

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ACATLAN - UNAM
INGENIERIA CIVIL**



BIBLIOTECA Y DOCUMENTACION

CONSTRUCCION DE UNA PLANTA POTABILIZADORA EN LA PRESA MADIN, EDO. DE MEXICO



**T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A**

ALEJANDRO ESPINOSA OROZCO

M-0028620

STA. CRUZ ACATLAN EDO. DE MEXICO 1981



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



ENEP ACATLAN
 COORDINACION DEL PROGRAMA
 DE INGENIERIA Y ACTUARIA

CAI-C-0212-78

SR. ALEJANDRO ESPINOSA OROZCO
 Alumno de la Carrera de
 Ingeniería Civil
 P r e s e n t e

De acuerdo a su solicitud presentada con fecha 3 de marzo de 1978, me complace notificarle que esta Coordinación tuvo a bien asignarle el siguiente tema de tesis: "Construcción de una planta potabilizadora en la Presa Madín, Edo. de México", el cual se desarrollará como sigue:

- I. Introducción
- II. Proceso Constructivo
- III. Costos y Programación
- IV. Control

Asimismo fue designado como Director de Tesis el señor - Ing. Agustín Navarro, profesor de esta Escuela.

Ruego a usted tomar nota que en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito básico para sustentar examen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado. Esta comunicación deberá imprimirse en el interior de la tesis.

A t e n t a m e n t e

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Sta. Cruz Acatlán, Edo. de México a 17 de abril de 1978



ING. IGNACIO LIZBARRAGA G.,
 Coordinador del Programa
 de Ingeniería y Actuaría.

ENEP - ACATLAN
 COORDINACION DE
 INGENIERIA Y ACTUARIA

I N D I C E

I	GENERALIDADES	1
II	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	31
III	C O S T O S	58
IV	PROGRAMACION	77
V	CONTROL	86
	BIBLIOGRAFIA	98

M-0028620

C A P I T U L O I

GENERALIDADES:

La zona metropolitana de la ciudad de México se ha visto afectada por un fenómeno muy característico de las grandes ciudades, que propicia el desarrollo de grandes zonas urbanas y por consiguiente un desmesurado crecimiento de la población, ésto implícitamente trae consigo el problema de la dotación de servicios para su supervivencia, como son los medios de comunicación, educación, suministro de agua potable y alcantarillado. Es indudable que todos estos servicios presentan gran problema, pero uno de los más críticos a nivel internacional es el de la dotación de agua potable, que ha llegado a poner en serios aprietos a las Autoridades encargadas de su solución, para ello se ha recurrido a diferentes fuentes de abastecimiento de las corrientes superficiales, las corrientes subterráneas por medio de pozos, hasta la potabilización de aguas pluviales y marítimas.

Es bién sabido que a medida que aumenta la población las fuentes de abastecimiento se reducen y por consiguiente se recurre a fuentes más lejanas o procesos de potabilización más complicados que encarecen el costo del agua.

La zona metropolitana de la ciudad de México ha llegado a un punto crítico, porque el crecimiento de población en los últimos 20 años

.....

ha sido extraordinario e imprevisto, que ha creado un problema muy serio de dotación de agua potable.

Para solucionar este problema se han creado instituciones específicas como la Comisión de Aguas del Valle de México, dependiente de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, la cual ha propuesto algunas medidas tendientes a solucionar el problema de la dotación de agua potable en el Valle de México. Y ha realizado numerosos estudios obteniendo algunas conclusiones y que consisten básicamente en : Dar solución inmediata a la dotación de agua potable en la zona metropolitana del Valle de México.

Este programa de acción inmediata consiste en el aprovechamiento de todas las fuentes cercanas al área metropolitana.

Debido a la situación de emergencia que en el abastecimiento de agua potable afrontaba el área metropolitana al iniciarse la presente década, surgió la conclusión de que antes de llevar a cabo las grandes obras, que como consecuencia, tardarían en su realización, lo más conveniente era captar aguas subterráneas y tratar aguas superficiales cercanas localizadas dentro del propio valle de México.

Considerando lo anterior y con la finalidad de satisfacer oportuna y eficazmente la demanda de agua potable en el área metropolitana, se han realizado a últimas fechas numerosos estudios, los cuales han sido base para los proyectos propuestos dentro de la fase llamada "Plan Inmediato". A continuación mencionaremos los más destacados,

así como sus características fundamentales.

A) SISTEMA AGUAS DEL NORTE.

Este estudio se refiere al aprovechamiento de las aguas subterráneas en el Norte del Valle de México, debido a las formaciones de tipo lacustre localizadas al norte de la Sierra de Guadalupe, que se extienden desde Cuautitlán, Méx. hasta Tizayuca, Hgo., contienen un volumen apreciable de agua, además de recibir aporta, tanto por el poniente como por el noreste, de los cuales está demostrado que de no ser utilizados se pierden rumbo al Valle del Mezquital, Hgo. en la actualidad existen algunos usuarios de esas aguas subterráneas, principalmente para riego. Se ha estimado que este programa puede explotar hasta $9 \text{ M}^3/\text{seg.}$ y es realizable en un plazo muy corto.

El procedimiento de captación consiste en perforar una serie de pozos profundos y conducirla por medio de un acueducto a un tanque regulador localizado en Barrientos, México. (1)

B) SISTEMA TEPEJI GUADALUPE.

El estudio se refiere al aprovechamiento de las aguas superficiales localizadas al poniente de la cuenca del Valle de México, el sistema Tepeji se refiere al aprovechamiento del Río Tepeji, así como de otros ríos menores que descargan en la Presa Tepeji aún en proyecto, esta Presa se localizará en la parte exterior-

(1) En la actualidad este sistema se encuentra en operación y ha dado muy buenos resultados.

del parteaguas de la cuenca, por lo que será necesaria la elevación del agua con plantas de bombeo situadas cerca de la Presa; existen dos alternativas sobre la potabilización del agua, pues puede ser antes de la planta de bombeo, o después, al extremo de la conducción. En este sistema se piensan extraer 3.2 M³/seg.

El llamado sistema Guadalupe se refiere también a aguas superficiales, en específico a las del río Cuautitlán, captadas en la Presa Guadalupe ya existente. Se piensan extraer 2.0 M³/seg. y sus aguas pueden ser conducidas directamente o en conjunto con el sistema Tepeji.

C) ACUIFEROS SUBTERRANEOS DE LA CUENCA DEL VALLE DE MEXICO.

Para el plan inmediato se ha pensado en la explotación y aún en la sobre explotación de los acuíferos de la cuenca del Valle de México no tan solo por la relativa cercanía sino por el menor costo que representa, pero es recomendable usar en el futuro solamente el agua de la recarga natural de los acuíferos y eliminar el sobre-bombeo, principalmente en la parte baja de la ciudad de México, en virtud del hundimiento existente en dicha zona.

D) APAM Y CUAUTITLAN.

Los planos y proyectos referentes a estos estudios indican que lo más conveniente es la explotación de volúmenes aún superiores a la recarga natural, claro ésta fuera de las zonas urba-

nizadas, se ha calculado que este sistema de pozos profundos tienen un bajo costo y es posible sobre explotar en forma paulatina y controlada, un gasto de unos 10 M³/seg.

E) AGUA SUPERFICIAL DE RIOS AL PONIENTE DE LA CUENCA DEL VALLE DE MEXICO.

En este sistema se incluye el análisis del tema que nos ocupa, se refiere a la captación de las corrientes del Río Hondo, Tlalnepantla y Cuautitlán en las Presas San Mateo Nopala, Madín y Guadalupe respectivamente. De este sistema se piensa extraer un gasto de 3.5 M³/seg. de la cual la Planta Potabilizadora en Madín aportará 0.6 M³/seg.

De este sistema de aportación el único que por el momento se ha llevado a cabo es el del aprovechamiento del Río Tlalnepantla construyendose una planta potabilizadora que generará, como se ha mencionado anteriormente un gasto de 0.6 M³/seg., esta planta está situada en el lecho de lo que anteriormente fué un afluente pluvial del Río Tlalnepantla y se localiza a un costado del "vaso" de la Presa Madín. El sistema de potabilización consiste en agregar una serie de substancias químicas que propicien la floculación de las impurezas y retenerlas por medio de filtros hasta lograr una calidad específica del agua hasta su potabilización, aunque de ésto hablaremos más adelante en el proceso de tratamiento.

PROCESO DE TRATAMIENTO.

En este inciso se describe el proceso de potabilización de agua que

se efectuará en la Planta Potabilizadora Madín, la cual estará localizada en el Estado de México y tratará las aguas del Río Tlalnepantla. El proceso consistirá básicamente en la adición de sustancias químicas a la corriente tratada, que precipitarán en forma tal que arrastren consigo todos los sólidos en suspensión. La potabilización consistirá, en forma general de las siguientes fases:

Preparación y Dosificación de Químicos.

Consistirá en preparar las soluciones a la concentración adecuada y adicionarlas a los equipos predeterminados.

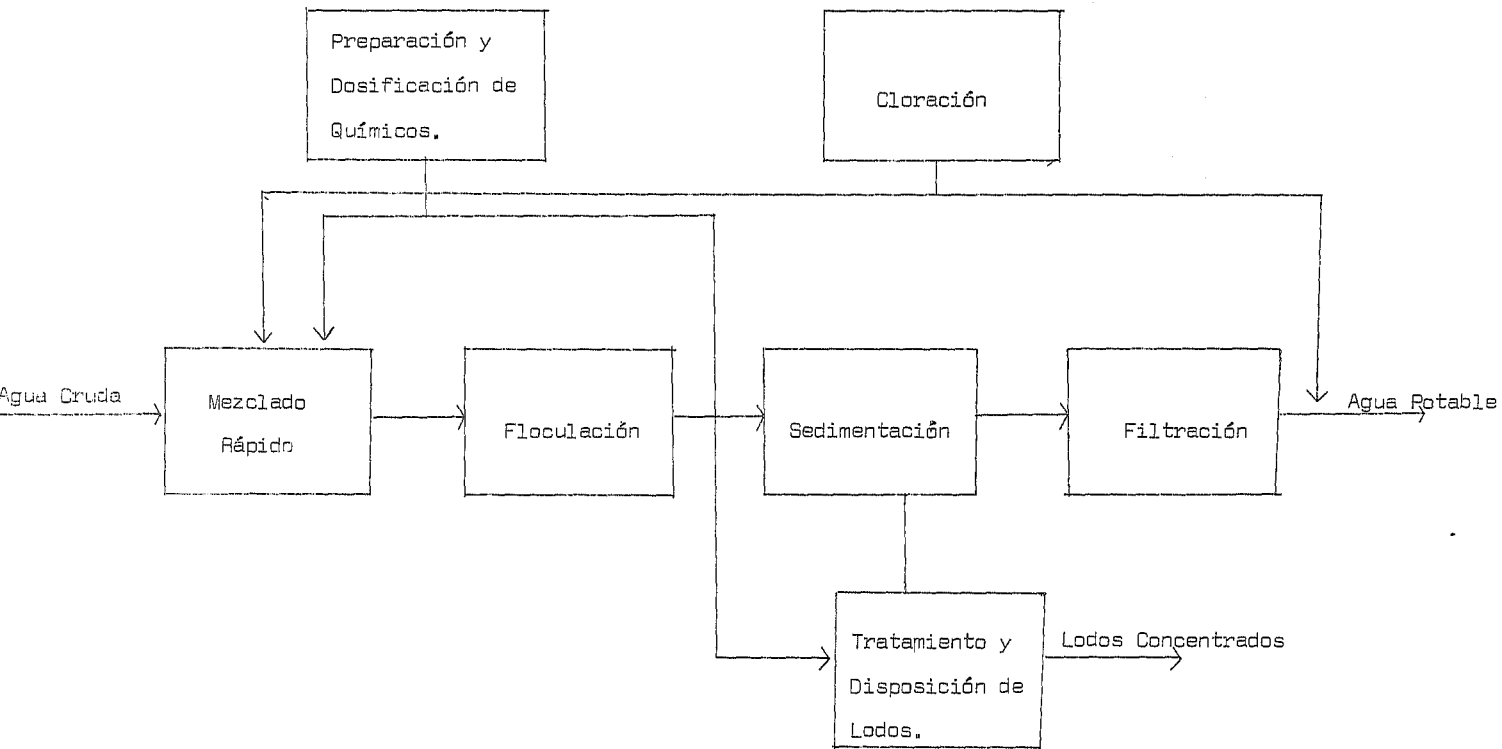
Mezclado Rápido .- Consistirá en mezclar por medio de una agitación violenta las soluciones de productos químicos. La agitación promoverá la formación de núcleos de partículas que precipitarán en una etapa posterior.

Floculación.

Por medio de una agitación paulatinamente más suave se promoverá el crecimiento de las partículas o flóculos para que puedan sedimentarse posteriormente con mayor velocidad, y por lo tanto en menor tiempo.

Sedimentación Acelerada.

Como su nombre lo indica, acelerará la separación sólido-líquido, por medio de superficies inclinadas acortando la distancia que los flóculos deberán recorrer para llegar a sedimentarse.



Operaciones Básicas en la Potabilización de Agua.

Esta operación tendrá dos efluentes; el agua decantada con bajas concentraciones de sólidos en suspensión constituidas por partículas con pequeños diámetros efectivos y lodos con gran cantidad de agua.

Filtración.

Tendrá por objeto eliminar los sólidos en suspensión retenidos por el agua decantada de la operación anterior.

Cloración.

Tendrá por objeto desinfectar el agua por medio de la adición de soluciones acuosas de cloro. Esta operación se realizará en dos etapas: La precloración evitará la formación de algas y otros microorganismos en las cisternas de la planta y la postcloración suministrará el desinfectante necesario para reducir el número de bacterias a un nivel seguro y proporcionar el cloro residual adecuado.

Tratamiento y Disposición de Lodos.

Esta operación consistirá en reducir el volumen de los lodos por medio de una concentración en un espesador, para disminuir el tamaño o número de los equipos necesarios para disponer de ellos.

.....

Condiciones de Diseño.

A la planta entrará normalmente un caudal nominal de 600 lps. de agua cruda, sin embargo para el diseño se consideró un 10% adicional para cubrir las posibles variaciones en el suministro del agua a tratar y además otro 10% por las recirculaciones que existirán en el proceso.

Con el caudal resultante de 720 lps. y considerando un contenido de sólidos totales de 830 ppm se dimensionaron los equipos que integran el proceso. Únicamente para aquellos equipos involucrados en el tratamiento y disposición de lodos se tomó en consideración el contenido máximo de sólidos totales determinado en los análisis fisicoquímicos realizados por la C.A.V.M. (3 888 ppm), con el objeto de tener capacidad suficiente y evitar la recirculación de lodos a la presa.

El proceso rara vez se encontrará a régimen permanente. A continuación se enumeran algunas razones que explican tal comportamiento. Las purgas de lodos en los sedimentadores y el espesador no serán continuas, sino intermitentes, manifestándose cuando existan extracciones, un incremento en el flujo de la corriente tratada, y una disminución si existen purgas.

- No habrá producción de agua cuando un filtro se encuentre en proceso de lavado, lo cual sucederá varias veces al día.

- Las corrientes de recirculación sólo serán continuas en las condiciones críticas, cuando el contenido de sólidos en el agua cruda sea menor, las recirculaciones serán intermitentes, pues las bombas fueron dimensionadas para las condiciones críticas.

Como la planta fué diseñada para los flujos mayores se prefirió tabular en la segunda parte de este libro, los datos de proceso correspondientes al comportamiento de la planta cuando el agua cruda tenga 830 ppm de sólidos totales, que es la condición máxima promedio.

Además los datos que serán presentados están basados en la condición de no-purga, operación de todos los filtros y recirculación constante.

DESCRIPCION DEL PROCESO.

Caja Amortiguadora.

El agua cruda que partirá de la obra de toma se conducirá por medio de tubería hasta la Caja Amortiguadora, donde se unirá a las corrientes de recirculación de agua de lavado y del sobrenadante del espesador. Su finalidad será la de eliminar las turbulencias producidas al salir estas corrientes de las tuberías que las conducen, pues de otra forma afectarían la medición del flujo que se harán en el equipo localizado corriente abajo.

Medidor Parshall.

De la Caja amortiguadora el agua se enviará por medio de un canal al medidor Parshall, el cual está diseñado para medir un gasto máximo de 720 lps y un gasto mínimo de 300 lps. En este equipo el gasto se manifiesta como una altura en el tirante de agua, el cual será medido y posteriormente traducido nuevamente a unidades de flujo para poder ser leído en el tablero de control.

Existirá la posibilidad de dosificar en la garganta del medidor Parshall, las soluciones de polielectrolito ayuda floculante, del sulfato de aluminio, del hidróxido de calcio y de cloro.

Caja Partidora.

Una vez medido el caudal, el agua pasará a la Caja Partidora que en situaciones normales servirá para dividir el flujo en partes iguales para alimentar a los dos trenes de equipos. Cuando por mantenimiento o alguna otra razón no pueda ser utilizado, alguno de los dos trenes, en este equipo existirá la posibilidad de desviar el afluente a un sólo tren.

A continuación el agua pasará por canales a los equipos de mezcla rápida.

Dosificación y Preparación de Químicos.

La dosificación se realizará en el Medidor Parshall y/o los equi-

pos de mezcla rápida, y también en la succión de las bombas que transfieran los lodos sedimentados al espesador.

Las sustancias involucradas en dicha operación serán el sulfato de aluminio, el hidróxido de calcio y los polielectrolitos ayuda coagulación y ayuda espesamiento. La dosis deberá ser determinada por medio de pruebas de jarras realizadas diariamente cuando la planta se encuentre en operación. En el caso de las tres primeras sustancias, la muestra deberá ser de agua cruda, y para el polielectrolito ayuda espesamiento, deberá ser una muestra de lodo extraído de la purga del sedimentador.

Las dosificaciones y concentraciones máximas de dichas sustancias se enumeran a continuación:

No.	SUBSTANCIA	DOSIFICACION MAXIMA (ppm)	CONC. MAX. % EN PESO
1	Sulfato de Aluminio.	100	3
2	Hidróxido de Calcio.	30	1
3	Polielectrolito ayuda-Flo- culación.	5	1
4	Polielectrolito ayuda-Es- pesamiento.	1	1

Las cantidades dosificadas podrán ser menores en función de las características del agua cruda, tal como lo indiquen las pruebas de jarras. Para tal objeto los equipos encargados de preparar las soluciones tienen la flexibilidad de operación necesaria;

así en el sulfato de aluminio se podrá ajustar manualmente el dosificador volumétrico, manteniendo constantes tanto el gasto de agua alimentado al tanque agitador donde se preparará la solución como la bomba de transferencia. En el Hidróxido de Calcio la operación es idéntica al del caso anterior. En el equipo de dosificación y preparación de solución de polielectrolito ayuda-floculación se podrá ajustar la bomba dosificadora, manteniendo constante el flujo del agua en servicio para preparar la solución en el eductor, por lo tanto permaneciendo el gasto de solución aproximadamente constante.

Los flujos de solución se mantendrán constantes mientras que sus concentraciones variarán para ajustarse a las necesidades del proceso.

En la preparación y dosificación del polielectrolito ayuda-espesamiento la concentración se mantendrá fija y podrá variarse el gasto que proporcionará la bomba. En este caso el rango de variación será considerablemente mayor debido a que el gasto de lodos sedimentados está sujeto a fluctuaciones considerables y la dosificación de una bomba tiene un rango de 10 a 1. Por estos motivos existirán situaciones especiales cuando el gasto de la solución que sea necesaria alimentar se encuentre fuera del rango cubierto por la bomba, forzando a utilizar la que se encuentra de reserva y si ésto aún no alcanza, se deberá de aumentar la concentración de la solución al valor necesario.

Cloración.

Como ya anteriormente se había mencionado, se añadirá una solución de cloro para desinfectar el agua tratada.

La cloración se hará en dos pasos: la precloración en el medidor Parshall o en los tanques de mezcla rápida para inhibir el crecimiento de algas en las cisternas posteriores y la postcloración para abatir el número de microorganismos hasta los límites de seguridad del agua potable. Esta última se realizará antes o después de los filtros.

La dosis necesaria será determinada por pruebas de laboratorio, correspondiendo 70% de la cantidad total de cloro alimentado a la precloración y el 30% restante a la postcloración, estos valores se podrán ajustar por medio del proporcionador anexo a los cloradores. El límite máximo de dosificación será de 10ppm y para valores menores existirá la posibilidad de ajustarlos manualmente en los cloradores.

El cloro gas usado para formar la solución será suministrado por 5 tanques de 1 tonelada conectados en paralelo, los cuales deberán ser substituídos al agotarse su contenido.

Mezcla Rápida.

En los dos equipos de mezcla rápida se logrará el mezclado homogéneo de las sustancias químicas dosificadas y la formación óptima de núcleos de crecimiento de los flóculos que posteriormente sedimentarán.

Cada tanque tendrá un tiempo de retención de dos minutos y contará con mamparas para dirigir el flujo y evitar la formación de cortos circuitos.

En cada tanque será colocado un agitador de turbina accionado por un motor de 15 HP, el cual será operado en forma manual local. El gradiente máximo que podrá ser suministrado al agua cruda por medio de este dispositivo será de 500 seg^{-1} . Adicionalmente el motor tendrá un reductor integrado para poder variar la velocidad de agitación en un rango de 4 a 1, y con ello ajustar el gradiente proporcionado de acuerdo a las necesidades particulares del tratamiento. Alrededor de cada tanque existirá un canal y una serie de válvulas de cuchilla que serán utilizados cuando estos equipos queden fuera de operación, esto podrá suceder durante ciertas épocas del año cuando la turbiedad del agua cruda sea baja y por lo tanto la dosificación de químicos se haga en el medidor Parshall.

Floculación.

De mezcla rápida el agua se transportará por canal a los floculadores y allí se distribuirá con ayuda de una mampara.

Cada tanque tendrá un tiempo de residencia de 30 minutos y 3 ejes de agitación en los cuales estarán montadas paletas planas. Estos dispositivos podrán proporcionar 3 zonas escalonadas de agi-

tación con gradientes máximos de 80 seg/ $-1,60$ seg/ $-1,40$ seg/ -1 , respectivamente, además contarán con un reductor de velocidad de 4 a 1 para regular la agitación dependiendo de las características del agua cruda.

La función de los agitadores será proporcionar turbulencia para favorecer la colisión entre flóculos de hidróxido de aluminio. La turbulencia deberá ser mayor cuando las partículas sean pequeñas y proporcionalmente menor al ir aumentado el tamaño del flóculo, todo ésto con el objeto de aumentar su velocidad de sedimentación.

El agua será recolectada al salir de los floculadores y enviada por canal a los sedimentadores.

Los tanques para floculación también tendrán válvulas de cuchilla y canales periféricos para evitar el paso de agua por estos equipos, cuando al agua cruda no se le hayan dosificado sustancias químicas en los equipos anteriores, y por ende no sea necesaria la formación de flóculos.

Sedimentación.

En los sedimentadores el agua entrará por canales interiores centrales, que poseerán en su parte inferior orificios y un par de deflectores a todo lo largo.

Ya dentro del sedimentador, el agua ascenderá por los tubos de los módulos de sedimentación acelerada, separándose en éstos la mayor parte de los flóculos formados. Siguiendo su camino ascendente el agua entrará a las canaletas de recolección por orificios ahogados y de aquí verterán a los canales periféricos de ambos sedimentadores, de donde se enviará por tubería a los filtros. La turbiedad del agua procesada en este equipo no deberá ser mayor de 10 UT.

Los módulos de sedimentación acelerada acortan la trayectoria que los flóculos deben recorrer para llegar a sedimentarse, y por lo tanto reducen el tiempo necesario para la separación sólido líquido. El agua decantada en estos equipos arrastrará, por lo tanto, los flóculos ligeros que no llegarán a sedimentarse en el lapso preestablecido.

Los parámetros y criterios principales utilizados para el diseño se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros y Criterios de diseño de los Sedimentadores.

Tiempo de Retención	:	60 minutos.
Tipo	:	Sedimentadores acelerados con módulos tubulares cuadrados de PVC. Cubriendo una área neta de 209 m ² por unidad.

Carga Superficial de - Diseño en la zona de Sedimentación.	:	150 m ³ /m ² día.
--	---	---

Velocidad de escurrimiento en los tubos.	0,2 cm/seg.
Número de Reynolds correspondiente al escurrimiento.	89
Velocidad de entrada en los orificios del canal interior central.	15 cm/seg.
Tipo de Salida.	Canaletas con orificios ahogados.
Carga lineal por cada bordo de la canaleta de salida.	2,4 l/seg/m

Por otra parte los lodos sedimentados serán recolectados por un sistema de rastras con movimiento longitudinal, en las tolvas, localizadas en los extremos de las cisternas, y aquí acumulados en unas tolvas menores por el sistema de rastras con movimiento transversal. De estas pequeñas tolvas el lodo será extraído por medio de una tubería que los transportará a la cisterna de almacenamiento de los lodos sedimentados.

La extracción de lodos se hará cuando las válvulas motorizadas se encuentren abiertas.

Normalmente la operación de los sistemas de rastras y de válvulas de purga será automática, arrancando primero las rastras -

longitudinales, después las transversales y finalmente abriéndose la válvula de purga. Después de operar un lapso de tiempo determinado pararán simultáneamente todos los sistemas.

Los intervalos entre acción y acción tendrán la posibilidad de ser variados en un rango de tiempo de 0 a 60 minutos y además también existirá la posibilidad de ajustar el lapso entre ciclos de purga, es decir, entre el paro de los equipos inmediato anterior y el arranque de las rastras longitudinales, desde 0 hasta 24 horas. El ajuste del tiempo se hará a través de mecanismos de relojería denominados timers, que serán localizados en el Centro de Control de Motores. De esta manera se podrá adaptar su funcionamiento a las características de agua cruda, y por ende, a la cantidad y calidad de los lodos sedimentados. Para lapsos mayores a los indicados, la operación será manual local por medio de estaciones de botones.

Los canales periféricos de los sedimentadores podrán utilizarse para evitar el paso del agua a las cisternas cuando no exista sedimentación porque el agua provenga con baja turbiedad.

Filtración.

Una vez recolectada el agua decantada de los sedimentadores ésta será enviada por tubería a las 6 unidades de filtración. En este trayecto se podrá realizar la postcloración.

Una vez arribando a los filtros el agua llenará el canal de aguas sedimentadas común a la batería, y entrará a las cajas de fil-

tros por medio de las válvulas de intercomunicación. El agua pasará entonces sucesivamente por el lecho de antracita, el de arena, el de grava de soporte y finalmente por los orificios del bajodren del tipo Leopold, para llegar a la válvula de aislamiento (esta válvula se hallará normalmente abierta, y únicamente se encontrará cerrada cuando sea necesario lavar o dar mantenimiento a la unidad) que comunica cada unidad de filtración con el canal común de aguas filtradas, el agua ascenderá por este último canal y verterá al canal que la transportará a la cisterna de alcalinización.

En este sitio podrá también realizarse la postcloración, si anteriormente no se hubiese hecho.

La turbiedad del agua producida por ningún motivo deberá ser mayor de 1 ppm en la escala de sílice.

Las unidades de filtración serán del tipo de filtros rápidos de arena y antracita de tasa declinante.

La obstrucción del medio filtrante debido a la deposición del material transportado por el agua producirá mayores pérdidas de cabeza estática al pasar el agua a través del lecho filtrante. El aumento paulatino de las pérdidas por fricción serán en parte compensadas por el aumento del nivel del agua en la caja de filtros. Como todas las unidades se encontrarán comunicadas por el canal de distribución de agua sedimentada, el incremento del nivel repercutirá en toda la batería de filtros.

Ya que el gasto de agua filtrada deberá ser aproximadamente constante durante la operación normal de filtración, las velocidades pequeñas en algunas unidades deberán ser balanceadas por mayores gastos en las restantes, obligando por este motivo a tener en cada unidad diferentes grados de ensuciamiento del lecho filtrante y por lo tanto diferentes horas de operación individual.

Al llegar al nivel del agua hasta una altura máxima permitida se mandará una señal de alarma al tablero de control, indicando el lavado del filtro con mayor número de horas en operación.

Para lavar un filtro se deberá de parar el suministro de agua sedimentada, aislar la unidad del resto y desalojar el agua que se encuentre encima del lecho filtrante.

El lavado comenzará cuando se abran las válvulas de los lavadores rotatorios superficiales, utilizados para agitar violentamente la superficie del lecho filtrante y romper tanto la superficie de lodos formada en la parte superior del lecho filtrante, como las bolas de lodos que comunmente se forman en estas unidades.

Antes de dar por terminada esta operación, se abrirá la válvula de aislamiento y el flujo de aguas filtradas en el resto de la batería irrumpirá a través del lecho, expandiéndolo para desprender de los granos, el material depositado.

Toda el agua de lavado desembocará a una cámara de donde se ex-

traerá y se mandará por tubería a una cisterna, que contará con bombas para recircularla a la caja amortiguadora.

Características de las unidades de filtración :

Area Total de Filtración.	360 m ²
Velocidad nominal de filtración.	2 lp/m ²
Expansión nominal del lecho durante el lavado.	65%
Velocidad nominal de lavado.	12 lps/m ²
Tasa para el lavado superficial rotatorio.	8,5 lps/m ²
Presión en la boquilla de los lavadores rotatorios.	4 Kg/cm ²
Tipo de medio filtrante.	Dual de arena y antracita.
Bajodren.	Tipo Leopold.

Características del medio filtrante y de soporte :

Carbón de antracita, limpio de impurezas, diámetro efectivo = 0.9 mm, coeficiente de uniformidad menor de 1.7, Peso Específico = 1.6 Ton/m³, Dureza MOH Mayer o igual que 3., Espesor del lecho = 35 cm.

Arena Cuarzosa, limpia de impurezas, diámetro efectivo = 0.5 mm., coeficiente de uniformidad = 1.6, Peso específico 2.65 Ton/m³, P₃₀ = 0.6 mm, Espesor del lecho 30 cm.

Grava Cuarzosa de soporte, limpia de impurezas con los siguientes tamaños :

- a) No mayor de 1.9 cm y no menor de 1.27 cm, espesor = 5 cm.
- b) No mayor de 1.27 cm y no menor de 0.63 cm. Espesor = 5 cm.
- c) No mayor de 0.63 cm y no menor de 0.31 cm, Espesor = 5 cm.
- d) No mayor de 0.31 y no menor de Malla # 10, Espesor = 15 cm.

Alcalinización.

Al agua filtrada que entre a la Cisterna de Alcalinización se le añadirá una solución de Hidróxido de Calcio para regular el PH final a 7.0

Esta cisterna tendrá un tiempo de retención de 20 minutos y una serie de mamparas verticales para aumentar la turbulencia del agua y lograr con ésto un mezclado homogéneo.

Almacenamiento de Agua Potable.

El agua proveniente de la Cisterna de Alcalinización derramará a

la Cisterna de Almacén de agua potable.

Esta cisterna servirá prácticamente como cárcamo de bombeo para las bombas que enviarán el agua potable a los tanques de regularización, su capacidad será de 1,600 m³ y su tirante útil de 3.20 m.

El número de bombas de agua potable serán de 5, quedando dos de reserva. Las bombas operarán por una señal de un interruptor de alto nivel en la cisterna de almacén de agua potable y pararán por bajo nivel.

Asimismo, sonará una alarma en el tablero de control por muy alto nivel y simultáneamente el agua derramará al drenaje. La señal por muy alto nivel será enviada al suministro de agua potable para cesar la alimentación.

Almacenamiento y Regularización de Lodos Sedimentados.

Los lodos extraídos de los sedimentadores se almacenarán temporalmente en la cisterna de lodos al 3% de concentración. El objeto de esta cisterna, será mantener constante el tiempo de purga y adaptar el intervalo entre purgas a las características del agua cruda.

Se contará con tres bombas para transferir los lodos al espesador. Una de ellas estará accionada por un motor de 7.5 HP y las dos restantes por motores de 30 HP, su capacidad será de 17, 69 y 69 l/seg., respectivamente. Manteniéndose una de éstas como reserva.

Las bombas operarán normalmente en forma automática, respondiendo a la señal por alto nivel en la cisterna. Podrán trabajar dos bombas simultáneamente o únicamente una solo dependiendo de la cantidad de lodos que se extraigan de los sedimentadores. El paro será automático respondiendo a la señal de un interruptor por bajo nivel.

Espesamiento.

En la succión de las bombas de transferencia de lodos sedimentados, se agregará una solución de polielectrolito ayuda-espesamiento. En el espesador de los lodos se sedimentarán por un cierto tiempo, dependiendo de su cantidad y calidad, El volumen del espesador de 1250 m³.

Posteriormente, el agua será decantada por medio de vertederos localizados en la parte superior de la periferia del tanque, recolectados y enviados por gravedad a través de una tubería hasta la caja amortiguadora. Los lodos sedimentados serán recolectados por un sistema de rastras circulares e una tolva localizada en el centro del espesador y posteriormente extraídos por medio de una tubería.

La apertura de la válvula motorizada instalada sobre la tubería de extracción de lodos dependerá del funcionamiento de las rastras.

El arranque de las rastras será automático, estando controlada

MECANOTICA

por un timer con un rango de 0. a 24 horas. Las rastras operarán y después de un cierto tiempo se abrirá automáticamente la válvula motorizada, ambas acciones se mantendrán un lapso de tiempo y finalmente simultáneamente, se parará el motor de las rastras y cerrará la válvula motorizada.

Los lapsos de tiempo entre el arranque de las rastras y la apertura de la válvula tendrán un rango de variación de 0 a 60 minutos y serán controlados por timers.

Almacenamiento y disposición de Lodos Espesados.

Los lodos extraídos del espesador serán almacenados en la cisterna de lodos al 10% de concentración.

Esta cisterna tiene capacidad para almacenar 24 horas la cantidad máxima de lodos producidos en ese intervalo.

Se cuenta con dos bombas para transferir los lodos a pipas, una reserva de la otra, las que se operarán en forma manual local. Las bombas no arrancarán si existe la señal de bajo nivel en la cisterna.

Las pipas operarán durante 12 horas diarias, teniendo un lugar para disponer de los lodos localizado a 10 km. a la redonda. El número de pipas será de 25 con capacidad de 10 m^3 cada una debiendo realizar 10 viajes individualmente. Todo esto en condiciones críticas.

La adaptación del sistema a situaciones menos apremiantes se dejará al juicio del supervisor de la operación.

Almacenamiento de Sustancias Químicas.

En el almacén del edificio principal se podrán guardar 6,250 bultos de Sulfato de Aluminio con una pureza comercial aproximada de 55% en peso, 1910 bultos de cal hidratada con 90% de pureza, 456 envases de polielectrolito ayuda-coagulación en estado líquido y 12 botes de polielectrolito ayuda-espesamiento en estado sólido.

Las cantidades antes mencionadas son aproximadamente las necesarias para operar la planta durante un mes.

Los productos químicos serán transportados por medio de un gato hidráulico y éste a su vez por un montacargas para poder ascender a la plataforma de operación localizada encima del área de Dosificación y Preparación de Químicos.

En la plataforma de operación desde donde se llenarán las tolvas se tendrá espacio suficiente para almacenar los requerimientos diarios de productos químicos. Se condieró una capacidad de almacenamiento de 283 bultos de sulfato de aluminio y 104 de cal hidratada.

Almacenamiento de Cloro.

En un local ventilado anexo al sitio de la cloración se tendrá

24 cilindros de cloro con una capacidad individual de 308 Kg.

De estos tanques 17 de ellos serán para suministrar la cantidad necesaria de cloro para 20 días de dosis máxima y caudal máximo y los restantes serán para su tramitación de suministro.

DATOS DE PROCESO.

Consideraciones.

Como ya anteriormente se había mencionado, los datos de proceso que serán presentados a continuación están basados en un caudal de agua cruda de 660 lps que arribará a la planta y una recirculación de agua de lavado y sobrenadante del espesador lo que totalizará 720 lps.

Los gastos indicados están basados en las siguientes consideraciones :

- a) Contenido de 830 ppm de sólidos totales en el agua proveniente de la obra de toma.
- b) Contenido de 120 ppm de sólidos disueltos en el agua proveniente de la obra de toma.
- c) Adición de 40 ppm de sulfato de aluminio en base a las pruebas de laboratorio elaboradas a la muestra representativa.

- d) Adición de Hidróxido de Calcio únicamente para ajustar el PH final del agua potable. Según el análisis de la muestra representativa, no se requiere dosificación en la mezcla rápida.
- e) Adición de 5 ppm de polielectrolito ayuda-coagulación en concordancia con los análisis realizados durante el proyecto.
- f) Dosificación de 1 ppm de polielectrolito ayuda-espesamiento.
- g) La dosificación de cloro es de 10 ppm, coincidiendo con la UT aproximadamente.
- j) El agua filtrada tendrá 0 ppm de sólidos en suspensión.
- k) Los sólidos en suspensión retenidos en los filtros se evacuarán durante el lavado.
- l) La concentración de sólidos en suspensión de lodos sedimentados y espesados es de 3% y 10% en peso, respectivamente.
- m) Los gastos indicados coinciden con la situación de no-purga y operación de filtros aunque existan recirculación de agua de lavado y del sobrenadante del espesador.
- n) El tiempo de purgas de espesador y sedimentadores serán de 15 minutos después de 3 horas de operación.

A continuación se presenta en la tabla No. 1, los gastos de agua y de sólidos en suspensión.

No. de Corriente	0	1	2	3	4	5	6	7	8
H ₂ O (l/seg)	660	718.86	363.33	364.55	364.55	364.55	730.15	732.53	732.53
Sol. Susp. (g/seg)	468.6	499.08	251.34	275.09	275.09	14.58	0.00	0.00	0.00
No. de Corr.	9	10	11	12	13	14	15	16	17
H ₂ O (l/seg)	713.75	18.78	30.00 ⁽³⁾	2.38	4.2	3.5	0.00	4.2	2.45
Sol. Susp. (g/seg)	0.00	0.00	0.00 ⁽³⁾	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
No. de Corr.	18	19	20	21	22	23	24	25	26
H ₂ O (l/seg)	1.05	0.00	2.10	1.22	41.50	112.84 ⁽¹⁾	17.36	67.57 ⁽¹⁾	17.36
Sol. Susp. (g/seg)	0.00	0.00	0.00	0.00	29.20	3383.33 ⁽¹⁾	520.80	6756.66 ⁽¹⁾	1.28
No. de Corr.	27	29	30	32	33	34	35		
H ₂ O (l/seg)	3.60	2.38	1.80	5.20 ⁽⁴⁾	225.67 ⁽²⁾	5.1 ⁽²⁾	0.0009		
Sol. Susp.	3.60	0.00	1.80	519.71 ⁽⁴⁾	6766.66 ⁽¹⁾	0.00 ⁽²⁾	9 x 10 ⁻³		

NOTAS:

- (1) Flujo durante 15 minutos cada 3 horas
- (2) Suponiendo Consumo Máximo
- (3) Únicamente en lavado de filtros
- (4) Gasto Promedio, pues realmente los lodos serán evacuados por pipas

C A P I T U L O I I

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

La construcción de la Planta Potabilizadora Madín es una obra muy compleja por la gran cantidad de conceptos que se manejan, que van desde lo mas simples como la excavación a mano hasta la instalación de tableros eléctricos de control, sin embargo hay dos aspectos primordiales que rigen el proceso de construcción civil; estos son el movimiento de tierras y la elaboración del concreto, conceptos que por su volúmen y función en la estructura tienen una importancia singular, de tal forma que manejando bien estos dos conceptos más una organización adecuada de los demás garantizan un éxito en la ejecución de la obra.

En el presente trabajo se analizan estos conceptos, que por su importancia merecen un estudio profundo, no se analizan todos, ya que por su cantidad sería imposible, y desvirtuaría las intenciones del análisis perdiendonos en conceptos de menor importancia, pero se mencionan sus características y fases dentro de la obra.

MOVIMIENTO DE TERRACERIAS.

Se denomina movimiento de tierras al proceso o actividad, por medio del cual un determinado volumen de un material cualquiera, es cambiado de lugar utilizando equipo adecuado; con el objeto de desplantar una estructura o dar origen a otra.

Considerando la definición anterior observamos la importancia de la selección de la maquinaria para efectuar nuestro trabajo, ya que de esto dependeran fundamentalmente el costo que obtenemos como producto de la actividad desarrollada.

Los parámetros principales que nos rigen la selección del equipo son :

Volumen por mover.

Clasificación del Material

Región.

Calidad del equipo.

Facilidad para conseguir servicio y refacciones.

En el caso particular que se está analizando se optó por un tractor D-8, un traxcavo 955 H y 4 camiones de 7 M³ de capacidad.

.....

El movimiento de terracerías que se efectuó en esta obra se realizó en tres fases :

- 1) Corte y relleno hasta el nivel 100.00 en toda la zona de construcción eliminando el material orgánico, dejando una explanada uniforme.
- 2) A partir del nivel anterior se realizó la excavación particular para la cimentación de cada uno de las diferentes estructuras.
- 3) Construidas las estructuras se procedió a dar el nivel de piso terminado en la periferia de los mismos con el objeto de urbanizar el área de construcción.

En la primera fase de esta actividad se movieron 338,000 M³, de los cuales 175,000 correspondieron a cortes y 163,000 a rellenos como consecuencia de la topografía de la zona, que como ya mencionamos anteriormente está ubicada en el lecho de lo que anteriormente fué una corriente pluvial.

El procedimiento de ataque fué el siguiente :

Se realizaron los cortes hasta el nivel 100 con un tractor D-9 que simultáneamente formaba un banco con el material producto de la excavación, el cual se extrajo con la ayuda de un traxcavo 955 H de 3½ yd³ de capacidad y una flotilla de 4 comiones de 7 M³ cada uno, de tal for-

ma que el tractor debía mover un volumen de material suficiente para dar banco al traxcavo y este a su vez vaciarlo en los camiones.

El tractor tuvo un rendimiento real de 560 M³ diarios por lo cual los camiones realizaban 20 viajes al día a una distancia de 3 kms.

A partir del nivel 100.00 se realizaron las excavaciones particulares de cada tanque, a la profundidad especificada, para las estructuras de la margen derecha de la corriente la excavación de las cimentaciones se realizó con un traxcavo de $2\frac{1}{2}$ yd³, que simultáneamente realizaba la operación de carga y acarreo fuera de la zona de desplante, se utilizó este método por considerarse el más económico previo estudio con otros similares.

Terminadas en un 50% las estructuras de concreto se procedió a terraplenar la periferia de las mismas, con un grado de 95% de compactación con respecto a la prueba proctor, para ésto se escogió un banco situado en la parte posterior de la planta, que contaba de 2 tipos de material, uno formado por tepetate con algunos boleos, y otro de tipo arcilloso, este último se utilizó como cementante. A continuación expondremos brevemente las características del proceso de compactación.

Se entiende por compactación de los suelos el mejoramiento ar-

tificial de sus propiedades mecánicas. La importancia de la compactación de los suelos estriba en el aumento de resistencia y disminución de capacidad de deformación que se obtienen al sujetar el suelo a técnicas convenientes que aumenten su peso específico seco, disminuyendo sus vacíos. Los métodos usados para compactación de los suelos dependen del tipo de los materiales con los que se trabaje en cada caso y es conveniente seleccionar el adecuado para obtener un buen rendimiento.

De todos los factores que influyen en la compactación obtenida, dos son los más importantes:

El contenido de agua del suelo, antes de iniciarse el proceso de compactación y la energía específica empleada en dicho proceso, por energía específica se entiende la energía de compactación suministrada al suelo por unidad de volumen.

En realidad la secuencia práctica suele ser como sigue: Cuando se va a realizar una obra en la que el suelo vaya a ser compactado se recaban muestras de los suelos que se usarán; en el laboratorio se sujetan esos suelos a distintas condiciones de compactación, hasta encontrar algunas que garanticen un proyecto seguro y que puedan lograrse económicamente con el equipo de campo existente; con el equipo de campo que vaya a usarse se reproducen las condiciones de laboratorio adoptadas para el proyecto (esto suele hacerse construyendo y compactando en el campo un terraplén de prueba con el suelo a usar,

en el que se ve el número de veces que deba pasar el equipo, el espesor de las capas de los suelos depositados para compactar, etc.) finalmente, una vez iniciada la construcción, verificando la compactación lograda en el campo con muestras al azar tomadas del material compactado en la obra, se puede comprobar que en esta se están satisfaciendo los rendimientos del proyecto.

Para el material mencionado anteriormente por sus características físicas y de acuerdo a las pruebas efectuadas, se consideró que era necesario utilizar un rodillo vibratorio, dando un mínimo de 5 pasadas en capas de 30 cm. de espesor.

El volumen de terraplenado fue de 3,000 M³, el procedimiento de trabajo se realizó de la siguiente forma.

Se utilizó un traxcavo despalmado el banco del material de relleno, que a su vez cargaba a una flotilla de 5 camiones de volteo, los cuales lo depositaban en la zona a terraplenar, para que una motoconformadora realizara el proceso de mezclado y extendiera uniformemente el material, cabe mencionar que que en el proceso de mezclado se lleva a cabo el riego del agua necesaria para obtener la humedad óptima por medio de una pipa que reparte uniformemente el agua. Hecho lo anterior se procedió a compactar el material por medio de un rodillo vibratorio accionado por un tractor agrícola, que dió un promedio de 5 pasadas hasta obtener el grado de compactación requerido.

CONSTRUCCION DE INSTALACIONES CIVILES.

En este capítulo analizaremos las instalaciones civiles que conforman la Planta Potabilizadora; básicamente se trata de la construcción de los diferentes tanques de tratamiento, los edificios de control, vigilancia y la línea de conducción de la obra de toma a la Planta.

Como observamos podemos separar las instalaciones anteriores en tres grupos :

- Construcción de Tanques.
- Edificación.
- Línea de conducción.

De esta agrupación los dos primeros tienen la característica de estar formados por concreto reforzado, con la única diferencia que los tanques tienen la propiedad física de ser impermeables debido a su función, y los edificios son de concreto aparente. Para lograr la impermeabilización del concreto se utilizó un aditivo especial, y en las juntas de construcción se colocó banda de PVC sellando una posible junta fría.

El concreto utilizado fué suministrado en ollas revolventoras a las cuales antes de vaciar se les agregaba el aditivo impermeabilizante, y en ocasiones cuando el volumen fué grande se utilizó un retardante.

A continuación expondremos algunas características del concre-

to que deben llevarse a cabo para garantizar una buena calidad y una resistencia adecuada.

El concreto es un material pétreo, artificial, obtenido de la mezcla, en proporciones determinadas, de cemento, agregados y agua. El cemento y el agua forman una pasta que rodea a los agregados, constituyendo un material heterogéneo.

El concreto se fabrica en estado plástico, lo que obliga a utilizar moldes que lo sostengan mientras adquiere resistencia suficiente para que la estructura se autosoporte. Esta característica exige ciertas restricciones, pero al mismo tiempo aporta algunas ventajas. Una de estas es su moldeabilidad, propiedad que brinda al proyectista gran libertad en la elección de formas.

Otra característica importante es la facilidad con la que puede lograrse la continuidad en la estructura con todas las ventajas que esto supone.

Existen dos procedimientos principales para construir estructuras de concreto, cuando los elementos estructurales se forman en su posición definitiva o en sitio, y cuando se fabrican en un lugar distinto al de su colocación lo cual da origen a la prefabricación.

La elección del procedimiento a utilizar depende de las características físicas del elemento a construir, el costo y la fa-

ilidad para transportar el elemento.

El acero de refuerzo tiene una gran importancia en el concreto reforzado, ya que es el elemento que da la resistencia fundamental a los esfuerzos de tensión, porque el concreto simple tiene una resistencia casi nula a la tensión.

El acero de refuerzo se utiliza en distintas formas, la mas común es la varilla. Los diámetros usuales de las varillas producidas en México varían de 1/4" a 1 1/2" en otros países se usan diámetros aún mayores. Todas las varillas excepto el alambrón vienen corrugadas para mejorar la adherencia al concreto.

El vaciado del concreto deberá hacerse por métodos convenientes que proporcionen una buena calidad del colado, para ello existen diferentes alternativas, que van desde el más rústico que es la colocación manual por medio de botes, hasta los más sofisticados como son el bombeo y la colocación por medio de bandas transportadoras; la elección más adecuada dependerá de varios factores, entre ellos lo son el volumen por colocar, el desnivel topográfico, etc.

Un requisito básico del equipo y métodos de colocación, como todos los demás equipos y métodos de manejo, 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 ventajoso-

sas, de tal modo que pueda ser fácilmente consolidado en su lugar mediante vibración.

Debe preverse suficiente capacidad de colocación, mezclado y transporte, de manera que el concreto pueda mantenerse plástico y libre de juntas frías mientras se coloca. Debe colocarse en capas horizontales que no excedan de 60 cm. evitando capas inclinadas y juntas de construcción. Para construcción monolítica, cada capa debe colocarse cuando la capa subyacente - todavía responda a la vibración, y las capas deben ser lo suficientemente poco profundas como para permitir la unión entre sí, mediante una vibración apropiada. Debe evitarse la descarga a alta velocidad, que origina la segregación del concreto.

El acero de refuerzo debe estar limpio, en posición correcta, y bien sostenido y asegurado antes de empezar la colocación del concreto.

En la construcción de los tanques y edificios de la Planta se utilizaron varios métodos de colocación, a continuación mencionamos sus características principales.

1.- Colocación manual.

Básicamente consiste en el acarreo a botes de una artesa especialmente construida en donde la revolvedora deposita el concreto al sitio de colocación.

Este tipo de colocación se utilizó casi exclusivamente para colados en donde el volumen fué muy pequeño, ya que para volúmenes de cierta magnitud resulta sumamente incosteable por la cantidad de mano de obra que sería necesario utilizar para obtener un colado continuo. Por las experiencias adquiridas se consideró que este método es aceptable para volúmenes no mayores de $15 M^3$. Una característica de este procedimiento fue el bajo volumen de desperdicio que se tuvo comparado con otros métodos de colocación.

2.- Colocación a base de Carretillas.

Este procedimiento consiste en acarrear de la artesa al sitio de colocación por medio de carretillas, se utilizó básicamente en el colado de plantillas y cimentaciones en donde no hubo desniveles, ya que es muy incosteable muros o losas por este método; porque implicaría una obra falsa muy elaborada que elevaría bastante el costo de colocación.

3.- Colocación por medio de Canales.

Los canales se emplean la mayoría de las veces para colar concreto de niveles superiores a inferiores. Deben estar forrados para evitar derrames. La inclinación debe ser constante y suficiente para permitir que el concreto del revenimiento requerido en el sitio fluya continuamente por el canalón sin segregarse. Debe controlarse el flujo del concreto en el extremo del canalón para evitar la -

cimentaciones y muros en niveles inferiores; resultó ser un método muy benévolo, ya que se colocaron grandes volúmenes con gran rapidez, ya que es un vaciado directo, en el cual la olla se coloca de "cola" y descarga directamente al canalón, de tal forma que tardará a lo más 10 minutos en el vaciado, pudiéndose colar al día en cada canalón aproximadamente unos doscientos M³ tomando en cuenta el suministro del concreto.

Los canalones que se utilizaron se fabricaron con tarimas formando una sección en cajón, con polines se dió el cuerpo del canalón y el cajón se forró con lámina delgada para impedir derrames. Por todas las observaciones anteriores concluimos que este método es apropiado para colar concreto en desniveles y con grandes volumentes concentrados, para no mover constantemente el canalón ya que su peso lo hace inconveniente.

4.- Colocación de Concreto por Bombeo.

Este método es uno de los más elaborados y de los más costosos por el equipo necesario para su funcionamiento, es ideal para colocar concreto de niveles inferiores a superiores. Antes de abordar directamente el procedimiento mencionaremos algunas características del concreto bombeado.

El concreto bombeado puede definirse como un concreto conducido por presión a través de un tubo rígido o de una manguera flexible y vaciado directamente en el área de

trabajo. La presión se aplica con bombas de pistón, aire comprimido o presión comprimida. En 1933 en Milwaukee, Wisconsin, se introdujo el concreto bombeado a través de tuberías metálicas por medio de bombas de pistón. En general, su uso ha tenido éxito, especialmente en revestimiento de túneles y para vaciado en áreas inaccesibles a las grúas, camiones, etc.

Desde 1950 se ha progresado mucho en el campo del bombeo, incluyendo nuevas y más perfeccionadas bombas, así como la introducción de las mangueras de metal flexible o material plástico.

El sistema de bombeo puede ser utilizado en la mayor parte de las construcciones de concreto, pero es útil especialmente en las áreas donde el espacio para el equipo de construcción es reducido.

Para obtener un bombeo satisfactorio se requiere una dotación constante de concreto bombeable, el cual como las mezclas convencionales, requiere un buen control de calidad; esto es agregados uniformes debidamente graduados y materiales en cantidades consistentes bien mezclados.

De acuerdo con el equipo que se use, la capacidad de entrega de concreto variará de 8 a 70 M³ por hora el alcance efectivo variará de 91 a 305 metros horizontalmente o de

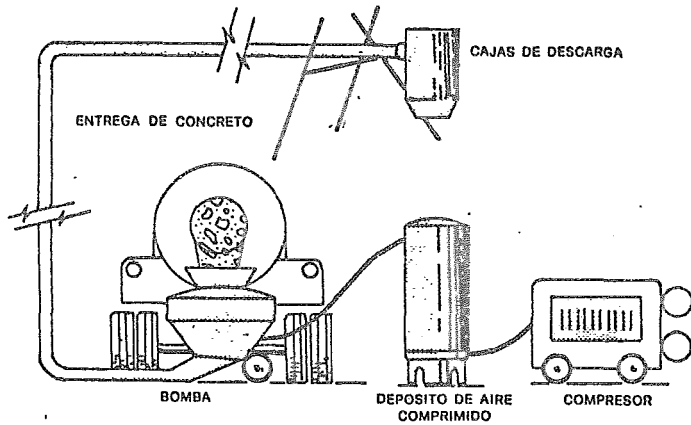
30 a 91 metros verticalmente, se han registrado casos en los que se ha logrado bombear el concreto horizontalmente a más de 610 metros y se ha efectuado cuando menos un bombeo vertical hacia arriba de 512 metros.

Son varios los tipos de bombas que existen, las más usuales en México son las bombas de pistón, y se componen de una tolva equipadas con paletas remezcladoras para recibir el concreto mezclado, una válvula de entrada, una válvula de salida, un pistón y un cilindro. La válvula de salida está ubicada en la línea de descarga. Cuando el pistón inicia su carrera de retroceso, la válvula de entrada se abre y la válvula de salida se cierra. Entonces el pistón empuja el concreto desde el cilindro al tubo o manguera, y en el extremo de la línea, en el área de colocación descarga la cantidad de concreto correspondiente.

Otro tipo de bombas son las neumáticas constan básicamente de una cámara a presión y de equipo para suministrar aire comprimido. El concreto se coloca dentro de la cámara a presión, y se cierra herméticamente. Luego se aplica el aire comprimido por la parte superior de la cámara y éste empuja al concreto por un tubo conectado al fondo. Una caja de descarga para el remezclado se ubica en el extremo de la línea, para ir expulsando el aire e impedir la aspersión del concreto y la resultante segregación, desplazamiento del esfuerzo, o daño a las cimbras. Es conve-

.....

niente usar un tanque receptor de aire para regular el suministro de aire comprimido. ver figura (2)



El compresor llena de aire comprimido el tanque, que empuja el concreto en la bomba a través de la tubería.

Fig. 2. Diagrama esquemático de una bomba de concreto, tipo neumático.

El concreto bombeable debe reunir determinadas características, que redituen en propiedades físicas que proporcionen fluidez a la mezcla, y aún cuando los ingredientes son los mismos, tanto en el caso de mezclas bombeadas como en las que se han colocado por otros métodos en esencial poner más atención en el control de calidad para el proporcionamiento y el uso de una mezcla bombeable segura.

Los parametros que rigen una mezcla bombeable son: La granulometría, el contenido de cemento y los aditivos.

GRANULOMETRIA.

El tamaño máximo del agregado grueso anguloso es limitado a una tercera parte del diámetro interior más pequeño de la manguera o del tubo, de acuerdo con la geometría simple de los agregados en forma cúbica. Para agregados bien redondeados, el tamaño máximo debe estar bien limitado al 40% del diámetro del tubo o la manguera. Se debe prevenir la eliminación de partículas de tamaño excesivo en el concreto, mediante la colocación de mallas.

La forma del agregado grueso, ya sea aguloso o redondeado ejerce influencia sobre las proporciones de la mezcla aún cuando ambas formas pueden bombearse satisfactoriamente. Las partículas angulares tienen un área de superficie más grande por unidad de volumen en comparación con las partículas redondeadas; ello hace que se requiera relativamente más mortero para cubrir la superficie. Los agregados finos juegan un papel mucho más importante en el proporcionamiento de mezclas bombeables que la de los agregados gruesos. Los agregados finos, junto con el cemento y el agua, proporcionan el mortero o fluido que conduce los sólidos o agregados gruesos en suspensión y de esta forma se logra una mezcla bombeable.

CONTENIDO DE CEMENTO.

Para determinar el contenido de cemento para una mezcla de bom-

beo de peso normal deben seguirse las mismas especificaciones básicas que se emplean en el concreto colocado por métodos convencionales. La relación específica agua-cemento puede establecerse en base a las condiciones de exposición, altos requisitos de resistencia, o factor mínimo de cemento. Debido a los índices ligeramente más altos en el revenimiento, y a las relaciones ya mencionadas de los agregados finos a los agregados gruesos, las mezclas de bombeo pueden requerir un aumento en la cantidad de cemento, por encima de los usados en el concreto colocado por métodos convencionales.

El uso de cantidades extras de cemento como la única solución para corregir las dificultades del bombeo es una medida anti-económica y de muy poca visión. Es mucho más deseable, así como económico, corregir desde un principio cualquier diferencia en los agregados, especialmente en la arena. Con agregados finos y gruesos bien graduados y correctamente combinados los factores del cemento para mezclas de bombeo son aproximadamente iguales a los que se emplean en el concreto colocado por métodos convencionales.

ADITIVOS.

Cualquier aditivo que aumente la operabilidad, generalmente mejora la adaptación al bombeo. La elección del aditivo y las ventajas obtenidas por su uso en concretos bombeados dependerán de las características de la mezcla del bombeo. Cuando se elige un aditivo para que ayude al bombeo del con-

creto, se puede proporcionar una lubricación adicional, y a su vez reducir la segregación y el sangrado.

Los aditivos que se usan para mejorar la adaptación al bombeo, generalmente se clasifican en :

- 1.- Aditivos reductores de agua.
- 2.- Aditivos inclusores de aire.
- 3.- Aditivos minerales finamente divididos.

Los beneficios que proporcionan los reductores de agua son: Una reducción del agua requerida, para su revenimiento constante, con el consiguiente aumento de resistencia, o un aumento en el revenimiento con la relación agua/cemento constante, sin ninguna pérdida de resistencia, y mejorando la capacidad del concreto para bombearse.

El concreto con aire incluido es considerablemente más plástico y manejable que el concreto sin aire incluido. Puede bombearse con menos segregación del agregado grueso, hay menos tendencia del concreto al sangrado y se facilita la continuidad de la colocación del concreto después de una suspensión del trabajo, debido a esta reducción del sangrado.

Mezclas minerales finamente molidas o aditivos pueden emplearse en concretos bombeados para corregir diferencias en las arenas, reducir el sangrado y mejorar la plasticidad. Los mate-

riales que pueden incluirse en esta categoría son:

- 1.- Materiales químicamente inertes, tales como caliza molida, cuarzo molido y cal hidratada.
- 2.- Materiales cementantes, tales como cemento natural, escoria granulada de altos hornos de Hierro, cales hidratadas y cementos de escoria.
- 3.- Puzolanas, tales como ceniza volante, vidrio volcánico y algunos esquistos o arcillas tratadas con calor y tierra de diatomita.

Mencionadas las características del concreto bombeable, hablaremos de su utilización en la construcción de la planta.

El concreto bombeable se utilizó en el colado de muros, losas y cimentación.

En el colado de muros se utilizó este procedimiento, por varios factores entre los que destacan el volumen, la altura de los mismos, y el espacio reducido para maniobrar. Una de las características principales que se presentaron en su utilización, fué el volumen de desperdicio, propio del procedimiento y que además es considerablemente mayor al de otros métodos de colocación. Para el colado de muros por este procedimiento fué necesario habilitar una obra falsa para maniobrar

a base de andamios y tablonos, lo que propicia un encarecimiento en el costo diferente al que se podría presentar en el colado de una cimentación a una losa.

Otra necesidad por la cual se utilizó el bombeo en muros fue el espacio reducido en los muros de filtros, ya que los tubos de acero de conducción realizaban una interferencia muy fuerte que impedía el paso de personal en esa zona, por lo cual se optó por colar con el procedimiento de bombeo, el cual requirió exclusivamente un andamio superior para ir recorriendo la manguera de bombeo en la periferia.

Todas las losas de los tanques se colaron con equipo de bombeo debido a su altura y al volumen de concreto de cada una de ellas, siendo la menor de 120 m^3 el resultado fue óptimo, ya que casi todo el proceso se mecanizó, no hubo grandes desperdicios de concreto y se cumplió satisfactoriamente el programa de obra.

En el colado de la cimentación de los tanques de agua de lavado y cisternas de lodo al 3% y 10% de concentración se utilizaron canalones y bombas.

Por las características físicas de los tanques se requirió colar éstos en un solo día de tal forma que en una jornada de trabajo se colaron 500 m^3 para esto fue necesario instalar 4 frentes de ataque, que fueron 2 canalones inclinados y 2 bombas trabajando verticalmente hacia abajo, con los 4 frentes de ob-

.....

tuvo un rendimiento de $62.5 \text{ M}^3/\text{hora}$, que implicaba tener 10 camiones revolvedores de 6 M^3 cada hora o en intervalos de 10 minutos.

Una de las necesidades mas importantes para obtener una resistencia adecuada del concreto es el curado.

Se define al curado como el proceso mediante el cual se mantiene un contenido de humedad satisfactorio y una temperatura favorable en el concreto durante la hidratación de los materiales cementantes, de manera que puedan desarrollarse las propiedades deseadas en el concreto. El curado resulta esencial en la producción de concreto de calidad. La resistencia potencial y la durabilidad del concreto se desarrollan totalmente solo si éste se cura en forma adecuada durante un periodo apropiado antes de entrar en servicio.

Existen diferentes métodos de curado, en esta obra se utilizaron básicamente dos, el de membrana selladora y el de curado con vapor. El primero fué el más utilizado y se aplicó en muros, trabes, cimentación y columnas, y consiste básicamente en aplicar una película selladora que impida la evaporación del agua del concreto. El segundo se utiliza en el curado de losas, y consiste en mantener la superficie a curar sometida a saturación por medio de vapor un determinado número de horas en función del volumen y resistencia del mismo.

Este método tiene la ventaja de ofrecer altos porcentajes de

resistencia en poco tiempo, lo que se aprovechó en descimbrado inmediato, que ahorró grandes cantidades de obra falsa y cimbra.

El volumen total de concreto utilizado en la construcción de la planta fué de 6,885.00 M³ distribuidos de la siguiente forma.

A continuación se presentan los volúmenes de cimbra, acero y concreto que se utilizaron en la construcción de cada tanque.

Filtros.

Acero 113 Tons.

Concreto 675 M³

Cimbra 3,400 M²

Cisterna Alcalinización.

Acero 38 Tons.

Cimbra 1,701.25 M²

Concreto 260.31 M³

Caja Amort. Medidor Parshal y Caja Partidora.

(Equipos de Medición y Distr. de Gastos)

Concreto 105 M³

Acero 11 Ton.

Cimbra 750 M²

Espesador Lodos.

Acero 23 Ton.

Cimbra 1,200 M²

Concreto 311.23 M³

Almacén de Cloro.

Concreto 50 M³

Cimbra 350 M²

Acero 15 Tons.

Cisterna de Lodos al 10%

Cimbra 1,956.41 M²

Concreto 683.71 M³

Acero Lodos al 10% 103.00 Tons.

Lodos al 3%

Cimbra 980 M²

Acero 31 Tons.

Concreto 190 M³

Agua de Lavado.

Cimbra 2,468.08 M²

Concreto 466.00 M³

Acero 73 Tons.

Sedimentador.

Acero 72 Tons.

Cimbra 1,380 M²

Concreto 513 M³

Edificio Principal.

Cimbra 2,200 M²

Acero 51 Tons.

Concreto 440 M³

Agua Potable.

Acero 46 Tons.

Cimbra 1,525 M²

Concreto 310 M³

Otra fase de la construcción de la Planta es la línea de conducción. Se trata de una acueducto que va de la obra de toma a la zona de tratamiento, formada por tubo de 36" de diámetro con una longitud de 652.80 Ml.

El procedimiento de ataque consistió en excavar la zanja a su profundidad especificada que fué de 2 Mts. y su ancho de 1.80 Mts., a partir del cual se procedió a la instalación del tubo, para posteriormente aprobarse a la presión de diseño.

La excavación se realizó con explosivos por tratarse de material III, y se rezagó con una retroexcavadora Poclair.

El uso de los explosivos básicamente consiste en realizar barrenos espaciados una cierta distancia en función de la dureza del material, en los cuales se introduce un cartucho de dinamita con un expansor y un fulminante que produce una explosión y por consiguiente la fracturación del material.

Fracturado el material se procede a rezagar, para ésto se utilizó una retroexcavadora que tuvo un rendimiento real de -- 250 M³/día, que es un rendimiento aceptable por la dureza del material.

Hecho lo anterior se procede a dar la cama de apoyo al tubo, esta se formó de tepetate con un espesor de 10 cms.

Tendida la cama de tepetate se procede a la instalación de los tubos, esto se realiza acoplando uno con otro por medio de gomas especiales que garantizan un sello uniforme, el acoplamiento se lleva a cabo por medio de una draga, que sostiene cada tubo al nivel requerido y se tensa con un tecele que proporciona una fuerza suficiente para embonar la tubería. Algunos tipos de tubería requieren un colado de mortero en cada junta de acoplamiento, esto se realiza colocando una manta perimétrica y se llena de mortero mencionado.

Con el equipo mencionado se tuvo un rendimiento de instalación

promedio de 78 Ml. diarios.

Instalada la tubería se procede a probar; la prueba consiste básicamente en inyectar agua a una cierta presión similar a la de proyecto y en un determinado tiempo, se mide el volumen inyectado y se calculan las fugas permisibles, si estas están en un determinado rango se dará por buena la instalación, en caso contrario se buscará la fuga y se preparará hasta sellarse.

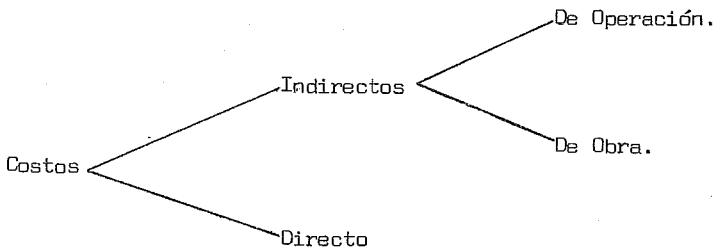
C A P I T U L O I I I

C O S T O S.

Se denomina costo al conjunto de esfuerzos y recursos necesarios para la realización de un trabajo, expresados en unidades monetarias.

El costo es el reflejo final del desarrollo de una determinada actividad ejecutada por medio de técnicas y equipo adecuado, el buen manejo de éstas determinará un costo aceptable, y un manejo inadecuado de cualquiera de los recursos reflejará un mal costo.

Ahora bién, los costos en construcción están integrados de la siguiente manera :



Costos Directos.

Se denominan costos directos a la suma de material, mano de obra y equipo necesario para la realización de un proceso productivo.

De acuerdo a la definición de costo directo, es necesario para la determinación de éste, obtener una información previa que es el costo de materiales, maquinaria y mano de obra. Este último puede ser determinado en función de sueldos y rendimientos, o bien, a base de tabuladores de trabajos específicos medidores unitariamente.

El costo de materiales lo integran el costo de adquisición, el transporte, almacenamientos, carga y descarga y en algunas ocasiones impuestos por importación y desperdicios.

El costo del equipo esta en función de los salarios de los operadores, consumos de combustibles y depreciación de la maquinaria por analizar.

Costos Indirectos.

Se llaman costos indirectos al conjunto de gastos que no pueden ser aplicados a un producto determinado y se pueden agrupar de la siguiente orma :

De Operación o Administración Central :

Cargos Técnicos y/o profesionales.

Cargos administrativos.

Alquileres y/o amortizaciones

Suscripciones y/o afiliaciones

Seguros.

Promociones.

Materiales de oficina.

De Obra :

Técnicos y/o profesionales.

Administrativos.

Transporte.

accesorios.

Varios.

De Impuestos :

Ingresos Mercantiles.

Impuesto sobre la Renta.

Fianzas y Financiamiento :

Cada uno de estos grupos de costos indirectos deben de representar los siguientes porcentajes del costo directo.

ANALISIS DE COSTO INDIRECTO Y UTILIDAD.

1.- Honorarios, sueldos y prestaciones.		3.0%
2.- Depreciación, mantenimiento y rentas.		2.0%
3.- Servicios.		2.0%
4.- Fletes y Acarreos.		2.0%
5.- Gastos de oficina.		1.0%
6.- Fianzas.		4.0%
7.- Financiamiento.		4.0%
8.- Oficina central.		<u>5.0%</u>
Cargo Indirecto.	C.I.	23.0%
Cargo por Utilidad.	C.U.	10.0%
Cargos adicionales.		1.5%
Derechos SEPANAL.		0.5%
Obras Beneficio Social.		<u>1.0%</u>
Cargos Adicionales.		0.02%

R E S U M E N

Costo Directo.	1.00 %
Cargo Indirecto.	<u>0.23 %</u>
Suma	1.23 %
Cargo por Utilidad 10%.	<u>0.13 %</u>
Suma	1.36 %
Cargos Adicionales 1.5%	<u>0.02 %</u>
Factor sobre Costo.	1.38 %

El porcentaje del 38% es el factor con el que se incrementará el costo directo para obtener el estimado de costo. Así el costo - total será la suma del costo directo más el costo indirecto.

En el presente estudio, por su laboriosidad no se determinará el total de los costos indirectos del proyecto, sino únicamente algunos costos referentes a los principales conceptos de la estructura, anexándose precios base de materiales, mano de obra y maquinaria.

En términos generales, los elementos que componen un precio unitario son :

	Materiales.	
Costos Directos.	Mano de obra.	
	Equipo.	
	Administración de obra	
	Administración Central.	Costo Unitario + Utilidad = P.U.
Costos Indirectos.	Financiamiento.	
	Impuestos.	
	Fianzas y Seguros.	
	Imprevistos.	

RELACION DE DATOS BASICOS DE MATERIALES

Concreto $f'c=100\text{Kg}/\text{cm}^2$	\$ 902.52/ M^3
Concreto $f'c=150\text{Kg}/\text{cm}^2$	1,012.00/ M^3
Fierro de refuerzo.	6.33/Kg
Banda P.V.C. tipo sika.	116.22/Ml
Fo.Fo. (Piezas especiales)	22.69/Kg
Tubería de Concreto Simple 15" ϕ	30.36/M
Válvula de Expulsión de Aire 2" ϕ	7,716.00/Pza.
Codos de 90° de acero de 12" ϕ	4,500.00/Pza.
Tubería de asbesto cemento A-5 de 24" ϕ	1,115.25/M
Brida de acero de 24" ϕ	19,814.00/Pza.
Curacreto.	92.50/L
Gasolina.	2.84/L
Diesel.	0.65/L

.....

RELACION DE DATOS BASICOS DEL COSTO
HORARIO DE LA MAQUINARIA

<u>M A Q U I N A</u>	<u>HORA ACTIVA</u>	<u>HORA OCIOSA</u>
Tractor D-7	\$ 1,126.64	\$ 1,017.31
Motoconformadora 140G	415.20	401.34
Tractor Compact 835	922.21	886.99
Traxcavo 955 L	699.66	647.27
Camión Volteo 6 M ³	140.00	109.38
Vibrador.	31.50	10.35
Plancha 10-12	175.00	157.65
Cisterna	100.00	81.20
Tractor D-8	1,246.00	1,199.60

TABULADOR SALARIOS ZONA 74 D.F.

AREA METROPOLITANA

<u>CATEGORIA</u>	<u>SALARIO BASE/DIA</u>	<u>CUOTA PATRONAL IMSS</u>	<u>OTRAS PRES TACIONES.</u>	<u>SALARIO REAL</u>
Peón	\$120.00	22.80	36.36	179.16
Oficial/ Albañil	175.00	33.25	53.03	261.28
Oficial/ Carp.	175.00	33.25	53.03	261.28
Oficial/ F.F.	175.00	33.25	53.03	261.28

Oficial Tubero	190.00	36.10	57.57	283.67
Operadores.	200.00	38.00	60.60	289.60
Auxiliar/Of.	150.00	28.50	45.45	223.95
Cabo.	260.00	47.50	75.75	373.25

A continuación realizamos el análisis de los precios unitarios más importantes y que representan en costo el porcentaje mayor de la obra.

Fabricación y bombeo de concreto de $f'c=250\text{Kg/cm}^2$, con agregado -- máximo de 20 mm y revenimiento de 14 cm., colocado en losas, muros y columnas, incluyendo vibrado, curado con membrana y acarreo de materiales L.A.B. obra.

MATERIALES.

Concreto premezclado con agregado máximo de 20mm y revenimiento de 14cm L.A.B. obra..... \$ 561.00/M³
 Curacreto..... 12 28/M³

COLOCACION.

a) MANO DE OBRA.

1 Cabo.	\$219.30	\$ 219.30
2 Albañiles.	219.30	438.60
6 Peones.	159.60	<u>957.60</u>
		1,615.50/Turno

Se considera un rendimiento de : 32.5/m³/Turno

Cargo por mano de obra : $\frac{\$1,615.50/\text{turno}}{32.5\text{M}^3/\text{Turno}} = \$ 49.71/\text{M}^3$

b) Herramienta.

4% de la mano de obra

$$\text{Cargo por herramienta } 0.04 \times \$49.71/\text{m}^3 = 1.99/\text{m}^3$$

3.- Vibrado :

a) Maquinaria.

1 vibrador de 4 HP = \$29.28/hr.

$$\text{Cargo por maquinaria.} = \frac{\$ 29.28/\text{hr.} \times 8.0 \text{ hr.}}{32.5 \text{ m}^3/\text{turno}} = 7.21/\text{m}^3$$

b) Mano de obra.

1 peón. \$ 159.60/turno

$$\text{Cargo por mano de obra} = \frac{\$ 159.60/\text{turno}}{32.5 \text{ m}^3/\text{turno}} = 4.91/\text{m}^3$$

4.- Curado :

a) Mano de obra.

1 Peón \$ 159.60/turno

Rendimiento = 120 M²/turno.

Considerando 3.0 M²/M³ de concreto.

$$\text{Cargo por mano de obra} = \frac{\$159.60/\text{turno} \times 3 \text{ M}^2/\text{M}^3}{120 \text{ M}^2/\text{turno}} = 3.99/\text{m}^3$$

b) Herramienta :

4% de la mano de obra.

$$\text{Cargo por herramienta} = 0.04 \times \$3.99/\text{m}^3 = 0.16/\text{m}^3$$

PICADO.

Dos Peones \$ 159.60	:	\$ 319.20/Turno	
Rendimiento	:	32.50/M ³	
Cargo por picado	:	$\frac{319.20/\text{Turno}}{32.50 \text{ M}^3}$	= 9.82/M ³

BOMBEO DE CONCRETO.

(Hasta 11.0m de altura)

Cargo por bombeo	:	67.60/M ³	
		<hr/>	
Costo Directo :		\$ 718.67/M ³	
Indirectos y Utilidad 30%		273.09/M ³	
		<hr/>	
PRECIO UNITARIO .-		\$ 991.76/M ³	
		<hr/> <hr/>	

.....

Suministro y colocación de fierro de refuerzo de
 $f_s=2000\text{Kg}/\text{cm}^2$.

MATERIALES.

Acero de refuerzo	₺ 6.330 Ton.	₺ 6.33 Kg
Alambre	₺ 11/Kg x 0.020	0.22

MANO DE OBRA.

1 Oficial	₺ 261.28	₺ 261.28
1 Auxiliar	197.12	197.12
10 Peones	176.16	<u>1,791.60</u>
		₺2,250.00

Rendimiento	<u>₺ 2,250.00</u>	2.25Kg
	1,000Kg	

HERRAMIENTA 2.25 x 0.04 0.09

Costo Directo. ₺ 8.67

Indirectos y Utilidad 38%. 3.29

PRECIO UNITARIO .- ₺ 11.96 Kg.

=====

Cimbra de Madera para acabados no aparentes en muros :

MATERIALES.

Forro 1" 30 P.T. x \$ 7.50/P.T. 6 usos.	\$ 37.50
Barrotes 6 P.T. x \$ 7.50/QT 6 usos.	7.50
Clavo 0.10 Kg x \$ 11.00/Kg.	1.10
Alambre 0.15 Kg x 14.00/Kg.	1.40
Diesel.	0.65
	<hr/>
	\$ 48.15

MANO DE OBRA.

4 Oficiales.	\$ 261.28	\$ 1,045.12
4 Auxiliares	179.16	<u>716.64</u>
		1,761.76
Rendimiento	\$ <u>1,761.76</u>	51.22
	34.4 M ²	
<u>HERRAMIENTA.</u>	51.22 x 0.04	<u>2.05</u>

Costo Directo. 101.42

Indirectos y Utilidad 38%. 38.54

PRECIO UNITARIO .- \$ 139.97/M²
=====

Suministro y colocación de banda PVC tipo SIKA, o similar ojillada de 20 cm. de ancho (8"), para juntas de construcción de cola - do y dilatación.

MATERIALES.

Banda PVC en rollo de 50 Mt. \$ 4,399.20

Rendimiento.	<u>\$ 4,399.20</u>	\$ 84.22
	50 Mts.	

MANDO DE OBRA.

1 Oficial	\$ 261.20	\$ 261.20
2 Peones	179.16	<u>358.32</u>
		619.52

Rendimiento.	<u>\$ 619.52</u>	15.89
	39.0 ML.	

HERRAMIENTA.

0.64

Costo Directo. \$ 100.75

Indirectos y Utilidad. 38.27

PRECIO UNITARIO .-- \$ 139.02

.....

Protección anticorrosiva, incluyendo materiales y mano de obra L.A.B. obra; limpieza Sand Blast especificación SP-5 (a metal blanco), primario RP/6-74 a 2.5 milésimas y acabado RA/26-74 a 10 milésimas para interior de :

32.03 Tuberías de 24" de diámetro.

EQUIPO

Atlas Copo SB-600	\$ 300.00/Hr	
Rendimiento	35.25/M ² /Hr	
Costo equipo	<u>\$ 300.00/Hr</u>	
	35.25/hr.	8.51

MATERIALES

Arena	873.00 M ²	
Primario	55.02	
Recubrimiento	<u>67.37</u>	
	1,131.12	131.12

MANO DE OBRA

3 Oficiales	261.28	783.84
2 Aux.	179.16	<u>358.32</u>
		1,142.16
	<u>1,142.16</u>	
	14	81.59

HERRAMIENTA. 81,59x0,04

3.27

COSTO DIRECTO,	\$ 224.49
INDIRECTOS Y UTILIDAD 38%	<u>86.01</u>
PRECIO UNITARIO	<u>\$ 310.50/M²</u>

Relleno de Zanjas con materia I y II apisonado y compactado en capas de 20cm.

MANDO DE OBRA.

RELLENO :

1 Oficial	261.28	\$	261.28
10 Peones	179.16		<u>1,791.60</u>
			2,052.88

Rendimiento 100 M³.

Cargo M/Obra.	<u>\$ 2,052.88</u>	
	150 M ³	13.69

Apisonado y Compactado.

1 Oficial	261.28	\$	261.28
10 Peones	179.16		<u>1,791.60</u>
			2,052.88

Rendimiento 77.74 M³

Cargo M/Obra.	<u>\$ 2,052.88</u>	
	100	20.52

.....

<u>HERRAMIENTA.</u> 26.41 x 0.04		1.37
	COSTO DIRECTO.	\$ 35.59
	INDIRECTOS Y UTILIDAD 38%	<u>14.09</u>
	PRECIO UNITARIO.	\$ 49.68

Excavación con Máquina en Corte según se indica en planos, en material IIA (Tepetate alta dureza), para formar plataforma de desplante de la estructura, medido en banco, en seco, en zona A hasta 8.00m. de profundidad.

Tractor D-8 con Ripper \$ 1,246.46/hora

Rendimiento : 28 M³/Hora.

Cargo Maquinaria -	$\frac{\$ 1,246.46/\text{Hr}}{28.48 \text{ M}^3/\text{hr.}}$	=	<u>\$ 43.76</u>
	COSTO DIRECTO.		43.76
	INDIRECTOS Y UTILIDAD 38%		<u>16.64</u>
	PRECIO UNITARIO.		60.40/M ³

Excavación con uso de explosivos y extracción de rezaga a mano, para desplante de estructuras, en material III, medido en banco, en seco, hasta 4.00 m. de profundidad.

Compresor 200 p.c.m. con 2 pistolas de \$ 270.63/Hora.

Rendimiento: 8 M³/hora

Cargo Maquinaria \$	$\frac{270.63/\text{hora}}{8 \text{ M}^3/\text{Hora}}$	35.13
---------------------	--	-------

Dinamita :	$\frac{\$ 25.00}{3 \text{ M}^3}$	8.34/M ³
------------	----------------------------------	---------------------

MANO DE OBRA

1 Operador	\$ 261.28	\$ 261.28
3 Peones	179.16	<u>537.48</u>
		\$ 798.76

Rendimiento : 24 M³

$\frac{\$ 798.76}{24}$ 33.29

HERRAMIENTA 4% M.O.

\$ 33.29 x 0.04

1.34

COSTO DIRECTO. 78.10

INDIRECTOS Y UTILIDAD 38% 29.19

PRECIO UNITARIO. 107.29/M³

Acarreo primer kilómetro de materiales producto de la excavación, en camión volteo, incluye carga a máquina y descarga a volteo, en camino plano revestido y lomerío suave pavimentado.

Trascavo 955 \$ 630.00/Hora.

Rendimiento : 50. M³/Hora

Cargo Maquinaria : $\frac{\$ 630.00/hr.}{50 M^3/hr.} = 12.60/M^3$

Acarreo:

Camión : 150.00/Hr.

Capacidad: 6.00 M³

Rendimiento : 1.3

$$\frac{6.5 \text{ Km/Hr.} \times 6 \text{ M}^3}{1.3} = \$ 30.00 \text{ Km. M}^3/\text{Hr.}$$

Cargo Acarreo :	$\frac{\$ 150.00}{30 \text{ m.}}$	=	$\frac{5.00}{\text{M}^3}$
			COSTO DIRECTO. 17.60
			INDIRECTOS Y UTILIDAD 38% <u>6.68</u>
			PRECIO UNITARIO 24.28/M ³

Acarreo kilómetros subsecuentes al primero, de materiales producto de la excavación (del sitio de la obra al sitio de tiro en Centro Distribuidor Barrientos), medido en banco, en camino plano revestido y lomerío suave pavimentado.

Camión : 150.00 /Hr.

Capacidad: 6.00 M³

$$\text{Rendimiento: } \frac{13 \text{ Km/Hr} \times 6 \text{ M}^3}{1.3} = 60 \text{ Km. M}^3/\text{hr.}$$

Cargo acarreo Sub.	$\frac{\$150.}{60}$	=	$\frac{\$ 2.50}{\text{M}^3}$
			COSTO DIRECTO. \$ 2.50
			INDIRECTOS Y UTILIDAD 38% <u>0.83</u>
			PRECIO UNITARIO. 3.33/M ³

Fabricación y colado de concreto simple, vibrado y curado con membrana, de $f'c=200\text{Kg/cm}^2$, para elementos estructurales del tanque. Los niveles de colado son los mostrados en los planos estructurales del tanque.

Cimentación.

Concreto	\$ 795.00/M ³	\$ 795.00/M ³
Curacreto.		5.16/M ³

Mano de Obra.

Vaciado.

3	Oficiales	\$ 261.28	\$ 783.84
6	Peones	179.16	1,074.96
2	Vibrad.	179.16	358.32
1	Curado	179.16	<u>179.16</u>
			\$ 2,396.28

Rendimiento : 30 M³

\$ <u>2,396.28</u>	79.88
30 M ³	

Herramientas : 4% M.O.

\$ 79.88 x .04	<u>3.20</u>
----------------	-------------

COSTO DIRECTO.	883.24
----------------	--------

INDIRECTOS Y UTILIDAD 38%	<u>335.64</u>
---------------------------	---------------

PRECIO UNITARIO.	\$1,218.88/M ³
------------------	---------------------------

El costo total de la obra fue el siguiente :

Obra Civil \$ 53'000,000.00

Equipamiento 20'000,000.00

.....

C A P I T U L O I V

PROGRAMACION.

Se considera como programación a la elaboración de tablas o gráficas en las que se muestran los tiempos de duración, de iniciación y de terminación de las actividades que forman un proceso productivo.

La única herramienta usada hasta 1957 para la programación de un programa de trabajo, era el diagrama de barras o diagrama de Gant, el cual consiste en :

- A) Determinar los trabajos o actividades principales del proceso.
- B) Hacer una estimación de la duración efectiva de cada actividad.
- C) Representar cada actividad mediante una barra recta cuya longitud es, a cierta escala, la duración efectiva de la actividad.
- D) Enlistar las actividades de manera que a cada actividad corresponda un renglón de la lista y estableciendo el orden de ejecución de éstas, se sitúa la barra que representa cada una de las actividades a lo largo de una escala de tiempos efectivos, que se coloca en la misma dirección de los renglones y que es común a todas las actividades.

.....

Este sistema de programación tiene dos grandes deficiencias :

1.- No es posible decidir que actividades controlan la duración del proyecto, es decir, todas son aparentemente de igual importancia para definir su duración, este hecho provoca que cuando alguna de las actividades principales incluidas en el programa se retrasa un cierto tiempo, se tengan únicamente dos soluciones posibles:

- A) Retrasar la terminación del proceso un tiempo estimado.
- B) Acelerar todas las actividades para tratar de compensar el retraso y cumplir con el programa.

Este último criterio se emplea también cuando, por alguna causa, es conveniente reducir la duración del proceso a partir del tiempo programado.

2.- Con el programa de barras es imposible prever con cierta seguridad los recursos (material, personal, equipo, capital, etc.) requeridos para realizarlo, este hecho provoca con frecuencia, que el proceso se retrase por no tener los recursos que se necesitan en un momento dado. Por la misma causa, sucede que la distribución de dichos recursos en el tiempo que dura la ejecución del proyecto, puede ser muy irregular: en ciertas épocas se necesitan grandes cantidades de recursos, Y en días cercanos a ellas, algunos de dichos recursos pueden no requerirse, como resultado de esta situación puede suceder.

- A) Que se tenga una cantidad innecesaria de material almacenado.
- B) Que se tenga equipo desocupado.
- C) Que haya necesidad de despedir personal que se requiera posteriormente.

Estos hechos, evidentemente, incrementan el costo de ejecución del proyecto haciendo inconveniente su utilización.

Sin embargo, el diagrama de barras como representación de un programa es, sin duda, una herramienta muy útil ya que muestra objetivamente las duraciones, las fechas de iniciación y terminación posibles para cada actividad en que se considera dividido el proyecto.

Reconociendo las deficiencias del método tradicional para la programación de procesos productivos, en los últimos años se han ideado dos nuevos métodos :

- A) Método de la Trayectoria Crítica ("Critical Path Method" o " C.P.M. Method")
- B) Método P.E.R.T. (Program evaluation and review technique).

El método C.P.M. fué desarrollado a principios de 1957 por el Ingeniero Morgan R. Walker y el ingeniero James I. Killely Jr. quienes pusieron a prueba el método en la construcción de una planta química para la Compañía Dupont, con un valor estimado

de \$10'000,000.00 de dolares, donde se obtuvieron excelentes resultados; desde entonces, debido a las bondades del método, su difusión ha sido mundial y su aplicación, a problemas de muy diversa naturaleza.

En México, el método C.P.M. ha sido usado desde 1961 por diversos organismos gubernamentales y compañías constructoras con muy buenos resultados.

En 1958, se desarrollo para la marina de Estados Unidos el método P.E.R.T. por investigadores de la firma Booz, Allen y Hamilton de Chicago, para controlar el programa del lanzamiento del Proyectoil " Polaris", obteniendose una reducción en la duración del proyecto de 2 años.

No existe radical diferencia entre el método C.P.M. y P.E.R.T. salvo que el segundo presupone un estudio probabilistico que estime tres duraciones : Optimista, más probable y pesimista.

El sistema de programación de estos métodos es el siguiente :

- A) Determinación de las actividades componentes.
- B) Determinación de la secuencia de ejecución de las actividades componentes,
- C) Representación del plan mediante un diagrama de flechas.
- D) Valuación de tiempo de las actividades.
- E) Obtención de la ruta crítica.

Estos métodos representan las siguientes ventajas :

- 1.- Permiten descomponer un proceso productivo en actividades de diferentes ordenes de importancia.
- 2.- Permiten determinar cuales son las actividades de un proceso que controlan su duración (Actividades críticas).
- 3.- Permiten determinar de antemano con la precisión que se desee los recursos (materiales, personal, equipo, capital), requeridos en cualquier momento durante la ejecución del proceso.
- 4.- Permiten analizar el efecto de cualquier situación imprevista y de tomar medidas correctivas eficientes.

Los métodos C.P.M. y P.E.R.T. y sus variaciones, no son otra cosa que una herramienta de trabajo para la programación, ahora bién, estos métodos indudablemente no desechan el programa de barras, simplemente lo mejoran para hacer de él, la resultante de una programación lógica y de fácil comprensión.

Aplicación del Método C.P.M. al programa general de Obra.

A) Determinación de las actividades componentes.

Se consideraron como actividades a los diferentes conceptos que forman parte de la realización de la obra como son :

- B) Determinación de la secuencia de ejecución de las actividades componentes.

Se determinó la secuencia de ejecución de las actividades que forman el proceso constructivo. Esta secuencia de ejecución fue elaborada en base a los procedimientos constructivos.

- C) Representación del Plan mediante un Diagrama de Fechas.

De acuerdo a las secuencias obtenidas con anterioridad se elaboró el diagrama de fechas en el cual las actividades están representadas por estas, las cuales inician y terminan en círculos llamados eventos.

El diagrama de fechas para nuestro caso esta representado en la figura 3.1

- D) Valuación del Tiempo de las actividades.

Para la determinación del tiempo de cada una de las actividades componentes se considero :

- 1) Tiempos ocurridos en experiencias anteriores en conceptos semejantes.
- 2) Recursos disponibles.
- 3) Tipo de materiales a utilizar.

Teniendo en cuenta los factores anteriores, se determinaron los tiempos mínimos posibles para cada actividad. Tiempos indicados en el diagrama de fechas.

E) Obtención de la Ruta Crítica.

Teniendo las duraciones de las actividades que forman nuestro proceso constructivo, se procedió a determinar los tiempos: De ocurrencia más próxima E y el de secuencia más lejana L . Para cada uno de los eventos del proceso, tiempos marcados en el diagrama de fechas. Con la obtención de estos tiempos se determinaron las holguras totales, entendiéndose por holgura total la diferencia

$$H = L_j - (E_i + d)$$

Conociendo las holguras de las actividades, se determinaron las actividades críticas, entendiéndose por actividad crítica aquella que su holgura total es nula. El conjunto de estas forman la trayectoria crítica o ruta Crítica.

Esta trayectoria se encuentra señalada en el diagrama de barras.

Es conveniente representar a la ruta crítica obtenida del diagrama de flechas en un diagrama de barras o Gant para mostrar objetivamente las duraciones, fechas de iniciación y terminación de cada una de las actividades que forman parte de nuestro proyecto constructivo.

Es conveniente representar en un diagrama de barras independiente el equipo requerido para la realización de la obra.

La programación establecida en la planeación de un proyecto no debe ser estática mientras este se realiza ya que puede suceder :

A) Cambios en el tiempo.

Una vez iniciada la ejecución de un proyecto puede descubrirse que los tiempos estimados para la realización de ciertas actividades son inseguros o no reales, lo que nos hará cambiar el diagrama de flechas y tomar alguna o algunas de las siguientes decisiones :

- Cambio en la fecha de terminación del proyecto.
- Cambio en la secuencia crítica.
- Incremento en la mano de obra o en el equipo indispensable programado o bien de ambos.

B) Cambios de diseño.

Los cambios de diseño se originan con frecuencia en los proyectos de construcción, ya sea por la cancelación de trabajos previamente planeados o por la adición de nuevos trabajos, lo que nos lleva a un ajuste de la secuencia crítica o a la necesidad de acelerar parte del proyecto con el objeto de mantenerlo dentro de las fechas contratadas.

C) Cambio de Recursos.

Por lo anterior, a la programación no se le debe considerar como una herramienta rígida que nos marque tiempos de ejecución de

actividades, fechas de iniciación y terminación de las mismas, sino como un medio de control en base al cual se pueden tomar decisiones adecuadas y oportunas en la ejecución de un proyecto para que se cumpla con lo planeado.

C A P I T U L O V

C O N T R O L

El control es la última fase del proceso constructivo y tiene una gran importancia, ya que es el instrumento que nos permite evaluar los resultados de nuestros trabajos realizados.

Existen varias definiciones a cerca de control, sin embargo hemos considerado como más aceptable la siguiente :

Control es el establecimiento de sistemas que permite detectar errores, causas y soluciones.

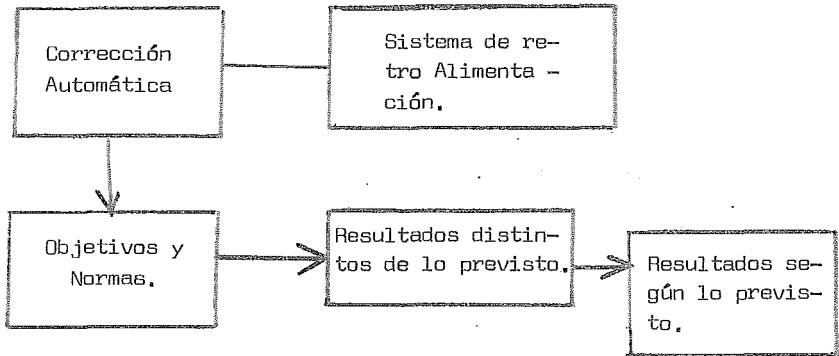
Los propósitos fundamentales para los cuales sirve el control son tres a saber :

- 1.- Como instrumento de supervisión.
- 2.- Como Medio para cumplir planes.
- 3.- Como base para fundar nuevos planes de uso futuro en cierto grado, un buen control debe ser reflejo de la organización que controla; toda buena organización debe ir adecuandose a las diversas circunstancias por las que este tipo de empresa atraviesa.

Según la forma de operación se distinguen dos tipos de control :

- A) Manual
- B) Automático.

El primero establece la comparación al terminar periodos predeterminados de tiempo y se observa si los resultados obtenidos difieren de los esperados; el segundo, basado en la ingeniería de sistemas, definiéndose esta como el conjunto de técnicas modernas aplicadas en la solución de problemas complejos, establece una reiteración de las informaciones del control para que la acción correctiva se inicie de inmediato, sin esperar, a que se produzcan íntegramente los resultados finales, lo cual se puede representar en el siguiente diagrama.



De acuerdo a lo anterior, podemos establecer los diferentes controles necesarios destacando las características principales del control :

- A) Debe estar dentro de la estructura de la organización.
- B) Debe ser flexible.
- C) Debe reportar inmediatamente las desviaciones.
- D) Debe conducir a la acción correctiva.

En el desarrollo de la obra se establecen varios tipos de control a saber :

- A) Control de costos.
- B) Control de Calidad.
- C) Control de Tiempos.
- D) Control de Métodos y Procedimientos.

A) CONTROL DE COSTOS.

Este control es de los principales en una obra, ya que nos determinará la utilidad de ésta o en caso de pérdida, o anomalía nos dará las medidas o correcciones necesarias para evitarlas, por lo cual este control debe ser de tipo automático o semiautomático.

En el control de costos el problema principal como en los otros controles establecidos en la obra, es la recolección y concentración de datos, o sea la cuantificación de gastos de materiales, maquinaria, equipo y horas hombre por lo cual es conveniente establecer tres tipos de reporte de campo.

1.- DE MANO DE OBRA.

En base a jornadas de ocho horas deberán reportar los tomadores de tiempo y jefes de cuadrillas el avance diario de las diferentes fases de construcción y el personal destinado a éstas.

2.- DE MATERIALES Y FLETES.

En base a consumos y facturas de remisión, el almacenista deberá presentar reportes de materiales salidos del almacén semanalmente así como los costos de facturación de éstos.

3.- DE MAQUINARIA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.

En forma similar el jefe de máquinas deberá presentar semanalmente un reporte de las horas máquina trabajadas, consumo de lubricante, costo de operación y trabajos realizados.

Con estos datos y las listas de raya de personal de supervisión

y gastos de administración de obra y de oficina se tiene la información necesaria semanalmente para procesarla dentro de un sistema de contabilidad.

Existen 2 sistemas principales de contabilidad de costos:

- A) Costo Global.
- B) Costo Detallado por cuenta.

Con este sistema, como lo indica el enunciado se pretende simplemente obtener el costo total de la obra a la fecha de la revisión y compararlo con el importe de la obra ejecutada. Por sus características observamos que este sistema es prototipo de los controles manuales. Su operación se reduce al registro ordenado de los dos tipos de gastos básicos.

- Gastos Inmediatos.
- Gastos Diferidos.

En realidad el manejo de este tipo de control implica el realizar adecuadamente las amortizaciones de los gastos diferidos.

La limitación más importante de este procedimiento es su excesiva simplicidad.

F I G U R A 1

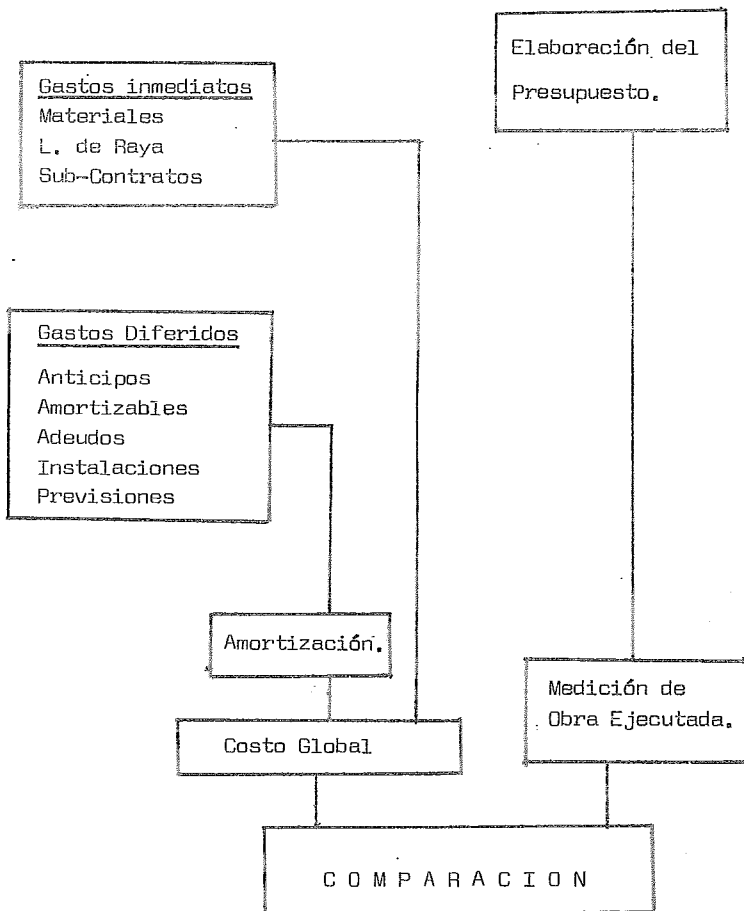


Diagrama del Funcionamiento de un Sistema de Costo Global.

B) COSTO DETALLADO POR CUENTA.

Consiste en un control por conceptos de obra en el que las cuentas se subdividen en sus diversos componentes :

- Materiales (básicos y secundarios).
- Mano de obra (por administración y a destajo).
- Equipo.
- Herramienta.
- Varios.

O sea que el reporte que se logra con este sistema permite comparar a cada cuenta de obra con los renglones del precio unitario presupuestado. En la figura 2 se tiene un ejemplo de este tipo de reporte.

Dado que en este caso el número de cuentas del catálogo se multiplica por la cantidad de subdivisiones de cada una conviene que dicho catálogo básico este muy resumido para que el sistema funcione. Esto en realidad no va en perjuicio del grado de aproximación, ya que un presupuesto del cliente que por ejemplo, constará de 200 partidas podría resumirse para fines de presupuesto básico en uno de 30 partidas de los cuales el 50% representarán el 80% del importe total.

A pesar de lo anterior el sistema requiere de un especial cuidado en las clasificaciones de los cargos con objeto de que los

	OBRA: P.P. MADIN	SEMANA N°	DEL AL 12/OCT/1977	
--	------------------	-----------	--------------------	--

C U E N T A S D E O B R A

CUENTA N°	SUMINISTRO y COLADO DE CONCRETO 1er. NIVEL	ACUMULADO ANTERIOR	MOVIMIENTO SEMANAL	ACUMULADO A LA FECHA	ACUMULADO INCL. CARGOS POR REG.	COSTOS UNITARIOS
A)	Materiales					
B)	Cemento : 0.35Ton/M3x113.92M3x\$75.00/Ton			28,508.48		
C)	Arena: 0.55M3/M3x113.92M3x\$100.00/M3			6,276.99		
D)	Grava: 0.755M3/M3x113.92M3x\$100.00/M3			8,600.96		
E)	Agua: 0.175M3/M3x113.92M3x\$4.00			19.74		
F)						
G)						
H)						
I)						
J)						
K)						
L)	Mano de Obra Administración			13,646.25		
M)	Mano de Obra Subcontratos					
N)	Maquinaria y Equipo					
N)	Combustible					
O)	Herramienta 4% M.O.			545.85		
P)	Varios					
Q)						
R)						
S)						
T)						
U)						
Z)	Cargos por Registrar					
	IMSS					
	INFONAVIT 30% M.O.			4,093.87		
	I.P.T.					
	COSTO DIRECTO					
	GASTOS GENERALES					
	GASTOS OFICINA MATRIZ					
OBRA EJECUTADA	VOL. O. EJECUTADA	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO UNITARIO	COSTO ANTERIOR	
\$56,751.54	113.92M3	498.17				

642.02 CONTRATO

costos obtenidos no resulten desvirtuados.

B) CONTROL DE CALIDAD.

Es la verificación de que se cumplan las normas y especificaciones establecidas.

El control de calidad en la obra se divide en :

- 1.- De materiales.
- 2.- De elementos constructivos.

El control de materiales se debe realizar de acuerdo a las normas fijadas por institutos especializados, en que se señalan los tipos de muestreo y pruebas que deben efectuarse en tal forma que los resultados obtenidos sirvan para llevar un control estadístico de la calidad de los materiales.

En la elección de las pruebas y ensayos de los materiales deberá buscarse que los resultados sean ágiles, en especial en el caso del concreto, al que se le harán pruebas con especímenes curados a vapor, con objeto de conocer su resistencia antes de que se hayan continuado los trabajos sobre el elemento de concreto muestreado.

El control de calidad de los elementos constructivos debe efectuarse bajo dos tipos de inspección :

1.- Preventiva.

2.- Correctiva.

La primera muestra especial atención a la precisión, con el fin de evitar defectos y desperdicios. Este tipo de inspección vigila que se realicen los trabajos de acuerdo a las calidades previstas y específicas. Esto se logra teniendo el suficiente número de ingenieros y sobrestantes en la obra, para que puedan vigilar la realización de los trabajos y hacer las correcciones necesarias durante este lapso.

La segunda trata de corregir los defectos ocurridos, rechazando los trabajos terminados que no cumplen con las calidades establecidas, esta verificación se hace comparando cada uno de los trabajos por el sobrestante e ingeniero residente, supervisando que se hayan respetado los planos y especificaciones.

Este control es indispensable, porque protege el prestigio del constructor y evita que se haga trabajo adicional en la parte o elemento defectuoso..

C) CONTROL DE TIEMPOS.

Se llama control de tiempos a la revisión periódica de los tiempos programados contra los reales. Este control es bastante simple cuando la obra se programa con el C.P.M. ya que esta revisión consiste simplemente en reemplazar en el diagrama de flechas al

finalizar los períodos predeterminados de revisión, los tiempos programados por los tiempos obtenidos en la construcción. Esta sustitución nos llevará a las siguientes situaciones :

- 1.- Que todas las actividades se encuentren dentro del tiempo programado, por lo que el diagrama no sufrirá alteraciones.
- 2.- Que algunas actividades se encuentren atrasadas, por lo que será necesario analizar la red para determinar si la duración del proyecto ha sido afectada. En caso afirmativo, tomar las decisiones convenientes para recuperar el tiempo perdido. Estas pueden ser :
 - a) Redistribución de los recursos disponibles.
 - b) Introducción de nuevos métodos de construcción y aumento de recursos.

La revisión periódica de los tiempos de ejecución, es conveniente hacerla normalmente cada dos o cuatro semanas o bien, en la concurrencia de eventos de control específicos.

D) CONTROL DE METODOS Y PROCEDIMIENTOS.

Este último control debe cubrir dos aspectos; el primero es el de vigilar la correcta aplicación de los métodos y procedimientos.

tos establecidos, observando si se obtienen o no los resultados esperados y el segundo, en función de éstos y de los datos proporcionados por los anteriores controles determinará si los métodos y procedimientos elegidos son los correctos para la realización de los diferentes conceptos de la obra.

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

METODO DE LA RUTA CRITICA.

JAMES M. ANTILL
RONACO W. WOODNEAD

MECANICA DE SUELOS TOMO II.

JUAREZ BADILLO EULALIO
RICO RODRIGUEZ ALFONSO

COSTO Y TIEMPO EN EDIFICACION.

SUAREZ SALAZAR CARLOS

ESTIMACION DE COSTOS EN CONSTRUCCION.

PRIFOOY L. ROBERT

FOLLETOS IMCYC # 5

FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE PARA LA ZONA
METROPOLITANA DE LA CUENCA
DEL VALLE DE MEXICO.

TESIS PROFESIONAL
LUIS OCHO BRAOSOS

M. Ocho Braosos