

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

CONSTRUCCION DE TANQUE CIRCULAR DE CONCRETO  
USANDO CIMBRA METALICA EN PLANTA DE  
TRATAMIENTO SECUNDARIO DE EFLUENTES  
KIMBERLY CLARK DE MEXICO, PLANTA BAJIO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO C I V I L

PRESENTE

NESTOR DE GYVES MONROY

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

MÉXICO, D.F.

2002



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

55



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIRECCIÓN  
FING/DCTG/SEAC/UTIT/180/2001

Señor  
NESTOR DE GYVES MONROY  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. MIGUEL ANGEL RODRIGUEZ VEGA, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

**CONSTRUCCIÓN DE TANQUE CIRCULAR DE CONCRETO USANDO CIMBRA METÁLICA EN PLANTA DE TRATAMIENTO SECUNDARIO DE EFLUENTES, KIMBERLY CLARK DE MEXICO, PLANTA BAJIO.**

- INTRODUCCIÓN
- I. DATOS DEL PROYECTO
- II. ASPECTO AMBIENTAL
- III. CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES
- IV. CONSTRUCCIÓN DE TANQUE
- V. CIMBRA METÁLICA
- VI. COLOCACIÓN DE CONCRETO
- VII. CONCLUSIONES
- BIBLIOGRAFÍA

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cd. Universitaria a 7 noviembre 2001.  
EL DIRECTOR

*[Firma]*  
M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO  
GFB/GMP/mstg.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

# I N D I C E

	INTRODUCCION	4
I.	DATOS DEL PROYECTO	8
I.1	DATOS GENERALES	9
I.2	UBICACIÓN DE LA OBRA	11
I.3	ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION	12
I.3.1	Concreto	12
I.3.2	Acero de refuerzo	15
I.3.3	Cimbra	17
I.4	CONCEPTOS DE TRABAJO	19
II.	ASPECTO AMBIENTAL	22
II.1	ANTECEDENTES	23
II.2	TRATAMIENTO SECUNDARIO	25
II.2.1	Definición	25
II.2.2	Mezcla de lodos activados	26
II.2.3	Aeración y agitación	27
II.2.4	Separación de lodos activados	28
II.2.5	Recirculación de lodos activados	29
II.2.6	Tratamiento y disposición de lodos	30
II.2.7	Aplicación de cloro	32

III.	CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES	33
III.1	GENERALIDADES	34
III.2	CONDICIONES DE CARGA	38
III.3	REQUISITOS DE DISEÑO	39
III.3.1	Diseño por resistencia	39
III.3.2	Diseño por esfuerzos de trabajo	40
III.3.3	Cargas sísmicas	42
III.4	JUNTAS	43
III.4.1	Juntas de expansión	43
III.4.2	Juntas de construcción	44
IV.	CONSTRUCCION DE TANQUE	46
IV.1	CONDICIONES DE TRABAJO	47
IV.2	SECUENCIA DE TRABAJO	48
IV.2.1	Trazo y nivelación	48
IV.2.2	Terracerías	49
IV.2.3	Drén de drenaje	50
IV.2.4	Plantilla de concreto	50
IV.2.5	Acero de refuerzo en cimentación y muros	51
IV.2.6	Banda de PVC	51
IV.2.7	Cimbra en cimentación y arranque de muros	52
IV.2.8	Colado de cimentación y arranque de muros	52
IV.2.9	Acero de refuerzo en muros	53
IV.2.10	Boquillas	54

IV.2.11	Cimbra en muros	55
IV.2.12	Colado de muros	55
IV.2.13	Prueba de fugas	56
V.	CIMBRA METALICA	57
V.1	DESCRIPCION DE LA CIMBRA	58
V.2	ARMADO DE CIMBRA	60
V.3	COLOCACION DE CIMBRA	61
V.4	DESCIMBRADO Y LIMPIEZA	63
V.5	TRASLADO A NUEVA ZONA A COLAR	64
V.6	ENTREGA DE CIMBRA	64
VI.	COLOCACION DE CONCRETO	65
VI.1	VACIADO DE CONCRETO	66
VI.2	VIBRADO DE CONCRETO	67
VI.3	CURADO	69
VI.4	ACABADO DE SUPERFICIE	70
VII.	CONCLUSIONES	71
	BIBLIOGRAFIA	76
	ANEXOS	77

## INTRODUCCION

Con el paso del tiempo la población de las ciudades y zonas conurbadas crece de manera desordenada y con gran rapidez.

En la actualidad la zona industrial de San Juan del Rio se ha incrementado en grandes proporciones, generando día a día mayor gasto de agua y también más contaminación.

El desecho de aguas contaminadas requiere de un tratamiento; dicho tratamiento no es otra cosa que modificar o eliminar los contaminantes, reintegrándole al agua, sus características originales o por lo menos abatiendo su contaminación antes de su disposición final.

Al conjunto de estructuras que localizan y limitan estos procesos a un área adecuada, restringida y controlada, se le llama Planta de Tratamiento.

Kimberly Clark de México, Planta Bajío, buscando una recuperación racional de agua usada en los procesos de fabricación de papel, construyó una Planta de Tratamiento Secundario de Efluentes dentro de sus instalaciones.



Con el paso del tiempo la población de las ciudades y zonas conurbadas crece de manera desordenada y con gran rapidez.

En la actualidad la zona industrial de San Juan del Río se ha incrementado en grandes proporciones, generando día a día mayor gasto de agua y también más contaminación.

El desecho de aguas contaminadas requiere de un tratamiento; dicho tratamiento no es otra cosa que modificar o eliminar los contaminantes, reintegrándole al agua, sus características originales o por lo menos abatiendo su contaminación antes de su disposición final.

Al conjunto de estructuras que localizan y limitan estos procesos a un área adecuada, restringida y controlada, se le llama Planta de Tratamiento.

Kimberly Clark de México, Planta Bajío, buscando una recuperación racional de agua usada en los procesos de fabricación de papel, construyó una Planta de Tratamiento Secundario de Efluentes dentro de sus instalaciones.

El Capítulo I nos hablará de este proyecto y las especificaciones de los conceptos más relevantes del mismo.

En el Capítulo II ahondaremos en como la industria puede hacer un uso lógico del agua y describiremos brevemente las etapas de un tratamiento secundario, conocido como proceso de lodos activados.

En el Capítulo III se señalan las consideraciones especiales que habrán que tomarse en cuenta para el diseño estructural de las estructuras sanitarias, las cuales son necesarias debido a las dimensiones, geometría y uso final de éstas.

Las actividades que se realizaron para la construcción del tanque serán descritas en el Capítulo IV, aunque lo referente a la cimbra metálica en muros y la colocación de concreto en los mismos, se tratará en Capítulos posteriores.

Siendo el tema central de esta Tesis, el uso de la cimbra metálica en la construcción de un tanque circular; el Capítulo V tratará de describir en la forma más sencilla el sistema de cimbra usado; los elementos que lo componen, el armado, así como el cimbrado y descimbrado.

Por la calidad de trabajo que solicitaba la obra, la colocación de concreto en los muros representaba uno de los puntos esenciales. Como la cimbra permitía colar la altura total del muro, se siguió el procedimiento constructivo que recomienda el ACI para estructuras con cimbras profundas y estrechas, en el Capítulo VI se desarrolla dicho procedimiento.

Es importante que después de evaluar todos los aspectos referidos a lo largo de este trabajo podamos concluir:

- Que la necesidad de un tratamiento al agua que usamos es ya una obligación, para prevenir la contaminación en las corrientes y mantos freáticos que nos sirven de abastecimiento o llegaremos al grado de una racionalización estricta dando por resultado una menor calidad de vida.
- La selección adecuada de materiales, herramientas y equipos así como un procedimiento adecuado de construcción dará por resultado estructuras con la calidad requerida para uso sanitario.

## CAPITULO I

### DATOS DEL PROYECTO

## I.1. DATOS GENERALES

La Planta de Tratamiento Secundario de Efluentes, KCM, Planta Bajío, se construyó por la necesidad de optimizar el uso de agua; ya que al ser una industria de procesos húmedos, poder utilizarla repetidas veces, permite abatir costos en la fabricación de sus productos y a la vez asegurar que el efluente final cumpla con parámetros internacionales de calidad de agua.

Los procesos de tratamiento se llevan al cabo en varias unidades separadas, dichas estructuras pueden clasificarse de la siguiente forma:

- Tanques, depósitos y estructuras que contengan líquidos
- Conductos y canales de interconexión, y alcantarillas coladas en obra
- Cimentaciones para maquinaria y equipo
- Alojamientos de protección, pisos, almacenes, pasarelas y escaleras

Los materiales que comúnmente se usan para su construcción o fabricación pueden ser: concreto, aceros de diferentes clases, fibra de vidrio o resinas plásticas.

El concreto es un material particularmente adecuado para la construcción de estructuras sanitarias en plantas de tratamiento, ya que en condiciones de servicio no se alabea ni sufre cambios dimensionales significativos; además, si se diseña y cuela la mezcla de manera adecuada, es casi impermeable y extremadamente resistente a la corrosión.

El tema que corresponde a esta tesis es la construcción de uno de los tanques de aeración de la Planta de Tratamiento Secundario de Efluentes, KCM Planta Bajío; el cual es una estructura, abierta, de concreto reforzado y con las características siguientes: (figura 1)

- DIAMETRO	45.00 m
- ALTURA	6.60 m
- CAPACIDAD	10,000.00 m <sup>3</sup>
- DENTELLON PERIMETRAL	3.00 x 0.40 m
- LOSA DE CIMENTACION	0.25 m
- ESPESOR DE MURO	0.40 m

## I.2 UBICACIÓN DE LA OBRA

Kimberly Clark de México, Planta Bajío, es una empresa establecida en el Municipio de San Juan del Río, Querétaro desde el año de 1981. (figura 2)

Sus instalaciones se encuentran en el Libramiento a Tequisquiapan, Av. Central Dr. Rafael Echevarri km 0.5.

La Planta de Tratamiento Secundario de Efluentes se localiza dentro de estas instalaciones.

Su ubicación se definió por los requerimientos de servicio, esto es, que se construyó en el área más cercana posible al tratamiento primario existente, ya que al haber una interrelación entre ambos, el situar el tratamiento secundario en otro lugar hubiese implicado un costo mayor para su construcción.

Sus límites son: al Norte, el edificio de Efluentes, al Sur, el edificio de Compras, al Este, el circuito interno de la Planta de papel industrial y al Oeste, Libramiento a Tequisquiapan. (figura 3)

### I.3 ESPECIFICACIONES DE CONTRUCCION

#### I.3.1 Concreto:

La resistencia que se indica en el proyecto para el concreto es de  $300 \text{ kg/cm}^2$ , la cual puede cumplirse con una relación agua/cemento no mayor a 0.50.

Considerando que el concreto prestará servicio en contacto con aguas residuales se estima, adecuado y suficiente el uso de cemento Portland tipo II conforme los requisitos de la norma NOM C-1, existiendo la posibilidad de suplirlo con un cemento Portland puzolana según la norma NOM C-2; aunque en igualdad de circunstancias se recomienda dar preferencia al Portland tipo II, ya que los cementos puzolánicos suelen demandar más agua de mezclado y propiciar mayor contracción por secado en el concreto, lo que en este tipo de estructuras puede resultar altamente perjudicial.

La calidad de los agregados cumplirá con los requisitos especificados en la norma NOM C-111, y provendrán de minas de arena azul o de plantas trituradoras de basalto.



El agregado fino consistirá en arena limpia, angulosa, lavada, natural o triturada de graduación uniforme.

El agregado grueso será grava lavada o roca triturada que consista en fragmentos duros, fuertes y durables, libres de recubrimientos adheridos.

Dichos agregados se suministrarán: clasificados, almacenados y dosificados en dos fracciones independientes con los siguientes intervalos nominales de tamaños de partículas:

- Arena            0.075 a 4.75 mm
- Grava            4.750 a 19.10 mm

El agua que se utiliza para la fabricación de concreto y para curar concreto endurecido será de una misma calidad, la cual cumplirá con los requisitos de la norma NOM C-122.

Con la finalidad de reducir las grietas por contracción y asentamiento plástico, e incrementar la impermeabilidad del concreto, se puede recurrir al uso de fibras sintéticas, con una dosificación a razón de 150 gr/m<sup>3</sup> de concreto.

Como es deseable evitar un excesivo consumo unitario de cemento para restringir cambios volumétricos, así como disponer de un tiempo de fraguado de duración adecuada para permitir la colocación y compactación de la mezcla sin juntas frías, y cubrir los requisitos especiales de impermeabilidad en la estructura, se recomienda tomando estos aspectos en consideración, emplear en el concreto aditivos tales como; reductores de agua, retardantes de fraguado e impermeabilizantes integrales.

Para la primera etapa de colados, que comprenden: la losa de fondo, dentellón perimetral y arranque de muros, se emplearán mezclas de concreto con revenimiento de 8+2.5 cm.

Para los colados correspondientes a los muros el revenimiento deberá ser de 10+2.5 cm.

Los aspectos relativos a la dosificación, mezclado y transportación del concreto, cumplirán con la norma NOM C-155, tanto si es concreto hecho en obra como premezclado.

La calidad del concreto endurecido se definirá por el grado B de resistencia a compresión, de acuerdo con la NOM C-155; esto es, considerando que la resistencia especificada según proyecto a 28 días es de 300 kg/cm<sup>2</sup>, los requisitos a cumplir consistirán en que:

- El valor mínimo permisible para un ensaye individual de resistencia a compresión será igual a 265 kg/cm<sup>2</sup>
- El valor promedio de tres ensayes consecutivos de resistencia deberá ser igual o mayor de 300 kg/cm<sup>2</sup>

Se deberán obtener muestras de concreto con la frecuencia recomendada en la NOM C-155, elaborando por lo menos 2 cilindros estándar de cada muestra, para ser ensayados a compresión a 28 días de edad.

### I.3.2 Acero de refuerzo

A menos que se indique otra cosa en los planos, el acero de refuerzo en diámetros del No. 2.5 y mayores estará de acuerdo a la norma ASTM A615, grado 60 con un límite de fluencia igual a 4200 kg/cm<sup>2</sup>.

Todo el acero de refuerzo con excepción del diámetro No. 2, será corrugado, y las corrugaciones de conformidad con la norma antes mencionada o bien, tendrá corrugaciones que desarrollen por lo menos la misma adherencia.

El alambre para amarrar las varillas deberá ser alambre recocido del No. 18.

El material de refuerzo se recibirá en la obra libre de oxidación, exento de grasa o aceite, quiebres, escamas, hojeaduras y deformación de la sección.

Se almacenará clasificándolo por diámetros bajo cobertizo colocándolo sobre soportes que lo protegerán contra oxidaciones y cualquier deformación.

Con el objeto de proporcionar al acero la forma que se especifica en el proyecto, las varillas de refuerzo de cualquier diámetro se doblarán en frío.

El radio de doblez para ganchos estándar no será menor al indicado en el capítulo 7 del ACI 318-89; no se permitirá enderezar las varillas previamente dobladas para volverlas a usar.

Todos los traslapes, longitudes de desarrollo y anclajes, deberán ajustarse a lo especificado en proyecto o remitirse al Capítulo 12 del ACI 318-89.

Los recubrimientos y separaciones entre varillas serán según lo fije el proyecto o a lo establecido en el capítulo 7 del ACI 318-89.

Estará prohibido mover el acero de refuerzo durante el colado.

### I.3.3 Cimbra

El diseño, la construcción y uso de la cimbra y la obra falsa, estará de acuerdo con lo indicado en el ACI-347.

La cimbra deberá ser capaz de resistir con seguridad y sin deflexión excesiva, la presión del vaciado y vibrado del concreto, estar sujeta rígidamente en su posición correcta y ser lo suficientemente hermética en todas sus juntas para impedir las fugas de lechada.

Las cimbras para estructuras que han de contener líquidos deben ser construidas en el tamaño más grande posible, el arreglo de las piezas que formen las caras de contacto debe ser ordenado y simétrico, manteniendo el número de juntas en un mínimo.

En las cimbras para acabado aparente, la superficie de contacto podrá ser de madera laminada, piezas de lámina gruesa, duela machimbrada o cualquier otro material que produzca el acabado deseado.

Se instalarán piezas en la cimbra de tal forma que todas las aristas expuestas del concreto queden achaflanadas con un chaflán a 45°.

Los separadores serán pernos lisos, de manera que al removerlos, proporcionarán depresiones con la periferia limpia, sin desprendimientos, en forma de cono, de por lo menos, 2.5 cm de diámetro y 3.8 cm de profundidad en la superficie, para permitir el resanado, de manera tal, que provea una barrera eficaz o sello que impida el paso del agua a través del concreto. Los trabajos de resanado se deben realizar el mismo día en que se descimbre.

Antes del colar el concreto, se debe verificar que: la cimbra está limpia y exenta de toda partícula suelta, que tiene la alineación exacta, el recubrimiento del acero de refuerzo de proyecto y sea regada con agua antes del mismo.

Toda la cimbra se deberá limpiar y revisar en sus dimensiones, antes de volverse a usar.

#### I.4 CONCEPTOS DE TRABAJO

Para la construcción del tanque de concreto según las especificaciones y recomendaciones propuestas, y tomando en cuenta las condiciones de trabajo, se pueden considerar que los conceptos de trabajo que se presentan son los siguientes:

- Trazo y nivelación topográfica para desplante de estructuras
- Despalme de terreno natural con medios mecánicos
- Excavación a cielo abierto de material tipo II con medios mecánicos

- Formación y compactación de terraplenes con medios mecánicos, para mejorar terreno natural
- Excavación a cielo abierto de material tipo II a mano
- Carga y acarreo con medios mecánicos a tiro libre
- Construcción de dren de drenaje a base de grava
- Suministro y colocación de plantilla de concreto  $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$
- Suministro y colocación de acero de refuerzo en dentellón perimetral y losa de cimentación,  $f'y=4200 \text{ kg/cm}^2$ , diferentes diámetros
- Suministro y colocación de cimbra común de fronteras en dentellón perimetral y losa de cimentación
- Suministro y colocación de banda de PVC de 9" de ancho en juntas
- Suministro y colocación de concreto premezclado  $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$  en dentellón perimetral y losa de cimentación
- Suministro y colocación de acero de refuerzo en muros,  $f'y=4200 \text{ kg/cm}^2$ , diferentes diámetros



- Suministro y colocación de boquillas metálicas en muros
- Suministro y colocación de banda de PVC de 9" de ancho en juntas
- Suministro y colocación de cimbra aparente en muros
- Suministro y colocación de concreto premezclado, bombeable,  $f'c=300$  kg/cm<sup>2</sup> en muros
- Resanado y rebabeado de superficies de concreto acabado aparente
- Relleno de tepetate compactado con medios mecánicos
- Limpieza general durante y al final de la obra

## CAPITULO II

### ASPECTO AMBIENTAL

## II.1 ANTECEDENTES

El Municipio de San Juan del Río está considerado como el segundo en importancia del Estado de Querétaro, por ser parte del corredor industrial El Bajío.

En este Municipio, se extraen un total de 354 millones de metros cúbicos de agua por año, los cuales se encuentran distribuidos en los siguientes usos:

- AGRICOLA	310 mlls de m <sup>3</sup> al año
- INDUSTRIAL	24 mlls de m <sup>3</sup> al año
- URBANO	14 mlls de m <sup>3</sup> al año
- ABREVADEROS	6 mlls de m <sup>3</sup> al año

Kimberly Clark de México, Planta Bajío, es una de las muchas empresas asentadas en dicho Municipio, la cual ha desarrollado y continúa instrumentando planes y programas para cumplir con las disposiciones relativas al control del medio ambiente, evaluar los efectos que puedan causar sus operaciones en el mismo y así establecer los medios necesarios para su protección y conservación.

KCM, Planta Bajío, desde el inicio de sus operaciones en 1981 tiene un Sistema de Tratamiento Primario de Efluentes, cumpliendo con los parámetros fijados por las autoridades competentes.

En el año de 1993 construyó una Planta de Tratamiento Secundario de Efluentes por lodos activados.

Con este sistema se tiene estimado que se podrá reutilizar hasta en 15 veces el agua, permitiendo disminuir la extracción del subsuelo.

KCM, Planta Bajío, cuenta con la autorización de la S.A.R.H. para extraer de cuatro pozos, un máximo de 450 lps de agua, condicionado a que el agua una vez usada, sea tratada y devuelta para uso agrícola en un 80% mínimo.

Actualmente la extracción requerida para la operación de la Planta es aproximadamente de 200 lps de agua.

El agua es retornada en un 86% a la Presa San José (171 lps), en donde es utilizada para el riego de 187 hectáreas de tierra que antes eran de temporal, no pudiendo retornar el 14% restante (29 lps), ya que una parte se evapora, otra queda contenida en el producto y una más, es usada en riego de jardines y en los servicios de la fábrica.

Se debe aclarar que a pesar del tratamiento, esta agua no se recomienda para el consumo humano.

## II.2 TRATAMIENTO SECUNDARIO

### II.2.1 Definición

Es el proceso por métodos biológicos que se realiza cuando un tratamiento primario completo no es suficiente para que se pueda permitir la descarga del efluente a las aguas receptoras, sin que interfiera con el uso adecuado subsecuente de dichas aguas.

Uno de los métodos básicos de tratamiento secundario es el de los lodos activados; depende principalmente de los organismos aerobios para la descomposición de los sólidos orgánicos hasta transformarlos en sólidos inorgánicos o en compuestos estables.

El éxito del proceso estriba en mantener las condiciones aerobias ambientales (oxígeno disuelto en las aguas), que son favorables para el ciclo vital de los organismos y controlar la cantidad de materia orgánica que descompongan; ya que la materia orgánica es el alimento de que se sustentan estos organismos, su eficiencia disminuye tanto por una sobrealimentación como por una alimentación deficiente.

## II.2.2 Mezcla de lodos activados

Las aguas contaminadas contienen sólidos suspendidos que cuando se agitan en presencia de aire, forman núcleos sobre los cuales se desarrolla la vida biológica pasando gradualmente a ser partículas más grandes de sólidos que se conocen como lodos activados.

Es muy importante que los lodos activados se mezclen bien con las aguas contaminadas a tratar. Esto se lleva al cabo generalmente en el extremo de alimentación del tanque de aeración, donde la agitación efectúa un mezclado rápido y satisfactorio.

### II.2.3 Aeración y agitación

Con la aeración se logran los siguientes objetivos:

- El mezclado de los lodos activados con las aguas a tratar
- El mantener los lodos en suspensión por la agitación de la mezcla
- El suministro de oxígeno que se requiere para la oxidación biológica

En el sistema de aeración por difusión, se suministra aire a baja presión mediante sopladores, y se hace pasar por tubos, que reparten el aire en forma de pequeñas burbujas. Estos tubos están colocados en el tanque de aeración, de tal manera que imprimen un movimiento giratorio a la mezcla de aguas contaminadas, de lo cual resulta una considerable absorción del aire atmosférico.

La cantidad de aire que se requiere depende de los siguientes factores:

- La carga de la DBO (demanda bioquímica de oxígeno)
- La calidad de los lodos activados (una cantidad insuficiente de aire da por resultado una baja calidad de lodos activados)
- La concentración de sólidos
- La eficiencia que se desee en el abatimiento de la DBO

#### II.2.4 Separación de lodos activados

Antes de que se pueda disponer de las aguas tratadas en un tanque de aeración, hay que separar los lodos activados; esto se hace en los tanques de sedimentación secundaria o final.

Este ciclo de remoción de los lodos tiene mayor importancia que en los sedimentadores primarios, pues cierta proporción de lodos debe retirarse continuamente para utilizarlos como lodos recirculados en el tanque de aeración.



El exceso de lodos debe eliminarse antes de que pierda su actividad por la muerte de los organismos aerobios debido a la falta de oxígeno en el fondo del tanque.

#### II.2.5 Recirculación de lodos activados

La cantidad de lodos devueltos al tanque de aeración ha de ser suficiente para producir la purificación deseada en el tiempo disponible para la aeración.

La concentración óptima debe determinarse para cada planta por tanteos en la operación; la concentración máxima queda limitada por el suministro de aire y por la carga de aguas a tratar.

Si se deja que se acumulen los sólidos, los requerimientos de aire y materia orgánica excederán a los disponibles y se desequilibrará la operación.

## II.2.6 Tratamiento y disposición de lodos

El exceso final de los lodos activados se trata y se dispone junto con los lodos de los tanques de sedimentación primaria.

Los lodos se tratan para facilitar su disposición, los diversos procesos tienen dos objetivos:

- Disminuir el volumen del material que va a ser manejado, por la eliminación de parte o de toda la porción líquida
- Descomponer la materia orgánica muy putrescible a compuestos orgánicos e inorgánicos, relativamente estables o inertes, de los cuales puede separarse el agua con mayor facilidad

La proporción de sólidos y de agua en los lodos depende de su procedencia; es conveniente manejar lodos lo más concentrados posibles para que disminuyan los requerimientos de energía y calor en las diferentes etapas de tratamiento de lodos.

Para concentrar los lodos de los tanques primarios y el exceso de lodos activados se usan tanques espesadores; por este medio se pueden obtener lodos más densos, con un contenido de sólidos del 10% o más. Esto significa que con lodos originales del 2%, se eliminarán cerca de cuatro quintas partes del agua.

La siguiente etapa será la deshidratación de lodos mediante secado por calentamiento en prensas térmicas, el contenido de humedad en los lodos disminuirá hasta cerca del 10%.

Se debe dar un destino final a los lodos, entre los sistemas para su disposición en tierra figuran:

- Relleno: se limita exclusivamente a lodos digeridos y sin cantidades apreciables de lodos crudos mezcladas con ellos
- Fertilizantes o acondicionadores de suelos: el mejor producto son lodos activados secados por calentamiento, tanto desde el punto de vista químico como higiénico, aunque desprenden olor al usarlos

## II.2.7 Aplicación de cloro

El propósito de agregar cloro a los efluentes de un tratamiento será la desinfección, a fin de que sean mínimos los peligros para la salud debidos a la contaminación de las aguas receptoras.

Se debe adicionar el cloro necesario para satisfacer la demanda de cloro y dejar un cloro residual que destruya las bacterias.

El punto de aplicación del cloro varía según:

- Cuando la descarga esté lo suficientemente retirada para que el efluente tarde cuando menos 15 minutos para fluir desde la planta hasta la corriente, se puede clorar el efluente al salir de la planta
- Cuando el conducto de descarga no proporcione un tiempo de retención de 15 minutos a gasto máximo, se construye un tanque de contacto, y se diseña de manera para que tal contacto sea de 15 minutos

## CAPITULO III

### CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES

### III.1 GENERALIDADES

El diseño de estructuras sanitarias se ejecuta en 4 fases consecutivas o traslapadas, de la siguiente manera:

- Diseño funcional
- Esquema físico de la planta
- Diseño hidráulico
- Diseño estructural

Las tres primeras fases se habrán ejecutado, en la mayor parte, antes de emprender la cuarta fase.

Para el diseño estructural de tanques circulares hechos de concreto reforzado se podrán seguir los lineamientos del boletín ISO72D de la PCA; haciendo los ajustes necesarios para cumplir con el Reglamento ACI 318, así como con los reglamentos locales.

Las estructuras sanitarias deben diseñarse para minimizar o asimilar los asentamientos diferenciales como vigas o trabes sobre apoyos elásticos.

En el diseño de las cimentaciones, se tomarán en cuenta no sólo las variaciones de compresibilidad de los materiales y los diferentes espesores de los estratos del suelo, sino también las variaciones en la carga producidas por el llenado y vaciado alternados de los tanques.

Para llevar al cabo los cálculos de flotación y esfuerzos de la presión externa, se supondrá que las estructuras que contengan agua están vacías. Se tomarán en cuenta el efecto de las cargas alternas de gravedad y de la subpresión.

Es importante observar, registrar y determinar la elevación máxima y mínima del nivel del manto de aguas freáticas dentro del área de planta, puesto que un manto de agua muy alto ejercerá una subpresión que podrá dañar las losas de cimentación y reducir la capacidad de carga del suelo.

Al aumentar el espesor de la losa de fondo, con el aumento del peso del concreto, se contrarresta la fuerza de la subpresión, no obstante este enfoque presenta limitaciones económicas; las vigas invertidas pueden reducir los claros de las losas y permitir un espesor económicamente aceptable.

Los muros laterales de los tanques se pueden diseñar como si fuesen muros en voladizo empotrados en su parte inferior. Los tanques circulares resisten la presión de su contenido principalmente por medio de tensión circunferencial. (figura 4)

Los muros que soportan tanto las cargas interiores de agua como las cargas exteriores de tierra, estarán diseñados para soportar tanto el efecto total de la presión interior del agua como el efecto total de la presión exterior máxima de tierra, sin considerar que una carga podría minimizar a la otra.

El análisis de una estructura para resistir el agrietamiento en áreas de esfuerzo máximo debe ser muy preciso.

Para controlar el agrietamiento, es preferible usar un gran número de varillas de diámetro pequeño para refuerzo principal, en lugar de un área igual de refuerzo con varillas gruesa. La separación máxima entre varillas no excederá los 30 cm.



La cantidad de refuerzo por contracción y temperatura, que se debe suministrar está en función de:

- La distancia entre las juntas de movimiento
- La mezcla específica del concreto
- El espesor del elemento estructural
- Las condiciones ambientales de la obra

Debido a que en las estructuras sanitarias el concreto estará en contacto constante con aguas contaminadas, el recubrimiento mínimo de concreto para evitar corrosión en el acero de refuerzo se recomienda sea de 5 cm según lo indica el Capítulo 7 del ACI 318-89.

Cualquier característica estructural especial, combinaciones poco comunes de carga o condiciones especiales de exposición, pueden requerir criterios de diseño más conservadores que las disposiciones mínimas.

### III.2 CONDICIONES DE CARGA

Las cargas de diseño para las estructuras sanitarias se determinan a partir de la profundidad y peso específico del líquido o sólidos retenidos, de la presión externa del suelo y del equipo que va a instalarse.

Carga muerta: existen listas de referencia, como la de la ASNI A58.1, disponibles para calcular las cargas muertas de materiales convencionales de construcción.

Carga viva: los siguientes son valores conservadores para cargas vivas:

- Aguas negras sin tratar                    1010 kg/m<sup>3</sup>
- Cieno digerido, aeróbico                    1040 kg/m<sup>3</sup>

Se recomienda que la carga viva especificada para el diseño, incluyendo maquinaria, equipo, cargas de tuberías y bases de equipos, se indique en los planos y se exhiba en el área de su aplicación.

### III.3 REQUISITOS DE DISEÑO

#### III.3.1 Diseño por resistencia

Los factores de carga prescritos en el Reglamento ACI 318 para secciones de concreto reforzado podrán aplicarse a las estructuras sanitarias con algunos ajustes.

Los factores de carga para la presión lateral de la tierra (H) y para la presión lateral del líquido (F) se deben tomar como 1.7.

La resistencia requerida para resistir la carga de diseño factorizada total (U), se incrementará por los coeficientes de durabilidad sanitaria de la siguiente manera:

- En el cálculo del acero de refuerzo en flexión,  $U = 1.3U$
- En el cálculo del acero de refuerzo en tensión directa,  $U = 1.65U$
- En el cálculo del acero de refuerzo en tensión diagonal (cortante),  $U = 1.3(Vu - \Phi Vc)$ , donde (Vu) es el cortante factorizado de la sección y ( $\Phi Vc$ ) la resistencia del concreto

- En el cálculo de la zona de compresión por flexión y compresión por cargas axiales, y para todas las cargas que soporta el concreto,  $U = 1.0U$

### III.3.2 Diseño por esfuerzos de trabajo

El método alternativo de diseño debe estar de acuerdo con el Reglamento ACI 318 apéndice A, tomando en cuenta lo que se menciona a continuación:

Los esfuerzos de trabajo permisibles recomendados para el concreto en estructuras sanitarias que deben ser herméticas son:

#### - Flexión

- esfuerzo de la fibra extrema en compresión  $0.45 f'c$
- esfuerzo de la fibra extrema en tensión en cimentaciones y muros de concreto simple  $0.42\sqrt{f'c}$

#### - Cortante soportado por el concreto ( $V_c$ )

- vigas, losas en una dirección y zapatas  $0.29\sqrt{f'c}$
- zapatas y losas en 2 direcciones  $0.50\sqrt{f'c}$
- nervaduras sin refuerzo en el alma  $0.32\sqrt{f'c}$
- elementos con refuerzo en el alma y con estribos verticales  $1.33\sqrt{f'c}$

- Apoyos

- en toda el área 0.25 f'c
- en una tercera parte del área o menos 0.375 f'c

Los esfuerzos recomendados bajo cargas de servicio en el acero de refuerzo de estructuras sanitarias serán:

- Tensión

- elementos en tensión 1406 kg/cm<sup>2</sup>

- Flexión

- elementos a flexión exposición severa diámetros No 3, 4, 5 1546 kg/cm<sup>2</sup>
- elementos a flexión exposición severa diámetros No 6, 7, 8 1266 kg/cm<sup>2</sup>
- elementos a flexión exposición sanitaria diámetros No 3, 4, 5 1898 kg/cm<sup>2</sup>
- elementos a flexión exposición sanitaria diámetros No 6, 7, 8 1546 kg/cm<sup>2</sup>

Los esfuerzos presentados se han establecido para controlar los anchos de grietas en superficies de estructuras de concreto reforzado para instalaciones sanitarias.

Se considera un espaciamiento máximo entre varillas de 30 cm y el valor de la cantidad que limita la distribución de acero por flexión ( $z$ ) no exceda de 20 537 kg/cm con un recubrimiento de 5 cm.

### III.3.3 Cargas sísmicas

Un factor que determinará el diseño de tanques para resistir cargas sísmicas, será la masa hidrodinámica del líquido contenido, que incluirá los componentes impulsivos y convectivos:

- Las presiones impulsivas se desarrollan por las paredes del tanque, que actúan contra la masa del líquido
- Las presiones convectivas se producen por medio de las oscilaciones del líquido dentro del tanque

Además, se tomarán en cuenta los efectos sísmicos (zona 2), de las presiones externas del suelo y las cargas muertas de la estructura.

### III.4 JUNTAS

#### III.4.1 Juntas de expansión

Son juntas de movimiento que permiten los cambios dimensionales o de desplazamiento en el concreto en la etapa del curado y durante el servicio, debido a la dilatación, contracción, movimientos diferenciales de la cimentación o cargas aplicadas; como son muchos los factores que influyen en la cantidad de movimiento y su duración antes de que ocurra un daño serio en la estructura, aún no se han establecido procedimientos aceptables para determinar el tamaño y la localización de las juntas de expansión.

Sirven también para separar o aislar elementos que pueden ser afectados por dichos movimientos; en general se colocarán cerca de los puntos donde haya cambios bruscos en la configuración de la estructura, los detalles de las juntas deben estar diseñados para que transfieran el cortante por deflexión diferencial, el refuerzo adicional no será menor que varillas del No. 3 espaciadas 30 cm en el centro, a lo largo de cada cara de la junta y estar anclado a lo largo del acero de refuerzo normal del concreto.

Todas las juntas de expansión contarán con algún tipo de relleno premoldeado compresible y un sellador de juntas; en caso de que la estructura tenga que ser hermética, es preciso incluir un dispositivo adecuado como barrera primaria para la retención de agua, hecho de caucho, neopreno o plástico.

#### III.4.2 Juntas de construcción

Es importante para la integridad de la estructura que todas las juntas de construcción estén cuidadosamente definidas en los planos de construcción, no deben considerarse como juntas de movimiento a menos que se hayan diseñado con ese criterio.

Hay que localizarlas de manera que afecten lo menos posible la resistencia de la estructura, proporcionando separaciones lógicas entre los segmentos de las estructuras a fin de que el colado de cada etapa se lleve al cabo como una sola operación, en función de la velocidad de suministro y colocación.



Todo el acero de refuerzo se debe continuar a través de las juntas de construcción, en los lugares donde la junta debe ser impermeable es preciso usar dispositivos de retención de agua: de caucho, neopreno o plástico.

## CAPITULO IV

### CONSTRUCCION DE TANQUE

#### IV.1 CONDICIONES DE TRABAJO

Debido a que la construcción de los tanques aereadores se realizó dentro de las instalaciones de la Planta y que la misma se encontraba operando de manera normal, hubo que tener consideraciones especiales con relación a la seguridad e higiene de la obra.

Fue necesario aislar la obra del resto de la Planta mediante un cercado perimetral, así como la instalación de un acceso peatonal y vehicular controlado por personal de seguridad de KCM.

Se diseñó un circuito interior que fue revestido con asfalto, ya que se estimaba tener tránsito de vehículos pesados y en forma continua.

El contratista se encargó de instalar una caseta para oficina de campo, una bodega y los servicios sanitarios para el personal.

Los servicios de electricidad, telefonía, agua, drenaje y vigilancia fueron proporcionados por el contratante.

El tiempo propuesto para la construcción de los tanques fue de trece semanas, por lo que se dispuso que la jornada normal de trabajo fuera de once horas diarias y en algunos casos, trabajar doble turno para cumplir con la fecha de entrega.

Se tuvieron que tomar las precauciones necesarias para la continuidad en los colados, ya que el proveedor del concreto premezclado se encontraba a una distancia de la obra de 65 km.

## IV.2 SECUENCIA DE TRABAJO

### IV.2.1 Trazo y nivelación

Se usaron referencias y bancos de nivel auxiliares establecidos en estructuras del tratamiento primario, ajustando cotas de proyecto, para una correcta interconexión entre ambos tratamientos; se trazó una poligonal de apoyo por fuera del área de la Planta de Tratamiento Secundario para el chequeo de ejes de las estructuras sin interferencias durante su construcción.

Por las dimensiones y geometría de las estructuras y para un menor margen de error, el trazo y la nivelación se realizaron con un equipo de estación total, y fueron monitoreados mientras se realizaba la construcción.

#### IV.2.2 Terracerías

Para la construcción de la Planta de Tratamiento Secundario fue necesaria una plataforma que cumpliera con requisitos de resistencia adecuados; debido a la topografía existente hubo que realizar cortes y terraplenes.

Al realizar los cortes, para estabilizar las excavaciones se dejaron taludes de reposo y el material de corte se depositó en bancos fuera del área de construcción, con el objeto de no producir rellenos no controlados.

Se hicieron terraplenes con material de banco, en capas sueltas no mayores de 20 cm que se compactaron por medios mecánicos hasta alcanzar un grado de compactación no menor al 95% Proctor.

#### IV.2.3 Drén de drenaje

Para limitar la fuerza de subpresión en la base de la losa de cimentación se hizo descender el nivel del manto de aguas freáticas mediante la construcción de un drén circular de drenaje a base de grava.

#### IV.2.4 Plantilla de concreto

La colocación de una plantilla de concreto pobre nos permitió:

- Respetar la cota de nivel de desplante de la estructura según proyecto
- Tener un área limpia de trabajo para la colocación del acero y no provocar su contaminación
- Controlar el espesor efectivo de la losa evitando un consumo extra de concreto estructural
- Asegurar el recubrimiento de concreto

#### IV.2.5 Acero de refuerzo en cimentación y muros

El armado de la losa de cimentación consistió en 2 lechos con varillas del No. 4 a cada 20 cm, con bastones de 3.60 m de longitud en los extremos del No. 4 a cada 20 cm alternando con varillas del lecho superior para dar una separación de 10 cm.

La zapata en el lecho inferior, se armó longitudinalmente con varillas del No. 5 a cada 20 cm y transversalmente con varillas del No. 4 a cada 25 cm.

Los muros se armaron con 2 parrillas; el refuerzo vertical con varillas del No. 5 a cada 20 cm y bastones de longitud de 3.60 m en la parte inferior del No. 6 a cada 20 cm para dar una separación de 10 cm (figura 5). El revestido o refuerzo horizontal se verá en el inciso IV.2.9.

#### IV.2.6 Banda de PVC

Se usó banda ojillada de PVC de 9" de ancho como dispositivo de retención de agua en todas las juntas de construcción; se eligió por facilidad de fijación así como la sencillez para hacer empalmes por calor.

#### IV.2.7 Cimbra en cimentación y arranque de muros

La cimbra de las zapatas se hizo con cimbra común de madera, cerchada y troquelada contra el terreno natural.

En la losa de cimentación mediante polines y barrotos se formó una cimbra con las siguientes características:

- Ranurada al centro del espesor de la losa para dar paso a la banda de PVC
- Perforada para permitir la prolongación del acero de refuerzo.

Para asegurar la posición, curvatura y espesor en el arranque de muros, la cimbra que se utilizó para éste, se fabricó con elementos metálicos.

#### IV.2.8 Colado de cimentación y arranque de muros

Para tener volúmenes de concreto que pudieran colarse en forma continua, en un tiempo razonable y permitir el acabado de la losa, ésta se dividió en 4 partes junto con su arranque de muros correspondiente.



Como ya estaba colocado el refuerzo en gran parte de la losa, los colados se hicieron con bombas pluma y concretos con revenimiento promedio de 12 cm.

La compactación del concreto se realizó mediante vibradores de inmersión y trampas de grava.

A fin de lograr en la superficie libre de la losa, una textura lisa de poro cerrado (acabado pulido) que reduzca su permeabilidad y evite la adhesión de sedimentos; después de "flotear" y cuando el concreto perdió su brillo superficial se aplicó una allanadora metálica.

El curado de la losa se hizo por inundación, esto es, se mantuvo un tirante de 3 cm de agua durante los 28 días siguientes al último colado.

#### IV.2.9 Acero de refuerzo en muros

El revestido de muros de la parte inferior hacia la superior tiene el siguiente armado en las 2 parrillas: (figura 5)

- El primer 1.50 m con varillas del No. 5 a cada 20 cm
- Los siguientes 3.60 m con varillas del No. 6 a cada 12 cm
- El último 1.50 m con varillas del No. 4 a cada 20 cm

Los traslapes de varillas en muros se tienen que supervisar para que se realicen tal como lo indique el proyecto:

- La longitud de traslape es de 1.00 m
- Deben estar alternados horizontalmente a una distancia de centro a centro de traslape de 1.50 m
- No presentar traslapes en arreglos verticales más frecuentemente que cada tercera varilla
- No podrán coincidir traslapes de la parrilla interior con los de la exterior

#### IV.2.10 Boquillas

Fue necesario dejar ahogado un carrete de tubo de acero al carbón cédula 80 de 30" de diámetro debido a que la cimbra de muros no podía ser cortada.

#### IV.2.11 Cimbra en muros

Se analizaron varias opciones de cimbrado y se determinó el uso de cimbra metálica con una altura total de muro y con un área de contacto equivalente a  $1/8$  del perímetro del tanque; las ventajas que presenta son:

- Disminución en el tiempo de construcción del tanque
- Menor número de juntas y por consiguiente menor riesgo de fugas
- Acabado de superficie

Más acerca de la cimbra metálica se verá en el Capítulo V

#### IV.2.12 Colado de muros

Este tema será tratado en el Capítulo VI

#### IV.2.13 Prueba de fugas

Como el tanque va a tener una parte bajo el nivel de terreno, fue necesario probar la retención de líquidos para verificar su hermeticidad antes de que se iniciaran los rellenos y así poder corregir los problemas que se presentaran.

Se lleno en su totalidad con agua del tratamiento primario y los únicos puntos donde se presentaron algunas filtraciones fue en las zonas de los tirantes de la cimbra.

Como se tenía que vaciar para la colocación del sistema de aeración, se aprovechó para hacer los resanes necesarios usando productos epóxicos, con lo que, además de corregir los detalles se garantizó la impermeabilidad del tanque.

## CAPITULO V

### CIMBRA METALICA

## V.1 DESCRIPCION DE LA CIMBRA

La cimbra metálica que se usó fue el sistema Flex-Form de la marca Symons; ofrece una resistencia que soporta una presión del concreto de 5 860 kg/m<sup>2</sup> y puede utilizarse en radios de 1.50 m o mayores.

Se compone de paneles de una misma o diferentes medidas de altura y longitud que se unen entre sí formando la cimbra. (figura 6)

Cada pánel esta conformado de la siguiente manera:

- Las costillas superiores e inferiores son ángulos estructurales de 4"x3"x3/8", rolados en fábrica con los radios específicos requeridos; estos elementos son el punto esencial del sistema, ya que por su rigidez, garantiza el radio de proyecto durante toda la ejecución de la obra
- La superficie de contacto es una placa de acero de 5 mm que se curva flexiblemente hasta formar el arco deseado sin producir ningún efecto de cuerda en la superficie del concreto
- Refuerzos verticales donde se apoya la placa, formados con canales de 4"x3/16"

Los accesorios que se necesitaron para complementar la cimbra fueron:

- Páneles suplementarios para lograr la curvatura en la cimbra exterior del muro
- Ménsulas para tirantes que transfieren la carga de los tirantes a la costilla rodada
- Ménsulas para el separador superior que ayudará a controlar el espesor de muro
- Ménsulas de trabajo para colocar andamios
- Placas de alineación que garantiza la verticalidad cuando se unen 2 o más páneles
- Tirantes hembras con barras de rosca
- Puntales telescópicos

#### ESPECIFICACIONES

- Altura de páneles	1.50 y 1.80 m
- Ancho de páneles	3.60 m
- Ancho de páneles suplementarios	0.10 m
- Espesor de pánel	0.115 m
- Peso aproximado con accesorios	97 kg/m <sup>2</sup>
- Capacidad de tirantes	
Resistencia última F.S.=2	22 680 kg

## V.2 ARMADO DE CIMBRA

El primer paso de la secuencia de ensamble será la descarga del equipo y su chequeo contra lo solicitado.

El armado es recomendable se realice de modo horizontal sobre una zona regular, colocando los paneles sobre polines para evitar daños en la cara de contacto.

A los paneles antes de unirlos, habrá que colocarles algunos accesorios como: las ménsulas para los tirantes y las placas de alineamiento.

La unión entre paneles se realiza con tornillos de alta capacidad, los cuales se aprietan ligeramente durante el ensamble y el apriete final se hace cuando ya los paneles se encuentren alineados, para lo anterior se utilizaron pistolas neumáticas.

El tamaño del ensamble dependerá principalmente del equipo de izaje, pero influyen también las condiciones de obra y el personal capacitado con el que se cuente.



En nuestro proyecto, como ya se  
tanque fue dividido en octavos y la cim  
octavo de muro del tanque se diseño de l  
manera: (figura 7)

- Verticalmente: Se abajo hacia a  
páneles de 3.60 m y 1.00 de 1.00 m.
- Horizontalmente: 1 páneles de 3.60 m

Como el equipo de abajo con el que se cont  
una grúa Petibona de 25 toneladas de capacid  
formaron 9 cuerpos de 3 páneles verticales c  
peso aproximado de 2 500 kg cada uno.

### V.3

#### COLOCACION DE CIMBRA

Tomamos como inicio una de las juntas de la los  
y se colocaron uno a uno los cuerpos de la cimbra. El  
marcar una referencia de inicio nos ayudó a que no se  
presentara un desfase entre la cimbra interior y la  
exterior teniendo que realizar más movimientos que  
pudieran dañar los páneles.

En nuestro proyecto, como ya se comentó, el tanque fue dividido en octavos y la cimbra para un octavo de muro del tanque se diseñó de la siguiente manera: (figura 7)

- Verticalmente: de abajo hacia arriba, 2 paneles de 1.50 m y 2 de 1.80 m
- Horizontalmente: 5 paneles de 3.60 m

Como el equipo de izaje con el que se contaba era una grúa Petibone de 20 toneladas de capacidad, se formaron 5 cuerpos de 4 paneles verticales con un peso aproximado de 2 300 kg cada uno.

### V.3 COLOCACION DE CIMBRA

Tomamos como inicio una de las juntas de la losa y se colocaron uno a uno los cuerpos de la cimbra. El marcar una referencia de inicio nos ayudó a que no se presentara un desfase entre la cimbra interior y la exterior teniendo que realizar más movimientos que pudieran dañar los paneles.

Se erigió primero la cimbra interior apoyándola en su parte inferior sobre el arranque de muro y manteniéndolos erguidos y en posición usando los puntales telescópicos, fijados por un lado a la losa y por otra a los refuerzos verticales de los paneles, los que junto con las placas de alineamiento sirven para darle verticalidad al cuerpo de la cimbra.

Levantamos posteriormente la cimbra exterior arrancando del mismo punto que la interior, haciendo uso de los paneles suplementarios se hicieron coincidir para ambas cimbras las perforaciones de los tirantes; se colocaron los tirantes tipo hembra con barra roscada, la cual queda ahogada en el muro, apretándose solo "al toque", formando el encofrado de muro.

A las perforaciones en la cara de contacto no usadas se les pusieron unos tapones de plástico para no tener fugas de lechada por los mismos.

El arranque de muro, los separadores superiores y los tirantes en toda la cimbra, así como los separadores de concreto que se colocaron a los lados de las parrillas de refuerzo, nos garantizó el espesor de muro y el recubrimiento de proyecto.

Ya alineada el total de la cimbra, se plomeó mediante los puntales telescópicos y se reapretó firmemente toda la tornillería.

Se instalaron ménsulas de trabajo y andamios para la ejecución de los colados.

#### V.4 DESCIMBRADO Y LIMPIEZA

Se aflojan las tuercas de los tirantes a las 6 horas de finalizado el colado, el descimbrado se realiza a las 12 horas del colado; se retiran los tirantes hembras y al igual que en el cimbrado, iniciando por la cimbra interna se retiran uno a uno los cuerpos.

Se limpiaron las superficies de contacto con cardas metálicas y se aplicó nuevamente el desencofrante.

#### V.5 TRaslADO A NUEVA ZONA A COLAR

Al descimbrar el muro, los cuerpos de la cimbra fueron trasladados al siguiente octavo a colar mediante el uso de una grúa y 2 trabajadores sin tener la necesidad de desamblarlos, excepto las ménsulas de trabajo, con lo que se logró optimizar el tiempo y el costo de ejecución.

Se debe comentar que se contaban con dos juegos de cimbra, donde las actividades que se han tratado en este capítulo fueron iguales para ambos.

#### V.6 ENTREGA DE CIMBRA

El sistema Flex-Form fue alquilado en \$45,000.00 al mes por cuerpo de encofrado y con una fianza equivalente a 10 rentas por todos los componentes del mismo, por lo que después de desarmar los cuerpos de la cimbra, se hizo necesaria una revisión y limpieza minuciosa de todos los elementos antes de su devolución, para evitar cualquier irregularidad que pudiera hacer válida la fianza.

## CAPITULO VI

### COLOCACION DE CONCRETO

## VI.1 VACIADO DE CONCRETO

Un requisito básico del equipo y métodos de colocación, es que debe conservar la calidad del concreto en lo referente a la relación agua/cemento, revenimiento, contenido de aire y homogeneidad.

La selección del equipo debe basarse en su capacidad para manejar eficientemente el concreto en las condiciones más ventajosas, de tal modo que pueda ser fácilmente consolidado en su lugar mediante vibración.

El concreto debe depositarse en su posición final de colocación o cerca de ella, debe evitarse la descarga a alta velocidad, que origina la segregación del concreto.

El vaciado del concreto del espacio cimbrado de los muros se realizó por medio de bombeo, se usaron bombas telescópicas a las que se les adaptó en el extremo de la tubería una manguera flexible de 12 m, esto con el propósito de reducir la caída libre del concreto a un máximo de 75 cm y para permitir que éste pudiera fluir a través del armado del acero de refuerzo.

El concreto se depositó en capas casi horizontales de 40 cm aproximadamente, la manguera se movía lateralmente evitando capas inclinadas y apilamiento de concreto en un solo punto.

Para evitar juntas frías se usó un revenimiento más alto en las primeras capas reduciéndolo conforme se alcanzó la parte superior. Esto se hizo buscando igualar el fraguado inicial en todo el muro.

## VI.2 VIBRADO DE CONCRETO

Para la consolidación del concreto de este tipo de obras, se pueden usar vibradores de contacto o vibradores de inmersión.

Se tomó la alternativa de los vibradores de inmersión de alta frecuencia, éstos manejaban una vibración de 8 000 vpm con un cabezal de 6" de diámetro, lo que permitió su introducción holgada entre las parrillas de refuerzo y su radio de influencia fue suficiente para abarcar el espesor total del muro.



La vibración interna cuando se aplica adecuadamente es el método más eficaz para consolidar concreto plástico.

Para esta actividad se capacitó a un grupo de trabajadores con el objeto de que no hubiera sobrevibración en el concreto, que no se usaran los vibradores para mover horizontalmente al concreto dentro de las cimbras y que la vibración se hiciera de un modo sistemático (insertándose y quitándose verticalmente a intervalos próximos).

Como se deseaba una estructura monolítica, cada una de las capas horizontales se vibró de modo que el concreto penetrara entre el refuerzo y la cimbra, evitando la formación de cavidades, así como se procuró que el vibrador penetrara a la capa subyacente y dar adherencia a las capas entre sí, sin exceder el ancho de la capa subyacente para no ejercer presión excesiva a las cimbras.

### VI.3 CURADO

El correcto y oportuno curado del concreto es una actividad esencial para este tipo de estructuras, ya que por sus dimensiones presenta grandes áreas expuestas donde existe el riesgo de que se produzcan grietas superficiales debidas a la rápida perdida de agua mientras el concreto se encuentra en estado plástico.

El dejar las cimbras de muros en su lugar proporciona un excelente medio para retener la humedad, sin embargo en nuestro caso no era posible debido a la programación de colados, que nos obligaba a descimbrar los muros a las 12 horas para el cimbrado de otra sección de muro.

Se eligió otro método que fue el de la aplicación de una membrana de curado.

La secuencia de los trabajos fue: en cuanto se retiraban las cimbras, humedecíamos constantemente con agua la superficie de concreto, se realizaban los trabajos necesarios de acabado y a continuación se aplicaba la membrana de curado.

Como por especificaciones, la membrana de curado debe cubrir toda la superficie con una película uniforme, se usó una membrana de color blanco para controlar las áreas cubiertas y la aplicación se realizó mediante rodillos para dar el espesor necesario de película.

#### VI.4 ACABADO DE SUPERFICIE

Se realizaron algunas actividades para dar el acabado aparente que se requería por proyecto, éstas fueron:

- Acabado de superficies; por la cimbra usada sólo fue necesario rebabear las juntas de los paneles y juntas de construcción
- Orificios de los tirantes; al quedar ahogadas las varillas roscadas de los tirantes, el espacio en los orificios fue de poca profundidad, para asegurar su adherencia se rellenaron con productos epóxicos sin contracciones
- Chuleado de superficies; se aplicó una lechada sin contracciones como "pintura final"

## CAPITULO VII

### CONCLUSIONES

Como se comentó en la introducción de este trabajo, la cantidad de agua con la disponemos para consumo humano en sus diversas actividades, día a día es menor.

Se requiere concientizar a la gente el buen uso de ella así como la necesidad de un tratamiento antes de desecharla.

Este tratamiento en el caso de aguas residuales de una población es injerencia de los organismos gubernamentales sin embargo, como no se cuenta con la infraestructura adecuada para una clasificación de las aguas que se reciben en los drenajes (residual doméstica, industrial y pluvial), se debe planear conjuntamente con los involucrados la mejor manera de resolver el problema.

Concretamente se observa que las aguas residuales que genera una industria que requiere grandes cantidades de agua para sus procesos, como en este caso una fábrica de papel, son altamente contaminantes por lo que su disposición debe estar regulada de la manera más estricta posible.

Para la industria el realizar un tratamiento de efluentes además de cumplir con la sociedad le ayudará a la recuperación de productos químicos que pueden al igual que el agua tratada, ser reusados en los procesos de fabricación.

La inversión para la construcción de una planta de tratamiento es elevada, por lo que se requiere una buena evaluación de proyecto; de hacer la mejor selección de: materiales, sistemas de construcción y procesos constructivos dependerán la optimización de los recursos económicos y tiempos de ejecución.

Haber optado por usar un sistema de cimbra metálica, nos dio la oportunidad de reducir el tiempo programado para la construcción de los tanques aereadores, ya que hizo posible el colar cada tercer día un octavo de muro con las dimensiones y especificaciones de proyecto evitando realizar trabajos adicionales para corregir detalles.

Desafortunadamente su uso no ha podido generalizarse en la construcción de tanques debido al costo; los precios aproximados para la compra y el alquiler son de \$1,350.00 m<sup>2</sup> y de \$20.00 m<sup>2</sup>/día respectivamente.

La compra de un sistema de cimbra metálica Flex-Form que tiene un radio definido, implicaría para su amortización, la construcción de un gran número de tanques iguales, lo que generalmente no ocurre en la práctica común por lo que no es viable económicamente.

Si el sistema se alquila, será necesario contar con el equipo de izaje, equipo neumático para la tornillería y personal capacitado para realizar las actividades necesarias en el tiempo programado, ya que como el alquiler diario es alto, un día inactivo repercutirá en el costo directo encareciendo la obra.

En resumen; en la construcción de una planta de tratamiento de una industria tipo húmedo, tomando en cuenta las condiciones y características de la obra, es recomendable:

- Una planeación y programación adecuada
- Un diseño funcional y estructural que cumpla con los requisitos de servicio
- Un sistema de cimbra que proporcione las especificaciones de proyecto
- El uso de concreto reforzado en las estructuras que contengan líquidos

Pero lo indispensable para la realización de un proyecto de esta envergadura será la participación constante de los Ingenieros responsables de cada área, para supervisar y controlar cualquier desviación ya sea: en los materiales, los procedimientos constructivos o en la ejecución de las actividades según programa, para evitar afectaciones en la calidad, el tiempo de entrega o el costo de la obra.



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

- J.A.P.A.M "Plan Hidráulico. San Juan del Río, Qro."  
Querétaro, 2000
- César Falcón "Manual de Tratamiento de Aguas Negras"  
LIMUSA, 1989
- ACI 318-89 "Reglamento de las Construcciones de Concreto  
Reforzado"  
IMCYC, 1991
- ISO 72D "Circular Concrete Tanks Without Prestressing"  
Portland Cement Association, 1942
- p.c. 99853 "Application Guide Flex-Form Forming System"  
SYMONS, 1990
- ACI 347-78 "Recommended Practice for Concrete Formwork"  
ACI, 1977
- ACI 350 "Estructuras Sanitarias de Concreto para el  
Mejoramiento del Ambiente"  
IMCYC, 1992

## ANEXOS

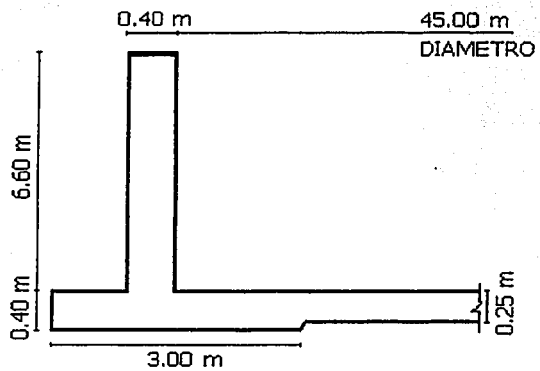


Figura 1. Dimensiones del tanque de aeración

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

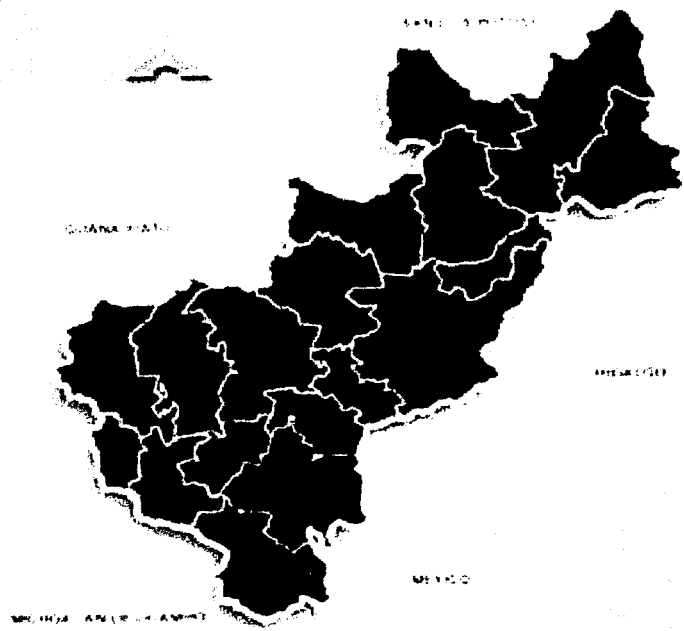


Figura 2. Municipio de San Juan del Río, Querétaro

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

RN

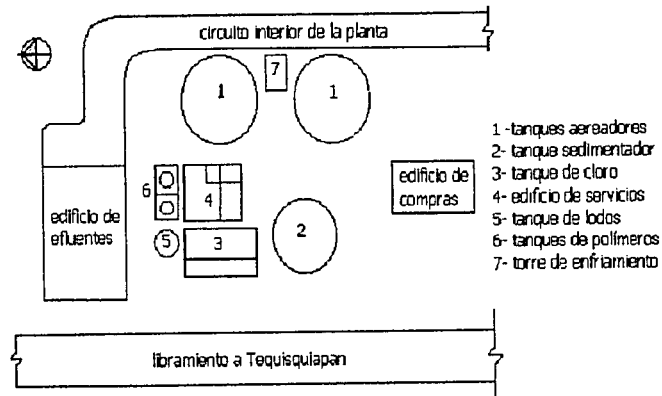


Figura 3. Localización de Planta de Tratamiento

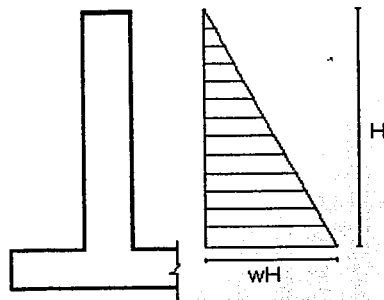


Figura 4. Base empotrada y el extremo libre, diagrama de carga triangular

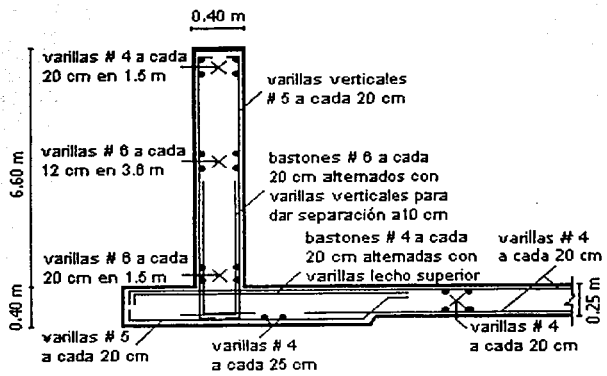


Figura 5. Acero de refuerzo en losa de cimentación y en muro

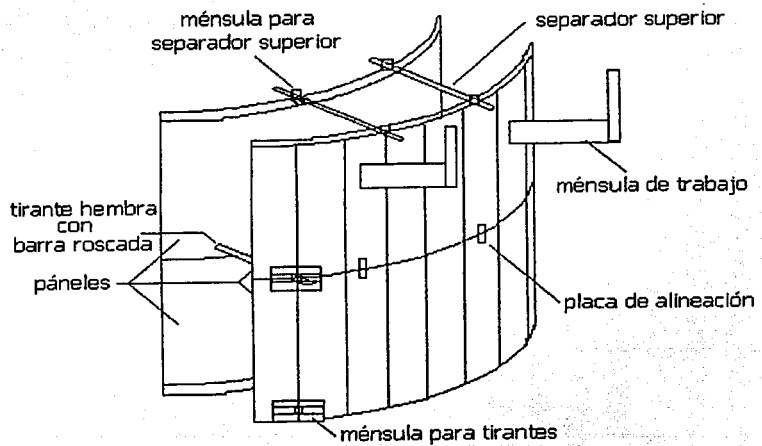


Figura 6. Cimbra metálica Sistema Flex-Form



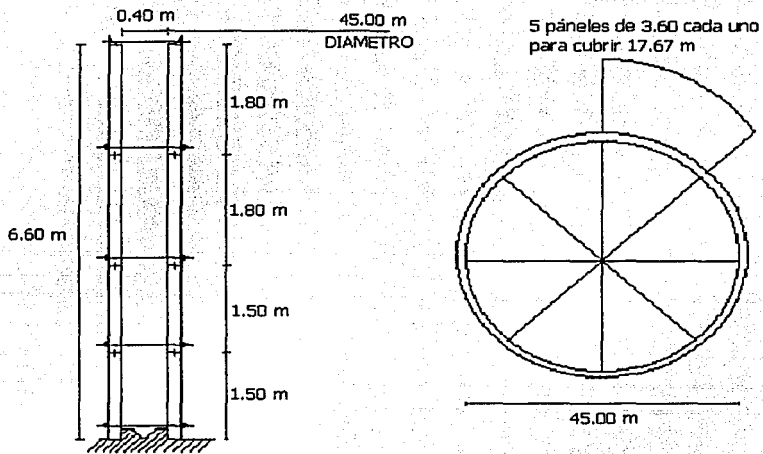


Figura 7. Modulaci3n de cimbra vertical y horizontal