



24: 8  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA

**PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS  
DE LA SOBRE-ELEVACION DE LA  
PRESA LA FORTUNA (PANAMA)**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL  
PRESENTAN  
JOSE DE JESUS ENRIQUE MIGUEL  
ANGEL ALDAY LARRAURI  
FEDERICO ALBERTO POUCEL MALDONADO



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 está 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.

# I N D I C E

	PAGINA
I.- INTRODUCCION . . . . .	9
II.- DESCRIPCION GENERAL Y LOCALIZACION DEL PROYECTO . . . . .	14
III.- MOVIMIENTO DE TIERRAS	
3.1 EXCAVACIONES	
3.1.1 Generalidades . . . . .	19
3.1.2 Clasificación . . . . .	20
3.1.3 Desbroce . . . . .	21
3.1.4 Excavación a cielo abierto para estructuras	
a) Excavación para caminos per- manentes . . . . .	23
b) Excavación para fundación de la presa . . . . .	26
c) Excavación del vertedor de excedencias . . . . .	28
d) Excavación de la Cantera . . . . .	41
3.2 RELLENOS	
3.2.1 Generalidades . . . . .	55
3.2.2 Clasificación . . . . .	57
3.2.3 Formación del pedraplén . . . . .	61
3.2.4 Compactación . . . . .	75
3.2.5 Instrumentación . . . . .	84

IV.- CONCRETOS Y OBRAS SUBTERRANEAS

4.1 CONCRETOS

4.1.1	Generalidades . . . . .	88
4.1.2	Breve descripción de procedimientos, materiales y equipos considerados en las especificaciones . . . . .	91
4.1.3	Cantidades de obra . . . . .	108
4.1.4	Perforaciones e inyecciones . . . . .	111
4.1.5	Producción, transporte y colocación de concreto. Pantalla de la presa. . . . .	119

4.2 OBRAS SUBTERRANEAS

4.2.1	Generalidades . . . . .	144
4.2.2	Excavación del Túnel de Desvío Superior . . . . .	145
4.2.3	Sistemas de soporte en el Túnel de Desvío Superior . . . . .	165
4.2.4	Túnel de Descarga de Fondo . . . . .	172

V.- PROGRAMA DE EJECUCION . . . . . 175

VI.- COMENTARIOS Y CONCLUSIONES . . . . . 181

BIBLIOGRAFIA . . . . . 185

# I INTRODUCCION

El objetivo de esta tesis es ejemplificar la forma en que se ha analizado un proyecto bajo el punto de vista de los procedimientos que habrán de utilizarse durante su construcción, con el fin de presentar una propuesta en un concurso a nivel internacional.

El proyecto " La Fortuna " fue planeado para realizarse en dos etapas: la primera fue objeto de otro contrato y su construcción ya ha sido terminada; la segunda etapa, tema de esta tesis, consiste en elevar la presa existente y construir las obras complementarias que darán por terminada la totalidad del proyecto.

Para poder participar en un concurso de la importancia de éste, es necesario que la empresa contratista cuente con gran reconocimiento y experiencia en la construcción de obras similares, para lo cual se debe ser invitado a participar -- después de que el Cliente (persona física o moral a la cual pertenece la obra) ha seleccionado a los posibles constructores mediante una precalificación en la que se toman en cuenta los aspectos financieros, legales y técnicos de la empresa.

Una vez que se ha aceptado a la Empresa como concursante, ésta recibe la información necesaria para el estudio, planeación y valorización de la obra.

Dicha información, por lo regular está formada por - las Condiciones Generales, Cantidades de Obra, Especificaciones Técnicas, Planos de Licitación, Estudios Geotécnicos e Hidrológicos, Fecha de Apertura de las Propuestas, etc. Al mismo tiempo se realiza una visita al sitio de la obra para poder - preveer cualquier contingencia durante la construcción y tener una mejor idea de las condiciones del lugar. Se aprovecha - también para pedir cotizaciones de materiales, salarios de - trabajadores, etc.

De igual manera es importante conocer los aspectos - legales que pueden afectar el buen desempeño de la obra y que difieren entre países (huelgas, prestaciones, días laborales, etc.), así como los requerimientos contractuales (fianzas, - seguros, garantías, etc.). También es importante tomar en - cuenta las condiciones socioeconómicas del lugar, pues ha sido política de las empresas y los gobiernos contar con una mayoría de trabajadores locales y esto hace que se deba adaptar a la idiosincracia y costumbres de la región amén de la dificultad que a veces representa contar con el personal calificado para labores específicas.

Lo antes expuesto ha servido para formar un criterio que se traducirá en una parámetro que puede modificar el precio de la obra, una vez analizado todo el proyecto técnicamente.

Para el análisis del proyecto tema de esta tesis se han dividido los trabajos en dos grupos:

- Movimiento de Tierras
- Concretos y Obras Subterráneas

los cuales se han analizado separadamente (ver capítulos III y IV) para después conjuntarse y estudiar sus interrelaciones (capítulo V), en el Programa de Ejecución.

En el desarrollo de esta tesis se hace mención de los procedimientos constructivos que se han seleccionado en base a la experiencia de las personas que han intervenido en la elaboración de la propuesta así como en los lineamientos que el Cliente nos proporciona a través de las especificaciones técnicas, de las cuales se hacen referencias en el desarrollo de este trabajo.

Cabe mencionar que los rendimientos utilizados para analizar este proyecto pueden calificarse de agresivos. Rendimientos que dentro de su factibilidad dependen de la organización y administración de la obra y de la eficiencia en la conservación y mantenimiento de los equipos. Todo esto debido a la gran competencia que existe entre las compañías concursantes dada la gran influencia que ejerce la situación actual del mercado internacional de la construcción como proyección de la economía mundial. Este punto es tocado más a fondo en



el capítulo de comentarios y conclusiones de este trabajo.

Antes de dar paso a la descripción general de los procedimientos y a los análisis específicos que se han elegido - para ejemplificar el cálculo del costo de una actividad, no queremos dejar de señalar que dichos procedimientos y análisis son solo una de muchas formas en las cuales se puede preparar un concurso (en su aspecto constructivo) y que el tiempo para llevar a cabo todos los estudios implicados es casi siempre - corto.

II DESCRIPCION GENERAL  
Y LOCALIZACION  
DEL PROYECTO

El Proyecto "La Fortuna" (Edwin E. Fábrega) está ubicado en la República de Panamá, aproximadamente 50 km. al norte de la ciudad de David en la provincia de Chiriquí. Una vez terminado, el Proyecto funcionará como un aprovechamiento hidroeléctrico de alta caída con un embalse de almacenamiento situado adyacente a -- los límites de la provincia antes mencionada. Cuando haya alcanzado su pleno desarrollo la caída será de 810 m.

Siendo, como ya señalamos, un aprovechamiento hidroeléctrico, a continuación se describen las principales estructuras del complejo, cuya construcción se realizaría en dos etapas.

La primera etapa, que a la fecha ya está terminada, consistió en la construcción de:

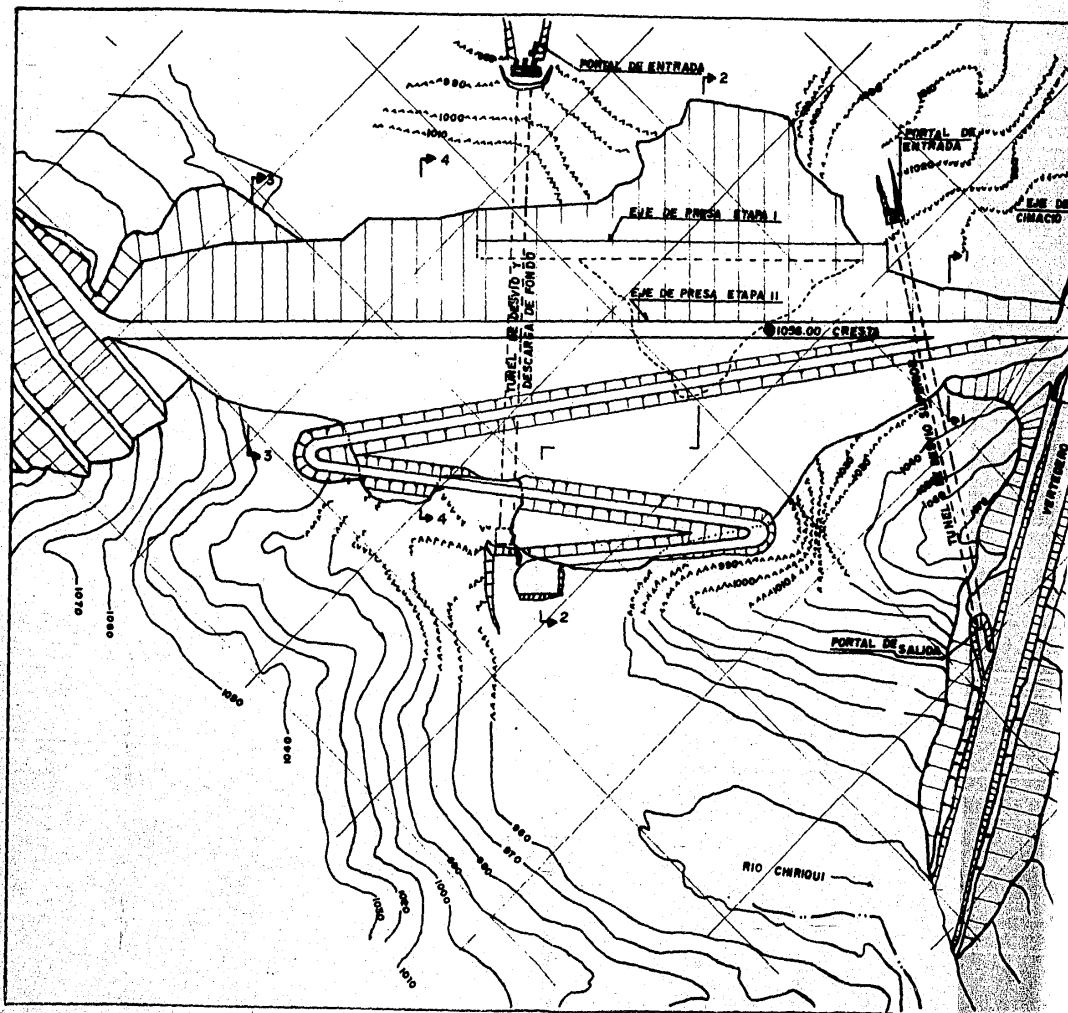
- Una presa de enrocamiento con pantalla de concreto impermeable, una altura de 68 m. y una longitud de -- corona de 240 m. aproximadamente.
- Un túnel de presión de 6000 m. de longitud con sección tipo herradura de 5mx5m, sin revestimiento incluyendo una estructura de toma con compuertas, un pozo de oscilación y una tubería forzada de 1500 m. de longitud con sección circular de diámetro variable entre 2.2 y 3.6 m.
- Una casa de máquinas de tipo subterráneo ubicada en una caverna 400 m. por debajo de la superficie del --

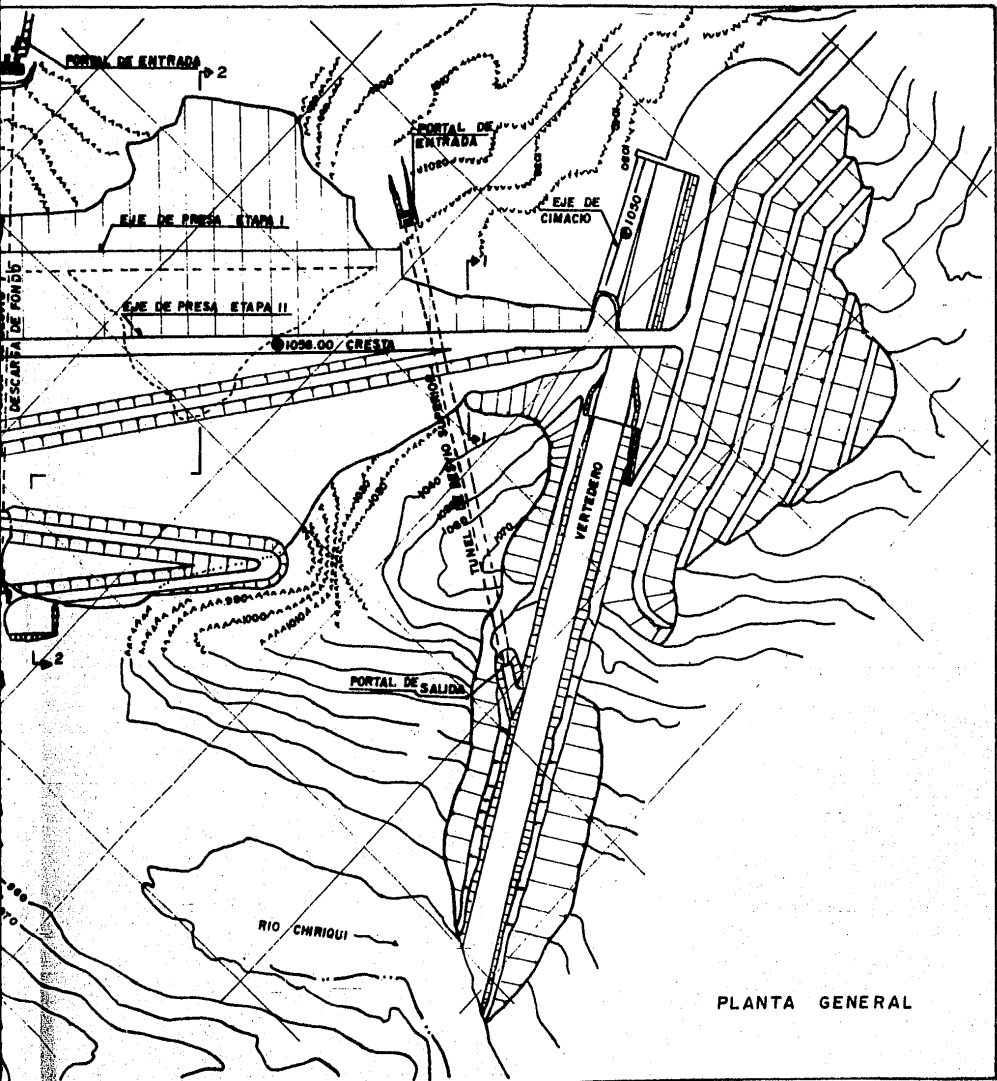
terreno y que aloja tres unidades generadoras de 100 MW cada una, con transformadores de potencia principales. Se utilizan turbinas de impulso por chorros múltiples (tipo Pelton), con una línea central de rodetes fijada a una cota 242.0 m.s.n.m. La energía producida se transmite desde la casa de máquinas a un patio de distribución en la superficie por medio de cables de 230 KV con circulación interna de aceite, alojados en un pozo de cables. El acceso a la casa de máquinas se efectúa a través de un túnel con sección de herradura de 6x6 m y una longitud de 1630 m.

- Un túnel de descarga sin revestimiento con sección tipo herradura de 5.5x5.5 m. y 8300 m. de longitud, cuya descarga se realiza en un tributario de río Chiriquí.
- Un túnel de desvío de nivel inferior sin revestimiento de 260 m. de longitud y sección tipo herradura de 9x9 m. Este túnel servirá como descarga de fondo en la segunda etapa.
- Se construyeron además 45 km. aproximadamente de vías de acceso, las cuales se comunican a un poblado próximo por un camino que a su vez entronca con la carretera Panamericana.

Para la segunda etapa, tema de esta tesis, los trabajos a realizar consisten en:

- La sobre-elevación de la presa hasta la cota 1056 m.s.n.m., es decir 21 m más a partir de la cota de corona de la primera etapa. La longitud aproximada de la nueva corona será de 600 m y se deberá - continuar la pantalla impermeable de concreto hasta cubrir todo el paramento aguas arriba.
  
- La excavación y revestimiento de un vertedor de - descarga lateral con cresta libre a una cota de 1050 m.s.n.m. y su canal asociado.
  
- La excavación de un túnel de desvío de nivel superior de 243 m de longitud en sección de herradura sin revestimiento, de 6 X 5 m. Posteriormente, - una vez concluida la sobre-elevación este túnel será taponado.
  
- Taponar el túnel de descarga de fondo (túnel de - desvío de la primera etapa) e instalar un sistema de válvulas y compuertas en el mismo.





PLANTA GENERAL

### III MOVIMIENTO DE TIERRAS



### 3.1. EXCAVACIONES

#### 3.1.1. Generalidades

En una obra de la magnitud de la que se piensa construir y en la que se han de mover más de tres millones de metros cúbicos de material, las excavaciones forman parte esencial de la planeación de la obra y juegan un papel muy importante en la interrelación con las demás actividades, por lo cual al planear éstas se debe de procurar tener en mente su mejor aprovechamiento, pues de ello puede depender, primero, el poder ganar la obra concursando contra otras empresas y segundo, si se gana el concurso, el tener mayor margen de utilidad posible.

El cliente nos da una lista de cantidades de obra por ejecutar, la cual debe ser minuciosamente checada mediante cubicaciones que nos harán saber si existe alguna discrepancia notable que pueda aprovecharse en nuestro beneficio, así como el desglose de esas cantidades a los diferentes niveles de excavación o relleno, solamente una parte del trabajo -- necesario mostrado en los planos de la presa están asentados como ítems de pago en la lista correspondiente. Cuando el contratista está preparando su propuesta, el costo de realizar cualquier trabajo anotado en el programa de licitación deberá ser colocado directamente a el ítem correspondiente.

El costo de llevar a cabo un trabajo que no esté incluido en la lista de cantidades deberá ser combinado con el costo de algún trabajo que sí esté determinado por el -- cliente y se asentará en el renglón adecuado a ese ítem.

En la cubicación de excavaciones es necesario, también, en base a los estudios geológicos, elaborar un perfil estratigráfico para poder hacer una interpolación con las cubicaciones y así obtener una clasificación de los materiales que se irán encontrando en el progreso de la excavación.

En esta obra se hicieron particularmente importantes las cubicaciones del vertedor, banco de préstamo y pedraplén de la presa, las cuales se muestran en los incisos en donde se trata más a fondo cada una de estas estructuras.

### 3.1.2. Clasificación

Para clasificar los diferentes tipos de excavaciones se hace necesario tomar como base las Especificaciones Técnicas; en éstas aparecen clasificados los diferentes rubros - (ítems) de pago, se dan lineamientos a seguir y lo que como Contratista es de suma importancia, el alcance de cada trabajo, su manera de medirse y de pagarse.

En las Especificaciones Técnicas del Proyecto se han clasificado los tipos de excavación común, excavación en roca y en excavación no clasificada.

... Excavación común. Los diferentes tipos de excavación común deberán incluir pero no están limitados a la excavación de la capa vegetal, tierra, arcilla, arena, grava, roca blanda o desintegrada, cantos rodados o pedazos sueltos de roca que no excedan de  $3 \text{ m}^3$  y roca sólida que pueda triturarse con tres pasadas, como máximo, del Tractor Caterpillar Modelo D8, que arrastre un escarificador hidráulico de 60cm (24 pulg), aprobado por el fabricante para usarse con el Tractor D8, o con capacidad escarificadora equivalente. Se destaca que gran parte del material común a excavar posee un elevado contenido de humedad.

Excavación en roca. Los diferentes tipos de excavación en roca deberán limitarse a rocas que no puedan triturarse con el equipo escarificador antedicho, o cantos rodados o pedazos de roca suelta que sobrepasen  $3 \text{ m}^3$  cada uno y materiales que requieran perforación y voladura para su remoción.

### 3.1.3. Desbroce

... Como desbroce deberá entenderse las actividades para remover y disponer la eliminación de todos los árboles, trozos

de árboles, alambrados, escombros, basura y materiales similares y todos los arbustos que sean mayores de un metro de alto de las áreas que se hayan especificado para ser desbrozadas. Los árboles sacados de dichas áreas deberán cortarse a una altura no mayor de 30 cm. del terreno existente, medidos del lado cuesta arriba. Los materiales que se desbrocen no deberán empujarse o derribarse hacia áreas que no hayan sido designadas para ser desbrozadas....

Como se puede observar, el "cliente" (persona física o moral a la cual pertenece la obra), a través del proyectista nos da los lineamientos, parámetros generales y alcances de cada actividad para su correcta consecución dentro de -- toda la obra por medio de las Especificaciones Técnicas.

Dentro de ellas nos refieren a los sitios donde debe rá realizarse el desbroce, y estos son:

- Caminos de acceso
- Vertedor
- Banco de Préstamo

El cliente no menciona el desbroce que se hará en el sitio de fundación de la presa, por lo cual al analizar esa actividad deberemos incluir su costo en alguna otra relacionada, como sería la excavación común o en el relleno de la presa.

Esta actividad se ha planeado para ser efectuada, en mayor parte, manualmente. Una cuadrilla de peones efectuará el desbroce clasificando los materiales cuando tengan valor comercial. Para este trabajo y el amontonamiento se ha pensado en hacer uso de un tractor como ayuda a el trabajo de los peones. Una vez acomodado el material se rociará con diesel para ser quemado.

#### 3.1.4. Excavación a cielo abierto para estructuras

##### a) Excavación en Caminos Permanentes

Los caminos de acceso permanentes dentro del sitio del proyecto se definen como los caminos ubicados en las inmediaciones de las diferentes estructuras del proyecto energético y que se hallan fuera de los límites de los caminos construídos por el Ministerio de Obras Públicas de la República de Panamá, como lo indican los planos; y enteramente diferentes de los caminos de acceso a la construcción, caminos de acarreo y otros, temporales, construídos por el Contratista. El camino de acceso permanente por el cual se le pagará al Contratista, bajo los precios unitarios en la lista de Precios, incluye el camino de acceso desde la entrada a la Obra de Toma, de allí y pasando por la parte superior de la Presa hasta el estribo derecho y desde este punto, hacia aguas arriba, hasta la intercepción con la Quebrada Honda.

Los límites aproximados de este camino de acceso permanente se muestran en el plano correspondiente.

... Los detalles específicos de los caminos de acceso permanente a ser construídos bajo este contrato serán suministrados al Contratista mediante planos de construcción en una fecha futura. Las cantidades para este camino, en la Lista de Precios, definen el alcance aproximado del trabajo para fines de licitación ...

Desbroce .....	3 Ha.
Excavación común .....	100 000 m <sup>3</sup>
Excavación en roca .....	65 000 m <sup>3</sup>

Para cada una de las anteriores cantidades se procederá a hacer un análisis similar al de otras excavaciones y dado que el trazo no está aún perfectamente definido, ni -- tampoco los volúmenes por ejecutar, se hará un estudio somero complementado con la experiencia y estadísticas disponibles.

No es mucha la importancia que reviste este trabajo desde un punto de vista de costo pues cualquier variación -- entre el precio real y el calculado es mínima.

Lo que es importante considerar es el número de equipos que se van a utilizar y el volúmen que se deberá procesar de materiales pétreos.

El material para la sub-base, según las especificaciones técnicas, deberá consistir en grava tosca, guijarros, granito desintegrado, gravilla, arena, roca desintegrada, caliche o cualquier otro material similar, todos ellos de acuerdo con los siguientes requisitos:

- La dimensión máxima de las partículas aceptables para este trabajo no deberá exceder los dos tercios (2/3) del espesor de la capa parcial colocada y en ningún caso deberá llegar a 6 (seis) centímetros.
- El equivalente de arena será de un mínimo del 25% del volumen de la sub-base con las siguientes características:
 

1. Porcentaje que pasa el tamiz No.4	35 mínimo
2. Porcentaje que pasa el tamiz No.200	35 máximo
3. Índice de plasticidad	No más del 10%
4. Límite líquido	No más del 40%

El material necesario para cubrir este rubro será un material seleccionado el cual será colocado procedente de las mismas excavaciones de los caminos, necesitando, en caso de que no se pudiera cumplir con alguna de las especificaciones, una clasificación parcial previa.

Para la producción de agregados se deberán tomar en cuenta:

Material de Base	6 200 m <sup>3</sup>
Material pétreo para tratamiento superficial (asfáltico)	800 m <sup>3</sup>

Los cuales sí deben cumplir con una granulometría más estricta según las especificaciones y serán obtenidas mediante la trituración y clasificación de la roca.

b) Excavación para la fundación de la presa

La excavación y preparación de la fundación para una presa es más importante que la proporción que representa en el precio total de la oferta. Si no se ha tenido la debida planeación y programación esto puede atrasar todas las demás actividades causando incrementos en los gastos generales, en las escalaciones de mano de obra y materiales, así como posibles multas diarias que se establecen de antemano para cuando el Contratista se excede en duración a la fecha señalada para terminar una actividad. Esto puede hacer que se llegue a perder una buena parte de la utilidad, todo debido a una planeación deficiente. Con esto se puede observar, sin un ulterior análisis, que ésta actividad forma parte importante de la ruta crítica del proyecto.

En las especificaciones técnicas se da a conocer lo siguiente: .... Toda la excavación para la fundación de la presa, deberá realizarse en las áreas que estén libres de agua.



La sobrecapa deberá primero excavarse hasta el nivel superior del lecho de roca intemperizado. La excavación para toda la sección deberá remover todos los materiales de tierra de la sobrecapa y cualquier material altamente intemperizado o fracturado que pueda moverse sin que requiera escarificado o el uso de explosivos. Podrá requerirse el uso de piquetas o barras y algo de moldeado para eliminar volados cuando sea necesario lograr una fundación de roca firme y limpia. No se requerirá que la superficie de la fundación sea lavada en su totalidad.

El actual lecho del río, aguas abajo de la presa existente, contiene una capa de sedimento producto del arrastre - de lodos por parte de las corrientes naturales y lluvias.

Antes de la colocación del enrocado se deberá remover esta capa de sedimento hasta encontrar el aluvión natural - del lecho del río o hasta donde lo indique la supervisión.

Así mismo y conforme progrese la colocación del enrocado, el Contratista deberá remover la capa vegetal y material común que se encuentre en ambas márgenes del cañón.

No se reconocerá ningún pago adicional por la remoción de la capa de sedimento en el lecho del río ni la capa vegetal común en ambas márgenes del cañón hasta la cota 1020 m.s.n.m por lo que se deberán incluir estos costos en los renglones -

relacionados con el enrocado de la presa.

En esta actividad, en la cual no se ha cuantificado el volúmen por excavar, es de vital importancia la visita al sitio de la obra pues esto aunado a los datos de los sondeos nos puede dar una mejor idea del alcance de la actividad.

A partir de esto se ha visto que sobre el lecho del río solamente habrá que efectuar la remoción de los sedimentos y en las laderas se hará lo mismo con el material común que se encuentra hasta el nivel 1020 m.s.n.m. El volúmen que se estimó para la realización de esta actividad fué de 15 000 m<sup>3</sup>, a realizarse con Tractor D-8, Cargador y Camiones que llevarán el material a las zonas de desperdicio localizadas en las márgenes del río Chiriquí aguas abajo de la presa.

También será necesario excavar 9 000 m<sup>3</sup> de roca para poder alojar la losa de cimentación que servirá como apoyo a la pantalla de concreto que habrá de construirse para darle impermeabilidad a la presa.

c) Excavación del vertedor de excedencias

Para poder planear la excavación del vertedor de excedencias es necesario elaborar una tabla en donde aparecerá el volúmen total desglosado a los niveles que se requerán o a los que se hayan utilizado para la cubicación. Las sec

ciones que se trazaron fueron horizontales con 10m entre ellas. (ver tabla 1). Es necesario también determinar, en base al equipo que se utilizará, la plantilla de barrenación y para ésto se realizaron los siguientes cálculos:

Si consideramos que tendremos una altura de banco de 6 m y un diámetro de barrenación de 3 1/2 pulgadas:

$$- \text{ Bordo: } B = \frac{dp}{33} \sqrt{\frac{P \cdot S}{\bar{c} \cdot f (E/b)}}$$

dp = Diámetro del fondo de la perforación

p = Densidad de carga (grado de compactación) (Kg/dm<sup>3</sup>)

S = Fuerza del explosivo por unidad de peso

f = Factor dependiendo de la inclinación de las perforaciones:

Perforac. verticales .....f = 1.0

Perforac. c/inclinación 3:1.....f = 0.9

Perforac. c/inclinación 2:1.....f = 0.85

E/b = Relación espaciamiento/bordo, generalmente 1.25

$\bar{c}$  = Valor calculado de la constante de roca

$\bar{c} = C + 0.05$ , cuando B = 1.4 a 15 m

$\bar{c} = 0.070B + C$ , cuando B = 1.4 m

c : Cantidad mínima de explosivos (Kg) que se requiere para extraer un metro cúbico de roca (ver tabla 2)

TABLA No. 1

CUBICACION DEL VERTEDEDOR

COTAS (m. s. n. m. )	MATERIAL COMUN (M <sup>3</sup> )	ROCA (M <sup>3</sup> )	VOLUMEN TOTAL (M <sup>3</sup> )
942			
950	4,707	6,266	10,973
960	12,191	16,228	28,419
970	13,550	18,057	31,587
980	14,345	19,096	33,441
990	12,754	16,979	29,733
1000	11,159	14,856	26,015
1010	9,828	13,083	22,911
1020	6,482	8,628	15,110
1030	992	8,963	9,955
1040	9,890	25,538	35,428
1050	20,263	52,326	72,589
Total	116,161	200,000	316,161

... CONTINUA TABLA No. 1

COTAS (msnm)	MATERIAL COMUN ( M <sup>3</sup> ).	ROCA (M <sup>3</sup> )	VOLUMEN TOTAL ( M <sup>3</sup> )
1050			
	132,601	---	132,601
1060			
	163,175	---	163,175
1070			
	93,132	---	93,132
1080			
	36,863	---	36,863
1090			
	21,097	---	21,097
1100			
	9,500	---	9,500
1110			
	2,471	---	2,471
1116.5			
TOTAL			
	458,839	---	458,839
GRAN TOTAL			
	575,000	200,000	775,000

TABLA No. 2

TIPO DE ROCA	CONSTANTE DE ROCA (C)
ANTRACITA	0.36
ARENISCA	0.46
ANDESITA	0.67
BASALTO	0.62
CALIZA	0.40
CALCITA	0.36
CARBON BITUMINOSO	0.30
CUARZO	0.62
DIAMANTE	0.36
DOLOMITA	0.44
ESQUISTOS	0.53
FELDESPATO	0.57
GNEIS	0.54
GRANITO	0.48
HORNSTENO	0.59
LUTITA	0.38
MAGNETITA	0.50
MARMOL	0.36
MICA	0.28
PIZARRA	0.38
YESO	0.24

①

$$h = 6 \text{ m} \quad \phi = 3 \frac{1}{2}''$$

$$B = \frac{89 \text{ mm}}{33} \sqrt{\frac{1.2 \times 0.71}{0.67 \times 0.9 \times 1.25}} = \underline{2.87 \text{ m}}$$

- Espaciamiento =  $1.25B = 1.25 (2.87) = \underline{3.58 \text{ m}}$
- Sub-barrenación =  $0.3B = 0.3 (2.87) = \underline{0.86 \text{ m}}$
- Longitud de barrenación =  $6\text{m} + 0.86\text{m} = \underline{6.86 \text{ m}}$
- Vol. de mat. por barreno =  $6.86 \times 3.58 \times 2.87 = \underline{70.48 \text{ m}^3}$
- Barrenación específica =  $\frac{6.86}{70.48} = \underline{0.0973 \text{ ml/m}^3}$
- Velocidad promedio =  $\underline{9.0 \text{ ml/hr.}}$
- Rendimiento =  $9.0/0.0973 = \underline{92.5 \text{ m}^3/\text{hr.}}$

②

$$\text{Ahora con } h = 6 \text{ m} \quad \phi = 3''$$

$$B = \frac{76.2 \text{ mm}}{33} \sqrt{\frac{1.2 \times 0.71}{0.67 \times 0.9 \times 1.25}} = \underline{2.46 \text{ m}}$$

- E =  $1.25B = 1.25 (2.46) = 3.07 \text{ m}$
- Sb =  $0.3B = 0.3 (2.46) = 0.74 \text{ m}$
- Long. barr. =  $6 + 0.74 = 6.74 \text{ m}$
- Vol. Mat/barr =  $6.74 \times 3.07 \times 2.46 = 50.9 \text{ m}^3/\text{barr.}$
- Barr. específica =  $6.74/50.9 = 0.1324 \text{ ml/m}^3$
- Velocidad barrenación =  $11.5 \text{ ml/hr.}$
- Rendimiento =  $\frac{11.5}{0.1324} = \underline{86.9 \text{ m}^3/\text{hr.}}$

③

$$h = 15 \text{ m} \quad \phi = 3 \frac{1}{2}''$$

$$B = \frac{89 \text{ mm}}{33} \sqrt{\frac{1.2 \times 0.71}{0.67 \times 0.9 \times 1.25}} = \underline{2.87 \text{ m}}$$

$$\text{- Espaciamiento} = 1.25 B = 1.25 (2.87) = \underline{3.58 \text{ m}}$$

$$\text{- Sub-barrenaci3n} = 0.3 B = 0.3 (2.87) = \underline{0.86 \text{ m}}$$

$$\text{- Long. de barrenaci3n} = 15 \text{ m} + 0.86 = \underline{15.86 \text{ m}}$$

$$\text{- Vol3men mat/barreno} = 1/5.86 \times 3.58 \times 2.87 = \underline{162.9 \text{ m}^3}$$

$$\text{- Barrenaci3n especif.} = 15.86/162.9 = \underline{0.0973 \text{ ml/m}^3}$$

$$\text{- Velocidad promedio} = \underline{6.5 \text{ ml/hr.}}$$

$$\text{- Rendimiento} = \frac{6.5 \text{ ml/hr.}}{0.0973 \text{ ml/m}^3} = \underline{66.8 \text{ m}^3/\text{hr}}$$

Despu3s de analizar estos casos y comparando con la tabla No. 3 podemos observar que teniendo una altura de banco dentro del rango establecido lo m3s conveniente ser3 barrenar con broca de 3 1/2" y una altura del banco de 6 m.

Una vez comenzados los trabajos se podr3n variar estas dimensiones ajust3ndolas con los resultados obtenidos, con el fin de optimizar los tiempos de barrenaci3n, que resultan cr3ticos en esta actividad.

A partir de la cubicaci3n obtenida se ha dividido la excavaci3n en varias etapas:



T A B L A No. 3

ALTURA DE BANCO EN FUNCION DEL  
DIAMETRO DE LA BARRENACION

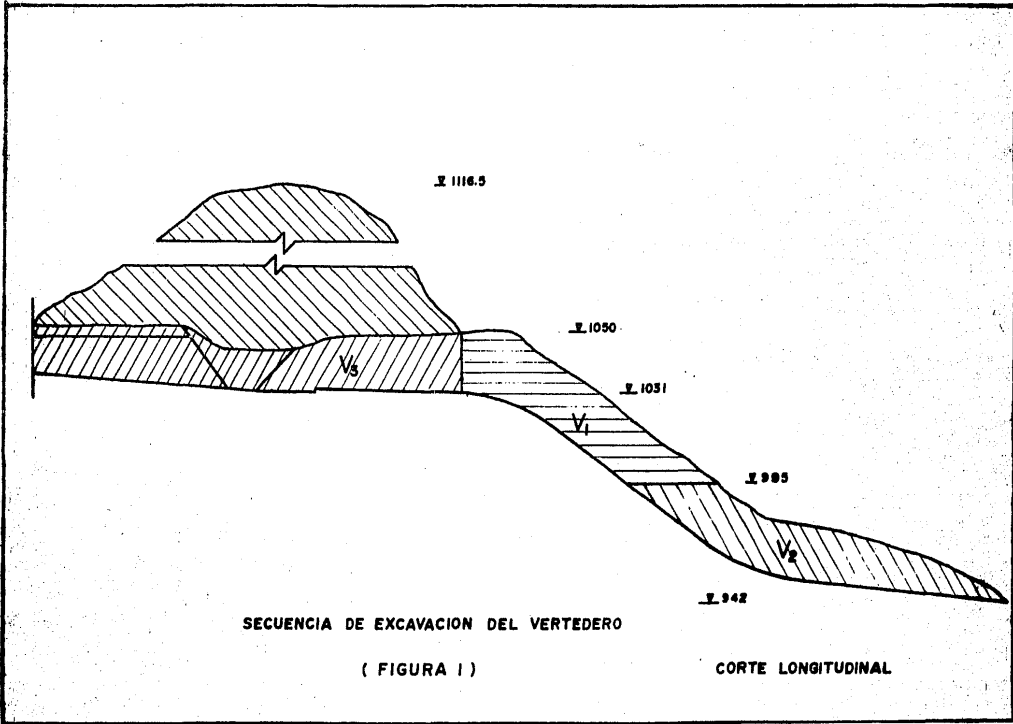
( $\emptyset$  del barreno = de 1.5% a 0.5% la altura de la cara)

Ejem:  $\emptyset = 0.015 H$  ;  $\frac{\emptyset}{0.015} = H$

DIAMETRO DE BARRENACION		ALTURA DE BANCO		(m)
Pulgadas	mm	Mínima	I d e a l	Máxima
2	51	3.40	5.10	10.20
2 1/4	57	3.80	5.70	11.40
2 1/2	64	4.27	6.40	12.80
2 3/4	70	4.67	7.00	14.00
3	76	5.07	7.60	15.20
3 1/2	89	5.93	8.90	17.80
4	102	6.80	10.20	20.40
4 1/2	114	7.60	11.40	22.80
5	127	8.47	12.70	25.40
5 1/2	139	9.27	13.90	27.80
6	152	10.13	15.20	30.40
6 1/2	165	11.00	16.50	33.00
7	178	11.87	17.80	35.60
7 1/2	190	12.67	19.00	38.00

La primera etapa (Volumen 1) que va de la cota 995 a la 1031 y que servirá para dar acceso al portal de salida del túnel de desvfo superior; la segunda (Volumen 2) que va de la cota 942 a 995 para poder llevar la excavación del vertedor a líneas de proyecto en su parte inferior; y la tercera etapa (Volumen 3) de la cota 1031 hasta la 1116.5 (ver figura 1).

El procedimiento constructivo se iniciará excavando el material común del Volumen 3, es decir la parte superior del vertedero que formará el estribo izquierdo de la presa, dando prioridad a las bermas por su posible uso como caminos de construcción. Antes de dar por terminada esta actividad el equipo se trasladará a realizar la excavación común del Volumen 1, ya que se piensa retirar todo el material común lo más pronto posible para comenzar cuando antes la explotación de roca de esta zona para su aprovechamiento en el pedraplén y además para poder iniciar los trabajos de empotramiento de la salida del túnel superior de desvfo. La excavación común continuará, una vez terminada la del Volumen 1



SECUENCIA DE EXCAVACION DEL VEREDERO

( FIGURA 1 )

CORTE LONGITUDINAL

con la inconclusa del Volumen 3 hasta terminarla, para --  
luego continuar con los trabajos en la parte inferior del  
vertedor (Volumen 2) y terminar así la excavación común -  
del vertedor.

Volumen 1 (995 - 1031)

- Excavación común: 22 882 m<sup>3</sup>b

Calculando un rendimiento teórico, según el manual  
del fabricante, para la excavación en material común la -  
cual se piensa realizar con un Tractor CAT - DBK tendremos:

- Suponiendo una distancia de acarreo de 50 m, y  
según la gráfica de productividad  $R = 380 \text{ m}^3/\text{hr}$ .

- Tomando en cuenta que el material esta saturado  
se aplicará un factor por material de 0.80

- Para la eficiencia de operador y eficiencia horaria se tomaron 0.75 y 50 min/hr. respectivamente.

Entonces:

$$380 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0.80 \times 0.75 \times 0.84 \times \frac{1}{1.2} = 159.6 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$\frac{22\,882 \text{ m}^3}{159.6 \text{ m}^3/\text{hr}} = 143 \text{ horas}$$

Si sabemos que se trabajarán dos turnos de 10 horas - cada una y 25 días al mes se tendrá que el equipo trabajará 16 horas diarias durante el mes de 25 días.

$$143 \text{ hrs} \times 1/16 \times 1/25 = \underline{0.4 \text{ meses}}$$

Volumen 2 (942 - 995)

- Excavación común: 63 127 m<sup>3</sup>b

Procediendo de la misma manera que para el Volumen 1 se tendrá:

$$\frac{63\,127 \text{ m}^3}{159.6 \text{ m}^3/\text{hr}} = \underline{396 \text{ horas}}$$

$$396 \text{ hrs.} \times 1/16 \times 1/25 = \underline{1.0 \text{ mes}}$$

## Volumen 3 (1031 - 1016.5)

- Excavación común: 488 991 m<sup>3</sup>b

$$\frac{488\,991\text{ m}^3\text{b}}{159.6\text{ m}^3\text{b/hr}} = 3\,064\text{ hrs.}$$

$$3\,064 \times 1/16 \times 1/25 = \underline{7.6\text{ meses}}$$

Este tipo de análisis nos servirá para definir, en el programa de ejecución, las relaciones con las demás actividades así como el número de equipos necesarios para llevar a cabo cada actividad.

## Volumen 1 (995 - 1031)

- Excavación en roca: 40 656 m<sup>3</sup>b

Tomando en cuenta el rendimiento obtenido para la --  
barrenación con Track - Drill (92.5 m<sup>3</sup>/hr.)

$$\frac{40\,656\text{ m}^3}{92.5\text{ m}^3\text{/hr}} = 439.5\text{ hrs.}$$

$$439.5 \times 1/16 \times 1/25 = \underline{1.1\text{ meses}}$$

## Volumen 2 (942 - 995)

- Excavación en roca: 84 034 m<sup>3</sup>

$$\frac{84\,034\text{ m}^3}{92.5\text{ m}^3\text{/hr.}} = 908.5\text{ hrs.}$$

$$908.5 \times 1/16 \times 1/25 = \underline{2.3\text{ meses}}$$

Volumen 3 (1031 - 1116.5)

- Excavación en roca: 75 310 m<sup>3</sup>

(Observando la tabla se puede ver que en realidad el volumen de roca se localiza entre la 1031 y la 1050)

$$\frac{75\ 310\ \text{m}^3}{92.5\ \text{m}^3/\text{hr}} = 814.2\ \text{hrs.}$$

$$814.2 \times 1/16 \times 1/25 = \underline{2.0\ \text{meses}}$$

El propósito de estos cálculos es tener una idea relativa de la duración aproximada de cada actividad para una vez que se comience con la elaboración del programa tener un punto de partida para el posterior ajuste al interrelacionarse las actividades entre sí y poder llegar al programa de ejecución definitivo que se muestra en el capítulo correspondiente.

d) Excavación de la Canteras:

La principal fuente de materiales para realizar el pedraplén de la presa será el banco de préstamo o cantera ubicada en la margen izquierda a 350 m aproximadamente en línea recta aguas abajo de la presa (ver tabla 4)

Antes de comenzar la planeación de la cantera deberán analizarse y tomarse en cuenta todos los datos disponibles. Estos datos deberán incluir: requisitos de las específicas -

TABLA No. 4

CUBICACION DE LA CANTERA

COTAS (m. s. n. m.)	VOLUMENES (M3)
1195	
	4,963
1190	
	36,935
1180	
	88,195
1170	
	138,360
1160	
	156,310
1150	
	145,835
1140	
	121,270
1130	
	125,130
1120	
	191,840
1100	
	68,360
1090	

COTAS (m. s. n. m.)	VOLUMENES (M3)
1090	
	88,755
1080	
	109,150
1070	
	156,555
1060	
	194,315
1050	
	207,270
1040	
	245,580
1030	
	299,330
1020	
TOTAL	2'378,153



ciones, área de desmonte necesaria, tipo de roca, roca insertible, localización de importantes zonas o planos de falla, intemperización, fracturamiento y estratificación de la roca, peso de ésta así como su factor de abundamiento, velocidades de perforación y factor de carga esperados.

Con el método convencional de barrenación carga-voladura se deberá determinar el bordo (distancia entre el barreno y la cara del banco), el espaciamiento (distancia entre barrenos medida paralelamente a la cara del banco), diámetros de perforación, velocidades de perforación, factor de carga, alturas de bancos y número de voladuras.

El objetivo primordial de la explotación de una cantera es obtener, económicamente, la cantidad de roca con el tamaño apropiado para ser cargada, transportada y colocada. Todo esto complementado con la selección adecuada de la plantilla de barrenación.

Para reducir los costos de explotación se deberá usar una plantilla con barrenos separados. Para producir roca de tamaños pequeños será necesario reducir la distancia entre ellos, luego entonces, la correcta planeación deberá elegir la menor cantidad de perforaciones o barrenos que puedan -- ofrecer el tamaño de roca que deberemos manejar.

El estado de la roca así como su alteración o descomposición afectan a la eficiencia de la voladura. En rocas fracturadas parte de la energía se pierde entre las grietas, y ésto hace que no se tenga el control de la voladura como - en una roca sana. Debido a esto y ya que es difícil encontrar una cantera que guarde una homogeneidad en sus propiedades se deberá adaptar la plantilla original a los nuevos -- requerimientos durante el progreso de la excavación.

Es necesario cuantificar el volumen que se deberá excavar en la cantera con la mayor precisión posible pues al - no existir un ítem de pago se deberá incluir su costo en el que se refiere al pedraplén de la presa.

+ NECESIDADES:

Material para Zona 1 =	69,231 m <sup>3</sup> b
Material para Zona 2 =	623,077 m <sup>3</sup> b
Material para Zona 3 =	642,308 m <sup>3</sup> b
Material para Zona 4 =	19,230 m <sup>3</sup> b.
Trituración (*) =	40,792 m <sup>3</sup> b
Desp. (por especif.) =	50,000 m <sup>3</sup> b

---

1'444,638 m<sup>3</sup>b

## + PRODUCCIONES:

Caminos permanentes

Vertedor (85% útil) = 170,000 m<sup>3</sup>bTúnel (Portal + Exc. Sub.) = 16,480 m<sup>3</sup>b

---

186,480 m<sup>3</sup>b

## + VOLUMEN A EXPLOTARSE EN LA CANTERA:

1'444,638 m<sup>3</sup>b

---

186,480 m<sup>3</sup>b

---

1'258,158 m<sup>3</sup>b

=====

## + DESPÉRDICIOS:

Vertedor = 200,000 - 170,000 = 30,000 m<sup>3</sup>bTúnel = 19,500 - 16,480 = 3,020 m<sup>3</sup>b

---

33,020 m<sup>3</sup>b

(\*) Este volumen incluye los agregados para concretos, para los caminos permanentes y el desperdicio en la zona elaboración del material de Zona 1.

Después de conocer el volumen que se habrá de explotar en la cantera se deberán hacer compatibles las excavaciones que nos aportarán materiales con la formación del pedraplén y conociendo los requisitos granulométricos (ver capítulo - de Rellenos) podemos suponer que nos servirán para su colocación en las Zonas 2 y 3. Es importante tener una referencia en cuanto a los niveles de excavación en la cantera y al progreso de la formación del pedraplén para lo cual en la planeación de la obra se va preparando un programa que va -- sufriendo modificaciones hasta llegar al definitivo (ver - tabla 5).

En cuanto al costo de la explotación de la cantera se han hecho las siguientes consideraciones:

Se barrenará la cantera con un equipo Track Drill Fixtrack con un rendimiento esperado de 92.5 m<sup>3</sup>/hr.

$$\text{entonces: } \frac{1'258,158 \text{ m}^3}{92.5 \text{ m}^3/\text{hr}} = \underline{13,602 \text{ hrs.}}$$

El equipo usado será auxiliado por un Compresor Portátil de 750 PCM el cual trabajará el mismo número de horas. El período de explotación de la cantera será de 380 días y si suponemos que un equipo trabaja alrededor de 300 horas durante un mes podemos saber el número de equipos necesarios para cumplir con esta actividad, es decir:

$$\frac{13\ 602 \text{ hrs}}{300 \text{ hrs/mes}} \cdot \frac{30.44 \text{ días/mes}}{380 \text{ días}} = 3.6 \approx 4.0 \text{ equipos}$$

DISTRIBUCION DE VOLUMENES

TABLA No. 5

(EN M3c)

	MESES	ALTURA (msnm)	VOLUMEN (m3c)	P R O C E D E N C I A			
				VERTEDOR	TUNEL	PLANTA DE TRITURACION	CANTERA
FASE I	3	968	46,185	-----	-----	-----	46,185
	4	980	92,375	-----	5,356	-----	87,019
	5	987	92,375	-----	-----	-----	92,375
	6	994	92,375	18,417	-----	-----	75,958
	7	1001	92,375	36,833	-----	-----	55,542
	8	1006	92,375	18,417	2,678	-----	71,280
	9	1010	92,375	18,417	5,356	-----	68,602
	10	1015	92,375	36,833	5,356	-----	50,186
	11	1020	92,375	36,833	2,678	2,113	52,964
	12	1025	92,375	36,833	-----	5,285	55,542
	13	1029	92,375	18,417	-----	4 225	75 958
	14	1035	92,375	-----	-----	6,074	92,375
			1'062,310	221,000	21,424	17,695*	819,886'
	FASE II	15	1035	57,788	-----	-----	4,490*
FASE III	16	1035	142,200	-----	-----	-----	142,200
	17	1040	142,200	-----	-----	16,146	142,200
	18	1044	142,200	-----	-----	12,917	142,200
	19	1049	142,200	-----	-----	16,146	142,200
	20	1056	71,101	-----	-----	22,606	71,101
			639,901	-----	-----	67,815*	639,901

\* ESTOS VOLUMENES NO SE SUMAN PUES  
TAMBIEN SE EXPLOTARAN EN LA CANTERA.

Como detonadores se usarán estopines de 10 m y que, según la plantilla de barrenación vista en el estudio del vertedor se tendrán un barreno para cada  $70.48 \text{ m}^3$ , por lo que:

$$\frac{1'258,158 \text{ m}^3}{70.48 \text{ m}^3/\text{pza.}} = \underline{17\ 851 \text{ pzas.}}$$

y suponiendo que tendremos que usar 200 m de alambre de -- quema para cada 50 barrenos para poderlos ligar entre sí, - se tendrán:

$$\frac{17\ 851 \text{ barr.}}{50 \text{ barr.}} \times 200 \text{ m} = \underline{71\ 405 \text{ m}}$$

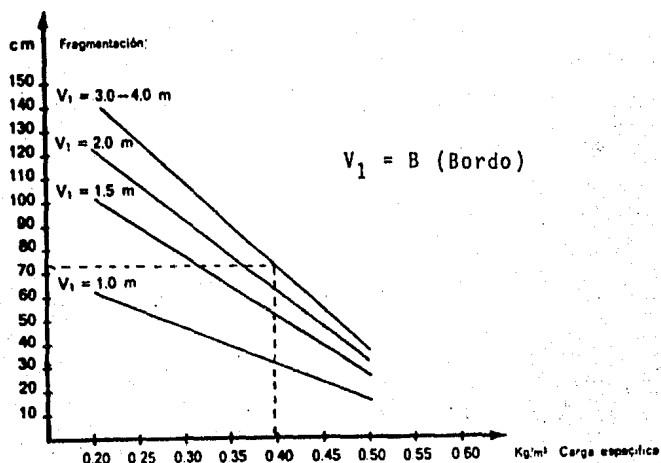
Es importante también considerar el acero de barrenación. La cantidad de metros que se perforarán serán:

$$6.86 \text{ m}/\text{barreno} \times 17\ 851 \text{ barrenos} = 122\ 458 \text{ m}$$

Barra de 1 1/2" X 10' --	400 m/pza	122 458/400	=	306 pza
Cople de 1 1/2" -----	350 m/pza	122 458/350	=	350 pza
Zanco de 1 1/2" -----	1 500 m/pza	122 458/1 500	=	82 pza
Broca de 1 1/2" -----	400 m/pza	122 458/400	=	306 pza

Otros accesorios que intervienen en la elaboración de este costo son:

$$\text{Manguera 2" (V. dtl = 1 500 hrs.)} \frac{13\ 602}{1\ 500} = 9 \text{ juegos de } 30\text{m} = \underline{270 \text{ m}}$$



Para la carga de los barrenos se piensa utilizar dos tipos de explosivos, uno es el Dinamex 60% y un agente - - explosor, el Prillit, que esta hecho a base de nitrato de - - amonio y que hace más económico el proceso. Para este tipo de roca se han pensado utilizaron 400 Gr. de explosivos para cada metro cúbico a ser explotado, de los cuales un 40% -- será de Dinamex y un 60% de Prillit; por lo que se tendrán:

$$\text{Dinamex: } 1'258,158 \times 0.4 \times 0.4 = \underline{201\,305 \text{ Kg.}}$$

$$\text{Prillit: } 1'258,158 \times 0.4 \times 0.6 = \underline{301,958 \text{ Kg.}}$$

(Debido a que se espera encontrar un material fractu-  
rado se usará una mayor parte de nitrato de amonio, el cual,  
al tener una baja velocidad de detonación nos ayudará a - -  
reducir las pérdidas de energía).

Conexión Dixon Boss 2" = 5 Pzas.

Tuberfa de acero 4" = 100 m

La mano de obra a utilizar será la correspondiente a la operación de los equipos y a los trabajos de carga de explosivos, para éstos se utilizó la siguiente cuadrilla:

1 Poblador 15.4 barrenos/tno  
2 Ayudantes

entonces:  $\frac{17\ 851\ \text{barrenos}}{15.4\ \text{barrenos/tno}} = 1\ 155\ \text{tnos}$

$\frac{1\ 155\ \text{tnos}}{380 \times 0.8} = 3.8 \approx 4\ \text{cuadrillas}$

Se ha pensado utilizar un Tractor D8 para las labores de arrume en apoyo a los demás equipos, como el trabajo no es pesado se utilizará un rendimiento teórico calculado de  $360\ \text{m}^3/\text{hr.}$

entonces:  $\frac{1\ 258\ 158\ \text{m}^3}{360\ \text{m}^3/\text{hr.}} = 3\ 495\ \text{hrs.}$

El resumen de todo lo anterior, así como su valorización en dólares, moneda local y equivalencia en dólares se ha hecho por medio de la computadora que ahorra el tiempo de los cálculos y nos lleva a un costo unitario de una - -



manera más rápida y con menor posibilidad de error. ( ver página siguiente ).

Este costo se presenta a manera de ejemplo de la forma en que se ha procedido para la elaboración del costo total de la obra y en él se puede observar la secuencia de cálculo así como el costo por unidad de volumen que aparece en la parte inferior derecha.

En el caso de la explotación de la cantera se obtuvo un costo de 1.46 U.S. por metro cúbico excavado, este costo pasará a formar parte del costo del enrocamiento de la presa junto con algunos más como el transporte, el cribado, la trituración para Zona 1, etc., los cuales se integraron a fin de llegar a un costo total.

La excavación de la cantera se encuentra totalmente ligada a las necesidades de la presa (ver tabla 5), por lo que para su explotación se ha dividido en tres zonas, que son:

Zona 1 de elev. 1016.5 a elev. 1063.5 (Vol. 1-A)

Zona 2 de elev. 1063.5 a elev. 1120.0 (Vol. 2 )

Zona 3 de elev. 1016.5 a elev. 1063.5 (Vol. 1-B)

4 COSTO BASICO Z33.MA.01

EXCAVACION ROCA EN CANTERA

VOL. 1258158.000 M3

INICIO DIA 121

FIN DIA 50

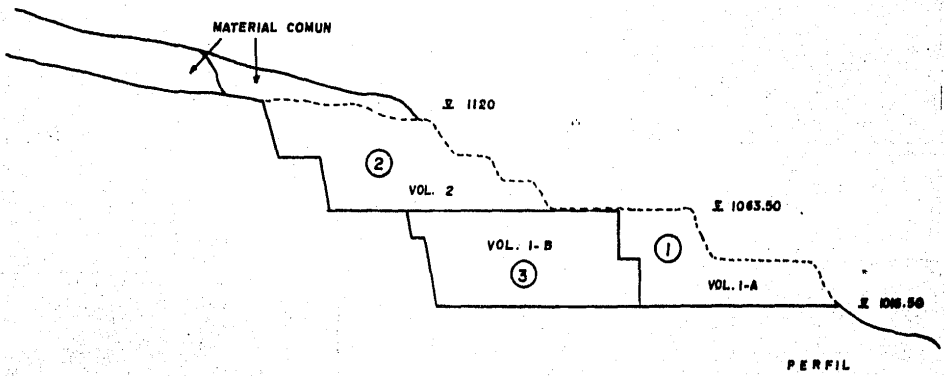
MANO DE OBRA		CANTIDAD	JORNAL	COSTO UNITARIO		I M P O R T E		EQUIVALENTE
NR	DESCRIPCION			\$/LOC	\$/ US	\$/LOC	\$/ US	
24	OP. TRACTOR DE 1A	2.00	4.00	30.88	0.0	61.76	0.0	61.76
48	OP. TRACK-DRILL	8.00	4.00	22.77	0.0	182.16	0.0	182.16
34	OP. COMPRESOR	8.00	4.00	17.22	0.0	137.76	0.0	137.76
43	POBLADOR	4.00	4.00	17.22	0.0	68.88	0.0	68.88
13	AYUDANTE	10.00	4.00	16.11	0.0	161.10	0.0	161.10
14	PEON	4.00	4.00	16.11	0.0	64.44	0.0	64.44
22	CABO "A"	2.00	4.00	30.88	0.0	61.76	0.0	61.76
IMPORTE / DIA :						737.86	0.0	737.86
SUMAS PARCIALES ( 380. DIAS):						280386.80	0.0	280386.80

MATERIALES		CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO		I M P O R T E		EQUIVALENTE
NR	DESCRIPCION			\$/LOC	\$/ US	\$/LOC	\$/ US	
91	DINAMEX	201305.00	KG	2.72	0.0	547549.60	0.0	547549.60
90	PRILLIT	301958.00	KG	1.07	0.0	323095.06	0.0	323095.06
96	ESTOPIN 10 MTS.	17851.00	PZA	2.55	0.0	45520.05	0.0	45520.05
142	ALAMBRE DE QUEMA	71405.00	M	0.0	0.06	0.0	4284.30	4284.30
85	BARRAS 1 1/2" X 10'	306.00	PZA	0.0	148.65	0.0	45486.90	45486.90
84	COPLES 1 1/2"	350.00	PZA	0.0	34.87	0.0	12204.50	12204.50
83	ZANCOS 1 1/2"	82.00	PZA	0.0	73.00	0.0	5986.00	5986.00
87	BROCCAS 1 1/2" X 3 1/2"	306.00	PZA	0.0	200.85	0.0	61460.10	61460.10
117	MANUERA DE 2"	270.00	M	0.0	24.47	0.0	6606.90	6606.90
114	CONEXION DIXON BOSS 2"	5.00	PZA	68.28	0.0	341.40	0.0	341.40
36	TUB. ACER. GALVAN. 4"	100.00	M	11.25	0.0	1125.00	0.0	1125.00
SUMAS PARCIALES						917631.11	136028.70	1053659.81

EQUIPO		HRS TRAB	NO.UN.	COSTO UNITARIO		I M P O R T E		EQUIVALENTE
NR	DESCRIPCION			\$/LOC	\$/ US	\$/LOC	\$/ US	
M 50	COMPRESOR PORTATIL 750	13602.00	4.00	12.94	4.57	176009.88	62161.14	238171.02
M 49	TRACK DRILL FIXTRACK	13602.00	4.00	1.43	5.53	19450.86	75219.06	94669.92
L 6	CAT D8 TRACTOR/D C/R	3495.00	1.00	20.02	27.73	69969.90	96916.35	166886.25
SUMAS PARCIALES						265430.64	234296.55	499727.19
TOTAL COSTO BASICO						1465448.55	370325.25	1833773.80
						1.16	0.29	1.46

Se iniciarán los trabajos de explotación de la cantera en la Zona 1, este volumen únicamente será para satisfacer las necesidades de la obra mientras se excava el material común que sea necesario para limpiar la parte alta de la cantera más un volumen extra que nos garantice la estabilidad de este material en la corona de la excavación. Simultáneamente a esta actividad se estarán haciendo los trabajos de captación de aguas en la zona superior para llevarlas por medio de una zanja receptora a los lados de la excavación. Al terminar con esta limpieza se iniciará de inmediato la excavación de la Zona 2, Volumen 2 ( ver figura 2) para poder suministrar el volumen requerido para el enrocamiento, la planta de trituración y la planta de concreto y al terminar con esto se continuará con la Zona 3. Volumen 1-B hasta cumplir con la demanda que se tenga de roca. Al terminar la explotación de roca se continuará con la excavación común a las trazas de diseño. Para esta actividad se contará con el equipo de carga a utilizarse para la roca, que serán Cargadores CAT-988 de  $7 \text{ Yd}^3$  ( $5.4 \text{ m}^3$ ) y Volquetas Terex R-35 de  $24.6 \text{ Yd}^3$  ( $18.8 \text{ m}^3$ ). Terminada esta actividad se procederá a la siembra de pastos como una medida para controlar la erosión.

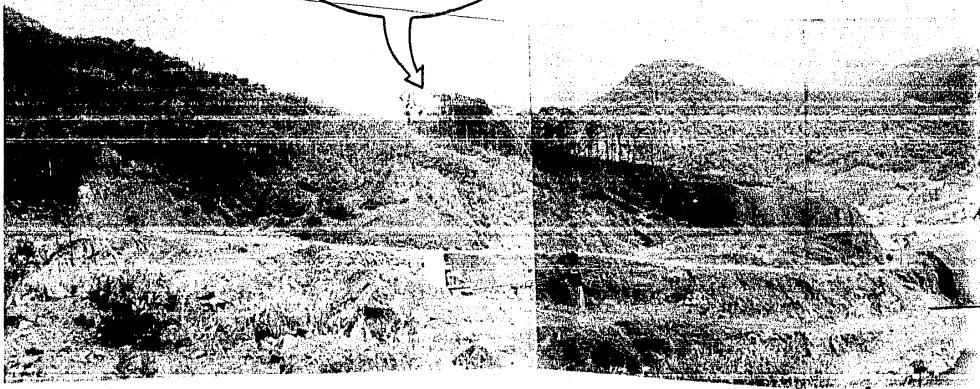
# EXPLOTACION DE LA CANTERA



(FIGURA 2)

# VISTA PANORAMICA DEL SITIO DE LA OBRA

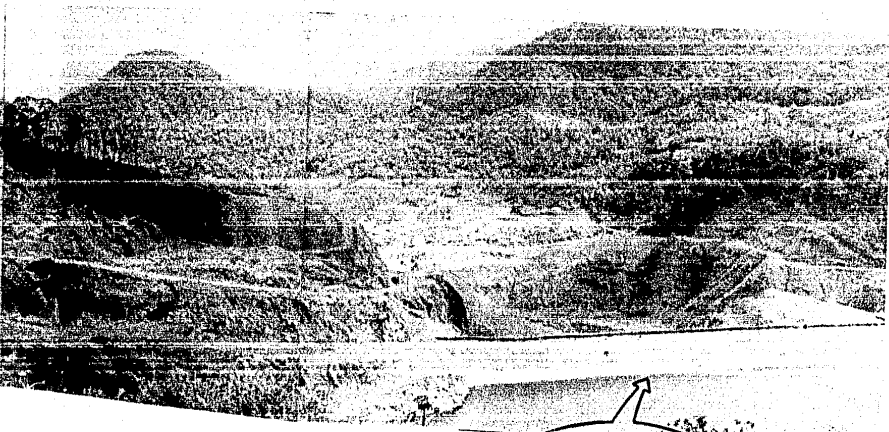
ZONA DEL VERTEDEDOR  
II ETAPA



VISTA DE AGUAS ARRIBA DE LA PRESA

ESTA PANORAMICA DEL SITIO  
DE LA OBRA

EDOR



CORONA DE LA PRESA  
I ETAPA

## 3.2. RELLENOS

### 3.2.1. Generalidades

Las dos características esenciales que debe cumplir una presa son: Estabilidad e Impermeabilidad.

El primer requerimiento depende de la resistencia al esfuerzo cortante. Es frecuente que los materiales que cumplen el requisito de resistencia, (materiales friccionantes) no sean lo suficientemente impermeables por lo cual lo más común ha sido la utilización de un corazón de material impermeable (materiales cohesivos). Otra limitante para el diseño de una presa es el que se puedan conseguir los materiales disponibles a distancias económicas, y muchas veces, en sitios altos o zonas montañosas resulta incosteable el transporte del material para el corazón de arcilla por lo que se ha desarrollado un tipo de presa que ha cobrado auge en los últimos años: las presas de enrocamiento con una pantalla o losa de concreto sobre el talud aguas arriba. Este tipo de presas en el cual se ha deshechado el corazón impermeable ha sido de gran polémica.

En las grandes presas de enrocamiento existe el problema adicional de que no hay hoy un monto suficiente de investigación respecto a las características de resistencia

y compresibilidad de estos materiales de grano tan grueso. El cambio de escala que significa un enrocamiento respecto a los suelos normalmente utilizados en la investigación impone diferencias de base no suficientemente conocidas. A este respecto el arma más comprometedor es, sin duda, la información que están ya proporcionando un número grande de instrumentos de medición de desplazamientos y comportamiento general que se han dejado en el interior de varias grandes presas de reciente construcción.

Uno de los principales problemas que se han discutido es el referente a el de los asentamientos que se producen en el cuerpo de la presa y en su cimentación. Desde el año de 1960, Terzaghi dijo que se debería de añadir una cantidad de agua para favorecer los asentamientos, disminuyendo la fricción entre las partículas de roca durante el proceso de construcción y reduciendo así los asentamientos que pudieran sucederse más tarde. Ahora se ha visto que sí, Terzaghi tenía razón en una parte, pero no es necesaria el agua en el momento de la compactación, si en vez de esto se compacta de la forma más adecuada y en capas de espesores reducidos. También es importante mencionar la transición que ha sido especificada en todas las últimas presas de este tipo entre el enrocamiento y la pantalla de concreto. En el caso particular de esta presa se colocará una zona con material granu-



lar (gravas) paralela al parámetro aguas arriba, el cual -- será cubierto inmediatamente con concreto lanzado para después colocar la losa de concreto sobre esta superficie.

### 3.2.2. Clasificación.

Los materiales para los pedraplenes deberán obtenerse de las excavaciones para construcciones permanentes o de áreas de préstamo. Las características y composición física de los materiales, así como también sus fuentes de origen - determinarán su posición final en los pedraplenes. Los materiales colocados en los pedraplenes deberán cumplir los requisitos y límites de granulometría que aquí se mencionan:

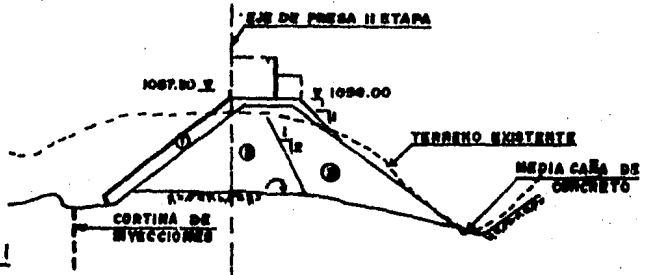
El material para las Zonas 1, 2, 3 y 4 del pedraplén de la presa deberá ser andesita no escarificante o roca aglomerada sólida y resistente.

El material para las diferentes zonas deberá conformarse a los requisitos de graduación especificados a continuación, después de la compactación del pedraplén de la presa. ( ver figura 3 y 4 secciones de la Planta General ).

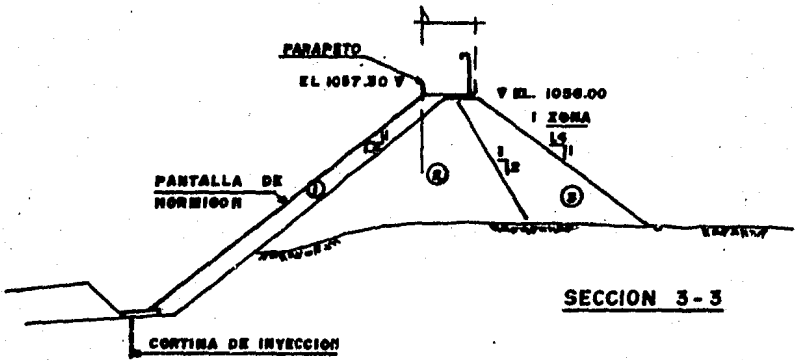
#### PEDRAPLEN DE LA ZONA 1:

La zona 1 deberá ser roca de cantera triturada o gravas naturales que cumplan con los siguientes criterios de graduación:

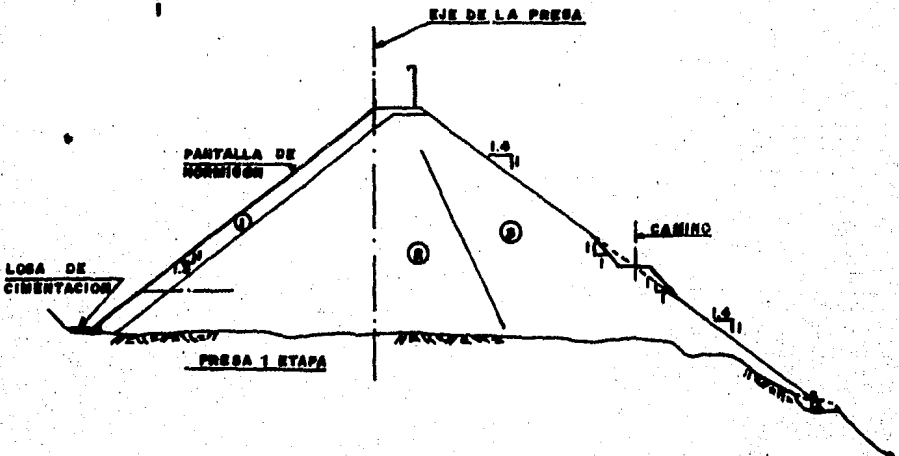
**SECCION 1-1**



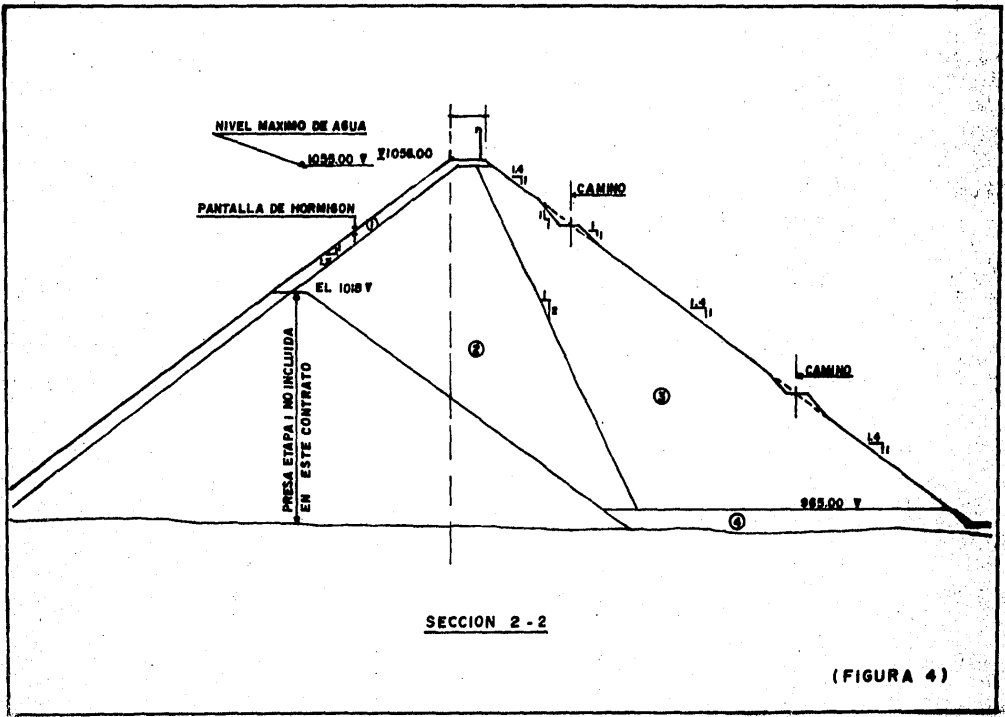
**SECCION 3-3**



**SECCION 4-4**



(FIGURA 3)



<u>Tamaño</u>	<u>Porcentaje en Peso que pasa por el Tamiz</u>
4 pulgadas (100 mm) dim. máx -----	100
3 pulgadas ( 76 mm) -----	50-100
3/4 pulgadas (19 mm)-----	15-60
Tamiz No. 4 norma americana (4.8mm)-----	0-35
Tamiz No.30 norma americana (0.60mm) -----	0-15

#### PEDRAPLEN DE LA ZONA 2:

El material para el pedraplén de la zona 2 deberá ser del tamaño que resulte de las voladuras en las canteras, generalmente de 30 pulgadas (760 mm) de dimensión máxima de las partículas y 19 mm (3/4 de pulgada) de tamaño mínimo. Una cantidad razonable de partículas de roca de mayor tamaño se permitirá en el pedraplén de la zona 2 siempre que las mismas puedan incluirse en la capa sin que interfieran con la compactación satisfactoria del pedraplén.

#### PEDRAPLEN DE LA ZONA 3:

El material para el pedraplén de la zona 3 deberá ser del tamaño que resulte de las voladuras en las canteras, generalmente de 30 pulgadas (760 mm) de dimensión máxima de las partículas y de 6 pulgadas (150 mm) de tamaño mínimo.

La cantidad de material menor de 6 pulgadas (150 mm) en tamaño deberá ser suficiente para llenar los vacíos entre los fragmentos de rocas de mayor tamaño.

#### PEDRAPLEN DE LA ZONA 4:

El material para el pedraplén de la zona 4 deberá ser del tamaño grande seleccionado que resulte de las voladuras en las canteras, generalmente de 48 pulgadas (1 220 mm) de dimensión máxima de las partículas, y de 12 pulgadas (305 mm) de tamaño mínimo. No se permitirá material de menos de 12 pulgadas (305 mm) en el pedraplén de esta zona.

#### 3.2.3. Formación del pedraplén

En las especificaciones se menciona lo siguiente:

No deberá colocarse en los pedraplenes ninguna clase de arbusto, raíces, tocones, césped u otros materiales orgánicos -- inadecuados. El trabajo deberá programarse de manera que el material excavado pueda ser acarreado directamente a su sitio de colocación permanente; no obstante, cuando esto no sea posible ni práctico, el material podrá colocarse en pilas de almacenamiento temporales.

Generalmente el cliente designará las ubicaciones o áreas en las que deban colocarse rellenos:

A medida que las operaciones de colocación avancen, deberán tomarse las debidas precauciones para evitar que los materiales de las zonas adyacentes se mezclen o perturben. El pedraplén deberá mantenerse continuamente de una manera satisfactoria hasta que se logre la terminación y la recepción final de toda la Obra.

Se podrán construir taludes temporales de construcción de 1V:1.3H en cualquier dirección del pedraplén para facilitar el acarreo y acceso al trabajo mediante taludes en forma de rampa sobre la superficie de la presa.

El parámetro de aguas abajo del pedraplén de la presa, cuando esté terminado, deberá presentar una textura de apariencia uniforme y deberá estar generalmente plano.

Los materiales del pedraplén de la presa no deberán sobrepasarse hacia zonas adyacentes más allá de lo permitido por las siguientes tolerancias medidas perpendiculares el eje de la presa y horizontalmente desde la línea de división indicada en los planos.

Línea

Tolerancia

- |                                                                                                                                                    |                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| (1) Parámetro de aguas arriba de la Zona 1 incluyendo capa de torcreto de 4 cm de espesor (la capa subyacente del revestimiento de hormigón) ..... | No deberá proyectarse de la línea de diseño para el hormigón. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|

<u>Línea</u>	<u>Tolerancia</u>
(2) Líneas de división entre Zonas 1 y 2:	
En dirección hacia aguas arriba .....	+ 0.5 metro
En dirección hacia aguas abajo .....	+ 1.0 metro
(3) Líneas de división entre Zonas 2 y 3.	<u>+ 1.0 metro</u>
(4) Parámetro de aguas abajo de la Zona 3	+ 0.15 metro

Durante la colocación del material en la Zona 3, las rocas de mayor tamaño deberán empujarse hacia el parámetro - de aguas abajo para proveer de protección al talud.

El ancho de 4 m aguas arriba de la Zona 2 adyacentes a la Zona 1 deberá colocarse en capas horizontales de 0.5 m con un máximo tamaño de partícula de 0.5 m de diámetro.

En ningún momento el material superior de la Zona 1 o la Zona 3 deberá estar a más de dos (2) metros por debajo del nivel superior del material de la Zona 2.

Dentro de las 24 horas siguientes a la terminación - de la compactación de un sector dado del talud de aguas arriba de la presa, el Contratista deberá revestir dicho sector, mediante la aplicación de una capa de concreto lanzado de un espesor no menor de 4 cm...

Estos son los lineamientos que se deberán seguir, - sin embargo, queda a criterio y experiencia del constructor, la metodología de construcción para alcanzar en cada fase - del enrocado los niveles prescritos por el proyectista.

La presa se construirá en tres fases sucesivas, para lo cual se ha hecho una cubicación de los volúmenes por colocar a diferentes niveles de cada fase (ver tabla No. 6). Una vez terminados los trabajos de limpieza en el lecho del río y terminados también los trabajos previos al desplante - de la presa se dará inicio al enrocado de la presa en su primera fase que tendrá un volumen total de 1'062,311 m<sup>3</sup>c. (ver figuras 5, 6 y 7).

Debido a la dificultad que se tiene para la construcción de los caminos y la colocación del material de esta fase, se ha dividido en tres etapas que serán:

a) Del desplante a elevación 980:

Para la construcción de esta etapa se utilizarán dos caminos, uno que llevará el volumen principal y que saldrá de la cantera hasta el desplante y otro que llevará el material producto de la excavación de los portales del túnel de desvío superior.



F A S E I

TABLA No. 6

COTAS	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	VOLUMENES TOTALES ENTRE COTAS
1056					
1035					
	5,017	45,364	26,846	----	77,227
1030					
	12,678	118,056	105,897	----	236,631
1018					
	----	129,866	222,163	----	352,029
1000					
	----	61,221	195,016	----	256,237
980					
	----	18,454	96,733	----	115,187
965					
	----	----	----	25,000	25,000
VOLUMENES TOTALES POR ZONA	17,695	372,961	646,655	25,000	1,062,311

F A S E II

... CONTINUA TABLA No. 6

COTAS	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	VOLUMENES TOTALES ENTRE COTAS
1056					
1035					
	2,245	9,473	----	----	11,718
1030					
	2,245	18,721	2,469	----	23,435
1018					
	----	22,635	----	----	22,635
1010					
<b>VOLUMENES TOTALES POR ZONA</b>	4,490	50,829	2,469	----	57,788

**F A S E   I I I**

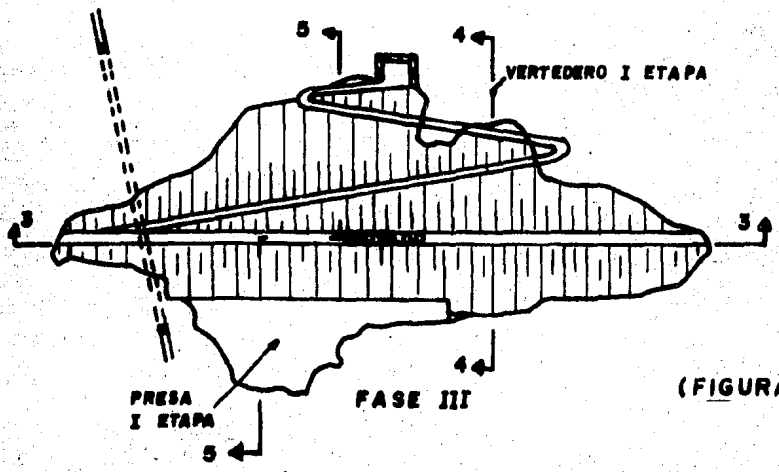
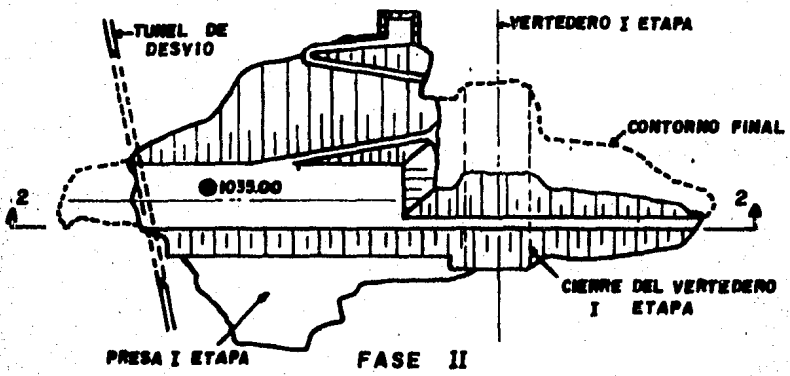
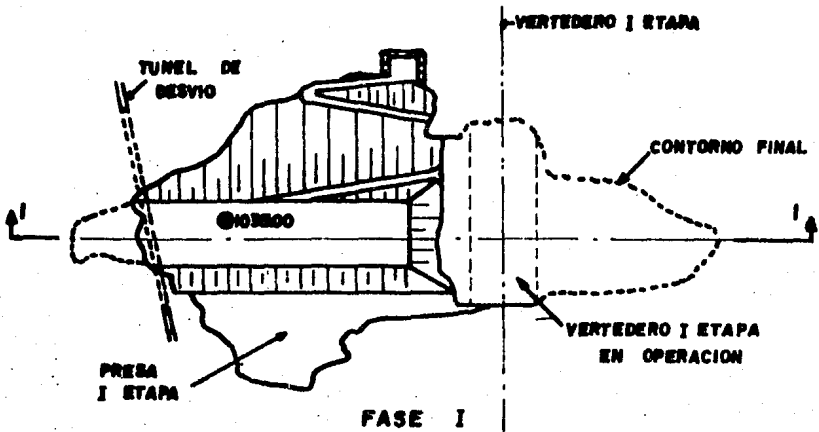
...CONTINUA TABLA No. 6

COTAS	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	VOLUMENES TOTALES ENTRE COTAS
1056					
	67,815	356,695	73,727	----	498,237
1035					
	----	29,515	36,749	----	66,264
1030					
	----	----	29,900	----	29,900
1018					
	----	----	45,500	----	45,500
970					
980					
965					
<b>VOLUMENES TOTALES POR ZONA</b>	<b>67,815</b>	<b>386,210</b>	<b>185,876</b>	<b>----</b>	<b>639,901</b>

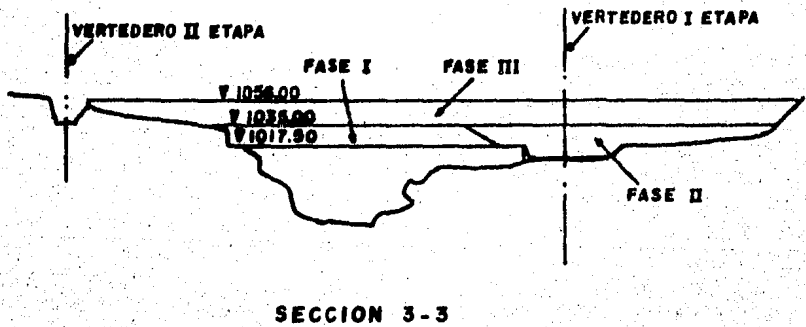
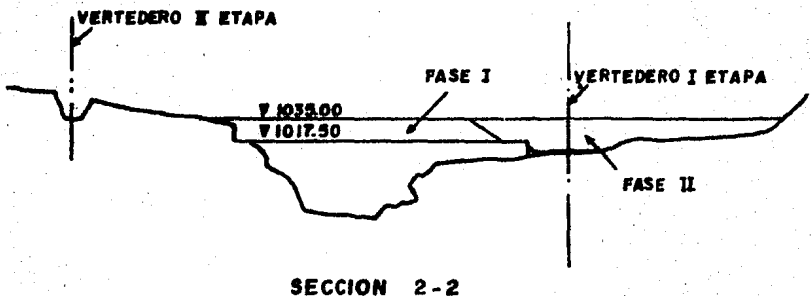
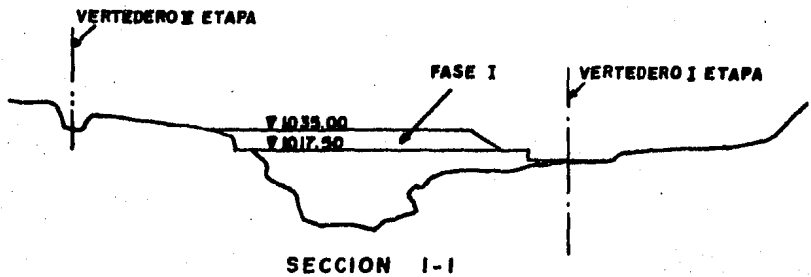
VOLUMEN PEDRAPLEN

...CONTINUA TABLA No. 6

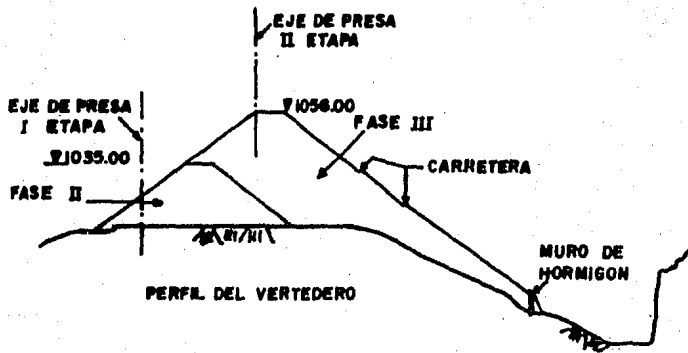
COTAS	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	VOLUMENES TOTALES ENTRE COTAS
1056	----- ----- 67,815 <u>67,815</u>	----- ----- 356,695 <u>356,695</u>	----- ----- 73,727 <u>73,727</u>	----- ----- ----- -----	----- ----- 498,237 <u>498,237</u>
1035	5,017 2,245 ----- <u>7,262</u>	45,364 9,473 ----- <u>84,352</u>	26,846 ----- 36,749 <u>63,595</u>	----- ----- ----- -----	77,227 11,718 ----- <u>155,209</u>
1030	12,678 2,245 ----- <u>14,923</u>	118,056 18,721 ----- <u>136,777</u>	105,897 2,469 29,900 <u>138,266</u>	----- ----- ----- -----	236,631 23,435 29,900 <u>289,966</u>
1018	----- ----- ----- -----	129,866 22,635 ----- <u>152,501</u>	222,163 ----- 45,500 <u>267,663</u>	----- ----- ----- -----	352,019 22,635 45,500 <u>420,164</u>
1000	----- ----- ----- -----	61,221 ----- ----- <u>61,221</u>	195,016 ----- ----- <u>195,016</u>	----- ----- ----- -----	256,237 ----- ----- <u>256,237</u>
980	----- ----- ----- -----	18,454 ----- ----- <u>18,454</u>	96,733 ----- ----- <u>96,733</u>	----- ----- ----- -----	115,187 ----- ----- <u>115,187</u>
965	----- ----- ----- -----	----- ----- ----- -----	----- ----- ----- -----	25,000 ----- ----- <u>25,000</u>	25,000 ----- ----- <u>25,000</u>
VOLUMENES TOTALES POR ZONA	17,695 4,490 67,815 <u>20,000</u>	372,961 50,829 386,210 <u>810,000</u>	646,655 2,469 185,876 <u>835,000</u>	25,000 ----- ----- <u>25,000</u>	1,062,311 57,788 639,901 <u>1,760,000</u>



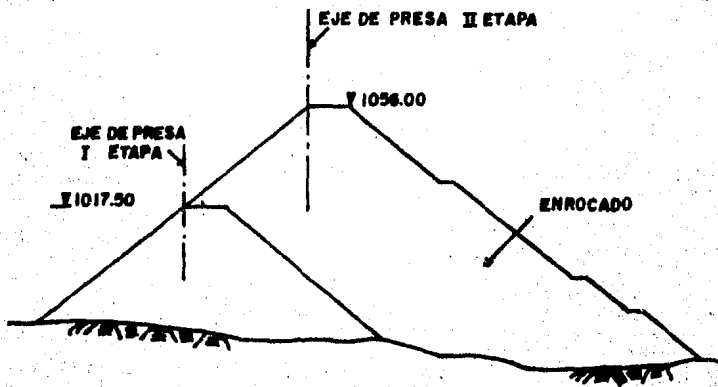
(FIGURA 5)



(FIGURA 6)



SECCION 4 - 4



SECCION 5 - 5

(FIGURA 7)

b) De elevación 980 a elevación 1018

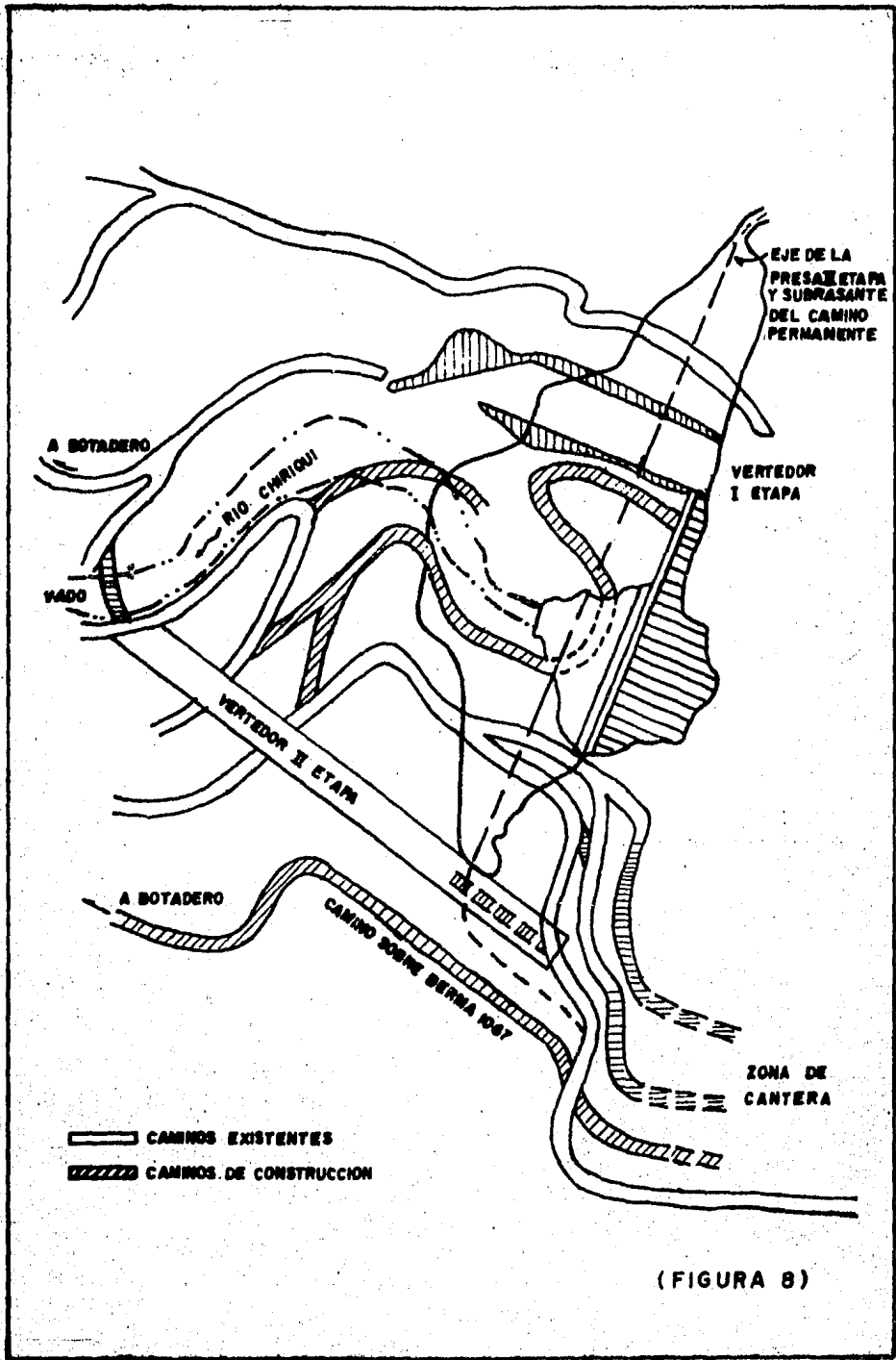
Durante la ejecución de esta etapa, se construirá un acceso que saldrá de la plataforma que se encuentra en la zona de cortina, margen derecha, aguas abajo; éste llegará, en corte hasta la elevación 1000, continuándolo con una rampa hasta llegar a la elevación 980. La liga de este camino nos será útil para la colocación de los materiales utilizables que vienen de otras excavaciones como son las del vertedero y túnel de desvío, (ver figura 8)

El volumen faltante para terminar esta etapa se acarreará de la cantera y entrará por el camino que se construyó en la plataforma y que nos comunica a la elevación 980. Al terminar esta etapa se tendrá rellena la parte izquierda de la nueva presa hasta la altura de la corona de la presa ya construída. Al inicio de esta etapa se iniciarán las actividades de colocación de la Instrumentación en su etapa II.

c) De elevación 1018 a elevación 1035

Para la ejecución de esta última etapa en esta fase se colocará el material para el camino ya existente y que va de la cantera a la cresta de la presa etapa I. Este camino se modificará conforme se vaya elevando el pedraplén de la presa.





(FIGURA 8)

En esta fase se inicia la colocación del material de Zona 1 por lo que se iniciarán también, los acarreos de la trituradora a la presa y se continuarán los trabajos de colocación de la instrumentación. Con esto se da por terminada la primera fase de la formación del pedraplén.

Terminada la primera fase se procederá a la construcción de la fase 2, la cual deberá tener una duración máxima de un mes, en el más seco posible pues corresponde a el cierre del vertedor existente, para este momento deberá estar completo el túnel de desvío superior pues es la única salida que tendrá el agua hasta no terminar el nuevo vertedor sobre la márgen izquierda.

Todo el material que se utilizará provendrá de la cantera para las Zonas 2 y 3 y para la Zona 1 pasará primero por la planta de trituración.

Con esto deberemos de haber alcanzado el nivel 1035 a todo lo largo del eje de la presa, faltando solamente el relleno de la parte baja del antiguo vertedor que será completado en la fase 3.

Para el inicio de la fase 3 se estará colocando material en dos zonas, uno sobre la plataforma de la elevación, 1035 y la otra en el desplante de la márgen derecha (elevación 970), esto será hasta que se nivele todo el pedraplén y así poder llegar con el enrocamiento a sus cota final (1056) con una sola capa.

Los acarreo y rampas se irán cambiando de nivel - conforme la presa vaya avanzando hasta llegar a la altura de corona que nos indican los planos.

### 3.2.4. Compactación

Si entendemos por compactación: el mejoramiento de - las propiedades mecánicas de un suelo por medios artificiales aumentando con esto la resistencia al esfuerzo cortante y - disminuyendo su capacidad de deformación podemos darnos - cuenta de la importancia que adquiere una buena compactación en la formación del enrocamiento de una presa. La resistencia al esfuerzo cortante de una masa de suelo friccionante - depende de las siguientes características:

- Compacidad
- Forma de los granos
- Distribución granulométrica
- Resistencia individual de las partículas
- Tamaño de las partículas

Con respecto a estas cinco características podemos decir que al aumentar la compacidad aumenta la densidad del suelo disminuyendo la relación de vacíos; la forma de los granos, también es importante pues si se tienen caras angulosas aumenta la "trabazón" entre ellos; la distribución -

granulométrica en este caso es favorecida por un lado al ser compactado con rodillo vibratorio en capas del espesor adecuado y por otro evitando el contenido de finos que acarrearía una presión de poro desfavorable que en algún momento podría hacer que se presentase un flujo turbulento entre las partículas; la resistencia individual de las partículas no es de mayor importancia pues a menos que el material esté muy alterado siempre presentará mayor resistencia una partícula que la masa de suelo a la que pertenece; y por último el tamaño de las partículas, en este caso se favorece con el tamaño relativamente grande (76 cm) que permite una mejor transmisión de el esfuerzo de compactación a través del espesor de toda la capa.

En las especificaciones se menciona lo siguiente:

... La compactación de los pedraplenes deberá efectuarse por medio de compactadores vibratorios con un peso estático total de no menos de 20,000 libras (9.080 Kg) con por lo menos el 90 por ciento del peso transmitido al suelo a través de un solo rodillo liso de acero cuando la máquina esté parada en una posición nivelada y enganchada al vehículo de remolque.

El diámetro del rodillo deberá ser entre 1.52 y 1.67 metros y el ancho entre 1.82 y 1.97 metros. El rodillo deberá estar equipado con dispositivos de limpieza adecuados para

que se mantenga libre de la acumulación de material. La frecuencia de vibración durante el funcionamiento deberá ser - entre 1,100 y 1,500 r.p.m., y la fuerza dinámica no deberá ser menor de 40 000 libras (18,160 Kg) a 1 400 r.p.m.

El rodillo deberá remolcarse a velocidades que no - excedan los 5 Km/hr, mediante un Tractor Oruga que tenga una barra de tracción en una potencia indicada mínima de 50 HP.

El material para cada zona deberá colocarse y compac - tarse en capas horizontales que no excedan los espesores que se dan a continuación:

Zona 1 .....	0.5 metros
Zona 2 .....	1.0 metros
Zona 3 y 4 .....	2.0 metros

Cada una de las capas del enrocamiento deberá compac - tarse mediante el número de pasadas del rodillo vibratorio - especificado, que se indican a continuación:

Zonas 1 y 2 .....	Un mínimo de 4 pasadas
Zonas 3 y 4 .....	Un mínimo de 6 pasadas

Además de lo antedicho, la superficie del talud de la Zona 1 deberá compactarse mediante 6 pasadas ascendentes del rodillo vibratorio en una dirección hacia arriba y hacia abajo del talud con el vibrador funcionando solamente durante las pasadas ascendentes del rodillo. La superficie del talud de la Zona 1 podrá compactarse en incrementos de 9 m de cambio de elevación. Las dos primeras pasadas deberá efectuarse con la mitad de la vibración normal.

Una pasada del rodillo vibratorio se define como el número de viajes sucesivos que, por medio de suficientes traslapes pueda asegurar que el rodillo ha pasado sobre la capa o superficie en su totalidad.

A manera de ejemplo de la secuencia seguida para el cálculo del costo de la obra se mostrarán los costos relativos a la carga y acarreo de material para Zonas 2 y 3, así como su tendido y compactación. Estos costos se separarán en sus volúmenes correspondientes para pasar a unirse a los costos comunes que integrarán al final el costo total para enrocado de presa Zonas 2 y 3, como los ha clasificado el Cliente en la Lista de Cantidades y Precios.

+ Carga y acarreo de material para Zonas 2 y 3

$$\begin{array}{rcl}
 810\ 000\ m^3_c/1.3 & = & 623,077\ m^3_b \\
 835\ 000\ m^3_c/1.3 & = & \underline{642\ 308\ m^3_b} \\
 & & 1'265\ 385\ m^3_b
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 - 1'265\ 385\ m^3_b & & \\
 \underline{167\ 250\ m^3_b} & \text{(otras fuentes)} & \\
 1'098,135\ m^3_b & &
 \end{array}$$

Este volumen será el que tendrá que cargarse y acarrear de la cantera a su colocación en la presa.

Para su carga se calculó un rendimiento teórico para cargar roca en cantera de  $186.75\ m^3_b/hr$  para un Cargador sobre neumáticos CAT-988:

$$\frac{1'098\ 135\ m^3}{186.75\ m^3/hr} = 5\ 880\ hrs.$$

Y para su transporte al sitio de colocación se tomó una distancia promedio entre centros de gravedad de 650 m ; suponiendo una velocidad de 15 Km/hr para el trayecto entre la cantera y la presa cuando la volqueta va cargada y de 20 Km/hr en el camino de regreso para una volqueta marca Terex Modelo R-35 se calculó el siguiente rendimiento:

Ciclo:

Tiempo de carga .....	$\frac{11.77 \times 60}{186.75}$	=	3.78 min.
Acarreo cargada .....	$\frac{0.65 \times 60}{15}$	=	2.60 min.
Acarreo descarga .....	$\frac{0.65 \times 60}{20}$	=	1.95 min.
Descarga + Maniobras .....		=	<u>2.50 min.</u>
			10.83 min/ciclo

$$\frac{60 \text{ min/hr.}}{10.83 \text{ min/ciclo}} \times 11.77 \text{ m}^3\text{/hr} = 65.2 \text{ m}^3\text{/hr.}$$

$$\frac{1'098 \text{ 135 m}^3}{65.2 \text{ m}^3\text{/hr.}} = 16 \text{ 843 hrs.}$$

La valoración de esta actividad incluyendo la mano - de obra necesaria se muestran en la siguiente hoja notando que nos costará 1.22 U.S. cada metro cúbico que llevemos de la cantera a la presa.

+ Tendido y compactación Zonas 2 y 3

Zona 2	=	810 000 m <sup>3</sup> c
Zona 3	=	<u>835 000 m<sup>3</sup>c</u>
		1'645,000 m <sup>3</sup> c



11 COSTO BASICO 032.MA.01

ACARREO MATERIAL PRESA ZNS. 2 Y 3

VOL 1098135.000 M3B

INICIO DIA 105

FIN DIA 500

MANO DE OBRA		CANTIDAD	JORNAL	COSTO UNITARIO		I M P O R T E		EQUIVALENTE
NR	DESCRIPCION			\$/LOC	\$/ US	\$/LOC	\$/ US	
22	CABO "A"	2.00	4.00	30.88	0.0	61.76	0.0	61.76
23	OP. CARGADOR DE 1A	4.00	4.00	26.66	0.0	106.64	0.0	106.64
28	OP. CAMION TEREX	12.00	4.00	26.66	0.0	319.92	0.0	319.92
14	PEON	8.00	4.00	16.11	0.0	128.88	0.0	128.88
IMPORTE / DIA :						617.20	0.0	617.20
SUMAS PARCIALES ( 397. DIAS) :						245028.40	0.0	245028.40

EQUIPO		HRS TRAB	NO.UN.	COSTO UNITARIO		I M P O R T E		EQUIVALENTE
NR	DESCRIPCION			\$/LOC	\$/ US	\$/LOC	\$/ US	
M 35	CAT 988B CARGADOR FRONTL	5880.00	2.00	25.67	40.48	150939.60	238022.40	388962.00
M 44	TEREX R35 VOLTEO PESADO	16843.00	6.00	18.16	23.87	305868.88	402042.41	707911.29
SUMAS PARCIALES						456808.48	640064.81	1096873.29
TOTAL COSTO BASICO						701836.88	640064.81	1341901.69
COSTO BASICO 11 = TOTAL COSTO BASICO / VOL						0.64	0.58	1.22

El tendido del material se hará con un Tractor CAT-D8 con un rendimiento esperado de  $360 \text{ m}^3/\text{hr}$ .

$$\frac{1'645,000 \text{ m}^3}{360 \text{ m}^3/\text{hr}} = 4\,569 \text{ hrs.}$$

Y para la compactación se usará un Compactador Vibratorio Dynapac Modelo CA-25D o similar que cumpla con las características anteriormente.

Para este trabajo se calcularon los siguientes rendimientos:

- Compactación Zona 3 con  $e = 2\text{m}$ ; No. pasadas = 6

$$R = \frac{1.73 \text{ m} \times 4 \text{ Km/hr} \times 200 \text{ cm} \times 10 \times 0.7}{6 \text{ Pasadas}} = 1\,614 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

- Compactación Zona 2 con  $e = 1\text{m}$ ; No. pasadas = 4

$$R = \frac{1.73 \times 4 \text{ Km/hr} \times 100 \text{ cm} \times 10 \times 0.7}{4 \text{ Pasadas}} = 1\,211 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

- Zona 2:  $\frac{810\,000 \text{ m}^3}{1\,211 \text{ m}^3/\text{hr}} = 669 \text{ hrs.}$

- Zona 3:  $\frac{835\,000 \text{ m}^3}{1\,614 \text{ m}^3/\text{hr}} = 517 \text{ hrs.}$

1 186 hrs. (Ver hoja siguiente)

14 COSTO BASICO 032.MA.13

TENDIDO Y COMPACT.ZMS.2 Y 3 PRESA

VOL 1645000.000 MSC

INICIO DIA 208

FIN DIA 50

MANO DE OBRA		CANTIDAD	JORNAL	COSTO UNITARIO		IMPORTE		EQUIVALENTE
NR	DESCRIPCION			\$LOC	\$ US	\$LOC	\$ US	
24	OP. TRACTOR DE 1A	2.56	4.00	30.88	0.0	79.05	0.0	79.05
27	OP. COMPACTADOR	0.68	4.00	22.77	0.0	15.48	0.0	15.48
13	AYUDANTE	4.00	4.00	16.11	0.0	64.44	0.0	64.44
19	PEON	6.00	4.00	16.11	0.0	96.66	0.0	96.66
22	CABO "A"	2.00	4.00	30.88	0.0	61.76	0.0	61.76
IMPORTE / DIA :						317.40	0.0	317.40
SUMAS PARCIALES ( 294. DIAS):						93314.54	0.0	93314.54

EQUIPO		HRŞ TRAB	NO.UN.	COSTO UNITARIO		IMPORTE		EQUIVALENTE
NR	DESCRIPCION			\$LOC	\$ US	\$LOC	\$ US	
L 12	CAT D8 TRACTOR/O S/R	4569.00	1.28	19.16	24.75	87542.04	113082.75	208624.79
M 62	COMPACTADOR 10 TON LISO	1186.00	0.34	7.59	12.19	9001.74	14457.34	23459.88
SUMAS PARCIALES						96543.78	127540.09	224083.87
TOTAL COSTO BASICO						189858.32	127540.09	317398.41
COSTO BASICO 14 = TOTAL COSTO BASICO / VOL						0.12	0.08	0.19

### 3.2.5. Instrumentación

El objetivo fundamental de un sistema de instrumentación y del programa de observaciones es conocer confiable y cuantitativamente el comportamiento de la estructura durante su construcción, su vida útil o cuando se presenta un evento adverso o la misma.

La información obtenida permitirá comprobar si el comportamiento de la estructura, estimado en el diseño, es el que ocurre y que durante la etapa de construcción se alcance la calidad supuesta en el mismo. Cuando alguna de las condiciones anteriores no se satisface, la información obtenida con la instrumentación ayuda a fundamentar las medidas correctivas necesarias.

Los objetivos específicos del sistema de instrumentación de la obra se han definido en función de las condiciones geotécnicas y sísmicas del sitio, así como de las características del relleno de la presa; estos objetivos se alcanzan cuando se conocen las deformaciones y esfuerzos que más directamente afectan a la estructura. Generalmente se realizan las mediciones de deformaciones y esfuerzos y de su evolución con el tiempo, en los puntos y direcciones más significativas.

Los instrumentos de medición utilizados, en general, se basan en los principios de física y pueden ser: mecánicos, ópticos, acústicos y térmicos.

Los elementos esenciales de cualquier sistema de medición son: sensor, transmisor, amplificador y captador de señal. Cualquiera que sea el arreglo de los elementos del sistema de medición, su funcionamiento es similar: el sensor capta los cambios de longitud, de esfuerzos, de temperatura, etc., que experimenta una roca o estructura, su mecanismo básico los transforma en cambios de una propiedad física; a su vez el transmisor se encarga de recibir estos cambios del sensor y llevarlos al amplificador, sin inducirles ningún cambio. El amplificador aumenta la magnitud de la variable física, para facilitar que el captador de señales la mida con precisión. En algunos instrumentos no se requiere amplificador, porque la salida del sensor es suficiente para que el captador de señal la pueda medir.

El sistema de instrumentación de esta presa consistirá en un sistema de monumentos de asentamiento y alineamiento, un sistema hidráulico de indicadores de asentamiento empotrados y colocados desde pozos de lectura de concreto armado, un sistema de acelerógrafos para mediciones sísmicas y tubos para recoger las filtraciones al pie de la cara aguas abajo

de la presa, así como la extensión de conductores desde los -  
indicadores existentes hasta las nuevas casetas de lectura.  
Dado que este trabajo es altamente especializado se ha decidi  
do subcontratarlo, para lo cual se hicieron algunas cotizacio  
nes con otras empresas. Comparando sus precios se decidió -  
optar por la cotización hecha por Geosistemas, S.A., compañía  
mexicana que ofreció el mejor precio para el suministro de -  
todos los equipos y materiales que forman parte integrante de  
de la instrumentación de la presa.

Dado que el cliente, en su lista de cantidades y - -  
precios, ha establecido un ítem o concepto para cada uno de  
los sistemas mencionados, no se tendrá que incluir este costo  
en otros ítems sino en el ítem del sistema correspondiente.

IV CONCRETOS Y  
OBRAS SUBTERRANEAS

## 4.1 CONCRETOS

### 4.1.1. Generalidades

Para efectuar la planeación del proceso constructivo en las obras de concreto del Proyecto Fortuna, se tuvieron en cuenta algunos aspectos que en forma general se han considerado para otros concursos de tipo similar. Al seleccionar los componentes de un sistema de construcción en la actividad de concretos existen diversos puntos de partida, cuya adecuada estimación es fundamental para lograr optimizar los recursos de que se dispone con el fin de llegar a un precio equilibrado y, a la vez, competitivo. Para ello es indispensable contar primero con suficiente información por parte del cliente (dueño de la obra) ya que con ello podremos analizar la obra con mayor confianza.

En primer término, para el caso que ocupa la actividad de concretos en el proyecto tema de esta Tesis, se estudiaron la lista de cantidades de obra y el programa de construcción propuestos por el cliente. Posteriormente se leyeron las especificaciones técnicas referentes a los concretos y también a los demás conceptos relacionados, con el fin de hacer una determinación preliminar de un sistema de construcción que cumpliera con los requerimientos del cliente.



Si en la construcción de un proyecto se requiere la colocación de grandes cantidades de concreto, el concepto del sistema a seleccionarse deberá ser el de reducir costos en base a la disminución de la mano de obra utilizando equipo; si por el contrario las cantidades de concreto a colocar son pequeñas, el concepto del sistema deberá ser el de reducir costos en base a una disminución de equipo, utilizando para ello más mano de obra. Cuando los costos, tanto de mano de obra como de equipo, están balanceados adecuadamente, el resultado se refleja en un costo total de la actividad bajo (óptimo).

Antes de comenzar con los análisis referentes a cada ítem de concretos del Proyecto, se hizo una selección tentativa del equipo y plantas a utilizarse para poder cumplir con el programa de producción, es decir, se compararon las capacidades del equipo y las plantas contra las capacidades requeridas por el cliente dentro de su programa; además de ello se hizo una estimación para determinar las instalaciones complementarias a suministrarse. Para poder tener un criterio de selección realista se hacen necesarios estudios básicos que se complementan con las experiencias obtenidas de otros cursos. Dichos estudios son la última etapa anterior al análisis de los ítems, para determinar su costo, y en el caso de este proyecto fueron:

- Cubicación de cada estructura para conocer y compa

rar la cantidad de concreto en  $M^3$ , de cimbra en  $M^2$ , de acero de refuerzo en Kg. o Ton., con la lista de cantidades del -- cliente.

- Programación de cada actividad tomando como base - el programa de construcción propuesto por el cliente.

- Obtención del número aproximado de equipos y plantas dividiendo la capacidad de producción (de dichos equipos y plantas supuestos) entre el máximo valor estimado de concreto -- dentro del programa del cliente.

Cabe hacer notar que, también, el criterio de selección de las unidades que intervendrán en la planeación de un proceso constructivo tiene en ocasiones ciertas limitantes; éstas pueden provenir tanto de los requerimientos del cliente como de la situación propia de la empresa, dado que a veces es necesario adecuar los recursos disponibles tanto de mano de obra, materiales y equipo, no siendo éstos ideales para la realización de una obra. El siguiente inciso refiere una breve descripción de procedimientos, materiales y equipos, -- tal y como se señalaron en las especificaciones técnicas del proyecto Fortuna, las cuales marcan la pauta a seguir al -- momento de evaluar la oferta que se ha de presentar para el concurso.

4.1.2. Breve descripción de procedimientos, materiales y -- equipos considerados en las especificaciones.

Dentro de los lineamientos generales marcados en las especificaciones técnicas existen algunos que describen tanto los materiales como los equipos que deberán utilizarse en los distintos ítems. Las descripciones pueden referirse desde la fabricación hasta el uso o aplicación, ya sea de materiales o equipo, aunque no siempre señalan una característica determinada a una marca. Por ejemplo, si hablamos de un material - como el cemento, éste se especifica como "Cemento Portland - Tipo I, en sacos o a granel, según la norma ASTM C150 o equivalente", sin determinar una marca o fábrica específica. En cuanto al equipo podemos citar, por ejemplo, a un Compresor - 750 PCM (pies cúbicos por minuto) eléctrico, sin determinar - también fabrica o marca específica.

En la actividad de concretos existen materiales y - equipos cuyo uso es común a varios ítems, es decir a varias - estructuras. Esto hace que a la hora de analizar la actividad ésta sea más fácil de evaluar en su conjunto y no desglosando ítem por ítem (o estructura por estructura) a cada material, mano de obra y equipo que incluyan. Lo anterior depende de - la cantidad de  $M^3$  de concreto, el tipo de estructuras y las especificaciones que el cliente requiera, por lo que también

no siempre es posible llevar a cabo análisis o evaluaciones en conjunto.

Para el caso del Proyecto Fortuna, se simplificó el trabajo de análisis debido a que el Cemento Portland Tipo I y el Acero de Refuerzo estaban cuantificados por separado al concreto en cada estructura; esto se conjugó al hecho de que la mayoría de las estructuras requerían de un concreto de  $210 \text{ Kg/cm}^2$  y a que su colocación no difería mucho en cuanto a equipo y mano de obra, por lo que se analizó a la actividad en su conjunto como veremos posteriormente.

A continuación se describen los materiales (y algunos equipos) en forma resumida, tal y como se presentaron en las especificaciones técnicas proporcionadas por el cliente, que también incluyen ciertos procedimientos sugeridos o requeridos.

a) Cimbras o encofrados

Cimbrado de madera. Para el entablado o revestimiento del cimbrado deberá utilizarse madera laminada, excepto donde se indique otra cosa. Deberá ser de tal calidad y clase que no produzca decoloramiento o deterioro químico de las superficies de concreto cimbradas. La madera laminada para las superficies de cimbrado deberá ser impermeable, indeformable, no arrugable, para cimbrado de concreto, fabricado con

cola a prueba de agua. Hasta donde sea práctico, las hojas de madera laminada deberán ser de anchos y largos uniformes, (Triplay o Plywood).

- Cimbrados de acero. El revestimiento para cimbrado de acero deberá ser chapa de acero no menor de 5 mm (3/16") de espesor. Todas las cabezas de pernos y remaches deberán embutirse. Las abrazaderas, clavijas u otros dispositivos de conexión deberán diseñarse para sujetar el cimbrado rígidamente y para que permitan la remoción del mismo sin dañar el concreto.

- Cimbrado para revestimiento del túnel. El cimbrado para revestimiento del túnel arriba de la solera o plantilla deberá ser de tal longitud que cada colocación de concreto pueda terminarse sin juntas frías. Dicho revestimiento se hará solo en las partes donde se requiera a juicio del Ingeniero (encargado de la supervisión). El cimbrado podrá ser metálico o de madera (chapas de acero, triplay o madera de primera).

- Cimbrado para la pantalla de la presa. El concreto deberá mantenerse en posición para vibrarse y moldearse al plano requerido mediante un molde deslizante contrapesado -- movedido con cara de contacto de acero y sin vibrador, de

profundidad y ancho adecuado. Dicho molde deberá desplazarse continuamente a un ritmo constante y uniforme.

El desplazamiento deberá ajustarse al ritmo de colocación del concreto.

#### b) Juntas de Construcción y Contracción

Las superficies de concreto sobre o contra las cuales se deba colocar concreto y a las cuales deba adherirse nuevo concreto, que se hayan endurecido tanto que el nuevo concreto no pueda incorporarse íntegramente al concreto colocado anteriormente, se definen como juntas de construcción. Las superficies de concreto sobre o contra las cuales se deba colocar concreto pero a las cuales no deba adherirse nuevo concreto -- se definen como juntas de contracción. Podrán requerirse -- tapajuntas en ambos tipos de juntas. Dichos tapajuntas serán plásticos (cloruro de polivinil (PVC) y deberán ser extruidos de un compuesto elastomérico plástico, cuya resina básica -- deberá ser PVC.

Donde lo indiquen los planos se utilizarán rellenos premoldeados para juntas los cuales se colocarán de tal forma que cubran toda la superficie en las juntas y encajen alrededor de las aberturas. También donde los planos lo indiquen, se deberá -- utilizar sellador de juntas, de un material llamado relleno -- para juntas "Igas Joint Filler", producto de la Sika Chemical Corp., o un producto equivalente. El material se colocará -- según las instrucciones del fabricante.

c) Refuerzos para el concreto

Las barras de refuerzo deberán conformarse a la norma ASTM A615, Grado 40, o equivalente.

La malla de alambre soldado deberá conformarse a la norma ASTM A185, tipo 4 X 4 - 3/8 o equivalente.

Las barras de acero para refuerzo y la malla de alambre soldado deberán colocarse y empotrarse en el concreto, donde se indique en los planos o donde se ordene hacerlo. Antes de colocar las barras de refuerzo, las superficies de las barras deberán limpiarse de toda escoria suelta de fábrica, suciedad, grasa, escamas de herrumbre gruesas que puedan removerse frotando firmemente, u otras sustancias extrañas que pudieran interferir con la perfecta adherencia del concreto.

d) Concreto vaciado en sitio

El trabajo de construcción del concreto consiste en suministrar todos los materiales, mano de obra y equipos y realizar todas las operaciones de la fabricación, transporte, cimbrado, colocación, acabado y curado del concreto necesarios para la terminación de los trabajos.

La planta de concreto del Contratista y los métodos de producción y manipulación de agregados, deberán estar conforme a la información y datos presentados en la propuesta, a no ser que la supervisión lo apruebe específicamente de otra manera.

El concreto deberá estar compuesto de Cemento Portland, agua, agregado fino y grueso, y aditivos, todos bien mezclados - - hasta alcanzar la consistencia adecuada. Dependiendo de la estructura, se requieren concretos de las siguientes resisten cias mínimas a la compresión a los veintiocho (28) días:

280 Kg/cm<sup>2</sup>

210 Kg/cm<sup>2</sup>

175 Kg/cm<sup>2</sup>

140 Kg/cm<sup>2</sup>

A continuación se describen las características principales - de los materiales arriba mencionados, de acuerdo con las espe cificaciones:

+ Cemento. Deberá ser Cemento Portland Tipo I, conforme a la norma ASTM C150 o equivalente.

+ Agregados en polvo (Aditivos). Para todos los -- concretos se exige un agregado en polvo reductor de agua de - la Sika Chemical Corp., de la W.R. Grace and Co., de la Master Builders Co., o uno equivalente. Dicho agregado reductor no deberá contener cloruro de calcio.

También se deberá utilizar, para todos los concretos, aditivos arrastradores de aire y deberá ser Darex AEA, Sika AER, o MBVR, como lo fabrican las compañías anteriormente mencionadas.



+ Agua. El agua para mezclar y curar el concreto - deberá estar libre de aguas servidas, aceites, ácidos, álca - lis y sales; así mismo deberá estar libre de cantidades obje - tables de sedimentos, materias orgánicas y otras sustancias nocivas.

+ Arena. La arena deberá obtenerse de las excávacio - nes en roca, necesarias para la obra o de canteras vecinas a la misma, o de fuentes combinadas a opción del Contratista. El término "arena" designa un agregado en el que el tamaño máximo de las partículas es de 3/16" (4.8 mm).

La arena deberá consistir en fragmentos de roca duros, densos, durables y limpios de sustancias extrañas. La arena para mezcla deberá ser bien graduada y, cuando sea probada en los tamices normales, deberá conformarse a los siguientes -- límites:

No. de Tamiz Malla Cuadrada U.S. Standard	% que pasa
3/8	100
4	95 - 100
8	80 - 100
16	50 - 85
30	25 - 60
50	10 - 30
100	2 - 10

+ Agregado Grueso. Deberá obtenerse, al igual que la arena, de las excavaciones en roca necesarias para la obra o de canteras vecinas a la misma, o de fuentes combinadas a opción del Contratista. El término "agregado grueso" designa al agregado que está graduado entre 3/16 de pulgada y 1 1/2 pulgadas, o cualquier otro tamaño o gama dentro de estos límites. El agregado grueso consistirá de fragmentos de roca dura, densa, durable y libre de impurezas. El agregado grueso deberá separarse en tamaño nominales y deberá graduarse como se enuncia a continuación:

Tamaño Nominal	Gama	Tamaño Normal	Porcentaje Mínimo Retenido en los Tamices Indicados
3/4 de pulgada	No. 4 a	3/4 de pulg.	50% sobre 3/8 p.
1 1/2 de pulgada	3/4 a	1 1/2 de pulg.	25% sobre 1 1/4 p.

Existen, además de las características de los materiales que involucran al concreto vaciado en sitio, actividades y requerimientos adicionales a éste que dan la pauta a seguir en la planeación del proceso constructivo. A continuación se señalan, en forma resumida, dichas actividades y requerimientos, como se indican dentro de las especificaciones técnicas.

### Dosificación

Generalidades. El equipo de dosificación deberá ser

suministrado, mantenido y operado como sea necesario para - determinar y controlar con exactitud la cantidad de cada ingrediente separado que se agregue al concreto. Las cantidades - de cemento suelto, arena y cada tamaño de agregado grueso que se agreguen a cada colada de concreto serán determinadas por peso, y la cantidad de agua se determinará por peso y volumen.

Cuando se use cemento en sacos, la proporción de concreto se calculará en base a los sacos enteros de cemento, a menos que el cemento sea pesado. Cuando el cemento suelto y el agregado sean transportados desde una planta central de dosificación al sitio de las mezcladoras, el cemento para cada colada será colocado en compartimiento hermético individual, lo que evitará que durante el transporte, el cemento se mezcle con los agregados, se pierda o se envuelva completamente y se cubra con los agregados al cargar el cemento y los agregados para cada colada simultáneamente en el compartimiento de la colada. Cada compartimiento de colada tendrá la capacidad suficiente para evitar pérdidas durante el transporte y para evitar que las coladas se derramen o se mezclen al vaciar los compartimientos. Las coladas deberán estar cubiertas durante el transporte para evitar cambios en el contenido de humedad.

Si el cemento se viera envuelto en agregados que contengan humedad, y llegarán a ocurrir demoras entre el llenado

y el vaciado de los compartimientos, deberá usarse una cantidad extra de cemento que será agregada a cada colada de acuerdo con las siguientes proporciones:

<u>Horas de Contacto del Cemento y el Agregado Mojado</u>	<u>Cemento Adicional Requerido</u>
0-2	0%
2-3	5%
Más de 3	Se rechazará la colada

Equipo. El equipo de dosificación deberá satisfacer los requisitos de las Normas de las Mezcladoras de Plantas de Concreto, de la División de Fabricantes de Mezcladoras para Plantas de la Oficina de Fabricantes de Plantas de Concreto, Silver Spring, Maryland. El equipo deberá ser capaz de ajuste rápido para compensar la variación de peso de la humedad contenida en los agregados y para efectuar cambios en las proporciones de la mezcla de concreto. El equipo de dosificación será construido y operado de modo tal que las inexactitudes combinadas al alimentar y medir los materiales no exceda del 1 por ciento para agua, 1-1/2 por ciento para el cemento pesado, 2 por ciento para cada tamaño de agregado y 3 por ciento para los aditivos. El cemento suelto deberá ser pesado en una tolva individual y deberá ser mantenido separado de los agregados hasta que los ingredientes de la colada sean

vertidos de la tolva de dosificación. La tolva del cemento - podrá estar unida a una balanza separada para pesar en forma individual, o podrá estar unida a la balanza para el agregado para pesada acumulativa. Si los materiales se pesan acumulativamente en balanza de cuadrante, el cemento deberá pesarse antes que los otros ingredientes. Si los materiales se pesan acumulativamente en básculas de balancín se deberá suministrar un brazo separado para pesar cada material. El equipo de -- pesar y el dispositivo para medir el agua deberán estar bien a la vista del operador.

#### Mezclado y transporte

Las mezcladoras serán operadas a la velocidad indicada en la placa de identificación y no deberán cargarse excesivamente por encima de la capacidad recomendada por el fabricante. El tiempo de mezclado será el necesario para obtener la uniformidad de composición y consistencia requeridas, sin embargo, cuando todos los materiales sólidos estén en el tambor mezclador y toda el agua de mezcla se haya colocado, antes que un cuarto del tiempo de mezcla haya pasado, el tiempo mínimo de mezcla para cada colada será el siguiente:

<u>Capacidad de la Mezcladora</u>	<u>Tiempo Mfimo de Mezcla</u>
Menos de 1.5 m <sup>3</sup>	1 Minuto
1.5 - 2.3 m <sup>3</sup>	1 1/2 Minutos
3 m <sup>3</sup>	2 Minutos
Más de 3 m <sup>3</sup>	*

- \* El tiempo será determinado por - el Ingeniero Supervisor por medio de ensayos realizados de acuerdo con el Manual de Concreto de la Oficina de Recuperación de Tierras de los EE.UU. de América.

Las mezcladoras, en plantas centralizadas de mezclado y dosificación se dispondrán de modo tal que la operación de mezclado pueda ser observada desde una posición conveniente - al puesto del operador de la planta. Cada mezcladora estará equipada con un aparato mecánico señalador y un cronómetro, - que indicarán y asegurarán el cumplimiento del tiempo requerido para la mezcla y contarán las coladas.

#### Temperatura del Concreto:

La temperatura del concreto al colocarse no deberá - exceder 25°C (90°F). Para controlar la temperatura de colocación del concreto, el Contratista deberá almacenar a la - sombra las reservas de agregados y los recipientes de acero.

que contienen agregados. Deberá usar agua enfriada para la mezcla y tomará cualquier otra medida necesaria para lograr la temperatura especificada.

No se permitirá la colocación del concreto cuando, a juicio del Ingeniero las condiciones meteorológicas imposibiliten una colocación y/o consolidación adecuadas. Se confirmará al Ingeniero de la colocación del concreto con varias horas de anticipación. Inmediatamente antes de colocar el concreto, todas las superficies de cimientos sobre las cuales o contra las cuales se vaya a colocar el concreto deberán estar libres de aguas estancadas, barro y desperdicios.

Todas las superficies de la roca sobre o contra las cuales se colocará el concreto, deberán, además de los requisitos, estar limpias y libres de aceites, de cualquier recubrimiento indeseable y fragmentos sueltos o semisueltos, incluso torceto suelto o defectuoso.

El piso del túnel, excepto los pisos de roca, deberá estar libre de aguas estancadas, barro, desperdicios y toda otra materia que haya sido perturbada al realizar las excavaciones para el túnel.

A excepción del concreto en las paredes y bóvedas del túnel, el diseño de la mezcla de concreto no se alterará por ser colocado por tuberías o banda transportadora.

En el mismo caso, las proporciones de la mezcla de arena y agregado grueso se podrán alterar para aumentar la capacidad

de bombeo, previa aprobación del Ingeniero.

El concreto no se deberá bombear en tuberías de aluminio. A excepción del piso del túnel, las superficies de las fundaciones horizontales o semihorizontales a las cuales el concreto será adherido y las superficies de las juntas de construcción, a menos que se indique lo contrario en el cimbrado, serán -- cubiertas con varios centímetros de espesor de una mezcla con mucha arena, agregado de un tamaño máximo de 3/4 pulgada y una relación neta máxima de agua/cemento de 0.47, con un 6% de aire arrastrado y un asentamiento máximo de 12.5 cm (5"), o menos.

El concreto no será reemplado. Cualquier concreto que se haya endurecido de forma tal que no garantice una colocación y consolidación adecuadas, será desechado. El concreto deberá ser depositado siempre, lo más que se pueda, en la posición final y de modo tal que no se corra lateralmente ocasionando la segregación del agregado grueso de la masa de concreto.

Los métodos y el equipo usados para depositar el concreto en los cimbrados no deberán permitir que el mismo se deposite en montones o grupos de partículas de agregado grueso separados de la masa de concreto, pero si este ocurriese, se deberán -- desparramar estos montones antes de vibrar el concreto. No se harán objeciones por unos pocos pedazos de agregado grueso que puedan integrarse a la masa por vibración.



Revestimiento del túnel. A menos que el Ingeniero - apruebe lo contrario, el concreto del piso del túnel se colocará separadamente y antes que las paredes y la bóveda. El concreto del piso del túnel deberá protegerse contra deterioros en la forma en que lo apruebe el Ingeniero.

Se pondrá especial cuidado en forzar el concreto dentro de - todas las irregularidades en la superficie de la roca y en llenar completamente la bóveda del túnel. El equipo de colocación será operado por operarios experimentados. Siempre - que sea posible se evitará la colocación de juntas frías en el revestimiento del túnel. Si la colocación se interrumpe por rotura del equipo o causas similares, el concreto en la junta se consolidará cuidadosamente hasta obtener una inclinación - razonablemente uniforme y estable, mientras el concreto está maleable. El concreto en la superficie de tales juntas frías será limpiado y humedecido como es usual hacerlo para las -- juntas de construcción antes de ser cubiertas con concreto - fresco.

Revestimiento de la presa. Cuando las operaciones de colocación deban interrumpirse por el día, por rotura del - - equipo o si se demorarán por otra causa. el concreto fresco - será cimbrado como se muestra en los planos para juntas de - construcción horizontales.

Cuando las operaciones de colocación se reanuden, la superficie del concreto endurecido se preparará como una junta de construcción. Las juntas de construcción horizontales deberán evitarse en todo lo posible.

Consolidación. El concreto se consolidará hasta la densidad máxima posible, de modo que esté libre de cavidades de agregado grueso y aire atrapado, y que cierre ajustadamente contra todas las superficies del cimbrado o las superficies excavadas y los materiales empotrados. La consolidación de las estructuras de concreto, y el piso del revestimiento del túnel, se realizará con vibradores tipo inmersión neumáticos o eléctricos. La consolidación del concreto en las paredes laterales y la bóveda del revestimiento del túnel, se realizará por medio de vibradores de cimbra operados eléctrica o neumáticamente, suplementados, cuando sea posible, por vibradores de tipo inmersión.

### Curado

Las superficies de los ductos de agua deberán ser curadas por curado de agua. Hasta donde sea posible, el resto del concreto deberá ser curado por agua, excepto que se permitirá el curado por membrana como alternativa para otros lugares donde el curado por agua no sea posible, según lo determine el Ingeniero. Tan pronto como el concreto se haya endure-

cido lo suficiente para que el agua no lo dañe, las superficies superiores no cimbradas del concreto serán humedecidas y mantenidas así como algún material saturado de agua o por cualquier otro método efectivo.

Antes y durante la remoción del cimbrado, las superficies con cimbra deberán mantenerse húmedas, aplicando agua a las superficies superiores no cimbradas. Todas estas superficies serán mantenidas completamente húmedas en forma continua hasta que las cimbras sean retiradas. Inmediatamente después de la remoción se comenzará el curado por agua o membrana.

e) Concreto lanzado

El concreto lanzado deberá usarse en las ubicaciones mostradas en los planos o donde lo ordene el Ingeniero, como un estabilizador temporal contra la erosión de las superficies del parámetro aguas arriba del pedraplén de la Zona 1 y como soporte del túnel o en combinación de otros sistemas de soporte, según lo apruebe el Ingeniero. El concreto lanzado deberá tener una resistencia de  $280 \text{ Kg/cm}^2$  a los 28 días, con un contenido del 20 a 50 por ciento de agregado grueso de entre  $3/16''$  y  $3/8''$  para el concreto en la pantalla de la presa y vertedero. El concreto lanzado que se use como soporte temporal en las secciones revestidas del túnel o en conjunto de otros sistemas temporales de soporte o apoyo, en áreas aparte

de aquellas que se muestran en los planos para ser revestidas, podrá ser del tipo de mezcla seca sin agregado grueso o aditivo acelerador.

Dentro del análisis de concreto se agruparon los ítems de concreto lanzado o "torcreto" en un bloque, ya que la resistencia requerida ( $280 \text{ Kg/cm}^2$ ) obligaba a cambios de dosificación. Sin embargo, una vez ajustadas las cantidades, el análisis se hizo globalmente y su costo se obtuvo complementando dicho análisis con la evaluación por separado que conlleva esta actividad (producción, colocación y transporte).

#### 4.1.3. Cantidades de Obra

Este inciso se refiere a la Lista de Cantidades de Obra que proporcionó el cliente para todos los ítems que involucraron a los concretos, las cuales fueron verificadas en su mayoría por medio de cubicaciones en los planos y cuyo resultado arrojó cantidades muy similares a las presentadas en esta lista.

#### CAMINOS PERMANENTES

Item 20	Concreto para cabezales	140 M <sup>3</sup>
Item 21	Concreto para estribos del puente	150 M <sup>3</sup>
Item 22	Puente (superestructura) sobre la Quebrada Honda	LOTE

Item 23	Cemento Portland	110,000 Kg
Item 24	Barras de acero de refuerzo para concreto	8.5 Ton

P R E S A

Item 30	Relleno de concreto y tratamiento protector en zonas de falla, grietas y otros defectos	200 M <sup>3</sup>
Item 35	Concreto lanzado sobre la Zona I de la presa	31,250 M <sup>2</sup>
Item 36	Cama de mortero para tapajuntas	2,150 M
Item 37	Tapajuntas de PVC Tipo A	2,700 M
Item 38	Tapajuntas de PVC Tipo B	2,550 M
Item 39	Sellador de Juntas	325 M
Item 40	Relleno premoldeado para juntas	170 M <sup>2</sup>
Item 41	Concreto para la pantalla	14,900 M <sup>3</sup>
Item 42	Concreto para la losa de cimentación	2,700 M <sup>3</sup>
Item 43	Concreto para el parapeto	620 M <sup>3</sup>
Item 44	Cemento Portland	6'100,000 Kg
Item 45	Barras de acero de refuerzo para concreto y barras inyectadas para anclajes	1,670. Ton

V E R T E D O R

Item 63	Concreto para revestimiento del canal, muros, cimacio y estribos del puente sobre vertedor	10,150 M <sup>3</sup>
Item 64	Puente (superestructura) sobre el vertedor	LOTE

Item 65	Cemento Portland	3'200,000 Kg
Item 66	Barras de acero de refuerzo para concreto y barras de anclaje inyectadas	370 Ton
Item 71	Drenes semicircuales de PVC de 6"	675 M
Item 72	Tapajuntas de PVC Tipo A	60 M
Item 73	Concreto lanzado	280 M <sup>3</sup>
Item 74	Malla de alambre soldada	3,200 Kg

#### TUNEL DE DESVIO SUPERIOR

Item 81	Concreto para la solera del túnel	360 M <sup>3</sup>
Item 82	Concreto para estructura de entrada	1,080 M <sup>3</sup>
Item 83	Concreto para revestimiento del túnel	125 M <sup>3</sup>
Item 84	Concreto lanzado	600 M <sup>3</sup>
Item 85	Cemento Portland	715,000 Kg
Item 86	Barras de acero de refuerzo para concreto	40 Ton
Item 91	Malla de alambre soldada	9,000 Kg
Item 99	Tapón de concreto	LOTE

#### DESCARGA DE FONDO

Item 106	Concreto para tapón y estructuras de la descarga de fondo	1,800 M <sup>3</sup>
Item 107	Cemento Portland	610,000 Kg
Item 108	Barras de acero de refuerzo para concreto y barras de anclaje inyectadas	35 Ton

Mención aparte de esta lista merecen las perforaciones de huecos e inyección de barras de anclajes, cuyos ítems no se analizaron dentro de la actividad de los concretos - pero que incluían materiales considerados dentro de ellos, - como el mortero, lechadas y pernos de roca inyectados.

#### 4.1.4. Perforaciones e Inyecciones

Las porciones de los trabajos que se especificaron - para esta sección consistían en la perforación y ensayos de presión de los orificios de inyección y la inyección de lechada para las diferentes estructuras del proyecto, el perforado de pozos de sondeo y perforaciones de drenaje. Las localizaciones reales de los huecos de inyección, las cantidades de perforaciones e inyección a presión que se requieran, y hasta el punto en que cada procedimiento de inyección fuera necesario, eran inciertos y se determinarían sobre la base de las - condiciones que se presentaran durante la construcción y - durante las operaciones de perforado e inyección, por lo que las cantidades proporcionadas para esos conceptos marcaban - solo un aproximado. Los trabajos incluidos para cada estructura específicamente se indicaban así:

- Perforación de sondeos exploratorios
- Perforación de anqueros de drenaje en la estructura para descarga de fondo

- Inyección de lechada de contacto en los vacíos -- entre el revestimiento de concreto del túnel y la estructura de la descarga de fondo y la roca circundante.

- Inyección de lechada de consolidación en los - - cimientos de roca y la roca que circunda al túnel de desvío.

- Enlechado de cortina para la fundación de la losa de cimentación de la presa, el tapón del túnel de desvío de nivel superior y el tapón de la descarga de fondo.

- Relleno de todos los orificios de inyección y los agujeros de sondeo exploratorios, incluso los ya existentes, una vez terminadas las operaciones de inyección de lechada.

Los procedimientos planeados para cada tipo de inyección se describen a continuación, en forma resumida tal y como se presentaron en la propuesta.

+ Para inyecciones de consolidación: se efectuarán generalmente en una sola etapa. Las perforaciones se harán en las localizaciones y hasta las profundidades que se indiquen u ordenen en el sitio y las inyecciones se harán a una presión de hasta  $2 \text{ Kg/cm}^2$ , por medio de una Bomba Moyno de cavidad progresiva; ésta debe ser capaz de funcionar con una presión de descarga de hasta  $28 \text{ Kg/cm}^2$ , según se indica en -



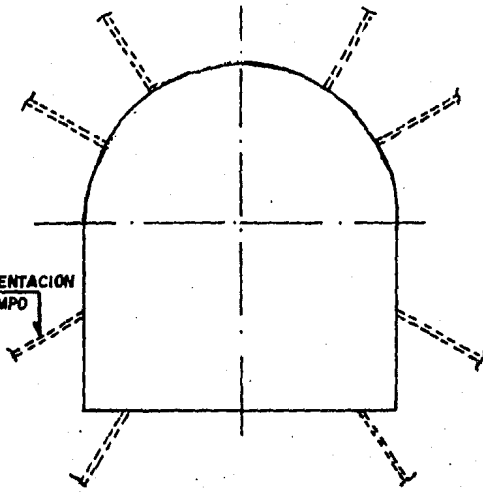
las especificaciones. Las perforaciones se harán con Perforadoras de Pierna y el equipo complementario consiste en una Mezcladora de Cemento de 2 Sacos y un Compresor Portátil 750 además de un tanque de suministro auxiliar de agua para las operaciones de lavado, herramientas y accesorios. Cuando las inyecciones se lleven a cabo a través de las preparaciones dejadas (de PVC) en el revestimiento del túnel, éstas se realizarán después de que se hicieran las inyecciones de contacto entre el revestimiento de concreto y la roca circundante. (ver figura 9, detalle A).

El objetivo de esta clase de inyecciones es el de evitar al máximo las posibles filtraciones de agua a través de las fisuras de la roca circundante y la estabilización de la misma, lo cual contribuye a una reducción de la presión que actúa tanto en la roca como en el revestimiento de concreto, si es el caso.

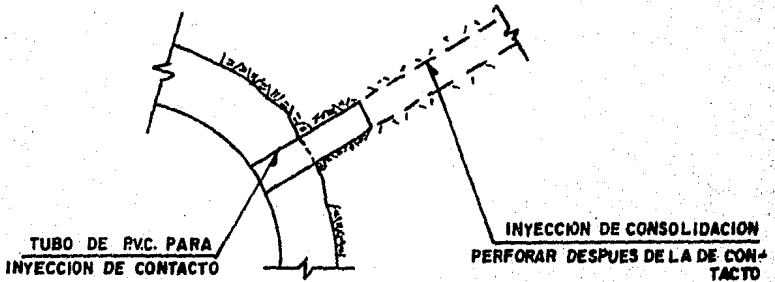
+ Para inyecciones de Cortina en fundación de losa de cimentación.

Consistirá, según se indicaba en los planos, en la perforación e inyección de huecos de fila única, es decir en una sola hilera.

INCLINACION Y ORIENTACION  
A DECIDIRSE EN CAMPO



PATRON DE CORTINA DE  
INYECCION

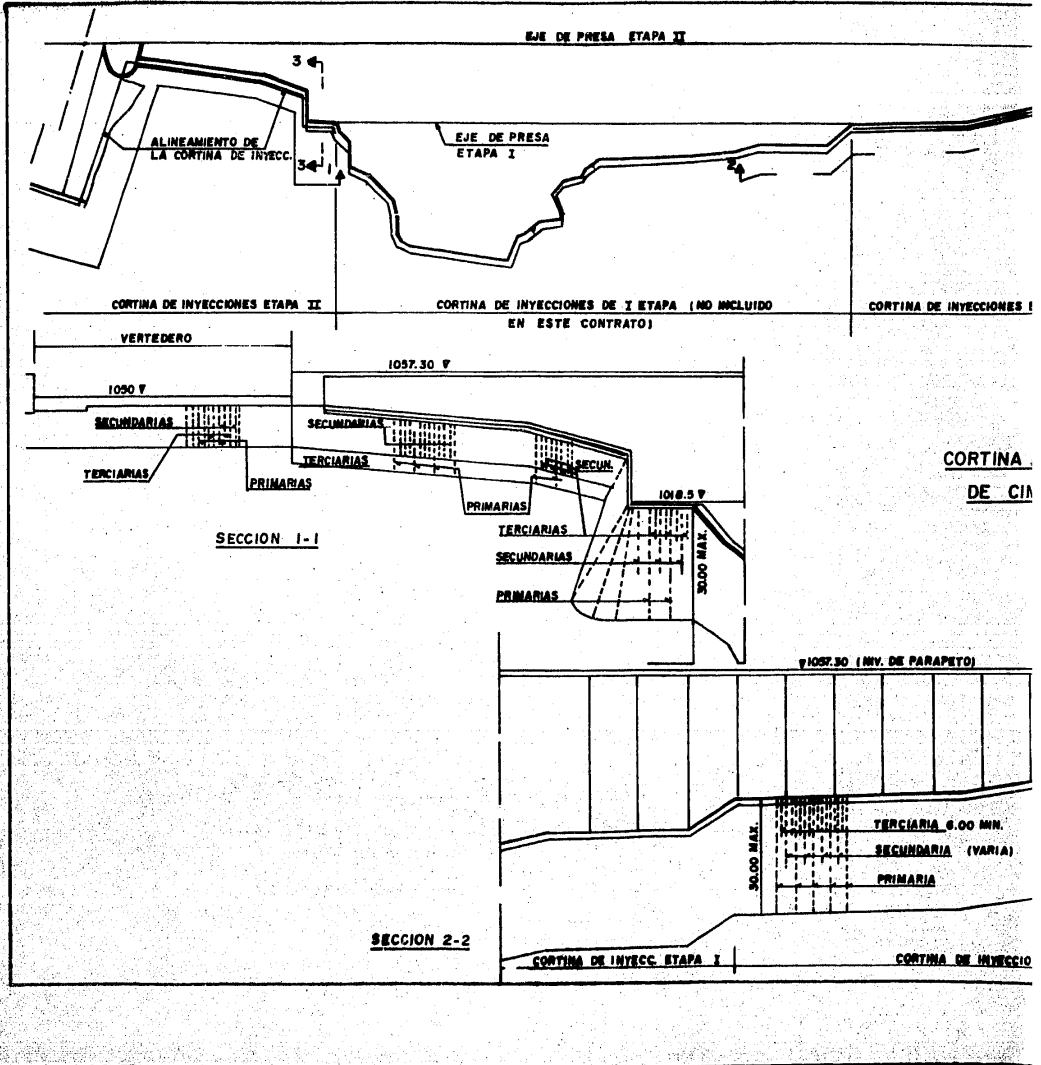


DETALLE "A"

(FIGURA 9)

La profundidad de cada hueco será de 30 m, 20 m y 6 m para las perforaciones primarias, secundarias y terciarias - respectivamente. El patrón seguido se muestra en las Figuras 10 y 11 y éste es consecuencia de la perforación por medio - del método del espacio dividido, el cual consiste en localizar un hueco adicional para inyectar lechada a una distancia media entre dos huecos previamente perforados e inyectados. Las - inyecciones se realizarán por medio del método de obturación, que consiste en la utilización de obturadores o anillos de - goma expansibles neumáticamente; dichos anillos al expandirse sellan las perforaciones a cualquier cota designada y, una - vez expandidos, soportarán una presión de agua de no menos de 10.5 Kg/cm<sup>2</sup>. El diámetro interior mínimo de la tubería de - suministro de lechada será de 19 mm (3/4 pulg) y las perforaciones en la losa de aluminio, según lo indique el cliente. El equipo utilizado en la perforación será un Track Drill Fix track y las inyecciones se llevarán a cabo al menos de 28 días después del colado de la losa de cimentación.

Este tipo de inyecciones tiene por objeto reducir el flujo o probable flujo de agua desde el almacenamiento y controlar la presión de agua en las fracturas de roca en la zona aguas abajo de la presa, donde esas presiones pueden tener - gran influencia en la estabilidad, aunque este último concepto no es aceptado por muchos constructores.



EJE DE PRESA ETAPA II

EJE DE PRESA  
ETAPA I

CORTINA DE INYECCIONES DE I ETAPA (NO INCLUIDO  
EN ESTE CONTRATO)

CORTINA DE INYECCIONES ETAPA II

PLANTA

CORTINA DE INYECCIONES EN LA LOSA  
DE CIMENTACION DE LA PRESA

PRIMARIAS

SECUN.

1018.5 V

TERCIARIAS

SECUNDARIAS

PRIMARIAS

30.00 MAX.

1057.30 (NIV. DE PARAPETO)

1054.00 NIV. DE CRESTA

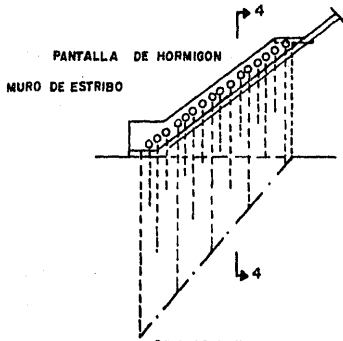
30.00 MAX.

TERCIARIA 6.00 MIN.  
SECUNDARIA (VARIA)  
PRIMARIA

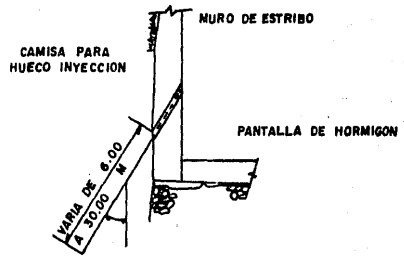
CORTINA DE INYECC. ETAPA I

CORTINA DE INYECCIONES ETAPA II

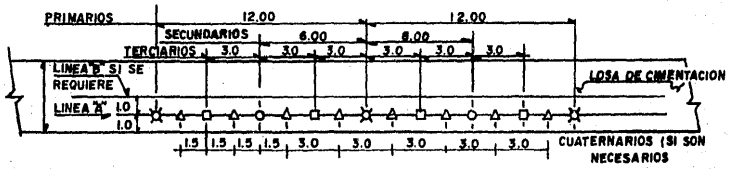
(FIGURA 10)



**SECCION 3-3**



**SECCION 4-4**



**PATRON DE INYECCIONES  
EN LOSA DE CIMENTACION**

(FIGURA 11)

Aunque el procedimiento señalado indica en forma clara los pasos a seguir, la construcción de la pantalla o cortina de inyecciones es fundamentalmente un problema a resolver por tanteos, ya que los trabajos han de ceñirse a las particularidades concretas que se vayan manifestando, por lo que se debe tener mucho cuidado a la hora de realizar dicha actividad.

+ Para inyecciones de contacto: la inyección de contacto en los vacíos entre el concreto y el material circundante será de lechada y se considerará terminada cuando los vacíos hayan sido rellenos hasta el máximo alcance práctico (según lo determine el cliente), lo cual es el objetivo de esta actividad.

La presión de la lechada se mantendrá por medio de una llave de paso hasta que la lechada haya fraguado. El concreto de revestimiento deberá haber permanecido en su lugar durante un periodo no menor de 28 días para que puedan realizarse las inyecciones y la presión máxima de presión será de  $2 \text{ Kg/cm}^2$ . El equipo utilizado para este tipo de inyección será el mismo que para las inyecciones de consolidación (Bomba Moyno, Compresor 750, Mezcladora, etc.) (ver figura 9, detalle A)

-Materiales para lechada :

Los materiales utilizados para lechada serán:

- Cemento
- Agua
- Arena
- Bentonita
- Tubería embebida de PVC (pared delgada) y accesorios

Los proporcionamientos serán indicados en el sitio, partiendo de la relación 3:1:2 (agua, cemento, bentonita) con opción a espesar la mezcla, según lo indique el cliente, con arena.

#### 4.1.5. Producción, Transporte y Colocación de Concretos. Pantalla de la Presa.

En este inciso describiremos la forma de cálculo seguida para obtener, primero, las cantidades de cada concepto que involucra a la actividad de concretos en forma conjunta y que nos simplifica el análisis y, segundo, la determinación del costo del concepto "Pantalla de Concreto de la Presa", detallando la planeación del proceso constructivo elegido.

En este punto donde se conjugan todas las consideraciones presentadas dentro de las especificaciones técnicas y demás documentos del Proyecto ya descritas, con la experiencia de cada persona que interviene en la elaboración de una propuesta,



experiencia obtenida tanto en el campo de la construcción - como en el de la planeación. Por lo tanto las descripciones que a continuación se presentan son solo uno de tantos criterios aplicables; dichos criterios, si hablamos acerca de la preparación de concursos, están muchas veces sujetos a tiempos cortos de análisis, lo que en muchos casos obliga a utilizar métodos generales como el que describiremos en este inciso.

Ya describimos, en el inciso 4.1.2., como se presentan los requerimientos del Cliente en referencia a la actividad de concretos. A continuación presentamos, en forma resumida, algunas de las consideraciones esenciales tomadas en cuenta dentro de la planeación del proceso constructivo de la actividad de concretos en general. Dichas consideraciones fueron el preámbulo del análisis que se muestra en la tabla 7.

#### TRITURACION DE AGREGADOS (PARA CONCRETO) Y ZONA 1

El material para la trituración, se obtendrá de la explotación de la cantera.

Para este concepto se agruparon las gravas y la arena gruesa, y la arena fina, que se comprará de un banco privado.

La ubicación de la planta se marca en los planos de localización general.

## RESUMEN DE CANTIDADES BASICAS PARA EL CALCULO GENERAL DE LA ACTIVIDAD DE CO

TABLA No. F.

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD DE CONCRETO M <sup>3</sup>	RESISTEN. REQUERIDA Kg/cm <sup>2</sup>	GRAVAS 1/2" Y 3/4" M <sup>3</sup>	ARENA DE TRITURACION M <sup>3</sup>	CIMBRA RECTA M <sup>2</sup>	CIMBRA CURVA M <sup>2</sup>	ADITIVO I (LTS)
41	CONC. PARA LA PANTALLA DE LA PRESA	14,900	210	8,214	4,170	974	-	6,407
63	CONC. PARA REVEST. DE MUROS, CANAL Y ESTRIBOS DEL PTE(V)	10,150	210	6,375	3,236	5,420	1,109	4,364.
42	CONC. PARA LA LOSA DE CIMENTACION DE LA PRESA	2,700	210	1,806	916	2,152	-	1,161
106	CONC. PARA TAPON Y ESTRUCTURA DE LA DESC. DE PONDO	1,800	210	1,204	612	760	-	774
82	CONC. PARA LA ESTRUCTURA DE ENTRADA DEL T.D.S.	1,080	210	724	367	719	44	464.
43	CONC. PARA EL PARAPETO DE LA PRESA	620	210	402	204	2,568	-	266.
82	CONC. PARA LA SOLERA DEL T.D.S.	360	210	234	119	-	-	154.
21	CONC. PARA ESTRIBOS DEL PUENTE SOBRE Q.H.	150	210	96	49	263	-	64.
20	CONC. PARA CABEZALES	140	210	90	46	763	-	60.
83	CONC. PARA EL REVESTIMIENTO DEL T.D.S.	125	210	86	483	264	-	53.
35	CONC. LANZADO SOBRE ZONA 1 DE PRESA	1,513	280	681	499	-	-	-
84	CONC. LANZADO EN EL T.D.S.	600	280	324	238	-	-	-
73	CONC. LANZADO EN VERTEDERO	280	280	152	111	-	-	-
22	CONC. PARA SUPERESTRUCTURA, PUENTE Q.H.	199	280	135	68	864	-	-
64	CONC. PARA SUPERESTRUCTURA, PUENTE S/VERT.	108	280	73	37	465	-	-
30	RELLENO DE CONCRETO Y TRATAMIENTO DE PROT. EN FALLAS	200	175	130	64	-	-	86
		34,925		20,726	10,779*	15,212	1,153	13,856.

\* NO SE CONSIDERA LA ARENA FINA, QUE SE COMPRARA EN UN BANCO PRIVADO ( 9000 M<sup>3</sup> )

(\*\*) ADITIVOS CONSIDERADOS APARTE

CONDICIONES BASICAS PARA EL CALCULO GENERAL DE LA ACTIVIDAD DE CONCRETOS

	CANTIDAD DE CONCRETO M <sup>3</sup>	RESISTEN- REQUERIDA Kg/cm <sup>2</sup>	GRAVAS 1 1/2" Y 3/4" M <sup>3</sup>	ARENA DE TRITURA- CION M <sup>3</sup>	CIMBRA RECTA M <sup>2</sup>	CIMBRA CURVA M <sup>2</sup>	ADITIVO 1 (LTS)	ADITIVO 2 (LTS)	ADITIVO 3 (LTS)	DISTANCIA DE TRANS- PORTE Km	TRANSPORTE M <sup>3</sup> -Km
EL PTE(Y) NDO	14,900	210	8,214	4,170	974	-	6,407	29,122	-	0.8	11,920
	10,150	210	6,375	3,236	5,420	1,109	4,364.5	19,839	-	0.5	5,075
	2,700	210	1,806	916	2,152	-	1,161	5,277	-	0.6	1,620
	1,800	210	1,204	612	760	-	774	3,518	-	1.9	3,420
	1,080	210	724	367	719	44	464.4	2,111	-	0.5	540
	620	210	402	204	2,568	-	266.6	1,212	-	0.7	434
	360	210	234	119	-	-	154.8	704	-	1.2	432
	150	210	96	49	263	-	64.5	293	-	2.5	375
	140	210	90	46	763	-	60.2	274	-	1.8	252
	125	210	86	403	264	-	53.75	244	-	1.2	150
ALLAS	1,513	280	681	499	-	-	-	-	12,013	0.9	1,362
	600	280	324	238	-	-	-	-	5,792	1.2	720
	280	280	152	111	-	-	-	-	3,647	0.5	140
	199	280	135	68	864	-	-(*)	-	-	2.5	498
	108	280	73	37	465	-	-(*)	-	-	0.4	43
	200	175	130	64	-	-	86	391	-	1.0	200
	34,925		20,726	10,779*	15,212	1,153	13,856.75	62,985	21,452		27,181

BANCO PRIVADO ( 9000 M<sup>3</sup> )

Se utilizará una planta de trituración, los accesos a ésta se marcan también en los planos de localización general.

La planta consta de los siguientes elementos:

1. Un Primario de Quijadas de 20' X 36'
2. Un Secundario de 36 S
3. Un Terciario FC 36

#### PLANTA DE PRODUCCION DE CONCRETO

La localización de la Planta de Concreto se marca en los planos generales de localización.

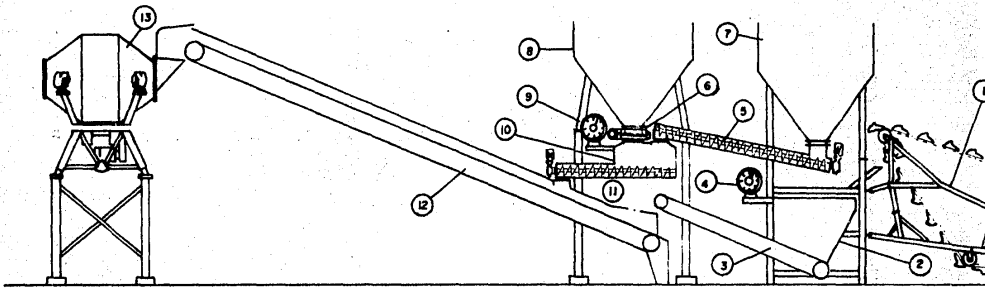
Para la producción se utilizarán dos Plantas Oru 25 y la mezcla se llevará a cabo mecánicamente, cumpliendo con las dosificaciones propuestas, dentro de la misma planta.

El cemento estará almacenado en silos integrados a la planta.

Se tendrá una cantidad de cemento en sacos, lo suficiente para asegurar la producción de concretos.

En la figura 12 se muestra una planta tipo, similar a la que se piensa utilizar.

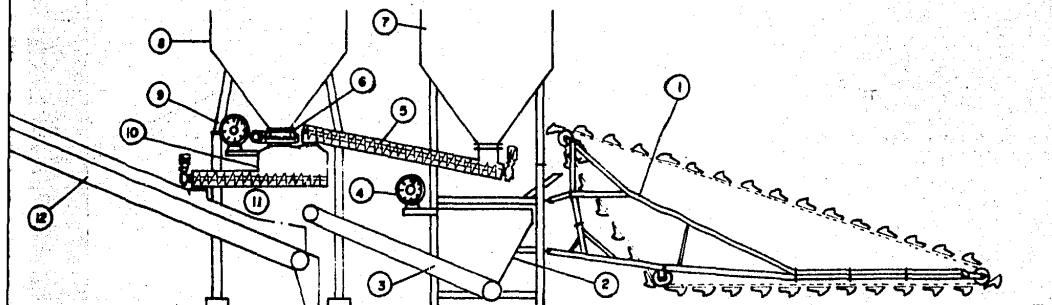
PLANTA TÍPICA DE CONCRETOS



- 1) Radio raspante.
- 2) Tola de pesaje de los agregados.
- 3) Banda transportadora solidaria a la tola de pesaje a la cárdula.
- 4) Cabezal electrónico de los agregados con cuadrante 1200-2400 Kgs.
- 5) Sin-fín de silo auxiliar.
- 6) Motoválvula que extrae el cemento del silo.
- 7) Silo principal.

- 8) Silo auxiliar.
- 9) Cabezal electrónico del cemento ca.
- 10) Cárdula para el pesaje del cemento.
- 11) Tornillo sin-fín, cuerpo único con k.
- 12) Banda auxiliar.
- 13) Revolvedora.

## PLANTA TIPICA DE CONCRETOS



8) Sito auxiliar.

9) Cabezal electrónico del cemento con cuadrante de 600 Kgs.

10) Cardúla para el pesaje del cemento de una capacidad respectiva de 250 y 450 Kgs.

11) Tornillo sin-fin, cuerpo único con la cardúla.

12) Banda auxiliar.

13) Revolvedora.

(FIGURA 12)

## TRANSPORTE DE CONCRETO

El equipo a utilizarse en este concepto será en Ollas Revolvedoras de 6 M<sup>3</sup> transitando por los caminos marcados en los planos.

## COLOCACION DE CONCRETO

Dependiendo del tipo de obra (estructura) se tienen tres tipos de colocación:

- Colocación de concreto en Pantalla
- Colocación de concreto en Túnel
- Colocación de concreto en General

Se considera aparte la colocación de concreto lanzado.

La diferencia de cada actividad la marca el equipo y la mano de obra a utilizarse como sigue:

- Colocación de concreto en pantalla: Olla Revolvedora - Canales - Cimbra Deslizante

- Colocación de concreto en túnel: Revolvedora Bomba de Concreto

- Colocación de concreto en general: Olla Revolvedora colocación manual.

Para todos los casos se consideran los vibradores y la mano de obra requerida especial.

Como ya antes mencionábamos, una forma de obtener los costos de cada actividad referente a los concretos, consiste en agrupar a éstas de tal forma que arrojen totales significativos que puedan ser analizados para llegar a un costo único. Así pues, en lugar de realizar un análisis del concepto "Concreto para el parapeto de la presa" que involucre a todas sus actividades (cantidad de grava y arena para el concreto, cimbra recta, cimbra curva, aditivos del concreto, transporte de la planta al sitio, colocación, etc.) éstas se suman a las mismas actividades de otros conceptos (tabla 7) para obtener así un gran total que al ser analizado nos da un costo bastante aproximado. Claro está que para llegar a la determinación de cada costo existen distintas consideraciones que, sin embargo, suelen ser comunes a cada concepto, sobre todo si se trata de concretos. En el Proyecto tema de esta Tesis hubo además la facilidad que significó el tener cuantificado el Cemento y al Acero de Refuerzo por separado para cada concepto (item) en la lista de cantidades del cliente, lo que sumado al poco tiempo que se tiene para presentar la propuesta de un concurso de este tipo, determinó la aplicación de este método general de análisis. La siguiente tabla nos muestra un resumen de cantidades básicas de cada actividad, que interviene en la actividad general a la que llamamos "Concretos"



## PANTALLA DE CONCRETO DE LA PRESA

Hemos visto, en líneas generales, algunos de los - - requerimientos y consideraciones que se tuvieron a la hora de planear el proceso constructivo de la actividad de concretos. A partir de la tabla anterior conocemos las cantidades de -- cada sub-actividad, ordenadas por estructura, con el objeto - de hacer más fácil el análisis y así poder llegar a un costo; sin embargo dichos análisis se forma necesariamente de, a su vez, varios análisis que se realizan en forma separada, pues los procedimientos ya en el sitio de la obra tienen caracte - rísticas distintas. Por ello hemos elegido a la Pantalla de Concreto de la Presa para presentar su análisis, ya que al - mismo tiempo que es el volumen de concreto mayor dentro de - todos los concretos, es el que más grado de dificultad tiene en cuanto a procedimiento constructivo se refiere.

Son varias las alternativas que pueden seguirse a la hora de querer colocar concreto en la pantalla de una presa; no obstante, dichas alternativas no siempre se adecúan a la disponibilidad de recursos de una empresa y, por tanto, es - necesario ponderar hasta que punto se debe invertir o no en - nuevos métodos y/o equipos.

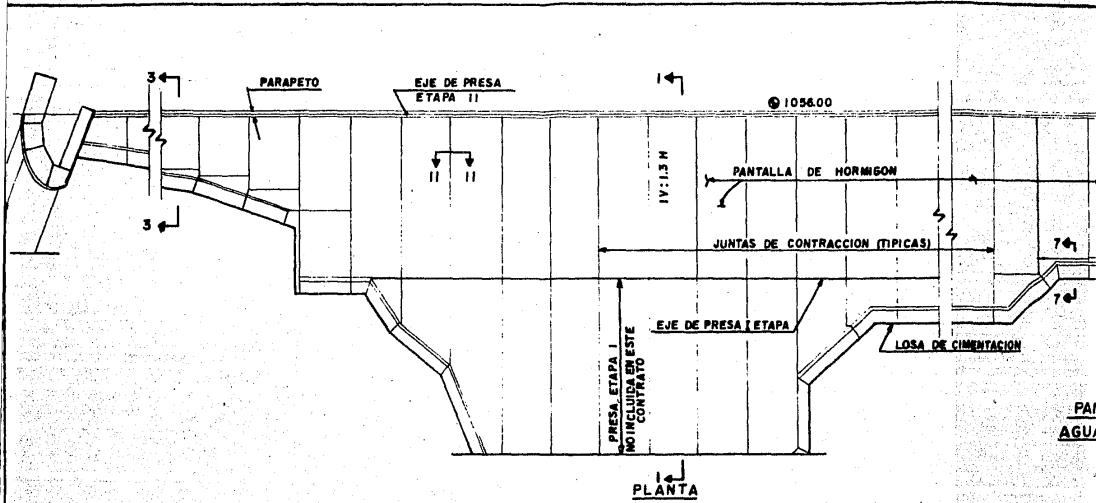
Las experiencias propias en obras de tipo similar son determinantes al momento de la toma de decisiones ya que el

éxito en la aplicación de métodos en condiciones parecidas se presenta casi siempre como la mejor alternativa.

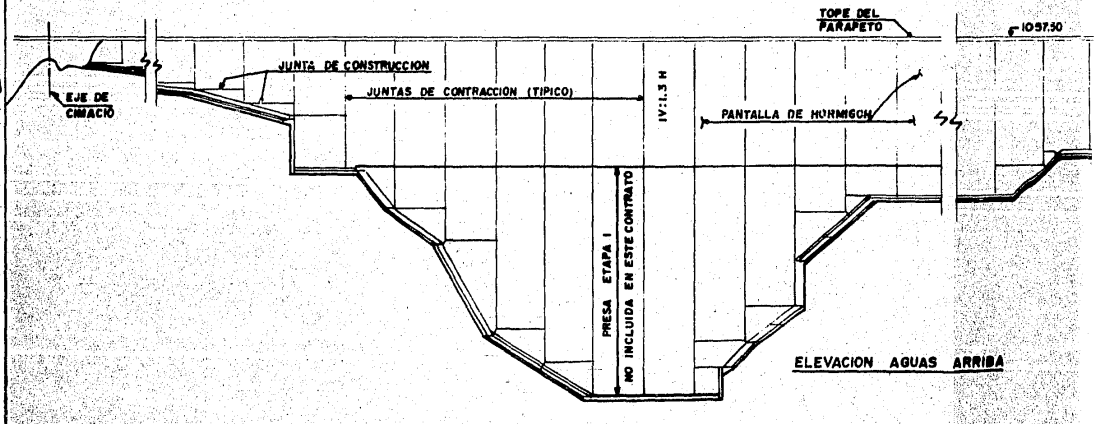
A continuación señalamos las características más importantes de la pantalla, cuya figura 13, se muestra en la planta y elevación vista desde aguas arriba.

- Área de la pantalla = 35 000 m<sup>2</sup> (aprox.)
- Longitud en la corona de la presa = 600 m (elev.1056)
- Talud = 1.3 Hor., 1 Vert.
- Volumen de Concreto = 14 900 m<sup>3</sup>
- Acero de refuerzo = 1 670 Ton.
- Variación del espesor de la pantalla (donde h = altura medida en la vertical) = 0.3 + 0.003 (h)
- Concreto lanzado en la Zona 1 de la presa = 31 520 m<sup>2</sup>

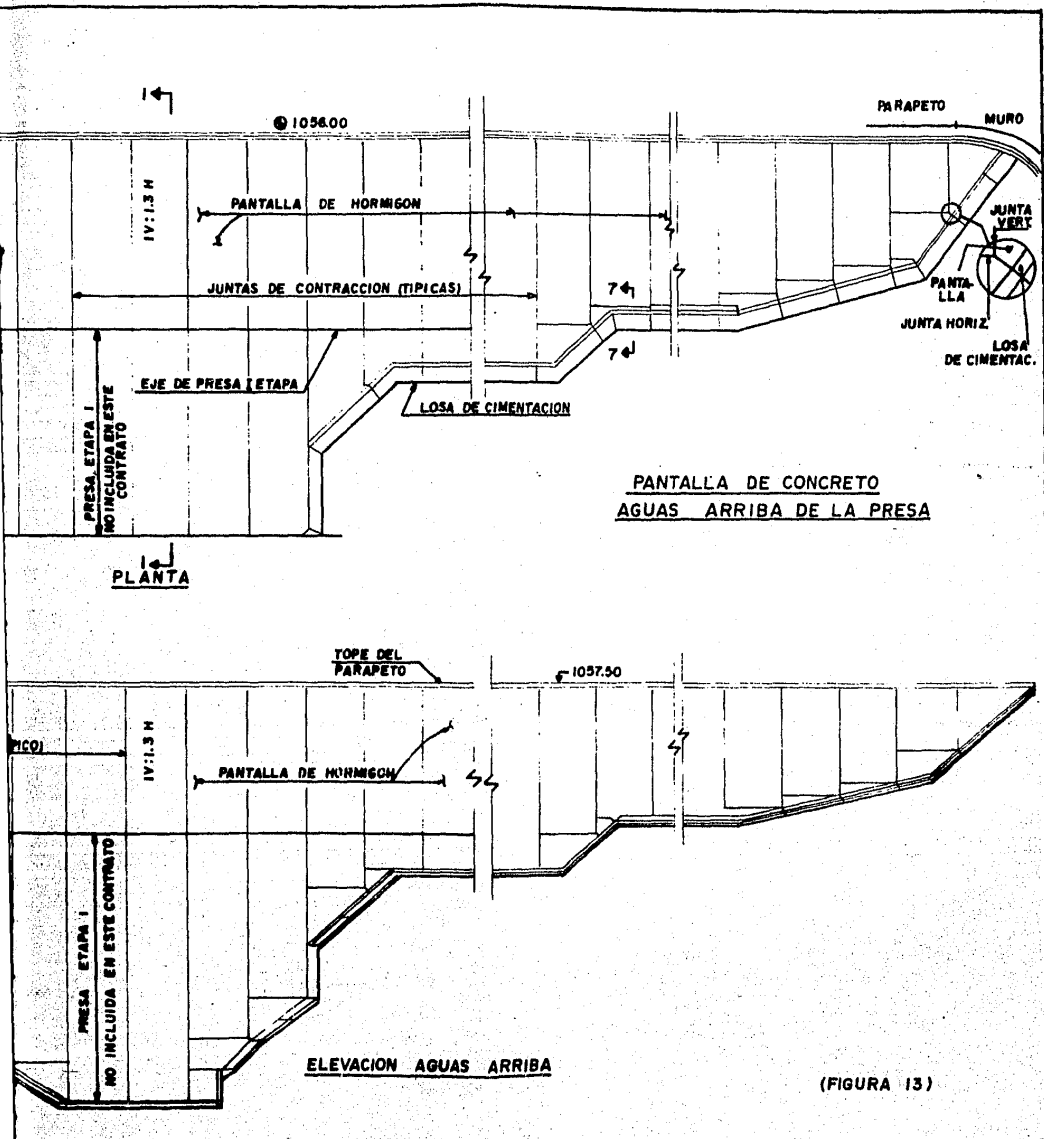
Además cabe mencionar los siguientes aspectos: Existen distintos tipos de losas debido a su forma y dimensión dentro de lo que llamamos "pantalla de la presa". Tenemos losas pequeñas de forma irregular cercanas a las laderas -- llamadas losas de ladera, losas inferiores y losas centrales de ancho uniforme y longitud variable (ver figura 13). Las fronteras entre cada losa llevan generalmente juntas de construcción en las uniones horizontales y juntas de contracción en las uniones verticales como también se aprecia en la figu-



PLANTA



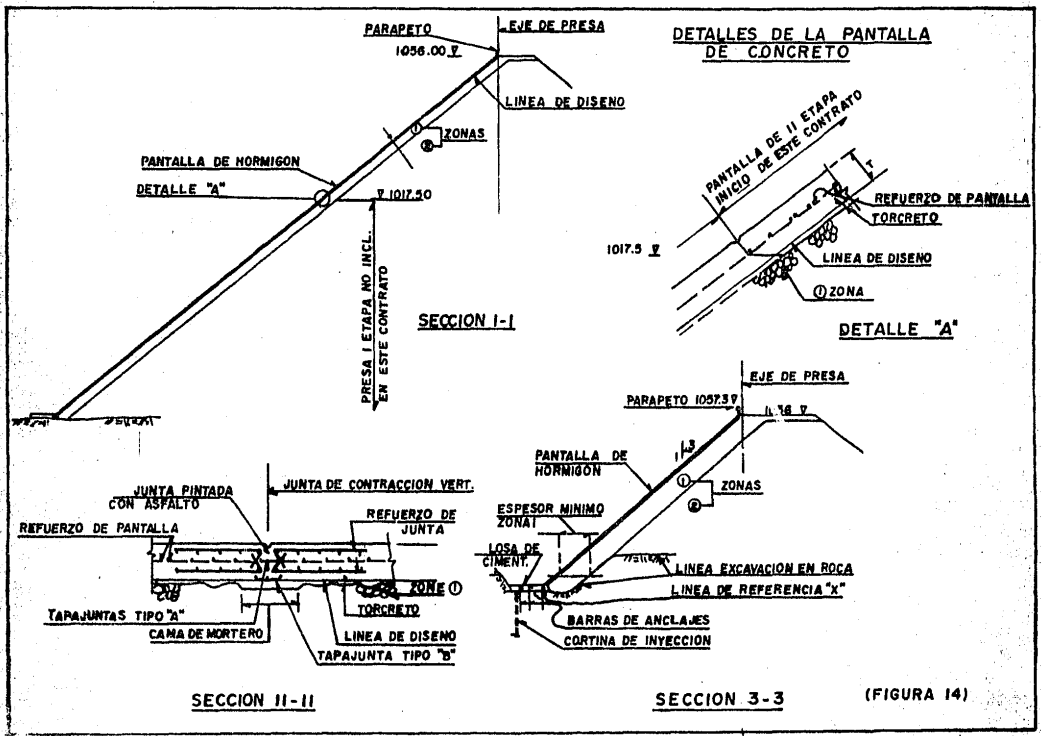
ELEVACION AGUAS ARRIBA

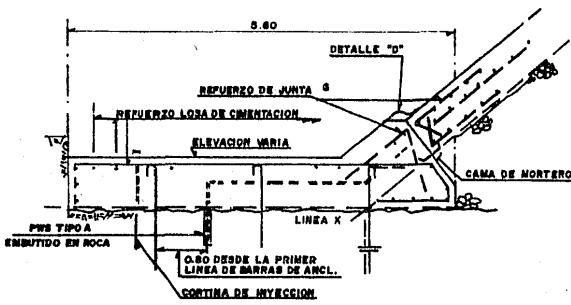


ra antes mencionada. El cliente señalaba que era de gran importancia el reducir al mínimo posible el número de juntas horizontales (de construcción) dado que estas pueden representar problemas de filtraciones posteriores.

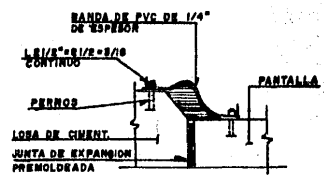
En las figuras 14 y 15 (Sección II-II y detalles A, C, D), algunos aspectos de ambos tipos de juntas en la pantalla. Adicionalmente antes de colar la pantalla y de colocar la retícula de acero de refuerzo (detalla A figura 14 y Sección II-II) se deberá colocar una capa de aproximadamente 4 cm de concreto lanzado (torcreto) en toda la superficie del enrocado zona 1 ( $31\,520\text{ m}^2$ ) con el objeto de hacer más impermeable el talud aguas arriba de la presa. Se deberá tener especial cuidado en la preparación de las uniones entre la pantalla a construirse bajo este contrato con la construída en la etapa I del Proyecto, rompiendo el concreto hasta dejar el esfuerzo a la vista para a partir de este punto ligar ambas pantallas como se muestra también en el detalle A de la figura 14.

Tomando en consideración las características antes mencionadas a continuación se describe el proceso constructivo que se piensa utilizar, en forma resumida, para después detallar el análisis de materiales, mano de obra y equipo, con el objeto de mostrar como se llega al costo de este concepto.

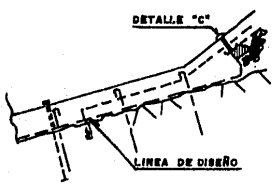




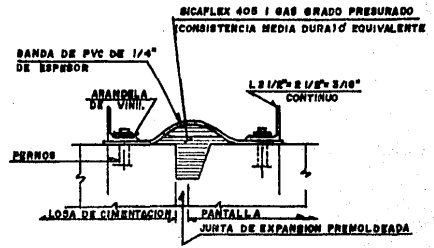
**DETALLE TÍPICO DE REFUERZO EN LOSA DE CIMENTACION Y PANTALLA**



**DETALLE "D"**



**SECCION 7-7**



**DETALLE "C"**

**(FIGURA 15)**

Se estudiaron varios procedimientos para la construcción (colado) de las losas en la pantalla y se decidió utilizar el método de colado por medio de cimbra deslizante.

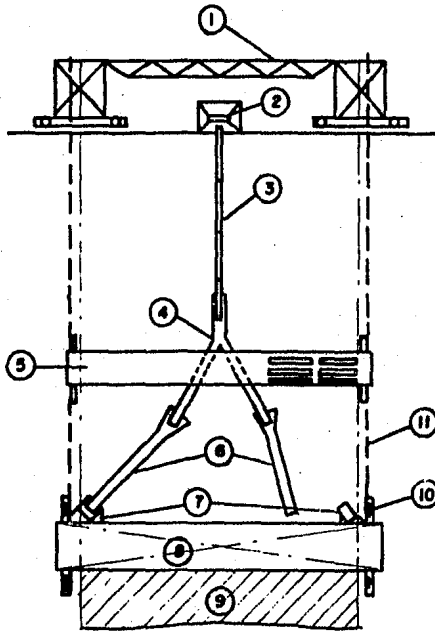
La forma metálica (ver figura 16) que sirve para deslizar, está formada por perfiles de ángulo y con una sección transversal más o menos triangular, que corren por medio de 4 ruedas sobre unas guías metálicas formadas por canales. Las guías se soportan en unas anclas metidas en la roca compactada y se contraventean o anclan además en el concreto de las losas ya coladas.

Para colocar las juntas con todos los aditamentos que éstas llevan, en las fronteras de cada losa se dejan cimbres de madera. El ancho total de la cimbra deslizante es mayor que el ancho teórico de las losas. Cada forma deslizante utiliza gatos hidráulicos los cuales corren por barras que trabajan a tensión.

Las barras se apoyan en su parte superior en unas armaduras que se colocan a una altura en que el enrocado permita colocarlas y las armaduras a vez se anclan y se contraventean suficientemente. Se debe tener en consideración que uno de los principales problemas es que la colocación de la retícula de acero de refuerzo debe hacerse rápidamente



## CIMBRA DESLIZANTE



- 1.- CARRETILLA DE TRANSFERENCIA
- 2.- BACHA O TALUA PARA VACIAR CONCRETO
- 3.- CANALON PRINCIPAL
- 4.- CANALONES SECUNDARIOS EN Y
- 5.- PLATAFORMA DE ALMACENAJE
- 6.- CANALONES MOVILES
- 7.- BOQUILLAS DE DESCARGA
- 8.- CIMBRA DESLIZANTE (FORMA METALICA)
- 9.- CONCRETO COLOCADO
- 10.- PUEDAS DE ASIENTO
- 11.- GUIAS METALICAS (CANAL)

(FIGURA 16)

pues de ello depende que haya continuidad a la hora de colar la pantalla y se cumpla con el programa previsto.

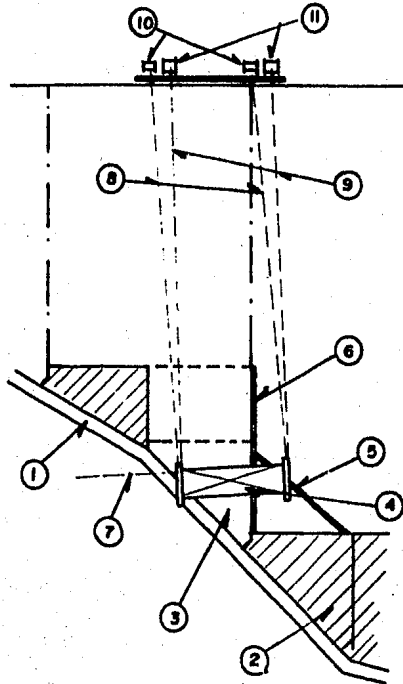
Otra dificultad se presenta debido a que los trabajos en la pantalla deben comenzar una vez que el enrocado ya ha sido terminado, para lo cual es necesario ubicar adecuadamente ambas actividades en el programa y cumplir así con los requerimientos.

Para las losas de sección irregular se propone un sistema de colado como el que se muestra en la figura 17, aunque esto se determinará una vez que se esté realizando los trabajos.

Regresando a la figura 16 podemos apreciar el sistema de colocación de concreto que se propone, que consiste en aprovechar la pendiente propia del enrocamiento (1.3 a 1) utilizando para ello canalones metálicos, procedimiento ya antes probado con excelentes resultados.

Habiendo ya descrito la manera en la que se piensa construir la pantalla en forma general, a continuación presentamos el análisis desglosado con el cual obtendremos el costo del concepto "Pantalla de Concreto de la Presa", que incluye a los materiales, equipo y mano de obra considerados.

**METODO DE COLADO DE LOSAS  
IRREGULARES (PROPUESTO)**



- 1.- LOSA DE CIMENTACION DE LA PRESA
- 2.- CONCRETO COLOCADO
- 3.- LOSA IRREGULAR A SER COLADA
- 4.- CIMBRA DESLIZANTE
- 5.- GUIA DE MADERA
- 6.- CIMBRA DE MADERA
- 7.- CABRESTANTE PARA MOVIMIENTOS LATERALES
- 8.- CABLE DE IZADO
- 9.- CABLES DE SEGURIDAD
- 10.- MALACATES DE IZADO
- 11.- MALACATES DE SEGURIDAD

(FIGURA 17)

Análisis para determinar el costo de la pantallaDatos:

Volumen de concreto = 14 900 m<sup>3</sup>

Duración de la actividad = 122 días cal.

Rendimiento de la planta de concreto = 25 m<sup>3</sup>/hr.

$$\frac{14\ 900\ \text{m}^3}{122\ \text{días}} = 122.13\ \text{m}^3/\text{día de producción}$$

$$\frac{122.13\ \text{m}^3/\text{día}}{25\ \text{m}^3/\text{hr}} = 4.8\ \text{hrs/día}$$

- Para alimentación de la planta:

+ Cargador CAT. 950: Rendimiento = 113.73 m<sup>3</sup>/hr(\*)

$$\frac{122.13\ \text{m}^3/\text{día}}{113.73\ \text{m}^3/\text{hr.}} = 1.07\ \text{hrs/día}$$

(\*) Rendimiento teórico calculado

1.07 hrs/día X 122 días = 131 hrs. total de cargador

# de equipos =  $\frac{131\ \text{hrs total}}{24\ \text{hrs/día X 122 días}} = 0.04\ \text{equipos}$

+ Bomba Flyght = B-2125: Rend. 8 lts/seg.

( Agua para concreto = 400 lts/m<sup>3</sup> )

400 lts/m<sup>3</sup> X 122.13 = 48 852 lts/día (consumo)

$$8 \text{ lts/seg} = 28\,800 \text{ lts/hr}$$

$$\frac{48\,852 \text{ lts/día}}{28\,800 \text{ lts/día}} = 1.70 \text{ hrs/día}$$

$$1.70 \text{ hrs/día} \times 122 \text{ días} = 207 \text{ hrs totales}$$

# equipos = 1 bomba todo el tiempo  
( Diferentes usos )

+ Mano de obra: La necesaria para operar dicho equipo

- Para colocar el concreto en la pantalla:

Se considera que el concreto se vacía directamente a los canales de una olla revolvedora de  $6 \text{ m}^3$ .

$$+ \text{ Vibradores: } \frac{14\,900 \text{ m}^3}{3 \text{ m}^3/\text{hr.}} = 4,996 \text{ hrs de vibradores}$$

$$\# \text{ de vibradores} = 4$$

+ Canales: 3 de 12 m y 50 Kg/m de canalón

$$3 \times 12 \times 50 = 1,800 \text{ Kg de acero lam.}$$

$$\frac{14,900 \text{ m}^3}{122 \text{ días}} = 122.13 \text{ m}^3/\text{día (a colocarse)}$$

$$\frac{122.13 \text{ m}^3/\text{día}}{24 \text{ hrs/día}} = 5.08 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

+ Rendimiento cimbra deslizante 1m lineal/hr  
(para dos cimbras)

Losas de 15 m de ancho X 0.04 m (esp. prom.)

$$15 \times 0.04 \times 1 = 6 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

(Se utilizarán dos cimbras deslizantes y su precio se incluye en \$ por ser cotización).

+ Mano de Obra: La necesaria para operar dicho equipo (su precio se incluye en el concepto cimbra deslizante para la pantalla).

Transporte: El costo se analizó en conjunto, con las demás actividades de concreto.

Los 11,920 M<sup>3</sup>-Km que corresponden a la pantalla se incluyen dentro de los 17,181 M<sup>3</sup> - Km para todos los concretos, por lo que el costo se toma a partir del mostrado con la clave 57, que es de 5.91 U.S./M<sup>3</sup> Km.

\* Se anexan los costos de las actividades antes descritas como son:

- Producción de concreto para pantalla
- Colocación de concreto para pantalla
- Cimbra deslizante para pantalla
- Transporte de concreto

Estos costos se obtuvieron a partir de la suma de la mano de obra, materiales y equipos considerados para cada actividad, en un gran total que dividiendo entre el volumen nos da un costo unitario por actividad. Para facilitar el cálculo se utiliza un programa de computadora que efectúa las operaciones correspondientes, programa que a su vez es alimentado con los datos que obtuvimos en los análisis, como podemos apreciar en las hojas que se presentan a continuación.

56 COSTO BASICO Z01.FP.01      PRODUC CONC PANTALLA PARA PRESA      VOL      14900.000 M3      INICIO DIA      595      FIN DIA      71

MAND DE OBRA NR DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL	COSTO UNITARIO		I M P O R T E		EQUIVALENTE \$ US
			\$LDC	\$ US	\$LDC	\$ US	
37 OP. PLANTA DE TRITUTACIO	2.00	6.00	42.98	0.0	85.96	0.0	85.96
23 OP. CARGADOR DE 1A	0.08	6.00	50.32	0.0	4.03	0.0	4.03
13 AYUDANTE	2.00	6.00	30.40	0.0	60.80	0.0	60.80
14 PEGON	2.00	6.00	30.40	0.0	60.80	0.0	60.80
IMPORTE / DIA :					211.59	0.0	211.59
SUMAS PARCIALES ( 122. DIAS ):					25813.44	0.0	25813.44

EQUIPO HR	DESCRIPCION	HRS TRAB	NO.UN.	COSTO UNITARIO		I M P O R T E		EQUIVALENTE \$ US
				\$LDC	\$ US	\$LDC	\$ US	
M 74	PLNTA DOSIFICADORA ORU25	1500.00	1.00	4.69	7.49	7035.00	11235.00	18270.00
M 26	CAT 950 CARGADOR FRONTAL	131.00	0.04	9.38	15.28	1228.78	2001.68	3230.46
M 64	BOMBA FLYGT B-2125	207.00	1.00	1.35	0.64	279.45	132.48	611.93
SUMAS PARCIALES						8543.23	13369.16	21912.39
TOTAL COSTO BASICO						34356.67	13369.16	47725.83

COSTO BASICO 56 = TOTAL COSTO BASICO / VOL      2.31      0.90      3.20



64 COSTO BASICO 205.FP.05

COLOCACION DE CONCRETO PANTALLA.

VOL

14900.000 M3

INICIO DIA

395

FIN DIA

71/

MANO DE OBRA		CANTIDAD	JORNAL	COSTO UNITARIO		I M P O R T E		EQUIVALENTE
NR	DESCRIPCION			\$LOC	\$ US	\$LOC	\$ US	
22	CABO "A"	2.00	6.00	58.28	0.0	116.56	0.0	116.56
36	VIBRADORISTA	6.00	6.00	30.40	0.0	182.40	0.0	182.40
13	AYUDANTE	6.00	6.00	30.40	0.0	182.40	0.0	182.40
IMPORTE / DIA :						481.36	0.0	481.36
SUMAS PARCIALES ( 122. DIAS ) :						58725.92	0.0	58725.92

MATERIALES		CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO		I M P O R T E		EQUIVALENTE
NR	DESCRIPCION			\$LOC	\$ US	\$LOC	\$ US	
97	LOTE DE MATERIALES (L)	1000.00	UNID	1.00	0.0	1000.00	0.0	1000.00
19	LOTE HERRAMIENTAS	5.00	XMO	58725.92	0.0	2936.30	0.0	2936.30
SUMAS PARCIALES						3936.30	0.0	3936.30

EQUIPO		HRS TRAB	NO.UN.	COSTO UNITARIO		I M P O R T E		EQUIVALENTE
NR	DESCRIPCION			\$LOC	\$ US	\$LOC	\$ US	
M 81	VIBRADOR ELECTRICO	4966.00	4.00	0.08	0.82	397.28	4072.12	4469.40
SUMAS PARCIALES						397.28	4072.12	4469.40
<b>TOTAL COSTO BASICO</b>						<b>63059.50</b>	<b>4072.12</b>	<b>67131.62</b>
COSTO BASICO 64 = TOTAL COSTO BASICO / VOL						4.23	0.27	4.51

85 COSTO BASICO 041.FP.02

CIMBRA DESLIZANTE P/PANTALLA.

VOL

14900.000 M3

INICIO DIA 395

FIN DIA 71:

MATERIALES

NR	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO		I M P O R T E		EQUIVALENTE
				¢LDC	¢ US	¢LDC	¢ US	¢ US
136	LOTE DE MATERIALES (E)	183131.20	UNID	0.0	1.00	0.0	183131.20	183131.20
97	LOTE DE MATERIALES (L)	72496.00	UNID	1.00	0.0	72496.00	0.0	72496.00
SUMAS PARCIALES						72496.00	183131.20	255627.20
TOTAL COSTO BASICO						72496.00	183131.20	255627.20
COSTO BASICO 85 = TOTAL COSTO BASICO / VOL						4.87	12.29	17.16

57 COSTO BASICO Z04.FP.01      TRANSPORTE DE CONCRETO      VOL      27181.000 M3-K      INICIO DIA      182      FIN DIA      78

MANO DE OBRA		CANTIDAD	JORNAL	COSTO UNITARIO		I M P O R T E		EQUIVALENTE
MR	DESCRIPCION			\$/LOC	\$/ US	\$/LOC	\$/ US	
48	OP. CAMION MEZCLADORA.	2.00	1.00	24.63	0.0	49.26	0.0	49.26
	IMPORTE / DIA :					49.26	0.0	49.26
	SUMAS PARCIALES ( 600. DIAS):					29556.00	0.0	29556.00
EQUIPO		HRS TRAB	NO.UH.	COSTO UNITARIO		I M P O R T E		EQUIVALENTE
MR	DESCRIPCION			\$/LOC	\$/ US	\$/LOC	\$/ US	
M 75	CAMION REVOLVEDORA 6 M3	5821.00	2.00	11.83	10.67	68862.43	62110.07	130972.50
	SUMAS PARCIALES					68862.43	62110.07	130972.50
	TOTAL COSTO BASICO					98418.43	62110.07	160528.50
	COSTO BASICO 57 = TOTAL COSTO BASICO / VOL					3.62	2.29	5.91

## 4.2. EXCAVACIONES SUBTERRANEAS

### 4.2.1. Generalidades

Los trabajos correspondientes a las excavaciones subterráneas consistían principalmente en:

- Excavación de portales (entrada y salida) del Túnel de Desvío Superior ( T.D.S. )
- Excavación del Túnel de Desvío Superior
- Trabajos en el Túnel de Descarga de Fondo

La excavación del Túnel de Descarga de Fondo no formó parte de este contrato, ya que ésta se hizo en la primera etapa del Proyecto.

Un aspecto importante era que el cliente no proporcionaba en primera instancia información detallada acerca de las condiciones y tipo de material que se encontrarían en las excavaciones del túnel, ya que los sondeos que se marcaban no correspondían en ningún caso al T.D.S. Posteriormente en una visita realizada al sitio, se estimó que el material sería roca sana (Andesita) con fracturas selladas de cuarzo, dado que se ampliaron sondeos cercanos al eje del T.D.S.

El Túnel de Desvío Superior tiene como función principal la de desviar las aguas del río al momento de estar

realizando los trabajos de sobre-elevación de la presa; por lo tanto su capacidad de gasto debe asegurar que no se tendrán problemas si se presentan avenidas en el río. Es muy importante realizar estos trabajos en el tiempo previsto en el programa, ya que de ello dependen, como ya dijimos, los trabajos en la presa. Sin embargo, como ya vimos en el inciso de rellenos, se comenzaría con la primera etapa de la presa en forma simultánea a la excavación del T.D.S., teniendo como seguridad el vertedor de la primera etapa del Proyecto en caso de alguna creciente del río. El Túnel de Desvío -- deberá entrar en funciones al momento de comenzar con la -- segunda etapa de colocación del enrocado de la presa.

#### 4.2.2. Excavación del Túnel de Desvío Superior

La excavación del T.D.S. se contempló en dos etapas:

- Excavación del Portal de Entrada
- Excavación del Portal de Salida y Túnel

Para llegar a esta decisión, es decir, dividir la excavación del túnel en dos etapas, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

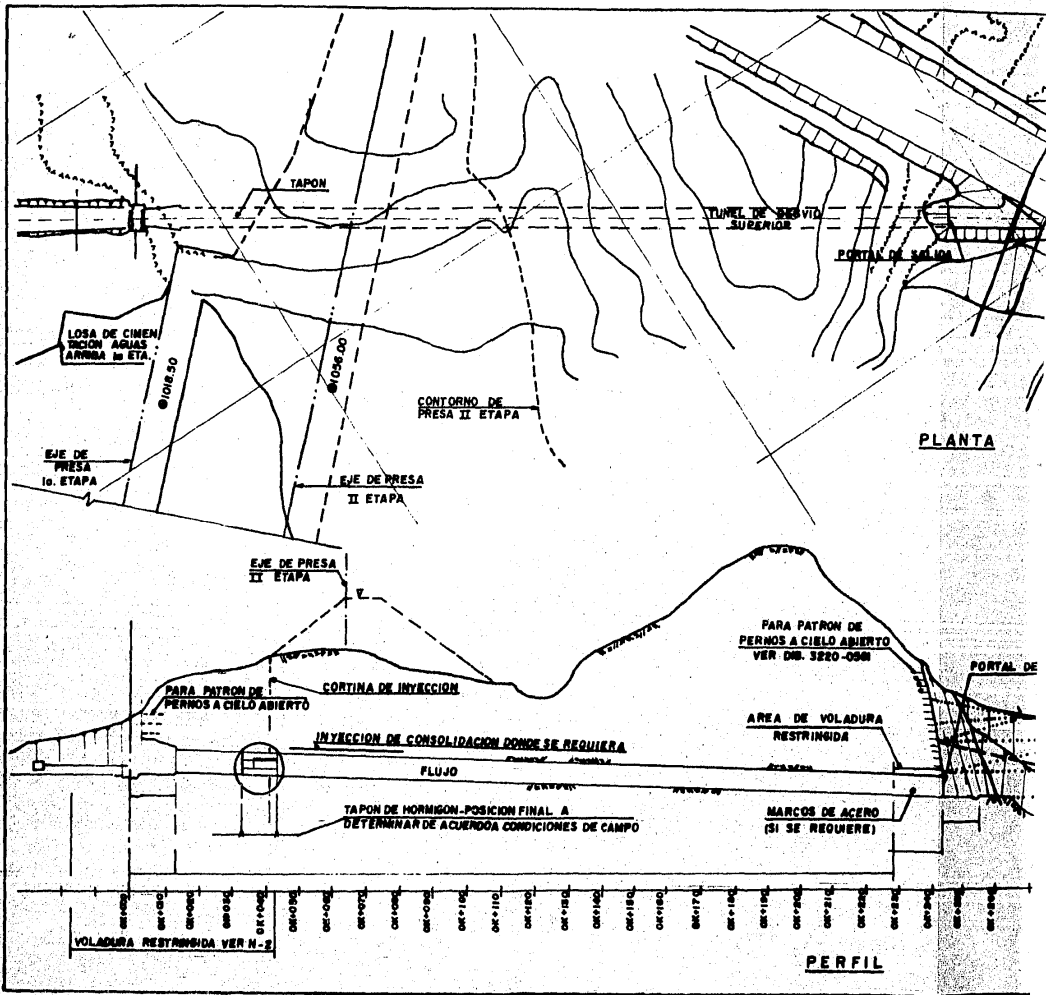
El objeto de excavar primero el Portal de Entrada era el de hacerlo hasta una cota tal que se asegure que el agua del embalse no afectará la excavación del Portal hasta

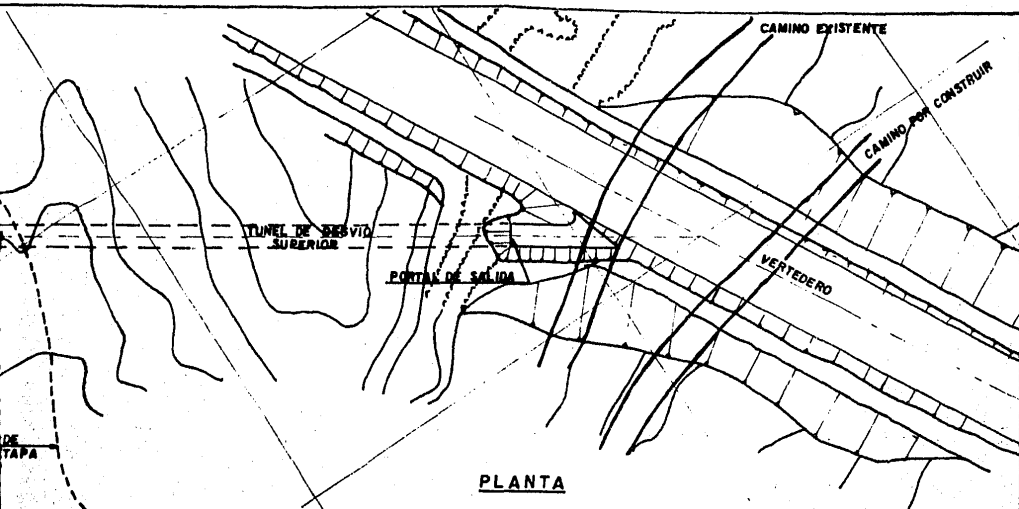
una distancia predeterminada y poder realizar las demás actividades subsecuentes, como lo son la instalación de los pernos de roca y las obras de concreto del Portal propiamente dicho. Con ello se tenía un solo frente de ataque para la excavación del túnel a partir del Portal de Salida, cuya excavación comenzaría a realizarse cuando la excavación del vertedor llegara a un nivel óptimo. Posteriormente comienza la excavación del túnel a partir del Portal de Salida y hacia el Portal de Entrada; esto asegura un manejo adecuado de las posibles aguas producto de filtraciones en la roca al ir avanzando la excavación, además de que el material producto de las excavaciones (rezaga) se acarrearía a través del túnel con pendiente a favor. La figura 18 nos muestra la planta y el perfil del Túnel de Desvío Superior, como se mostraba en los planos proporcionados por el cliente, además del sistema propuesto de excavación y pernado del Portal de Salida.

#### A) Excavación del Portal de Entrada

Con el objeto de hacer más claro el procedimiento de excavación para el Portal de Entrada se elaboró la figura 19 cuya secuencia se describe a continuación:

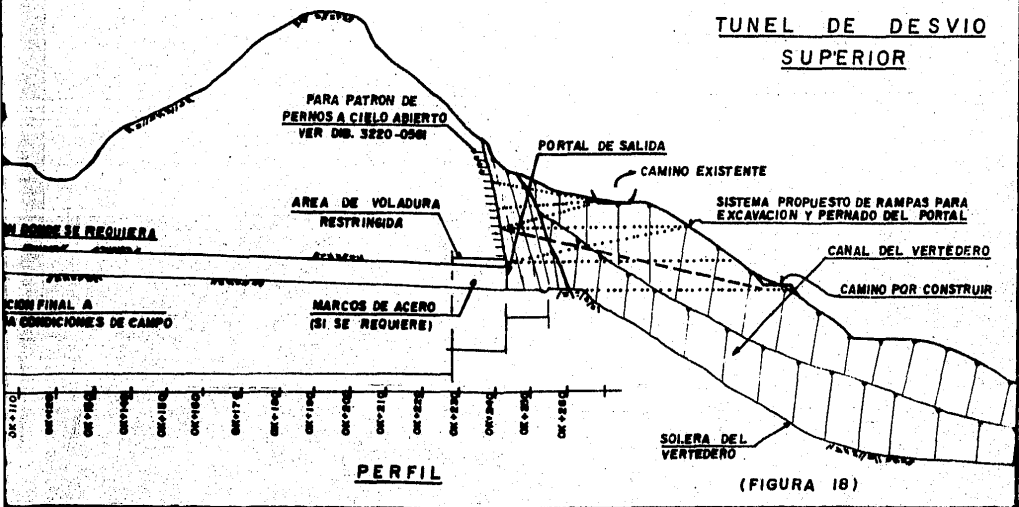
D1) Se construirá un acceso de la elevación 1020 en la zona de la cantera a la elevación 1011, que llega al nivel de la clave del Túnel en el Portal de Entrada.





**PLANTA**

**TUNEL DE DESVIO SUPERIOR**



**PERFIL**

(FIGURA 18)



Con ello se pretende ir colocando los pernos de roca en forma consecutiva al ir excavándose el material en capas hasta llegar a la clave del Portal (1014) y realizar las operaciones de concreto lanzado requeridas.

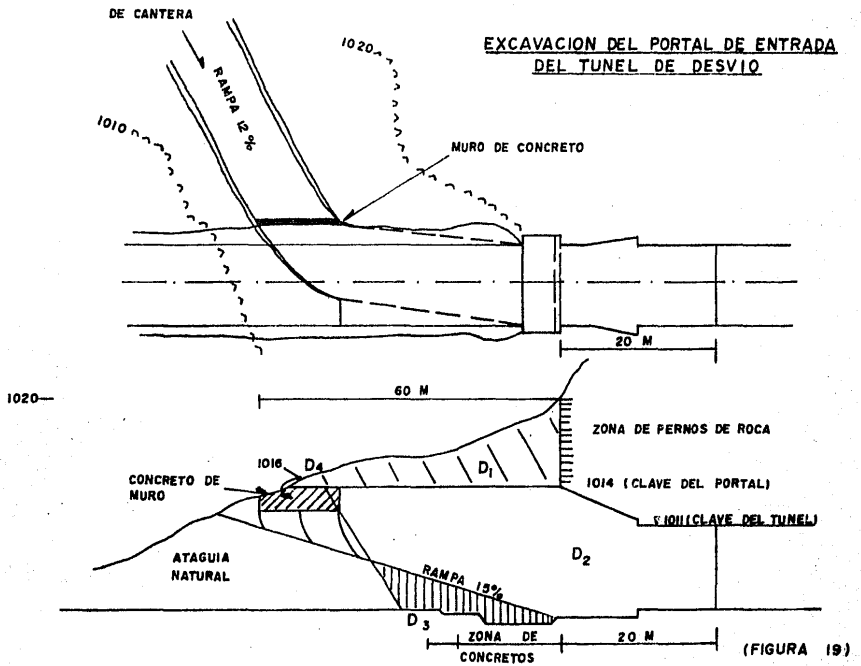
D2) Se excavará una rampa del nivel 1016 marcado - como nivel superior de la atagüa de protección (recomendada para evitar el paso del agua del embalse y/o filtraciones) - hasta llegar al nivel 1004, piso del túnel, y excavar la -- zona de transición interior desde la Entrada del Portal hasta el cadenamamiento + 20 m, a partir de la estructura de entrada.

D3) Se excavará la parte inferior de la rampa (15%) para dejar en dimensiones de proyecto la zona de concretos - de la estructura de entrada, utilizando exclusivamente Tractor D6 y Cargador CAT-950.

D4) Se colocará un muro de concreto para cerrar la atagüa al nivel 1016, con el objeto de asegurar los trabajos posteriores a la excavación, como son la excavación del - - túnel, concretos y montaje de compuertas.

El equipo propuesto para la excavación del Portal de Entrada será el mismo que para la excavación del Portal de Salida y la excavación en roca para caminos permanentes.

**EXCAVACION DEL PORTAL DE ENTRADA  
DEL TUNEL DE DESVIO**



Estos tres conceptos se calcularon bajo un solo costo y su distribución en el tiempo será dada por el programa de construcción.

Resumen de Equipo:

- Compresor 750 PCM
- Track Drill Fixtrack
- Perforadoras de Piso
- Tractor D8 con Ripper para la excavación común
- Tractor D8 sin Ripper para arrume de material

Resumen de Materiales:

- Acero de barrenación (barra cople, zanco, broca)
- Barras de acero integral
- Dinamita
- Agente Explosor
- Estopines
- Alambre de quema
- Mangueras

El volumen a excavar en el Portal de Entrada es, - -  
según las cubicaciones:

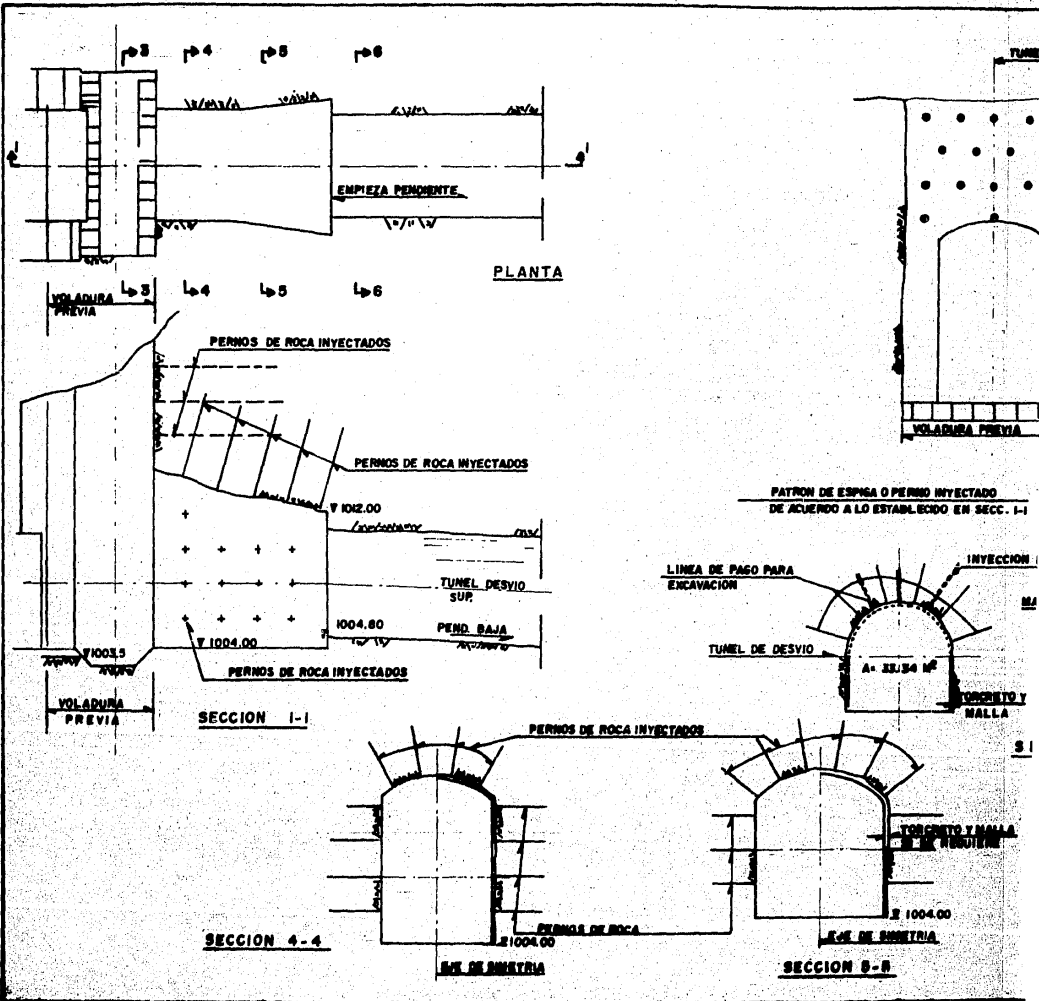
- Excavación en roca:	4 108 m <sup>3</sup> <sub>b</sub>
- Excavación material común:	1,028 m <sup>3</sup> <sub>b</sub>
<b>VOL. TOTAL PORTAL ENTRADA</b>	<b>5 136 m<sup>3</sup><sub>b</sub></b>

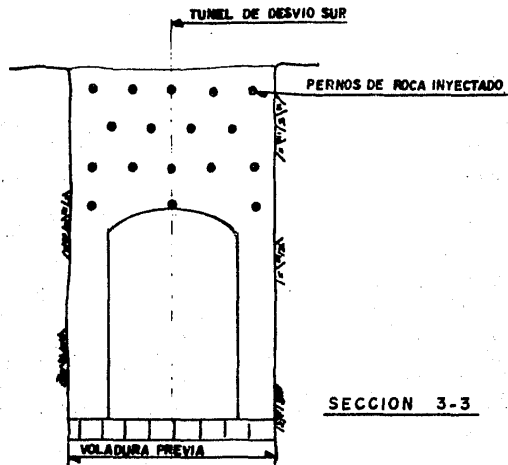
En la figura 20 podemos apreciar la planta, el corte y algunas secciones del Portal de Entrada, así como también el patrón de pernos de roca sobre la clave del mismo.

#### B) EXCAVACION DEL PORTAL DE SALIDA Y DEL TUNEL

Terminada la excavación del vertedero del nivel 995 al nivel 1030 se continuará con la excavación y pernado del Portal de Salida utilizando rampas conectadas a dos caminos, uno ya construido y otro por construirse, tal y como se muestra en la figura 18. El objeto es tener acceso permanente al corte del portal para poder colocar los pernos de roca - hasta la clave del portal de salida, con la distribución mostrada en la figura 21, al mismo tiempo que se continua con - la excavación hasta el piso del túnel. Una vez que se llegue al piso en el Portal de Salida se comenzará con la excavación del túnel hacia aguas arriba hasta comunicar con el cadena - miento + 20, donde se dejó de excavar a partir del Portal - de Entrada. El camino superior (ya construido) que se muestra en la figura 18 quedará sin uso al momento de continuar la excavación del Portal de Salida y todos los movimientos - posteriores de acarreo de rezaga, transporte de equipo, etc. se harán por el camino inferior señalado en la misma figura.

En líneas generales la barrenación en el portal se - hará con Perforadoras de Pierna y Track Drill neumáticos,



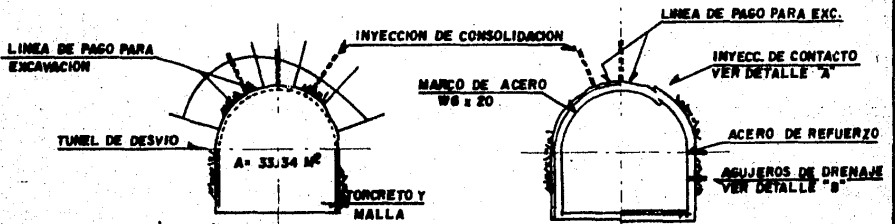


SECCION 3-3

PATRON DE ESPIGA O PERNO INYECTADO  
DE ACUERDO A LO ESTABLECIDO EN SECC. 1-1

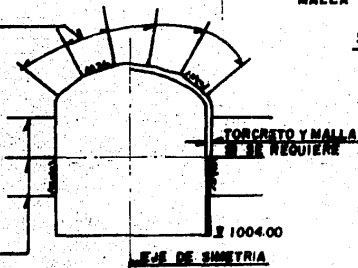
SECCION REFORZADA  
CON ACERO Y TORCRETO

EJE DE SIMETRIA  
SECCION REVESTIDA  
DE HORMIGON



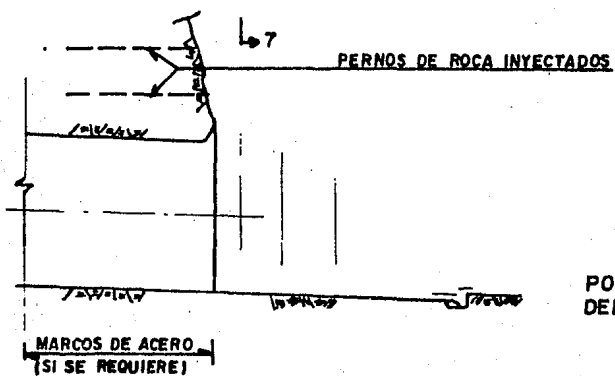
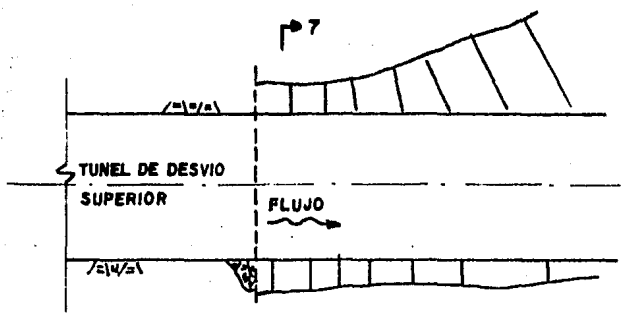
SECCION 6-6

PORTAL DE ENTRADA  
DEL TUNEL DE DESVIO SUP.

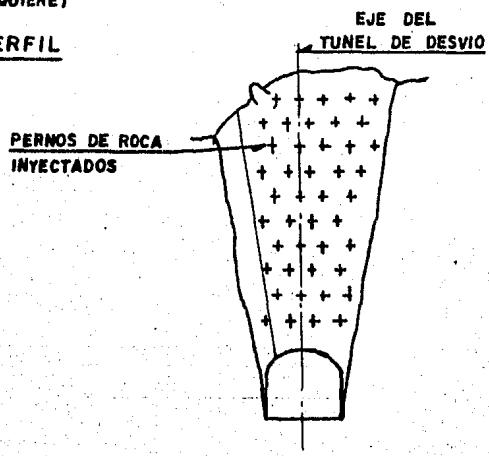


SECCION 5-5

(FIGURA 20)



PORTAL DE SALIDA DEL TUNEL DE DESVIO SUPERIOR



(FIGURA 21)

alimentados por Compresores de 750 PCM. Dentro del túnel - las barrenaciones se harán también con Perforadoras de Pierna de acuerdo con las plantillas establecidas para optimizar - las voladuras, ya que dichas Perforadoras estarán instaladas en una estructura montada sobre un Camión de Volteo. La re- zaga del material producto de las excavaciones se hará por medio de un Cargador 966, el cual depositará el material en el patio de maniobras o directamente a un Camión de Volteo. Al ir avanzando en la excavación del túnel se trabajará en - la instalación de las obras complementarias como son el sopor te del túnel, pernado, concreto lanzado, tuberías de ventila ción, tuberías de agua, iluminación etc.

Considerando que la excavación del túnel propiamente dicha es el aspecto de mayor relevancia del conjunto de las obras subterráneas, por todas las actividades que implica, a continuación detallamos el análisis del cual saldría el - costo de dicha excavación que fue presentado en la propuesta.

Para ello tenemos los datos siguientes:

- Longitud del Túnel = 243 m
- Area de sección túnel =  $33.34 \text{ m}^2$
- Volúmen de exc. total =  $8\ 800 \text{ m}^3$  (coincide con cub.)
- Duración de la actividad = 50 días  
( según el programa )



En base a la experiencia de otros concursos se determinó un diagrama de barrenación tipo, mostrado en las figuras 22 y 23.

El avance por perforación estimado era de 2.40 por perforación, lo que nos da un avance real por voladura de - 2.10 m.

Por lo tanto tenemos:

$$\begin{aligned} \text{No. de voladuras} &= \frac{243 \text{ m}}{2.10\text{m}} \quad (\text{long. del túnel}) \\ &\quad (\text{avance por vol.}) \end{aligned}$$

$$\text{No. de vol.} = 115.7$$

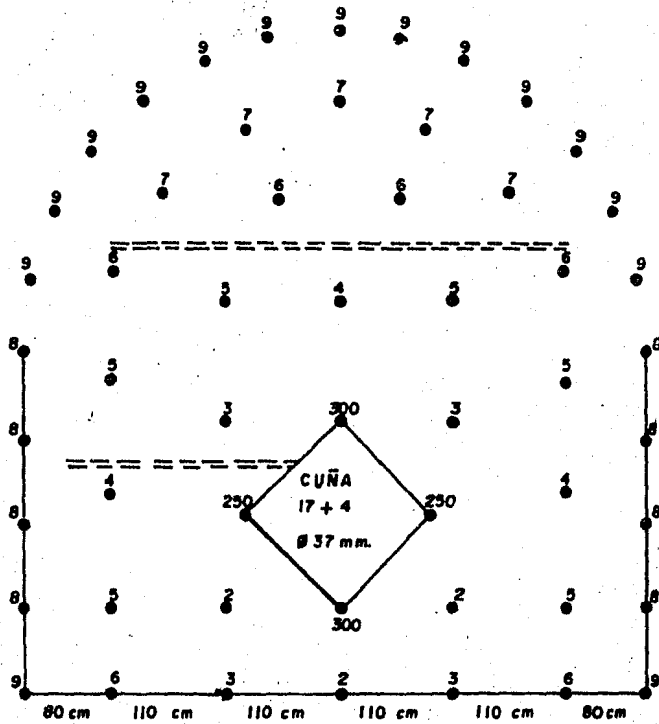
#### EQUIPO DE BARRENACION

Para la barrenación utilizaremos Perforadoras de -- Pierna y Compresor.

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento Perforadoras} &= 3.20 \text{ hrs/voladura (avance 2.10m)} \\ \text{No. de horas por Perforadora} &= 115.7 \text{ Vol.} \times 3.2 \text{ hrs} = 370.28 \text{ hrs} \end{aligned}$$

Total de horas Perforadora considerando 7 Perforadoras para barrenar la sección completa del túnel =

$$370.28 \text{ hrs de barrenación} \times 7 \text{ Perforadoras} = 2592 \text{ hrs total}$$



**TUNEL DE DESVIO SUPERIOR**  
**DIAGRAMA DE BARRENACION**

(FIGURA 22)



No. de equipos total = 7 Perforadoras  
 = 2 Compresores

Consumo de Perforadoras \* 150 PCM

Horas de Compresor = 370.26 hrs. barr. X 2 = 741 hrs.

### MATERIAL DE BARRENACION

- Dinamita : fc =  $1.2 \text{ Kg/m}^3$   
 $8 \text{ 800 m}^3 \text{ exc. total X } 1.2 \text{ Kg/m}^3 = 10,560 \text{ Kg dinamita}$
- Estopines de 4m: 60 pzas/Vol X 115.7 Voladuras = 6,942 pzas
- Primacord: 16 (barrenación de precorte) X (2.40 + 0.60) = 48 m/vol.  
 $48 \text{ m/vol X } 115.7 \text{ Vol.} = 5 \text{ 554 m.}$
- Alambre de quema: 200m/Vol X 115.7 Vol. = 23,140 m  
 (se consideran 200 m pues se añade el alambre para otros usos)
- Acero de barrenación:  
 + de 7/8" X 2.40m = 70 barrenos X 2.40 m de perf.  
 = 168 m de barrenación/quema  
 $168 \text{ m X } 115.7 \text{ Vol.} = 19,438 \text{ m de barrenación total}$   
 Rendim. de las barras = 250 m de barrenación cada una

19,438 m = 78 piezas  
250m/pza

+ de 7/8" X 1.60 m = 5 piezas

Otros materiales considerando la longitud del túnel:

+ Tubería Nylon  $\phi$  6" = 300 m  
 + Tubería para agua  $\phi$  2" = 300 m  
 + Tubería de ventilación  $\phi$  24" = 250 m  
 + Alumbrado (cables) = 1 000 m  
 + Lote de materiales = 3 000 U.S. Dlls.  
 + Mangueras  $\phi$  1" = 250 m  
 + Mangueras  $\phi$  2" = 30 m  
 + Válvulas de paso  $\phi$  1 1/4" = 10 pzas.

#### EQUIPO DE REZAGA

Cargador CAT 966 C

Ciclo: Carga = 0.02 hrs.

Descarga = 0.01 hrs.

Tránsito = 0.150 km (dist. prom. acarreo)  
10 Km/hr (Vel. en túnel)

= 0.015 X 2 (ida y vuelta)

T O T A L 0.06 hrs/ciclo

Rendim. = 16.6667 ciclos/hr X 3 M<sup>3</sup>/ciclo = 50 M<sup>3</sup>/hr

Tenemos ahora el área de sección de túnel

A = 33.34 m<sup>2</sup>

Volumen por voladura =  $33.34 \text{ m}^2 \times 2.10 \text{ m}$  de profund. de vol.

$$\text{Voladura} = 70.01 \text{ m}^3_b$$

Estos  $70.01 \text{ m}^3$  son  $\text{m}^3$  en banco, por lo que aplicando factor de 1.6 de abundamiento.

$$70.01 \text{ m}^3_b \times 1.6 = 112.02 \text{ M}^3 \text{ sueltos por voladura}$$

Calculamos ahora el tiempo de rezaga total para el Cargador:

$$\text{CAP. DEL CUCHARON} = 3.0 \text{ M}^3_s$$

$$\frac{112.02 \text{ M}^3_s}{3.0 \text{ M}^3_s/\text{ciclo}} \times 0.06 \text{ hrs/ciclo} = 2.24 \text{ horas/volad.}$$

$$\text{Tiempo total cargador} = 2.24 \text{ hrs} \times 115.7 \text{ Vol.} = \underline{259 \text{ Hrs}}$$

# de equipos: viendo el programa vemos que podemos cumplir la actividad con un solo equipo.

#### CARGA Y TRANSPORTE DEL MATERIAL DE REZAGA

A partir del portal de salida consideramos que la mitad del material de rezaga fue descargado en camiones de Volteo disponibles, directamente por el Cargador que efectuó dicha rezaga. Sin embargo la otra mitad del volumen se depositó en el patio del portal, y por lo tanto su carga a los camiones de volteo se considera aparte.

$$\text{Tenemos: } \frac{8\ 800\ \text{m}^3}{2} \text{ de rezaga} = 4\ 400\ \text{m}^3$$

(se consideran  $\text{m}^3$  por ser un volumen incierto)

$$\text{Rendimiento de un Cargador 966 C cargando a volteos} \\ = 153.6\ \text{m}^3/\text{hr.}$$

$$\frac{4\ 400\ \text{m}^3}{153.6\ \text{m}^3/\text{hr}} = 28\ \text{horas}$$

Estas horas las sumaremos a las 259 hrs. en la rezaga para efectos de costo

$$259 + 28 = 287\ \text{hrs totales de cargador}$$

Para el acarreo de los  $8\ 800\ \text{m}^3$  producto de las excavaciones del túnel consideramos que dicho material se utilizará en un 100% en el enrocado de la presa, por lo que medimos entonces la distancia a partir del portal de salida del del túnel hacia la zona del enrocamiento de la presa. Utilizaremos Volteos R-22.

$$\text{- Vol. a acarrear } 8\ 800\ \text{m}^3 \times 1.6\ (\text{f.abund}) = 14,080\ \text{M}^3\text{S}$$

$$\text{- Cap. del camión} = 22\ \text{Ton} \times 907\ (\text{para ton.largas}) = 19,954\ \text{Ton}$$

$$\text{- Peso Volumétrico del material (Andesita)} = 1\ 760\ \text{Kg}/\text{m}^3$$

$$\frac{19,954\ \text{Ton}}{1,760\ \text{Ton}/\text{m}^3} = \text{cap. del volteo} = 11.33\ \text{M}^3$$

- Ciclo: la presa se encuentra a 600 m

Carga: 3.54 min

Acarreo  $\frac{0.600 \text{ Km}}{20 \text{ Km/hr}} \times 60 \text{ Min/hr} = 1.8 \text{ min}$

Retorno:  $\frac{0.600}{25 \text{ Km/hr}} \times 60 = 1.44 \text{ min.}$

Maniobras y descarga:  $\frac{2.5 \text{ min}}{\text{T O T A L}} = 9.28 \text{ min.}$

Rendim. =  $\frac{60 \text{ min/hr}}{9.28 \text{ min.}} \times 11.33 \text{ M}^3 \text{ capac. Volteo} = 73.25 \text{ M}^3/\text{hora}$

$\frac{14,080 \text{ M}^3\text{S}}{73.25 \text{ M}^3/\text{hr}} = 192 \text{ hrs.}$

# de equipos:  $\frac{192 \text{ hrs}}{300} \times \frac{30.44}{50} = 0.3$

300 (hrs. asumidas que trabaja el equipo en un mes)

30.44 (365.25 días/año ÷ 12 meses/año)

50 (duración de la actividad en días)

### OTROS EQUIPOS

- Planta de luz de 75 KV (para emergencias)

50 días X 24 hrs/día = 1 200 hrs



MANO DE OBRA		CANTIDAD	JORNAL	COSTO UNITARIO		I M P O R T E		EQUIVALENTE
NR	DESCRIPCION			\$/LOC	\$/ US	\$/LOC	\$/ US	
22	CABO "A"	2.00	4.00	30.88	0.0	61.76	0.0	61.76
22	CABO "A"	1.00	1.00	28.53	0.0	28.53	0.0	28.53
45	PERFORISTA EN TUNEL	14.00	4.00	21.10	0.0	295.40	0.0	295.40
45	PERFORISTA EN TUNEL	7.00	1.00	19.50	0.0	136.50	0.0	136.50
13	AYUDANTE	14.00	4.00	16.11	0.0	225.54	0.0	225.54
13	AYUDANTE	7.00	1.00	14.88	0.0	104.16	0.0	104.16
14	PEON	10.00	4.00	16.11	0.0	161.10	0.0	161.10
14	PEON	5.00	1.00	14.88	0.0	74.40	0.0	74.40
34	OP. COMPRESOR	2.00	4.00	17.22	0.0	34.44	0.0	34.44
34	OP. COMPRESOR	1.00	1.00	15.91	0.0	15.91	0.0	15.91
39	OP. PLANTA DE LUZ	2.00	4.00	17.22	0.0	34.44	0.0	34.44
39	OP. PLANTA DE LUZ	1.00	1.00	15.91	0.0	15.91	0.0	15.91
49	MANIOBRISTA 1A	2.00	4.00	19.66	0.0	39.32	0.0	39.32
49	MANIOBRISTA 1A	1.00	1.00	18.17	0.0	18.17	0.0	18.17
43	POBLADOR	2.00	4.00	17.22	0.0	34.44	0.0	34.44
43	POBLADOR	1.00	1.00	15.91	0.0	15.91	0.0	15.91
8	ELECTRICISTA 1A	2.00	4.00	21.10	0.0	42.20	0.0	42.20
8	ELECTRICISTA 1A	1.00	1.00	19.50	0.0	19.50	0.0	19.50
35	OP. BOMBA DE AGUA	2.00	4.00	17.22	0.0	34.44	0.0	34.44
35	OP. BOMBA DE AGUA	1.00	1.00	15.91	0.0	15.91	0.0	15.91
23	OP. CARGADOR DE 1A	2.00	4.00	26.66	0.0	53.32	0.0	53.32
23	OP. CARGADOR DE 1A	1.00	1.00	24.63	0.0	24.63	0.0	24.63
IMPORTE / DIA :						1485.93	0.0	1485.93
SUMAS PARCIALES ( 50. DIAS):						74296.50	0.0	74296.50

MATERIALES		CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO		I M P O R T E		EQUIVALENTE
NR	DESCRIPCION			\$/LOC	\$/ US	\$/LOC	\$/ US	
91	DINAMEX	10560.00	KG	2.72	0.0	28723.20	0.0	28723.20
93	ESTOPIN 4 MTS.	6942.00	PZA	1.00	0.0	6942.00	0.0	6942.00
92	CORD. DETONANTE(PRIMACORD	5554.00	M	0.60	0.0	3332.40	0.0	3332.40
142	ALAMBRE DE QUEMA	23140.00	M	0.0	0.06	0.0	1388.40	1388.40
76	BARRAS 7/8" X 8'	78.00	PZA	0.0	75.30	0.0	5875.40	5875.40
69	BARRAS 7/8" X 6'	5.00	PZA	0.0	63.20	0.0	316.00	316.00
124	TUBERIA ACERO NYLOR 6"	300.00	M	0.0	8.00	0.0	2400.00	2400.00
34	TUB. ACER. GALVAN. 2"	300.00	M	6.85	0.0	2055.00	0.0	2055.00
122	TUBERIA VENTIFLEX 24"	250.00	M	0.0	8.50	0.0	2125.00	2125.00
56	CAB. COBR. DESNUDO AND 4/0	1000.00	FT	2.80	0.0	2800.00	0.0	2800.00
19	LOTE HERRAMIENTAS	3.00	XMO	74296.50	0.0	2228.89	0.0	2228.89
116	MANGUERA DE 1"	250.00	M	0.0	10.48	0.0	2620.00	2620.00
117	MANGUERA DE 2"	30.00	M	0.0	24.47	0.0	734.10	734.10
118	VALV. PASO RAPIDO 1 1/4"	10.00	PZA	31.43	0.0	314.30	0.0	314.30

114	CONEXION DIXON BOSS 2"	2.00	PZA	68.28	0.0	136.56	0.0	136.56
SUMAS PARCIALES						46532.35	15456.90	61989.25

EQUIPO NR	DESCRIPCION	HRS TRAB	HO.UN.	COSTO UNITARIO		I M P O R T E		EQUIVALENTE
				0L0C	0 US	0L0C	0 US	0 US
M 50	COMPRESOR PORTATIL 750	741.00	2.00	12.94	4.57	9588.54	3386.37	12974.91
M 67	PERFORADORA DE PIERNA	2592.00	7.00	0.09	1.21	233.28	3136.32	3369.60
M 29	CAT 946C CARGADOR FRONTL	287.00	1.00	11.68	18.28	3392.16	5246.36	8638.52
L 40	TEREX R22 VOLTEO PESADO	192.00	0.30	14.92	15.55	2193.24	2285.85	4479.09
M 98	PLANTA LUZ 3406TA 175 KW	600.00	1.00	30.76	2.34	18456.00	1404.00	19860.00
M 63	BOMBA FLYGT B-2066	370.00	1.00	0.44	0.29	162.80	107.30	270.10
P 55	CAMION VOLTEO F-600-P	1200.00	1.00	6.86	7.86	8232.00	9432.00	17664.00
M 103	VENTILADOR 60	360.00	1.00	3.43	0.41	1234.80	147.60	1382.40
SUMAS PARCIALES						43452.82	25145.80	68598.62
TOTAL COSTO BASICO						164281.67	40602.70	204884.38
COSTO BASICO 63 = TOTAL COSTO BASICO / VOL						18.67	4.61	23.28

- Bomba de agua (Flyght 300 H.P.) = 370 hrs.
- Camión de Volteo para montaje de Perforadoras de Túnel = 1,200 hrs.
- Ventilador  $\emptyset$  24" = 30 días X 24 Hrs/día = 720 hrs

#### MANO DE OBRA

La correspondiente para la operación de los equipos.

En seguida se muestra el costo calculado por medio de la ayuda de una computadora, el cual consta de mano de obra, materiales y equipo. Lo anterior, en función del volumen y la duración, nos da el costo final de 23.28 U.S. Dls.

#### 4.2.3. Sistemas de Soporte en el Túnel de Desvío Superior

Dentro de este concepto se incluían pernos para roca y accesorios, sistemas de soporte directo cuyos componentes consisten en marcos de acero y accesorios y la malla metálica elaborada, que se instalaría en las zonas no revestidas del túnel.

El objetivo de los soportes en la excavación es el de mantener dicha excavación durante la construcción protegiendo al personal que ahí labore, además de asegurar la --

estabilidad del túnel al momento de entrar en operación.

En los planos se mostraba solo una distribución típica del pernado (ver figura 20) lo cual implicaba que el número de éstos eran incierto aún para el cliente. Además de ello el soporte por medio de marcos de acero no se mostraba en los planos, es decir, no se indicaba la longitud del túnel que abarcaría ni la posición. Todos los conceptos de soporte se señalaban en la Lista de Cantidades del Cliente con una cantidad aproximada, por lo que el cálculo del costo se hizo en base a dichas aproximaciones.

En el inciso 4.1.4. de este capítulo hablamos de las inyecciones de contacto y consolidación utilizadas para darle también estabilidad a la excavación y detener en lo posible las filtraciones de agua, con lo cual se complementan los trabajos de soporte tratados. A continuación se describe el proceso que se sigue para la instalación de soportes haciendo mención de los materiales y equipos utilizados para tal fin.

#### PERNOS DE ROCA

Estos elementos de soporte se dividieron en tres partes conforme lo especificaba el cliente en:

- Pernos de roca inyectados
- Pernos de roca no inyectados
- Espigas inyectadas

LOS PERNOS DE ROCA, tanto inyectados como no inyectados constan de las siguientes partes:

- Pernos
- Placas de apoyo
- Tuercas, grado B, hexagonales
- Arandelas aceradas, enfriadas por inmersión y templadas
- Arandelas achaflanadas
- Lubricante de rosca, con compuesto anticorrosivos

LAS ESPIGAS DE ROCA, constan de las siguientes partes:

- Pernos
- Placas de apoyo
- Tuercas
- Arandelas
- Lubricante de rosca

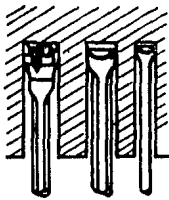
#### PROCEDIMIENTOS DE COLOCACION DE PERNOS DE ROCA

En la figura 24 se muestran los pasos que se siguen en la colocación de pernos inyectados, tanto de lechada como

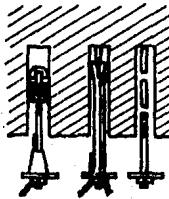
de resina epóxica. Por la experiencia obtenida cuando se excavó el túnel inferior de descarga de fondo, el cliente recomendó el uso de pernos de roca inyectados con resina. El uso de pernos de roca no inyectados se restringió exclusivamente a donde el cliente lo indicará, por lo que solo describiremos los pasos que se siguen en la colocación de los pernos de roca inyectados.

Primeramente se realiza la perforación de los agujeros (barrenos) donde se han de colocar los pernos. Dicha perforación se realizará por medio de Track Drill a las profundidades que se indican en los planos; el uso de este equipo es adecuado dada la sección del túnel. El diámetro de barrenos promedio era una poco mayor al diámetro pedido para pernos, que era de  $1 \frac{3}{8}$  de pulgada, con profundidades de 5 m (en el túnel) y de 7 m (en los portales).

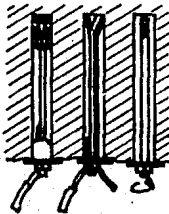
Posterior a la barrenación se pedía la limpieza del barreno por medio de agua a presión, con el objeto de remover el material sobrante que pudiera disminuir la capacidad de carga de los pernos. Una vez limpiado el agujero se procede a colocar el perno; en el caso de los pernos inyectados con resina epóxica se inserta primero el cartucho de resina (ver figura 24) y posteriormente el alma del perno. Una vez roto el cartucho se gira el perno hasta la profundidad requerida y después de unos segundos (según lo especifique el fabricante) se comienza a tensar dicho perno por medio de un gato



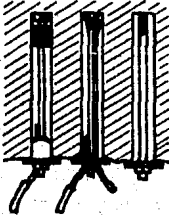
PERFORACION



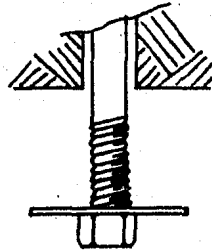
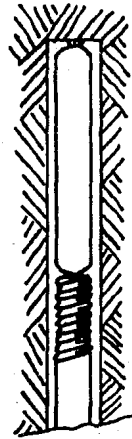
COLOCACION DE PERNOS



INYECCION



CONSOLIDACION Y TENSION



PERNO DE ROCA INYECTADO  
CON RESINA EPOXICA  
(TIPICO)

(FIGURA 24)

hidráulico y una tuerca que se apoya en la placa.

Para que la placa de apoyo quede firmemente sujeta a la superficie de roca se utilizan arandelas como las mostradas en la figura 25, evitando así la disminución de la tensión del perno por una colocación deficiente, como se muestra también en la misma figura. Ya colocado y tensionado el perno se elegirán algunos para instrumentarlos con el objeto de comprobar si no pierden tensión con el paso del tiempo. Algunas características especiales que se pedían para los pernos y espigas eran:

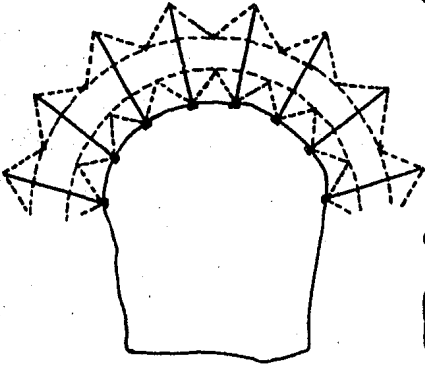
- Capacidad de soporte de los pernos: 16,000 Kg.
- Placas de acero de 20cm X 20cm X 10mm de espesor
- Arandelas de 2" de diámetro y 3 mm de espesor

#### MARCOS DE ACERO

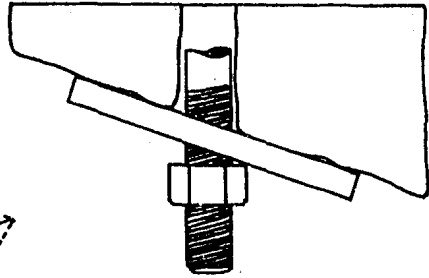
Para este concepto el cliente proponía que se utilizaran marcos hechos de perfiles de acero. Para tal propósito se eligieron los perfiles WF 6" X 20, lo cual nos indica perfiles Tipo "I" o "H" de 6 pulgadas de peralte con 20 lb/ft de peso.

En la figura 20, sección 6-6, podemos apreciar el perímetro que abarcan los marcos. Debido a que no se sabe con certeza en que tramos de túnel será necesario su uso, no se indica el espaciamiento que habrá entre ellos. Sin embargo se ha

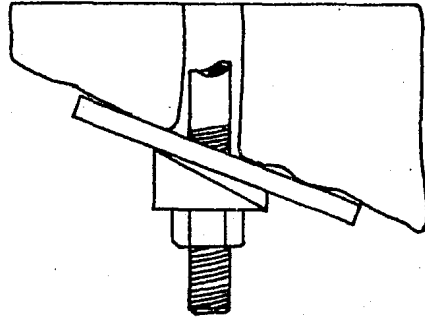




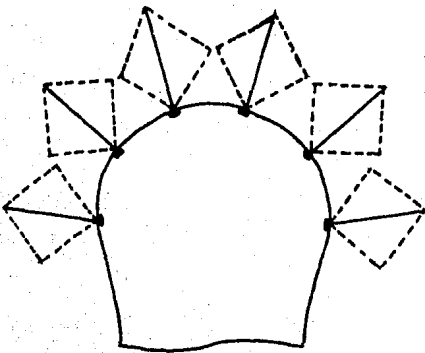
**PROCEDIMIENTO CORRECTO DE PERNADO  
CON ZONAS DE COMPRESION UNIFORME  
DEBIDAS AL ESPACIAMIENTO (CORRECTO)  
DE LOS PERNOS**



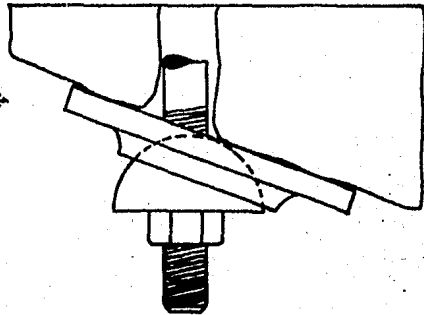
**COLOCACION INCORRECTA DE PLACA Y TUERCA**



**ARANDELAS DE AJUSTE PARA SUPERFICIE  
IRREGULAR DE ROCA.**



**PROCEDIMIENTO INCORRECTO. NO EXISTE  
INTERACCION DE LOS PERNOS.**



supuesto un pequeño tramo hacia el final del túnel y también una posible forma de colocación, consistente en llevar los - perfiles hasta el punto de montaje por medio de un Cargador CAT 966 C, el cual levantará cada tramo de perfil.

Se soldarán y remacharán los perfiles teniendo entre cada unión una placa de acero para tal efecto. El apuntalamiento de los marcos se hará a base de madera, hasta el - - momento en que el tramo soportado se revista de concreto. Debido a que en primera instancia se deberá colocar concreto lanzado en el tramo mencionado, se deberán hacer las preparaciones necesarias con tubería de PVC para los anclajes, inyecciones y drenajes.

#### 4.2.4. Túnel de descarga de Fondo

Ya hemos mencionado que la excavación de éste túnel se llevó a cabo en la primera etapa de este proyecto. Para la segunda etapa, es decir, para los trabajos a desarrollarse bajo este contrato, se pedía el ensanchamiento de un tramo del túnel, posterior a la limpieza de éste, para colocar un tapón de concreto con un tubo embebido de 2.1 m de diámetro. Dicho tapón estará aguas abajo de las compuertas existentes y el tubo se conectará a una válvula de mariposas seguida de un reductor cónico de tubería de 1.5 m de diámetro. En el

extremo del tubo de 1.5 m  $\emptyset$  se instalará una válvula de dispersión cónica y un revestimiento de acero cuadrado empotrado en concreto. El cliente proporcionará todos los equipos descritos, y los trabajos incluidos en la Lista de Cantidades se refieren únicamente al ensanchamiento de un tramo de túnel, al colado del tapón y a la instalación del equipo.

(5)

V PROGRAMA DE  
EJECUCION

El programa de ejecución para la sobre-elevación de la Presa Fortuna, se muestra al final de este capítulo. La programación de los trabajos para una presa depende de la fecha de recepción de la orden de inicio, de los períodos climatológicos la fecha en que los trabajos deberán ser completados, el tiempo requerido para la movilización de plantas y equipos, las fechas de inicio de cada etapa del desvío, el tiempo empleado para la excavación de la fundación de la presa y las fechas en las que se deberá comenzar con la colocación de los concretos.

En el caso particular de esta obra pudimos observar que la ruta crítica está definida por sí misma dado que la secuencia de los trabajos guarda un orden por demás lógico.

El cliente ha proporcionado un programa tentativo en el cual muestra ciertas "fechas bandera" que son las fechas en las que se deberá haber llegado a completar alguna etapa de la obra y son las siguientes:

- (a) Fecha en la que se deberán terminar los trabajos en la descarga de fondo
- (b) Fecha en la que deberá estar completa la Fase I de la sobre - elevación.
- (c) Fecha en la que deberán estar completos los trabajos del Túnel de Desvío Superior (T.D.S.)

- (d) Fecha de terminación de actividades para la Fase II del proyecto.
- (e) Fecha de recepción de la obra por parte del cliente.

Para la elaboración del Programa definitivo se analizaron varios programas preliminares, los cuales fueron ajustándose hasta llegar al que, en este capítulo, se presenta.

La interrelación de actividades fue organizada de tal manera que se trataron de optimizar los recursos con los que se contaba.

Después de calcularse los tiempos de movilización y acondicionamiento de los caminos de acceso se procedió a iniciar -- los trabajos en la Cantera, para excavar el material común necesario para su posterior explotación, al mismo tiempo se realizan actividades en la fundación de la presa así como los preparativos -- en la descarga de fondo.

Es importante destacar que la región donde se ubica la obra es de alta precipitación pluvial por lo que esto puede hacer que los rendimientos esperados hayan sido afectados por un factor que interviene reduciendo la efectividad del equipo.

Se han distribuido los equipos de manera que un mismo equipo esté alternando sus actividades para su mejor aprovechamiento. Como ejemplo se puede ver el material común del vertedero, el cual se excavará primero en la parte superior, luego, la primera mitad del sexto mes, bajará al nivel intermedio de la estructura mencionada para abrir el frente de roca en ese sitio; terminado esto, volverá a la parte superior hasta concluir, luego se volverá a descender el equipo para excavar el nivel inferior del vertedor y una vez terminado el equipo procederá a excavar el material común de la margen derecha sobre la elevación 1020m en el estribo derecho de la segunda etapa del proyecto.

Cabe mencionar también que el desarrollo adecuado de la obra depende de que en la Cantera se tenga el nivel de producción adecuado para el suministro de material para la formación del pedraplén y las plantas de producción de agregados y concretos. Se instalarán cuatro equipos de perforación en la Cantera para poder conseguir lo antedicho, ayudando ocasionalmente con esos equipos a la barrenación en otros frentes como por ejemplo en la excavación subterránea del T.D.S.

Durante la construcción de la primera etapa del enrocamiento (10.5 meses) se estará excavando también el T.D.S. teniendo el vertedor construido en la primera etapa funcionando durante ese período para después, en la segunda fase cerrar el vertedor y al mismo tiempo poner en funcionamiento el T.D.S.

Para la colocación de la pantalla de concreto impermeable se deberá esperar hasta que el enrocamiento de la presa esté concluido asegurando que los asentamientos más significativos ya hayan sucedido y evitandose así cualquier tipo de esfuerzos adversos que pudieran afectar a la estructura de dicha pantalla.

Es importante señalar que, en base a lo anterior, se ha podido reducir el tiempo de construcción de toda la obra para proporcionar al Cliente una propuesta más atractiva. Por otro lado esto conlleva a un mejor manejo de los frentes y a una responsabilidad en el buen criterio de los análisis realizados. Es confianza del equipo de trabajo que ha afectuado la propuesta cumplir con las metas establecidas y tratar de mejorarlas todo lo que sea posible durante la construcción de la obra.







VI COMENTARIOS Y  
CONCLUSIONES

Hemos visto como se desarrolla, en forma general, el análisis de una obra en base a los procedimientos constructivos de mayor relevancia. Muchos de los conocimientos aquí aplicados tienen una base experimental directa a través de las experiencias en obras similares, lo cual contribuye a optimizar cada vez más, tanto la planeación de procedimientos como la ejecución de los mismos. No obstante, los métodos aquí expuestos son susceptibles de mejoras, dependiendo de las circunstancias que rodean a la planeación de concursos para la construcción de obras en el extranjero. Es aquí donde cabe hacer el siguiente comentario acerca de la situación actual del mercado mundial de la construcción.

La Ingeniería Mexicana se ha desarrollado a la par e inclusive, en algunos casos, a la vanguardia de las ingenierías extranjeras sobre todo en el área de la ingeniería civil. Esto permitió que en décadas pasadas las empresas constructoras mexicanas compitieran con gran éxito en el extranjero, sobre todo en el mercado natural representado por los países de América Latina; sin embargo, a partir de la segunda mitad de la década de los setentas, la situación comenzó a cambiar por diversas circunstancias producto de una sucesión de hechos importantes.

Después de la Segunda Guerra Mundial las empresas

norteamericanas, europeas y orientales se dedicaron a la -  
reconstrucción de los campos de batalla. En México y en el -  
resto de América Latina se comenzaban a desarrollar empresas  
cuyo principal objetivo era la creación de infraestructura -  
propia; la economía mundial tuvo un repunte y esto originaba  
la construcción de proyectos de todo tipo.

Así transcurrieron los años cincuentas y sesentas -  
hasta que, en los años setentas, se comenzó a vislumbrar un  
cambio.

Los países europeos, norteamérica y los países orien-  
tales representados por Japón y Corea, habían terminado la -  
reconstrucción y se habían lanzado a competir entre sí en los  
países de África y Asia, mientras que en América Latina las  
empresas locales obtenían mejores resultados en los concursos  
que sus competidoras extranjeras. En este aspecto las empre-  
sas mexicanas que concursaban en proyectos fuera de su país  
lograron adjudicarse varios importantes contratos los cuales  
les otorgaron reconocimiento a nivel mundial.

Sin embargo, a raíz de los problemas en Medio Oriente, las -  
empresas de los países europeos, orientales y norteamericanos  
se volcaron sobre el mercado latinoamericano creando una - -  
feroz competencia, la cual ha llegado hasta nuestros días.

A la par de estos acontecimientos la economía mundial comenzó  
a sufrir un deterioro gradual que se reflejó en una drástica

disminución del volumen de obras y proyectos en los países subdesarrollados, lo que acentuó más la lucha por la obtención de los pocos contratos objeto de concurso. Debido a ésto, en la actualidad las empresas concursantes han intentado abatir sus costos en base a diferentes métodos, con el objeto de ser más competitivos. La disminución o inclusive anulación de las utilidades, la mejora de los métodos de control de ejecución y planeación de procedimientos, mayores rendimientos en maquinaria y equipos, el uso de las computadoras como herramienta en la ingeniería, la aplicación de la tecnología de vanguardia, la utilización de los recursos propios, la búsqueda de incentivos fiscales de los gobiernos por parte de las empresas, la creación de consorcios, etc., son solo algunos de los puntos en los cuales las empresas se apoyan para tratar de permanecer en el mercado. En México, debido a la grave crisis económica que se vive, las empresas exportadoras de tecnología corren riesgos originados por la inestabilidad del mercado cambiario interno. ya que para las inversiones en el extranjero se utiliza el dólar como moneda de pago. Aún así es necesario intensificar la búsqueda de formas de exportación como lo es la construcción, pero siempre teniendo en consideración los conceptos antes señalados.

Hemos procurado tener en cuenta todo lo considerado a la hora de analizar el "Proyecto Fortuna" en los procedimien

tos constructivos que se especificaron en su oportunidad. Es muy importante resaltar el hecho de que los costos que se -- obtienen a través del análisis de cada actividad se basan en suposiciones cuya realización es posible al momento de ejecutarse; ello le da más peso a la responsabilidad de los cons - tructores para cumplir con lo planeado en los análisis, pues de nada sirve una buena planeación sin una buena ejecución y viceversa. Nuestra intención al presentar este trabajo ha -- sido demostrar uno de tantos caminos posibles para el análisis de procedimientos constructivos, cuyo costo haga competitiva una propuesta. Cabe mencionar que el conjunto de toda la -- oferta presentada para el concurso del Proyecto Fortuna obtuvo el primer lugar en la Licitación llevada a cabo y para la cual concursaron empresas de gran renombre a nivel internacional.

- MECANICA DE SUELOS I Y II  
Juárez Badillo - Rico Rodríguez  
Ed. Limusa ( 1979 )
  
- ESTIMACION DE LOS COSTOS DE CONSTRUCCION  
Robert L. Peurifoy  
Ed. Diana ( 1982 )
  
- METODOS, PLANEAMIENTO Y EQUIPOS DE CONSTRUCCION  
Robert L. Peurifoy  
Ed. Diana ( 1982 )
  
- PLANNING AND ESTIMATING HEAVY CONSTRUCTION  
Albert D. Parker - Donald S. Barrie  
Ed. Mc Graw - Hill ( 1982 )
  
- PLANNING AND ESTIMATING DAM CONSTRUCTION  
Albert D. Parker  
Ed. Mc Graw - Hill ( 1980 )
  
- HANDBOOK OF HEAVY CONSTRUCTION  
Havers - Stubbs  
Ed. Mc Graw - Hill ( 1971 )
  
- OBRAS HIDRAULICAS  
Francisco Torres Herrera  
Ed. Limusa ( 1980 )
  
- TECNICA SUECA DE VOLADURAS  
Rune Gustafsson  
Ed. Nora Boktryckeri AB ( 1977 )
  
- ANZIEME CONGRES DES GRANDS BARRAGES  
Memorias del Congreso ( ICOLD )  
Madrid, España ( 1973 )



- DOUZIEME CONGRÈS DES GRANDS BARRAGES  
Memorias del Congreso ( ICOLD )  
México, D.F. ( 1976 )
  
- CATERPILLAR PERFORMANCE HANDBOOK  
14ª Edición ( 1983 )
  
- THE ART OF TUNNELLING  
Hároly Shéchy  
Ed. Akademiai Kiadó Budapest ( 1973 )
  
- APUNTES DE MOVIMIENTO DE TIERRAS I Y II  
Facultad de Ingeniería ( UNAM )
  
- HANDBOOK OF SURFACE DRILLING AND BLASTING  
Tamrock Inc. Finlandia ( 1978 )
  
- HANDBOOK OF UNDERGROUND DRILLING  
Tamrock Inc. Finlandia ( 1978 )