástico: -	Gravedad Específica: -
Humedad Natural: 5 %	Clasificación SUCS: GP-GM



GRAVAS	ARENAS	LIMOS Y ARCILLAS
--------	--------	------------------



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ANALISIS GRANULOMETRICO

Solicitante: M y M Consultores srl

Expediente:

Proyecto: Planta de Tratamiento de Agua Potable

DCR-LMS 209/99

Ubicación: Las Lomas del Mar - Cañete

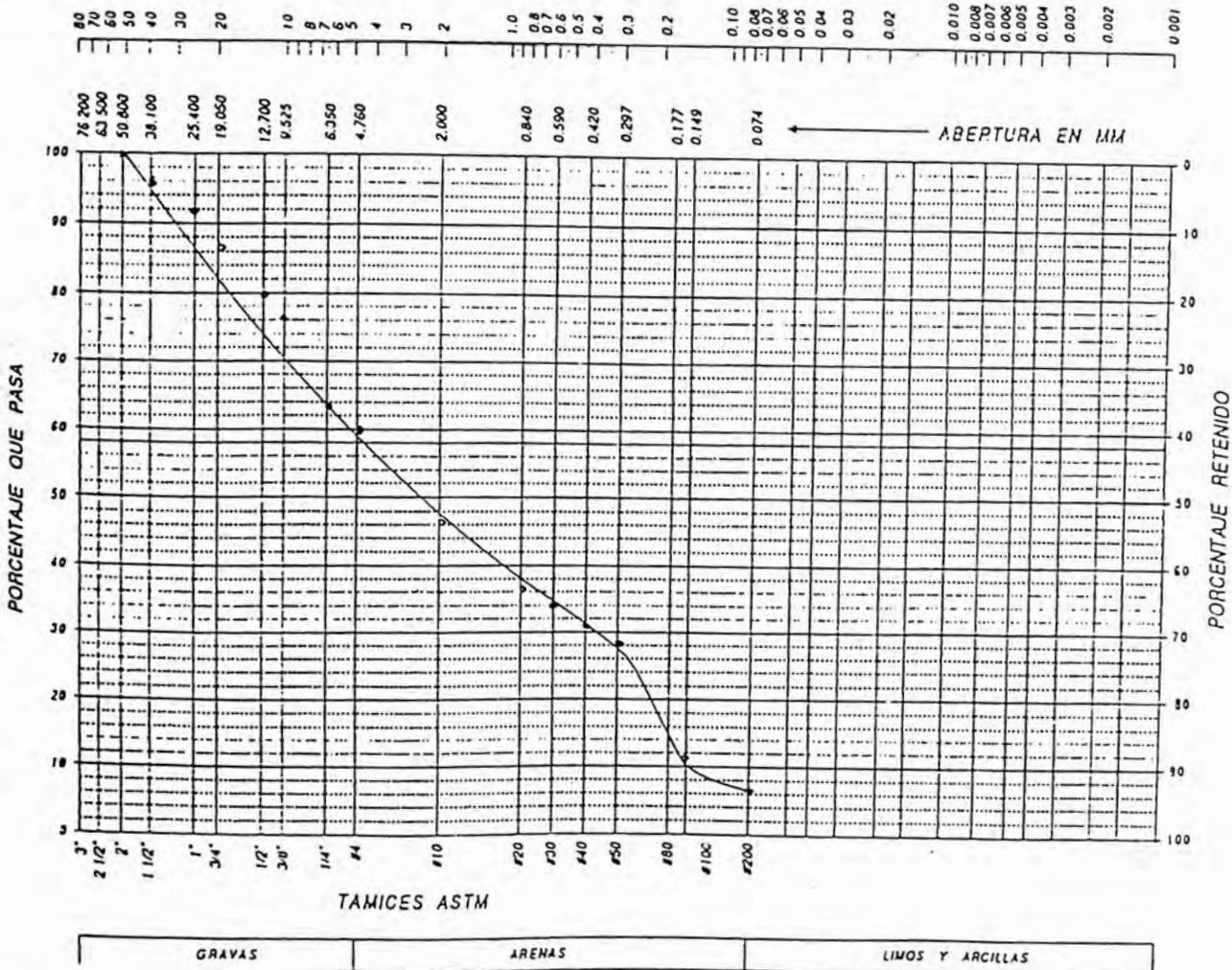
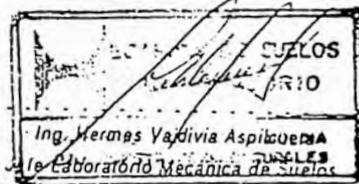
Fecha: 19-09-99

Sondaje: C - 2

Muestra: MA - 1

Profundidad: 3.60-3.80 m

Limite Liquido: -	Coef. de Uniformidad: 32.21
Limite Plástico: NP	Coef. de Curvatura: 0.22
Indice Plástico: -	Gravedad Especifica: -
umedad Natural: 12 %	Clasificación SUCS: SP-SM



GRAVAS

ARENAS

LIMOS Y ARCILLAS



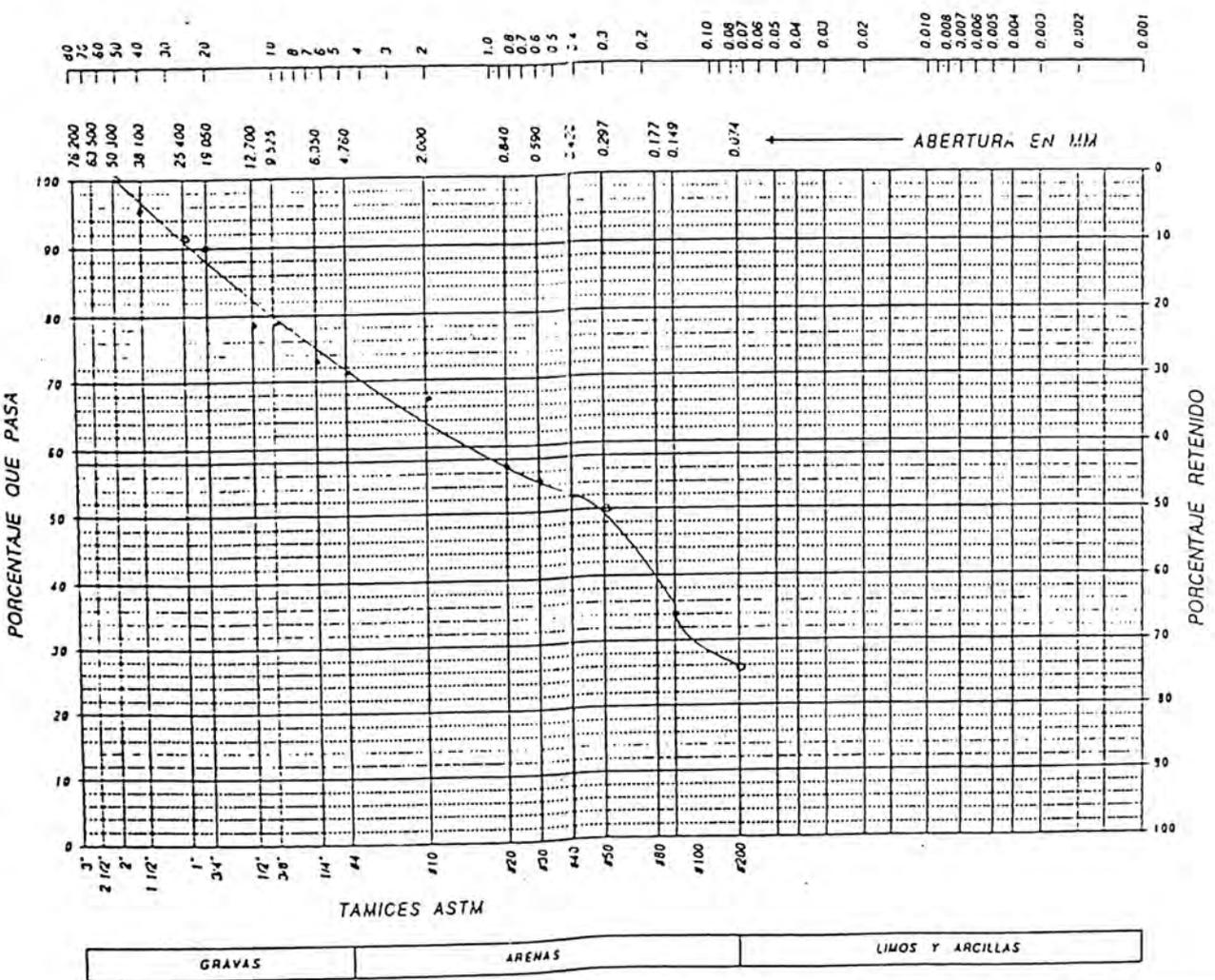
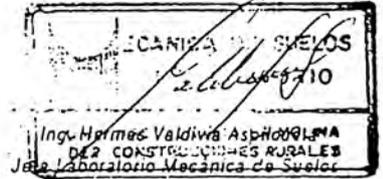
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ANALISIS GRANULOMETRICO

Solicitante: M y K Consultores srl		Expediente:
Proyecto: Planta de Tratamiento de Agua Potable		DCR - LMS 209/99
Ubicación: Las Lomas del Mar - Cañete		Fecha:
Sondaje: C - 3		
Muestra: MA - 1	Profundidad: 4.80-5.00 m	

Limite Liquido: -	Coef. de Uniformidad: -
Limite Plástico: NP	Coef. de Curvatura: -
Indice Plástico: -	Gravedad Especifica: -
Humedad Natural: 9 %	Clasificación SUCS: SM





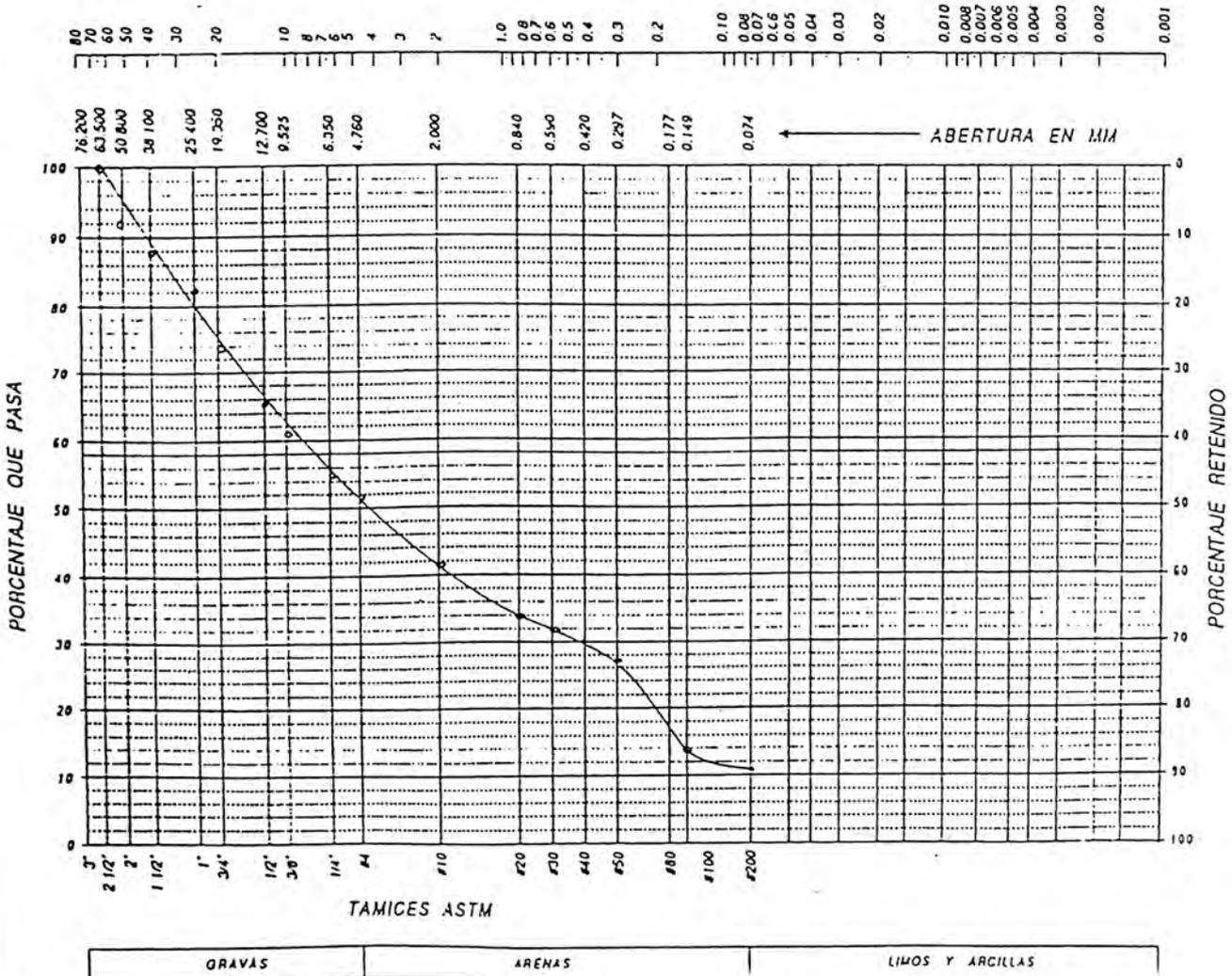
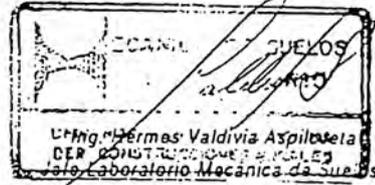
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ANALISIS GRANULOMETRICO

Solicitante: M y K Consultores srl		Expediente: DCR-LMS 209/99
Proyecto: Planta de Tratamiento de Agua Potable		
Ubicación: Las Lomas del Mar - Cañete		Fecha: 19-09-99
Sondaje: C - 4	Muestra: MA - 1	
Profundidad: 2.80-3.00 m		

Límite Líquido: -	Coef. de Uniformidad: 107.14
Límite Plástico: NP	Coef. de Curvatura: 0.34
Índice Plástico: -	Gravedad Específica: -
Humedad Natural: 7.7%	Clasificación SUCS: SP-SM





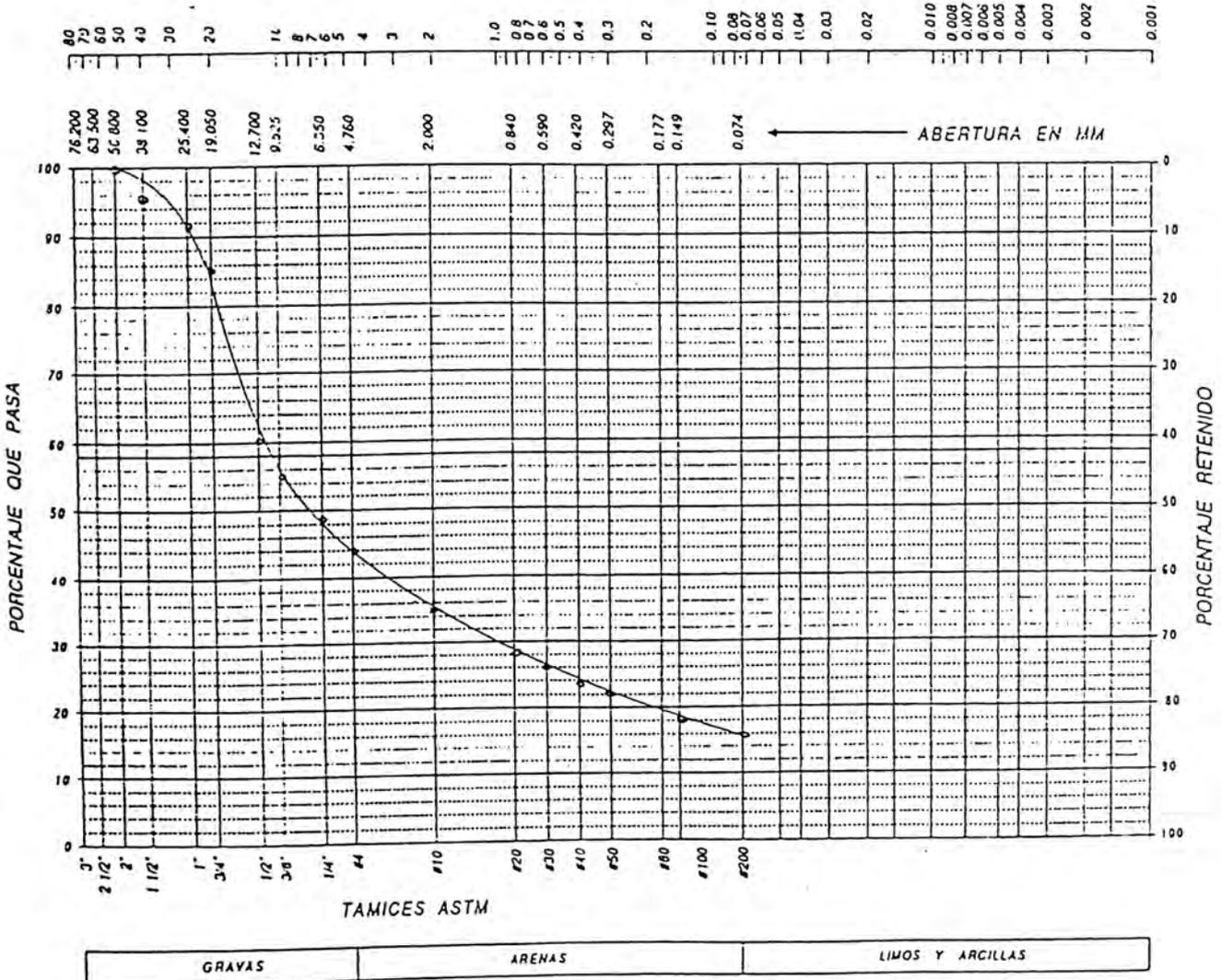
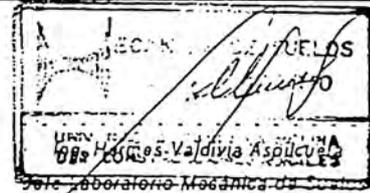
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ANALISIS GRANULOMETRICO

Solicitante: M y K Consultores srl	Expediente:
Proyecto: Planta de Tratamiento de Agua Potable	DCR-LMS 209/99
Ubicación: Las Lomas del Mar - Cañete	Fecha: 19-09-99
Sondaje: C - 5	
Muestra: MA - 1	Profundidad: 3.50-3.70 m

Límite Líquido: -	Coef. de Uniformidad: -
Límite Plástico: 1.2	Coef. de Curvatura: -
Índice Plástico: -	Gravedad Específica: -
Humedad Natural: 4.5	Clasificación SUCS: GM



M
su tores s r l

CALLE MAYORAZGO #159
CHACARILLA DEL ESTANQUE
TELEFAX: 372-5281 TELF.: 372-1497

C U A D R O S



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES RURALES

INFORME DCR-LM6

209/99

SOLICITANTE : M y M Consultores srl.
 PROYECTO : Planta de Tratamiento de Agua - Las Lomas del Mar - Cañete
 FECHA : La Molina 19 de Septiembre de 1999

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(% QUE PASA MALLA No)

LIMITES DE

ATTERBERG

L.L L.P

(%) (%)

MUESTRA	PROF. (m)	3"	2½"	2"	1½"	1"	¾"	½"	⅜"	¼"	No 4	No 10	No 20	No 30	No 40	No 50	No 100	No 200	L.L	L.P
C - 1	4.90-5.20	100	90	87	81	72	64	55	46	38	32	20	16	15	14	13	12	11	-	NP
C - 2	3.60-3.80			100	96	92	87	80	74	64	60	47	37	34	31	28	11	7	-	NP
C - 3	4.80-5.00			100	95	92	90	79	79	73	71	67	57	55	52	50	34	26	-	NP
C - 4	2.80-3.00		100	92	88	82	74	65	61	55	52	42	34	32	30	27	14	11	-	NP
C - 5	3.50-3.70			100	95	91	85	60	55	49	44	35	28	26	24	22	18	16	-	NP

[Handwritten Signature]
 Ing. Hérmes Valdivia A.
 Jefe Lab. Mecánica de Suelos
 DER CONSTRUCCIONES RURALES

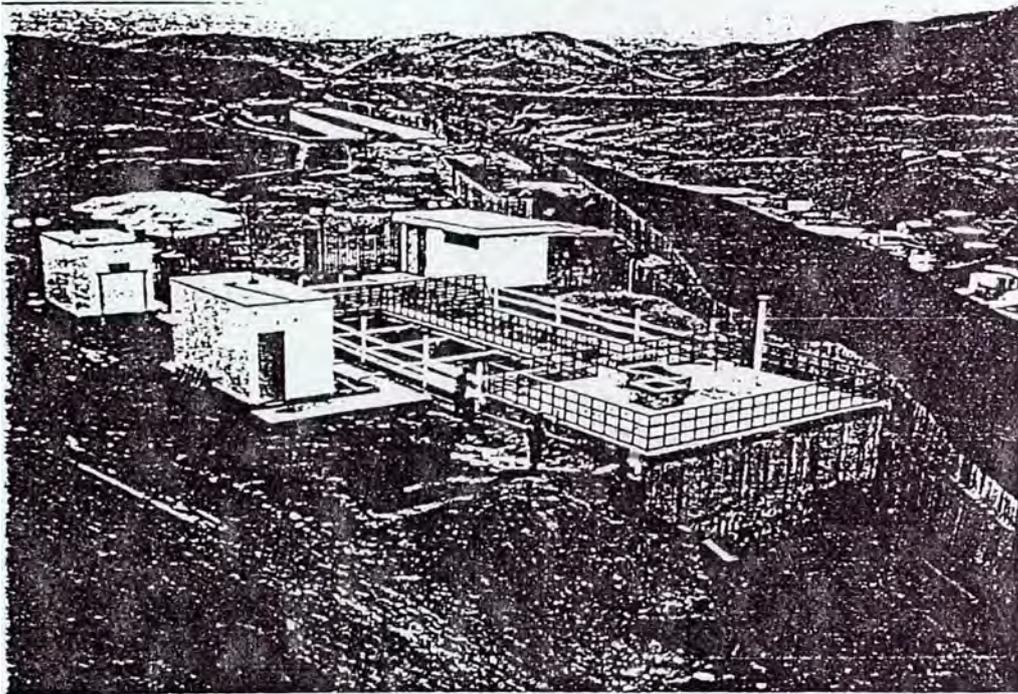
CUADRO N° M1350-2

CLASIFICACION UNIFICADA DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS

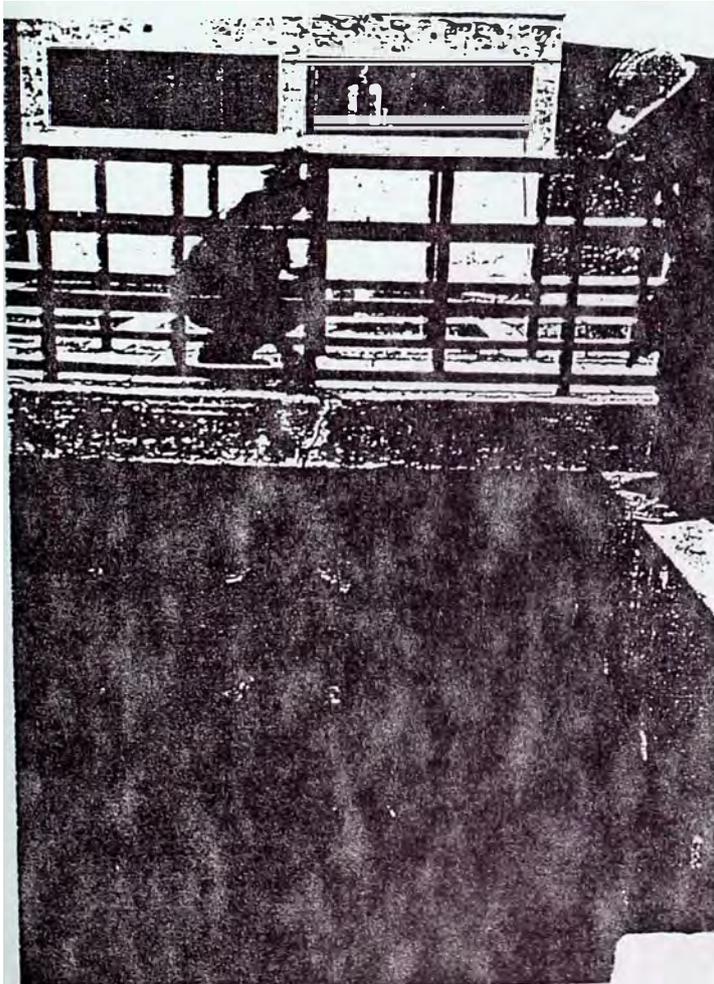
Calicatas	Profundidad (m)	Clasificación SUCS
C-1	4.90 – 5.20	GP -GM
C-2	3.60 – 3.80	SP - SM
C-3	4.80 – 5.00	SM
C-4	2.80 – 3.00	SP - SM
C-5	3.50 – 3.70	GM

FOTOGRAFÍAS

PLANTA DE TRATAMIENTO LAS LOMAS DEL MAR - CAÑETE

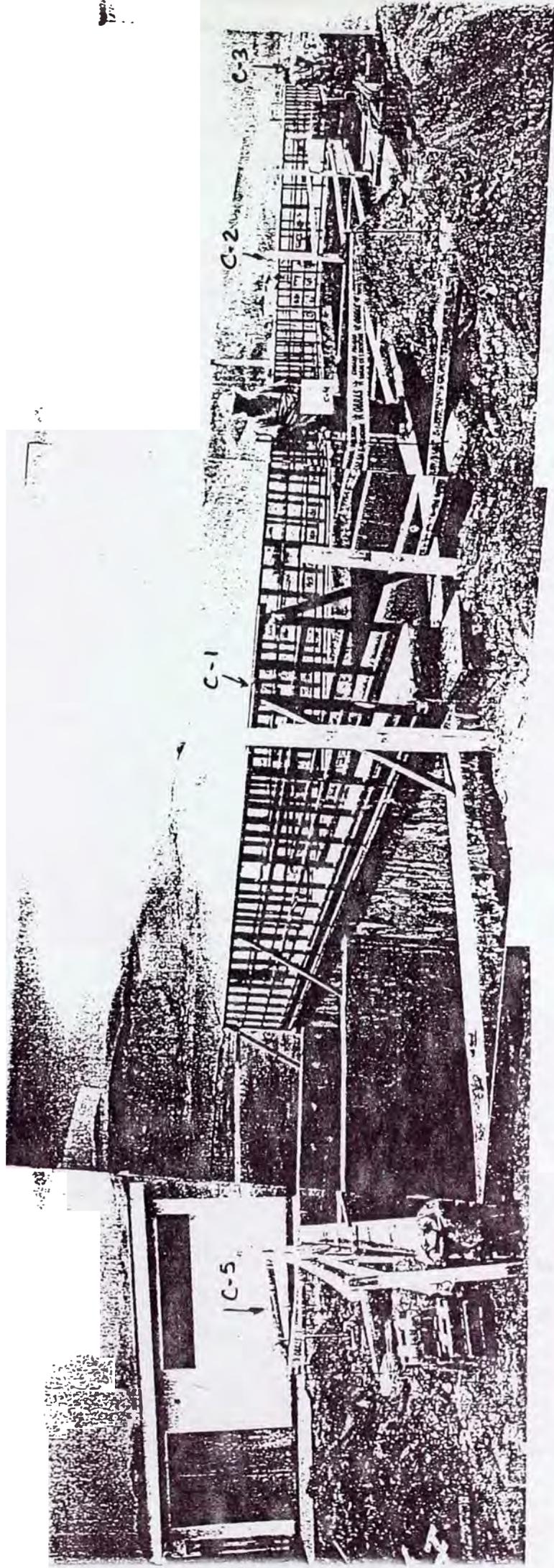


VISTA PANORAMICA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LAS LOMAS DEL MAR - CAÑETE



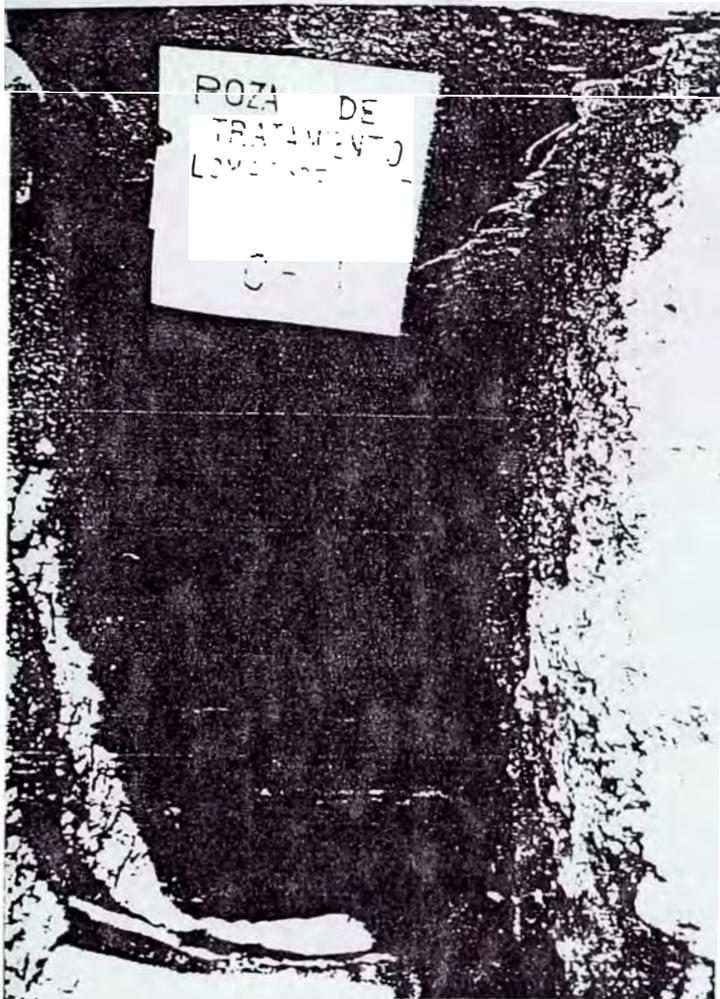
BAJADURAS PRESENTADAS EN ZONAS INTERNAS Y EXTERNAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

M y M
CONSULTORES



SE ND CA UB CAC ÓN DE CAL CATAS EXCAVADAS

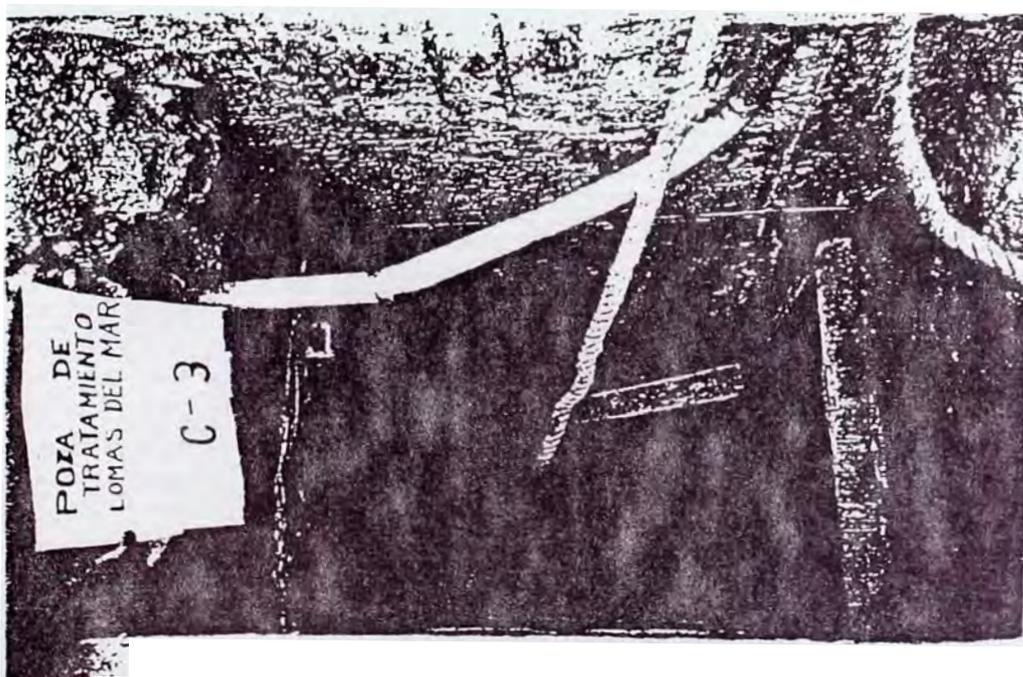
PLANTA DE TRATAMIENTO LAS LOMAS DEL MAR - CAÑETE



CALICATA C-1

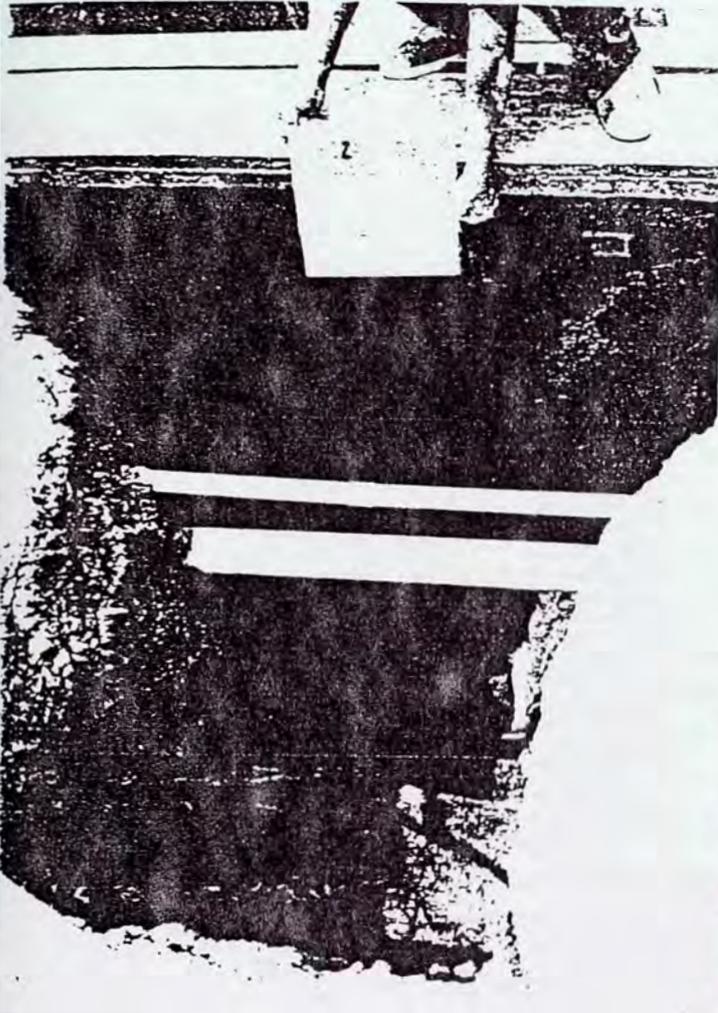


ENTIBADOS COLOCADOS PARA EXCAVACION CALICATA C-2

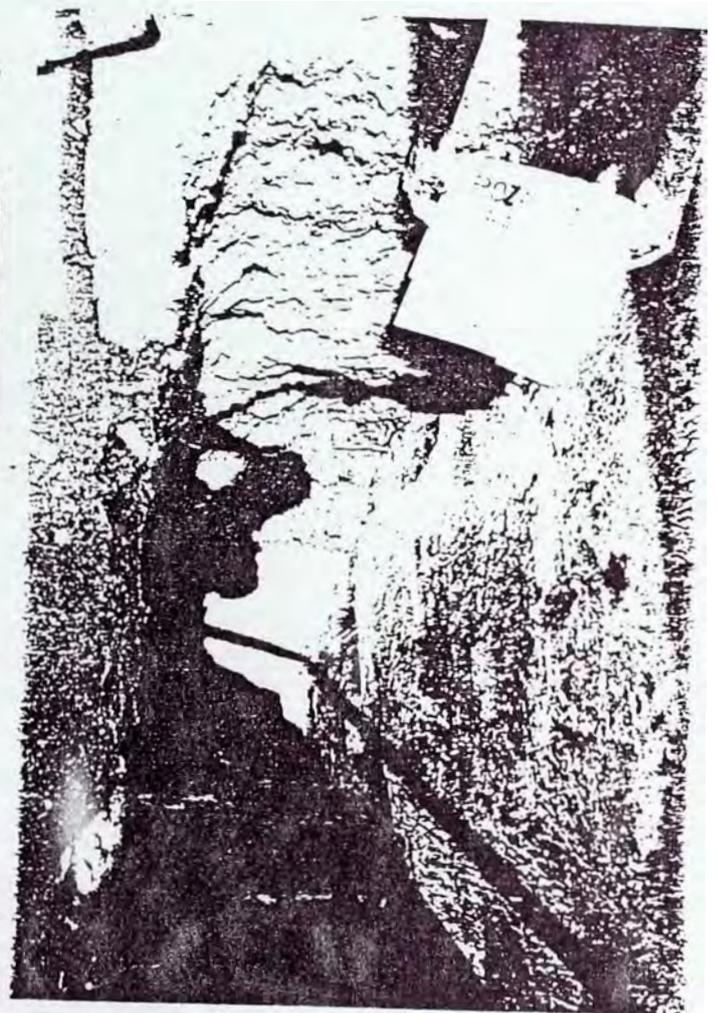


COLOCACION DE ENTIBADOS PARA EVITAR EL DERRUMBE DE LA CALICATA POR PRESENCIA DEL RELLENO SUELTO. EL FONDO SE APRECIA FILTRACIONES DE G-1.

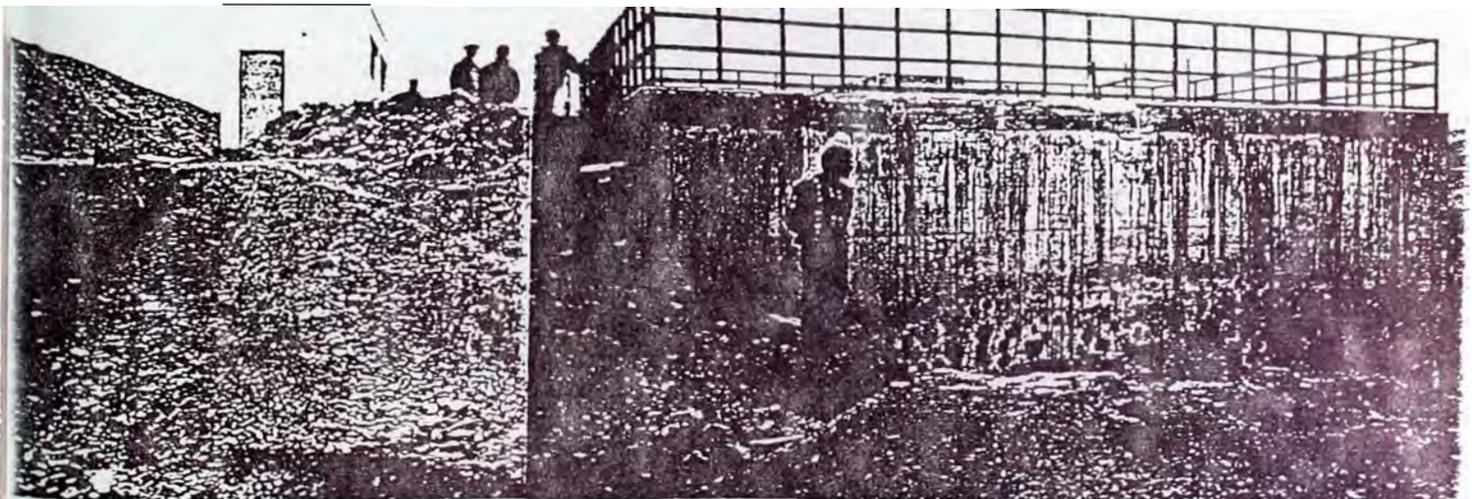
PLANTA DE TRATAMIENTO LAS LOMAS DEL MAR - CAÑETE



CALICATA C-4

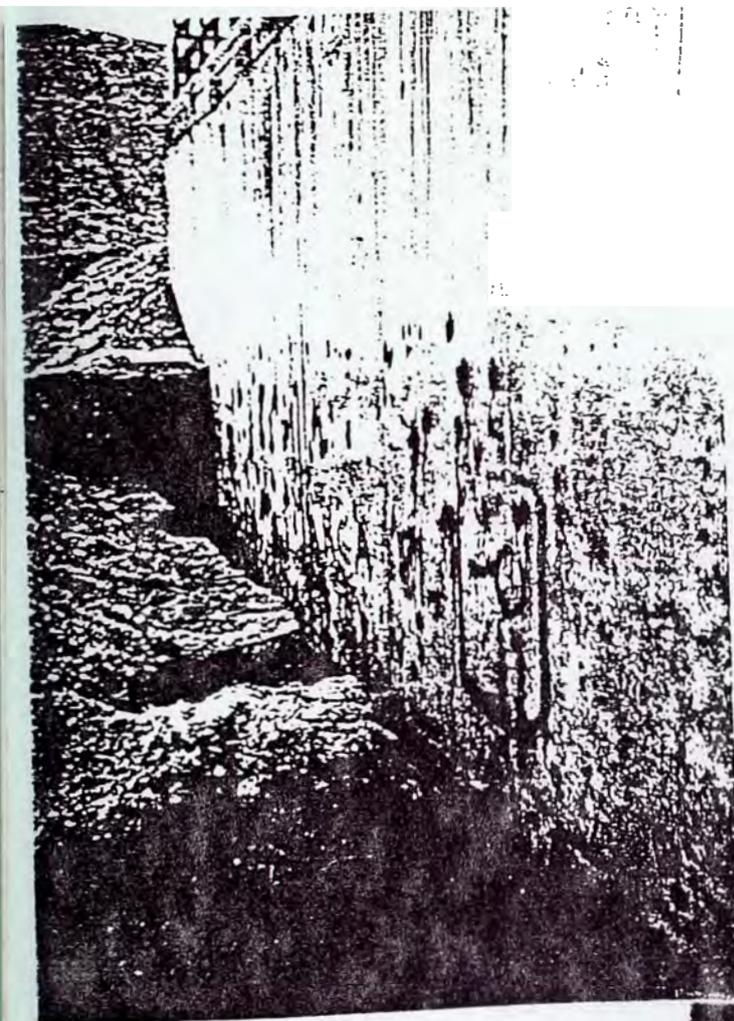


CALICATA C-5



PARTE POSTERIOR DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO INTENSAMENTE AFECTADA POR LA HUMEDAD SALES Y OXIDACION

PLANTA DE TRATAMIENTO LAS LOMAS DEL MAR – CAÑETE



OXIDACION DE LOS FIERROS DE LOS ENCOFRADOS QUE QUEDARON EXPUESTOS AL AMBIENTE SALINO



VISTA DE UN EXTREMO DE LA CALICATA C-2 DONDE SE PUEDE APRECIAR QUE EL FONDO DEL TANQUE ESTA EN EL AIRE

3. Evaluación de la base granular de las vías.
Urbanización Las Lomas del Mar - Cañete
MyM Consultores srl

EVALUACION DE LA BASE GRANULAR
DE LAS VIAS INTERNAS DE LA HABILITACION
Y RECOMENDACIONES PARA LA PAVIMENTACION
LAS LOMAS DEL MAR, CERRO AZUL, CAÑETE, LIMA

Informe

TRABAJOS EFECTUADOS

Para determinar el espesor y características del relleno se llevaron a cabo 7 calicatas excavadas en forma manual hasta profundidades variables entre 0.50 y 2.30 m. Estas calicatas se ubicaron en diferentes vías de la habilitación y tuvieron como finalidad determinar los espesores de relleno existentes.

En las calicatas se realizó un perfilaje minucioso, el cual incluyó el registro cuidadoso de las características de los suelos que conforman cada capa del perfil del suelo, la clasificación visual de los materiales encontrados de acuerdo con los procedimientos del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos y la extracción de muestras de los suelos, las cuales debidamente protegidas e identificadas fueron remitidas al laboratorio para su verificación y análisis.

En el Cuadro No M1366-1 se indica la ubicación de las calicatas y en el Cuadro No M1366-2 se presentan los perfiles de suelos registrados.

En el laboratorio se efectuaron análisis químicos para determinar el contenido de sales solubles totales de las muestras de relleno compactado obtenidas en las 7 calicatas. En el Cuadro No M1366-3 se presentan los resultados obtenidos.

RESULTADOS OBTENIDOS

En todas las calicatas se registró una capa superior de relleno compactado de espesor variable entre 0.10 y 0.50 m, conformado por grava arenosa, mal graduada, limpia a ligeramente limosa, con piedras angulares de 4 pulg de tamaño máximo.

Bajo el relleno compactado, en todas las calicatas efectuadas en la parte superior de la habilitación, se registró el suelo natural, el cual varía según la zona, encontrándose grava arenosa mal graduada, arena fina mal graduada, caliche y roca.

En la calicata C-5 excavada en la parte inferior central de la habilitación se encontró un relleno de arena suelta con bolsas plásticas y plumas de aves, bajo el relleno compactado. En la otra calicata (C-4) excavada en el extremo Sur de la parte inferior de la habilitación se encontró relleno compactado hasta 2.00 m de profundidad y a continuación, se registró la arena fina, mal graduada, típica de las zonas de playa.

En los análisis químicos efectuados se han registrado entre 9,905 y 67,544 p.p.m. de sales solubles totales en las muestras del relleno compactado.

RECOMENDACIONES PARA LA PAVIMENTACION

Los valores de sales solubles totales correspondientes a la capa de relleno compactado son sumamente elevados e inadmisibles para un material de base granular que formará parte de la estructura de un pavimento flexible de asfalto. Es por este motivo que recomendamos remover esta capa en un espesor tal, que permita colocar el paquete estructural del pavimento (que en el presente caso estará conformado por una carpeta asfáltica y una base granular).

El espesor de material a remover estará en función de los niveles actuales de las vías, veredas y buzones.

No es necesario remover toda la capa de relleno compactado que tiene altos contenidos de sales, por cuanto este relleno se apoya sobre el suelo natural, que también contiene cantidades importantes de sales.

Con respecto a los espesores del pavimento, teniendo en cuenta el tráfico previsto (normalmente bajo, salvo en períodos cortos durante los cuales pasarán camiones con materiales para la construcción de las casas de playa) y las características del material de subrasante (predominantemente arenas y gravas, las cuales tiene un CBR superior a 10), recomendamos considerar espesores que equivalgan a un espesor total de concreto asfáltico de 4 pulg (espesor total de pavimento asfáltico mínimo según las tablas del Instituto de Asfalto Americano).

Si colocamos una carpeta asfáltica de 1.5 pulg, las 2.5 pulg restantes podrán ser reemplazadas por una capa de base utilizando un factor de conversión de 2. De esta forma se tendrá un pavimento formado por:

- Carpeta asfáltica 1.5 pulg (3.75 cm)
- Base granular (CBR >80) 5 pulg (12.5 cm)

Adjuntamos al presente informe especificaciones técnicas para la construcción del pavimento, que incluyen recomendaciones para la compactación de la subrasante (luego de retirarse el espesor necesario de relleno compactado existente), recomendaciones para el material de afirmado y la conformación de la base granular y recomendaciones para la construcción de la carpeta asfáltica (de utilizarse asfalto en caliente).

Lima, 11 de Octubre de 1999


Ing. Maggie Martinelli de Mayer
Reg. Col. Ings. CIP 26250

CUADRO N° M1366-1

UBICACION DE LAS CALICATAS

A CATA

UBICACION

C-1	Ingreso, intersección de vía principal con vías 1 y 2
C-2	Vía 8, frente al lote 1 de la manzana M
C-3	Vía 6, frente a las escaleras
C-4	Vía 10, frente al lote 9 de la manzana G
C-5	Vía Principal (inferior), frente al lote 5 de la manzana B
C-6	Vía 3, frente al lote 9 de la manzana D
C-7	Vía 1B, frente al lote 16 de la manzana Q

CUADRO N° M1366-2

PERFILES DE SUELOS DE LAS CALICATAS

CALICATA C-1

- 0.00 0.30 Relleno compactado. Grava arenosa, ligeramente limosa, mal graduada, densa, seca, marrón; con piedras angulares de 4 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.
- 0.30 0.50 Grava arenosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón; con piedras angulares de 6 pulg de tamaño máximo. (GP)
- 0.50 0.60 Caliche. Arena fina, mal graduada, cementada, muy densa, seca, marrón blanquecino. (SP)

CALICATA C-2

- 0.00 0.40 Relleno compactado. Grava arenosa, mal graduada, densa, ligeramente húmeda, marrón; con piedras angulares de 3 pulg de tamaño máximo.
- 0.40 0.55 Arena fina a gruesa, gravosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón; con gravas angulares de 2 pulg de tamaño máximo. (SP)
- 0.55 0.85 Arena fina, limosa, densa, ligeramente húmeda, marrón. Finos no plásticos. Abundantes sales. (SM)

Al otro extremo de calicata C-2:

- 0.00 0.07 Relleno compactado. Grava arenosa, mal graduada, densa, ligeramente húmeda, marrón; con piedras angulares de 3 pulg de tamaño máximo.
- 0.07 0.85 Arena fina, limosa, densa, ligeramente húmeda, marrón. Finos no plásticos. (SM)

CALICATA C-3

- 0.00 0.40 Relleno compactado. Grava arenosa, ligeramente limosa, mal graduada, densa, ligeramente húmeda, marrón claro; con piedras angulares de 3 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.
- 0.40 0.50 Caliche. Grava arenosa, mal graduada, densa, ligeramente húmeda, marrón; con piedras angulares de 4 pulg de tamaño máximo. (GP)

0.50 0.80 Grava arenosa, mal graduada, suelta a medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón plumizo; con piedras angulares de 4 pulg de tamaño máximo. (GP)

Al otro extremo de la calicata C-3:

0.00 0.10 Relleno compactado. Grava arenosa, mal graduada, densa, ligeramente húmeda, marrón claro; con piedras angulares de 3 pulg de tamaño máximo.

0.10 0.50 Caliche. Grava arenosa, mal graduada, muy densa, ligeramente húmeda, marrón claro; con piedras angulares y sub-redondeados de 5 pulg de tamaño máximo. (GP)

0.50 0.80 Grava arenosa, mal graduada, suelta a medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón plumizo; con piedras angulares de 4 pulg de tamaño máximo. (GP)

CALICATA C-4

0.00 0.50 Relleno compactado. Grava arenosa, ligeramente limosa, mal graduada, densa, ligeramente húmeda, marrón; con piedras angulares de 3 pulg de tamaño máximo.

0.50 2.00 Relleno compactado. Grava arenosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón; con piedras angulares de 4 pulg de tamaño máximo.

2.00 2.30 Arena fina, mal graduada, suelta a medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón verdoso. (SP)

CALICATA C-5

0.00 0.30 Relleno. Grava arenosa, mal graduada, medianamente densa a densa, ligeramente húmeda, marrón; con piedras angulares de 4 pulg de tamaño máximo.

0.30 0.50 Relleno. Arena fina, mal graduada, suelta a medianamente densa, ligeramente húmeda, plomo. Bolsas plásticas y plumas de aves.

CALICATA C-6

0.00 0.35 Relleno compactado. Grava arenosa, ligeramente limosa, mal graduada, densa, ligeramente húmeda, marrón; con piedras angulares de 3 ½ pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.

- 0.35 0.45 Arena media, gravosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón; con piedras angulares de 2 pulg de tamaño máximo. (SP)
- 0.45 0.50 Roca.

CALICATA C-7

- 0.00 0.30 Relleno compactado. Grava arenosa, ligeramente limosa, mal graduada, densa, ligeramente húmeda, marrón; con piedras angulares de 4 pulg de tamaño máximo.
- 0.30 0.70 Grava arenosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón; con piedras angulares de 4 pulg de tamaño máximo. (GP)



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS – SECCION QUIMICA

SERVICIO DE ANALISIS QUIMICO INDUSTRIALES

INFORME

Los resultados de los análisis de: Sales solubles totales.

en: 07 muestras de Suelos (Pistas Las Lomas del Mar – Cafete – Lima)

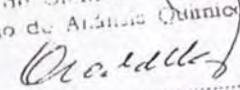
Solicitado por: M Y M CONSULTORES SRL.

en fecha: 05.10.99

DETERMINACION	CONTENIDO						
	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7
Sales solubles totales(ppm)	21 720	29 215	19 764	9 905	67 544	18 928	11 650

Muestra 1: C-1: Prof. 0,10-0,30m
 Muestra 2: C-3: Prof. 0,20-0,40m
 Muestra 3: C-4: Prof. 0,10-0,30m
 Muestra 4: C-7: Prof. 0,10-0,30m
 Muestra 5: C-6: Prof. 0,10-0,30m
 Muestra 6: C-5: Prof. 0,10-0,30m
 Muestra 7: C-2: Prof. 0,20-0,40m

Lima, 07 de octubre de 1999

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
 Departamento de Ciencias - Sección Química
 Servicio de Análisis Químicos

 ING. OLGA LOCK SING
 Coordinadora

NOTA: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra proporcionada por el solicitante. Los datos del solicitante los relativos al producto y la identificación de la muestra también han sido proporcionados por el cliente.

PLAYA LAS LOMAS DEL MAR

ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA
CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE ASFALTO

Indice

- 1.0.0 Generalidades
- 2.0.0 Trabajos Preliminares
 - 2.1.0 Replanteo
 - 2.2.0 Cortes
- 3.0.0 Subrasante
 - 3.1.0 Descripción
 - 3.2.0 Requisitos Generales
 - 3.3.0 Preparación de la Subrasante
 - 3.4.0 Controles
- 4.0.0 Base
 - 4.1.0 Descripción
 - 4.2.0 Preparación de la Base
 - 4.3.0 Controles
- 5.0.0 Capa de Imprimación
 - 5.1.0 Descripción
 - 5.2.0 Materiales
 - 5.3.0 Equipos
 - 5.4.0 Construcción
 - 5.4.1 Requisitos de Clima
 - 5.4.2 Preparación de la Superficie
 - 5.4.3 Aplicación de la Capa de Imprimación
 - 5.4.4 Protección de las Estructuras Adyacentes
 - 5.4.5 Apertura al Tráfico y Mantenimiento
- 6.0.0 Carpeta Asfáltica
 - 6.1.0 Descripción
 - 6.2.0 Composición General de la Mezcla
 - 6.3.0 Materiales del Concreto Asfáltico
 - 6.3.1 Agregados Minerales Gruesos
 - 6.3.2 Agregados Minerales Finos
 - 6.3.3 Relleno Mineral
 - 6.3.4 Material Bituminoso
 - 6.3.5 Fuentes de Provisión o Canteras
 - 6.4.0 Construcción
 - 6.4.1 Limitaciones Climáticas
 - 6.4.2 Ejecución de los Trabajos

- 6.4.3 Equipos para el Transporte y Colocación
- 6.4.4 Preparación del Material Bituminoso
- 6.4.5 Preparación de los Agregados Minerales
- 6.4.6 Preparación de la Mezcla
- 6.4.7 Transporte y Entrega de la Mezcla
- 6.4.8 Distribución, Colocación, Compactación y Acabado
- 6.4.9 Requisitos de Espesor y Peso
- 6.4.10 Protección de la Carpeta Asfáltica
- 6.5.0 Controles
- 6.5.1 Control de Resistencia de la Mezcla
- 6.5.2 Control de Espesor
- 6.5.3 Control de Acabado de la Superficie

PLAYA LAS LOMAS DEL MAR

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE ASFALTO

1.0.0 GENERALIDADES

Las presentes especificaciones incluyen todos los trabajos requeridos para la correcta construcción de los pavimento de las vías internas de la habilitación de playa Las Lomas del Mar.

Para todo lo no indicado en estas especificaciones se aplicará el Reglamento Nacional de Construcciones.

2.0.0 TRABAJOS PRELIMINARES

2.1.0 Replanteo

Este trabajo consiste en materializar sobre el terreno en forma precisa, las medidas, niveles y ubicación de todos los elementos del pavimento, así como definir sus linderos y establecer marcas y señales fijas de referencia. La ejecución de los trabajos será de acuerdo a lo estipulado en el Título VII, Capítulo III del Reglamento Nacional de Construcciones.

2.2.0 Cortes

Los cortes requeridos para alcanzar el nivel de subrasante se ejecutarán con cualquier tipo de equipo que permita la excavación o desplazamiento del material teniéndose la precaución de no remover ni aflojar el material ubicado por debajo de la cota final del corte.

Los materiales provenientes de los cortes deberán eliminarse inmediatamente, de tal manera de mantener la obra limpia.

3.0.0 SUBRASANTE

3.1.0 Descripción

Este trabajo consistirá en la preparación y el acondicionamiento del terreno a lo largo de las vías a pavimentar, luego de la ejecución de los cortes.

3.2.0 Requisitos Generales

Se llevarán a cabo las operaciones de nivelado y perfilado, de tal manera que la subrasante terminada quede por debajo de la cota de rasante en el espesor indicado en el diseño.

Se eliminarán las obstrucciones, materia orgánica, desmonte y todo relleno de basura que se encuentre. Los huecos resultantes, así como los agujeros o depresiones existentes, se rellenarán con materiales provenientes de las operaciones de corte, tal como se indica en las especificaciones de la AASHTO M-145. Eventualmente, podrán usarse materiales pertenecientes a los grupos A-1 (gravas), A-2 (gravas con arena) y A-3 (arena), siempre y cuando se compacten al 100% de la máxima densidad seca obtenida según AASHTO T-180 (Proctor Modificado).

3.3.0 Preparación de la Subrasante

La subrasante se escarificará en una profundidad de 20 cm dándole la humedad óptima para la máxima densidad seca ya sea por humedecimiento o por el aireado.

La compactación se ejecutará controlando que la humedad sea óptima hasta alcanzar el 95% de la máxima densidad seca (Proctor Modificado, AASHTO T-180).

En los sectores donde se encuentre caliche o roca, no será necesario llevar a cabo la escarificación.

3.4.0 Controles

Se harán pruebas de densidad de campo para controlar la densidad de esta capa. Estos controles se harán cada 60 ml de vía, con un mínimo de 3 ensayo por jornada de trabajo. Se empleará el método del Cono de Arena, el volúmetro o cualquier otro aprobado por el Ingeniero Supervisor.

El grado de compactación tolerable será de 90%, siempre que la media aritmética de los ensayos del área analizada sea mayor que 95% de la máxima densidad seca del laboratorio (AASHTO T-180).

4.0.0 BASE

4.1.0 Descripción

Bajo este ítem se comprende el material selecto que se colocará entre la subrasante y la carpeta asfáltica. El material de base consistirá de partículas duras y durables, con fragmentos de piedras o gravas y un relleno de arena u otro material mineral partido en partículas finas.

La porción del material retenido en la malla N° 4 será llamada agregado grueso y aquella porción que pasa por la malla N° 4 será llamada agregado fino.

El material de tamaño excesivo que se hayan encontrado en canteras de las cuales se obtiene el material, será retirado por tamizado o será triturado hasta obtener el tamaño requerido, según elija el Contratista; cuando el material se obtenga de la trituración de gravas, no menos del 50% en peso de las partículas del agregado grueso, deben tener por lo menos una cara de fractura. Si es necesario, para cumplir con este requisito, la grava será tamizada antes de ser triturada.

El material para la base debe estar libre de material vegetal, terrones o bolas de tierra y sales; y llenará los requisitos de granulometría dados en la tabla siguiente:

Malla AASHTO T-11 y T-27 (abertura cuadrada)	Porcentaje en peso que pasa			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
2 Pulg	100	100	-	-
1 Pulg	-	79-95	100	100
3/8 Pulg	30-65	40-75	50-85	60-100
N°4 (4.76mm)	25-55	30-60	35-65	50-85
N°10 (2.00mm)	15-40	20-45	25-50	40-70
N°40 (0.42mm)	8-20	15-30	15-30	25-45
N°200(0.074mm)	2-8	5-20	5-15	10-25

La granulometría definitiva que se adopte dentro de estos límites, tendrá una gradación uniforme de grueso a fino. La fracción del material que pase por la malla N° 200 no debe exceder de 1/2, y en ningún caso de los 2/3 de la fracción que pasa la malla N° 40.

La fracción del material de base y sub-base que pasa el Tamiz N° 40 debe tener un límite líquido no mayor de 25% y un Índice de Plasticidad inferior o igual a 6% determinados de acuerdo a los Métodos T-89 y T-91 de la AASHTO.

Si la base no va a ser cubierta por una superficie bituminosa, el Límite Líquido no será mayor de 35%, debiendo estar el Índice de Plasticidad entre 4% y 9%.

El agregado grueso consistirá de material duro y resistente. No deben emplearse materiales que se fragmentan cuando son sometidos a ciclos alternos de heladas y deshielos o de humedad y secado. Deberá tener un valor del desgaste no mayor del

50% según el ensayo "Los Angeles" (Método AASHTO T-96). No deberá contener partículas chatas y alargadas.

EL CBR (Relación Soporte California) de la base deberá ser superior a 80%.

Si se necesita rellenedor en adición al que originalmente existe en el material de base para llenar los requisitos de granulometría o para ligar satisfactoriamente el material, se mezclará este rellenedor uniformemente con el material para la base. El material para tales propósitos será obtenido de fuentes aprobadas por la Supervisión y estará libre de terrones duros, grumos de arcilla o impurezas.

4.2.0 Preparación de la Base

El material de base se colocará sobre la subrasante debidamente preparada y compactada, en cantidad suficiente para alcanzar el espesor requerido una vez compactado.

El material se esparcirá, regará y mezclará hasta alcanzar la humedad óptima para la máxima densidad seca y se compactará con rodillos al 100% de la máxima densidad seca del ensayo Proctor Modificado (AASHTO T-180). Todas las áreas inaccesibles a los rodillos se compactarán con pisones mecánicos.

Las operaciones de esparcido y mezclado deben efectuarse evitando dañar la subrasante.

La compactación deberá iniciarse en los bordes y terminarse en el centro de la franja de la construcción cubriendo uniformemente la mitad del ancho de la huella de la anterior pasada, sucesivamente hasta completar el área de compactación.

Cualquier irregularidad o depresión que se presente después de la compactación debe ser corregida removiendo el material en esos lugares y añadiendo o retirando material hasta que la superficie sea llana y uniforme.

4.3.0 Controles

Se harán pruebas de densidad de campo para controlar la densidad de esta capa. Estos controles se harán cada 50 ml de vía, con un mínimo de 3 por jornada de trabajo. Se empleará el método del Cono de arena, el volúmetro o cualquier otro aprobado por el Ingeniero Supervisor.

El grado de compactación exigido es de 100% de la máxima densidad seca del Ensayo Proctor Modificado. El grado de compactación mínimo tolerado será de 95%, siempre y cuando la media aritmética de los ensayos del área analizada sea mayor o igual que 100%.

5.0.0 CAPA DE IMPRIMACION

5.1.0 Descripción

Este trabajo se refiere al suministro y aplicación de material bituminoso a la base preparada con anterioridad, sobre la cual se colocará una carpeta asfáltica.

5.2.0 Materiales

El material bituminoso a usarse será el siguiente:

Asfalto de tipo cut-back, grados MC-6, MC-1 ó MC-2 (MC-30, MC-70 ó MC-250 respectivamente) de acuerdo con los requisitos de las Especificaciones estándar para asfalto tipo cut-back (tipo de curado medio), designación M-82-42 de la AASHTO.

Asfalto del tipo RC-2 (RC-250) de acuerdo con los requisitos de la AASHTO M-81.

Además, deberá proveerse material para el secado, consistente en arena limpia.

5.3.0 Equipos

El equipo para la colocación de la capa de imprimación debe incluir una barredora mecánica, un ventilador de aire mecánico (aire a presión), una unidad calentadora para el material y un distribuidor a presión.

El trabajo de limpieza con la barredora mecánica y el ventilador deberá ejecutarse cuidando de no cortar, rayar o dañar de alguna manera la superficie.

El equipo calentador del material bituminoso debe ser de capacidad adecuada como para calentar el material en forma apropiada, haciendo circular el material bituminoso alrededor de un sistema de serpentines pre-calentados con vapor de agua o aceite caliente, o haciendo circular dicho material bituminoso a través de un sistema de serpentines o cañerías encerrados dentro de un recinto de calefacción.

El distribuidor debe ser capaz de distribuir el material bituminoso dentro de un rango de 0.06 gal/m² a 2.4 gal/m², además debe estar equipado con un sistema que asegure un calentamiento uniforme dentro de la masa total del material bituminoso bajo control eficiente y positivo en todo momento.

5.4.0 Construcción

5.4.1 Requisitos del Clima

La capa de imprimación debe ser aplicada solamente cuando la temperatura atmosférica esté por encima de los 15°C, la superficie de la base esté razonable-

mente seca y las condiciones climáticas, en la opinión del Ingeniero Supervisor, sean favorables.

5.4.2 Preparación de la Superficie

Antes de la aplicación de la capa de imprimación, todo material suelto o extraño sobre la base debe ser retirado por medio de una barredora y/o soplador mecánico según sea necesario.

Cuando lo ordene el Ingeniero Supervisor la superficie preparada debe ser sometida a una ligera pasada de rodillo neumático inmediatamente antes de aplicar el material bituminoso, en cuyo caso no se exigirá el barrido o soplado previo. Igualmente, cuando lo disponga la Supervisión, se hará un riego ligero de agua un poco antes de la aplicación del material de imprimación.

5.4.3 Aplicación de la Capa de Imprimación

El material debe ser aplicado uniformemente, a la temperatura y velocidad de régimen especificadas por el Ingeniero Supervisor. En general, el régimen debe estar comprendido entre 0.2 y 0.6 galones por metro cuadrado.

La temperatura en el momento de su aplicación debe estar comprendida dentro de los límites siguientes:

MC - 0.70 °F - 140° F	(21° C - 60° C)
MC - 1:110°F - 185° F	(43° C - 85° C)
MC - 2:140°F - 215° F	(60° C -102° C)
RC - 2:140°F - 210° F	(60° C -100° C)

Inmediatamente después de la aplicación de la capa de imprimación, la superficie imprimada debe ser protegida por avisos y barricadas que impidan el tránsito durante el período de curado.

5.4.4 Protección de las Estructuras Adyacentes

Las superficies de todas las estructuras adyacentes del área sujeta a tratamiento deben estar protegidas de tal manera, que se eviten salpicaduras o manchas. En el caso de que esas salpicaduras o manchas se produzcan, el Contratista deberá por cuenta propia, retirar el material y reparar el daño ocasionado.

5.4.5 Apertura al Tráfico y Mantenimiento

El área imprimada debe airearse sin ser arenada por un término de 24 horas, a menos que lo ordene de otra manera el Ingeniero Supervisor.

Cualquier exceso de material bituminoso que quede en la superficie debe ser retirado usando arena u otro material aprobado que lo absorba, antes de que se inicie el tráfico.

El Contratista deberá conservar la superficie imprimada hasta que la capa superficial sea colocada. La labor de conservación debe incluir el extendido de cualquier cantidad adicional de arena u otro material aprobado que sea necesario para evitar la adherencia de la capa de imprimación a las llantas de los vehículos, y parchar cualquier rotura de la superficie imprimada con material bituminoso adicional.

Cualquier área de la superficie imprimada que resulte dañada por el tráfico de vehículos o por otra causa, deberá ser reparada antes de que la capa superficial sea colocada.

6.0.0 CARPETA ASFALTICA

6.1.0 Descripción

Bajo este ítem se define a la capa de concreto asfáltico que se colocará sobre la capa de base, debidamente compactada e imprimada.

6.2.0 Composición General de la Mezcla

La capa de asfalto estará compuesta por un concreto asfáltico densamente graduado.

El concreto asfáltico se compondrá de agregados minerales gruesos, agregados finos, filler mineral y material bituminoso.

Antes de iniciar la obra, el Contratista someterá al Ingeniero Supervisor para su aprobación, por escrito, la fórmula de mezcla que utilizará. Esta fórmula se presentará estipulando un porcentaje definido y único de agregados que pasen por cada uno de los tamices especificados, una temperatura definida y única a la cual la mezcla será colocada sobre la base, debiendo todos estos detalles encontrarse dentro de los regímenes fijados para la composición general de los agregados y los límites de temperatura.

El agregado tendrá la siguiente granulometría:

<u>Malla</u>	<u>Porcentaje que pasa acumulado</u>
3/4"	100
1/2"	80 - 100
3/8"	70 - 90
Nº4	50 - 70
Nº8	35 - 50

Nº30	18 - 30
Nº50	13 - 23
Nº100	8 - 16
Nº200	4 - 10

La fracción retenida entre dos tamices sucesivos no podrá ser menor del 4% del total.

Se adoptará el método Marshall, para verificar las condiciones de vacíos y estabilidad que deben satisfacer los siguientes valores:

$$\begin{aligned} \% \text{ de Vacío} &= 3 \text{ a } 5\% \\ \text{Estabilidad} &= 500 \text{ Lbs (mínima)} \end{aligned}$$

Las tolerancias admitidas en las mezclas son las siguientes:

- Material que pasa por el tamiz de 3/4"	+ 4%
- Material comprendido entre los tamices de 3/8" y N° 200	+ 4%
- Material que pasa por el tamiz N° 200	± 1%
- Asfalto	± 0.3%
- Temperatura de la mezcla entregada en la Obra	+ 20° F

6.3.0 Materiales de Concreto Asfáltico

Los materiales deberán estar de acuerdo con las exigencias siguientes:

6.3.1 Agregados Minerales Gruesos

La porción de los agregados retenida en la Malla N° 8 se designará agregado grueso y se compondrá de piedras o gravas trituradas. Sólo se podrá utilizar un tipo único de agregado grueso, excepto en el caso en que el Ingeniero Supervisor autorice por escrito algún cambio.

La piedra o grava triturada deberá ser limpia, compacta y durable, carente de suciedad u otras materias inconvenientes y deberá tener un desgaste no mayor de 40% a 500 revoluciones al ensayarse por el método AASHTO T-96.

Al ser sometidas a 5 ensayos alternativos de resistencia mediante sulfatos de sodio empleando el método AASHTO T- 104, no podrá tener una pérdida de peso mayor de 12%.

Cuando se utilice grava triturada, no menos de un 50% en peso de las partículas retenidas en el tamiz N° 4, deberá tener una cara fracturada como mínimo.

6.3.2 Agregados Minerales Finos

La porción de agregados que pasa la malla N° 8 se designará como agregado fino y podrá estar compuesto por arena natural, tamizados de piedra o de una combinación de ambos.

Solamente se podrá usar cerniduras de piedra calcárea cuando se emplee una cantidad igual de arena natural.

Los agregados finos deberán tener granos limpios, compactos, angulares y de superficie rugosa, carentes de terrones de arcilla u otras sustancias inconvenientes.

Los tamizados de piedra deberán cumplir las exigencias para agregados minerales gruesos.

6.3.3 Relleno Mineral (Filler)

El material de relleno de origen mineral que sea necesario emplear, se compondrá de polvo calcáreo, roca dolomítica, cemento Portland u otros elementos no plásticos provenientes de fuentes de origen aprobadas por el Ingeniero Supervisor.

Estos materiales deberán carecer de materias extrañas y objetables, serán secos y libres de terrones, y cuando sean ensayados en el laboratorio deberán cumplir las siguientes exigencias granulométricas:

<u>Tipo de Tamiz</u>	<u>Porcentaje en peso que pasa por los tamices de abertura cuadrada AASHTO T-37</u>
N°30	100
N°80	95 - 100
N°200	65 - 100

6.3.4 Material Bituminoso

El material bituminoso a emplear será un cemento asfáltico ya sea natural o producto del petróleo, de penetración 60 - 70 y que cumpla las exigencias para asfalto.

6.3.5 Fuentes de Provisión o Canteras

Las fuentes de origen de los agregados y relleno mineral deberán ser aprobadas por el Ingeniero Supervisor antes de proceder a la entrega de dichos materiales.

6.4.0 Construcción

6.4.1 Limitaciones Climáticas

Las mezclas se colocarán únicamente cuando la superficie a tratar se encuentre seca, la temperatura atmosférica a la sombra sea superior a 10° C y el tiempo no estuviera neblinoso ni lluvioso.

6.4.2 Ejecución de los Trabajos

Ningún trabajo podrá realizarse cuando se carezca de suficientes medios de transporte, equipo de terminación, mano de obra o exista una inadecuada distribución de agregados para asegurar una marcha de las obras a un régimen superior al 60% de la capacidad productora de la planta mezcladora.

6.4.3 Equipo para Transporte y Colocación

Los camiones para el transporte de mezclas bituminosas, deberán contar con tolvas herméticas, limpias y lisas, de metal, que hayan sido cubiertas por una pequeña cantidad de agua jabonosa, fuel oil, rebajado, aceite de parafina o solución de cal, para evitar que la mezcla se adhiera a las cajas.

Cada carga de mezcla se cubrirá con formas u otro material adecuado, de tamaño suficiente para proteger la mezcla contra las inclemencias del tiempo. Todo camión que produzca una segregación excesiva de material, debido a su suspensión elástica u otros factores que contribuyen a ello, que acuse pérdidas de aceite en cantidades perjudiciales o que produzca demoras indebidas, será retirado del trabajo cuando el Ingeniero Supervisor lo ordene, hasta que haya sido corregido el defecto señalado.

Cuando fuere necesario para lograr que el camión entregue la mezcla con la temperatura especificada, la tolva será aislada para poder obtener la temperatura de trabajo de la mezcla y todas sus capas deberán asegurarse firmemente.

El equipo para la distribución y terminación comprenderá una pavimentadora mecánica o automática, aprobada, capaz de distribuir y terminar la mezcla de acuerdo con los alineamientos, pendientes y perfil tipo de obra exigidos.

La pavimentadora estará provista de embudos y tornillos de distribución reversible, para poder colocar la mezcla en forma pareja. La pavimentadora estará equipada también con dispositivos de manejo, rápidos y eficientes, y dispondrán de velocidad en marcha atrás y adelante.

La pavimentadora empleará dispositivos mecánicos, tales como enrasadoras de emparejamiento, brazos de emparejamiento u otros dispositivos compensatorios,

para mantener la exactitud de las pendientes y confinar los bordes del pavimento dentro de sus líneas sin uso de encofrados laterales fijos.

El conjunto será ajustable para permitir la obtención de la forma del perfil tipo de obra fijado, y será diseñado y operado de tal manera que se pueda colocar el espesor por metro cuadrado.

Si se comprueba durante la construcción, que el equipo de distribución y terminación usado deja en el pavimento fisuras, zonas dentadas u otras irregularidades objetables, que no puedan ser corregidas satisfactoriamente con las operaciones programadas, el uso de dicho equipo será suspendido, debiendo el Contratista sustituirlo por otro que efectúe en forma satisfactoria los trabajos de distribución y terminación del pavimento.

El equipo de compactación comprenderá como mínimo, un rodillo metálico y uno de tipo neumático autopropulsado. También podrá utilizarse rodillos de tres ruedas lisas u otro equipo similar que resulte satisfactorio para el Ingeniero Supervisor. No se permitirá el uso de un equipo que produzca una trituración de los agregados.

6.4.4 Preparación del Material Bituminoso

El material bituminoso será calentado a la temperatura especificada, en calderas o tanques diseñados de tal manera que evite un calentamiento local excesivo y se obtenga un aprovisionamiento continuo del material bituminoso para la mezcladora a temperatura uniforme en todo momento.

La máxima temperatura del cemento asfáltico al ser entregado a la mezcladora será aquella que tenga una viscosidad Saybor Fapol de 75 seg. El cemento asfáltico no será usado mientras esté espumoso ni cuando tenga una temperatura mayor de 350° F (177° C).

6.4.5 Preparación de los Agregados Minerales

Los agregados minerales para la mezcla serán secados y calentados en la planta antes de ser colocados en la mezcladora.

Las llanas empleadas para el secado y calentamiento de los agregados se regularán convenientemente para evitar daños a los mismos y la formación de una capa espesa de hollín sobre ellos.

Los agregados deberán ser calentados a la temperatura más baja posible que al combinarse con el asfalto produzca una mezcla con una temperatura entre 107° C y 176° C. Dicha temperatura no podrá ser menor a la exigida para obtener una impregnación total y una distribución uniforme de los agregados.

Los agregados inmediatamente después de su calentamiento, serán tamizados en tres o más fracciones y transportados a cajones de almacenamiento separados, listos para la dosificación y mezclado con el material bituminoso.

6.4.6 Preparación de la Mezcla

El material bituminoso será medido e introducido en la mezcladora, en las cantidades fijadas por la fórmula de mezcla de obra. Cuando se use una planta de operación intermitente, los agregados se mezclarán en estado seco y luego se distribuirá sobre los mismos la cantidad establecida de material bituminoso; el conjunto será mezclado por un período no inferior a 45 segundos. El tiempo total de mezclado se determinará por el método del pesaje, usando la fórmula siguiente:

$$T = \frac{C}{P}$$

donde:

T = tiempo de mezclado en seg

C = capacidad de la mezcladora en Kg

P = producción de la mezcladora en Kg/seg

6.4.7 Transporte y Entrega de la Mezcla

La mezcla será transportada desde la planta mezcladora hasta su punto de uso, por medio de vehículos adecuados. No se admitirá la entrega de mezcla a una hora avanzada, que pueda impedir la colocación y compactación de la mezcla con suficiente luz diurna, excepto cuando se hayan previsto medios adecuados de iluminación.

6.4.8 Distribución, Colocación, Compactación y Acabado

Al llegar al lugar de uso, la mezcla será distribuida en el espesor acotado, conforme al perfil tipo de obra que se quiera lograr, haciéndolo ya sea sobre el ancho total de la calzada o en su ancho particular practicable. Para estos fines se usará una pavimentadora de concreto asfáltico adecuada.

Inmediatamente después que la mezcla haya sido repartida y emparejada, la superficie será verificada, nivelando todas las irregularidades comprobadas en la misma, compactándola intensa y uniformemente por medio de rodillos.

El rodillado se hará en forma continua hasta que el rodillo no deje marca en la superficie colocada.

Las operaciones de compactación comenzarán por los costados y progresarán gradualmente hacia el centro. Este proceso se hará cubriendo uniformemente cada huella anterior de pasada del rodillo, según órdenes que debe impartir el Ingeniero Supervisor y hasta que toda la superficie haya quedado compactada.

Procedimientos de compactación que difieran del indicado, podrán ser dispuestos por el Ingeniero Supervisor, cuando las circunstancias así lo requieran.

Cualquier desplazamiento de la mezcla que se produzca a consecuencia del cambio de dirección del rodillo o por alguna otra causa, será corregido enseguida mediante el uso de rastras y la adición de mezcla fresca, cuando fuese necesario.

Se deberá evitar durante la compactación el desplazamiento del alineamiento y variaciones de las pendientes de los bordes de la calzada.

Para evitar la adhesión de la mezcla a las ruedas del rodillo, éstas serán mantenidas húmedas, pero no se permitirá un exceso de agua.

A lo largo de sardineles, rebordes u otros sitios inaccesibles para el rodillo, la mezcla será compactada con pisones a mano, calientes, o con apisonadoras mecánicas que tengan una compresión equivalente. Cada pisón a mano pesará no menos de 25 libras (11.35 Kg) y tendrá una superficie de apisonado no mayor de 50 pulgadas cuadradas.

En toda la superficie de un pie cuadrado o más que acuse un exceso o deficiencia de material bituminoso, se deberá retirar el material y reemplazarlo por material nuevo. Todos los puntos, juntas elevadas, depresiones o abolladuras serán corregidas.

En la formación de juntas se tomarán las medidas necesarias para que exista una adecuada ligazón con la nueva superficie en todo el espesor de la capa. No se colocará mezcla sobre material previamente compactado, a menos que el borde sea vertical o haya sido cortado formando una cara vertical.

6.4.9 Requisitos de Espesor y Peso

La obra terminada no podrá variar del espesor indicado en los planos en más de 1/4 de pulgada.

La colocación de material medido en peso por metro cuadrado no podrá variar de más de un 10% del régimen fijado.

6.4.10 Protección de la Carpeta Asfáltica

Las pistas recién terminadas serán protegidas contra toda clase de tránsito hasta que la mezcla se haya endurecido convenientemente por enfriamiento. En ningún caso,

la obra será habilitada al tránsito antes de 6 horas después de la terminación del pavimento, a menos que el Ingeniero Supervisor autorice acortar dicho período.

6.5.0 Controles

6.5.1 Control de Resistencia de la Mezcla

Este control se hará por los ensayos de estabilidad Marshall y fluencia.

Los valores de estabilidad y fluencia a ser exigidos serán los determinados en el dosaje de la mezcla. Para los ensayos de estabilidad y fluencia, deberán ser moldeados en el propio local de la planta 3 ensayos de prueba por un mínimo de dos veces al día.

Para los valores de estabilidad se admitirá un mínimo de 20%.

6.5.2 Control de Espesor

Se efectuará verificando la altura de la mezcla puesta antes de compactar y luego por nivelación del eje y los bordes.

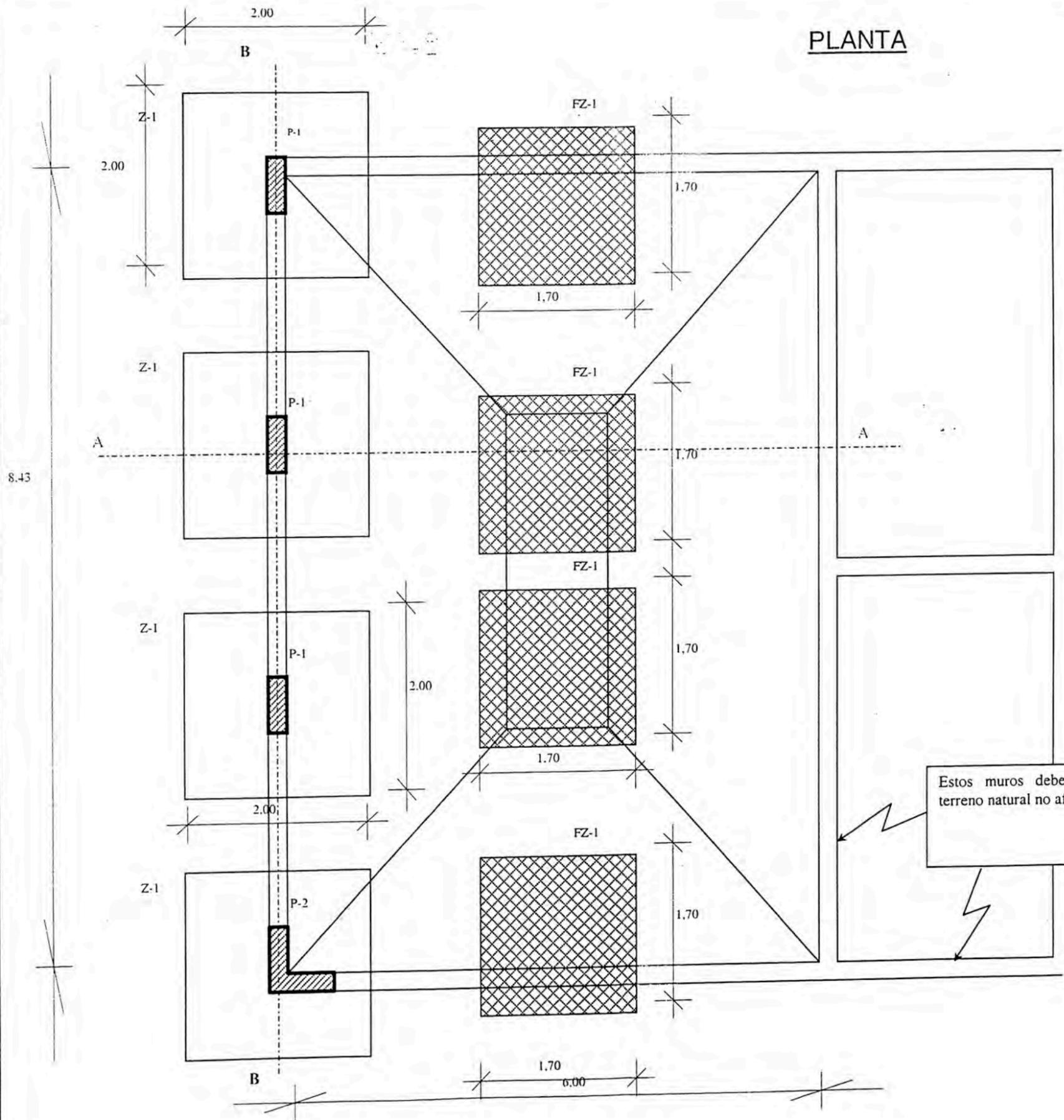
6.5.3 Control de Acabado de la Superficie

Este control deberá ser hecho con el auxilio de dos reglas, una de 3.0 m y otra de 0.90 m colocadas en ángulo recto y paralelamente al eje de la pista respectivamente.

La variación de la superficie entre dos puntos cualquiera de contacto no deberá exceder de 0.5 cm al verificarse con cualquiera de las dos reglas.

4. Planos.

PLANTA



Dimensiones de los elementos:

- Falsa Zapata FZ-1: 1,70 m * 1,70 m * altura variable
- Zapata Z-1: 2,00 m * 2,00 m * 0,60 m
malla refuerzo de $\phi 1/2'' @ 0,15$ m
- Columna P-1: 0,25 m * 0,60 m * 2,50 m
refuerzo de $6\phi 3/4''$
estribos de $\phi 3/8'' @ 0,25$ m
ganchos de $\phi 3/8'' @ 0,25$ m
ver gráfico
- Columna P-2: refuerzo de $12\phi 3/4''$
estribos de $2\phi 3/8'' @ 0,25$ m
ganchos de $2\phi 3/8'' @ 0,25$ m

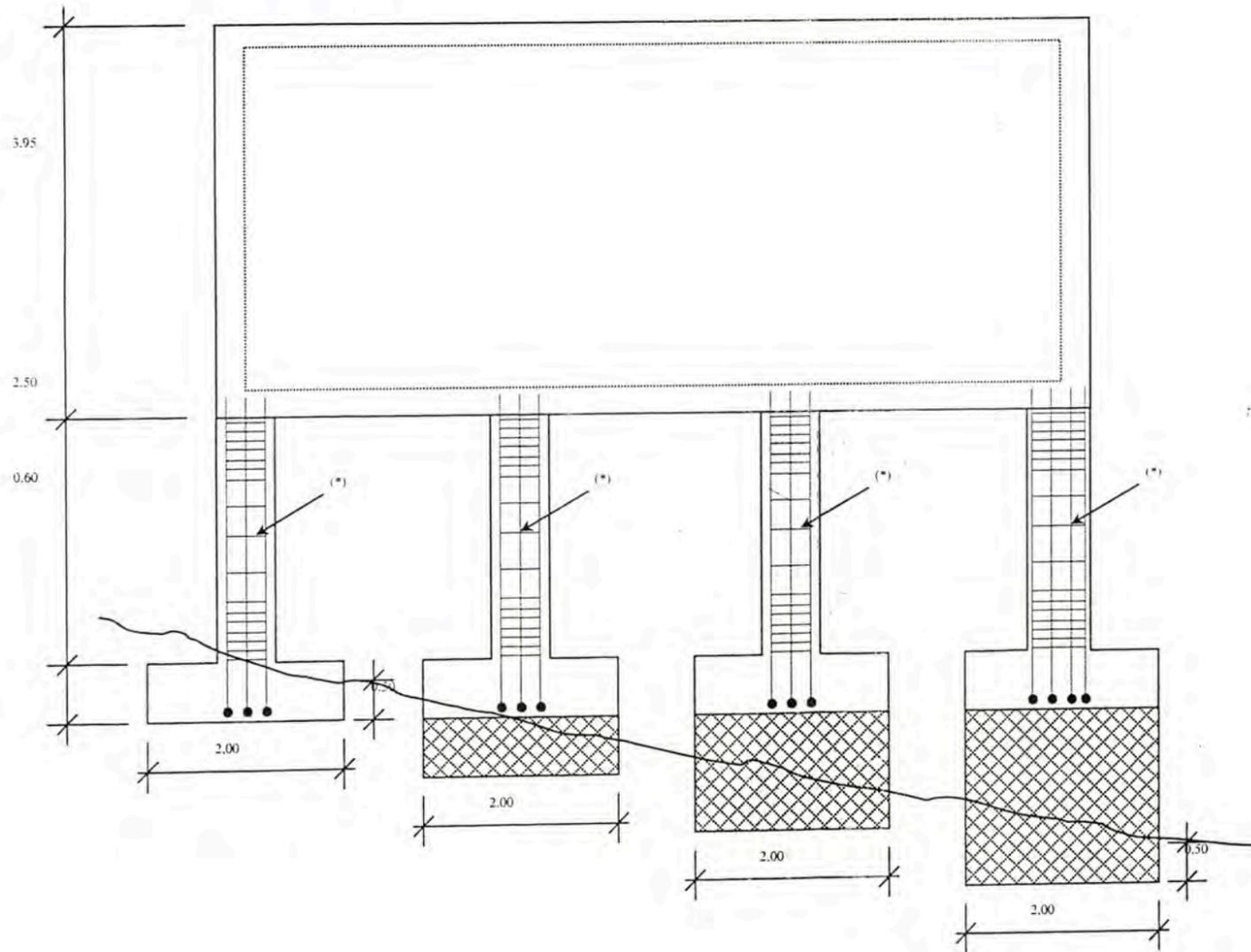
Especificaciones.

- Concreto: $f'c = 280$ kg/cm²
- Cemento: Pórtland tipo V.
- Acero: $f_y = 4200$ kg/cm²
- Recubrimientos:
 - o Zapatas: 8 cms.
 - o Columnas: 5 cms.
- Falsas zapatas de concreto ciclópeo: 1:10 + 30% de p. g.

Estos muros deben estar apoyados en terreno natural no afectado por filtraciones.

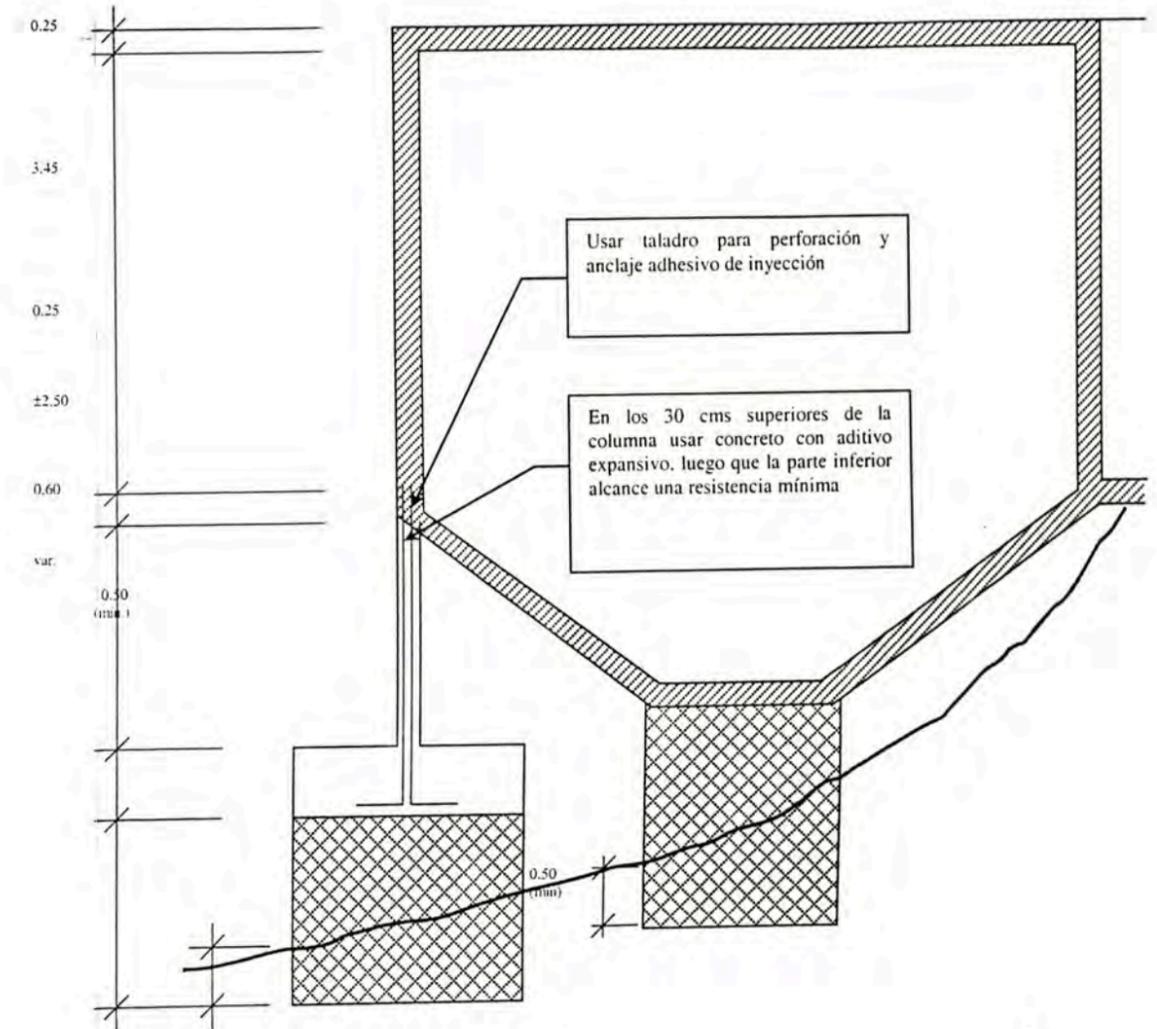
JULIO HIGASHI LUY INGENIERO CIVIL C.I.P. 42080				
PROYECTO : REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES Y TANQUE DE HOMOGENIZACION				LAMINA No:
PROPIETARIO : LAS LOMAS S. A.				E-1
PLANO : ESTRUCTURAS				
DISEÑO: J.H.L.	DIBUJO: M.M.B.	ESCALA: 1/50	FECHA: 10 - 99	

CORTE B - B



(*) Estribos simétricos 1@0,05 m; 6@0,10 m y rst@0,25m.

CORTE A - A



JULIO HIGASHI LUY INGENIERO CIVIL C.I.P. 42080				
PROYECTO : REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES Y TANQUE DE HOMOGENIZACION				LAMINA No: E-2
PROPIETARIO : LAS LOMAS S. A.				
PLANO : ESTRUCTURAS				
DISEÑO: J.H.L.	DIBUJO: M.M.B.	ESCALA: 1/75	FECHA: 10 - 99	PROYECTO: No 719