



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

01146

1  
Mj

**LAS TECNICAS PARA EL MANEJO DE PROYECTOS.  
APLICACION AL CASO DEL PROYECTO OBRA  
DE TOMA Y TUBERIAS DE PRESION EN EL  
PROYECTO HIDROELECTRICO AGUAMILPA**

**T E S I S**  
PARA OPTAR AL GRADO DE  
**MAESTRO EN INGENIERIA**  
**(CONSTRUCCION)**  
P R E S E N T A  
**ING. JUAN CARLOS BASSI MOGUEL**

DIRIGIDA POR  
M. EN C. ESTEBAN FIGUEROA PALACIOS



México, D. F. Ciudad Universitaria

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



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.

## DEDICATORIAS

A mi familia Margarita, Cristina, Leonardo, Leonardo (chico) y Juan Carlos ya que me han servido todo el tiempo de estímulo y siempre han estado presentes en los momentos de satisfacción como en los momentos críticos.

A un gran amigo, al cual no tengo palabras para expresarle mi admiración y respeto por su gran calidad humana y como el gran ingeniero que es, gracias por todo Rafael.

A mis profesores y compañeras de la División de Estudios de Posgrado.

A México

## AGRADECIMIENTOS

A la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería por la gran oportunidad que me brindó al permitir mi ingreso para efectuar mis estudios.

Al ingeniero Enrique Heredia Rubio, por su apoyo incondicional y quien siempre ha estado atento para colaborar en mi formación profesional.

Al GRUPO ICA por el gran apoyo que siempre tuve durante la realización de estos estudios a través de su programa de becas, ya que de otra manera hubiera sido imposible realizar esta tarea.

Al Instituto de Ingeniería de la UNAM, en donde estuve colaborando con el Dr. Sergio Alcocer Martínez de Castro, quien siempre dedicó gran parte de su tiempo a orientarme tanto personal como académicamente de tal manera de lograr mis estudios en forma eficiente.

Al ingeniero Esteban Figueroa por su excelente orientación durante la dirección de este trabajo de tesis, así como por su continuo empeño por transmitir valores humanos y éticos a sus alumnos durante los cursos que impartió en la DEFFI.

## INDICE

Pag.

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Descripción General de las Técnicas de Manejo de Proyectos</b>	<b>3</b>
2.1.	Programa de trabajo	4
2.2.	Control de costos	6
2.3.	Cambios de proyecto	12
2.4.	Documentación eficiente	14
<b>3.</b>	<b>Estudios de Ingeniería del Valor</b>	<b>16</b>
3.1.	Etapas de la ingeniería del valor	19
<b>4.</b>	<b>Revisión de la Facilidad de la Construcción (Constructividad)</b>	<b>24</b>
4.1.	Diseño de la Constructividad	27
4.2.	Etapas de implantación del proceso de Constructividad	30
<b>5.</b>	<b>El caso "Obra de Toma y Tuberías a Presión en el Proyecto Hidroeléctrico Aguamilpa"</b>	<b>33</b>
5.1.	Descripción general del proyecto	33
5.2.	Programa inicial-fechas compromiso	51
5.3.	Programa de terminación de obra	51
5.4.	Aceleración del programa	55
5.5.	Montos de obra ejecutados	58
5.6.	Problemática durante la construcción	58
5.7.	Modificaciones al proyecto Obra de Toma y Tuberías de Presión	60
5.8.	Eventos no programados (Imprevistos)	61
<b>6.</b>	<b>Propuesta para el establecimiento de las Técnicas de Manejo de Proyectos al caso Obra de Toma y Tuberías a Presión</b>	<b>64</b>
6.1.	Organigrama	64
6.2.	Actividades del grupo piloto	68
6.2.1.	Estudios de Ingeniería del Valor	68
6.2.2.	Estudios de facilidad de la construcción (Constructividad)	74
6.3.	Tipo de controles	78
6.3.1.	Principales conceptos de obra	78
6.3.2.	Costos	79
6.3.3.	Avances de obra diarios y acumulados	89
6.3.4.	Maquinaria. Control interno	90
6.3.5.	Programa de obra	92
6.3.6.	Requisición de recursos	92

6.3.7. Cuenta de clientes .....	93
6.3.8. Documentación .....	93
6.3.9. Imprevistos .....	95
6.3.10. Juntas de trabajo .....	95
6.4. Costos por implantación de Técnicas de Manejo de Proyectos .....	96
<b>7. Conclusiones .....</b>	<b>99</b>
<b>8. Bibliografía .....</b>	<b>101</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

El incremento acelerado de la población en nuestro país con toda la problemática que esto origina ha obligado al gobierno a crear la infraestructura que permita dar solución a las necesidades crecientes de la sociedad.

La mayoría de las compañías constructoras nacionales han tenido que enfrentar problemas de subsistencia debido a la gran competencia en el medio de la construcción en México, obligándolas a optimizar sus procesos de trabajo. Unas empresas tratan de subsistir mientras que otras efectúan transacciones e intercambios comerciales con empresas de países ricos, creándose una fuerte competencia en el medio. Las empresas extranjeras por el deseo de invertir en México y las nacionales por subsistir, han obligado indirectamente a que todo proyecto que se efectúe cumpla con los requerimientos necesarios que garantice el éxito económico tanto para el cliente como para el inversionista y el contratista, además de concebir una utilidad social que en la mayoría de los casos no es posible valorar en unidades monetarias.

Las técnicas de manejo de proyectos que en el pasado se utilizaron en forma semiempírica, requieren que sean estudiadas y puestas en práctica en forma permanente y disciplinada en los proyectos. Las grandes empresas constructoras han estado durante los últimos años, trabajando en la aplicación de las técnicas de manejo de proyectos a sus diferentes obras; pero no ha sido una actividad fácil ya que aún se conservan muchos rezagos en cuanto a la antigua formación de los ingenieros en la obra, olvidándose de los aspectos relacionados con la administración integral del contrato y de la aplicación de conceptos como control de costos, documentación, control del programa de obra, ingeniería del valor, constructividad, etc.

Debido a lo anterior, el objetivo de esta tesis es describir en forma general las diferentes técnicas de manejo de proyectos que se conocen hoy en día y su aplicación al caso específico de la construcción de la Obra de Toma y de las Tuberías a Presión del Proyecto Hidroeléctrico Aguamilpa. Se calculará el costo de la implantación de técnicas de manejo de proyectos en una obra como la indicada anteriormente.

Es importante aclarar que todos los proyectos se conforman de grupos de personas para su ejecución. Actualmente en nuestro medio el esquema de organización de un proyecto está formado por el cliente o inversionista, el supervisor y el contratista. En cada grupo, la percepción del proyecto es diferente llegándose en la mayoría de los casos a tener metas particulares que difieren unas con otras en forma importante.

Las técnicas de administración del proyecto contribuyen a unificar los objetivos y metas de los participantes logrando un óptimo desarrollo del proyecto en cualquiera de sus etapas.



## 2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS TÉCNICAS DE MANEJO DE PROYECTOS

Después de varios años de utilizarse las técnicas de manejo de proyectos en la industria, comercio y organizaciones públicas en Estados Unidos, un gran número de empresas constructoras han ido poco a poco y cada vez en mayor proporción adoptando algunas técnicas de esta área para administrar más eficientemente la ejecución de los proyectos. Es importante indicar que durante muchos años los trabajos se efectuaron en una forma empírica en cuanto al uso de las técnicas de manejo de proyectos, lo que en la mayoría de los casos condujo a un aumento importante en el costo de los mismos.

México se encuentra en este aspecto, con un panorama similar al de Los Estados Unidos en los años sesenta con respecto a la aplicación de técnicas de manejo de proyectos en las diversas obras de infraestructura. Aunque las culturas son diferentes se ha demostrado durante muchos años que la mejor manera de ejecutar los proyectos es realizando una planeación en forma previa de tal forma que se eviten modificaciones importantes durante su ejecución que originen sobrecostos y retrasos.

A lo largo de muchos años en México se han construido diversos proyectos en donde se han observado cambios durante la ejecución de los mismos, independiente de la etapa en que se encuentren. Los cambios pueden suceder en la etapa de diseño, construcción o conservación, pero independiente del momento en que ocurran, la causa en la mayoría de las ocasiones es la deficiencia en la toma de decisiones por parte de las personas encargadas de la ejecución o supervisión de los proyectos.

Es importante aclarar que el proyecto es percibido en forma diferente por cada uno de los participantes. El supervisor, el inversionista y el contratista perciben el proyecto en forma diferente por lo que hay que delimitar las responsabilidades que debe asumir cada uno durante la vida del mismo.

Debido al tratado económico que se acaba de poner en vigencia entre México, Canadá y Los Estados Unidos es importante que las empresas constructoras nacionales adopten los sistemas que les permitan competir en similitud de condiciones.

Lo anterior involucra un cambio de mentalidad e incluso de cultura, que para que se lleve a cabo se requiere del total convencimiento de los altos niveles de las empresas, ya que a partir de éstos debe iniciarse el deseo por cambiar y mejorar, siendo ellos directamente los encargados de conducir el cambio a los niveles inferiores.

Se presentan a continuación las técnicas más comúnmente utilizadas en el manejo de proyectos:

#### 2.1. Programa de trabajo

El programa de trabajo está conformado por actividades con sus respectivas duraciones las cuales al ser ordenadas en forma cronológica nos permite conocer una red a partir de la cual se obtiene el programa de trabajo.

En forma adicional al análisis del tiempo de ejecución de las actividades y de su planeación se debe determinar y reflejar en el programa la asignación de recursos de cada actividad de tal forma de conocer la cantidad y la utilización de los recursos durante el desarrollo del proyecto.

La elaboración del programa se podrá efectuar de acuerdo a las necesidades de control del proyecto, llegándose en caso de ser necesario a manejar horas, turnos, semanas, meses o años. Las actividades deben formarse por tareas claramente definidas de tal manera que se puede supervisar su avance, además de tenerse las fechas de inicio y terminación establecidas. Una vez determinado el programa de trabajo se debe identificar la ruta crítica del mismo así como las actividades con holguras pequeñas de tal manera de concentrar toda la atención hacia estos elementos.

Durante muchos años el uso del programa de trabajo en la obra se ha restringido a la presentación de los mismos como un documento informativo en donde se indican actividades, duraciones y fechas compromiso, pero que en la mayoría de los casos únicamente sirven para visualizar en forma rápida la situación de la obra con respecto a un programa preestablecido. En la mayoría de las ocasiones el programa no contempla las actividades que se están ejecutando y su secuencia difiere en forma importante con la realidad de los trabajos en el sitio.

El programa nunca o rara vez se utiliza como un elemento para la toma de decisiones del proyecto o para efectuar algún tipo de manejo contractual por parte de los participantes. Generalmente se utilizan las fechas banderas del programa para presionar al contratista a incrementar sus recursos en el caso de que aparentemente este no pueda cumplir con la obra programada.

El programa debe usarse más que como un elemento de presentación, como una herramienta dirigida al control de la obra y a la toma de decisiones. Las modificaciones de cualquier índole, demoras, aceleraciones, órdenes de cambio, suspensiones de los trabajos y en general cualquier comportamiento anómalo que afecte el desarrollo de los trabajos debe estar indicado en el programa de obra.

Los diferentes participantes del proyecto deben manejar el programa como una herramienta para controlar el proyecto y en función de las condiciones del mismo efectuar los ajustes en el momento en que se presenten, evitando pérdidas de tiempo y sanciones innecesarias que en muchas ocasiones pueden ser importantes.

Debe quedar muy claro que el programa de obra debe ser realizado por el personal que esta directamente ejecutando los trabajos ya que son ellos quienes conocen con toda certeza todas las modificaciones de su proyecto. Debe contarse con la asesoría del grupo de planeación de la obra (grupo piloto), para los aspectos de planeación, uso de los sistemas de información, diseño de elementos especiales, procedimientos constructivos, etc.

En la mayoría de los casos el personal responsable de la ejecución de los trabajos no conoce el programa maestro de la obra y no tiene un programa propio de trabajo que esté ligado con el programa maestro. Generalmente en el sitio de trabajo se maneja un programa semanal de actividades que en muchas ocasiones es preparado entre el ingeniero responsable y el sobrestante general del frente.

Esta asignación de tareas o programas semanales tiene resultados positivos en la mayoría de los casos en cuanto a la velocidad de ejecución de los trabajos; pero normalmente por estar desligado y desfasado del programa general del proyecto, no ayudan al seguimiento adecuado del mismo.

## 2.2. Control de costos

La evaluación de los costos se debe de efectuar en función de las necesidades de cada uno de los participantes del proyecto de tal forma que cada uno de ellos tendrá una condición diferente para evaluar sus costos.

La forma tradicional para la evaluación de los costos, en el caso del contratista, se basa en llevar un orden de tipo contable con la ayuda de personal especializado de tal manera que pueda conocer en la forma más exacta posible las variaciones importantes de los gastos que tiene en su proyecto.

La herramienta más importante para controlar la asignación de responsabilidades de las actividades en un proyecto es el WBS (Work Breakdown Structure), cuyo uso en la mayoría de las veces se ha restringido a las áreas administrativas.

### 2.2.1. Estructura de descomposición del trabajo (Work Breakdown Structure)

Es un procedimiento secuencial y numérico formado a partir de los datos de un proyecto que se utiliza para descomponer las actividades en forma lógica y ordenada. Su uso se puede efectuar en las etapas de planeación y producción. El WBS permite dividir el proyecto en sus principales elementos o componentes en una forma lógica. Los elementos a su vez se subdividen en subelementos repitiéndose este proceso hasta los niveles inferiores de organización del proyecto.

El WBS permite al ingeniero de manejo de proyectos preparar el programa de trabajo asignando los recursos necesarios a las actividades, asignar responsabilidades al personal técnico y llevar durante el desarrollo del proyecto la documentación detallada en relación a cambio de proyecto, imprevistos, sobrecostos, etc.

#### 2.2.1.1. Propósitos del WBS

- a. Dividir el proyecto en áreas de trabajo
- b. Dividir responsabilidades para varios elementos que estén relacionados con el trabajo de la organización.

c. Planear el tiempo, costos y recursos estimados en función de los elementos pequeños.

d. Establecer un sistema adecuado para la planeación y control de costos.

e. Relacionar las actividades del proyecto de trabajo.

f. Definir los trabajos en orden adecuado.

g. Estimar el ciclo de costos.

Normalmente cuando se trata de implantar el WBS a un proyecto se presentan algunos problemas en su estructuración. Debido a lo anterior se indican a continuación algunos aspectos que pueden ayudar a implantar el WBS en forma eficiente en un proyecto.

#### 2.2.1.2. Reglas generales para aplicar el WBS

a. Se debe tratar que el WBS no incluya todas las actividades del proyecto.

b. El WBS en cada uno de sus niveles debe permitir integrar los aspectos de administración, planeación y control de tal forma de tener en el momento que se desee una medida del proyecto en términos de costo, recursos y programa de trabajo.

c. No utilizar niveles a detalle que no repercutan en el desarrollo del proyecto.

d. Cada elemento del proyecto se pueden subdividir en diferentes niveles.

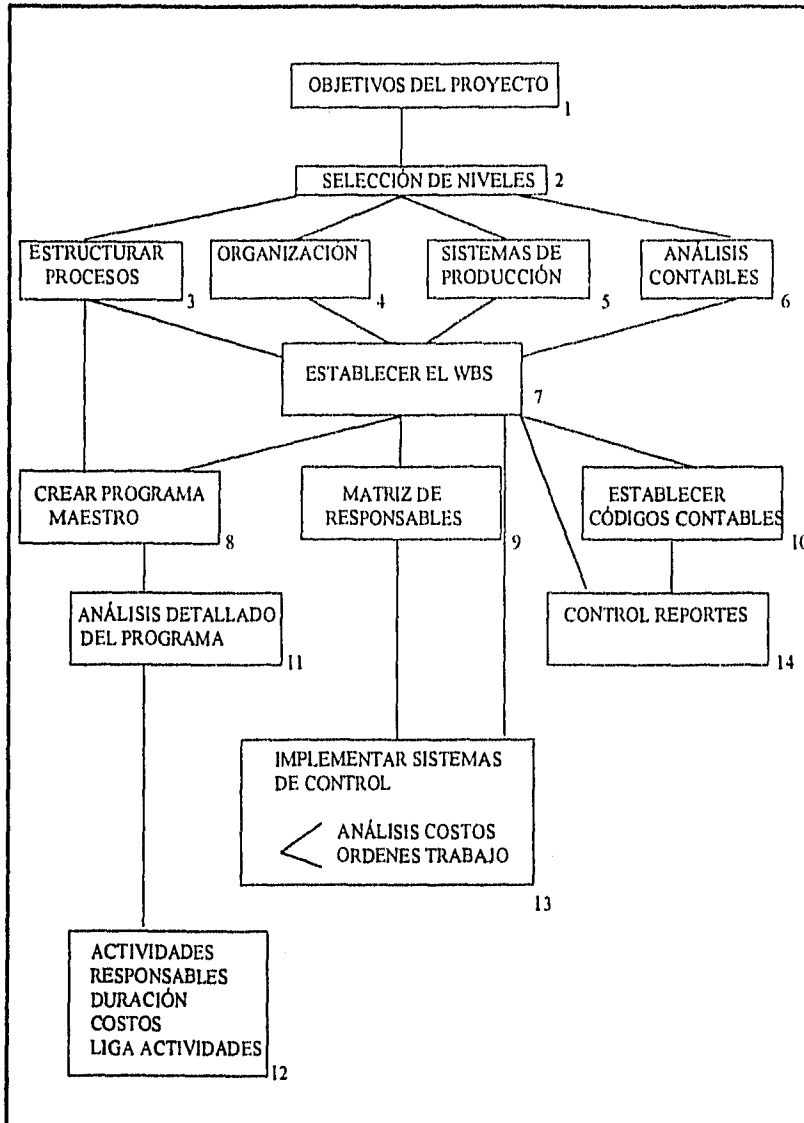
e. Utilizar unidades de organización en lugar de ítems o componentes arbitrarios.

f. El uso de cuatro a seis niveles para descomponer el trabajo es el rango comúnmente utilizado en la mayoría de los proyectos.

g. En el caso de tener subcontratos en el proyecto se recomienda tener el proyecto como unidad subdividido con el WBS del mismo, y adicionalmente elaborar un WBS para cada uno de los subcontratista indicando sus divisiones y unidades de organización.

#### 2.2.1.3. Implantación del WBS

Es importante indicar que el proceso básico del WBS se compone de planeación, producción y control de ahí que todo el esquema que se efectúe para administrar la obra debe estar contenido en alguna de éstas etapas. La implantación del WBS debe seguir algunos lineamientos como los indicados a continuación (Gráfica 1).



Gráfica 1. Planeación del Proyecto

- a. Definir el proyecto indicando los objetivos en forma clara.
- b. Nivel de detalle dando a conocer los niveles que tendrá el proyecto.
- c. Determinar la estructura que tendrá la organización.
- d. La organización debe estar codificada en función de las áreas de trabajo.
- e. Determinar los niveles más importantes como sus subdivisiones (Gráfica 2).
- f. Asignar al proyecto los códigos de clasificación de las actividades(Tabla 1).
- g. Asignar en forma ordenada las responsabilidades de las actividades.
- h. Efectuar un control de la producción con respecto a lo planeado utilizando el programa de trabajo como herramienta de análisis.

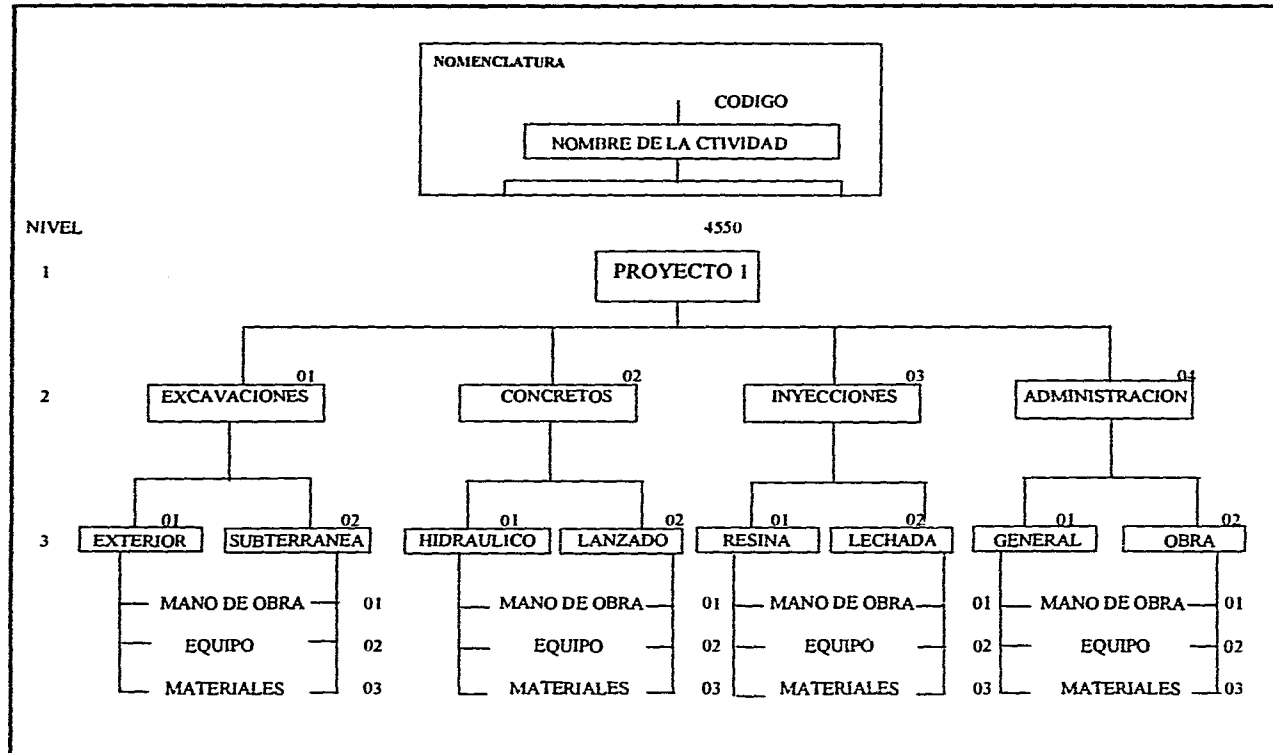
Las técnicas anteriores nos permitirán preparar un proyecto en forma estructurada y organizada que aunados a la verificación durante su ejecución, seguramente nos permitirá obtener mayores beneficios con respecto a ejercicios efectuados con anterioridad.

El control de costos que normalmente se maneja en las obras se efectúa en forma global en los altos niveles de los encargados del proyecto y no a nivel de los frentes de trabajo como debería de efectuarse en primera instancia , de tal forma que se conociera el resultado o costo a detalle de cada una de las actividades que se efectúan en cada sitio de la obra, tratando en base a esto efectuar comparaciones con los precios originalmente contratados y así en el caso de ser necesario, efectuar los ajustes pertinentes al proceso constructivo para disminuir los costos.

El conocimiento oportuno y continuo de los costos del proyecto aunado al correcto manejo del contrato debe permitir al contratista efectuar un análisis adecuado de tal forma de detectar la necesidad de reclamar cualquier sobrecosto no esperado o algún factor que pueda involucrar una posibilidad de compensación para el contratista.

La planeación y control de los costos utilizando el WBS con sistemas informáticos permite obtener resultados muy rápidos de ahí que sea indispensable proporcionar de estos elementos a los frentes de trabajo, para lograr así una mayor eficiencia en el control de los mismos.

El control de los costos en los frentes de trabajo debe tener lineamientos preestablecidos por la administración del proyecto de tal manera que los datos obtenidos sean



Gráfica 2. Estructuración del WBS



ELEMENTO DEL PROYECTO	WBS NUMERO
EXCAVACIONES	450001
EXTERIOR	45000101
MANO DE OBRA	4500010101
EQUIPO	4500010102
MATERIALES	4500010103
SUBTERRÁNEA	45000102
MANO DE OBRA	4500010201
EQUIPO	4500010202
MATERIALES	4500010203
CONCRETOS	450002
HIDRÁULICA	45000201
MANO DE OBRA	4500020101
EQUIPO	4500020102
MATERIALES	4500020103
LANZADO	45000202
MANO DE OBRA	4500020201
EQUIPO	4500020202
MATERIALES	4500020203
INYECCIONES	450003
RESINA	45000301
MANO DE OBRA	4500030101
EQUIPO	4500030102
MATERIALES	4500030103
LECHADA	45000302
MANO DE OBRA	4500030201
EQUIPO	4500030202
MATERIALES	4500030203
ADMINISTRACIÓN	450004
GENERAL	45000401
MANO DE OBRA	4500040101
EQUIPO	4500040102
MATERIALES	4500040103
OBRA	45000402
MANO DE OBRA	4500040201
EQUIPO	4500040202
MATERIALES	4500040203

Tabla 1. Ejemplo de items utilizando el Work Breakdown Structure (WBS)

El control de los costos debe estar ligado al programa de trabajo de tal forma de detectar cualquier variación importante con respecto a lo planeado. Las fechas banderas de inicio y terminación de ciertas actividades, en el caso de no cumplirse producen un sobre costo importante al contratista de ahí la importancia de auxiliarse del programa de trabajo conjuntamente con el control de los costos durante la ejecución del proyecto. En el caso de tener un proyecto que se termina después de la fecha programada, el impacto de esta situación puede ser tan importante que lleve al fracaso del mismo.

Un ejemplo práctico de lo anterior podría ser una tienda de juguetes la cual es terminada el 15 de enero en lugar del 15 de diciembre. En este caso los ingresos que se dejaron de percibir por la época navideña pueden representar una pérdida muy importante que lleve al fracaso del proyecto. Los ingresos que se tenían previstos al no recibirse en el tiempo programado modifican el flujo de ingresos y egresos del proyecto.

El análisis de los costos en un proyecto requiere cuidado y atención ya que es un parámetro que permite conocer la situación financiera real del proyecto y a partir de esto tomar decisiones en bien del mismo.

### 2.3. Cambios de proyecto

Uno de los aspectos más importantes en las técnicas de manejo de proyectos es el relacionado con las órdenes de cambio las cuales requieren la presentación previa de los documentos por parte del cliente o del supervisor en los cuales se esté ordenando la ejecución de las nuevas actividades. La ejecución de algún trabajo en particular el cual no está considerado en las condiciones iniciales del contrato requiere de la orden de trabajo correspondiente para únicamente mediante esta forma hacer oficial la nueva actividad.

En nuestro medio los aspectos de control y documentación de los trabajos se lleva en forma no ordenada e incorrecta, ya que muchas de las instrucciones se giran verbalmente generando discusiones entre las partes al momento de estimar la obra ejecutada.

La conciliación de recursos en la ejecución de una actividad es la forma más simple y ordenada de dar seguimiento a un trabajo adicional. En la mayoría de los casos ni el contratista ni el supervisor llevan una documentación ordenada de los cambios de proyecto o de los

recursos utilizados en la ejecución de un trabajo, lo cual produce al momento de la estimación diferencias entre las partes.

Para evitar lo anterior es recomendable solicitar previo al inicio de las actividades las órdenes de trabajo correspondientes y en caso de no ser posible esto, realizar la conciliación de recursos en forma diaria para lograr conocer los costos reales de la actividad de tal forma que se solicite un pago en función del costo real obtenido.

Es importante indicar la repercusión de los cambios de proyecto en una obra. El manejo correcto de la documentación durante el desarrollo de los trabajos puede llegar a ser un aspecto importante para lograr utilidades en base a reclamos o deductivas según sea el caso del contratista o cliente respectivamente.

En un gran número de proyectos las empresas a las cuales se les ha adjudicado la obra por tener la propuesta económica más baja, así como una buena propuesta técnica, se organizan de tal forma que logran la utilidad del proyecto en reclamaciones.

El gerente del proyecto debe organizarse de tal forma que logre preparar los soportes y documentos necesarios que le permitan estimar toda la obra ejecutada. Debe existir una comunicación directa entre el personal producción y el superintendente encargado de realizar el manejo del proyecto a nivel del frente, de tal forma de documentar cualquier modificación, orden de cambio, sobrecosto o cualquier elemento que le permita recibir una compensación adicional.

Las reclamaciones una vez presentadas requieren de un estudio completo por la contraparte para determinar si procede para fines de pago. Normalmente este análisis en México puede llegar a tardar meses e incluso años, dependiendo de los criterios de revisión y estudio que realice el cliente. Para evitar lo anterior algunas compañías han establecido que una vez presentado el precio unitario, se agrega otro reclamo por los gastos financieros que acarrea el primer reclamo durante la revisión del cliente. Este tipo de reclamos financieros normalmente se lleva a cabo en los conceptos de obra que tienen los precios y volúmenes más representativos.

Las aceleraciones solicitadas por el cliente, las demoras, las suspensiones de actividades por huelgas, desastres naturales, guerras, incendios y en general factores no imputables al

contratista deben ser manejados en igual forma para asegurar una compensación adicional a causa de la suspensión de actividades en los trabajos.

Es difícil realizar este tipo de trabajos en una cultura como la del constructor mexicano, pero la creciente competencia obliga a invertir recursos para iniciar el cambio de mentalidad del ingeniero constructor. Es importante indicar que la aplicación de técnicas como las indicadas anteriormente requieren de la participación de personal capacitado de tal manera que pueda tomar decisiones acertadas.

#### 2.4. Documentación eficiente

Un aspecto muy importante en los proyectos es el relacionado con la documentación de los trabajos. Estos documentos van desde los reportes de actividades que se efectúan en los frentes de trabajo hasta los registros de lluvias, gastos de corrientes de agua, demora en las instrucciones por parte del cliente o supervisor para la ejecución de los trabajos, tiempos perdidos por interferencias de otros contratistas, tiempos perdidos en autorizaciones para iniciar colados de concreto, etc.

Toda la documentación que se realice debe llevar la orientación de producir un ingreso o una deductiva según sea el caso de los participantes del proyecto. Lo opuesto es no llevar ningún tipo de documentación con lo que al tener una modificación y al no existir soporte alguno de lo ocurrido, la posibilidad de cobro o de aplicar deductivas sería difícil.

La documentación debe estar día con día actualizada a través de un sistema de computo de tal forma de tener en el momento que se requiera la información. El origen de las reclamaciones parte de situaciones muy obvias como problemas geológicos, cambios de la granulometría en los bancos para elaborar agregados, cambios de diseño, etc. Esto obliga a crear desde un principio la infraestructura necesaria con el personal técnico necesario a fin de documentar adecuadamente el proceso de la manera más amplia y clara posible.

Durante la ejecución de los proyectos, se presentan un gran número de cambios a nivel de los frentes de trabajo que en la mayoría de los casos son únicamente conocidos por los ingenieros que se encuentran adscritos a ellos, pero que por dedicarse a sus trabajos de supervisión de las actividades, no efectúan una documentación adecuada que les permita

preparar alguna reclamación. En la mayor parte de los proyectos se dejan de estimar volúmenes importantes de obra ejecutada a causa de una deficiente documentación de los trabajos.

En muchas ocasiones se elaboran un gran número de reportes, la mayoría con información deficiente y que no tienen la claridad adecuada para soportar un reclamo. En el mejor de los casos se efectúan reportes que son almacenados durante algún tiempo sin saber para que son y adonde se utilizarán. El ingeniero de producción generalmente revisa los reportes de forma superficial de ahí que cuando algunos recursos no son claramente anotados en los reportes, al momento de efectuarse la conciliación de un nuevo precio unitario, el costo del mismo puede llegar a ser menor que el costo real que ha tenido el contratista por la ejecución de la actividad. El ingeniero de producción está acostumbrado a que una vez firmado el reporte diario de las actividades de su frente, la elaboración de cualquier reclamo o precio unitario nuevo le corresponde al área de reclamaciones.

La única forma de evitar lo anterior es a través de una capacitación que debe partir de los altos niveles jerárquicos del proyecto de tal forma de evitar que el ingeniero de producción realice actividades de supervisión en el frente de trabajo relacionadas directamente con la operación del equipo, el manejo y dirección del personal de campo, suministro de materiales, suministro de elementos de seguridad, solución de disputas entre grupos de trabajadores, interferencias de representantes sindicales, etc.

Los comportamientos anteriores se repiten en forma continua en las empresas constructoras en México, en donde existe poca convicción de que todas las personas que se encuentran en un proyecto deben trabajar coordinadamente y no dedicar sus esfuerzos aislados a terminar su propio proyecto.

Los conceptos indicados anteriormente al ser aplicados en forma eficiente permitirán al ingeniero de producción realizar actividades realmente ingenieriles como son el control de costos, seguimiento del programa de trabajo, documentación adecuada, elaboración de nuevos precios, estudios de procedimientos constructivos, organización del personal y en general todas las actividades que contribuyan a lograr mantener el proyecto controlado tanto en programa como en costo.

### 3. ESTUDIOS DE INGENIERÍA DEL VALOR

El análisis que identifica la función exacta de las partes o elementos de un proyecto de tal forma que estos satisfagan las necesidades que se tienen al menor costo, es conocido como "ingeniería del valor." El concepto en si puede ser aplicado a cualquier proyecto y en cualquiera de sus partes, pero la experiencia que se tiene en este tipo de estudios durante los últimos años en Los Estados Unidos ha mostrado que la aplicación se debe efectuar en los conceptos que representen el mayor monto en el presupuesto del proyecto.

La ingeniería del valor se puede definir como una técnica multidisciplinaria, sistemática y funcional que permite conocer el costo menor de un elemento. Conocido como "el mejor valor del elemento" ya que cumple con todas las funciones de seguridad, calidad, operación, mantenimiento, durabilidad y otros criterios preestablecidos a pesar de su bajo costo económico.

La ingeniería del valor en el mayor de los casos ha mantenido su máxima aplicación en los procesos industriales, así como en la ingeniería económica, durante la evaluación de los insumos y productos, pero en la ingeniería civil y en particular en la construcción no ha sido aún aceptada totalmente.

Su origen se remonta a 1950 con Harry Winne quien aplicó por primera vez las técnicas de Ingeniería del Valor en un departamento de compras de la compañía General Electric. Debido a los buenos resultados logrados en ventas se extendieron las técnicas a todos los departamentos de procesos de la compañía.

En 1958 se forma la Sociedad Americana de Ingeniería del Valor. Posteriormente en 1963 las organizaciones militares en Los Estados Unidos inician una aplicación masiva de las técnicas de ingeniería del valor ante el deseo del gobierno de disminuir los costos en las obras de construcción pública. A partir del año 1972 se crean importantes organismos como El cuerpo de Ingenieros del Ejercito de Estados Unidos, El mando de Servicios Navales, La Oficina de Reclamaciones, Departamento de Correo y otros grupos de instituciones en donde se han tenido éxitos durante la aplicación del concepto de la ingeniería del valor en la construcción de las obras.

La ingeniería del valor es una nueva tecnología que en la mayoría de las veces cambia para el cliente, el contratista, y el diseñador algo que con anterioridad era imposible de efectuarse, actuando la ingeniería del valor para los miembros del proyecto no como una herramienta de trabajo, sino como una crítica a sus actividades.

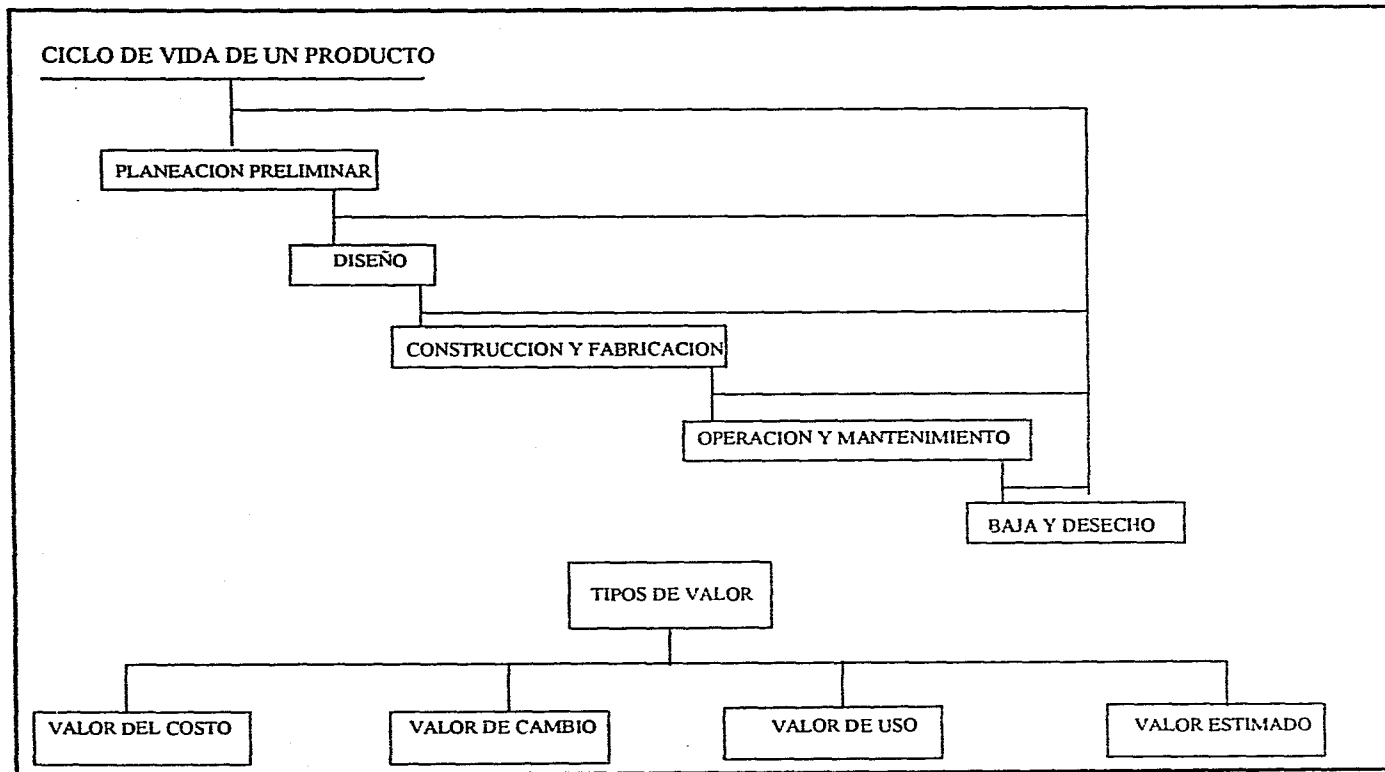
La ingeniería del valor se ha aplicado en la mayoría de las veces al diseño, al mantenimiento, a las adquisiciones, a la conservación de la energía, y en una menor escala a la construcción. Independiente en las áreas en donde se ejecute el proceso la técnica de análisis que se ha de seguir es la misma.

Seguramente el análisis de la ingeniería del valor se puede aplicar en cualquier parte del proyecto, pero es lógico pensar que se debe efectuar en los conceptos que involucren un monto de dinero mayor o que en algún momento puedan significar problemas en cuanto a su entrega oportuna, instalación o mantenimiento. El concepto del valor de las cosas es algo ambigüo, ya que para cada persona un mismo elemento puede presentar un valor diferente (Gráfica 3).

La clasificación del valor de las cosas se ha tratado de definir en función de ciertas condiciones del costo en dinero, del costo estético y del costo de uso. Pueden existir más costos para poder valorar un elemento en particular, pero el análisis importante es determinar el valor real de las cosas en función de las necesidades que este va a satisfacer.

Para iniciar el análisis y determinar el valor de las cosas, se debe empezar por responder un grupo de preguntas muy simples las cuales van desde que es el elemento, para que sirve, cuanto cuesta, cual es su función principal, que otras funciones realiza, y cuanto costará en el futuro su mantenimiento. Una vez contestadas estas preguntas se le asignan valores a las alternativas tratando a través de estos de conocer la función principal del elemento. El hecho de efectuar una comparación con otro elemento puede ayudar a complementar el análisis del valor del elemento que se esté estudiando.

La comparación puede ser a partir de las funciones que cada uno realiza, la similitud física, la semejanza en propiedades análogas, o en la última de las opciones comparar contra un elemento en extremo costoso a partir del cual se puedan sacar conclusiones.



Gráfica 3. Ingeniería del Valor I



### 3.1. Etapas de la ingeniería del valor (Gráfica 4)

#### 3.1. Selección

Se determinan todos los elementos que se analizarán teniendo en cuenta aspectos de razón costo sobre el valor esperado, costo a rendimiento sobre el valor de ingeniería en tiempo de inversión, tiempo requerido para investigar y analizar, y tiempo y posibilidad para implantar los resultados potenciales. En forma complementaria se deben de asignar metas, puntos de control, asignación de recursos y la conformación de grupos de trabajo.

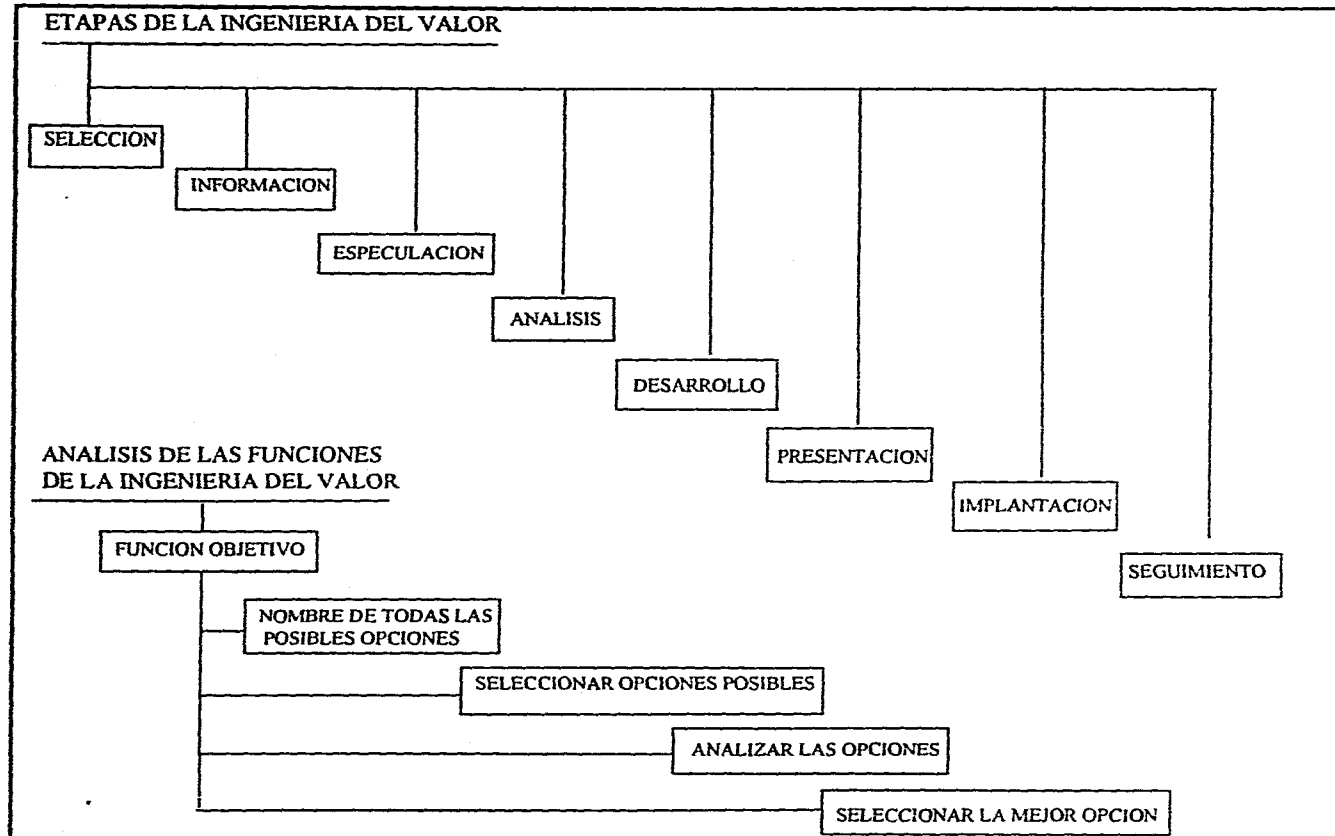
#### 3.2. Información

En esta etapa únicamente se deben de identificar los diversos elementos del proyecto con todas sus partes y una vez ordenados en orden de costo para el proyecto se inician los trabajos de la ingeniería del valor sobre el más costoso y así sucesivamente hasta el de menor valor. Los rápidos avances en esta etapa en cuanto a que es el elemento, que hace, cuanto cuesta, y cual es su precio por comparación deben efectuarse en forma rápida y por medio de información actual y técnica.

Una vez recolectada la información necesaria se determinan las funciones principales y secundarias del elemento en estudio, se determina el costo del elemento en función de las funciones primarias y secundarias, y se determina el precio del elemento por comparación con otro elemento que tenga funciones similares o con características parecidas.

#### 3.3. Especulación

En esta etapa del análisis se deben estudiar otras posibles alternativas para efectuar la ejecución de los trabajos con un elemento diferente al que se está estudiando. Se deben analizar opciones diferentes que permitan encontrar otra posible solución al problema por medio de otro elemento, o utilizando el mismo; pero con modificaciones importantes que permitan disminuir el costo que se tiene. Las críticas y comentarios negativos contra una nueva idea no deben ser razón para que sea eliminada en forma inmediata, al contrario deben servir para buscar la solución óptima.



Gráfica 4. Ingeniería del Valor II

#### 3.4. Análisis

Una vez terminada la etapa anterior los análisis efectuados deben de enfocarse a responder si el elemento alternativo puede efectuar las funciones básicas requeridas; además de tener un costo acorde con las posibilidades o deseos del proyecto. Puede ser importante durante esta etapa tener el asesoramiento de personal especializado que ayude al análisis de aspectos técnicos y económicos del nuevo elemento seleccionado, como a determinar posibles variaciones que pueden incidir en la decisión del estudio de la ingeniería del valor.

#### 3.5. Desarrollo

Una vez revisados los aspectos técnicos y económicos que dieron como resultado las mejores opciones, se estudia el comportamiento práctico que tendrá el elemento seleccionado. Las preguntas por responder son del tipo de su correcto funcionamiento, si cumplirá con los requerimientos necesarios, que problemas de implantación puede tener, cuales son los costos y ahorros reales que se tendrán.

#### 3.6. Presentación

La presentación consiste en efectuar una exposición lo más clara y concisa posible de la nueva decisión tomada, indicando las ventajas y desventajas del nuevo elemento con respecto al anterior tanto a nivel de funcionamiento como de costo, además de aclarar las posibles fallas así como las factibles soluciones a los problemas.

#### 3.7. Implantación

Es la etapa en donde se dan al proyecto las nuevas soluciones obtenidas por los estudios efectuados en la ingeniería del valor.

#### 3.8. Seguimiento

Se debe establecer un plan adecuado para supervisar el comportamiento del nuevo elemento e informar de las variaciones o modificaciones importantes a las personas que participaron en la evaluación técnica de tal forma de prever a tiempo soluciones factibles.

Todas las etapas son realmente importantes, pero el éxito de cada una de ellas y en general del estudio de la ingeniería del valor de un proyecto dependen en gran parte de las buenas relaciones humanas que se manejen entre los diferentes participantes del análisis. Como se indicó anteriormente es una nueva técnica que en la mayoría de las veces se ve por parte de algunos participantes del proyecto como una crítica a su trabajo. Lo anterior involucra un cambio de mentalidad o cultura para que mediante esta forma se logren trabajos eficientes y óptimos.

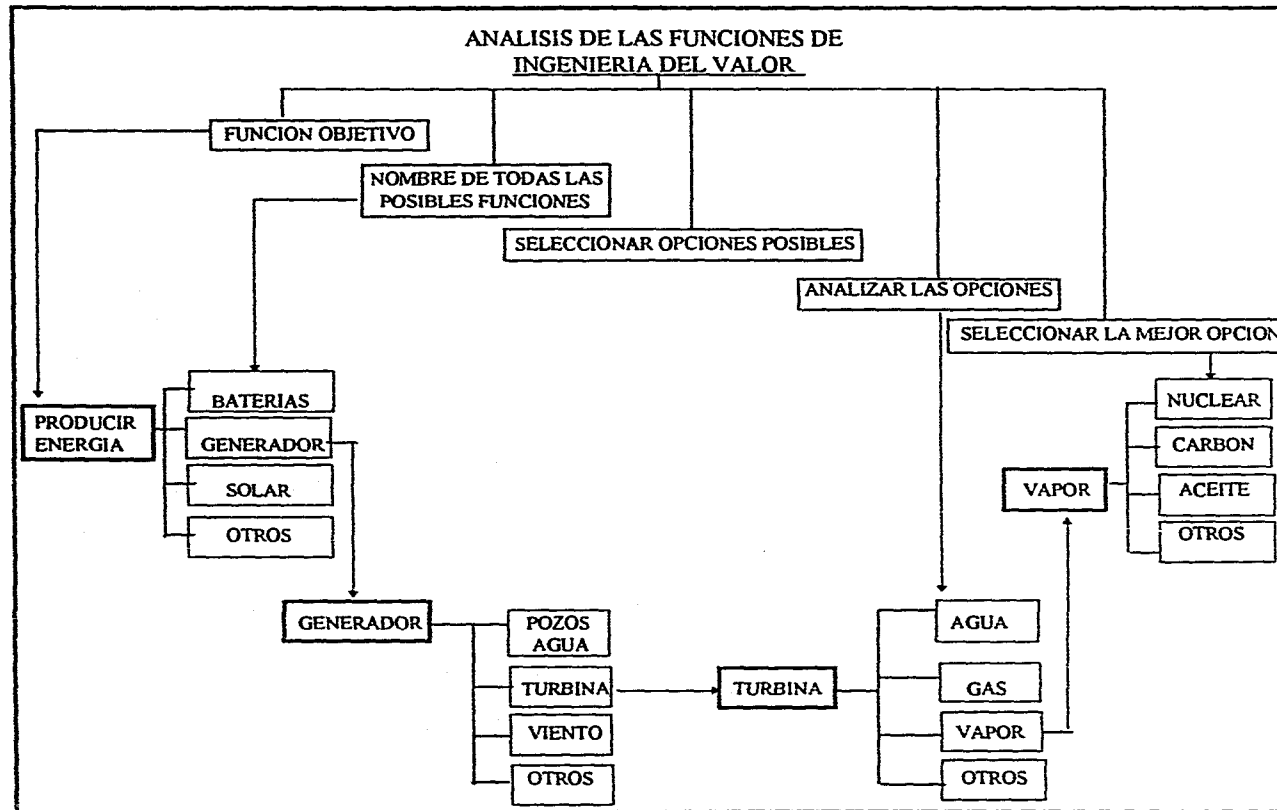
La ingeniería del valor aplicada a la construcción apenas esta empezando a tener una aceptación importante en Estados Unidos, ya que se ha logrado demostrar un índice importante de utilidad por este concepto. La forma más práctica para lograr su aplicación en la construcción se inicia cuando se agrega una cláusula al contrato en la cual se hace participe al contratista de los beneficios logrados a causa de sus sugerencias por conceptos de estudios de ingeniería del valor que involucren una disminución del costo para el cliente.

En algunos casos un contratista puede ver contraproducente a sus intereses el hecho de pretender disminuir el costo del contrato, ya que disminuye su utilidad, pero esta actitud se puede obviar si se le ofrece un incentivo a causa de sus aportaciones para lograr disminuir el costo del proyecto.

Otra forma de aplicar los conceptos de ingeniería del valor en la construcción se presenta durante la evaluación de los procedimientos constructivos, de tal forma que se seleccionen los recursos adecuados para ejecutar un trabajo en particular (Gráfica 5).

Una clara aplicación de este concepto será presentado en el capítulo No 6, en donde se efectúa un análisis de ingeniería del valor para seleccionar un equipo de carga y un material especial para la colocación de acero de refuerzo.

Decisiones como la anterior pueden hacer la diferencia en el éxito o el fracaso de un proyecto, de ahí que las técnicas de la ingeniería del valor pueden llegar a ser el punto clave del éxito del mismo.



Gráfica 5. Proceso de la Ingeniería del Valor

#### 4. REVISIÓN DE LA FACILIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN (CONSTRUCTIVIDAD)

Desde hace ya varios años en nuestro país la construcción se ha desarrollado en base a una serie de especificaciones mediante las cuales se ha pretendido garantizar la calidad adecuada de los trabajos. Cada área tiene sus especificaciones particulares pero aún a la fecha no existen especificaciones para todas las actividades que se desarrollan en el medio. En el caso de la construcción existen un gran número de especificaciones. Algunas simples como la fabricación de escaleras marineras a base de varillas de acero de refuerzo y algunas mucho más complejas como pueden ser el uso de aditivos en el concreto o ciertas soldaduras especiales en el montaje de estructuras de acero.

En el caso de la construcción de obras civiles independientemente del proyecto que se trate, las especificaciones se han cambiado en varias ocasiones a través del tiempo, con el objeto de perfeccionar la calidad de los trabajos .

Durante el proceso constructivo de un proyecto el contratista conoce las obligaciones que tiene durante la ejecución de las actividades. Estos estándares, especificaciones y requerimientos técnicos se le hacen saber incluso desde la etapa de presupuestación.

En los grandes proyectos normalmente el cliente a través del proyectista presenta el diseño de todas las estructuras por construir. Todo diseño debe considerar tiempos de ejecución y análisis de costos. Esto para tratar de construir la mejor estructura en tiempo, costo y funcionalidad. El proyectista durante la etapa de diseño debe estar en caso de ser posible asesorado por personal con experiencia en la ejecución de obras similares a las diseñadas a fin de obtener un diseño sencillo en cuanto a su proceso constructivo.

Los proyectos nuevos deben tener como punto de partida las experiencias que se tuvieron en los proyectos anteriores con características similares. Las actividades que en proyectos anteriores produjeron errores, problemas y dificultades, deben ser analizadas y estudiadas a detalle para lograr dar una solución viable bajo el punto de vista técnico y económico que sea mejor que la anterior.

Lamentablemente en nuestro medio la relación entre el proyectista y el contratista en la mayoría de los casos no existe. Cada uno ejecuta sus actividades sin tener en cuenta los puntos

de vista del otro, produciéndose por lo tanto grandes diferencias en el desarrollo de los trabajos. En Estados Unidos los problemas anteriores se presentaron en un principio en forma similar, pero ante la aparición de las técnicas de manejo de proyectos se crearon varias herramientas para dar solución a los conflictos que continuamente se presentaban durante el desarrollo de los proyectos.

Así fue como se empezó a desarrollar el concepto de constructividad o facilidad de la construcción. La constructividad determina la forma más simple para ejecutar una actividad, involucrando aspectos de planeación, diseño y procedimientos constructivos.

Todos estos elementos manejados correctamente permiten optimizar las actividades a través de procesos cíclicos o repetitivos, con lo cual se optimizan tiempos de ejecución, disminuyen costos y se alcanza la calidad requerida por el proyecto.

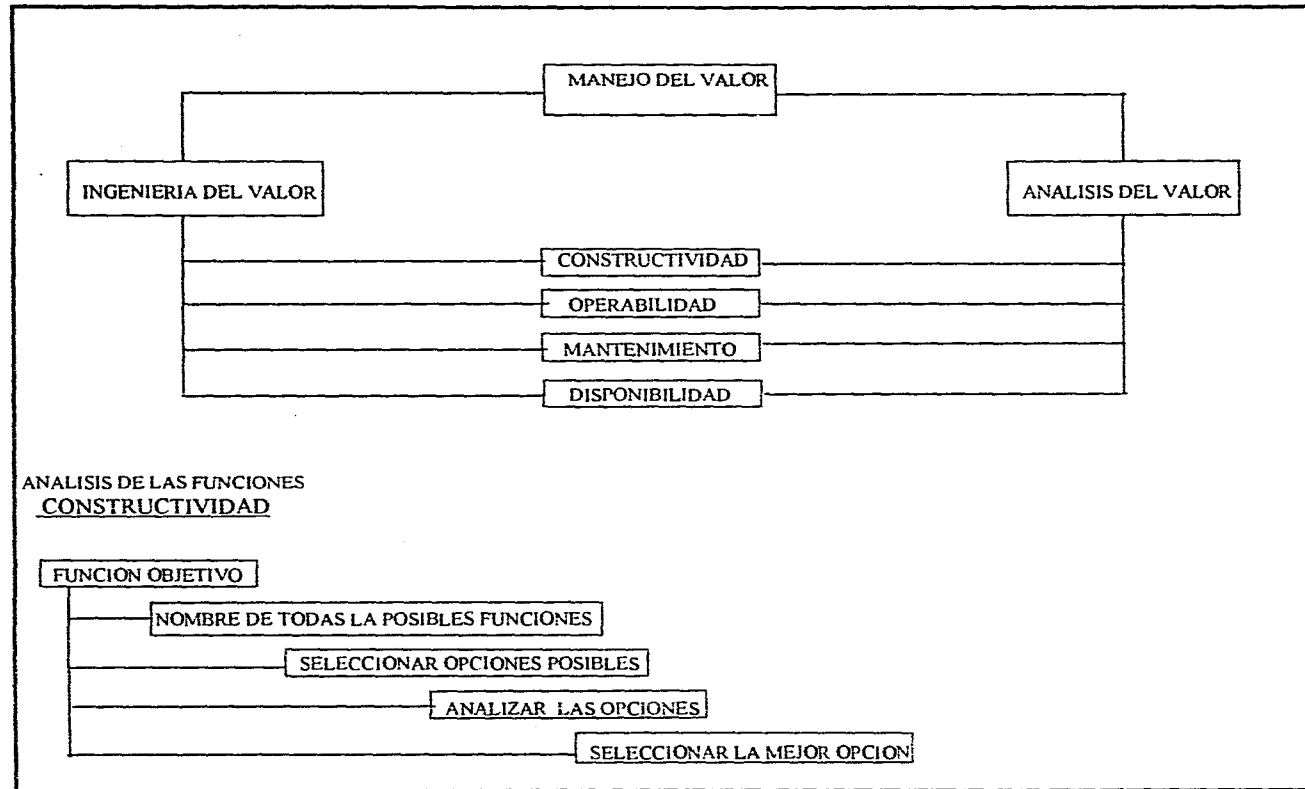
Es importante combinar el concepto de constructividad con el de costo en la ingeniería. Este último se orienta en la mayoría de las veces a determinar el valor o costo de los elementos ya construidos en función de sus características finales, las cuales pueden ser funcionales, de seguridad, estéticas, etc.

La constructividad permite determinar el costo mínimo de un proceso constructivo. Este proceso debe ser metódico, repetitivo, simple y rápido. Tendrá un costo por ejecución y dependerá de los recursos utilizados (Gráfica 6).

La constructividad se desarrolla en la mayoría de las veces en el área constructiva de los proyectos y casi nunca es abordada por el área de diseño del cliente. En donde por supuesto se podrían efectuar estudios preliminares para determinar la factibilidad de su aplicación. La elaboración de especificaciones para la constructividad dependerá en un futuro de la aceptación de la misma en el medio de la construcción en donde se aplique.

En Estados Unidos existen organizaciones y grandes personalidades de la industria que han demostrado la importancia de la constructividad.

La constructividad es un concepto que en forma similar a muchas técnicas de manejo de proyectos obligan a una continua actualización de tal forma de optimizar su uso en cada nuevo proyecto.



Gráfica 6. Constructividad



#### 4.1. Diseño de Constructividad

Se relacionan a continuación las principales etapas o fases del proceso de constructividad. Estas etapas pueden ser modificadas de acuerdo a las necesidades particulares del estudio que se este realizando (Gráfica 7).

##### 4.1.1. Claridad y simplicidad

Se debe conocer tanto en el programa de obra como en el plan de disposición de los elementos, las características en cuanto a su posición, eficiencias, deficiencias, y en general toda esta serie de aspectos que contribuirán a conocer a detalle las características del proceso que se requiere efectuar. En ocasiones se debe crear un modelo que permita conocer el funcionamiento del sistema, tratando de prever soluciones a los problemas detectados. Un modelo permite en cierta forma conocer según su área de aplicación, el determinar las posibles soluciones y seleccionar las mejores decisiones que contribuyan a disminuir el costo de inversión.

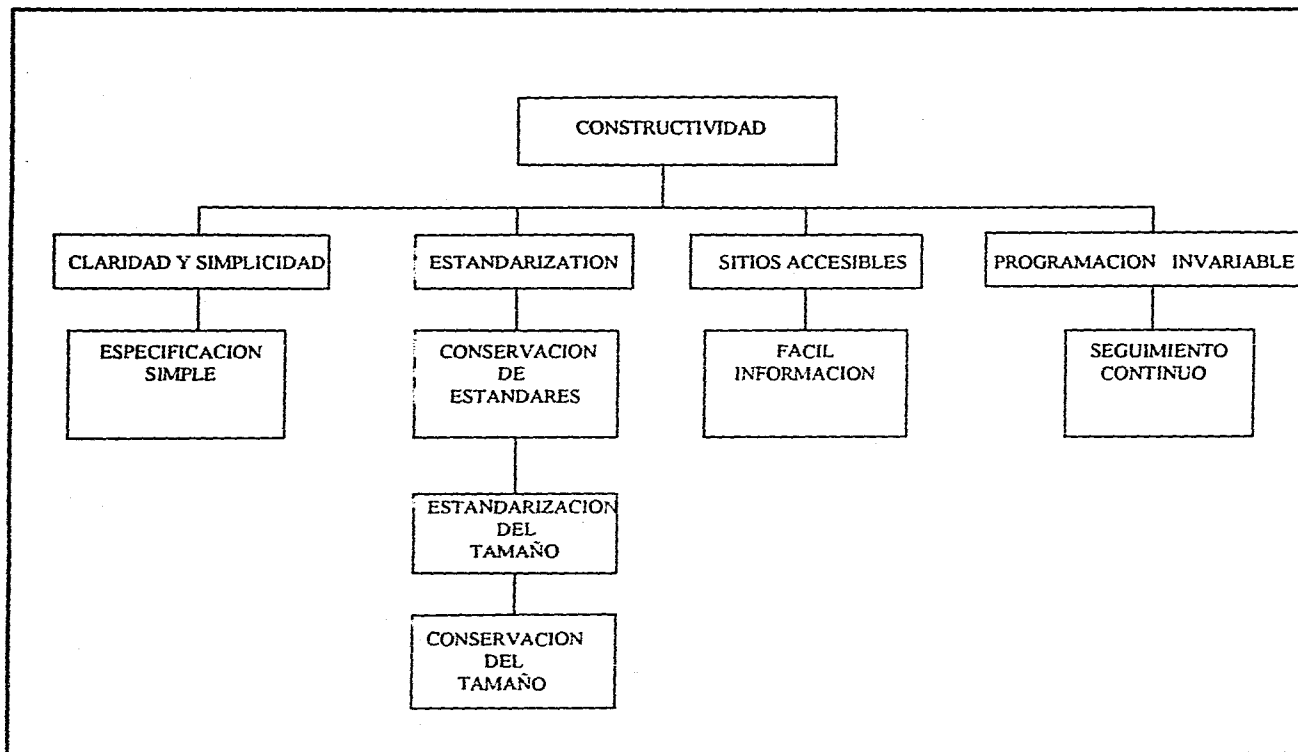
##### 4.1.2. Especificaciones simples

La utilización de estándares ya establecidos ayudarán a facilitar el tipo de trabajo de constructividad que se desea efectuar, evitando en un diseño utilizar diferentes marcas de elementos, ya que estos por lo general no son compatibles en cuanto a su conformación, lo cual ocasiona deficiencias al momento de ejecutar los trabajos.

Las especificaciones de los elementos adquiridos deben de ser del tipo general y particular de tal forma de garantizar el funcionamiento del elemento tanto en forma independiente, como ya haciendo parte del proceso de constructividad.

##### 4.1.3. Estandarización

Una vez definidas las especificaciones del proceso de constructividad, se requiere mantener durante todo el proceso las mismas características evitando modificaciones con lo que se estaría evitando variaciones en el proceso constructivo y por ende posibles modificaciones en los costos del proyecto.



Gráfica 7. Diseño de la Constructividad

#### 4.1.4. Conservación de los estándares

Independiente del tipo de elemento que se este analizando es importante conservar los mismos rangos de las especificaciones del estudio de constructividad durante todo el proyecto. El hecho de estar efectuando el análisis en diferentes elementos permite que se manejen diferentes rangos de valores los cuales una vez ya establecidos sirven como parámetros para el análisis de otras alternativas.

#### 4.1.5. Estandarización del tamaño

Definir las dimensiones de los elementos involucra conocer en forma exacta las necesidades del plan de constructividad. Una decisión errada puede acarrear pérdidas de tiempo y dinero que pueden ocasionar en el peor de los casos pérdidas de tiempo que en la mayoría de las veces pueden ser no recuperables.

#### 4.1.6. Conservación del tamaño

Se deben conservar las dimensiones ya establecidas, evitando al máximo modificaciones que puedan ocasionar un incremento en el costo. Cuando se defina el tamaño de los elementos a utilizar en el proceso de constructividad se deben evitar cambios que involucren pérdidas de tiempo o algún tipo de problema para el contratista durante la ejecución de los trabajos.

#### 4.1.7. Mantener su forma

Una vez definida la forma de los elementos a utilizar en el proceso de constructividad, en forma similar a la conservación del tamaño, debe tratarse de conservar la forma de los elementos durante el proceso. Es lógico pensar que cualquier cambio por mínimo que este sea ocasionará pérdidas de tiempo que como se indicó anteriormente, es en la mayoría de los casos imposible de recuperar.

#### 4.1.8. Sitios accesibles

El análisis de este aspecto puede significar un ahorro importante en dinero, ya que lo

que cuenta es el hecho de determinar todos los aspectos que pueden producir algún tipo de contratiempo. En general se estudian los aspectos de tipo climatológico, así como algunos aspectos de tipo social relacionados con el medio en que se desarrollará el proceso de constructividad.

#### 4.1.9. Programación invariable

Se debe mantener el programa de actividades de ser posible sin variaciones. Una vez establecido el proyecto y su respectiva aplicación del proceso de constructividad se debe de elaborar el programa del proceso, de tal forma que este se mantenga vigente durante todo el tiempo.

El diseño adecuado mediante la aplicación de los criterios de constructividad involucra efectuar una planeación antes del inicio de las actividades, así como un seguimiento adecuado durante la ejecución de los trabajos. Varios casos en Estados Unidos han mostrado que los estudios de este tipo han llevado a una reducción que fluctúa entre el 3 % y el 8 % en los costos del proyecto..

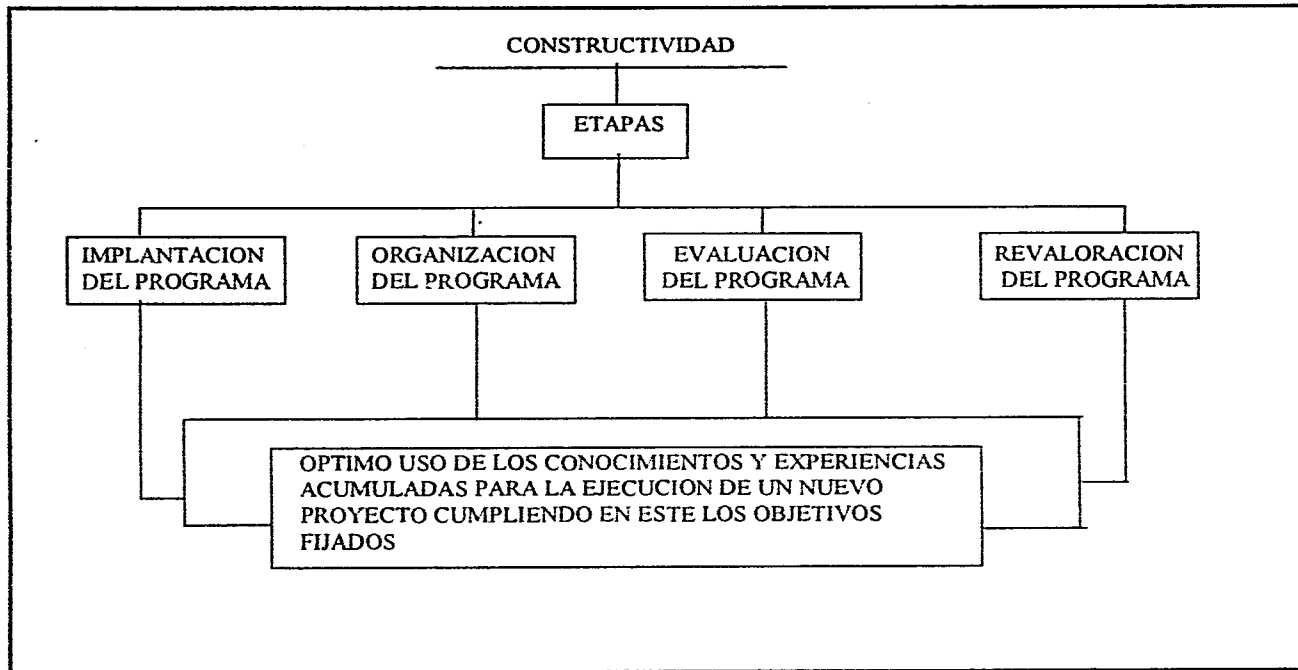
### 4.2. Etapas de implantación del proceso de constructividad (Gráfica 8)

#### 4.2.1. Revalorización general del programa

Crear el programa de trabajo definitivo de acuerdo a las necesidades requeridas es el primer paso para iniciar la implantación del proceso de constructividad. Se debe tratar de mejorar el programa en base a algún concepto olvidado en un principio o en la aplicación de una nueva tecnología no conocida hasta el momento. Nunca se debe satisfacer el verificar el programa con una simple revisión de lo que ya está establecido.

#### 4.2.2. Organización del programa

La determinación de la persona responsable del proceso de constructividad, así como las personas que participarán en el proceso deben quedar claramente determinadas en esta etapa.



Gráfica 8. Constructividad. Etapas y Definición

#### 4.2.3. Implantación del programa

Una vez iniciado el proceso de constructividad se debe crear un grupo o equipo encargado de dictaminar los resultados del proceso durante cualquiera de sus etapas de planeación, diseño y procedimientos de construcción, de tal forma de mantener un constante seguimiento del proceso.

#### 4.2.4. Evaluación del programa

Se debe determinar toda la serie de aspectos positivos y negativos que sufrió el proceso de constructividad durante su ejecución, además de indicar las soluciones que se tomaron sobre la marcha para lograr el éxito. Estas conclusiones deben servir para futuros proyectos a fin de evitar cometer los mismos errores.

Se puede notar que los aspectos de costos de ingeniería en los proyectos se conocen y se tratan de controlar a través de las técnicas indicadas en el capítulo No 2. Conceptos nuevos como el de constructividad requieren para su éxito, del total convencimiento de los participantes involucrados. Debe ser analizado como la manera exitosa para realizar un proceso constructivo apoyándose para esto de experiencias de otros, asesorías externas, así como de una correcta planeación antes del inicio de los trabajos.

La constructividad en México aún no tiene aplicación pero los buenos resultados obtenidos por otros aunados a la actual crisis económica por la que actualmente atraviesa el país, obligan a que conceptos como estos sean seriamente considerados a fin de reducir los costos y tiempos de ejecución en las futuras obras.

## **5. EL CASO "OBRA DE TOMA Y TUBERÍAS A PRESIÓN EN EL PROYECTO HIDROELÉCTRICO AGUAMILPA"**

El crecimiento de la población en el País entre los años 1980-1990 condujo en forma similar a una demanda mayor de servicios públicos, siendo el servicio de energía eléctrica uno de los principales insumos que tuvo un aumento importante. El crecimiento del consumo superó en algunas zonas los índices de crecimiento esperados, llegando hasta un 5% por arriba de lo estimado. El incremento promedio en el País fue del orden del 9.5%. Lo anterior obligó a la Comisión Federal de Electricidad (CFE), a crear un programa de ahorro de energía, además de construir plantas generadoras de tipo hidroeléctrico y termoeléctrico para dar servicio al mayor número de usuarios posibles de acuerdo a las nuevas demandas esperadas.

### **5.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO**

Entre los proyectos que la CFE puso en proceso de construcción fue el Proyecto Hidroeléctrico Aguamilpa, el cual forma parte de un plan integral de aprovechamientos sobre el río Santiago, que es uno de los principales escurrimientos del País. El proyecto en su totalidad contempla la construcción de doce grandes complejos hidroeléctricos, de los cuales únicamente está en operación el de Santa Rosa.

El P.H. Aguamilpa generará en promedio 2130 GWH anuales cubriendo las demandas pico del País, característica que lo coloca como la obra de aprovechamiento más importante dentro de los que se contemplan sobre el río Santiago. Una vez concluida la obra, ocupará el cuarto lugar del País en lo que a capacidad instalada se refiere y el quinto en cuanto a generación media anual.

En noviembre de 1989, la CFE, adjudicó a la empresa Ingenieros Civiles Asociados S.A. de C.V. (ICA), los trabajos relacionados con las obras civiles del P.H. Aguamilpa. En el concurso de obra se presentaron empresas nacionales, además de algunas empresas extranjeras de España, Brasil e Italia, asociadas con algunas compañías nacionales, formando consorcios. Después de la presentación de las ofertas por los diferentes participantes, se

seleccionó la de ICA por ser la más baja en cuanto a monto, además de que la empresa cuenta con suficiente experiencia en la construcción de obras de este tipo.

#### 5.1.1. Localización

El P.H. Aguamilpa se localiza aproximadamente a 52 km. al noreste de Tepic, Nayarit, entre los municipios de Tepic y el Nayar. El sitio se encuentra comunicado con Tepic a través de una carretera que fue construida paralelamente a la construcción de la obra y que cruza los poblados de Atonalisco, El Corte y Las Blancas (Figs. 1 y 2).

#### 5.1.2. Beneficios del proyecto

Adicionalmente a la generación de energía eléctrica, se contemplan beneficios relacionados con el control de avenidas evitando inundaciones, así como la comunicación por vía fluvial con poblaciones actualmente aisladas, la habilitación de riego de aproximadamente 75,000 ha, el desarrollo piscícola en el embalse, la creación de un centro recreativo a largo plazo, además de la generación de más de 6,000 empleos durante la construcción activando la industria e impulsando la economía regional.

#### 5.1.3. Estudios preliminares

Los estudios de factibilidad del proyecto se iniciaron hace aproximadamente 40 años, ante la imperiosa necesidad de encontrar sitios disponibles para la construcción de futuras presas.

La pérdida de capacidad de almacenamiento en los vasos de obras hidroeléctricas a causa de los azolves, además de otros factores de tipo ecológico y sociales, obligan a que la selección del sitio para la construcción de un proyecto hidroeléctrico tenga los estudios de factibilidad adecuados que permitan garantizar una vida útil suficientemente amplia y obtener el mayor beneficio posible.

La situación económica actual, independientemente de los aspectos anteriores, requiere que un proyecto de este tipo cuente además con los estudios financieros que garanticen su éxito, considerando los pros y contras que en la mayoría de los casos estos generan.





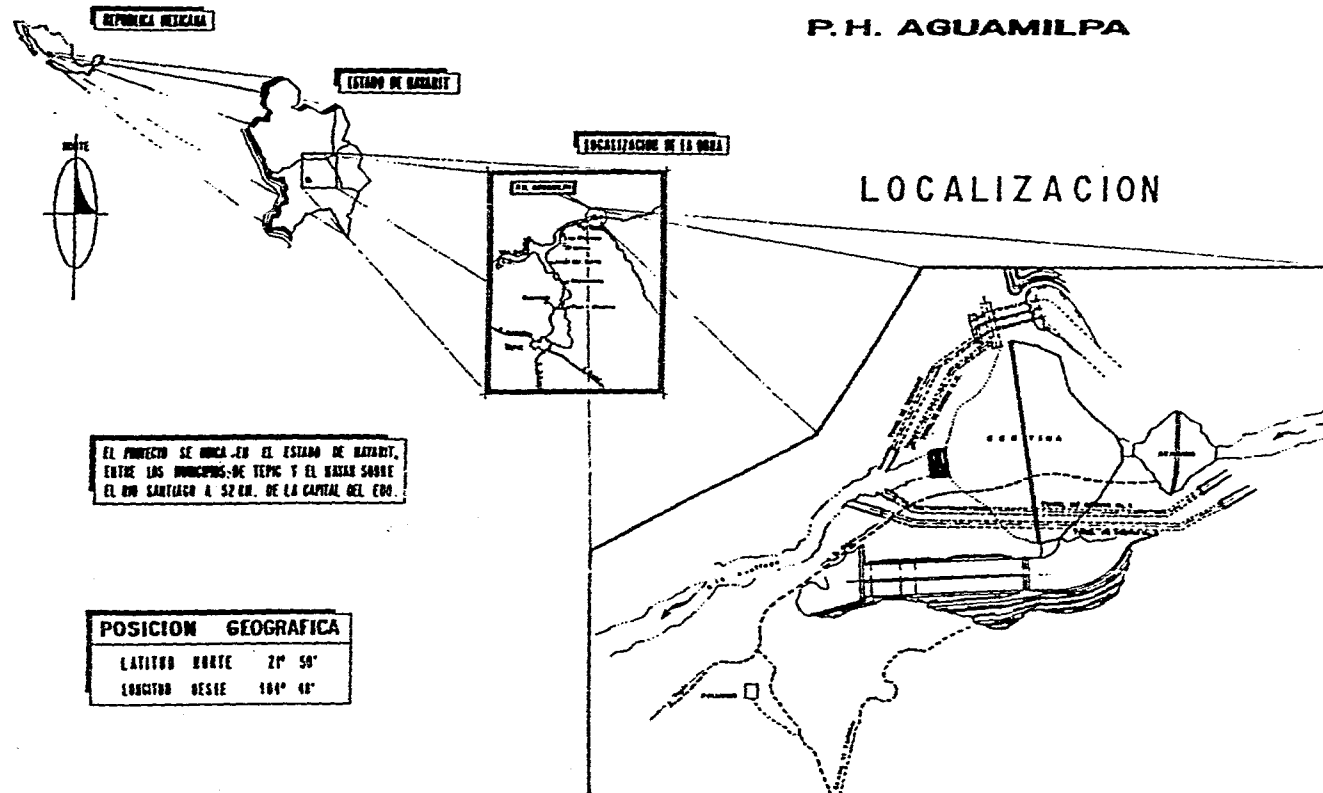


Fig. 2

Los estudios hidrológicos, geológicos, topográficos y en general todos aquellos que llevaron a la consecución del proyecto definitivo, se iniciaron hace 30 años, aunque los definitivos de factibilidad y para anteproyecto se terminaron hasta 1985, cuatro años antes de iniciarse la construcción. Desde 1985, CFE pretendió iniciar la construcción de las obras, pero fue hasta 1989 cuando se logró el financiamiento que permitiera el arranque de los trabajos.

#### 5.1.3.1. Estudios hidrológicos

En toda obra hidroeléctrica, los estudios hidrológicos son de primordial importancia, ya que a partir de ellos se definen aspectos como capacidades de almacenamiento del vaso, información sobre el control de avenidas y de regulación, niveles del NAMO, NAME, y NAMIN para el proyecto, además de los gastos de diseño para las obras de toma, de desvío y de excedencias.

En forma paralela a los estudios hidrológicos se efectúan estudios geohidrológicos, dado que en muchas ocasiones las aportaciones de agua subterránea pueden ser importantes y de no considerarse provocarían errores serios en los gastos de diseño de las estructuras. La calidad del agua en el embalse es otro de los estudios usuales ya que en caso de existir arrastre importante de sedimentos, aunado a la presencia de sustancias químicas, provocaría una contaminación significativa, además de ocasionar problemas en los equipos electromecánicos.

Durante la construcción del proyecto se observó una fuerte variación en el gasto medio mensual del río, comprendido entre 7.5 y 195 m<sup>3</sup>/seg. en época de estiaje y entre 130 y 5500 m<sup>3</sup>/seg. en periodos de lluvias. El gasto promedio anual es de 450 m<sup>3</sup>/seg.

#### 5.1.3.2. Estudios topográficos

Este tipo de estudios son indispensables para seleccionar el lugar apropiado para la construcción de la presa y de las estructuras que conforman el proyecto. La ejecución de reconocimientos aéreos y foto interpretación, complementado con recorridos terrestres de los sitios probables de las diferentes estructuras, permiten determinar la ubicación apropiada de las mismas, así como la localización y potencial de los bancos de materiales. Todos los estudios topográficos se apoyan en la fijación de referencias, estableciendo de esta forma

controles horizontales y verticales para, a partir de éstos, elaborar planos detallados del terreno.

#### 5.1.3.3. Estudios geológicos y de mecánica de suelos

Estos estudios permitieron conocer las formaciones geológicas de la zona y las características de los materiales de los bancos de préstamo, así como determinar los aspectos relacionados con los posibles tratamientos posibles a efectuar en las diferentes estructuras. Adicionalmente a las cartas geológicas del ahora INEGI, se efectuaron estudios de campo en toda el área de la obra para determinar sus condiciones geológicas, la presencia de manantiales, localización de formaciones rocosas y las características de los materiales del río. El conocimiento de las fallas, fracturas y echado de las formaciones rocosas fue otro aspecto importante dentro de estos estudios.

Los estudios de mecánica de suelos comprendieron la ejecución de sondeos y pozos a cielo abierto, tanto en las formaciones de roca como de suelos, y ensayos de campo para conocer las condiciones de permeabilidad en el vaso.

Atendiendo a su geología, el área se dividió en tres grandes unidades, cada una de ellas formada en su mayoría por rocas volcánicas extrusivas del Mioceno, intrusionadas por diques de diferentes orígenes. Los nombres dados a las tres unidades fueron: la Unidad Aguamilpa, que se caracteriza por ser la más sana en cuanto a su composición mineralógica, formada por una ignimbrita masiva, y que es la más profunda de las tres, la Unidad Colorines, intermedia, presenta ya indicios importantes de material pseudoestratificado y la Unidad Picachos que por ser la superior tiene la mayor cantidad de material pseudoestratificado.

#### 5.1.3.4. Estudios sísmicos

Estos estudios pretenden determinar los factores de diseño de la cortina y de los elementos estructurales de la obra, para garantizar su estabilidad ante sismos durante la vida útil. Los estudios se apoyaron en los registros obtenidos en sismógrafos instalados tanto por la CFE como por el Instituto de Ingeniería de la UNAM en la zona. Partiendo de la información

recopilada durante varios años y después de ser debidamente analizada, se determinaron los coeficientes de diseño apropiados.

#### 5.1.4. Estructuras del proyecto

Para su diseño y construcción el P.H. Aguamilpa se dividió en cuatro grandes grupos obras de desvío, desvío, obras de contención, obras de generación, y obras de excedencias, (Fig. 3), las que se tratan a continuación:

##### 5.1.4.1. Obras de desvío

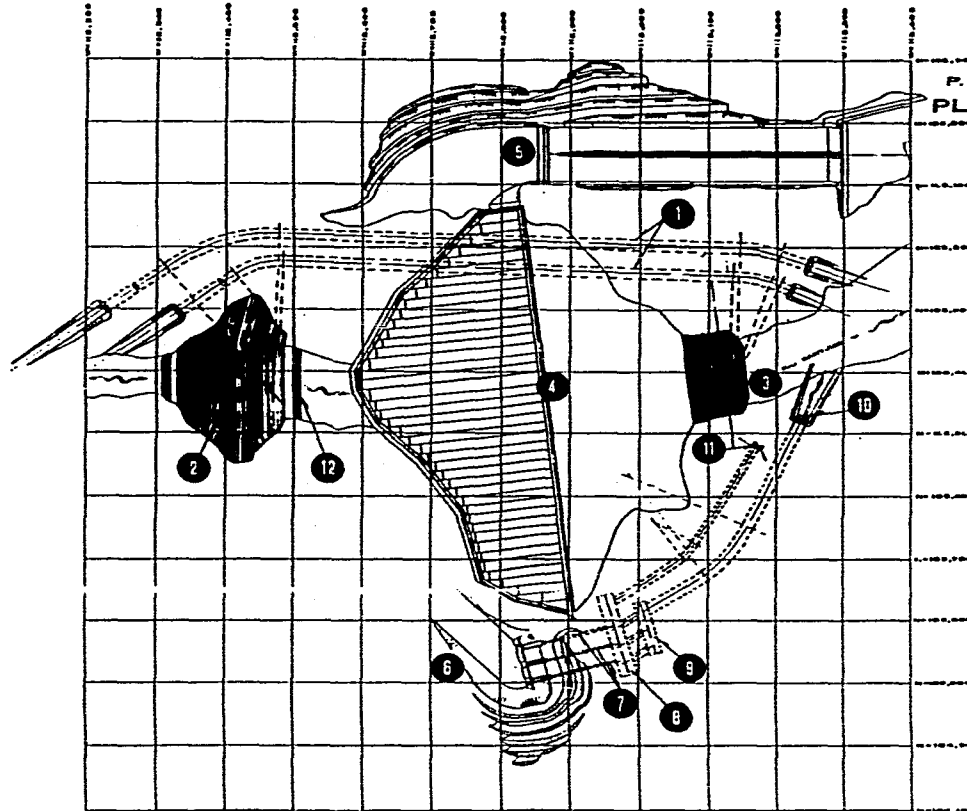
Están constituidas por dos túneles de desvío, lumbrera de oscilación y lumbrera de cierre final. Los dos túneles de desvío se localizan en la margen izquierda del río, con sección portal de 16.0 X 16.0 m y longitud de 1,950 m aproximadamente cada uno.

El revestimiento de los túneles se formó con concreto lanzado y malla electrosoldada en zonas aisladas, donde a criterio de las residencias de geología y mecánica de rocas se necesitaba de esta protección, además de la colocación de anclas de fricción.

Después de las grandes avenidas ocurridas entre junio y agosto de 1990, se requirió efectuar una primera rehabilitación de los túneles, al presentarse grandes socavaciones en pisos, paredes y bóvedas por los elevados gastos que se presentaron en el río.

Las reparaciones consistieron principalmente en la colocación de concreto hidráulico en los portales de entrada y salida de ambos túneles, así como en algunas zonas donde existieron caídos. En forma paralela se colocaron localmente anclas de fricción y concreto lanzado con malla electrosoldada, en aquellas zonas donde existía roca muy intemperizada. En 1991 se efectuaron reparaciones similares a las anteriores nuevamente debidas a caídos y socavaciones producidas por los importantes gastos que se presentaron en ese año (Fig. 4).

Las lumbreras de oscilación y de cierre final son de 3.4 m de diámetro, con longitudes de 46.0 m y 54.5 m respectivamente. Se revistieron con concreto hidráulico, además de haberse colocado previamente y en forma sistemática anclajes de fricción.



F. H. AGUAMILPA  
PLANO GENERAL

- 1 TUNELES DE RESCATE
- 2 ALICATA AGRAS RAMPA
- 3 ALICATA AGRAS REAJA
- 4 CORTINA
- 5 VEREDON DE DEMASIAS
- 6 BOZA DE TOMA
- 7 TORREJAS DE PIESMO
- 8 CASA DE MANTRAS
- 9 GALERIA DE OSCRACION
- 10 TUNEL DE DESFOQUE
- 11 TUNEL DE ACCESO A CASA DE MAR.
- 12 PANTALLA FLEXI-IMPERMEABLE

Fig. 3

RH. ABUAMILCA

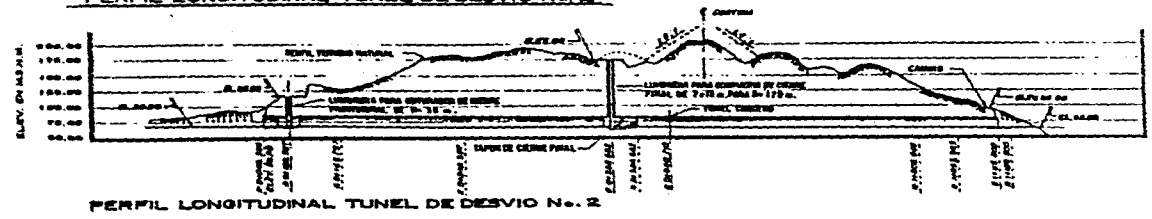
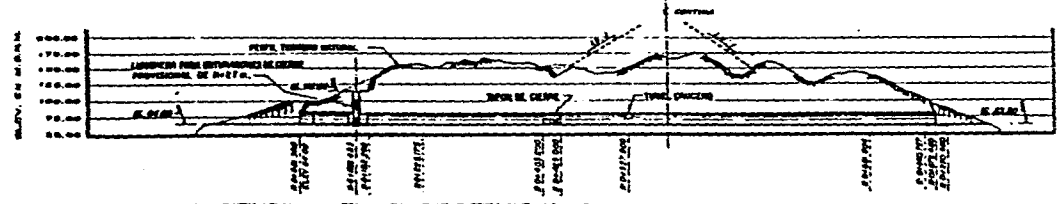
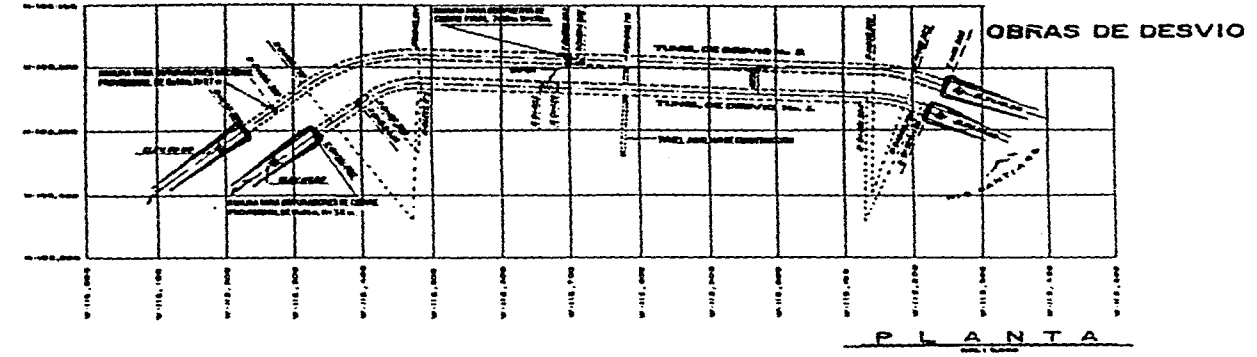


Fig. 4

41

#### 5.1.4.2. Obras de contención

Están formadas por la cortina, las ataguías de aguas abajo y aguas arriba y las pantallas de concreto plástico.

La cortina es del tipo de enrocamiento con cara de concreto. Se eligió este tipo por la gran disponibilidad de materiales en la zona ( los bancos de aluvión se localizaban a lo largo de 17 km. aguas abajo de la cortina).

El material de filtro para la cortina se fabricó con el material de aluvión del río, y con un adecuado tratamiento para lograr su utilización óptima y evitar desperdicios durante su explotación y colocación en el sitio. El material rocoso se extrajo de los sitios de la obra de toma, vertedor, obras subterráneas y túneles de desvío, así como de un banco elegido en primera instancia para garantizar el volumen suficiente para la ataguía de aguas arriba (Fig. 5).

La cortina se desplantó directamente sobre la unidad geológica Aguamilpa a la Elev. 48 m, y es actualmente la más alta en su tipo en el mundo, ya que alcanza 187 m con una longitud de corona de 642 m y volumen total de material de 13,500,000 m<sup>3</sup> aproximadamente. La cara de concreto aguas arriba se desplanta en una estructura llamada "plinto", que es una losa de concreto de 1.0 m de espesor, 15 m de ancho y 175 m de longitud. La finalidad principal del "plinto" es servir de apoyo a cada una de las losas de la cara de concreto que allí nacen, las cuales tienen 15 m de ancho y espesores variables de 0.80 m a 1.10 m dependiendo de su posición con respecto a la cortina. Entre losas existen juntas-sellos de cobre y de PVC.

Las ataguías son de materiales graduados con núcleo de arcilla y los respaldos están formados por roca y aluvión dependiendo de la zona de colocación. Los volúmenes de las ataguías de aguas arriba y aguas abajo son de 1,055,000 y 122,000 m<sup>3</sup> respectivamente.

Las pantallas impermeables de aguas arriba y aguas abajo de la cortina, tienen una profundidad de 26 m a partir de la Elev. 48 m con 36.5 m de longitud y 1.25 m de espesor y se formaron con una mezcla de cemento y bentonita con la cual se garantiza la impermeabilidad especificada en el proyecto.





#### 5.1.4.3. Obras de generación

Están constituidas por la casa de máquinas, túneles de acceso y desfogue, galería de oscilación, obra de toma y tuberías de presión.

La casa de máquinas es del tipo subterráneo y aloja tres turbinas Francis de 320 MW cada una. Tiene 23 m de ancho por 134 m de largo, con una altura de 49.75 m entre las Elevs. 39.25 y 89.00 m. Está revestida con concreto lanzado y cuenta con anclas de fricción de 6 a 9 m de longitud y de 1.0 y 1.5 pulgadas de diámetro a cada 2.5 m tanto en dirección horizontal como vertical (Fig. 6).

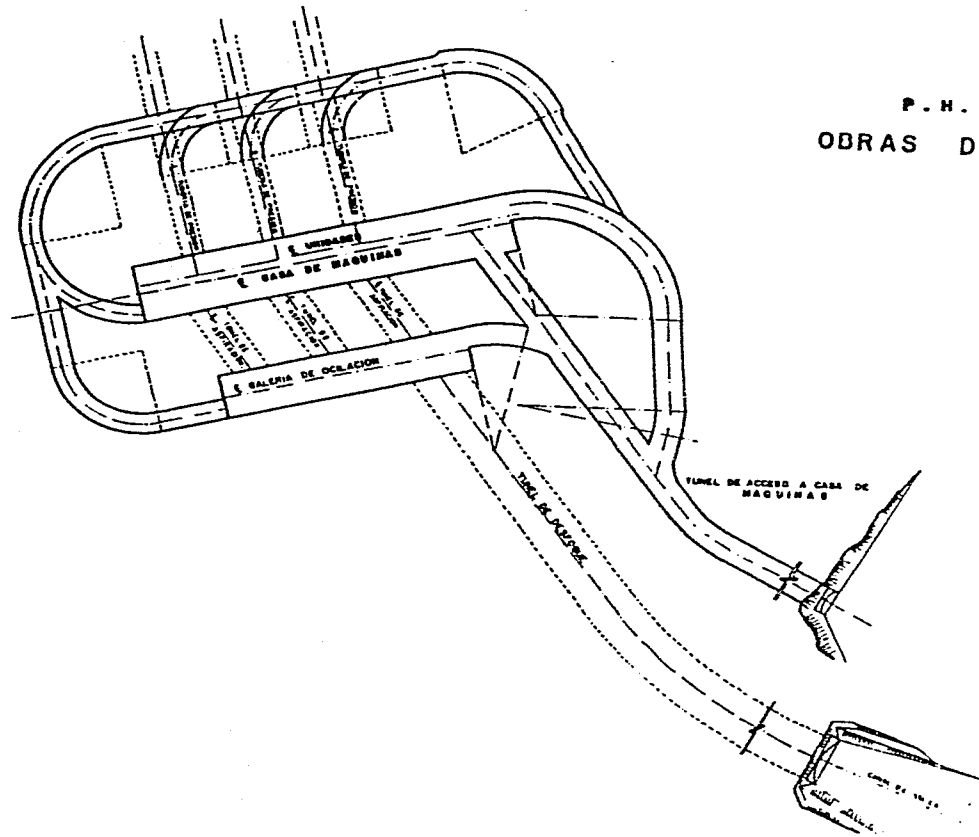
La galería de oscilación es de 95 m de largo por 18 m de ancho y 49.5 m de altura; está revestida totalmente de concreto hidráulico, con anclas de fricción de 9 a 15 m de longitud y de 1.0 y 1.5 pulgadas de diámetro, colocadas a cada 2.0 m en dirección horizontal y vertical. El túnel de desfogue tiene una sección portal de 16 m X 16 m y 1265 m de longitud. Está revestido de concreto hidráulico en su totalidad, además de haberse colocado durante su construcción concreto lanzado en forma local y anclaje sistemático de fricción de 9 a 15 m de longitud y de 1 pulgada de diámetro, a cada 2.5 m en dirección longitudinal y en número de 14 anclas por sección. (Fig. 7)

El túnel de acceso consiste en una estructura también de sección portal, de 10.5 x 10.5 m y 1450 m de longitud, con anclaje sistemático a base de inyecciones de resina epóxica en lugar de lechada, para acelerar la velocidad de los trabajos a causa de su rápido fraguado (3 a 5 min. por ancla). Las anclas son de 9 m de longitud y de 1 pulgada de diámetro a cada 2.5 m en dirección longitudinal y a razón de 7 anclas por sección; como su nombre lo indica, fue construido para servir de acceso a las obras subterráneas (Fig. 7). El agua llegará a la casa de máquinas a través de las tuberías de presión, desde la Elev. 170 m hasta la Elev. 39.25 m, con una caída de 130.75 m. Una vez que salga el agua de la casa de máquinas pasa a la galería de oscilación y finalmente es conducida de nuevo al río a través del túnel de desfogue.

Las tuberías de presión consisten en tres túneles circulares, de 8.70 m de diámetro y 160 m de longitud cada uno, esta última medida desde el portal de entrada a la Elev. 170 m, hasta la entrada a la casa de máquinas.

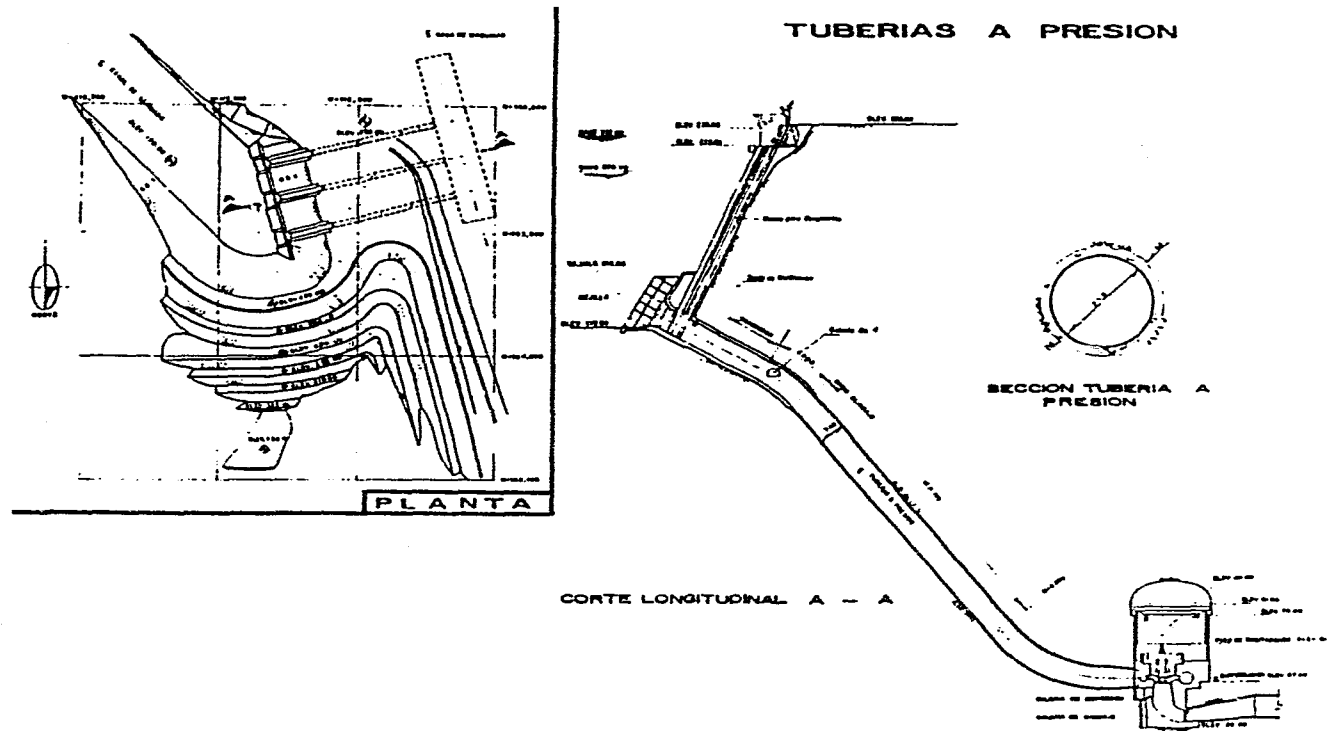


P. H. AGUAMILPA  
OBRAS DE GENERACION



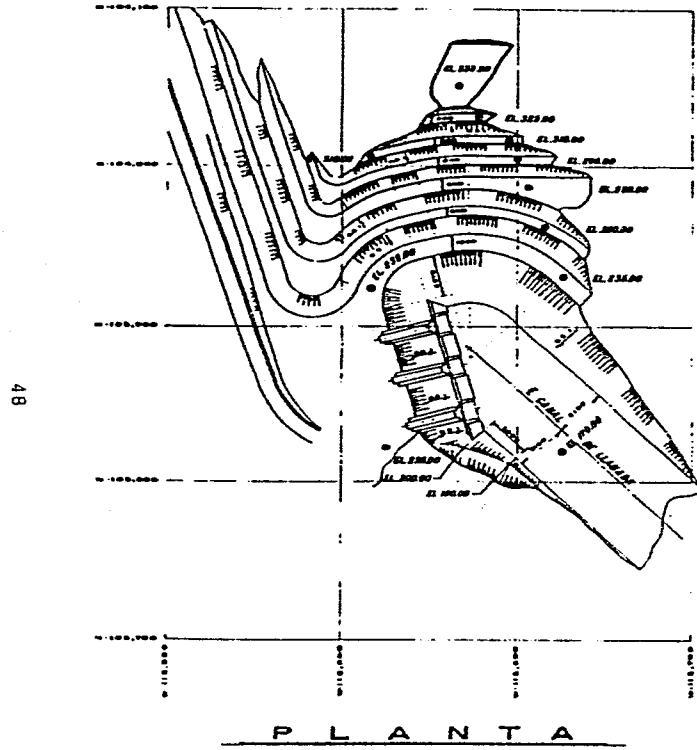
46

Fig. 7



47

Fig. 8



P. H. AGUAMILPA  
OBRA DE TOMA

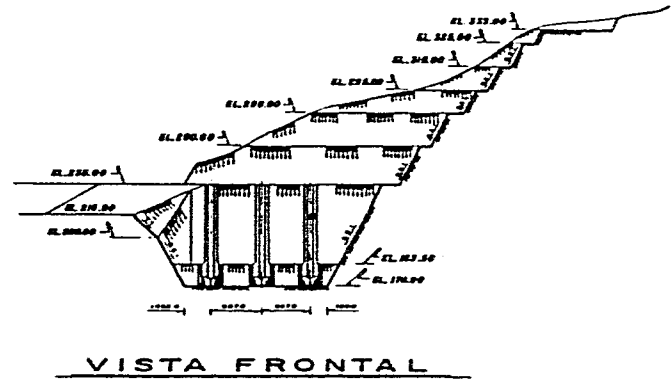


Fig. 9

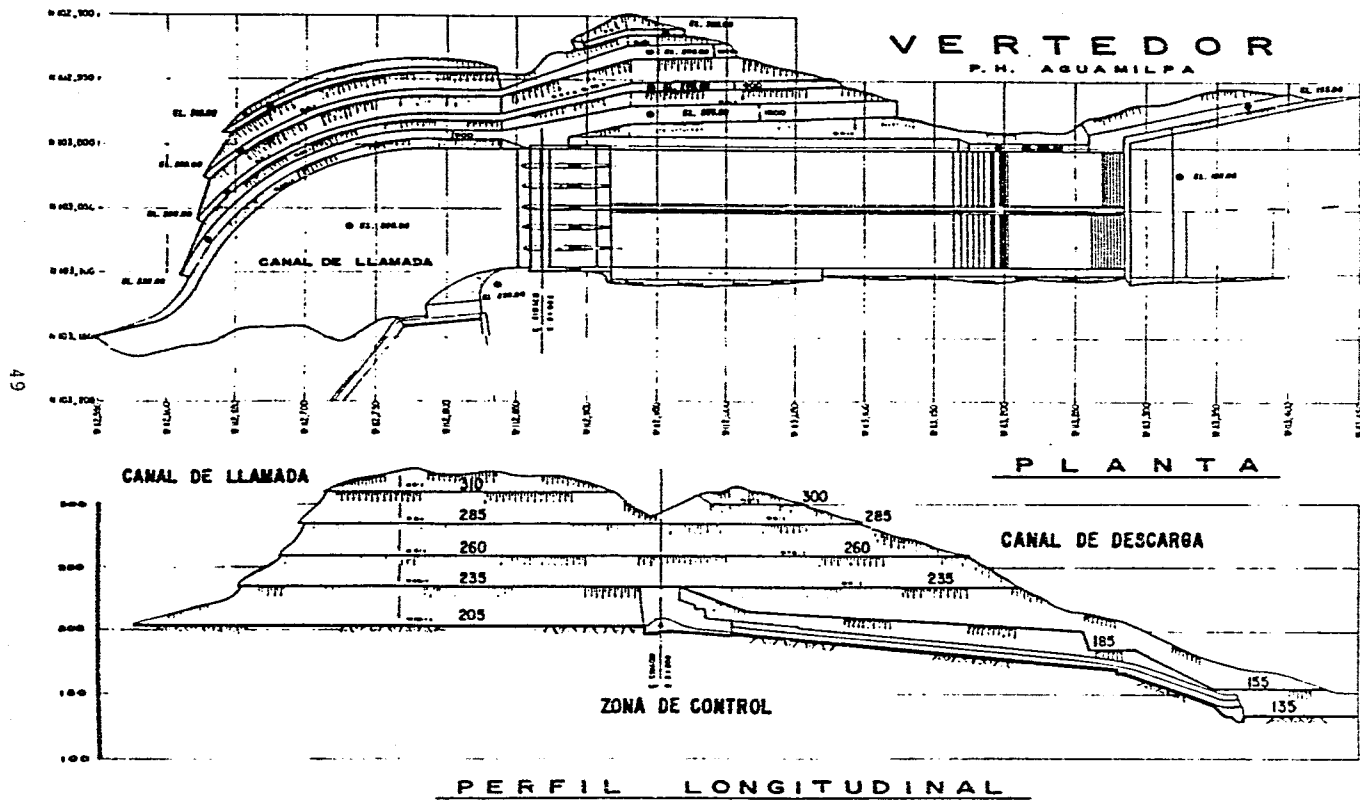


Fig. 10

#### 5.1.5. Datos generales de La Obra de Toma.

La Obra de Toma se localiza en la margen derecha del río, sobre la Unidad Aguamilpa, entre las Elevs. 170 y 340 m (Fig. 9), con un volumen total de excavación de 2,185,000 m<sup>3</sup>. Está formada por una serie de cortes en talud, con bermas localizadas en las Elevs. 340, 325, 310, 295, 280, 260 y 235 m. La altura promedio de los taludes es de 17.5 m con inclinación de 0.5:1.0 (horizontal a vertical) y el ancho de las bermas fluctúa entre 5 y 9 m. Las bermas de 9 m forman parte de un acceso, por lo que su ancho estuvo condicionado a permitir el paso de vehículos en ambos sentidos.

A la Elev. 235 m existe una plataforma donde se construirá una subestación eléctrica, la cual estará conectada a la casa de máquinas a través de las lumbreras de buses (Fig. 6 y 9). La plataforma se comunica con la cortina a través de un camino de acceso que atraviesa longitudinalmente a ésta para llegar a la zona de control del vertedor (Fig. 3).

El talud principal se desarrolla entre las Elevs. 170 y 235 m; está conformando el canal de llamada y alojará a las bocatomas, además de los portales de entrada de las tuberías a presión.

#### 5.1.6. Datos generales de Las Tuberías a Presión

Las Tuberías de Presión se encuentran alojadas en la formación geológica Aguamilpa entre las Elevs. 53.5 y 170 m. Son tres tuberías blindadas con lámina de acero de 11/2" de espesor y una longitud de 165 m desde el portal de entrada en el canal de llamada de La Obra de Toma hasta la entrada a La Casa de Máquinas. El diámetro de excavación fue de 8.70 m y una vez efectuado el montaje del blindaje se empacó la tubería con concreto hidráulico. Posteriormente se realizaron inyecciones de contacto entre roca-concreto y concreto-blindaje para evitar la presencia de vacíos.

Cada tubería se compone de varias secciones, la sección recta de 14.14 m de longitud y una sección transversal de 7.40 x 5.81 m, la transición de rectangular a circular con una longitud de 18.13 m y dimensiones de 7.40 x 5.81 y 7.40 m para las secciones rectangular y circular respectivamente, el codo superior de 7.40 m de diámetro con 15.35 m de longitud, la rama inclinada de 7.40 m de diámetro con 92.91 m de longitud y finalmente el codo inferior



con 7.40 m de diámetro y 38.16 m de longitud. La zona recta, la transición, y el codo superior fueron construidas con concreto hidráulico utilizando para esto cimbras de madera las cuales fueron montadas en forma similar a los canutos de acero. En la rama inclinada y el codo superior no se utilizó cimbra ya que por tener blindaje no se requería el uso de esta para la colocación del concreto.

Durante la excavación de las tuberías se efectuó un anclaje sistemático de 7 anclas transversales de 1 1/2" de diámetro y 6 m de longitud a cada 2.5 m longitudinalmente inyectadas con resina epóxica. Esta resina permitió disminuir el tiempo de fraguado en las anclas con respecto al anclaje con lechada, con lo que se logró incrementar la velocidad del ciclo de excavación.

## **5.2. PROGRAMA INICIAL DE OBRA - FECHAS COMPROMISO**

La representación del programa de obra se realizó utilizando el diagrama de Gantt ya que por su simple forma esquemática permite que sea fácilmente comprensible a las personas encargadas de efectuar una revisión. El diagrama de precedencias se usa en la mayoría de los casos como una herramienta de organización interna del trabajo y por lo complejo de su interpretación con respecto al diagrama de Gantt, se recomienda el uso combinado de ambas técnicas para lograr un mejor control del proyecto.

En la gráfica 9 se presenta el tipo de diagrama de Gantt comúnmente utilizado en los proyectos. Los planos 1 (diagrama de Gantt) y 2 (diagrama de precedencias) indican más a detalle el programa de obra del P.H. Aguamilpa. La utilización combinada de estos elementos de programación seguramente hubieran permitido una mejor toma de decisiones a los participantes del proyecto, además de ser utilizados como documentos oficiales para cualquier tipo de negociación entre las partes.

## **5.3. PROGRAMA DE TERMINACIÓN DE OBRA**

Durante la construcción del P.H. Aguamilpa se tuvieron varias modificaciones importantes en el diseño de algunas estructuras, además de varios imprevistos como fallas

con 7.40 m de diámetro y 38.16 m de longitud. La zona recta, la transición, y el codo superior fueron construidas con concreto hidráulico utilizando para esto cimbras de madera las cuales fueron montadas en forma similar a los canutos de acero. En la rama inclinada y el codo superior no se utilizó cimbra ya que por tener blindaje no se requería el uso de esta para la colocación del concreto.

Durante la excavación de las tuberías se efectuó un anclaje sistemático de 7 anclas transversales de 1 1/2" de diámetro y 6 m de longitud a cada 2.5 m longitudinalmente inyectadas con resina epóxica. Esta resina permitió disminuir el tiempo de fraguado en las anclas con respecto al anclaje con lechada, con lo que se logró incrementar la velocidad del ciclo de excavación.

## **5.2. PROGRAMA INICIAL DE OBRA - FECHAS COMPROMISO**

La representación del programa de obra se realizó utilizando el diagrama de Gantt ya que por su simple forma esquemática permite que sea fácilmente comprensible a las personas encargadas de efectuar una revisión. El diagrama de precedencias se usa en la mayoría de los casos como una herramienta de organización interna del trabajo y por lo complejo de su interpretación con respecto al diagrama de Gantt, se recomienda el uso combinado de ambas técnicas para lograr un mejor control del proyecto.

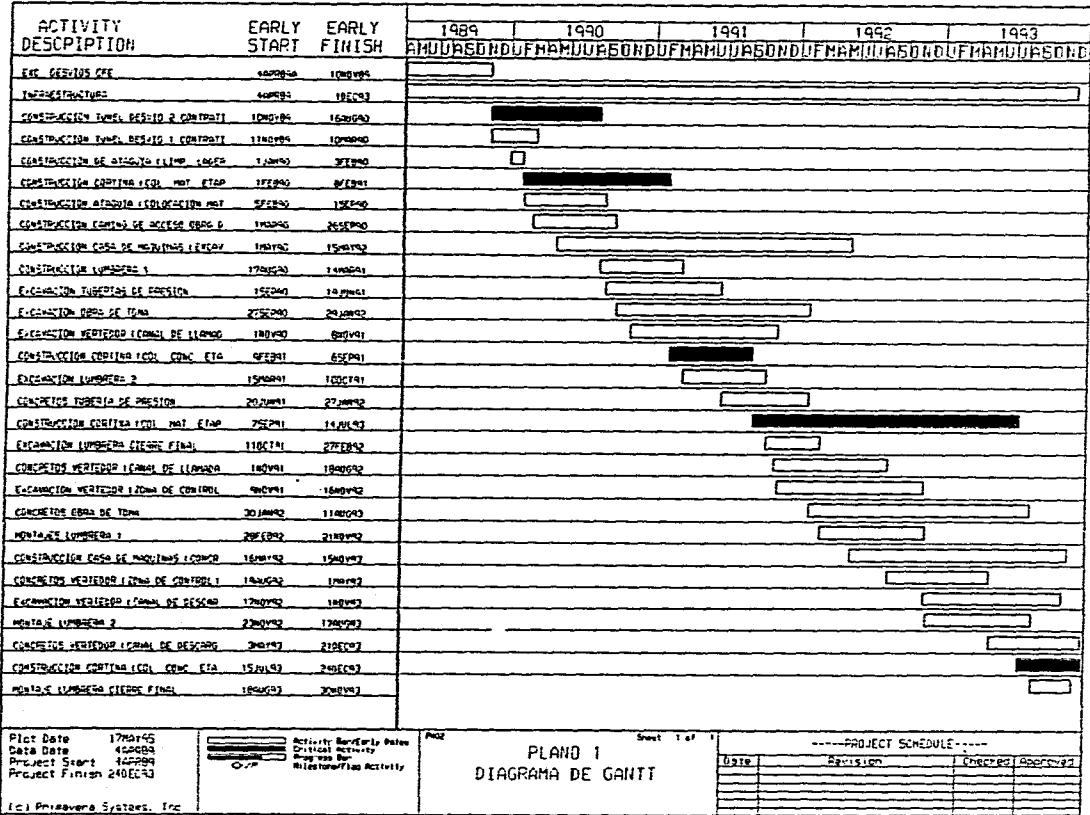
En la gráfica 9 se presenta el tipo de diagrama de Gantt comúnmente utilizado en los proyectos. Los planos 1 (diagrama de Gantt) y 2 (diagrama de precedencias) indican más a detalle el programa de obra del P.H. Aguamilpa. La utilización combinada de estos elementos de programación seguramente hubieran permitido una mejor toma de decisiones a los participantes del proyecto, además de ser utilizados como documentos oficiales para cualquier tipo de negociación entre las partes.

## **5.3. PROGRAMA DE TERMINACIÓN DE OBRA**

Durante la construcción del P.H. Aguamilpa se tuvieron varias modificaciones importantes en el diseño de algunas estructuras, además de varios imprevistos como fallas



53





geológicas, inundaciones, paros, interferencias, y conflictos sindicales que disminuyeron los días efectivos de trabajo inicialmente considerados.

Independiente a lo anterior el programa acordado al inicio de la obra no se modificó ya que el tiempo para la ejecución de los trabajos y las fechas "banderas" se respetaron. Lo anterior supuso un incremento importante de recursos para lograr terminar la obra en el tiempo previsto.

#### **5.4. ACELERACIÓN DEL PROGRAMA**

Durante la construcción del P.H. Aguamilpa se presentaron un gran número de modificaciones en el diseño de las estructuras principales, lo cual, como se ha citado con anterioridad, generó un incremento de las cantidades de obra y en el costo de las actividades.

El cambio de diseño de la Obra de Toma y el procedimiento constructivo en las Tuberías de Presión propuestos por el contratista con la finalidad de acelerar la terminación de los trabajos, produjo una modificación importante en los volúmenes de excavación y tratamientos de ambas estructuras. Los tratamientos se incrementaron aún más con la falla que ocasionó un "derrumbe" en el canal de llamada de la Obra de Toma en septiembre de 1991. La mayoría de los conceptos de obra se vieron afectados y hubo una modificación importante en los precios a favor del contratista.

En la Tabla 2 se indican los volúmenes de La Obra de Toma contratados originalmente, así como los efectuados a causa de la aceleración de la obra y por el "derrumbe" de 1991; se indican en cada caso los montos de obra total. Es importante ver la diferencia entre los montos de concurso y el programa acelerado, ya que resultó un incremento del 67.50 % en el costo. En el caso particular de los tratamientos y sobrecostos generados por el "derrumbe" el incremento fue del 1279.34 % con respecto al concurso. Se presenta adicionalmente a los montos totales, los conceptos de obra indicando en ellos las cantidades y los precios unitarios correspondientes.

En forma similar la Tabla 3 indica los volúmenes de obra en las Tuberías a Presión contratados a origen de concurso, además de los efectuados por la aceleración del proyecto y por el "derrumbe" indicándose en cada caso los montos de obra total.

TABLA 1. VOLUMENES PRINCIPALES DE OBRA  
OBRA DE TOMA  
Tabla comparativa

CONCURSO

Descripción de conceptos	Unidad	Cantidad	P.U. N\$	total N\$
Excavación a cielo abierto	m <sup>3</sup> b	927.000	9,81	9.093.870,00
Sobrecarreo	m <sup>3</sup> -Km	1.235.000	1,48	1.827.800,00
Mortero lanzado	m <sup>3</sup>	850	688,05	584.840,50
Concreto hidráulico	m <sup>3</sup>	16.540	256,91	4.249.291,40
Acero de refuerzo	ton	6.780	2077,09	14.082.670,20
Malla electrosoldada 1/8"Øx10x10	m <sup>2</sup>	6.500	23,69	153.985,00
Anclaje de fricción				0,00
1 1/2"Ø-12 m	m	40	140,43	5.617,20
1 1/2"Ø-18 m	m	60	156,60	9.396,00
Barrenación para drenes				0,00
3"Ø-12 m	m	1.850	52,27	96.699,72
			total:	30.104.170,03

ACELERACION DEL PROGRAMA

Descripción de conceptos	Unidad	Cantidad	P.U. N\$	total N\$
Excavación a cielo abierto	m <sup>3</sup> b	2.185.000	14,48	31.647.736,65
Sobrecarreo	m <sup>3</sup> -Km	2.955.000	2,97	8.776.350,00
Mortero lanzado	m <sup>3</sup>	4.867	688,07	3.348.849,98
Concreto lanzado	m <sup>3</sup>	17	820,57	13.949,65
Anclaje de fricción				
1"Ø 6-9 m	m	37.522	85,68	3.214.997,53
1 1/2"Ø 6-9 m	m	24.464	140,43	3.435.479,52
1 1/2"Ø 9-12 m	m	1.080	140,43	151.664,40
1 1/2" Ø 12-15 m	m	12.684	156,60	1.986.283,58
Malla electrosoldada				
1/8"Øx10x10	m <sup>2</sup>	34.739	23,69	822.966,91
3/16"Øx15x15	m <sup>2</sup>	922	63,52	58.565,44
Barrenación para drenes				
3" Ø 6-30 m	m	15.351	56,10	861.191,10
			total:	54.318.034,75

DERRUMBE DE SEPTIEMBRE 1991  
Tratamientos adicionales

Descripción de conceptos	Unidad	Cantidad	P.U. N\$	total N\$
Anclaje de fricción talud 220-225				
1 1/2"Ø 12-15 m	m	6450	192,53	1.241.818,50
Anclaje plataforma elev. 235				
1 1/2"Ø 12-15 m	m	3050	192,53	587.216,50
Malla electrosoldada				
1 1/4"Øx15x15	m <sup>2</sup>	2990	51,81	154.911,90
Concreto lanzado	m <sup>3</sup>	299	820,56	245.347,44
Concreto hidráulico "reposición"	m <sup>3</sup>	3545	673,85	2.388.798,25
Barrenación para drenes				
3"Ø 6-30 m	m	1275	56,10	71.527,50
			total	4.689.620,09

DERRUMBE DE SEPTIEMBRE 1991  
Sobrecostos adicionales

Descripción de conceptos	Unidad	Cantidad	P.U./Día N\$	total N\$
Concreto hidráulico	m <sup>3</sup>	23.050	423,85	9.769.742,50
Acero de refuerzo	ton	6.780	155,11	1.051.639,02
			total	10.821.381,52

TABLA 3. VOLUMENES PRINCIPALES DE OBRA  
TUBERIAS DE PRESION  
Tabla comparativa

CONCURSO

Descripción de conceptos	Unidad	Cantidad	P.U. Ns	total Ns
Excavación tuberías de presión	m3b	35.000	69,34	2.426.900,00
Sobrecarreo	m3-Km	35.000	1,48	51.800,00
Mortero lanzado	m3	110	688,05	75.685,24
Concreto empaque tubería a presión	m3	21.000	283,53	5.954.130,00
Acero de refuerzo	ton	832	2077,09	1.728.138,88
Malla electrosoldada 1/8"Øx10x10	m2	400	23,69	9.476,00
Anclaje de fricción				0,00
1 1/2"Ø 6-9 m	m	350	109,09	38.181,50
1 1/2"Ø 9-12 m	m	100	162,68	16.268,00
1" Ø 6-9 m	m	40	102,54	4.101,60
1" Ø 9-12 m	m	390	114,18	44.530,20
Blindaje				
Suministro	ton	2.700	1662,84	4.489.668,00
Fabricación y transporte	ton	2.700	2299,08	6.207.516,00
Montaje y soldadura	ton	2.700	2450,55	6.616.485,00
			total:	27.662.880,42

ACELERACION DEL PROGRAMA

Descripción de conceptos	Unidad	Cantidad	P.U. Ns	total Ns
Excavación túnel auxiliar	m3b	7.250	82,88	600.880,00
Sobrecarreo	m3-Km	7.250	2,97	21.532,50
Mortero lanzado	m3	120	688,07	82.568,73
Concreto lanzado	m3	22	820,57	18.052,49
Excavación tuberías de presión	m3b	35.000	96,58	3.380.300,00
Sobrecarreo	m3-Km	35.000	1,48	51.800,00
Anclaje de fricción con resina epóxica				
1 1/2"Ø 6-9 m	m	1.050	164,45	172.672,50
Malla electrosoldada				
1/8"Øx10x10	m2	657	23,69	15.564,33
Concreto empaque tubería de presión	m3	21000	673,85	14.150.850,00
Acero de refuerzo	ton	832	2.232,12	1.857.123,84
Vigas I de acero	ton	6,78	884,14	5.994,47
Blindaje				
Suministro	ton	2950	1.662,84	4.905.378,00
Fabricación y transporte	ton	2950	2.299,08	6.782.286,00
Montaje y soldadura	ton	2950	2.843,56	8.388.502,00
Ramal galería de drenaje				
Excavación	m3b	1457,87	224,821	327.759,79
Sobrecarreo	m3-Km	1457,87	2,97	4.329,87
Concreto lanzado	m3	126	820,57	103.391,82
Anclaje de fricción	m	256	164,45	42.099,20
Concreto hidráulico	m3	135	339,36	45.813,60
Acero de refuerzo	ton	23	2077,02	47.771,46
			total:	41.004.670,60



## **5.5. MONTOS DE OBRA EJECUTADOS**

La serie de cambios que se presentaron en la obra en forma directa provocaron una modificación importante en los costos, los cuales llegaron a ser muy superiores con respecto a los contratados al inicio de los trabajos.

Se muestra en la Tabla 4 un resumen comparativo de los principales conceptos de obra efectuados en la Obra de Toma y Las Tuberías de Presión, indicándose los montos e incrementos que se tuvieron con respecto al concurso, al programa de obra acelerado y al "derrumbe" ocurrido en 1991. Las modificaciones en los volúmenes de obra presentados se originaron a causa de la falla geológica y en algunos casos a la falta de decisiones oportunas por los responsables en la obra. Las soluciones no deben ser solamente técnicas, es necesario combinarlas con los aspectos económicos para optimizar los costos de los trabajos.

## **5.6. PROBLEMÁTICA DURANTE LA CONSTRUCCIÓN**

La necesidad de efectuar los trabajos en el tiempo pactado y la falta de programación adecuada de las actividades provocó un descontrol generalizado en todos los frentes de la obra, lo que aunado a los imprevistos registrados, contribuyeron a mantener durante el desarrollo de las actividades, un ambiente muchas veces desordenado tanto en la secuencia de ejecución de las actividades, como en la correcta asignación de los recursos a los frentes de trabajo.

Durante el desarrollo de las actividades cada encargado consideraba su frente de trabajo como el único existente, sin importar que los problemas que se tuvieran en los restantes fueran a causa de sus interferencias. La falta de planeación adecuada para la asignación de recursos y la falta de conciencia de trabajar en beneficio del proyecto produjo en repetidas ocasiones la subutilización de mano de obra, materiales y equipos.

Lo anterior hace ver claramente un problema de carácter humano, el que requiere de la comprensión de todo el personal que participa en el proyecto a fin de solucionarlo. La capacitación del personal técnico con respecto a los procedimientos constructivos que se efectuaran en la obra, además de aspectos humanos tan simples como la comunicación adecuada hubieran permitido eliminar decisiones erradas que contribuyeron al sobrecosto.

**TABLA 4. MODIFICACION DE MONTOS DE OBRA**

**COSTOS  
OBRA DE TOMA-TUBERIAS DE PRESION  
RESUMEN**

Concepto	Monto N\$	Incremento (%)
Concurso	57.767.050,42	0,00
Aceleración	95.322.705,35	60,60
Producidos por "derrumbe"		
tratamientos adicionales	4.689.620,09	8,12
sobrecostos adicionales	10.821.381,52	18,73
Incremento total	53.066.656,54	87,45

**TRATAMIENTOS  
OBRA DE TOMA-TUBERIAS DE PRESION  
RESUMEN**

Concepto	Monto N\$	Incremento (%)
Concurso	1.038.780,76	0,00
Aceleración	14.328.297,18	1.279,34
Incremento total	13.289.516,42	1.279,34

**MODIFICACIONES DE MONTOS DE OBRA  
OBRA DE TOMA-TUBERIAS DE PRESION  
TOTALES**

Concepto	Monto N\$	Incremento (%)
Obra de Toma	39.724.866,33	131,96
Tuberías de Presión	13.341.790,18	48,23
total		180,19

Los trabajos en los frentes por parte de los ingenieros del contratista se debió limitar al control de los costos, control del programa de obra y al análisis de las condiciones contractuales con respecto a las reales. Se deben eliminar de los frentes a los ingenieros que únicamente se dedican a suministrar recursos para la ejecución de las actividades y que se encuentren la mayor parte del tiempo solamente observando la ejecución de los trabajos.

El personal directamente responsable debe poseer la capacidad técnica suficiente que le permita ejecutar los trabajos en forma eficiente y el ingeniero de la obra debe únicamente ser un apoyo para solucionar situaciones más complejas como conflictos con el cliente o toma de decisiones a causa de imprevistos.

La programación de las actividades mensuales debe ser estudiada desde el inicio de la obra por los ingenieros responsables del frente y su superintendente. Debe existir continua comunicación entre los superintendentes y el ingeniero encargado del proyecto (Gerente de Proyecto).

La no utilización de equipos de computo en los frentes limitó la capacidad de almacenar información en cantidades suficientes y de manera oportuna y ordenada. El almacenamiento de ordenes de trabajo, reportes de actividades y anotaciones de imprevistos seguramente hubieran contribuido a formalizar futuras revisiones con la finalidad de obtener alguna compensación adicional.

## **5.7. MODIFICACIONES AL PROYECTO OBRA DE TOMA Y TUBERÍAS DE PRESIÓN**

Se relacionan a continuación los aspectos más importantes que obligaron a la asignación de recursos adicionales en los frentes de trabajo para acelerar las actividades:

### **5.7.1. Obra de Toma**

a. Cambio de diseño de la estructura. En concurso la estructura se encontraba alojada entre las Elevs. 170 y 280 con un volumen de excavación de 927,000 m<sup>3</sup>. La estructura definitiva se construyó entre las Elevs. 170 y 340 con un volumen de excavación de 2'185,000 m<sup>3</sup>.

Lo anterior originó un incremento importante en los tratamientos efectuados sobre los taludes de la estructura (anclaje, drenes, concreto lanzado, y mortero lanzado), además de la colocación de concreto hidráulico en todas las bermas y de un incremento en el sobreacarreo de roca.

b. Edificio de control. La construcción de un edificio de control para la operación de las compuertas de servicio de las bocatomas como de la compuerta auxiliar fue el último cambio importante en el diseño de la estructura. El volumen de concreto fue de 1,450 m<sup>3</sup>.

#### 5.7.2. Tuberías de Presión

a. Construcción de los túneles auxiliares. Con la finalidad de iniciar el rimado con la contrapocera en las tuberías de presión se construyó un túnel auxiliar entre el túnel de acceso a casa de máquinas y la entrada de la rama inclinada a las turbinas. Este túnel se utilizó para desalojar la rezaga proveniente de las excavaciones de las tuberías de presión, y así evitar interferencias con los trabajos de la casa de máquinas.

b. Construcción de galerías de drenaje. Se construyó un ramal adicional en la galería No 4 para lograr conectarse con las Tuberías de Presión a la altura del codo superior. El ramal atravesó las tres tuberías transversalmente. La finalidad de este ramal era que sirviera para transportar la contrapocera hasta la zona de las Tuberías de Presión. Una vez realizada la comunicación se construyó un "nicho" para alojar la contrapocera e iniciar el rimado desde los túneles auxiliares ya construidos para entonces.

### 5.8. EVENTOS NO PROGRAMADOS (IMPREVISTOS)

#### 5.8.1. Derrumbe en septiembre de 1991

El "derrumbe" ocurrido en el canal de llamada de La Obra de Toma entre las Elevs. 195 y 225 en septiembre de 1991 fue el imprevisto más importante durante la construcción de la Obra de Toma y de las Tuberías a Presión. El volumen total del caído fue de 3000 m<sup>3</sup>, pero el problema radicó en el tiempo que se tardó CFE en dar indicaciones al contratista con respecto

al procedimiento constructivo a seguir como a los tratamientos adicionales que se debían efectuar para garantizar la estabilidad de la masa rocosa.

Las excavaciones aceleradas que se estaban efectuando en la Obra de Toma entre las Elevs. 170 y 205 se suspendieron con lo cual las fechas de terminación de las actividades se vieron nuevamente afectadas por causas no imputables al contratista.

Después de los estudios efectuados por las Residencias de Geología y Mecánica de Rocas de CFE, una vez dadas las instrucciones al contratista de la secuencia y los trabajos a efectuar se tuvieron que incrementar en forma importante los recursos para lograr cumplir con las fechas banderas del programa maestro del proyecto.

El "derrumbe" provocó además de los tratamientos adicionales un cambio de diseño en las estructuras de concreto de la Obra de Toma. Adicionalmente CFE ordenó la ejecución de trabajos como la construcción de conductos de aireación en la zona de las bocatomas, colocación de concreto de reposición en la bocatoma No 1, y colocación de acero de refuerzo y vigas estabilizadoras en la zona de la bocatoma No 2. Estas actividades no fueron en ningún momento causa para modificar las fechas de terminación ya establecidas entre el cliente y el contratista.

Una vez ocurrido el "derrumbe" también se suspendieron los trabajos de excavación de las Tuberías a Presión dándose prioridad a tratamientos de varios tipos en las zonas inestables. Una vez realizada la limpieza del "derrumbe" en la zona de la Obra de Toma se emportalaron las tres bocatomas utilizando equipo mayor con lo cual se pretendió acelerar la ejecución de las actividades. Esta aceleración produjo sobre-excavaciones importantes en el piso del canal de llamada además de continuas interferencias con las actividades de tratamientos efectuadas en las Tuberías a Presión.

#### 5.8.2. Documentación y manejo administrativo para reclamaciones originadas por el "derrumbe."

El "derrumbe" produjo modificaciones en varios conceptos de obra de las Tuberías a Presión y de la Obra de Toma. Durante la estimación de la obra ejecutada a causa del derrumbe, así como de los volúmenes de obra afectados por el mismo, el contratista y el cliente

tuvieron diferencias importantes en las cantidades de obra como en los recursos utilizados para la ejecución de los trabajos. Se relacionan a continuación algunas actividades que se debieron efectuar por el contratista a fin de optimizar el control en costo y tiempo, además de lograr un cobro más eficiente.

#### 5.8.2.1. Documentación

##### 5.8.2.1. Documentación Contratista-Cliente

- a. Anotación en bitácora de lo sucedido indicando fecha y hora.
- b. Comunicado oficial al cliente indicando las repercusiones económicas y en programa para los frentes indicados a causa del “derrumbe.”
- c. Conciliación por ambas partes de los recursos diarios utilizados por el contratista en todas las actividades del frente relacionadas con el “derrumbe.”

##### 5.8.2.1. Documentación Interna Contratista

- a. Asignación de checadores de actividades a los diferentes trabajos desarrollados a causa del “derrumbe” o como consecuencia del mismo.
- b. Revisión diaria de reportes de actividades conciliados contra nóminas de personal, inventarios de almacén en el frente y horas de equipo utilizado.
- c. Asignación de equipo y personal de cómputo correspondiente para llevar el control y documentación de las actividades y recursos utilizados en forma sistematizada.

Actividades como las anteriores permiten obtener información para soportar reclamos, precios unitarios nuevos, extensión de plazos en programa, etc. Logrando de esta manera optimizar las actividades de los ingenieros encargados de la producción ya que estos dedicarían la mayor parte del tiempo a trabajos acorde con sus capacidades y conocimientos técnicos y no como se indicó anteriormente, a supervisar la ejecución de los trabajos. En el capítulo No 6, se presenta en forma detallada una propuesta para el establecimiento de técnicas de manejo de proyectos que de haberse utilizado en el caso particular de la Obra de Toma y de las Tuberías a Presión seguramente hubieran permitido para el cliente un margen mayor de utilidad al final de los trabajos.

## 6. PROPUESTA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LAS TÉCNICAS DE MANEJO DE PROYECTOS AL CASO DE LA OBRA DE TOMA Y LAS TUBERÍAS A PRESIÓN DEL P.H. AGUAMILPA

### 6.1. Organigrama

El ingeniero de manejo de proyectos sería el responsable de la ejecución de las actividades de planeación, aseguramiento de calidad, producción y manejo del contrato en todo el proyecto. Esta nueva posición será la cabeza de la organización. Posiciones como las anteriores de superintendente general deben desaparecer de la organización. El jefe de Superintendentes en el caso de proyectos grandes será el responsable de la producción a través de los superintendentes de los frentes (Figs. 11, 12, 13)

El gerente del proyecto debe conformar antes del inicio de los trabajos un equipo de ingenieros dedicados a realizar estudios de planeación de la obra, aseguramiento de calidad así como análisis de ingeniería del valor, constructividad, preplaneación, etc.

Este equipo de trabajo (grupo piloto) debe estar conformado por personas con experiencia y capacidad de organización en las áreas indicadas. En caso de ser necesario se debe contar con asesoría externa a la organización a fin de optimizar los trabajos preparativos al inicio de las actividades.

Cada frente de producción contará con un ingeniero superintendente que además de tener una continua relación con el grupo piloto a fin de informarse y participar en las decisiones tomadas antes y durante el proyecto, se encargará de las actividades de planeación, producción, y aseguramiento de calidad en su frente. Los ingenieros de obra serán directamente los encargados de la ejecución de las actividades en los frentes, pero como se indicó anteriormente su trabajo debe ser dirigido a mantener un adecuado control (costos, recursos, programa, etc.) además de generar documentación de las actividades que desarrolla.

Todas las decisiones y acuerdos tomados por el grupo piloto, el jefe de superintendentes y el superintendente de frente deben ser del conocimiento de todo el personal directamente encargado de la ejecución de las actividades (jefes de frente-obra).

P.H. AGUAMILPA  
PROYECTO GENERAL  
ORGANIGRAMA PERSONAL TECNICO - 1

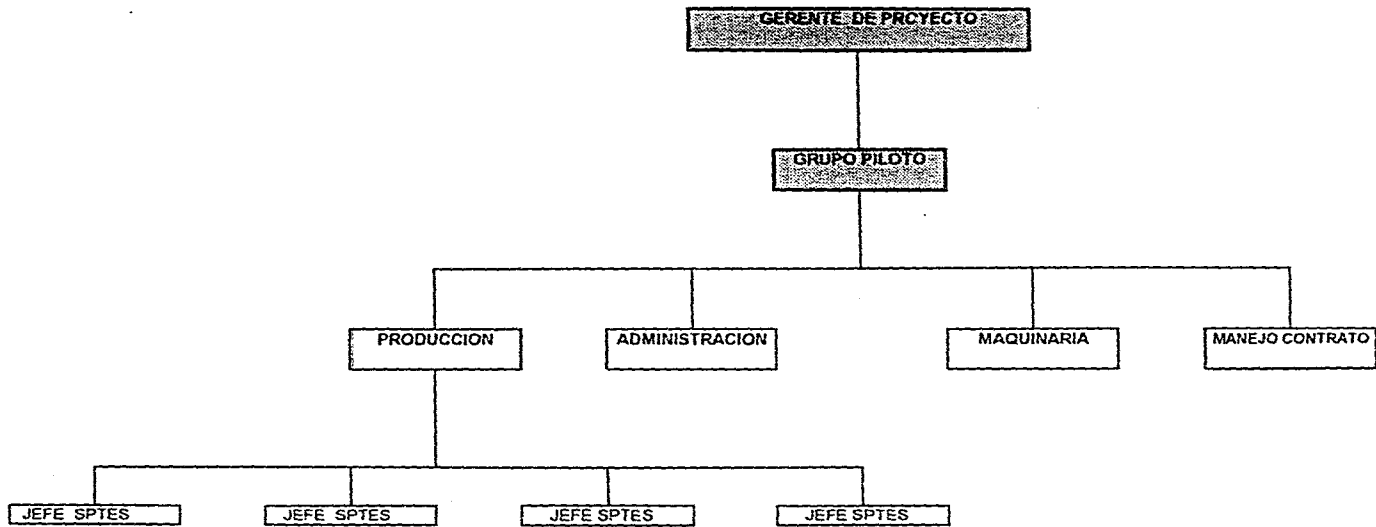


Fig. 11. Organigrama General



**P.H. AGUAMILPA  
OBRA DE TOMA - TUBERIAS DE PRESION  
ORGANIGRAMA DE PERSONAL TECNICO - 2**

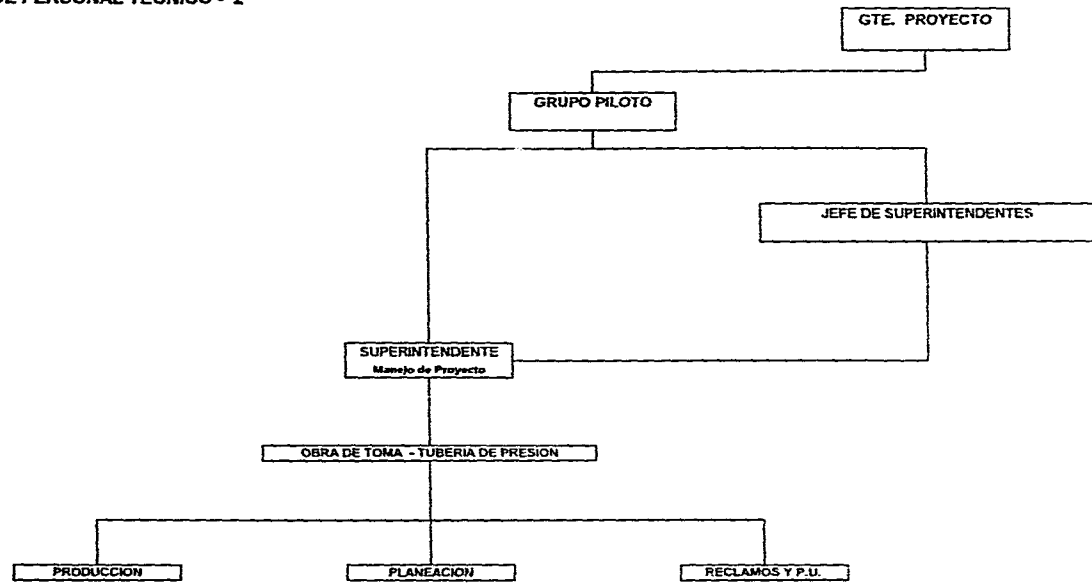


Fig. 12 Organigrama General

**P.H. AGUAMILPA  
OBRA DE TOMA - TUBERIAS DE PRESION  
ORGANIGRAMA DE PERSONAL TECNICO - 3**

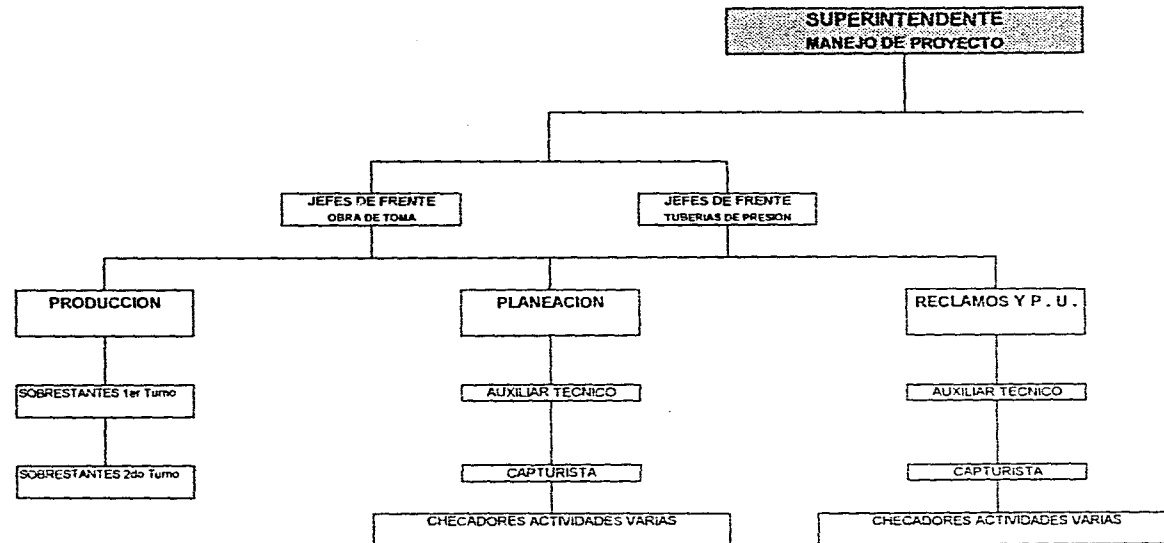


Fig. 13 Organigrama General

El gerente de proyecto será el encargado de establecer los medios de comunicación necesarios entre el grupo piloto, jefes de superintendentes y superintendentes, así como verificar la adecuada recepción de la información por los ingenieros de obra.

## 6.2. Actividades del grupo piloto

Una vez establecido el grupo piloto que trabajará desde antes del inicio y durante la ejecución de los trabajos en el proyecto, el siguiente paso es establecer la comunicación adecuada entre este y cada uno de los jefes de superintendentes y superintendentes responsables de los frentes. El gerente del proyecto será el encargado de indicar las funciones de cada uno de los miembros del grupo como de los jefes de superintendentes. En forma similar debe explicar la importancia de efectuar los trabajos en forma coordinada y conjunta a través de una adecuada comunicación entre todos. La asignación de responsabilidades para cada uno de los miembros del equipo formado por el grupo piloto y los jefes de superintendentes será la clave del éxito del desarrollo de los trabajos.

### 6.2.1. Estudios de ingeniería del valor

El concepto de ingeniería del valor como se indicó en el capítulo 3 ha tenido su mayor aceptación en el área del diseño. En la construcción aún no se ha logrado una participación importante ya que los contratos nacionales o internacionales, en raras ocasiones permiten que el contratista proponga algún tipo de solución a nivel de diseño o algún procedimiento diferente al propuesto por el cliente. En el caso de lograr esta participación del contratista en la construcción, se tendría la posibilidad de proponer algún cambio de diseño que facilitara la construcción cumpliendo a la vez con los requerimientos del cliente.

Debido a lo anterior la aplicación del concepto de ingeniería del valor en el caso del P.H. Aguamilpa se aplicará para la selección del equipo de carga utilizado en la Obra de Toma durante la excavación. Posteriormente se presentará un análisis utilizando el mismo concepto para la selección de conectores para acero de refuerzo.

Los importantes volúmenes de obra por ejecutar en las excavaciones, colocación de concreto y rellenos debió obligar al contratista a efectuar un análisis adecuado de los equipos a

utilizar en cada uno de los frentes. En la Obra de Toma un estudio adecuado seguramente hubiera indicado el no utilizar equipos para carga sobre orugas a causa de las condiciones particulares de excavación de la estructura.

Análisis Ingeniería del valor- Pala mecánica. Se presenta a continuación un ejemplo utilizando el concepto de ingeniería del valor para la selección del equipo de carga de la Obra de Toma. Requisitos del equipo: alto rendimiento de producción, fácil operación, seguridad para el operador, fácil reparación mecánica, velocidad de desplazamiento, etc.

Utilizando una simple técnica de 'fishbone' se determinan los elementos que se desean satisfacer. Posteriormente se construye una tabla a partir de los mismos elementos y finalmente se determina los principales conceptos a considerar en el análisis.

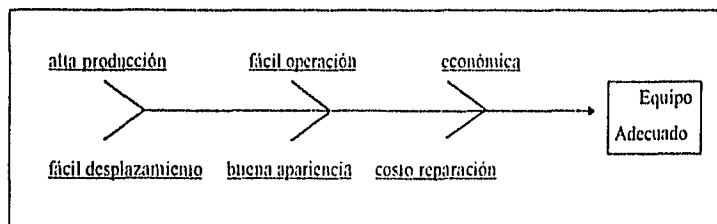


Fig. 14 Técnica "Fishbone"

CONCEPTO	MUY IMPORTANTE	IMPORTANTE	NO-IMPORTANTE
ALTA PRODUCCIÓN	X		
FÁCIL OPERACIÓN		X	
ECONÓMICA		X	
FÁCIL DESPLAZAMIENTO	X		
COSTO OPERACIÓN		X	
BUENA APARIENCIA			X

Tabla 5. Análisis necesidades

El análisis anterior y el estudio de ingeniería del valor debe ser efectuado por el grupo piloto, jefes de superintendentes y superintendentes encargados de la producción. Se presenta a continuación las principales etapas del estudio de ingeniería del valor para este caso:

- Selección

Equipo: Pala mecánica O&K C30

- Información

Costo: US\$ 675,000

Rendimiento min. requerido carga: 155 m<sup>3</sup>

Material de excavación: Roca sedimentaria (intrusiva)

Vol. de exc. estructura: 2'500,000 m<sup>3</sup>

Volumen promedio por voladura: 1,450 m<sup>3</sup>

Tiempo desalojo voladura: 9.33 hr

Dist. desalojo del equi. p/cada voladura: 105 m

Tipo de material : Roca (abrasión alta)

Características adicionales del equipo. El funcionamiento del equipo está controlado por circuitos electrónicos (tarjetas electrónicas). Todos los indicadores son digitales. La cabina del operador tiene calefacción y todos los acabados interiores son de lujo (equipo utilizado en obras similares en Europa). Equipo sobre orugas.

- Especulación

Se efectúa el análisis para otros equipos considerando costos de adquisición, mantenimiento, comparándolos con la pala mecánica a fin de determinar la posibilidad de otra opción.

- Análisis

Se revisa si los demás equipos propuestos pueden realizar funciones similares en cuanto a rendimiento, facilidad de desplazamiento, etc.

- Desarrollo

Se verifican los aspectos técnicos y financieros de todas las opciones a fin de obtener la más económica a corto y largo plazo.

- Presentación

Se realiza el informe correspondiente para que sea revisado por el gerente del proyecto. El será el encargado de tomar la decisión de adquirir o rechazar el equipo en función de los análisis previos efectuados por el grupo piloto, el jefe de superintendentes y el superintendente. Los principales elementos para rechazar la pala mecánica son los siguientes:

a. Las áreas de banqueos en la Obra de Toma permitirán efectuar voladoras con un volumen promedio de 1450 m<sup>3</sup>. Esto significa que se requerirá hacer varias voladuras cada día para mantener el equipo trabajando continuamente.

b. Debido a la necesidad de realizar varias voladuras cada día, la pala mecánica requiere ser desalojada por lo menos 3 veces del área de trabajo. Esto producirá un desgaste excesivo del sistema de rodamiento. Longitud de tránsito 105 m.

c. El sistema electrónico que controla el funcionamiento del equipo requiere para su reparación de asesoría externa en el sitio de la obra durante las 24 horas del día.

d. El sistema de calefacción no es adecuado para los climas en los que trabajará el equipo. No es ventaja.

e. El rendimiento de carga del equipo no es superior a los equipos convencionales con los que se efectúa este tipo de trabajos.

- Implantación.

Se lleva al sitio de trabajo la decisión tomada para iniciar su implantación al proceso. En este caso por no haberse realizado un análisis adecuado de las ventajas y desventajas del equipo se seleccionó la pala mecánica como el equipo de carga idóneo para realizar la excavación en la obra de toma.

- Seguimiento

En el caso del P.H. aguamilpa se seleccionó este equipo a pesar de las opuestas condiciones de trabajo a las que estaría sometido. Se realizó un seguimiento del equipo durante los 14 meses de excavación de la Obra de Toma, y se tuvo un promedio de 126.6 hr/mes no trabajadas a causa de problemas mecánicos. Simultáneamente los volúmenes de excavación programados (220 m<sup>3</sup>/hr) nunca se alcanzaron, por lo que fue necesaria la utilización de un cargador frontal adicional para lograr cubrir los volúmenes programados.

Adicionalmente debido a lo lento de su desplazamiento para el desalojo e ingreso a las plataformas de carga antes y después de cada voladura se tuvo en promedio por mes 110 hr no trabajadas de camiones TEREX 3307 (44 ton), ya que estos dependían de la pala mecánica para laborar. No se tenía acarreo de roca cuando la pala mecánica efectuaba su tránsito para desalojar o ingresar a las plataformas de carga.

Análisis de ingeniería del valor - Cables para acero de refuerzo. Una vez iniciadas las actividades de concreto se incrementó el uso de cables o conectores para incrementar la velocidad de la colocación del acero de refuerzo (se utilizan para unir las varillas de acero de refuerzo). Los conectores utilizados fueron de diámetros de 1" y 1 1/2" dependiendo de las características del acero de refuerzo a colocar. Se presenta a continuación el análisis que se pudo haber realizado para determinar si era conveniente el uso de este tipo de elementos.

- Selección

Se seleccionan los conectores como la solución para mejorar el rendimiento de colocación de acero, en virtud a que la soldadura implica demasiado tiempo para llevarse a cabo. El traslape de la varilla aunque es menos lento presenta un acabado no estético, además de tenerse dificultad de colocación en zonas con alturas mayores a los 6.0 m.

- Información

Costo de adquisición en obra:	1" - N\$ 46.34
	1 1/2" - N\$ 58.87

Costo de adq. en la ciudad más cercana (Guadalajara)	1" - N\$ 42.45
	1 1/2" - N\$ 53.67
Tiempo de entrega después del pedido:	8 días hábiles
Costo adicional equipo de colocación:	N\$ 11,560/mes
Velocidad de colocación (altura > 6.0 m)	40 pzas/día

**- Especulación**

Se revisan otras posibles opciones a fin de determinar otras soluciones al problema.

**- Análisis**

Se revisa si las opciones propuestas pueden cumplir con los requerimientos solicitados.

**- Desarrollo**

El adecuado estudio de tiempos de ejecución, velocidad de suministro, y costo. Esto permitirá confirmar si los restantes elementos propuestos pueden satisfacer las necesidades requeridas.

**- Presentación**

Se realiza la presentación del análisis efectuado al gerente del proyecto a fin de que este seleccione o rechace la opción planteada.

**- Implantación**

Se lleva al sitio de trabajo la solución tomada y se pone en funcionamiento.

**- Seguimiento**

Se realiza el adecuado seguimiento a fin de verificar su comportamiento en las condiciones de trabajo.



Durante la utilización de este tipo de conectores en el P.H. Aguamilpa, nunca se realizó un estudio previo para determinar lo eficiente de su uso. El costo de adquisición fue muy alto, ya que este fue 3 veces mayor al que se hubiera tenido si se hubieran utilizado traslapes. En varias ocasiones algunas cuadrillas de colocación de acero estuvieron inactivas a causa de no recibir a tiempo los conectores, con lo que se incrementó aun más el costo de su utilización.

Estudios simples como los presentados anteriormente, los cuales se realizan en forma rápida ayudan a optimizar los recursos en las obras, llegando en la mayoría de los casos a disminuir los costos en las actividades.

#### 6.2.2. Estudio de Facilidad de la Construcción (Constructividad)

Durante la construcción de las estructuras de concreto de la Obra de Toma la aplicación del concepto de Constructividad hubiera permitido optimizar la utilización de los recursos logrando una disminución del costo para el contratista.

El grupo piloto con participación del jefe de superintendentes y el superintendente del frente deben ser los encargados de realizar el estudio correspondiente. La participación activa de todos es importante a fin de prever todos los posibles problemas que se tendrán durante la ejecución de las actividades, dando así una solución más eficiente.

La colocación de concreto en la Obra de Toma entre las elevaciones 183.50-228.00 se inició en la unidad No 1, utilizando para esto cimbra deslizante. Después de 22 días de preparativos la colocación del concreto fue un total fracaso, ya que la cimbra tuvo deformaciones muy grandes con lo cual la estructura colada (únicamente a la altura de la cimbra) estaba afuera de los ejes de diseño en ambos sentidos además de presentar problemas de fraguado en el concreto. El cliente solicitó la demolición del concreto debido a estas anomalías en la estructura.

Los recursos y tiempos utilizados por el contratista durante la demolición del concreto como para la construcción de las tres cimbras deslizantes nunca fueron motivo de pago ya que el era el único responsable de las actividades realizadas en el proyecto.

### Análisis de la Constructividad

#### - Función objetivo

Velocidad de colocación del concreto a un costo mínimo y cuidando la calidad indicada en las especificaciones técnicas. Para el contratista el proceso utilizado debió ser simple a fin de facilitar la colocación del concreto, evitando cualquier problema de juntas no deseadas.

#### - Nombre de todas las posibles funciones

- Cimbra deslizante
- Cimbra modular
- Cimbra trepadora
- Cimbras especiales

Se presentan a continuación las principales características de las estructuras de concreto

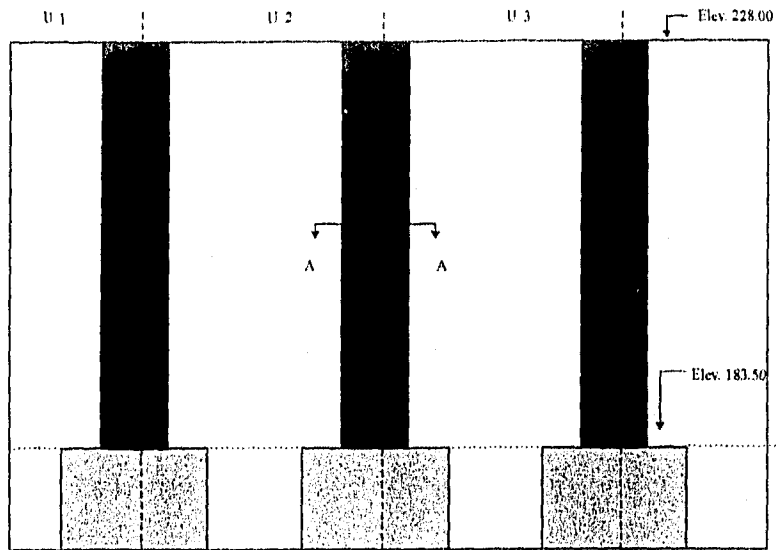
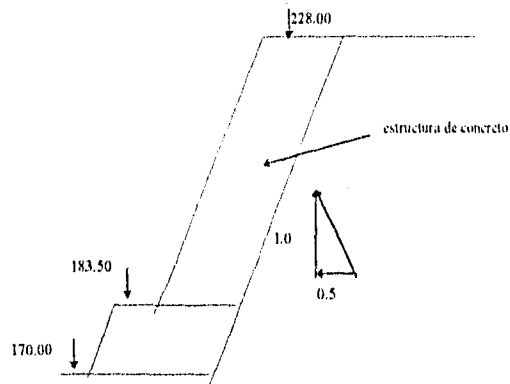
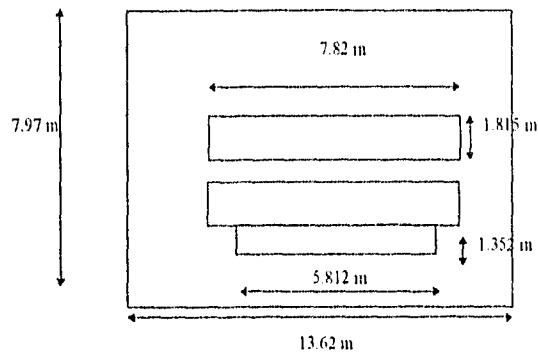


Fig. 15 Vista Frontal



De los tipos de cimbra anteriores se seleccionan la cimbra deslizante y la cimbra modular como las mejores opciones debido a la experiencia en su uso en obras anteriores con características similares.

CONCEPTO	CIMBRA DESLIZANTE	CIMBRA MODULAR
MANEJO SIMPLE	1	2
FORMAS ESTÁNDAR	1	1
TIEMPO DE ELABORACIÓN CIMBRA	1	2
COSTO ELABORACIÓN CIMBRA	1	2
INTERFERENCIAS CON COLOCACION DE ACERO	1	2
SITIOS DE ACCESO	2	2
DISPONIBILIDAD RECURSOS EN OBRA	1	2
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>13</b>

Nota: Puntaje: 2 más simple o económico. 1 menos simple o económico. La mayor sumatoria es la mejor opción

Tabla 6. Análisis Cimbras

Después de seleccionar la cimbra modular como la mejor opción se deben seguir los siguientes pasos como lo indica el análisis de Constructividad:

- Diseño. Cada elemento de la cimbra debe estar previamente diseñado a fin de evitar contratiempos durante la ejecución de las actividades.

- Equipo de levantamiento de la cimbra. En este caso debido a la inclinación y longitud del talud frontal se deben utilizar torres grúas para facilitar los trabajos. la longitud mínima requerida debe ser de 26 m, con una capacidad mínima de 1.875 ton en condiciones más críticas.

- Facilidad de montaje. Todos los módulos deben tener uniones simples que faciliten el descimbrado y cimbrado del sistema.

- Tiempo de colado por módulo. Se determina la altura de la cimbra modular en 3.0 m ya que esta permite efectuar colados en 6 horas aproximadamente. Alturas mayores pueden dificultar la colocación del concreto.

- Número de módulos. Debido al compromiso con el cliente para terminar las obras en los tiempos programados es necesario utilizar un juego de cimbra por cada unidad. El equipo

de izaje (torres grúas) a utilizar debe ser paralelamente utilizado en la colocación del acero de refuerzo. Número de grúas requeridas: dos unidades. El número de unidades depende del volumen de acero a colocar, el tiempo disponible para efectuar los trabajos y el número de movimientos para cimbrado y descimbrado de los módulos de cimbra para completar la estructura.

- El seguimiento de las actividades es un elemento importante para tomar decisiones oportunas evitando sobrecostos.

- Una vez establecido el sistema a utilizar se debe evitar realizar cambios al programa de obra ya que todos los análisis previos para la selección del sistema utilizado es en base a un programa de construcción preestablecido.

### 6.3. Tipo de controles

La documentación en un proyecto de estas características puede significar en caso de no llevarse en forma eficiente, disminuir el margen de utilidad o incluso llegar a ser la diferencia entre un proyecto exitoso y uno con pérdidas económicas. La documentación por llevar a cabo puede ser de muchos tipos y dependerá de las características especiales y particulares de cada proyecto. Se relacionan a continuación los tipos de documentación que seguramente hubieran contribuido a realizar un mejor manejo de las actividades por parte de los ingenieros del proyecto de Obra de Toma y Tuberías de Presión. Todos los formatos y tipos de controles a llevar a cabo deben ser estándar para los todos los frentes del proyecto y el diseño de los mismos debe ser realizado por el grupo piloto conjuntamente con los jefes de superintendentes y superintendentes de los frentes en función de las características particulares del proyecto.

#### 6.3.1. Principales conceptos de obra

La construcción de la Obra de Toma y las Tuberías de Presión, tuvieron actividades principales que representaron los volúmenes más importantes en montos y cantidades de obra. El total de conceptos entre ambos frentes fue de 46 precios unitarios. Se deben seleccionar los

principales conceptos para únicamente a estos realizarles la documentación correspondiente, evitando así controlar conceptos que no repercuten en el costo o programa general del frente.

Utilizando el Teorema de Pareto se determinan los conceptos de obra más importantes sobre los cuales se efectuará la documentación y a través del mismo se seleccionan los principales. En las tablas 7 y 8 se indican los principales conceptos de obra de la Obra de Toma y de las Tuberías de Presión en función de los montos de obra que cada uno representaba al inicio del proyecto.

### 6.3.2. Costos

El análisis de los costos se debe efectuar utilizando una hoja de cálculo en un sistema de cómputo a fin de obtener la información en forma diaria. El control se realizará a costo directo en la mayoría de las veces, efectuándose un análisis particular de los indirectos únicamente en forma esporádica a fin de verificar el comportamiento de estos en el frente de trabajo.

El análisis de costos se efectuará en forma global y por concepto de obra. El costo global del frente se debe obtener a partir de los reportes diarios de maquinaria (formato CC1), materiales (formato CC2) y mano de obra (formato CC3). El valor obtenido de estos conceptos se debe reportar en el formato de costos global del frente (formato CCGI), en donde se tiene el resumen de cada actividad en costo y en obra ejecutada. La diferencia de costos y obra ejecutada es el resultado diario.

6.3.2.1. Maquinaria. El registro de la maquinaria se debe efectuar en base a los reportes por turno por equipo (formato CC1). Este reporte incluye la siguiente información:

- a. Nombre y número de registro del operador
- b. Número económico del equipo
- c. Horómetro inicial y final al inicio y terminación del turno
- d. Fallas mecánicas presentadas durante el turno y tiempo de reparación
- e. Rendimiento durante el turno (unidades/tiempo)
- f. Total de horas activas e inactivas

6.3.2.2. Mano de obra. Todos los trabajadores al iniciar su turno de labores deben checar la tarjeta de entrada y en función de estas tarjetas el checador de personal debe realizar el informe de fuerza correspondiente a cada turno. Con este informe de fuerza (formato CC2) se debe complementar la información del formato CC5.

6.3.2.3. Materiales. Todos los materiales que llegan a la obra tienen un registro de entrada en el almacén antes de ser enviados al frente de trabajo. Por cada material que sale del almacén se expide un vale de salida que indica el material, la cantidad, unidad, costo y el número de clasificación (WBS) dependiendo del sitio adonde se envía.

En el formato CC3 se debe relacionar diariamente el material que llega al frente. Los formatos CC1, CC2, y CC3 requieren ser llevados a detalle a fin de registrar las actividades efectuadas en el frente. Utilizando estos reportes se realiza el reporte de actividades para conciliación con el cliente o la supervisión (formato CC4).

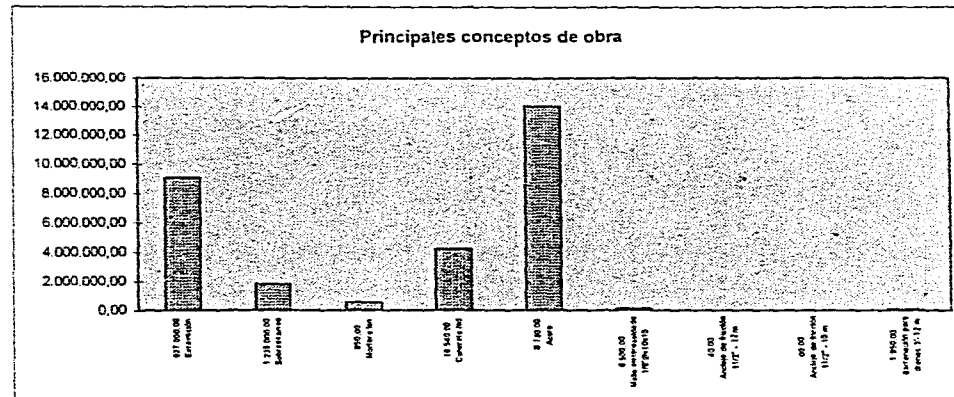
Finalmente a partir de este último se efectúa la valorización por concepto (formato CC5) y la valorización global del frente (formato CCGL). La optimización del manejo de esta información se debe realizar a través del uso de un sistema de cómputo en el frente de trabajo. El reporte de actividades (formato CC4) debe estar firmado al final de cada turno por el contratista y el supervisor o cliente, a fin de tener toda la información conciliada, y sea utilizada para cualquier trámite como un documento oficial.

Los reportes de costos unitarios (formato CC5) y costos globales por frente (formato CCGL) no deben ser firmados por la supervisión ya que estos son para control interno del contratista. Una vez sea firmado el reporte de actividades por la supervisión debe ser llevado por el checador de actividades al auxiliar técnico encargado del control de obra para que este a su vez coordine la captura de la información en el sistema de cómputo correspondiente.

La valorización del costo global (formato CCGL) y del costo unitario por concepto (formato CC4) se debe efectuar en forma rápida a través del uso de una base de datos, previamente creada y que debe incluir todos los recursos que se utilizan en el proyecto.

Descripción de conceptos	Cantidad	total
Excavación	927.000,00	9.093.870,00
Sobrecarreo	1.235.000,00	1.827.800,00
Mortero lan.	850,00	584.840,50
Concreto hid.	16.540,00	4.249.291,40
Acero	6.780,00	14.082.670,20
Malla electrosoldada 1/8"Øx10x10	6.500,00	153.985,00
Anclaje de fricción 11/2" - 12 m	40,00	5.617,20
Anclaje de fricción 11/2" - 18 m	60,00	9.396,00
Barrenación para drenes 3"-12 m	1.850,00	96.699,72
total		30.104.170,03

Tabla 7. Principales Conceptos Obra de Toma

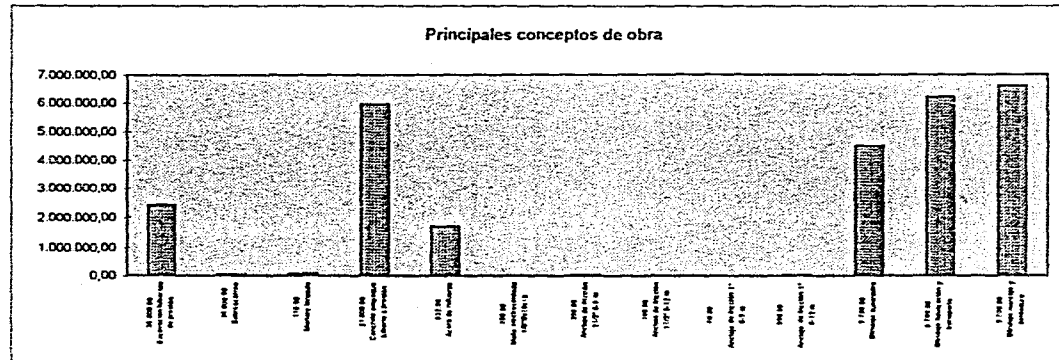


Gráfica 10. Diagrama de Barras Conceptos Obra de Toma



Descripción de conceptos	Cantidad	total NS
Exca-vación tuberías de presión	35.000,00	2.426.900,00
Sobrecarreo	35.000,00	51.800,00
Mortero lanzado	110,00	75.685,24
Concreto empaque tubería a presión	21.000,00	5.954.130,00
Acero de refuerzo	832,00	1.728.138,88
Malla electrosoldada 1/8"Ox10x10	400,00	9.476,00
Anclaje de fricción 1 1/2" 6-9 m	350,00	38.181,50
Anclaje de fricción 1 1/2" 9-12 m	100,00	16.268,00
Anclaje de fricción 1" 6-9 m	40,00	4.101,60
Anclaje de fricción 1" 9-12 m	390,00	44.530,30
Blindaje suministro	2.700,00	4.489.668,00
Blindaje fabricación y transporte	2.700,00	6.207.516,00
Blindaje montaje y soldadura	2.700,00	6.616.485,00
<b>total</b>		<b>10.349.211,52</b>

Tabla 8. Principales Conceptos Tuberías de Presión



Gráfica 11. Diagrama de Barras Conceptos Tuberías de Presión

**REPORTE DIARIO DE MAQUINARIA  
P.H. AGUAMILPA**

FORMATO CCI

FECHA: \_\_\_\_\_ TURNO: \_\_\_\_\_ FRENTE: \_\_\_\_\_ H.O.I. \_\_\_\_\_ H.O.F. \_\_\_\_\_ WBS \_\_\_\_\_  
 EQUIPO \_\_\_\_\_ No ECONOMICO \_\_\_\_\_ OPERADOR: \_\_\_\_\_ No REGISTRO: \_\_\_\_\_

EQUIPO					
DESCRIPCION	HA	HL	HE	VOLUMEN	RENDIMIENTO

OBSERVACIONES:

REPORTO: \_\_\_\_\_  
 JEFE DE OBRA

<b>REPORTE DIARIO DE PERSONAL</b>		FORMATO CC2	
<b>P.H. AGUAMILPA</b>		HOJA ____ DE ____	
FECHA: _____ TURNO: _____ FRENTE: _____			
DESCRIPCION ACTIVIDAD _____ WBS _____			
<b>MANO DE OBRA</b>			
CATEGORIA	PLANTILLA	REAL	DIFIA
<b>REPORTO:</b> _____ <div style="text-align: center;"><b>JEFE DE OBRA</b></div>			



FORMATO CC4  
HOJA \_\_\_ DE \_\_\_

**REPORTE DIARIO DE ACTIVIDADES  
P.H. AGUAMILPA**

FECHA: \_\_\_\_\_ TURNO: \_\_\_\_\_ FRENTE: \_\_\_\_\_ DESCRIPCION ACTIVIDAD \_\_\_\_\_  
WBS: \_\_\_\_\_

HORAS	MANO DE OBRA		MATERIALES			EQUIPO			
	CATEGORIA	CANTIDAD	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DESCRIPCION	H.E.	H.I.	H.F.

REPORTO: \_\_\_\_\_  
CONTRATISTA

V.B.: \_\_\_\_\_  
SUPERVISION

NOTA: LAS CANTIDADES DE ESTE REPORTE DEBEN COINCIDIR CON LAS INDICADAS EN LOS FORMATOS CC1, CC2 Y CC3. UN REPORTE POR CADA ACTIVIDAD



**REPORTE DIARIO CONTROL DE COSTOS GLOBAL- FRENTE**  
**P.H. AGUAMILPA**

FORMATO CEGL

FRENTE: \_\_\_\_\_ DESCRIPCION CONCEPTO DE OBRA \_\_\_\_\_ WBS: \_\_\_\_\_

FECHA	COSTO					OBRA EJECUTADA					TOTAL COSTO	TOTAL O.E	SALDO PARCIAL	SALDO ACUMULADO
	WBS 1	WBS 2	WBS 3	WBS 4	WBS 5	WBS 1	WBS 2	WBS 3	WBS 4	WBS 5				
1/05/90														
2/05/90														
3/05/90														
↓														
31/05/90														

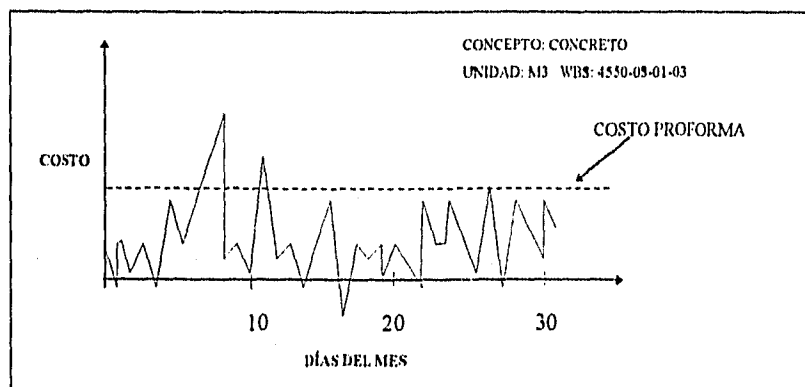
REPORTE: \_\_\_\_\_  
 JEFE DE OBRA

NOTA: LA INFORMACION PARA ESTE REPORTE SE OBTIENE DEL REPORTE CCS

La comparativa del costo diario se debe realizar contra un valor proformado por unidad de obra, que debe ser calculado previamente por el grupo piloto, conjuntamente con el jefe de superintendentes y el superintendente del frente. El costo se estará verificando en forma diaria a través de un diagrama "run chart" a fin de detectar variaciones importantes y así dar soluciones oportunas a los problemas. Se presenta a continuación un típico diagrama run-chart que podría ser utilizado en el control del costo de obra.

Los valores arriba del valor proformado deben ser revisados el mismo día para detectar el motivo del sobre costo y efectuar de ser posible la corrección correspondiente.

Los diagramas de este tipo se realizan a partir del reporte de costos unitarios por concepto (formato CC5).



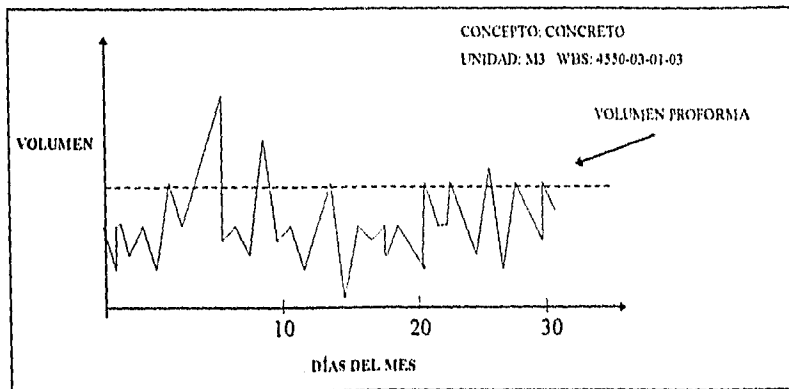
Gráfica 12. Run Chart

### 6.3.3. Avances de obra diarios y acumulados

Este tipo de control de avance se debe realizar en forma diaria a fin de conocer el comportamiento del proceso constructivo. El valor diario proformado debe calcularse por el grupo piloto, el jefe de superintendentes y el superintendente en base a los recursos del frente. En forma similar al anterior se debe utilizar un diagrama "run-chart" a fin de representar gráficamente el comportamiento de la producción.



En forma inversa al diagrama anterior, los valores inferiores al volumen proformado deben ser rápidamente revisados para efectuar las correcciones al proceso de producción. Este tipo de gráficas para control, igual que las anteriores de costos unitarios deben ser realizadas para los principales conceptos de obra.



Gráfica 13. Run Chart

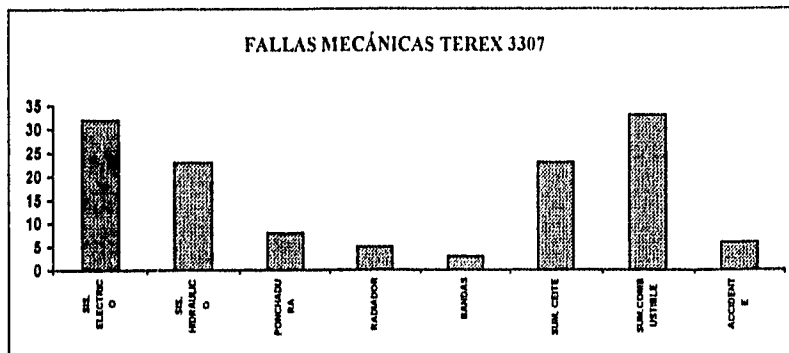
En ambos casos, para el análisis correctivo del costo y del volumen de producción la técnica más rápida y efectiva para determinar la causa del problema es a través de un diagrama "fishbone" tal como el indicado en la figura 14.

#### 6.3.4. Maquinaria

El reporte diario de maquinaria (formato CC1) permitirá conocer el comportamiento de los equipos día con día durante el desarrollo de los trabajos. Este control es muy importante en aquellas actividades en donde el funcionamiento continuo y adecuado del equipo es necesario para cumplir con los programas de obra. Utilizando un diagrama de barras para cada grupo de equipos se puede representar el comportamiento de los mismos. Se presenta a continuación el análisis para el camión TEREX J307, que fue utilizado para el acarreo de roca de Obra de Toma a Cortina.

FALLAS MECÁNICAS	No FALLAS/MES
SISTEMA ELÉCTRICO	32
SISTEMA HIDRÁULICO	23
PONCHADURA	8
RADIADOR	5
BANDAS	3
SUMINISTRO ACEITE	23
SUMINISTRO COMBUSTIBLE	33
ACCIDENTE	6

Tabla 9. Análisis Terex 3307



Gráfica 14. Diagrama de Barras

El análisis anterior permite determinar que las principales causas de problemas mecánicos son el suministro de combustible, aceites y reparaciones eléctricas. En este caso las medidas serían optimizar el suministro de combustibles y lubricantes a través de un programa de horarios adecuado. En el caso de las reparaciones eléctricas la ayuda de asesoría externa (mecánicos especializados) para reparaciones especiales y capacitación de los propios ayudaría a disminuir las horas inactivas del equipo por problemas mecánicos. Los accidentes son otro aspecto importante de la tabla anterior, que en el caso particular de este equipo sería necesario efectuar un estudio para disminuir el número de accidentes y así incrementar la seguridad de los operadores.

Análisis como el anterior combinados con gráficas similares de horas activas e inactivas del equipo permitirían conocer a detalle su comportamiento permitiendo efectuar medidas correctivas para disminuir deficiencias, optimizando su uso.

#### 6.3.5. Programa de obra.

La elaboración del programa de obra debe realizarse utilizando el método PCM, combinando el diagrama de Gantt y el diagrama de precedencias correspondiente (plano 1 y 2). La elaboración de este programa debe estar coordinado por el grupo piloto, con la participación de los jefes de superintendentes y de los superintendentes de frente a fin de lograr realizar un programa de obra adecuado y lógico. Se deben tomar en cuenta para la elaboración del mismo los recursos del proyecto, las necesidades contractuales, los tiempos para ejecución de las actividades y en general todos los factores que pueden producir modificaciones en costo para el contratista.

Una vez elaborado y firmado el programa por el contratista y el cliente se debe realizar una actualización mensual del diagrama de precedencias a fin de lograr conocer el comportamiento del proyecto con respecto a lo programado. El diagrama de Gantt por lo simple de su interpretación se debe actualizar de ser posible cada semana a fin de conocer a detalle el comportamiento de los trabajos con respecto a los programados.

El programa de obra debe llevar reflejado cualquier imprevisto como paros laborales, lluvias extraordinarias, inundaciones o cualquier situación que impacte el desarrollo de las actividades en el proyecto. Los planos No 1 y 2 representan el programa de obra del P.H. Aguamilpa firmado al inicio de las actividades entre el cliente y el contratista. El uso de sistemas de cómputo permite que su reproducción sea rápida de ahí que pretextos como la dificultad de su elaboración no deben ser excusa para no llevarlos mes a mes actualizados.

#### 6.3.6. Requisición de recursos

En forma similar a los principales conceptos de obra del proyecto, existen un número determinado de recursos los cuales son críticos para el correcto desarrollo de las actividades. Estos pueden ser materiales, maquinaria, personal o fletes. Se deben seleccionar en igual forma

utilizando un diagrama de Pareto a fin de identificarlos en orden de importancia. En particular estos recursos deben recibir atención especial por el grupo piloto y los encargados de los frentes, a fin de incluirlos en el proforma maestro del proyecto.

Se deben optimizar sus ordenes de pedido, pagos, envíos, recepciones en obra, etc. a fin de lograr su suministro de acuerdo al programa de obra. Los recursos que no son críticos deben ser parte del proforma anual previamente elaborado por el grupo piloto y los responsables de los frentes antes del inicio de los trabajos. Los recursos que no estén contemplados en el proforma maestro del proyecto por ser trabajos extraordinarios deben ser únicamente solicitados a través del grupo piloto.

#### 6.3.7. Cuenta de clientes

La cuenta de clientes debe llevarse utilizando una hoja de cálculo por medio de un sistema de cómputo (formato CCL).

#### 6.3.8. Documentación

##### 6.3.8.1. Reportes de actividades

Todas las actividades que se efectúen en el frente deben estar registradas en reportes de actividades tipo CC4, acorde a lo indicado en el inciso 6.3.2.

##### 6.3.8.2. Correspondencia Supervisión-Cliente- Contratista-Otros

La correspondencia que se reciba o se envíe durante el desarrollo de la obra debe ser ordenada, utilizando la codificación del WBS correspondiente a la actividad en mención. La recepción de planos de parte de la supervisión debe estar clasificada y ordenada de acuerdo a la codificación del WBS previamente asignada a cada frente. Adicionalmente se debe realizar para cada cuenta del WBS una relación de los planos recibidos en forma cronológica, e indicando para cada uno la fecha de recepción, número del plano, título del plano, estructura particular, y cualquier modificación con respecto al plano del mismo número previamente recibido.



Cualquier actividad que se efectúe afuera de las condiciones contractuales inicialmente convenidas debe tener la documentación necesaria que permita su adecuada estimación y cobro. En caso de ser posible se ha de presentar el precio unitario antes de iniciar la actividad a fin de evitar diferencias o disputas entre las partes al momento de la estimación y pago correspondiente.

#### 6.3.9. Imprevistos

La presencia de estas situaciones en el caso de no ser documentadas en forma adecuada y oportuna pueden ser la diferencia entre un proyecto exitoso y uno con pérdidas. Cualquier suceso de fuerza mayor o de emergencia tal como lo defina el contrato de obra, debe ser motivo de atención por parte de los responsables de la producción. El grupo piloto en estos casos servirá de apoyo para indicar el proceso a seguir en caso de tenerse situaciones críticas. En este tipo de situaciones la participación conjunta del gerente de proyecto, jefes de superintendentes y superintendentes es muy importante para lograr documentar el mínimo detalle que pueda repercutir en un costo adicional.

La documentación a través de reportes de actividades, correspondencia hacia el cliente y el uso adecuado de la bitácora de obra son los elementos a utilizar para registrar los recursos adicionales utilizados en sucesos imprevistos o para documentar afectaciones sufridas a causa de los mismos.

#### 6.3.10. Juntas de trabajo

La comunicación en todas las organizaciones es un elemento importante para garantizar el uso adecuado de los recursos. En el caso de proyectos de este tipo la comunicación desde el gerente de proyectos a través de los jefes de superintendentes, superintendente y el grupo piloto, debe ser lo suficientemente clara a fin de que todas las personas involucradas en el proyecto estén hablando el mismo lenguaje.

Se deben realizar juntas de trabajo para discutir los aspectos que puedan influir en el proyecto. En estas juntas deben participar el gerente del proyecto, el grupo piloto y los jefes de superintendentes. Las juntas se pueden agrupar de la siguiente forma:

**6.3.10.1. Semanales.** Se deben revisar los siguientes conceptos

- a. Costos directos de principales actividades (formato CC5)
- b. Variación de los costos con respecto a proforma (run chart)
- c. Revisión avance de obra con respecto a proforma (run chart)
- d. Revisión programa de obra (diagrama de Gantt)
- e. Requisición de recursos extraordinarios. Previamente revisión por grupo piloto
- f. Maquinaria (run chart)
- g. Costo global frente (formato CCGL)

**6.3.10.2. Mensuales.** Se deben revisar los siguientes incisos al corte del mes

- a. Costos directos de principales actividades (formato CC5)
- b. Variación de los costos con respecto a proforma (run chart)
- c. Revisión avance de obra con respecto a proforma (run chart)
- d. Revisión programa de obra (diagrama de Gantt)
- e. Requisición de recursos extraordinarios. Revisados antes por el grupo piloto
- f. Maquinaria (run chart)
- g. Costo global frente (formato CCGL)
- h. Cuenta de clientes (formato CCL)
- I. Revisión precios unitario nuevos
- j. Reclamaciones

**6.3.10.3. Extraordinarias.** se efectuarán cuando se presenta un suceso de fuerza mayor o de emergencia que implique algún tipo de repercusión en el desarrollo del proyecto.

**6.4. Costos por implantación de técnicas de Manejo de Proyectos**

Se presenta a continuación el costo estimado de implementar las Técnicas de Manejo de Proyectos en la Obra de Toma y Tuberías a Presión del P.H. Aguamilpa. La Tabla 10 presenta los recursos a considerar en el análisis:

<b>Salarios</b>				
Categoría	Salario mes	Cantidad	No meses	Total
Auxiliar técnico	6,250	2	48	600,000
Capturista	4,860	2	48	466,560
Jefe de chequeadores	4,260	3	48	613,440
Chequeadores de actlv.	3,050	16	48	2,342,400
			subtotal:	4,022,400
<b>Prestaciones</b>				
Concepto	Costo	Cantidad	No meses	Total
Auxiliar técnico	1,500	2	48	144,000
			subtotal:	144,000
<b>Viajes</b>				
Concepto	Costo	Cantidad	No viajes	Total
Auxiliar técnico	800	2	4	6,400
			subtotal:	6,400
<b>Vehículos</b>				
Concepto	Costo	Cantidad	No meses	Total
Camioneta pick up	12,500	0.5	48	300,000
			subtotal:	300,000
<b>Mobiliario</b>				
Concepto	Costo	Cantidad	No meses	Total
Terminal 486	350	2	48	33,600
Impresora láser	100	1	48	4,800
Plotter	180	1	48	8,640
Escritorio y sillas	100	1	48	4,800
Copiadora XEROX	115	1	48	5,520
Papelería	950	1	48	45,600
			subtotal:	102,960
<b>CONCEPTO</b>		<b>MONTO</b>		
COSTO MANEJO DE PROYECTOS		4,575,760		
MONTO OBRA EJECUTADA		178,228,660.70		
PORCENTAJE		2.57		

Tabla 10. Costo Implantación



El análisis anterior permite concluir que el costo de implementar las técnicas de manejo de proyectos, acarrea un mínimo costo, contra todas las ventajas y utilidades que puede ofrecer para el contratista durante la ejecución de un proyecto.

## 7. CONCLUSIONES

7.1. Se espera que esta tesis permita visualizar de una manera objetiva, la necesidad de utilizar técnicas sistemáticas de manejo de proyectos en alguna de las etapas en las que se encuentre un proyecto determinado. En el caso particular de las empresas contratistas se presenta un análisis detallado de las actividades que ha de realizar el ingeniero de producción y los superintendentes de frente a fin de que estos se involucren con las técnicas de manejo de proyectos, que de ser llevadas en forma ordenada y eficiente seguramente permitirán tomar decisiones acertadas por los participantes durante el desarrollo del mismo.

7.2. Los proyectos de infraestructura requieren de estudios diversos para poder garantizar su éxito. El caso particular del P.H. Aguamilpa aunque puede considerarse exitoso a nivel de creación de infraestructura en un tiempo menor a lo esperado, significó un aumento importante en su costo, requiriendo de mayor inversión no contemplada al inicio de los trabajos en 1989, por lo que fué necesario acudir a créditos extranjeros, "más caros" que los nacionales, disminuyendo la utilidad económica del proyecto.

7.3. Un proyecto de este tipo permite la aplicación de numerosos conceptos relacionados con la ingeniería civil, de ahí que para cada actividad en particular se requiere contar con personal adecuado que garantice la ejecución correcta de los trabajos. Las experiencias de otros en técnicas nuevas como las de "ingeniería del valor" y de "constructividad", pueden ayudar a corregir algunas fallas en proyectos similares futuros, a fin de disminuir su costo optimizando los recursos.

7.4. En el caso particular de los trabajos La Obra de Toma y Las Tuberías de Presión, un análisis adecuado de "ingeniería del valor" y de "constructividad", aunados a una documentación eficiente, hubieran permitido lograr un mayor margen de utilidad para el contratista. El haber detectado a tiempo las variaciones de los costos y volúmenes proformados, hubieran permitido tomar decisiones más acordes a la realidad del proyecto y no en base a la experiencia de los encargados de los frentes de producción. El llevar adecuadamente documentado un proyecto en sus etapas de planeación, ejecución o control permite conocer el comportamiento real del proyecto y tomar decisiones en base a datos soportados con lo cual se logra optimizar los recursos del proyecto acorde a un programa

determinado.

7.5. Las técnicas anteriores involucran un cambio de mentalidad en las empresas constructoras, que debe partir desde los niveles máximos de la organización y desplegarse desde allí a los niveles inferiores de la misma. La constancia en el propósito de cambio, un adecuado programa de capacitación para todos los niveles de la organización, un satisfactorio programa de reconocimientos para los empleados por las labores realizadas y el trabajo en equipo son los principales elementos a considerar para iniciar la transformación del uso de Técnicas de Manejo de Proyectos en las compañías constructoras.

7.6. Las actividades de supervisión de los trabajos que durante todo el tiempo ha sido la única actividad realizada por los ingenieros responsables de producción debe ser organizada a partir del empleo de las técnicas descritas, a fin de optimizar el trabajo del ingeniero a niveles de excelencia y lograr únicamente así ser competitivos en el medio. Es un proceso lento, pero la situación económica por la que atraviesa el país obliga a considerar todos estos nuevos elementos en nuevos proyectos a fin de incrementar la utilidad económica y social de los mismos.

## 8. BIBLIOGRAFIA

1. AACE International. Anual Meeting Skills and Knowledge Track. 1994. P.P. 106, 114.
2. J. Borcharding (1995). Apuntes del curso Comportamientos Humanos en la Construcción. Semestre de Primavera. The University of Texas at Austin.
3. T.J. Calnan (1988). The Use of Structures in Today's Program Management Environment from Conception to Completion. 9th World Congress on Project Management
4. F.L. Harrison (1988). Advanced Project Management. " A Structured Approach". Editorial Wiley. Tercera edición. P.P. 3, 147
5. Informe Técnico de la Construcción del Proyecto Hidroeléctrico Aguamilpa. Ingenieros Civiles Asociados S.A. de C.V. , p.p. 11-45 , Octubre 1994.
6. Informes de la Residencia de Mecánica de Rocas de la CFE, Tratamientos Taludes Obra de Toma P.H. Aguamilpa. 1990-1992.
7. Informes de la Residencia de Mecánica de Rocas de la CFE, Tratamientos Adicionales en Talud, Elevs. 228-218 de la Obra de Toma del P.H. Aguamilpa 1991.
8. J.B. Miner (1988). Theories of Organizational Behaviors. The Dryden Press.
9. P.M. Network. A new look at the WBS. Noviembre 1991. P.P. 33, 36.
10. P.M. Network. Scope Management through a WBS. Mayo 1993. P.P. 12, 18.
11. Oficios de autorización de CFE relacionados a precios extraordinarios de conceptos efectuados en la Obra de Toma: excavación a cielo abierto, tratamientos varios y concreto. Obra de Toma. 1993.
12. M. L. Sidney (1987). Project Management in Construction: Ed. Mc. Graw Hill. Cuarta edición. P.P. 119 - 188.

## NOTACIONES

ICA	Ingenieros Civiles Asociados S.A. de C.V.
CFE	Comisión Federal de Electricidad
INEGI	Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática
GWH	10 <sup>9</sup> Megawatts hora
m3b	Metro cúbico en banco
MW	Megawatts
NAMIN	Nivel de aguas mínima
NAMO	Nivel de aguas máximas ordinarias
NAME	Nivel de aguas máximas extraordinarias