



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE TANQUES RECTOS
EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES ATOTONILCO

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

PRESENTA

EDUARDO ULISES ONOFRE LEDESMA

DIRECTOR

ING. SERGIO MACUIL ROBLES

MÉXICO, D.F.

NOVIEMBRE, 2014





UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DICyG/SEAC/UTIT/004/13

Señor
EDUARDO ULISES ONOFRE LEDESMA
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. SERGIO MACUIL ROBLES**, que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted conforme a la opción I. "Titulación mediante tesis o tesina y examen profesional", para obtener su título de **INGENIERO CIVIL**.


"PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE TANQUES RECTOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ATOTONILCO"

- INTRODUCCIÓN
- I. ANTECEDENTES.
- II. DATOS GENERAL DE LA PTAR ATOTONILCO.
- III. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO UTILIZADO EN LA CONTRUCCIÓN DE TANQUES RECTOS.
- IV. CONCLUSIONES
- GLOSARIO
- 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 Título de ésta.

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 14 de marzo del 2013.
EL PRESIDENTE DEL COMITÉ.


M.I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ

JTS/MTH.rvm

ÍNDICE

OBJETIVO	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1. ANTECEDENTES	3
1.1 Tipos de tanques	3
1.1.1 Tanques superficiales	3
1.1.2 Tanques enterrados y semienterrados.....	3
1.1.3 Tanques elevados	5
1.2 Geometría de los depósitos	6
1.3 Estructuración de los tanques.....	7
1.4 Tanques de concreto reforzado	9
1.5 Componentes de una PTAR.....	10
1.5.1 Tratamiento preliminar	10
1.5.2 Tratamiento primario	11
1.5.3 Tratamiento secundario.....	11
1.5.4 Tratamiento avanzado o terciario.....	11
1.5.5 Desinfección	12
1.5.6 Manejo de lodos.....	12
2. DATOS GENERALES DE LA PTAR <i>ATOTONILCO</i>	13
2.1 Distribución general.....	13
2.2 Datos generales	15
2.3 Etapas del proceso.....	16
2.3.1 Tren de Agua.....	16
2.3.2 Pre tratamiento	16
2.3.3 Tren de procesos Convencionales.....	17
2.3.4 Tren de proceso químico.....	17
2.3.5 Tratamiento de lodos.....	17
2.4 Descripción de los procesos más representativos	18
2.4.1 Obra de toma.....	18
2.4.2 Rejillas de desbaste	18
2.4.3 Desarenador-desengrasador	18
2.4.4 Clarificación Primaria.....	19
2.4.5 Tratamiento biológico y Clarificación secundaria.....	19
2.4.6 Desinfección	20
2.4.7 Tren de proceso Químicos	21
2.4.8 Espesamiento de lodos primarios.....	22
2.4.9 Digestión de lodos.....	22
2.4.10 Monorrelleno	23
2.5 Tipos de Tanques y sus características	23
2.6 Materiales empleados en la planta de <i>Tula</i>	24

3. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO UTILIZADO EN LA CONTRUCCIÓN DE TANQUES RECTOS.....	26
3.1 Planeación	26
3.2 Colocación acero de refuerzo.....	26
3.3 Cimbra.....	27
3.3.1 Consideraciones para el cimbrado	28
3.3.2 Consideraciones para el descimbrado	29
3.4 Colado de elementos estructurales	30
3.5 Compactación del concreto.....	31
3.6 Curado de concreto	32
3.7 Juntas en los tanques de concreto reforzado	33
3.7.1 Juntas de expansión o de dilatación	34
3.7.2 Juntas de contracción	35
3.7.3 Juntas de construcción.	35
3.8 Agrietamiento causado por cargas o deformaciones.....	35
3.9 Preparación del terreno	36
3.10 Plantilla	37
3.11 Recomendaciones para plantilla	37
3.12 Armado y cimbrado para losa de cimentación de concreto reforzado	38
3.13 Recomendaciones para la losa de cimentación	43
3.14 Armado y cimbrado en muros de concreto reforzado.....	44
3.15 Recomendaciones para los muros	45
3.16 Trabajos especiales	45
3.16.1 Reparación del concreto	45
3.16.2 Reparación de oquedades en elementos estructurales	49
3.16.3 Sellado de fisuras.....	51
3.17 Pruebas de estanquidad de tanques rectos	51
4. CONCLUSIONES.....	53

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

OBJETIVO.

Los tanques rectos en las *Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales* PTAR tienen gran importancia debido a que se implementan en todos los procesos de tratamientos de agua residual, sin embargo no existen manuales relativos a los procesos constructivos y tampoco de las especificaciones de detalle.

Debido a la importancia de este tipo de estructuras el presente trabajo describe el procedimiento constructivo así como los materiales utilizados en la construcción de tanques rectos de concreto reforzado, que forman parte del tratamiento primario y secundario de la PTAR de Atotonilco.

INTRODUCCIÓN.

Las recomendaciones que se mencionan en este trabajo de tesis, son aplicables a los procedimientos constructivos de los tanques rectos de concreto reforzado destinados para el almacenamiento de agua potable, agua tratada o algún otro fluido.

Los tanques pueden presentar una geometría recta (rectangular, cuadrado o poligonal) o circular. Debido a que los tanques rectos son los más comunes en la PTAR de Atotonilco, en la presente tesis se hará hincapié a este tipo de tanques.

Por su uso, las estructuras a las cuales se hace referencia, pueden ocuparse como tanques de regulación, cárcamos de bombeo, plantas de tratamiento o plantas potabilizadoras, ya que los conceptos generales de tanques rectos pueden ser aplicados a las diferentes construcciones mencionadas anteriormente.

Los tanques que almacenan agua se construyen para llevar a cabo procesos similares a los de una planta de tratamiento de aguas residuales, tales como almacenamiento, sedimentación, filtración, etc. por lo que desde el punto de vista constructivo son muy similares en su construcción.

En la elaboración de esta tesis se ha tenido en mente proporcionar a los profesionistas involucrados en la construcción de tanques, algunas recomendaciones, consideraciones y lineamientos, para mejorar y facilitar la construcción de dichas estructuras.

También se menciona el procedimiento constructivo de tanques rectos utilizado en la PTAR de Atotonilco y cómo este procedimiento se puede aplicar a cualquier tanque de concreto reforzado, teniendo en cuenta el tipo de tanque que se trate es decir circular o recto, pero la esencia del procedimiento sería muy similar.

CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES.

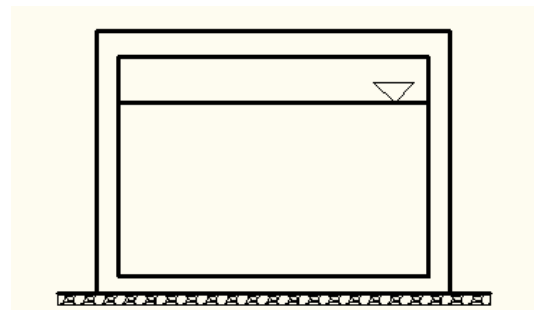
1.1 Tipos de tanques.

Los tanques son estructuras cuya función primordial es almacenar algún líquido. De acuerdo con su posición relativa al terreno, éste tipo de depósitos pueden clasificarse como enterrados, superficiales y elevados. En esta tesis sólo se hablará del proceso constructivo de los tanques superficiales.

1.1.1 Tanques superficiales.

Los tanques superficiales se construyen directamente apoyados sobre la superficie del suelo. Por lo general, se utilizan este tipo de tanques, cuando el terreno sobre el que se va a desplantar tiene la capacidad necesaria para soportar las cargas impuestas, sin sufrir deformaciones importantes. Resulta conveniente, en caso necesario, disponer de cierta altura para la descarga del líquido, a fin de disponer de una carga de presión hidrostática adecuada.

Los tanques superficiales tienen la ventaja de que su mantenimiento es más sencillo de efectuar, también es más sencilla la instalación, operación y mantenimiento de las tuberías de entrada y de salida.



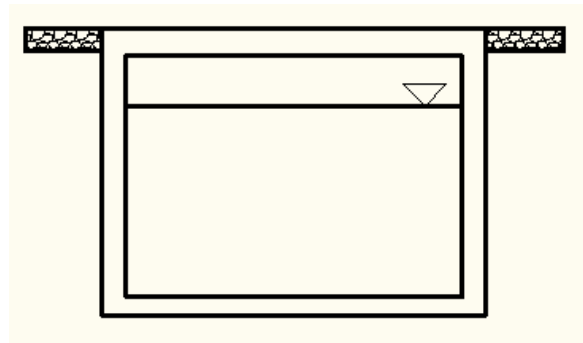
Tanque superficial.

1.1.2 Tanques enterrados y semienterrados.

Los tanques enterrados se construyen totalmente bajo la superficie del terreno. Se emplean cuando el terreno de desplante es adecuado para el funcionamiento hidráulico de la red de distribución y cuando es necesario excavar hasta encontrar un estrato de soporte más resistente.

Tienen la ventaja de conservar el agua a resguardo de las grandes variaciones de temperatura; no alteran el paisaje y sus cubiertas pueden utilizarse para las más diversas funciones, tales como: áreas verdes, canchas de juego para básquetbol, tenis, etc.; e incluso como helipuertos.

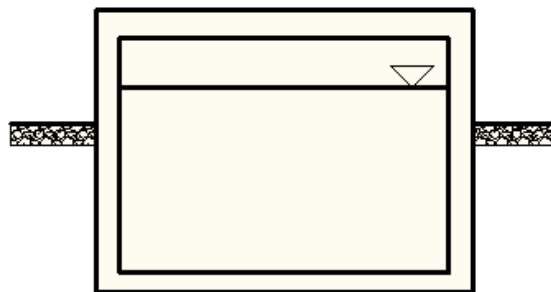
Sus inconvenientes son el tener que efectuar excavaciones costosas, la dificultad de observar y mantener las instalaciones de conexión del abastecimiento y la red de distribución,



Tanque enterrado.

así como, la dificultad para descubrir las posibles filtraciones y fugas del líquido.

Por otro lado, en los tanques semienterrados, una porción de la construcción se encuentra bajo el nivel del terreno y otra parte sobre éste, como se muestra en la figura siguiente.



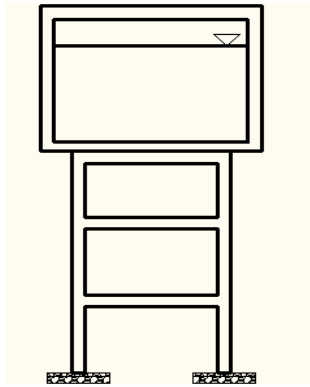
Tanque semienterrado.

La construcción de este tipo de depósito está definida por razones de topografía o cuando el costo de la excavación es alto, debido a que ésta no se justifica por su localización desventajosa o por razones de geotecnia.

De no observarse ambos factores, el resultado final sería el costo elevado de la construcción. Por otra parte, permiten un acceso a las instalaciones más fácilmente que el de los depósitos totalmente enterrados.

1.1.3 Tanques elevados.

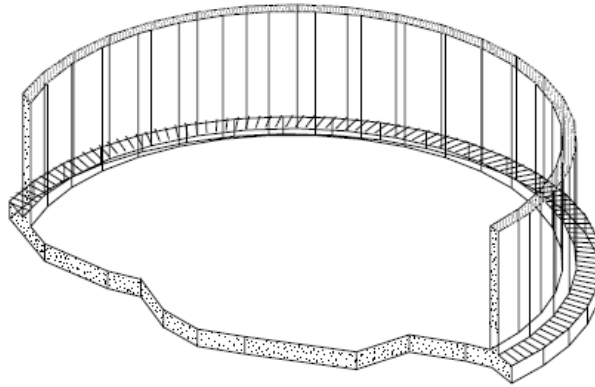
Los tanques elevados se emplean cuando se necesita altura para darle presión al agua y lograr su distribución. Son de diferentes tamaños dependiendo del volumen que almacenarán y esto condicionará su forma. En la figura siguiente se muestra un ejemplo de tanque elevado.



Tanque elevado.

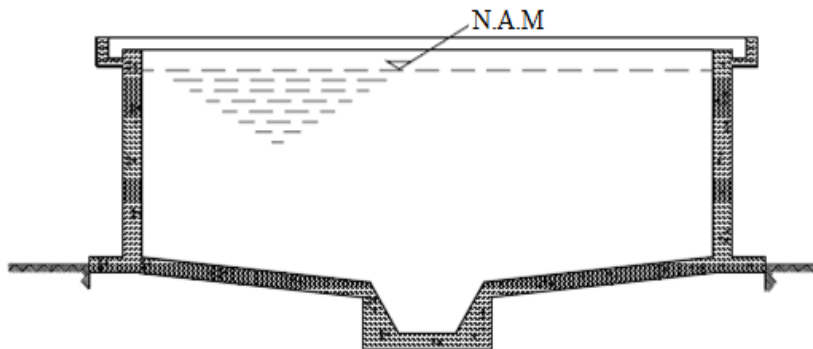
1.2 Geometría de los depósitos.

La configuración teórica más conveniente para un tanque es aquella que para una altura y volumen dados, se tenga un perímetro mínimo, lo cual implica una geometría cilíndrica. Sin embargo, pueden existir otras razones que obliguen seleccionar una sección en planta rectangular o cuadrada.



Deposito circular.

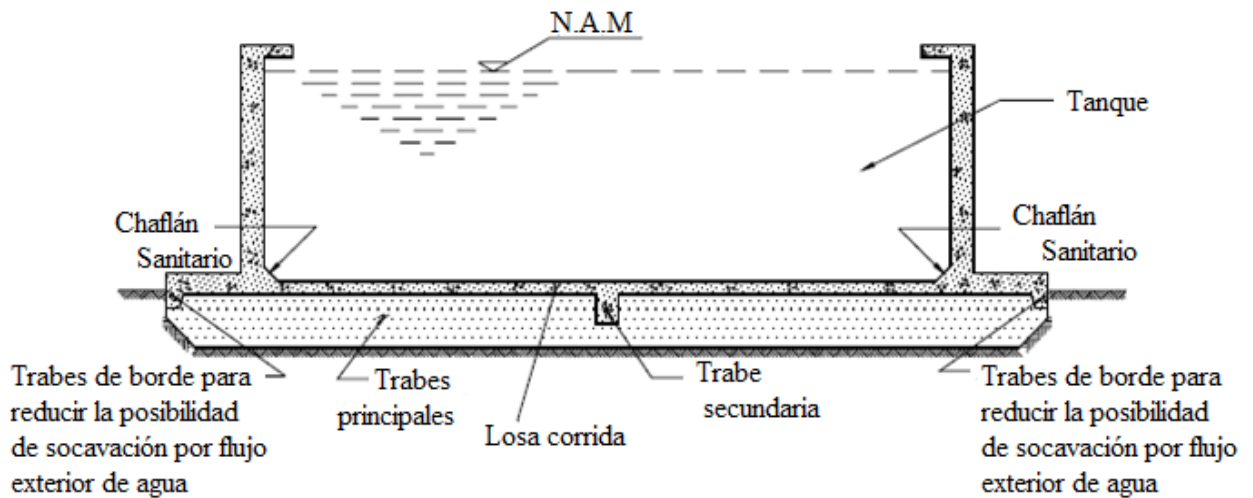
Entre los depósitos rectangulares se tienen los tanques de regulación, sedimentadores, floculadores, filtros, cajas repartidoras, cárcamos de bombeo, cajas rompedoras de presión, digestores de lodos, etc., normalmente este tipo de depósitos son de *concreto reforzado*.



Sedimentador.

1.3 Estructuración de los tanques.

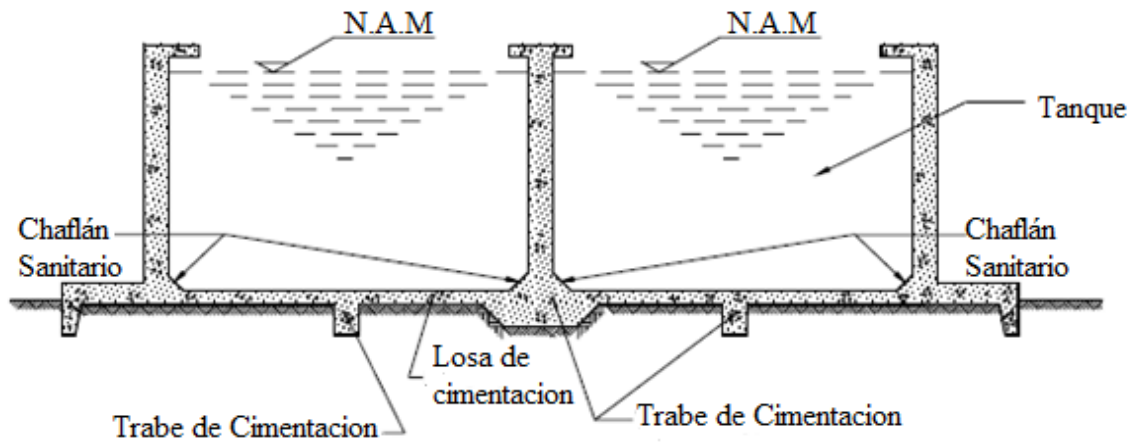
Es de primordial importancia que los tanques para el almacenamiento de agua se mantengan impermeables a la filtración del agua. Se evitará asimismo, la contaminación del agua potable por el contacto con el agua freática, así como la contaminación de los mantos acuíferos si se trata de aguas residuales.



Estructuración de un tanque.

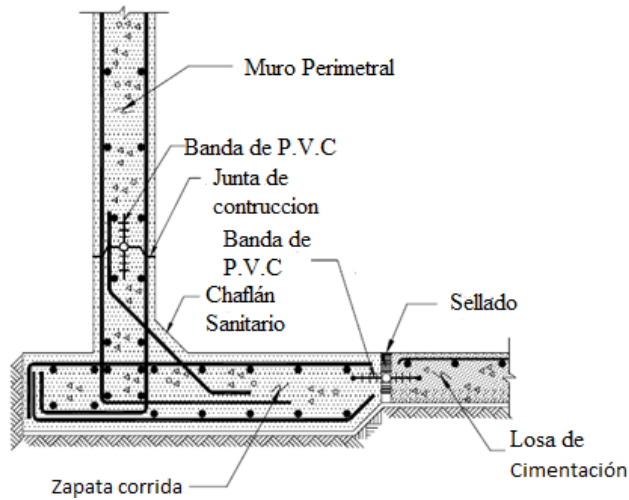
Los tanques se componen de diversos elementos, como son:

- Muros que soportan los empujes de agua y de tierra; así como las fuerzas provocadas por el sismo y el viento.
- Cimentaciones que pueden consistir de zapatas corridas bajo los muros o una losa que ejerza una función estructural y que al mismo tiempo, constituya el piso o fondo de los tanques.



Estructuración de un tanque.

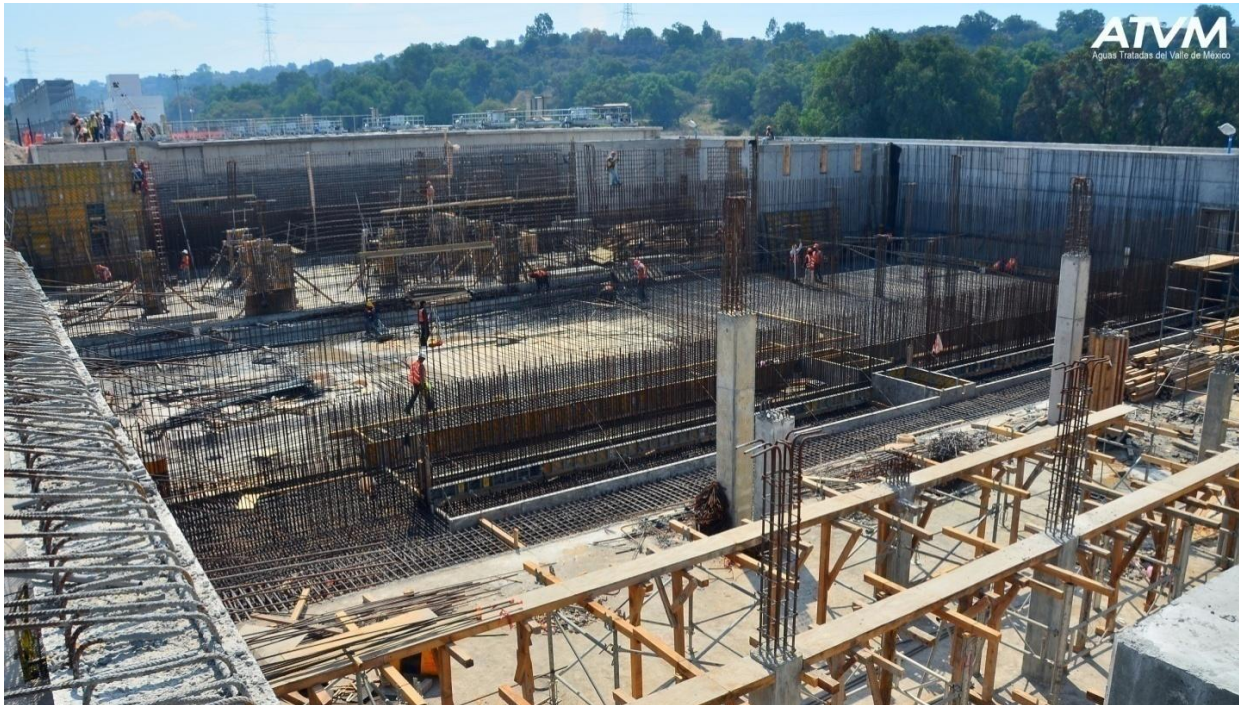
- Pisos o fondos de los tanques, los cuales pueden ser una losa estructural o una membrana impermeable de concreto sin función estructural.
- Cubiertas o tapas de los tanques.
- Accesorios tales como: escaleras, tuberías, válvulas, etc.



Estructuración muro perimetral.

1.4 Tanques de concreto reforzado.

Gran parte de los depósitos para el almacenamiento del agua se construyen de concreto reforzado, de hecho es el material de construcción más se utiliza en el mundo para este tipo de estructuras.



Tanque de concreto reforzado en la PTAR Atotonilco.

Muchas son las ventajas que tienen los tanques de concreto reforzado sobre otros materiales, algunas son la impermeabilidad que por sí misma contiene el concreto bien dosificado y compactado; requiere un mantenimiento mínimo, posee una gran resistencia al ataque de los agentes químicos y al intemperismo por mencionar algunas.

Sin embargo, la impermeabilidad de los depósitos se ve afectada por la secuencia de la construcción, así como la ubicación y el detallado de las juntas.

El concreto terminado tiene la gran ventaja de que se le puede dar la forma deseada, tan sólo con preparar los moldes para tal objeto. Otra ventaja del concreto es la de poder establecer a voluntad la resistencia de proyecto, dentro de ciertos límites máximos, lo cual se logra mediante la dosificación apropiada de los ingredientes: arena, grava, cemento, agua y aditivos.

1.5 Componentes de una PTAR.

El tratamiento de las aguas residuales es relativamente reciente. Su inicio data de fines de 1800 y principios del actual siglo y coincide con la época de la higiene. Esto se desarrolló como consecuencia de la relación entre contaminación de los cursos y cuerpos de agua y las enfermedades de origen hídrico. El tratamiento de las aguas residuales es realizado con el propósito de evitar la contaminación física, química, bioquímica, biológica y radioactiva de los cursos y cuerpos de agua receptores

A continuación se definirán de manera general los procesos de tratamiento, para conocer los procesos que integran una PTAR:

- Tratamiento preliminar.
- Tratamiento primario.
- Tratamiento secundario.
- Tratamiento avanzado o terciario.
- Desinfección.
- Disposición de lodos.

1.5.1 Tratamiento preliminar.

Está destinado a la preparación o acondicionamiento de las aguas residuales con el objetivo específico de proteger las instalaciones, el funcionamiento de las obras de tratamiento y eliminar o reducir sensiblemente las condiciones indeseables relacionadas principalmente con la apariencia estética de las plantas de tratamiento.

1.5.2 Tratamiento primario.

Tiene como objetivo la remoción por medios físicos o mecánicos de una parte sustancial del material sedimentable o flotante. Es decir, el tratamiento primario es capaz de remover no solamente la materia que incomoda, sino también una fracción importante de la carga orgánica. Entre los tipos de tratamiento primario se citan:

- Sedimentación primaria.
- Flotación.
- Precipitación química.
- Filtros gruesos.

1.5.3 Tratamiento secundario.

Este proceso reduce o convierte la materia orgánica finamente dividida y/o disuelta, en sólidos sedimentables floculentos que puedan separarse por sedimentación en tanques de decantación. Los procesos biológicos más utilizados son los lodos activados y los filtros percoladores. Son muchas las modificaciones de estos procesos que se utilizan para hacer frente a los requerimientos específicos de cada tratamiento. Asimismo, dentro de este grupo se incluyen a las lagunas de estabilización y aireación, así como el tratamiento biológico empleando oxígeno puro y el tratamiento anaeróbico.

1.5.4 Tratamiento avanzado o terciario.

Tiene como objetivo complementar los procesos anteriormente indicados para lograr efluentes más puros, con menor carga contaminante y que pueda ser utilizado para diferentes usos como recarga de acuíferos, recreación, agua industrial, etc. Las sustancias o compuestos comúnmente removidos son:

- Fosfatos y nitratos.
 - Huevos y quistes de parásitos.
 - Sustancias tenso activas.
 - Algas.
-
-
-

- Bacterias y virus (desinfección).
- Sólidos totales y disueltos.
- Temperatura.

Los procesos de tratamiento de esta categoría están conformados por procesos físicos, químicos y biológicos.

1.5.5 Desinfección.

Se emplea para reducir principalmente el contenido de bacterias, virus en las aguas residuales tratadas, previo a su disposición final. La desinfección consiste en la destrucción selectiva de los organismos causantes de enfermedades.

La desinfección suele realizarse mediante agentes químicos, físicos, mecánicos y radiación. De ellos el más utilizado es la desinfección química con cloro.

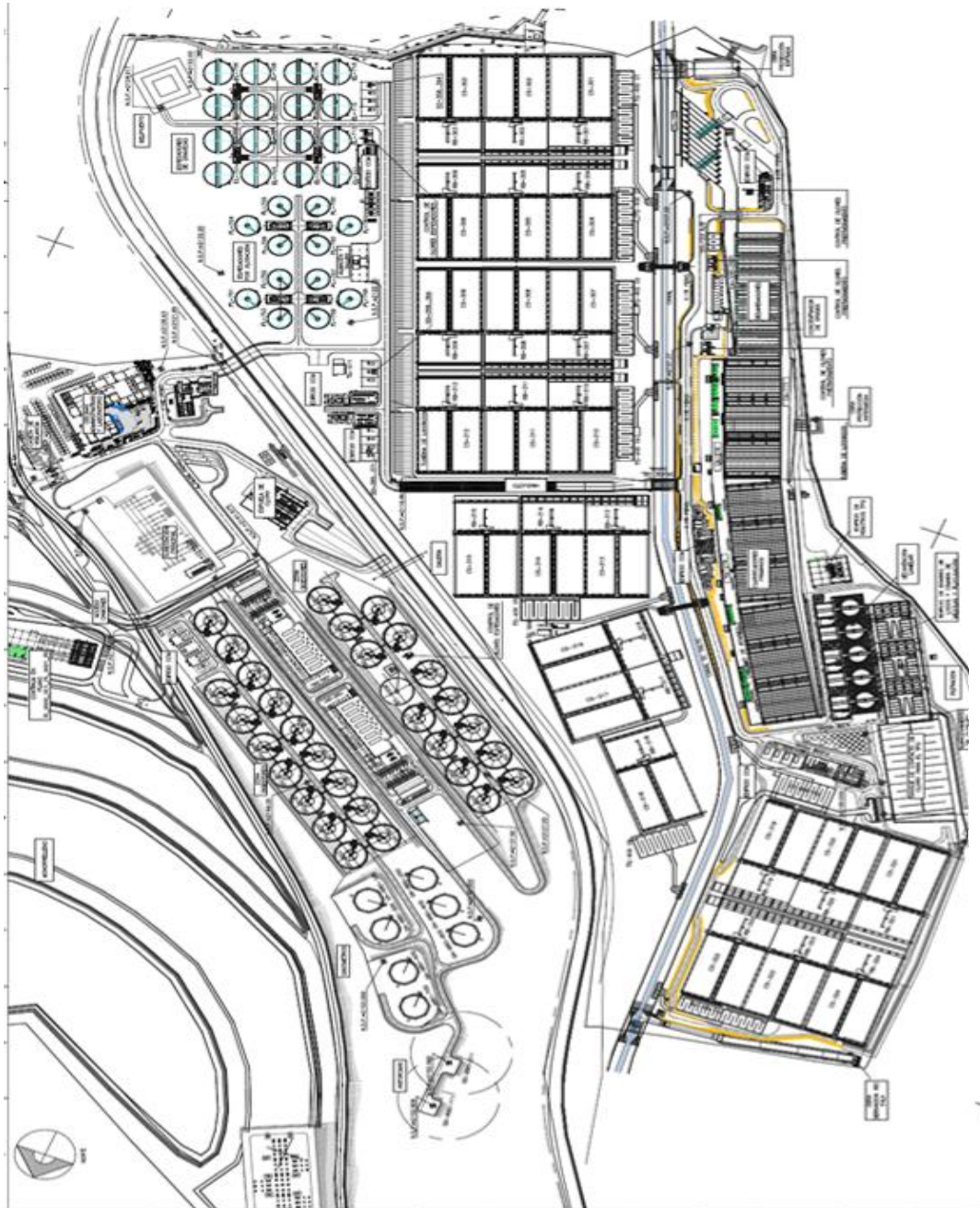
1.5.6 Manejo de lodos.

El tratamiento de las aguas residuales produce una serie de subproductos como son los residuos de las rejillas, desarenadores y sedimentadores. Este caso específico se refiere a los productos retenidos en los sedimentadores tanto primario como secundarios y que vienen a conformar la parte más importante de los subproductos.

Los lodos antes de su disposición final deben ser acondicionados a causa del alto contenido de materia orgánica putrescible y que de ninguna manera pueden ser dispuestos libremente

CAPÍTULO 2 DATOS GENERALES DE LA PTAR ATOTONILCO.

2.1 Distribución general.



Vista en planta de la PTAR de Atotonilco



PTAR de Atotonilco

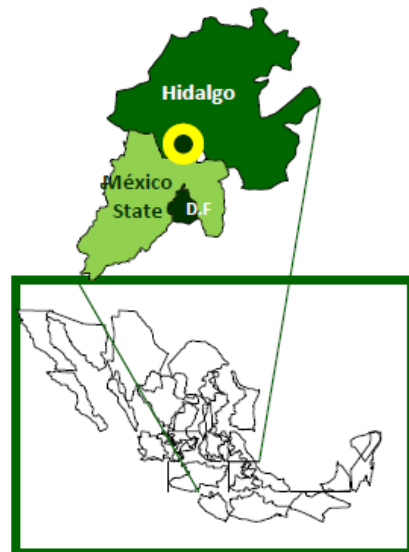
2.2 Datos generales.

El proyecto consiste en la prestación de servicios de tratamiento de aguas residuales del Valle de México por 25 años, que incluye la elaboración del proyecto ejecutivo, construcción, equipamiento electromecánico, pruebas, operación, conservación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales denominada PTAR Atotonilco, incluida la remoción y disposición final de los lodos y biosólidos que se generen en la misma, así como la cogeneración de la energía eléctrica, bajo la modalidad de plurianual a precio fijo con conversión de recursos públicos y participación de inversión privada parcial recuperable. El objetivo de la planta es tratar las aguas crudas provenientes del Valle de México conducidas a través del Túnel Emisor Oriente y del Emisor Central.

La planta contará con dos trenes de tratamiento, un tren de tratamiento biológico denominado *Tren de Procesos Convencionales* TPC y un *Tren de Proceso Químico* TPQ.

El sitio en donde se localiza la planta se ubica dentro del Municipio de Atotonilco de Tula en el estado de Hidalgo, entre los paralelos 19°55' y 20°00' de latitud norte y los meridianos 99°15' y 99°20' de longitud oeste.

El predio adquirido tiene una superficie total disponible de 158.5142 Ha; la configuración superficial es propia de la ladera de un cerro con un desnivel de más de 60.00 m entre la cota más baja y la más alta; lo cruzan el canal de aguas para riego El Salto - Tlamaco y el Ferrocarril México – Querétaro.



2.3 Etapas del proceso.

El proceso propuesto estará conformado por las siguientes etapas de proceso:

2.3.1 Tren de agua.

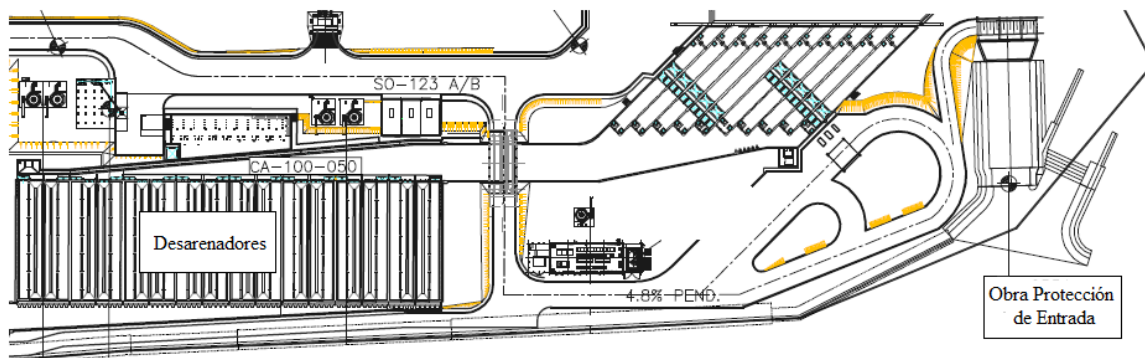
Se refiere a la etapa de pre tratamiento que es común para ambos tratamientos: TPC y TPQ; ésta etapa tiene como objetivo remover de la corriente la basura, los sólidos gruesos o pesados así como eliminar grasa y aceites, está compuesto por:

- Obra de toma.
- Obra de protección
- Obra de protección en la entrada
- Obra de protección intermedia.

2.3.2 Pre tratamiento.

El pre tratamiento está formado por:

- Rejillas de desbaste.
- Rejillas gruesas automáticas.
- Rejillas finas automáticas.
- Desarenado – desengrasado.



2.3.3 Tren de procesos convencionales.

Se encargará de la degradación biológica del material que contiene el agua residual y está compuesto por:

- Clarificación primaria.
- Bombeo de agua cruda.
- Tratamiento biológico.
- Clarificación secundaria.
- Desinfección.
- Torres de absorción de fugas de cloro
- Obra de descarga

2.3.4 Tren de proceso químico.

El proceso está formado por:

- Físico-químico para la sedimentación lamelar.
- Sedimentación lamelar.
- Físico-químico para los filtros de malla.
- Filtración mediante filtros de malla rotativos.
- Desinfección mediante cloro gas.
- Bombeo de agua al canal Salto-Tlamaco.

2.3.5 Tratamiento de lodos.

Se encargará de tamizar, espesar, estabilizar y deshidratar los lodos provenientes de las tres fuentes de generación: Clarificación Primaria, Tratamiento Biológico y TPQ. En el proceso de estabilización se genera biogás, el cual se emplea para la producción de energía eléctrica para el auto consumo de la planta.

El proceso está formado por:

- Tamizado de lodos primarios
- Espesamiento de lodos primarios
- Espesamiento de lodos secundarios
- Tamizado de lodos del TPQ
- Digestión anaeróbica mesofílica
- Sistema de calentamiento de lodos
- Deshidratación
- Proceso de limpieza de biogás
- Almacenamiento de biogás
- Cogeneración.

2.4 Descripción general de los procesos más representativos.

2.4.1 Obra de Toma.

El agua residual será desviada del canal Salto-Tlamaco hacia el canal de distribución a rejillas ubicado dentro del predio de la planta. El canal está diseñado hidráulicamente para un caudal máximo de 50 m³/s.

2.4.2 Rejillas de desbaste.

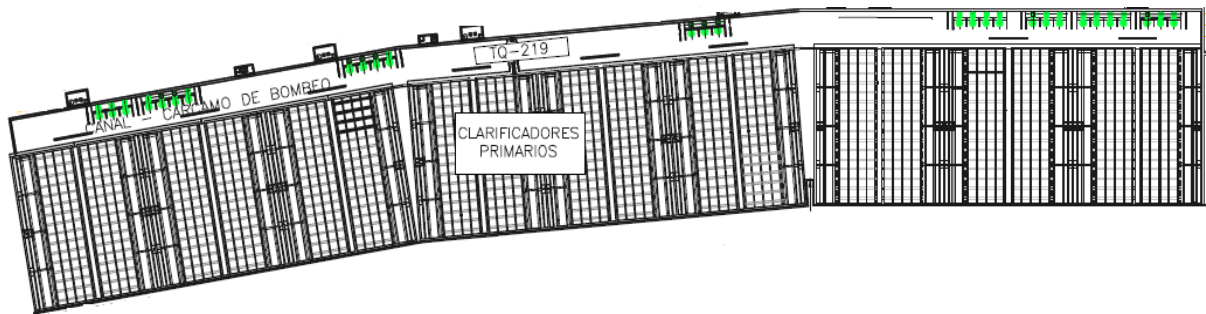
Una vez que el agua residual entra al canal de distribución a rejillas, pasará por las rejillas de desbaste que estarán colocadas a lo largo del canal, las rejillas de desbaste tienen como objetivo proteger el equipo aguas abajo de sólidos mayores

2.4.3 Desarenador-desengrasador.

El agua residual proveniente del cribado grueso y fino, será conducida por gravedad a través del canal hacia los equipos de desarenador – desengrasador. El objetivo principal de esta etapa de tratamiento es la remoción de arena, grasas y aceites.

2.4.4 Clarificación primaria.

El agua cribada y desarenada será conducida por el canal de agua desarenada para ser dividida entre los trenes de tratamiento convencional y el tren de tratamiento químico. Los clarificadores primarios, son parte del TPC y otra parte del agua cribada es enviada al TPQ. El caudal máximo de operación que será alimentado hacia el TPC será de 33 m³/s y 17 m³/s para el TPQ en época de lluvia. El efluente clarificado proveniente de los clarificadores primarios será colectado en el cárcamo de bombeo para ser bombeado a las cajas de distribución a reactores.



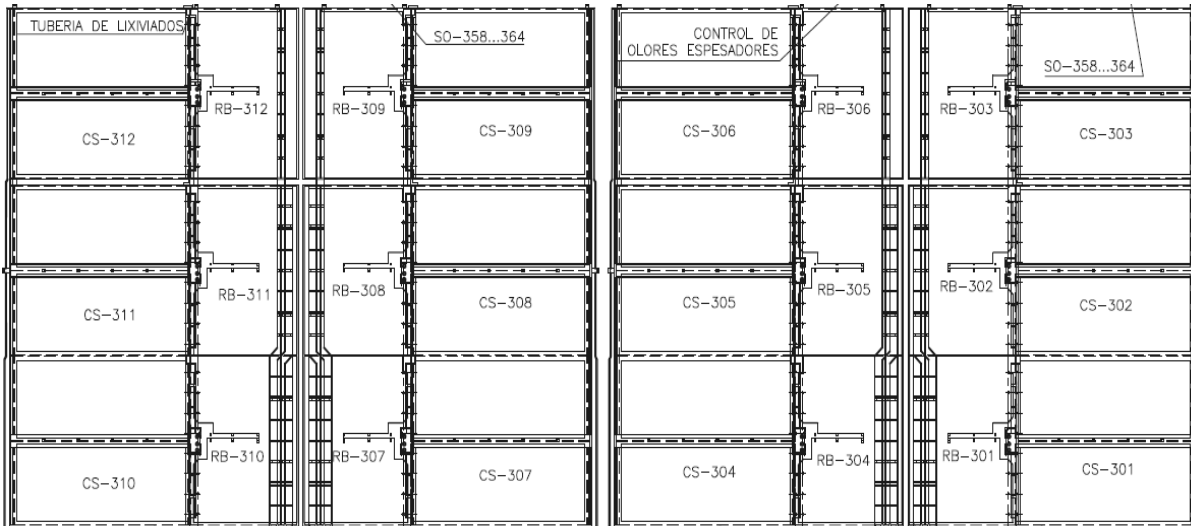
2.4.5 Tratamiento biológico y Clarificación secundaria.

El sistema de tratamiento secundario está conformado por 24 módulos, compuestos por 1 reactor aeróbico y 1 clarificador secundario. Cada reactor aeróbico tendrá 50 m de longitud, 36.075 m de ancho, 6.5 m de altura total y 6.0 m de altura de operación, resultando un volumen de operación por tanque de 10,822.5 m³ y un volumen total de 259,740 m³.

En este proceso los microorganismos son mezclados completamente con la materia orgánica de tal forma que metabolizan y estabilizan a los compuestos orgánicos. Mientras los organismos crecen y son mezclados por la agitación con aire de los sistemas de difusores, los organismos individuales se juntan, flocculan, para formar una masa de *floc microbial* llamado *lodo activado*.

Cada descarga de cada reactor biológico corresponde a un clarificador secundario, se realiza mediante vertederos ubicados en la pared compartida entre ambas estructuras. Cada uno de los clarificadores secundarios tendrá las siguientes dimensiones: longitud de 61 m,

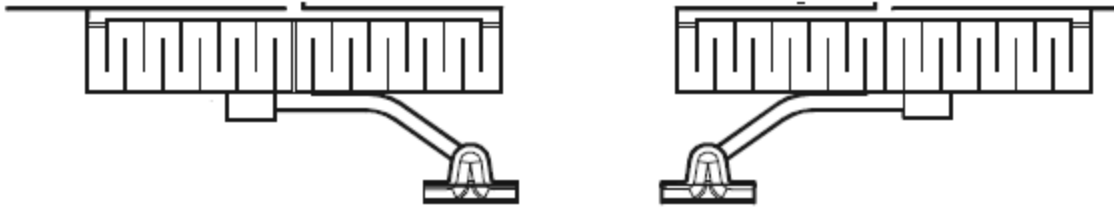
50 m de ancho y 4.5 m de espejo de agua. De acuerdo con lo anterior, el área de cada clarificador es de 3,050 m².



El agua clarificada es recolectada mediante tuberías perforadas instaladas al final del tanque clarificador. Cada clarificador contará con 28 de estas tuberías. El diámetro de cada una de las perforaciones es de 50 mm. El nivel de agua en el clarificador se encuentra 0.5 m por arriba de estas tuberías para permitir que sólo el agua clarificada pase a través de ellas y la materia flotante permanezca en la superficie y sea arrastrada por el desnatador. El efluente de los clarificadores secundarios será conducido mediante canales hacia los tanques dobles de contacto de Cloro.

2.4.6 Desinfección.

El proceso de desinfección considerado para reducir la concentración de coliformes totales en el efluente del tratamiento secundario, es la inyección de cloro gas. El efluente de los clarificadores secundarios, es transferido hacia uno de los 8 tanques dobles de contacto de cloro.

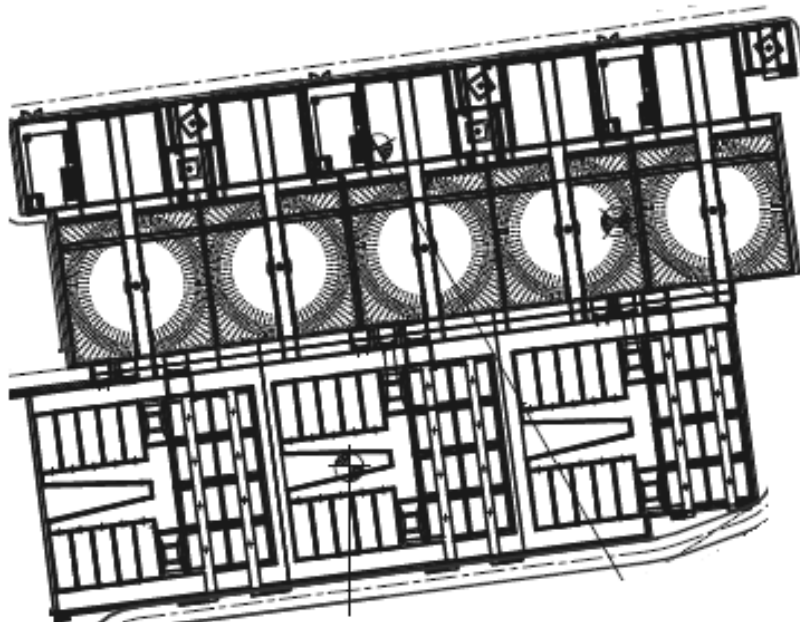


2.4.7 Tren de proceso Químico.

El tratamiento propuesto mejora la calidad del efluente en contenido, cantidad de sólidos y desinfección, garantizando la calidad del agua demandada

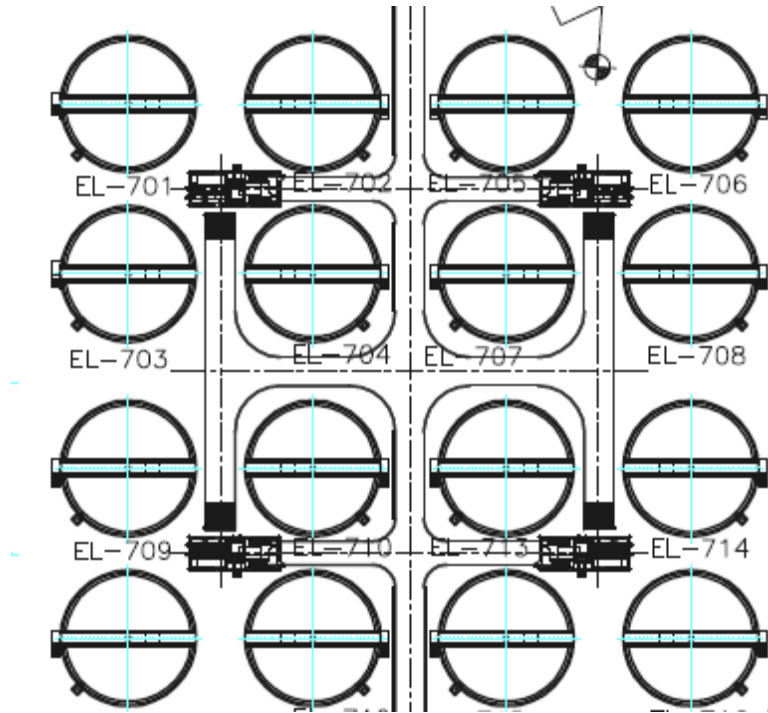
El proceso está formado por:

- Físico-químico para la sedimentación lamelar.
- Sedimentación lamelar.
- Físico-químico para los filtros de malla.
- Filtración mediante filtros de malla rotativos.
- Desinfección mediante cloro gas.
- Bombeo de agua al canal Salto de Tlamaco.



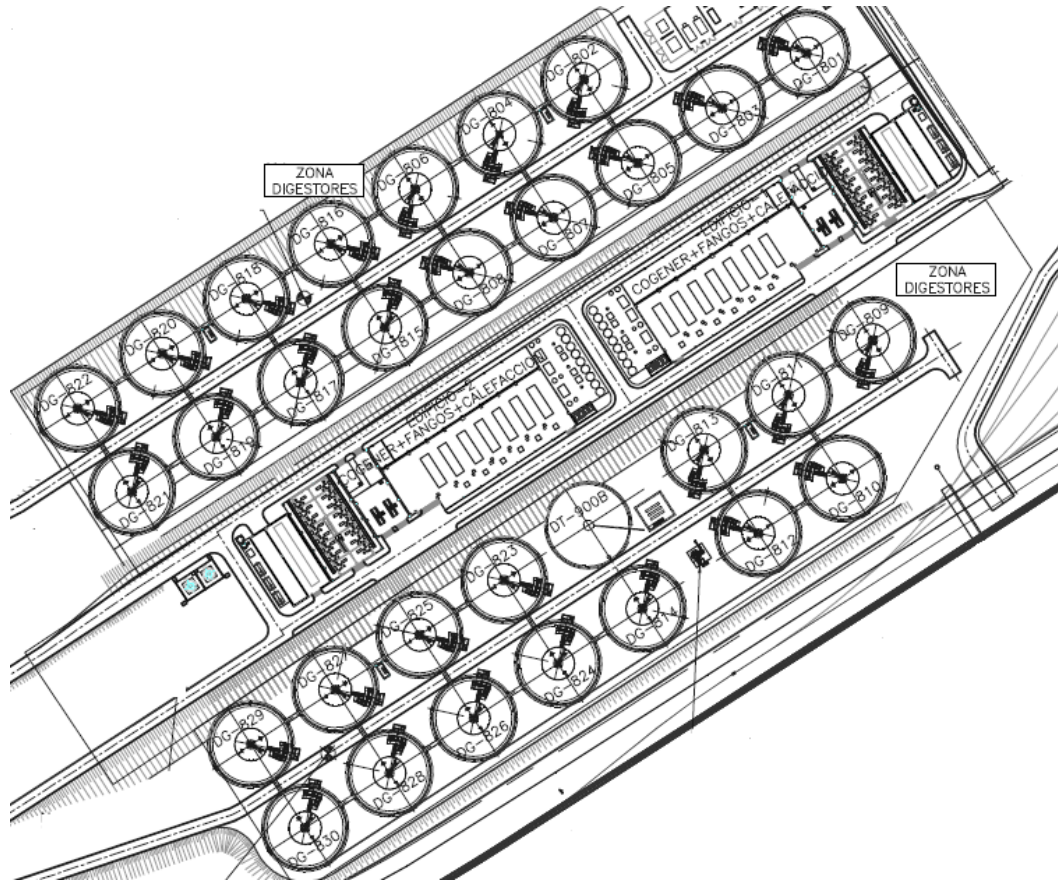
2.4.8 Espesamiento de lodos primarios.

Los lodos tamizados procedentes del TPC son espesados en dieciséis tanques de gravedad de 23 m de diámetro y 4.5 m de altura cilíndrica.



2.4.9 Digestión de lodos.

La digestión de lodos se realiza en 30 tanques de 13,000 m³, dispuestos en dos grupos totalmente independientes, formados un grupo por 16 unidades y el otro por 14.



2.4.10 Monorrelleno.

El Monorrelleno es el área de la planta que se empleará para la disposición final de los biosólidos generados en la PTAR. Antes de enviarse al monorrelleno los biosólidos son estabilizados por medio de digestión anaeróbica y deshidratados mecánicamente hasta un 72 por ciento de humedad. El lodo producido mediante digestión anaeróbica cuenta con las características de un lodo tipo C y puede ser utilizado para usos forestales, mejoramiento de suelos y usos agrícolas.

2.5 Tipos de tanques utilizados y sus características.

Los tipos de tanques utilizados en la PTAR son superficiales ya que se desplantan directamente sobre el terreno y forman parte del tratamiento primario y secundario, son de concreto reforzado con un concreto $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ a 28 días, relación agua cemento menor o igual de 0.45, se utilizara cemento Portland resistente a los sulfatos, tamaño

máximo del agregado 19 mm de origen calizo, el acero estructural tiene una $f'y = 4200$ kg/cm², recubrimientos libres 5 cm para losa cubierta y trabes, losa de cimentación, columnas y muros.

La estructuración consta de zapatas corridas con losa de cimentación, muros perimetrales de espesor variable en la mayoría de los casos.

La cimbra usada es prefabricada de las marcas *Efco* y *Doka*, aunque se puede utilizar cualquier otro tipo de cimbra existente en el mercado.

2.6 Materiales empleados en la planta de tula.

Concreto hidráulico: mezcla de agregados, naturales, cementante y agua, a la que además se le pueden agregar algunos aditivos; debe ser dosificada en masa o en volumen.

Varilla: barra de acero especialmente fabricada para usarse como refuerzo de concreto y cuya superficie está provista de salientes llamadas corrugaciones, las varillas se clasifican por su esfuerzo de fluencia nominal en tres tipos de grados: Grado 30, Grado 42 y Grado 52.

Adhecon: adhesivo universal para usos múltiples. Es una emulsión sintética de color blanco lácteo que diluido en agua mejora las propiedades de concretos, morteros y lechadas. Además optimiza la trabajabilidad de otras aplicaciones como sellador.

El *Adhecon* proporciona excelente adherencia a concretos, morteros y lechadas sobre superficies incluso lisas, gran resistencia al desgaste y abrasión, plasticidad y elasticidad, una elevada impermeabilidad, resistencia a la tensión, flexión y tracción. Los morteros preparados con *Adhecon* pueden ser colocados desde un espesor de 5 mm sin sufrir desprendimiento ni agrietamiento. Tiene muy diversos usos, entre los que destacan:

- Unir concreto nuevo a viejo.
 - Unir aplanados a muros.
 - Unir yeso a muros.
 - Unir pastas de recubrimiento (tirol, texturizados) a muros y plafones.
-
-

Hoja de Celetox: está fabricada con tablero aglomerado de fibras de bagazo de caña. También puede estar impregnado con una mezcla de asfaltos. En las juntas de expansión produce el efecto de un colchón neumático debido a que el material puede comprimirse hasta un 70 por ciento de su grueso original y volver nuevamente a sus dimensiones sin destruirse, siendo este un relleno excelente para ser colocado entre losas de concreto y pavimentos.

Se utiliza para separar partes estructurales en pisos, obteniendo independencia entre ellos evitando rupturas de los pavimentos, en pistas y plataformas de aterrizaje de aeropuertos, pisos industriales, estacionamientos, concreto masivo en obras hidráulicas, etc.

Sikaflex -pro 3 wf: sellador elástico a base de poliuretano monocomponente y resistente a agua residual y gran número de agentes químicos, para sellado de todo tipo de juntas.

Se recomienda para sellar juntas en edificación y obra civil, en particular en casos de exposición a agentes químicos y en juntas horizontales sometidas al paso de vehículos.

Es un elastómero que tiene las siguientes ventajas:

- Monocomponente y listo para usar.
- Bajo módulo de elasticidad, es decir, gran deformabilidad.
- Buena adherencia a la mayoría de los materiales empleados en construcción.
- Curado final sin formación de burbujas.
- Superficie no pegajosa.

CAPÍTULO 3 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO UTILIZADO EN LA CONSTRUCCIÓN DE TANQUES RECTOS

3.1 Planeación.

La planeación es parte fundamental de la construcción ya que ayuda a percibir las cosas de manera ordenada y sistematizada, en los procedimientos se deben adelantar los pasos antes de llegar a ellos para evitar detener la obra, como son, la construcción, prever , materiales, tiempos, rendimientos, optimizar los frentes de construcción, ubicar los trazos de acceso, que son parte fundamental de la construcción, aprovechar al máximo los alcances de las torres grúas ubicadas en el área, si es que existen. La adecuada planeación evitara que se incrementen los presupuestos de proyecto así como los tiempos de término de cada uno de los procesos.

Es importante que la cimbra se utilice adecuadamente, para ello se deberán programar los tiempos de fraguado y colado en forma secuencial para moverla, de igual forma se deberá disponer de programas de rendimiento de los trabajadores quienes son parte fundamental para que se lleven a cabo los programas de obra.

La secuencia de actividades es fundamental para obtener el máximo rendimiento al momento de la construcción, darle seguimiento a las actividades ayuda a tener una mejor planeación y un mejor manejo en los recursos de la obra.

3.2 Colocación Acero de refuerzo.

Para la colocación de acero se debe tener en cuenta que los empalmes no indicados en los planos se realizaran cuatrepeándose, es decir que los traslapes no se realizaran en el mismo plano de preferencia, sin exceder el 33 por ciento del acero principal de la sección, de manera general no se recomienda usar conectores.

Capítulo 3 Procedimiento constructivo utilizados en la construcción de tanques rectos

El recubrimiento mínimo libre de concreto sobre el acero de refuerzo es de 5 cm excepto aquellos en lo que se especifique lo contrario en los planos.

El constructor realizará los planos de despiece de varillas previamente al habilitado, considerando diámetros y dimensiones indicadas en los planos correspondientes.

Para doblar las varillas de cualquier diámetro y con el fin de darles la forma que muestran los planos estructurales del proyecto, las varillas de refuerzo se deberán doblar en frío y lentamente.

Antes de colocar el acero de refuerzo debemos de verificar que su superficie este limpia, libre de lodos, aceites u otros recubrimientos que puedan afectar la adherencia del acero de refuerzo con el concreto.

Colocar las siletas tales que permitan cumplir con los recubrimientos especificados en el proyecto.

Cuando el proyecto no especifique la longitud de traslape, los traslapes deberán tener una longitud de 40 veces el diámetro de la varilla corrugada y de 60 veces el diámetro de varilla lisa. Se deben de colocar en los puntos de menor esfuerzo de tensión, nunca en lugares donde la sección no permita una separación mínima libre de 1.5 veces el tamaño mínimo del agregado grueso, entre el empalme y la varilla más próxima.

Una vez terminado todo el proceso de colocación de acero de refuerzo se deberá realizar una inspección física para verificar sus dimensiones, separaciones, sujeciones, alineado, forma y posición y que todo se haya colocado de acuerdo con las especificaciones del proyecto, que el acero esté libre de lodos, aceites y otro contaminante que pudiera afectar la adherencia entre el concreto y el acero de refuerzo.

3.3 Cimbra

La cimbra a utilizarse en los elementos estructurales del proyecto, será de dos tipos, el primero cimbra de madera y el segundo cimbra metálica. Estas cimbras forman una

Capítulo 3 Procedimiento constructivo utilizados en la construcción de tanques rectos

estructura temporal empleada para soportar el concreto fresco durante el tiempo que este tarda en alcanzar una resistencia determinada.

Dependiendo de las especificaciones del proyecto se definirá que tipo de cimbra se utilizara.

Los sistemas de cimbra y accesorios serán en su mayoría diseñados por proveedores especialistas en la materia de rentas de sistemas de cimbrados diversos. Estos sistemas son diseñados por los especialistas en renta de cimbra con base en los proyectos, mismos que deben cumplir ciertos requisitos que les serán proporcionados, tales como son:

- Cargas a las que están sometidas las cimbras
- Dimensiones de los elementos estructurales a cimbrarse
- Tiempos requeridos para el cimbrado y descimbrado
- Resistencia a las acciones a las que estará sujeta durante la construcción incluyendo las fuerzas causadas por la compactación y vibrado
- Número de usos adecuados conservando el acabado permanente

Siempre que sea posible las cimbras deberán de ser prefabricadas, en tableros integrales o parciales que se armen en el sitio para reducir al mínimo la mano de obra necesaria en la colocación y desmantelamiento de la cimbra.

3.3.1 Consideraciones para el cimbrado

- Antes de iniciar con el trabajo de colocar la cimbra se debe disponer de los moldes de piezas especiales de los diferentes elementos ya sea con cimbra de madera o metálica según sea el caso.
 - Es importante comprobar de acuerdo con los planos de proyecto estructurales que el armado cumpla con las especificaciones de proyecto ya que una vez que se instale la cimbra y se realice el colado de las piezas no será posible su verificación visual.
-
-

Capítulo 3 Procedimiento constructivo utilizados en la construcción de tanques rectos

- Para tener un descimbrado fácil y evitar desportilladuras es necesario limpiar la superficie de contacto y aplicar un desmoldante a las cimbras, antes de su colocación.
- Se debe realizar una inspección física y visual por parte de la supervisión de obra o residente de obra de todos los elementos de cimbra antes de ser colocadas, con el fin de verificar el armado de cada elemento y el cumplimiento de las especificaciones del proyecto, así como, confirmar que cada elemento se encuentre libre de polvo, lodo, aceite o cualquier material que pueda afectar dicho elemento durante el colado.
- Según sea el caso se deberá considerar la colocación de niveles, plomadas u otro elemento que se requiera; en caso necesario la instalación de los andamios para el vaciado de concreto.

3.3.2 Consideraciones para el descimbrado

El descimbrado debe hacerse de tal forma que no afecte la seguridad y servicio de la estructura, se deben dejar apuntalados los elementos horizontales como son las vigas y las losas tanto tiempo como sea necesario, por lo regular son 15 días. El concreto que se descimbre debe ser lo suficientemente resistente para no sufrir daños posteriores y debe soportar su propio peso y otras cargas que actúen durante la construcción hasta su fraguado total, así como, suficientemente rígido para que no se presenten deformaciones permanentes indeseables.

Cuando la estructura está debidamente apoyada en puntales, la cimbra lateral de vigas, columnas, muros y otros elementos verticales semejantes, se pueden remover generalmente después de 12 horas de tiempo de curado acumulado, siempre que la cimbra lateral no tenga cargas diferentes a las de la presión del concreto plástico. El término *tiempo de curado acumulado* representa la suma de períodos, no necesariamente consecutivos, durante los cuales la temperatura del aire que rodea al concreto sea de más de 10° C. Las 12 horas de tiempo de curado acumulado se basan en cementos normales y en condiciones ordinarias; el

Capítulo 3 Procedimiento constructivo utilizados en la construcción de tanques rectos

uso de cementos especiales o condiciones no usuales puede requerir un ajuste de los límites dados.

3.4 Colado de elementos estructurales

Cuando ya se han tomado en cuenta las consideraciones para la colocación de la cimbra se procede a colar el elemento. El colado o vaciado de concreto en general se debe de realizar siguiendo las siguientes consideraciones:

- El equipo y transporte que vaya a estar en contacto con el concreto deben estar limpio.
- La herramienta que se emplee para la colocación del concreto deberá estar limpia y húmeda.
- La superficie del concreto endurecido del muñón o arranque debe estar libre de lechada, residuos o basura como son el aserrín, los clavos, los pedazos de madera y otros desechos que se acumulan dentro de la cimbra.
- El concreto debe vaciarse lo más cercano a su posición definitiva. Se debe vaciar por capas y de espesor uniforme, consolidando adecuadamente cada capa antes se colocar la siguiente. Para evitar que se genere segregación no se debe permitir que el concreto se deje caer libremente de una altura de más de 1.5 m.
- El vaciado una vez iniciado no debe ser interrumpido, solo en caso de fuerza mayor
- La descarga total del concreto de cada unidad mezcladora debe hacerse en menos de una hora y media, a partir de la inyección de agua a la mezcla.
- Cuando el molde sea alto y estrecho se deben de hacer aberturas en los costados del mismo para introducir el concreto o colarse con un conducto de menor diámetro que permita introducir el concreto.
- No se debe colar elementos de concreto durante lluvias fuertes o prolongadas que puedan lavar el mortero del agregado grueso. Se podrá colar cuando una vez iniciado el vaciado de concreto se presenten lluvias y se deberá proteger la superficie a fin de evitar segregaciones superficiales. Se podrá colar cuando el

Capítulo 3 Procedimiento constructivo utilizados en la construcción de tanques rectos

elemento a colar sea muros ya que el espacio de contacto con la lluvia es mínimo y se deberá proteger la superficie a fin de evitar segregaciones superficiales.

- Es necesario vibrar el concreto para consolidar verticalmente y en capas sensiblemente horizontales de espesor uniforme hasta que quede totalmente compactado.
- No se debe de colocar el concreto segregado
- Debe evitarse descargar el concreto directamente en las cimbras, ya que se propicia la segregación.
- En la colocación del concreto, la altura máxima en caída libre, desde el extremo del canalón, banda transportadora, tubería de bomba u otro dispositivo debe ser como máximo de 1.5 m, excepto cuando se usen elementos amortiguadores de caída.
- Se debe de evitar la formación de juntas frías entre dos capas sucesivas de concreto estructural, para ello es necesario que el espesor de las capas horizontales no exceda de 50 cm y que durante el vibrado de la capa superior, el vibrador penetre la capa colocada previamente.

3.5 Compactación del concreto

La compactación es la operación que permite hacer fluir el concreto recién colocado dentro de las cimbras para llenar todo el espacio confinado por las mismas y darles la máxima compacidad posible. Para lograrlo se requiere someterlo a vibraciones de frecuencias superiores a 3000 revoluciones por minuto. Los equipos vibradores pueden ser de inmersión, externos o de superficie, accionados por medio de electricidad o gasolina. No es recomendable el acomodo del concreto por medio de picado, para evitar la segregación del concreto.

El vibrador debe introducirse rápidamente y extraerse del concreto con lentitud, en dirección completamente vertical y a distancias regulares.

Capítulo 3 Procedimiento constructivo utilizados en la construcción de tanques rectos

El tiempo que el vibrador debe permanecer dentro del concreto en cada inserción depende de su consistencia; debe comenzar a extraerse en el momento en que la superficie del concreto adquiere brillo por efecto del flujo de lechada.

Se debe evitar sobre vibrar el concreto, o desplazarlo lateralmente mediante la aplicación inclinada del vibrador porque se produce segregación.

Durante la vibración del concreto, debe ser evitado el contacto accidental de los vibradores con la cimbra.

3.6 Curado de concreto

Los objetivos del curado son prevenir la pérdida de humedad del concreto recién colado y mantener una temperatura favorable en el mismo por un periodo definido, inmediatamente después de su colocación y acabado con el propósito de que se desarrollen las propiedades deseadas, tales como son la resistencia, rigidez y durabilidad entre otras

El método de mayor efectividad para curar el concreto depende de las circunstancias y tipo de obra. Son aceptables los siguientes tipos de curado:

- Métodos que mantengan la presencia de agua de mezclado en el concreto durante el periodo inicial de endurecimiento. Entre estos se incluye la inundación con agua limpia, el rociado permanente y las cubiertas húmedas saturadas, el cubrir con arenas húmedas y aplicación de vapor de agua a presión atmosférica. Este método es propio para el curado de elementos horizontales
- Métodos que eviten la pérdida del agua de mezclado del concreto sellando la superficie. Estos pueden lograrse cubriendo el concreto con hojas de plástico o aplicando compuestos de curado que formen membranas. El método es especialmente útil en superficies verticales.

Capítulo 3 Procedimiento constructivo utilizados en la construcción de tanques rectos

Por lo que respecta a las cimbras, debe de recordarse que estas brindan una protección satisfactoria contra la pérdida de humedad si las superficies expuestas del concreto se conservan húmedas.

3.7 Juntas en los tanques de concreto reforzado

Las juntas en el concreto de los tanques son discontinuidades en la construcción de un muro, una losa o una cubierta. Tienen por objeto la liberación de esfuerzos, tales como los ocasionados por los cambios de temperatura, esfuerzos que son una consecuencia de la contracción o de la dilatación que experimenta la estructura. Normalmente, el concreto experimenta pequeños cambios en sus dimensiones, como consecuencia de su exposición al ambiente o a causa de las cargas que se le imponen a la estructura. Suelen también ocurrir cambios de volumen en el concreto, que generalmente son provocados por la contracción o la expansión, como respuesta al flujo plástico (la fluencia), a los cambios de temperatura o a causa del contenido de humedad. Como resultado de estos cambios, el concreto experimenta movimientos en los extremos de los elementos estructurales, que pueden ser permanentes o temporales.

Si los movimientos de contracción se restringen excesivamente, se presentará el agrietamiento en el elemento estructural. La restricción del movimiento de expansión puede tener por resultado la distorsión y el agrietamiento del elemento o la trituración de sus extremos, así como la transmisión de fuerzas no previstas a los apoyos de la estructura.

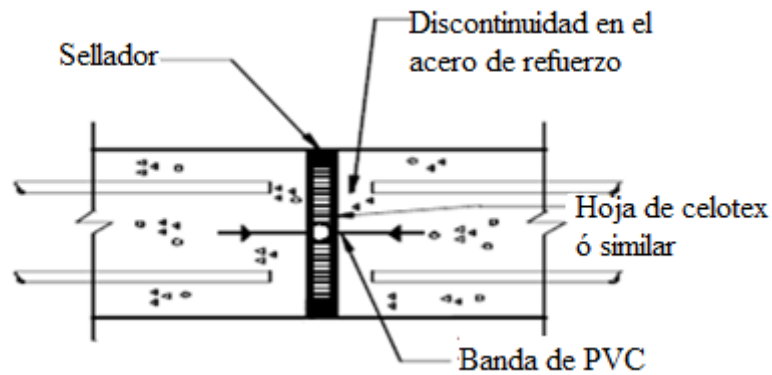
Una manera de reducir al mínimo estos efectos perjudiciales al funcionamiento de la estructura, es la de dotarla de juntas, en las cuales se asimilen los movimientos que experimenta dicha estructura. También es costumbre dejar juntas deliberadas en el concreto al quedar terminada una etapa de colado.

Sea cual fuere su objeto y características, en los tanques para el almacenamiento de líquidos, las juntas en el concreto deberán sellarse mediante bandas de polivinilo, hule, metal o cualquier material que impida las filtraciones del líquido.

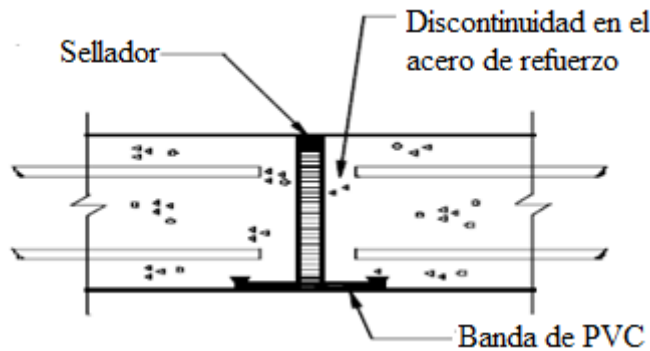
Capítulo 3 Procedimiento constructivo utilizados en la construcción de tanques rectos

3.7.1 Juntas de expansión o de dilatación.

Las juntas de expansión tienen por objeto que, durante los periodos de construcción y de servicio, puedan tener lugar, tanto la expansión, como la contracción del concreto en la estructura, con el objeto de permitir cambios en las dimensiones en el concreto debidos a los incrementos o decrementos en la temperatura que habrá de experimentar la estructura. En este tipo de junta existirá una completa discontinuidad tanto en el concreto como en el refuerzo. Deberá haber una holgura inicial entre las secciones del concreto a ambos lados de la junta, la cual permite absorber los cambios de volumen producido por las variaciones de temperatura.



Junta de expansión en muro perimetral

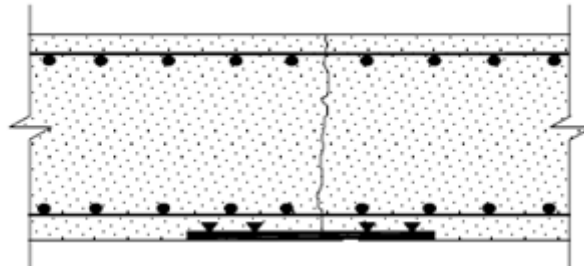


Junta de expansión en losa de cimentación

Capítulo 3 Procedimiento constructivo utilizados en la construcción de tanques rectos

3.7.2 Juntas de contracción

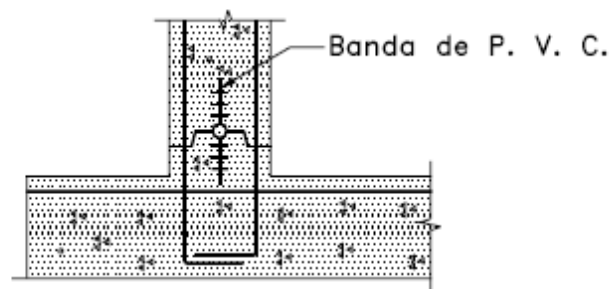
Las juntas de contracción, como su nombre lo señala, tienen por objeto absorber los movimientos que provocan la contracción entre dos secciones del concreto



Junta de contracción en losa de cimentación

3.7.3 Juntas de construcción

Son las juntas que se forman como parte del proceso constructivo ya que los elementos no son colados monolíticamente.



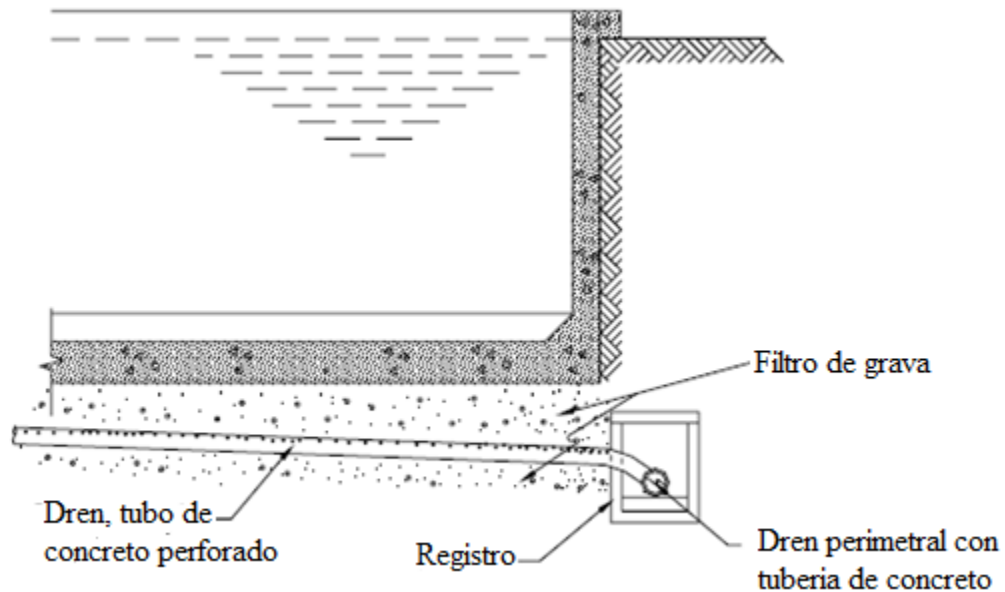
3.8 Agrietamiento causado por cargas o deformaciones

El agrietamiento es inevitable en las estructuras de concreto. Estas grietas no son indicio de deterioro de las condiciones de servicio de la estructura, siempre que el ancho de la grieta no sea excesivo. El ancho aceptable de una grieta en un elemento depende de su función estructural. La cantidad de acero de refuerzo debe ser la suficiente para controlar el ancho del agrietamiento en las áreas donde ocurre tensión.

Capítulo 3 Procedimiento constructivo utilizados en la construcción de tanques rectos

3.9 Preparación del terreno

El terreno donde se vaya a construir el o los tanques rectos, debe estar a nivel, libre de material orgánico y previamente se compactará adecuadamente, ya sea con pisón de mano o mecánicamente. Se evitará que el desplante del depósito se haga sobre suelos cuyas características difieran entre sí, lo que podría dar lugar a asentamientos diferenciales. Cuando el nivel de agua freática pueda causar una sub presión en la base del tanque, antes de iniciar la construcción de la cimentación, se colocarán filtros y drenes para desalojar dicha agua como se muestra en la siguiente figura.



Sistema bajo-dren.

Asimismo, será necesario mantener un bombeo constante durante la excavación y la construcción de la cimentación. Así, al mismo tiempo que se intenta suprimir el agua freática se propicia que se trabaje en seco, evitándose la posible flotación del tanque cuando éste se encuentre vacío. Deberán seguirse las recomendaciones del estudio de geotecnia, no se abunda mas en el procedimiento de preparación del terreno ya que en la PTAR de Atotonilco se tenía un departamento de terracerías que entregaba a construcción el terreno; lo mencionado anteriormente son las recomendaciones generales para terracerías.

Capítulo 3 Procedimiento constructivo utilizados en la construcción de tanques rectos

3.10 Plantilla

La plantilla es considerada un elemento no estructural que evita el contacto entre el suelo y la estructura con fin de impedir la contaminación de dicha estructura.

Antes de la colocación de la plantilla de concreto se procederá de la siguiente manera:

- Trazar la sección a colarse, esto se realiza de acuerdo con las dimensiones y niveles indicados en el proyecto de cada elemento.
- Cimbrar en caso necesario, el perímetro de la sección a colarse ya que algunas veces la cimentación tiene escalones o escarpíos que se deben de considerar.
- Verificar los niveles de piso terminando tanto en la cimbra colocando algunas referencias o ya sea en las muestras colocadas que servirán de guía para tomar los niveles.
- Realizar una limpieza del área antes de colocar el concreto de la plantilla, verificando que el fondo de la superficie esté libre de basura piedras o cualquier objeto que pueda alterar la calidad del trabajo.
- Realizar un riego o humedecer el área donde se colocara la plantilla.
- Colocación de concreto, puede ser por tiro directo o por bombeo. No es común que se vibre una plantilla al momento de la colocación de concreto

3.11 Recomendaciones para plantilla

Se recomienda hacer un riego o humedecer el material en el cual se colocara el concreto para formar la plantilla, en el caso de la PTAR puede haber tres opciones del material sobre el cual se colocara la plantilla el primero sería una grava de 2^{1/2"} a 3", la segunda el terreno natural y el tercero, relleno de base. En cualquiera de los tres casos se recomienda humedecerlos, esto ayudara en el proceso de colocación del concreto, las ventajas que se obtienen son:

Capitulo 3 Procedimiento constructivo utilizados en la construcción de tanques rectos

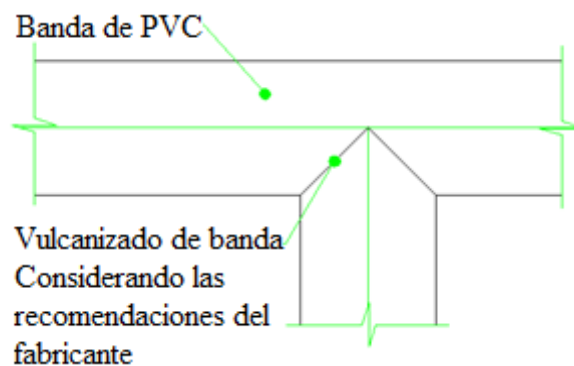
- Produce una capa firme que facilita la colocación del concreto.
- Se reducen las grietas de la plantilla ya que el material sobre el que está colocado no absorbe el agua del concreto.

Es importante realizar un adecuado curado de la plantilla, ya que de ello depende que no se formen grietas y proporcione un mal aspecto a la hora de realizar el colado del concreto

3.12 Armado y cimbrado para losa de cimentación de concreto reforzado

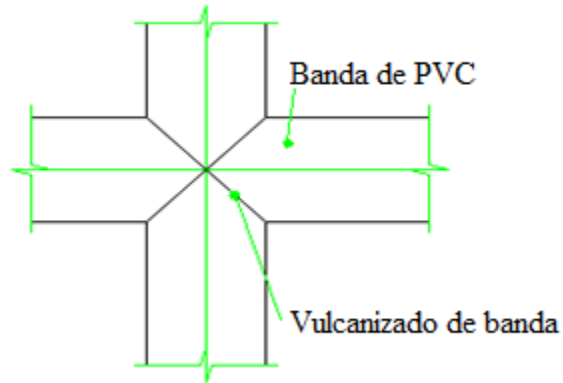
Es el elemento fundamental de los tanques rectos de la PTAR ya que en ella se dejan los preparativos para poder empalmar muros perimetrales, columnas, escalones, etc.

- El trazo se deberá realizar de acuerdo con el levantamiento topográfico, con puntos y líneas colocados por el topógrafo.
- Limpiar la plantilla quitar exceso de tierra, polvo o cualquier material que pueda afectar el funcionamiento de las bandas y/o concreto.
- Colocar las bandas de expansión y contracción según sea el caso, recordando que las bandas de PVC deben estar termo fusionadas correctamente y cumplir con las especificaciones.



Arreglo para vulcanizado de banda, para losa de cimentación.

Capitulo 3 Procedimiento constructivo utilizados en la construcción de tanques rectos



Arreglo para vulcanizado de banda, para losa de cimentación.

- El lecho inferior del refuerzo se debe realizar de acuerdo con el despiece y especificaciones de los planos con la colocación respectiva de amarres de alambre recocido en el cruce de varillas. Recordando que los recubrimientos mínimos serán de 5cm para cumplir con la especificación se pondrá separadores (pollos o silletas) en el lecho inferior y tomando en cuenta que los traslapes se realizarán al 33 por ciento máximo.



Armado lecho inferior losa de cimentación

Capitulo 3 Procedimiento constructivo utilizados en la construcción de tanques rectos



Traslape de acero de refuerzo al 33 por ciento máximo.

Armado lecho inferior losa de cimentación

- Colocar el armado vertical de acero de muros, columnas, contrafuertes o cualquier otro elemento, posteriormente se colocaran venteos y contraventeos dependiendo de la altura del muro. Este punto solo se realizara si la losa de cimentación lleva muros columnas u otro elemento estructural.

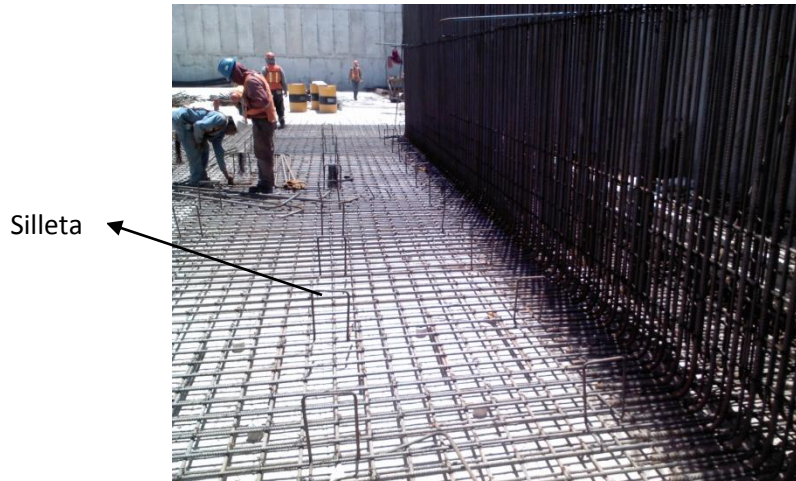


Venteo

Armado vertical de acero en muros

Capitulo 3 Procedimiento constructivo utilizados en la construcción de tanques rectos

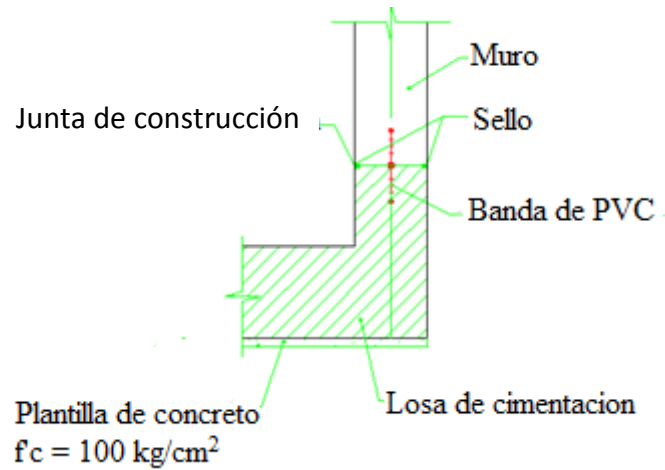
- Para la adecuada instalación del armado se deberán colocar silletas encima del lecho inferior de acero de la losa de cimentación aproximadamente a un metro o metro y medio, dependiendo del grueso de la varilla del lecho superior.



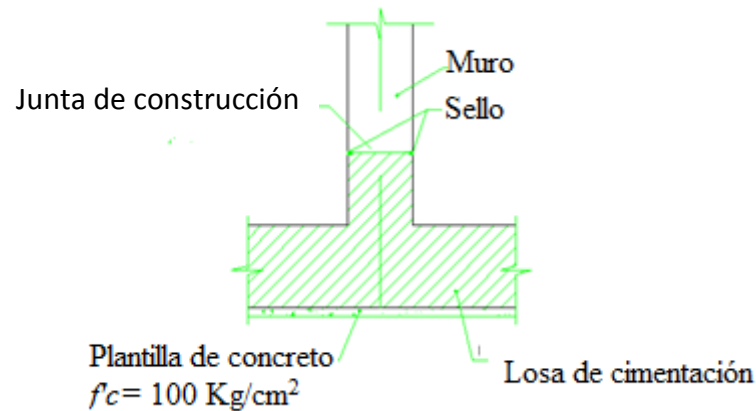
Colocación de silletas

- Se colocara el lecho superior de acero, de la losa de cimentación de acuerdo con el despiece y especificaciones de los planos con la colocación respectiva de amarres de alambre recocido en el cruce de varillas, recordando que los traslapes se realizaran al 33 por ciento máximo.
- Mediante una inspección física de debe comprobar que el acero de refuerzo cumpla con las especificaciones del proyecto.
- Nivelar el acero de refuerzo de la losa de cimentación silleta por silleta.
- Colocar la banda perimetral, horizontal, de PVC en los muros; 50 cm arriba del nivel tope de concreto de la losa cimentación deberá ir el bulbo central de la banda o el eje de la banda. Si el muro es de espesor variable, significa que la base del muro es de 60 cm y la corona del muro es de 30 cm, la banda vertical tiene que instalarse al centro de la corona.

Capitulo 3 Procedimiento constructivo utilizados en la construcción de tanques rectos



Banda perimetral de PVC



Muro intermedio sin banda de PVC

- En el caso de muñones u otro elemento el topógrafo deberá de proporcionar las referencias para poder colocar la cimbra, estas referencias serán del paño exterior del elemento.
- Para colocar la cimbra de la losa de cimentación con los muñones se deberá dejar los preparativos necesarios para realizar el machihembrado o la llave.
- Es importante en este punto del procedimiento realizar una limpieza para quitar exceso de tierra, polvo o cualquier material que pueda afectar el funcionamiento de las bandas y/o concreto.

Capitulo 3 Procedimiento constructivo utilizados en la construcción de tanques rectos

- El topógrafo deberá entregar los niveles de tope de concreto.
- Una vez que se cumplió con el procedimiento anterior se realiza el vaciado de concreto.

3.13 Recomendaciones para losa de cimentación

Es importante mencionar que para losas de cimentación, lo ideal es colar de banda de expansión a banda de expansión, pero en algunos casos no es posible ya que el terreno no tiene plantilla, falta excavación, no está liberado el tramo por parte de la supervisión. Se puede colar la losa de cimentación de banda de expansión a banda de contracción, para ello lo que se debe hacer es dejar el acero continuo, no cortarlo, un ejemplo de esto se muestra en las siguientes imágenes.



Colado de losa de cimentación hasta junta de contracción

Para la colocación del concreto se debe iniciar por el lado corto de la cimentación, ya que en algunas ocasiones el suministro no es constante y se puede presentar una junta fría.

Para el muñón del muro perimetral se colará el concreto hasta por arriba del bulbo central de la banda de PVC, es muy común que este tipo de trabajo no se realice, lo anterior origina un problema para garantizar la impermeabilidad del tanque.

Capítulo 3 Procedimiento constructivo utilizados en la construcción de tanques rectos

Otro punto importante es el corte para las juntas de contracción; es de suma importancia cortarlas al día siguiente y no esperar demasiado tiempo, el concreto se puede agrietar por no realizar los cortes a tiempo.

Durante el periodo de colado se debe tener precaución en evitar que cualquier bebida que puedan estar ingiriendo el personal que interviene en la obra, se ponga en contacto con el concreto, ya que puede dañar o cambiar las propiedades del concreto.

3.14 Armado y cimbrado en muros de concreto reforzado

En los muros de tanques rectos se debe de garantizar la impermeabilidad, para ello el vibrado y las bandas de PVC se deben realizar de acuerdo con las especificaciones.

Procedimiento:

- Escarificar el muñón hasta el bulbo central de la banda de PVC.
- Limpiar los materiales como basura, concreto suelto, lodo etc.
- Instalación y colocación de los andamios necesarios.
- Colocar el armado vertical de acero, de acuerdo con el despiece y especificaciones de los planos con la colocación respectiva de amarres de alambre recocado en el cruce de varillas y que los traslapes se deben realizar al 33 por ciento máximo, tomando en cuenta que para dejar el ancho de muro conforme al proyecto se dejaran horquillas.
- En caso necesario se colocarán venteos y contraventeos a 45° dependiendo de la altura del muro, con acero de refuerzo mayor al diámetro colocado verticalmente.
- Verificar que el acero de refuerzo cumpla con las especificaciones del proyecto, en relación al diámetro y separación.
- Colocar la banda de PVC en los muros, según sea el caso, recordando que hay dos tipos de bandas, la de contracción y la de expansión, éstas tienen que estar tensada y sin holguras.

Capítulo 3 Procedimiento constructivo utilizados en la construcción de tanques rectos

- Una vez que el acero se encuentre firmemente afianzado y terminado de armar se procederá a colocar la cimbra del muro de acuerdo con las especificaciones, Ingeniería de *Efco* y *Doka* en el caso de la PTAR de Atotonilco. Es importante que cuando se utilice una cimbra comercial se debe poner chaflán en las secciones donde se necesite una junta de contracción, debido a que el chaflán induce el agrietamiento del muro en el lugar donde se colocó, con ello se evita que el muro se agriete en otro lugar.
- Se debe revisar la verticalidad de cada elemento, después de haber colocado la cimbra de acuerdo con las especificaciones del fabricante, mediante la colocación de plomos.
- El ingeniero topógrafo deberá revisar cada elemento y verificar que los niveles coincidan de acuerdo con el proyecto.
- Una vez realizado lo anterior se procede a colocar el concreto.

3.15 Recomendaciones para los muros

El concreto no se debe dejar caer de la parte más alta del muro. Para colar un muro con bomba se deben utilizar reducciones, la altura máxima para la colocación del concreto no debe exceder de un metro y medio.

Cuando se utiliza bomba estacionaria para el colado de muros, se recomienda pedir un concreto con revenimiento de uno a dos centímetros mayor al especificado en planos, ya que durante el bombeo se pierde de uno a dos centímetros de revenimiento.

Para facilitar el vibrado de los muros se debe habilitar ventanas.

3.16 Trabajos especiales

3.16.1 Reparación de concreto.

Es recomendable que el personal que lleve a cabo la reparación de un tramo cuente con experiencia y/o capacitación correspondiente, sobre los métodos de trabajo, las recomendaciones sobre la reparación y aplicación de los productos de acuerdo con su hoja técnica.

Capítulo 3 Procedimiento constructivo utilizados en la construcción de tanques rectos

Las reparaciones se clasifican de acuerdo con el grado de afectación del elemento, de acuerdo con el criterio siguiente:

- Reparación tipo 1 o menores: cuando el concreto ha sido dañado por la cimbra, parches pequeños de concreto no compactado y con profundidades no mayores a 5 mm.
- Reparación tipo 2 o grandes: cuando el concreto ha sido dañado por la cimbra con profundidades desde 6mm y no mayores de 15 cm, con o sin exposición de acero de refuerzo, grietas mayores a 0.4 mm en muros.
- Reparación tipo 3 o daño extenso al concreto: cuando el concreto ha sido dañado con profundidades mayores a las de tipo 2.

Todas las reparaciones de concreto deberán realizarse en 3 etapas

- Identificación de defectos: ésta se realizará durante el proceso del colado o posteriores a este, serán identificados con marcas visibles, así como el tipo de reparación.
- Reparación de la superficie: posterior a la identificación de defectos, se procederá a preparar las superficies a reparar como se indica en el procedimiento de reparación de concreto, dependiendo del tipo de reparación. Una vez realizada la preparación se procederá con la reparación.
- Inspección final de la reparación del concreto: verificar la aplicación de *Sikatop* o similar como lo indica en la ficha técnica del fabricante, además de aplicar el procedimiento de reparación de acuerdo con su tipo.

Tipo 1 Reparaciones menores

En todos los casos, sin excepción, esta actividad se desarrollará en concreto fresco, es decir las reparaciones se realizarán con el concreto en etapa de fraguado inicial sin llegar a su resistencia final o 28 días.

Capítulo 3 Procedimiento constructivo utilizados en la construcción de tanques rectos

Procedimiento de reparación:

- Se realiza un hueco rectangular en el lugar del daño, de mayor dimensión.
- Limpiar perfectamente la superficie a reparar, removiendo toda partícula suelta con cepillo de alambre, aire o agua hasta lograr una superficie limpia.
- La reparación deberá hacerse con pasta de concreto usado durante el colado.
- Las reparaciones deberán realizarse antes de la aplicación de la membrana del curado.

Tipo 2 Reparaciones grandes

Este tipo de reparaciones se deberán realizar con concreto fresco, es decir cuando el concreto aún se encuentre con fraguado inicial, es preferible que el concreto para la reparación tenga la misma resistencia del concreto original.

En este tipo de reparaciones se puede aplicar mortero de reparación estructural tipo *Sikatop 122* o *Sikatop 123* o *Sandex UNI Mortar 1Z*, dependiendo de la extensión, dimensiones del área de reparación y de acuerdo con la experiencia.

Procedimiento de reparación:

- Todo el concreto que no esté consolidado, material suelto, etc., deberá ser removido con cincel, martillo y/o equipo mecánico dependiendo de la edad del concreto y la magnitud del defecto a reparar.
 - En secciones donde el acero de refuerzo esté expuesto, se deberá preparar la superficie, picando 15 mm de profundidad adicional a la sección de reparación, a fin de asegurar la adherencia del producto de reparación.
 - Cuando el concreto alcanzó su estado sólido, éste no será removido. La reparación se limitará a remover el concreto suelto y a lavar con suficiente agua antes de aplicar algún producto de reparación.
-
-

Capitulo 3 Procedimiento constructivo utilizados en la construcción de tanques rectos

- Se debe incluir en la superficie de concreto a reparar y el mortero de reparación un *punte de adherencia* mediante el empleo de *Sikadur-32 gel* o *Epoxine 200*. Si es requerido por el fabricante del producto.
- El mortero de reparación será *Sikatop 122* o *Sikatop 123* o *Sandex UNI Mortar 1Z* o similar, la elección del producto depende de la profundidad del área a ser reparada y de la presencia de acero de refuerzo expuesto. El mortero de reparación será mezclado mecánicamente de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- El mortero de reparación se colocara en capas delgadas y será aplicada en la superficie limpia con una llana de madera o a mano. La capa de mortero de reparación será aplicada inmediatamente después de humedecer y antes de que se seque la superficie. Para reparaciones profundas se aplicara en dos o más capas cruzadas. Las capas sucesivas del material no podrán ser aplicadas sino hasta que la primera capa allá endurecido. El acabado de las capas preliminares debe ser rugosa para asegurar la adherencia adecuada.
- El espesor máximo de una capa de *Sikatop 122* o similar debe ser de 25 mm y puede utilizarse hasta profundidades de 15 cm como se menciono anteriormente. En la aplicación del mortero *VANDEX* o similar las capas serán con un espesor máximo de 12 mm por cada capa como máximo.
- Al terminar la reparación se debe proteger de las condiciones meteorológicas adversas y se debe seguir con las recomendaciones que marca el fabricante, además de aplicar una membrana de curado como protección final en superficies verticales; en el caso de reparaciones de concreto horizontales, éstas se deben proteger con tela de yute húmedo y polietileno.
- El curado de las reparaciones deben realizarse por lo menos 3 días continuos. En el caso de utilizar membrana de curado, ésta se debe aplicar con rodillo una vez terminada la reparación y durante 3 días seguidos.

Capítulo 3 Procedimiento constructivo utilizados en la construcción de tanques rectos

Tipo 3 Daño extenso al concreto

Este tipo de reparaciones generalmente se realiza cuando se presentan movimientos estructurales durante la construcción de la obra o una vez terminada y se dan cuando el concreto ya trabajó bajo las condiciones de su esfuerzo máximo. Los daños al concreto son evidentes formando grietas u oquedades visibles que pueden dejar a la vista o no el acero de refuerzo.

Procedimiento de reparación:

- Donde se encuentre acero expuesto, el concreto será removido en toda la sección hasta 25 mm mínimo por detrás del acero expuesto para asegurar la adherencia con el concreto de reparación.
- La superficie debe ser limpiada lavándola y cepillándola para remover cualquier polvo o material suelto. Se aplicará un adhesivo *punte de adherencia* para *Sikadur gel 32* o *Epoxine 200* o similar.
- En los casos donde se requiera utilizar cimbra para la colocación y compactación del concreto se asegurara que la reparación este completamente llena, se darán golpes a la cimbra para acomodar el concreto.
- Para las reparaciones muy grandes se abrirán *ventanas* adicionales en la cimbra para auxiliar en la colocación y compactación.
- La cimbra se mantendrá en el lugar por un mínimo de 24 horas. Cuando la cimbra se retire, al concreto expuesto se le aplicaran dos capas cruzadas de agente de curado.

3.16.2 Reparación de oquedades en elementos estructurales

Reparaciones de 6 cm o más de profundidad

Procedimiento:

Capitulo 3 Procedimiento constructivo utilizados en la construcción de tanques rectos

- Una vez retirada la cimbra se demolerá toda la parte afectada abriendo la caja, la profundidad o espesor de esta reparación puede ser de 6 cm o mayor.
- Retirar toda la gravilla suelta y todo el material disgregado se limpia con cepillo y agua hasta desaparecer el polvo, en caso dado se debe sopletear con aire comprimido.
- El acero expuesto se limpiará del concreto adherido y se cepilla hasta quedar limpio de impurezas
- Una vez limpia el área afectada se aplicará el material *Epoxine* 200 de la marca *Fester* y/o similar, de acuerdo con la ficha técnica del producto.
- Realizados los puntos mencionados con anterioridad se procederá a cimbrar y a colocar un concreto $f'c$ de igual o superior a la del elemento a reparar; después de 24 horas se descimbra e inmediatamente después se debe cubrir con curacreto para colocar después costales de yute para evitar la deshidratación.

Reparaciones menores de 5cm de profundidad

Este tipo de reparaciones se presenta en elementos estructurales que al momento del vaciado del concreto, los agregados quedaron obstruyendo los espacios de los recubrimientos, entre la cimbra y el acero de refuerzo, y aún con el vibrando dejaron oquedades superficiales o parciales de 5 cm de profundidad o espesor.

Procedimiento:

- Una vez que se retira la cimbra se procede a abrir las cajas hasta retirar todo lo disgregado y todas las partes sueltas.
 - Se realizará limpieza en su totalidad de todo el acero expuesto a la intemperie y así poder aplicar un puente de adherencia para posteriormente cimbrar sus lados, para colar con un concreto $f'c$ de igual o superior resistencia a la del elemento, mezclado con material *Grout* 740 o similar en partes iguales.
-
-

Capítulo 3 Procedimiento constructivo utilizados en la construcción de tanques rectos

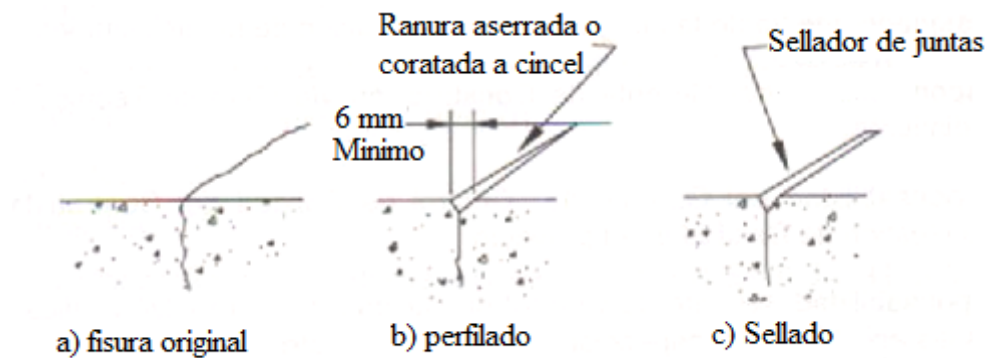
- Se retira la cimbra y se agrega humedad durante un periodo mínimo de 24 horas en el área reparada y posteriormente se aplica curacreto para evitar la pérdida brusca de humedad y se verifica que no se produzcan agrietamientos en la superficie reparada.

3.16.3 Sellado de Fisuras

Este procedimiento consiste en agrandar la fisura a lo largo de su cara expuesta y sellarla con un producto adecuado. Los selladores pueden ser de diferentes materiales tales como resina epoxi, uretanos, siliconas, materiales asfálticos, morteros de polímero.

Procedimiento:

- Ranurar la fisura utilizando herramientas manuales o herramientas eléctricas, para reparar la superficie de una ranura de profundidad variable generalmente entre 6 y 25 mm.
- Limpiar la ranura con aire o agua a presión y dejar que seque.
- Colocar el sellador en la ranura y se procede al curado en caso de que se requiera como se muestra en la figura siguiente.



3.17 Pruebas de estanqueidad de tanques rectos

Se deben realizar trabajos preliminares para iniciar con las pruebas de estanqueidad.

Trabajos preliminares:

Capítulo 3 Procedimiento constructivo utilizados en la construcción de tanques rectos

- Verificar que los trabajos de sellado de huecos producto del encamisado, se hayan concluido.
- Revisar las reparaciones en general de los elementos en el interior y realizar cualquier reparación que se necesite, como son: reparación de fisuras y oquedades en el concreto.
- Colocar en el exterior del pasamuros tapas con bridas o soldadas o cualquiera otro elemento que no permita la salida del líquido en las pruebas.
- Preparar la colocación de bombas, mangueras para el llenado.
- Limpiar el interior del tanque de escombros, basura y material sedimentado.
- Utilizar agua limpia libre de patógenos o microorganismos de procedencia fecal.
- Los requerimientos de seguridad para la construcción y operación de los tanques de agua, se debe realizar de acuerdo con la norma oficial mexicana NOM-007-CNA-1997, donde se considera que el tanque se debe llenar en 3 fases:
 1. 33 por ciento de la capacidad del tanque
 2. 66 por ciento de la capacidad del tanque
 3. 100 por ciento de la capacidad del tanque

CAPÍTULO 4 CONCLUSIONES

Este trabajo es la conclusión de mis estudios de licenciatura de la carrera de Ingeniería Civil desarrollando en un trabajo escrito una pequeña parte de las obras civiles, como lo es la construcción, en específico la construcción de tanques rectos para una PTAR.

Por otro lado considero que es un proyecto que marca un parte aguas en la infraestructura hidráulica de la ciudad de México y el sistema de construcción dada la magnitud del mismo proyecto, que es un proyecto concesionado a 25 años.

El sistema constructivo es de los más avanzados que en México se han realizado, los métodos utilizados, la tecnología y la información proporcionada ayudará a especializar a los ingenieros civiles en esta disciplina la cual tendrá mayor interés en los próximos años no solo en México sino en el mundo para garantizar el acceso al agua de las futuras generaciones.

El procedimiento constructivo es aplicable a cualquier tanque para almacenar agua, teniendo en cuenta todas las consideraciones proporcionadas y aporta un panorama general de la construcción de tanques rectos para la PTAR de Atotonilco, no obstante estos procedimientos constructivos se pueden aplicar en cualquier PTAR o para una planta potabilizadora de agua.

Cada tanque recto tiene sus propias características, en algunos casos vigas inclinadas y/o vigas a lo largo del tanque y/o columnas y/o muros perforados y/o vertedores y/o ménsulas, etc., cada elemento estructural se puede construir siguiendo los procedimientos y recomendaciones descritos de cimbra, armado y concreto.

Las consideraciones dadas para el armado, colocación del concreto y la cimbra se aplican para cualquier obra de concreto reforzadas, ya que se aplican las normas de la *ONNCCE*, *ACI* y *Reglamento de Construcción del Distrito Federal*.

Conclusiones

Los procedimientos y recomendaciones proporcionados se elaboraron a partir de la experiencia en campo en la construcción de los tanques rectos del Área 300 bloque D, donde se construyeron tres reactores biológicos y tres clarificadores secundarios con un área aproximada de una hectárea. El trabajo presenta los procedimientos para la cimbra, armado de acero de refuerzo, colado del concreto, identificación y reparación del concreto y pruebas de estanqueidad, que se pueden aplicar en cualquier construcción de tanques rectos de una PTAR, así como, para tanques de agua, debido a que los procedimientos de construcción son similares.

Los tanques pueden ser de una geometría rectangular, circular o poligonal, en este trabajo sólo se refieren a los tanques rectos, como son los cuadrados y rectangulares, no obstante, con lo descrito en este trabajo se pueden construir tanques rectos de hasta una altura de 10 metros, se tomarán otras consideraciones para realizar la construcción de los tanques rectos mayores a 10 metros de altura.

El propósito fundamental de esta tesis es proporcionar un procedimiento constructivo a los profesionistas involucrados en la construcción de tanques de concreto reforzado, así como, algunas recomendaciones, sugerencias y lineamientos, que mejoren y faciliten su construcción de las plantas de tratamiento de agua residual o plantas potabilizadoras.

GLOSARIO

Acero: elemento metálico con ciertos compuestos químicos y grados de maleabilidad que ayuda a reforzar un elemento de concreto

Aditivos para concreto: son materiales diferentes al agua, a los agregados y al cemento, que se puede emplear como componentes del concreto y se agregan en pequeñas cantidades a la mezcla inmediatamente, antes o durante el mezclado, interactuando con el sistema hidratante-cementante mediante la acción física, química o físico- química, modificando una o más de las propiedades del concreto o mortero en sus etapas de fresco, fraguado, endureciéndose y endurecido. No se considera como aditivos los suplementos del cemento como escorias puzolanas naturales o humo de sílice, ni las fibras empleadas como refuerzo, los cuales pueden ser constituyentes del cemento, mortero o concreto.

Agregados: materiales naturales, naturales procesados o artificiales, que se mezcla con los cementos y agua para hacer morteros o concretos.

Andamio: armazón de metal desmontable para alcanzar alturas superiores a 2 m que sirve para dar seguridad a las actividades de la construcción.

Apuntalamiento o troquelamiento: elemento de madera o metal utilizados para reforzar el área cimbrada de un elemento estructural.

Cemento hidráulico: aglutinante hidráulico producido por la pulverización de clinker y sulfatos de calcio en algunas de sus formas.

Cimbra: elemento de madera o metal utilizado como molde en el proceso de prefabricados de un elemento estructural determinado.

Concreto hidráulico en estado endurecido: es la condición en la que el concreto hidráulico es capaz de resistir las acciones para las cuales fue especificado.

Glosario

Concreto hidráulico en estado fresco: es la etapa inicial del proceso de fraguado del concreto durante la cual presenta una trabajabilidad que permite realizar las operaciones de transporte, colocación, compactación y acabado.

Concreto hidráulico para uso estructural: es el concreto hidráulico empleado para formar una parte integral de una estructura o edificación.

Concreto hidráulico: Es una mezcla de agregados naturales, naturales procesados o artificiales, cementante o agua, a la que además se le pueden agregar algunos aditivos; debe ser dosificado en masa o volumen.

Concreto: material pétreo artificial obtenido de la mezcla de cemento, agregados, agua y adicionales.

Curado: es el proceso mediante el cual se mantiene un ambiente favorable (humedad y temperatura), para que el concreto obtenga sus características requeridas al llegar a su estado endurecido.

Desencofrante: aditivo líquido que se aplica a la cimbra para facilitar el desmolde.

Escama: grado de oxidación avanzado en el acero de refuerzo que aparece cuando este ha estado expuesto durante un periodo prolongado de tiempo a la lluvia y humedad del medio ambiente.

Estiba: acomodamiento de elementos (metálicos, madera, plásticos, etc.) para evitar que se dañen y no pierdan su configuración inicial.

Fisura: rotura que aparece en cualquier material como consecuencia de la existencia de tensiones, externas o internas, superiores a la capacidad resistente del mismo, que se manifiestan en forma de hendidura o grieta longitudinal de poca profanidad y abertura menor a 1 mm.

Fraguado: La condición alcanzada por la parte de cemento, mortero o concreto cuando pierde elasticidad.

Hueco: que tiene vacío el interior.

Glosario

Junta fría: es una discontinuidad resultante de la demora en la colocación del concreto por un tiempo suficiente para impedir la unión de dos capas sucesivas del material.

Mortero: masa constituida por arena, cementante, agua y algún aditivo.

Oquedad: espacio parcial que en un elemento estructural queda vacío, con o sin acero de refuerzo expuesto

Oxido: compuesto que resulta de una combinación entre el oxígeno y todos los elementos químicos a excepción de gases nobles y flúor.

Pie de obra: lugar donde se descarga el concreto inmediato al sitio de su colocación y punto de verificación de las características de concreto en estado fresco

Recubrimiento: es la protección que da el concreto al acero de refuerzo contra el medio ambiente. Es la distancia medida desde la superficie del concreto a la parte más cercana del acero de refuerzo, incluye zunchos, estribos y anillos.

Resina epoxi: material polimérico termoestable que se endurece al mezclarlo con un agente catalizador o endurecedor, sirve como puente de adherencia.

Revenimiento: es una medida de consistencia del concreto fresco.

Segregación del concreto: es la separación de los constituyentes del concreto, de modo que la distribución de los tamaños de las partículas deje de ser uniforme.

Sellador: productos químicos compuestos normalmente por polímeros que se utilizan para unir elementos diversos mediante el relleno del espacio intermedio que existe entre ellos. Un sellador desarrolla dos funciones principales. La primera consiste en garantizar la impermeabilidad del sistema constituido entre sí. La segunda debe permitir los movimientos relativos entre ambos elementos sin que se produzcan deformaciones irreversibles en la unión.

Sitio de colocación: es el lugar o elemento de la estructura donde se vacía el concreto para tomar su forma definitiva

Glosario

Traslape: continuidad de un elemento mediante el empalme, metálico o de madera y su longitud depende de las especificaciones del proyecto, recomendaciones o norma.

Venteo: acción de sostener armado contra la fuerza del viento, afianzando del talud o de la plantilla.



BIBLIOGRAFÍA

- Aguas Tratadas del Valle de México, Memoria descriptiva, PTAR Atotonilco ID_000_PR1_MD_0151_0_B, México, 2011
- Aguas Tratadas del Valle de México, Plantillas, PTAR Atotonilco PRCO_OC_003_OC, México, 2012
- Aguas Tratadas del Valle de México, Procedimiento constructivo para cimbras, PTAR Atotonilco PRCO_OC_004_OC, México, 2012
- Aguas Tratadas del Valle de México, Procedimiento constructivo para concretos, PTAR Atotonilco PRCO_OC_006_OC, México, 2012.
- Aguas Tratadas del Valle de México, Procedimiento de acero de refuerzo, PTAR Atotonilco PRCO_OC_005_OC, México, 2012
- Aguas Tratadas del Valle de México, Procedimiento de armado y cimbrado de muros hasta 10 metros de altura, PTAR Atotonilco PRCO_OC_023_OC, México, 2012
- Aguas Tratadas del Valle de México, Procedimiento de reparación de concreto, PTAR Atotonilco PRCO_OC_017_S_OC, México, 2012
- Aguas Tratadas del Valle de México, Procedimiento de reparación de fisuras para elementos estructurales, PTAR Atotonilco PRCO_OC_042_OC, México, 2012
- Aguas Tratadas del Valle de México, Procedimiento para la limpieza de acero de refuerzo, PTAR Atotonilco PRCO_OC_014_OC, México, 2012.
- César Valdez E. y Vázquez González A. Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales, México, 2003.
- Concreto hidráulico para uso estructural NMX-403-ONNCCE-1999.
- Industria de la construcción cementos hidráulicos –especificaciones y métodos de prueba NMX –C -414-ONNCCE-1999.
- Rojas R., Gestión integral de tratamiento de aguas residuales, Organización mundial de la salud, México 2002.
- Víctor M. Pavón Rodríguez, Diseño y construcción de estructuras de concreto para contener líquidos, Ingenieros civiles Asociados, México 2005.
-
-