

60

2ej.

**FACTIBILIDAD TECNICA DEL DESVIO DEL
RIO FUERTE PARA LA CONSTRUCCION
DE LA PRESA HUITES, SIN.**

Gerardo Arturo García Sánchez

Abril 1988

Ciudad Universitaria, D. F.



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.

INTRODUCCION

México es un país con un potencial apreciable de recursos hidráulicos.

Ante la demanda de satisfactores por parte de la sociedad, que cambia de acuerdo con los tiempos, se han llevado a cabo numerosas obras que, tanto por su diseño como por su operación, son testimonio de la capacidad técnica de la ingeniería civil mexicana para entrelazar a la naturaleza con el hombre. En ese largo caminar, siempre ha estado presente la Presa como elemento esencial de modificación del régimen de disponibilidad del agua a través del tiempo; ya sea para utilizarla con fines de riego, abastecimiento a una población, generación hidroeléctrica, recreación, navegación o acuacultura.

Conscientes de las necesidades de un país como lo es México, las autoridades encargadas del aprovechamiento de los recursos hidráulicos han mostrado, desde hace ya muchos años, gran interés en incrementar día con día la magnitud de ese aprovechamiento a nivel nacional, mediante la realización de estudios, diseños y construcción de obras que, en su espacio y tiempo, serán de gran importancia. Tal es el caso del Proyecto Hidroeléctrico Huites.

La presa Huites, como se verá en el capítulo correspondiente, tendrá varios objetivos: los dos más importantes, sin duda alguna, el riego y la generación hidroeléctrica.

La historia de este proyecto se remonta al año de 1954, cuando se realizaron los primeros estudios e investigaciones técnicas referentes a él. Con el correr del tiempo, varios organismos del gobierno se han encargado del proyecto, que también formó parte del Plan Hidráulico Nacional de 1972.

Actualmente, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos es quien vigila el correcto diseño de la presa, trabajo encomendado a una firma mexicana de consultoría de las más prestigiosas.

Por la magnitud de sus estructuras, y por el tipo de los materiales de la presa, el proyecto Huites será uno de los más importantes en la historia de la construcción en México. Sin embargo, las características de la corriente dan una importancia especial a la obra de desvío: En efecto. El río Fuerte, sobre el cual se construirá la presa, presenta dos períodos muy cortos de estiaje a lo largo del año, y los caudales registrados durante el paso de las avenidas, tanto de invierno (las mayores en caudal), como las de verano, han alcanzado magnitudes tales, que se podría pensar en calificar de "imposible" la construcción de las estructuras de desvío.

Fue de esta forma como la S.A.R.H. solicitó el estudio de factibilidad de la construcción de la obra de desvío, en forma independiente del diseño general del proyecto.

El presente trabajo mostrará los criterios y técnicas de cálculo empleados durante la elaboración de dicho estudio. Las conclusiones y recomendaciones fueron hechas con base en los resultados obtenidos.

I N D I C E

	<u>Página</u>
1. GENERALIDADES SOBRE PRESAS	1
1.1 Definición	1
1.2 Clasificación de las presas según sus materiales y su tipo estructural	3
1.2.1 Presas de materiales sueltos	
1.2.2 Presas de concreto	
1.2.3 Otros tipos de presas	
1.3 El problema constructivo	8
2. OBRAS DE DESVIO	11
2.1 Generalidades	11
2.2 Obras de conducción empleadas en los esquemas fundamentales de desvío	13
2.2.1 Túneles	
2.2.2 Conductos	
2.2.3 Canales provisionales y tajos de desvío	
2.3 Ataguías	18
3. MANEJO DE FILTRACIONES	19
3.1 Las filtraciones y su magnitud	19
3.2 Fuerzas de filtración	20
3.3 Procedimientos y dispositivos empleados en el control de filtraciones durante la construcción de presas	22
3.3.1 Abatimiento de filtraciones mediante bombeo	
3.3.2 Trincheras e inyecciones	
3.3.3 Pantallas impermeables	

4.	DESVIO DEL RIO FUERTE DURANTE LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HUITES	28
4.1	Aspectos generales	28
4.2	Estructuras de la obra de desvío de la presa Huites	32
4.2.1	Túneles	
4.2.2	Atagufas	
4.3	El problema del manejo del río Fuerte	37
5.	TRANSITO DE LOS ESCURRIMIENTOS DEL RIO POR LOS TUNELES DE DESVIO	39
5.1	Escurrimientos del río Fuerte	39
5.1.1	Introducción	
5.1.2	Envolventes de gastos	
5.2	Simulación del tránsito de los escurrimientos	45
5.3	Procedimiento de cálculo	46
5.4	Resultados de la simulación	49
6.	PLANEACION DE LA CONSTRUCCION DE LA ATAGUIA PARA EL DESVIO	61
6.1	Descripción de las etapas de construcción y de desvío	61
6.2	Actividades iniciales para plantear el programa de construcción	62
6.3	Análisis de rendimientos	68
6.3.1	Formación de preatagufa	
6.3.2	Bordo aguas abajo	
6.3.3	Núcleo	
6.3.4	Respaldos	
6.3.5	Chapas de enrocamiento	
6.3.6	Cuadro resumen de rendimientos y equipo de las actividades del programa de construcción	

6.4 Programación general de la construcción	78
7. VERIFICACION DE LA FACTIBILIDAD DE CONSTRUCCION DE LA ATAGUIA	85
BIBLIOGRAFIA	88

1. GENERALIDADES SOBRE PRESAS

1.1 Definición

Una presa es una estructura artificial que actúa como obstáculo para el flujo de un río y que tiene por objeto modificar el régimen hidráulico o hidrológico de la corriente.

Las presas pueden clasificarse en un número de categorías diferentes, pero generalmente se consideran cuatro amplias formas de clasificación de acuerdo con:

1. El objetivo económico
2. La función técnica
3. El funcionamiento hidráulico
4. Los materiales de construcción y el proyecto estructural

Por su objetivo económico, las presas pueden ser consideradas como obras de aprovechamiento (abastecimiento de agua para usos domésticos, riego, usos industriales y municipales; generación hidroeléctrica, navegación, acuicultura, fines recreativos, otros), u obras de defensa (protección contra inundaciones, retención de azoles, otros). Numerosas presas se construyen con fines u objetivos -- múltiples, que combinan dos o más de los anteriores.

La función técnica de una presa puede tener por objeto - crear un almacenamiento, regular avenidas, derivar el escurrimiento fuera del cauce de un río, o crear alguna carga hidráulica.

Las presas de almacenamiento se construyen para embalsar el agua en los períodos en que fluye con abundancia y utilizarla después, cuando escasea. Las presas reguladoras retardan el escurrimiento de las avenidas y disminuyen el efecto de las ocasionales, reduciendo los gastos máximos y el peligro de desbordamientos e inundaciones.

Cuando es necesario derivar el agua hacia canales, zanjas, u otros sistemas de conducción para transportarla hasta el lugar en donde se utilizará, se suele emplear una presa derivadora, - aunque a veces puede derivarse un caudal por medio de una toma directa, una galería filtrante o una estación de bombeo.

Finalmente, las presas de carga hidráulica proporcionan la necesaria para operar dispositivos y equipos empleados por el hombre para la producción de satisfactores, aprovechando la energía hidráulica en motores (ruedas, turbinas) que, a su vez, mueven generadores eléctricos, molinos, maquinaria textil, etc.

En ocasiones, la misma presa cumple varias de las funciones técnicas anteriores.

Atendiendo a su funcionamiento hidráulico, las presas se clasifican en vertedoras o no vertedoras.

Las primeras se proyectan para descargar sobre su corona, adaptada generalmente en forma de cresta vertedora, mientras que las segundas para que el nivel del agua no las rebase. Con frecuencia, - dependiendo del tipo de presa, en la misma obra se dispone un tramo - de sección vertedora ligado con tramos no vertedores.

Una de las formas más comunes de clasificación de las presas se basa en los materiales que las constituyen y en las distintas formas estructurales que se pueden adoptar de acuerdo con ellos. Las figuras 1.1 y 1.2 muestran algunas secciones típicas de presas de diferentes materiales y formas estructurales, sin ilustrar detalles de su cimentación.

1.2 Clasificación de las presas según sus materiales y su tipo estructural

1.2.1 Presas de materiales naturales sueltos

Presas de tierra

Las presas de tierra (fig. 1.1.a) constituyen uno de los tipos de presa más comunes, principalmente porque en su construcción intervienen materiales en su estado natural, que requieren el mínimo de tratamiento. Estas estructuras se clasifican en homogéneas (un sólo material) o de relleno hidráulico, y fundamentalmente se construyen con materiales de tierra arcillosa, ya sea una arcilla pura de alta o baja plasticidad, una arcilla arenosa, o una arena arcillosa, - pues estos materiales, debidamente colocados y compactados, proporcionan la necesaria impermeabilidad y la estabilidad requerida.

Presas de materiales graduados

Cuando no se dispone de volumen suficiente de suelos impermeables, se diseñan secciones con un núcleo de tierra y respaldos estabilizantes de materiales permeables.

Estos pueden distribuirse en la sección de acuerdo con su granulometría, graduándolos de más finos en el centro a más gruesos - en el exterior, de manera de ir protegiendo a los materiales más finos relativamente contra fenómenos tales como la erosión y la tubificación.

Se distinguen en la sección varias zonas que desempeñan - funciones diferentes (fig. 1.1.b). La zona 1, también llamada núcleo, proporciona la impermeabilidad y parte de la estabilidad. La zona 2 - funciona como filtro protector del núcleo, siendo además un elemento de transición. La zona 3 está constituida por materiales pesados y de alta resistencia al corte, y aporta, junto con la zona 2, la mayor -- parte de la estabilidad. Finalmente, el enrocamiento auxiliar, indicado con el número 4, protege contra erosión del oleaje o la lluvia al resto de la sección. (En algunas ocasiones la función de esta zona es sustituida por el material de la zona 3).

Presas de enrocamiento

En las presas de enrocamiento (fig. 1.1.c) se utiliza roca de diversos tamaños, suelta o compactada con equipo, para dar estabilidad a una membrana impermeable. Esta membrana puede ser una capa de material impermeable situada en el talud aguas arriba, un núcleo - muy delgado, una losa de concreto, una cubierta asfáltica, o cualquier otro dispositivo semejante.

1.2.2 Presas de concreto

Presas de concreto del tipo "de gravedad"

Son estructuras de dimensiones y geometría tales, que por su propio peso resisten a las fuerzas que actúan sobre ellas (fundamentalmente el empuje del agua retenida). Estas presas (fig. 1.2.a) - se adaptan bien para ser utilizadas como cresta vertedora, y debido a esta ventaja, en ocasiones forman la parte vertedora de las presas de tierra y enrocamiento, o bien, de una presa derivadora.

El concreto utilizado trabaja a esfuerzos pequeños, lo -- que permite frecuentemente reforzarlo con mampostería, colcreto, o -- mezclas pobres y poco húmedas compactadas con rodillos.

Presas de concreto del tipo bóveda

Las presas de concreto del tipo bóveda (fig. 1.2.b) se adaptan a los lugares en los que la relación de la distancia entre los atraques de la bóveda y la altura, no es grande, y en donde la cimentación en estos mismos atraques es sólida, capaz de resistir el empuje de la bóveda. Aprovechan mejor las cualidades de resistencia a la compresión del concreto, lo que conduce a importantes ahorros en el volumen de material por el efecto de cascarón que se logra.

Presas de concreto del tipo de contrafuertes

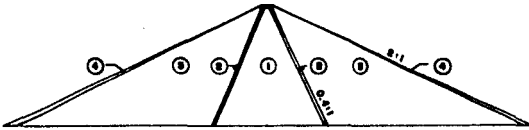
Este tipo de presas (fig. 1.2.c) comprende a las de losas planas y a las de bóvedas múltiples apoyadas sobre contrafuertes, y -- también a las de machones masivos (contrafuertes ampliados en la zona de contacto con el agua, para formar la cubierta impermeable). Dependiendo de la configuración de la boquilla, pueden requerir un volumen de concreto mucho menor que las de gravedad, aunque a veces el mayor costo de fabricación de este concreto (moldes, rendimientos, acero de refuerzo en losas) contrarresta a la economía de la obra.

1.2.3 Otros tipos de presas

En pocos casos se ha utilizado acero estructural para formar la pantalla aguas arriba y en armaduras de soporte para las presas. De igual forma, se han construido presas de madera, pero la cantidad de mano de obra necesaria para su construcción, combinada con -- la corta vida de la estructura, provoca que este último tipo sea anti económico en la construcción moderna.



a) PRESA DE TIERRA

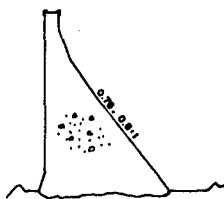


b) PRESA DE MATERIALES GRADUADOS

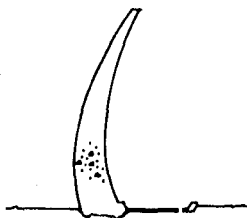


c) PRESA DE ENROCAMENTO
CON PANTALLA AGUAS ARRIBA

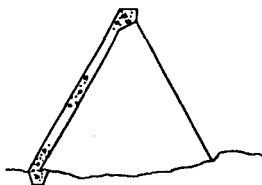
PRESAS DE MATERIALES NATURALES SUELTOS



a) PRESA DEL TIPO GRAVEDAD



b) PRESA DEL TIPO BOVEDA



c) PRESA DEL TIPO DE CONTRAPUERTES

PRESAS DE CONCRETO

La construcción de una presa implica la definición previa de un plan general de trabajo y el análisis de las épocas del año más convenientes para dar inicio a la obra y para realizar el cierre definitivo del cauce.

Uno de los más grandes problemas para la construcción es el manejo de los caudales que escurren por el cauce. En épocas de estiaje pueden disminuir en forma considerable el gasto y el tirante de la corriente (o incluso desaparecer), de tal forma que el constructor cuente con un área de trabajo apropiada; sin embargo, en época de avenidas, el gasto y el tirante pueden alcanzar dimensiones suficientemente grandes para inundar la zona de construcción, y, en el peor de los casos, para destruir totalmente las obras realizadas durante la época de estiaje.

Como es posible que se produzcan avenidas durante el período de construcción de una presa, que puede extenderse a lo largo de varios años, es necesario fijar la magnitud del caudal por encima del cual las obras en fase de construcción no pueden quedar económicamente protegidas de inundación y/o posibles daños. Por esta razón, se acostumbra proyectar la capacidad de las obras de desvío para una avenida con una determinada probabilidad de ocurrencia. En ocasiones, es necesario llevar a cabo estudios económicos que comparen el costo de las obras de protección con la magnitud de los daños y perjuicios evitados por ellas, para diversos valores del gasto de diseño, y seleccionar el más conveniente.

Existen diversos métodos para desviar la corriente durante el período de construcción. Algunos de ellos no requieren el empleo de estructuras auxiliares, pues el material de la presa (concreto), y en ocasiones las características hidrológicas de la cuenca, permiten que el manejo de la corriente se realice por el mismo cauce.

Sin embargo, cuando alguno de los factores anteriores es adverso, es necesario proyectar el desvío con ayuda de estructuras -- (túneles y ataguías, canales a cielo abierto) que impidan el paso de la corriente a la zona de trabajo y que dependerán de las características topográficas y geológicas de la boquilla y de los materiales existentes en la región.

En función de las dimensiones y la constitución de sus estructuras, la obra de desvío puede llegar a convertirse en el aspecto más importante del proyecto, especialmente cuando en un cauce se presenten caudales de magnitud considerable, se disponga de un período de estiaje muy corto para realizar la obra, o el tipo de las ataguías impida la posibilidad de verter sobre los terraplenes en construcción, como suele ser el caso de las ataguías de materiales sueltos.

En estos casos, será necesario analizar hidrogramas de la corriente, tránsitos de avenidas, y rendimientos del equipo de construcción; con base en estos estudios se determinará la factibilidad de construcción de la obra de desvío, pues, con los resultados obtenidos, se podrá comparar la elevación del nivel del agua en el cauce durante el período de construcción contra la elevación alcanzada por los materiales colocados en el terraplén de la ataguía de desvío. Como consecuencia, aparecerá una serie de fechas durante las cuales deberán ejecutarse ciertas operaciones que exigen a la obra haber cumplido con determinados requisitos condicionantes del programa de construcción, pues el no cumplimiento de los mismos suele implicar, la mayoría de las ocasiones, retrasos que se transforman en perjuicios económicos y riesgos innecesarios. Esta programación debe llegar hasta el límite de que los plazos y fechas en los que se concursa la obra estén fijados por las condiciones meteorológicas, consecuencia de las estaciones del año. Es decir, en regiones con distribución estacional de lluvias muy marcada, las operaciones de desvío deben efectuarse en época de estiaje, lo que a su vez condiciona la fecha de adjudicación de la obra, y cualquier plan de ejecución que no se adecue a esta recomendación supondrá un mal empleo de los medios económicos puestos a disposición de la obra.

Sin embargo, debe mencionarse que factores político-económicos generales (como las políticas de ejercicio presupuestal o la -- disponibilidad de fondos financieros) en ocasiones obligan a ejecutar una obra fuera de los momentos más adecuados. Es evidente que todo -- desvío implica un costo y un riesgo que deberán ser mínimos, y que a veces, por las razones señaladas, deben aceptarse con magnitud mayor a la mínima, derivada ésta del no cumplimiento de la programación óptima en el tiempo.

2. OBRAS DE DESVIO

2.1 Generalidades

El objetivo de una obra de desvío consiste precisamente - en desviar el caudal de la corriente del río de tal manera que no interfiera con las operaciones de construcción, lo cual puede realizarse básicamente conduciéndolo por un extremo de la zona de construcción de la presa o a través de ella; su magnitud e importancia varían de acuerdo con el tamaño y potencial de las avenidas de la corriente.

Atendiendo a sus características, y pasando por alto una serie de detalles que se pueden considerar de segundo orden, los esquemas fundamentales de desvío son los siguientes:

1. Desviación total a través de estructuras independientes del cuerpo de la presa, con muy poca probabilidad de inundación del área de construcción de las obras -- principales

2. Derivación hasta un cierto caudal a través de estructuras independientes o separadas, y, en caso de que los gastos sean mayores, manejo de los excedentes por elementos ligados con la presa, con cierta probabilidad de inundación de la obra en construcción.
3. Manejo total de los caudales a través de elementos que forman parte de la presa, o que quedan ligados con ella, con cierta probabilidad de inundación de las obras de la presa.

La desviación total es un caso típico de ríos de escaso caudal, o de ríos más caudalosos cuando el tipo de presa impide el vertido sobre ella, como suele ser el caso de las presas de materiales sueltos. Más adelante, se hará referencia a los distintos tipos de conducciones que pueden emplearse.

El segundo esquema de desvío, que en ocasiones permite el paso de alguna parte del caudal por la obra en construcción, es típico de ríos caudalosos, cauces estrechos, y presas de concreto.

Durante la época de avenidas, el nivel del agua puede superar la capacidad de los órganos de desvío a lo largo de varios días. Se cuenta, pues, con inundaciones periódicas y se dispone la obra para dar paso a las avenidas anormales con el menor riesgo posible de las estructuras.

Si en los casos anteriores el manejo del río es uno de los más importantes problemas a resolver en la construcción de una presa, el uso del tercer esquema, conducción total por elementos ligados con la obra en construcción, puede considerarse definitivo cuando se trata de un cauce amplio con gran caudal.

De acuerdo con las características anteriores, la altura de la presa resulta pequeña con relación a la longitud de su corona, además, el trabajo de excavación y cimentación representa una parte muy importante del presupuesto total de la obra.

Ante tales circunstancias, es conveniente definir una serie de recintos de trabajo, siendo variable su número y disposición, que permitan al constructor combinar el tamaño de éstos con los medios de trabajo que desee emplear en la construcción de la obra. Por consiguiente, este sistema de desvío puede llegar a considerarse como un verdadero procedimiento de ejecución de la presa: Durante el período de máximo estiaje se crea un recinto de trabajo. Posteriormente, se da inicio a la obra dentro del mismo, dejando dispositivos adecuados para el paso del agua durante la época de avenidas. Una vez terminada esta etapa, la corriente pasa por la obra recién ejecutada; al mismo tiempo, se inicia la formación del recinto de la zona que sirvió de paso inicial y la construcción de la obra definitiva que en él existirá, para finalmente terminar la presa hasta su altura final y realizar el cierre de los huecos provisionales de desvío.

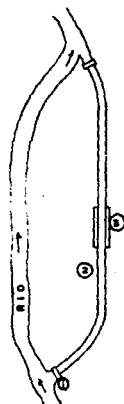
Las figuras 2.1, 2.2, y 2.3 muestran gráficamente las fases del desvío de los esquemas descritos.

2.2 Obras de conducción empleadas en los esquemas fundamentales de desvío

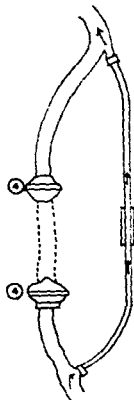
2.2.1 Túneles

Existen ocasiones en las que el uso de túneles situados en una o en ambas laderas del sitio de la presa puede resultar el sistema de conducción más conveniente para efectuar el desvío de la corriente. Sin embargo, si en el proyecto figuran vertedores u obras de toma que incluyan túneles entre sus elementos, resulta económico utilizarlos, en todo o en parte, como dispositivos de conducción durante el desvío.

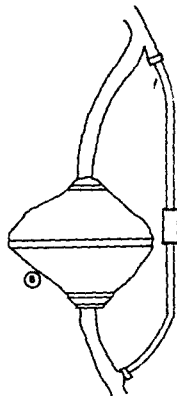
La conveniencia de revestirlos o no, dependerá de varios factores. Entre ellos, se encuentra el costo que represente la construcción de túneles sin revestir, que serían necesariamente de mayor diámetro que los revestidos para dar la misma capacidad hidráulica.



FASE 1
RIO PASANDO POR EL CAUCE



FASE 2
DESIVIO DEL RIO POR CONDUCTOS

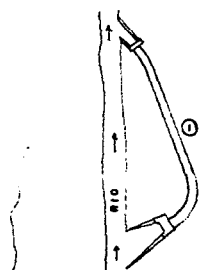


FASE 3
CONSTRUCCION DE LA PRESA Y
CIERRE DE LOS CONDUCTOS

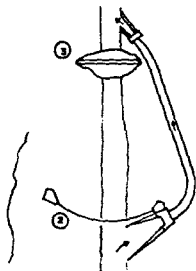
- ① ESTRUCTURA DE TOMA
- ② TUNEL DE DESVIO
- ③ EXCAVACION FUTURO TAPON
- ④ ATAGURAS
- ⑤ PRESA

ESQUEMAS FUNDAMENTALES DE DESVIO

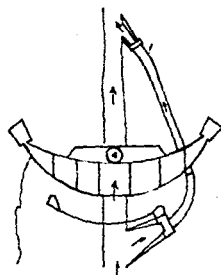
DESIVACION TOTAL



FASE 1
RIO PASANDO POR EL CAUCE



FASE 2
DESIVIO DEL RIO POR CONDUCTOS

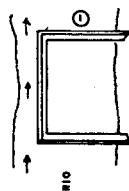


FASE 3
RIO CIRCULANDO POR CONDUCTOS
Y SOBRE LA PRESA

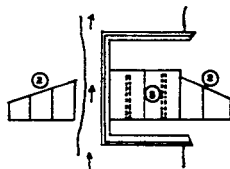
- ① TUNEL DE DESVIO
- ② ATAGUIA A. ABAJO
- ③ ATAGUIA A. ARRIBA
- ④ PRESA (BLOQUES)

ESQUEMAS FUNDAMENTALES DE DESVIO

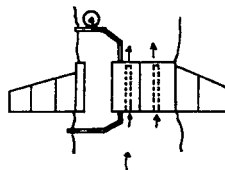
DERIVACION A TRAVES DE ESTRUCTURAS INDEPENDIENTES
Y ELEMENTOS LIGADOS CON LA PRESA



FASE 1
RIO PASANDO POR EL CAUCE.
ATAGUIAS DEL PRIMER RECINTO
DE CONSTRUCCION



FASE 2
CONSTRUCCION EN EL RECINTO.
RIO CIRCULANDO POR EL CAUCE



FASE 3
ATAGUIAS DEL SEGUNDO RECINTO.
RIO CIRCULANDO POR LOS CONDUCTOS
PREPARADOS PREVIAMENTE.

- ① ATAGUIAS PRIMER RECINTO
- ② BLOQUES DE PRESA
- ③ CONDUCTOS DE DESAGUE
- ④ ATAGUIAS SEGUNDO RECINTO

ESQUEMAS FUNDAMENTALES DE DESVIO

MANEJO TOTAL DE LOS CAUDALES A TRAVES
DE ELEMENTOS DE LA PRESA

Dependerá también de las características del material en el cual se realizará la construcción. Finalmente, dependerá de las posibilidades de utilización posterior, así como de las exigencias del programa de ejecución.

2.2.2 Conductos

Con frecuencia las obras de toma exigen la construcción de un conducto que puede utilizarse para derivar la corriente durante la construcción de la presa. Este sistema de conducción resulta económico especialmente si las características del conducto requerido para la obra de toma son las adecuadas para dar paso a los gastos manejados; en caso de ser insuficientes, se puede aumentar la capacidad de conducción retrasando la instalación de las compuertas, válvulas, tubos y rejillas, durante la etapa de desvío.

En algunos casos, puede considerarse la posibilidad de construir conductos para el desvío, aunque no se piense utilizarlos como parte de la obra de toma u otro elemento de la presa.

2.2.3 Canales provisionales y tajos de desvío

En los proyectos en los que no resulta económico construir túneles o conductos lo suficientemente grandes para dar paso a la avenida de diseño, se puede utilizar un canal provisional o un tajo a través de un tramo sin construir de la presa mientras se construye el resto del terraplén, o bien, un canal provisional que conduzca la corriente por alguna de las laderas. Estas obras son comunes en el tercer esquema de desvío (manejo de la corriente a través de la zona de trabajo).

Cuando el canal atraviesa a la presa, el flujo se mantiene hasta que se ha avanzado lo suficiente en la formación del terraplén y en las obras auxiliares; es entonces cuando se puede cerrar el canal a través de la estructura. Sin embargo, es necesario estudiar cuidadosamente el programa de construcción para que la abertura pueda rellenarse a una velocidad mayor que la del agua al subir en el vaso.

2.3 Ataguías

Una ataguía es una estructura provisional que se utiliza para impedir el paso del agua a una zona determinada durante la construcción de una presa o de otra obra que deba ejecutarse en un área susceptible de inundarse por ello. Generalmente, se clasifican de acuerdo con sus materiales de construcción y el tipo de su estructura, siendo con frecuencia semejantes a las presas descritas en el capítulo anterior, aunque también pueden ser de otros tipos, por ejemplo, a base de tablaestacados.

Una ataguía no necesariamente debe ser totalmente impermeable para funcionar en forma adecuada, y en ocasiones resulta más económico permitir que pequeñas cantidades de agua penetren al área de trabajo para posteriormente abatirlas por bombeo.

El uso de las ataguías para la construcción de una presa varía de acuerdo con las características de la corriente. Para fijar la altura de su corona, será necesario realizar estudios que permitan determinar la capacidad (tanto hidráulica como económica) requerida por los elementos de conducción de la obra de desvío. En caso de que la ataguía pueda proyectarse en tal forma que sea permanente y contribuya a la estabilidad estructural de la presa, tendrá una decisiva ventaja económica (con frecuencia se incorpora al terraplén principal, siendo en este caso doble la economía, pues se reduce el volumen del material requerido y se evitan costos de remoción).

Finalmente, la selección del tipo y sección de las ataguías dependerá de la magnitud de los daños que pueda ocasionar el agua durante la construcción de la presa, y de las características topográficas y geológicas de la boquilla.

3. MANEJO DE FILTRACIONES

3.1 Las filtraciones y su magnitud

Generalmente, los problemas básicos que se encuentran en una cimentación permeable son dos: la magnitud de las filtraciones y las presiones que originan.

Para estimar el volumen probable de las filtraciones es necesario obtener primeramente el coeficiente de permeabilidad o --transmisividad hidráulica de la zona en donde se desplantará la estructura. Dicho coeficiente es una medida del gasto que fluye a través del suelo, considerado como medio poroso, por unidad de área de la sección, bajo el efecto de un gradiente unitario y condiciones estándar de temperatura (20°C). Se supone que el flujo es laminar.

Una vez determinado el coeficiente de permeabilidad, se procede a calcular, en forma aproximada, el gasto de filtración con ayuda de la fórmula de Darcy:

$$Q = k i a ,$$

en la cual,

Q: gasto de filtración.

k: coeficiente de permeabilidad (unidades de velocidad).

i: gradiente hidráulico.

a: área bruta de la cimentación o, en general, de la masa de suelo a través de la cual se produce el flujo.

(Q, k y a, deben ser congruentes en unidades)

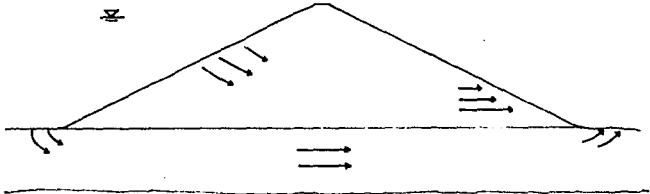
3.2

Fuerzas de filtración

La circulación del agua a través de una cimentación permeable produce fuerzas comúnmente conocidas como fuerzas de filtración, y que son resultado de la fricción entre el agua y las paredes de los poros del suelo por el cual fluye.

Las fuerzas de filtración actúan en la dirección de la corriente y son proporcionales a las pérdidas de carga por fricción, por unidad de longitud. Si el agua se filtra en un recorrido descendente, el efecto de las fuerzas de filtración es aumentar el peso volumétrico aparente del suelo; cuando el flujo es ascendente, las fuerzas de filtración tienden a levantar al suelo, y como consecuencia, reducen su peso efectivo. Si la resistencia de los granos de suelo a ser arrastrados es menor que las fuerzas de filtración, se puede presentar el arrastre y una erosión que es consecuencia de él y del aumento en la velocidad del agua; la erosión progresa en sentido contrario a lo largo de la línea de flujo y forma un "tubo" que permite el rápido escape del agua y la falla subsecuente de la estructura térrea (fig. 3.1).

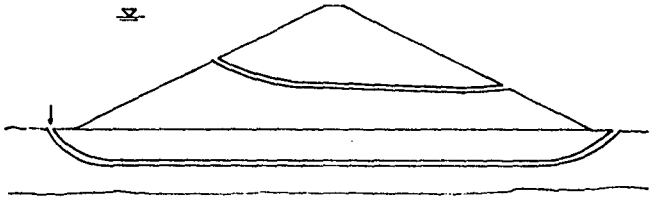
FIGURA 3.1



FILTRACIONES



INICIACION DEL TUBO



TUBIFICACION COMPLETA

DESARROLLO DE LA TUBIFICACION

Sin embargo, no puede afirmarse que este fenómeno (conocido con el nombre de "tubificación") inevitablemente originará alguna falla, pues en ocasiones, si el suelo no es uniforme, el agua puede arrastrar material fino y llegar a formar un filtro invertido que impida el avance de la erosión.

Con frecuencia la construcción de una presa requiere llevar a cabo excavaciones en los depósitos de acarreo del río. Cuando éstas se realizan a pequeñas profundidades, las filtraciones hacia su interior pueden ser controladas fácilmente por bombeo desde el fondo de la excavación. En cambio, cuando se trata de excavaciones profundas, el problema del control de las filtraciones hacia el interior de la zona excavada es de especial importancia. En estos casos es muy conveniente recurrir al empleo de dispositivos que permitan interceptar y reducir o eliminar las filtraciones antes de que lleguen a los taludes de la excavación; de esta forma, no solamente se logra que el equipo trabaje en seco, sino que al eliminar las fuerzas de filtración en los taludes se mejora su estabilidad.

3.3 Procedimientos y dispositivos empleados en el control de filtraciones durante la construcción de presas

3.3.1 Abatimiento de filtraciones mediante bombeo

El procedimiento más común para extraer el agua de las cimentaciones es el bombeo.

En ocasiones, los daños producidos por una inundación se deben a un escaso o inadecuado sistema de bombeo. La fijación de la capacidad de achique, tipo y movimiento de las bombas y conducciones, es esencial no sólo para reducir al mínimo los tiempos muertos de inundación, sino, lo que suele ser a veces más importante, para dejar en seco la zona de construcción por vez primera e iniciar las actividades constructivas, o en su caso, continuarlas.

El bombeo puede efectuarse por medio de pozos distribuidos en una sola línea paralela a la cresta del talud de la excavación, perforados en toda la profundidad de los depósitos permeables, en los que se instalan bombas de pozo profundo (fig. 3.2 a). Puede recurrirse también a la instalación de pozos indios llevados hasta profundidades del orden de 10 m; en caso de ser mayor la profundidad de la excavación, se pueden instalar varios pozos escalonados (fig. 3.2 b). Una alternativa más son los llamados pozos punta (well-points) o puntas de succión, los cuales permiten abatir el nivel del agua de filtraciones en forma escalonada, en incrementos de profundidad que varían de 4 a 5 m (fig. 3.2 c).

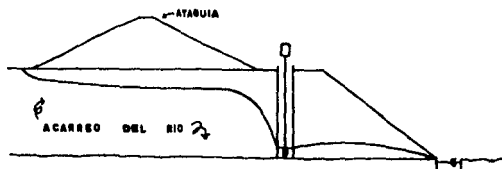
3.3.2 Trincheras e inyecciones

En los casos en que la cimentación está formada por depósitos permeables de poco espesor se acostumbra interceptarlos con una prolongación del corazón o elemento impermeable de la atagüa de desvío (fig. 3.3.1 a).

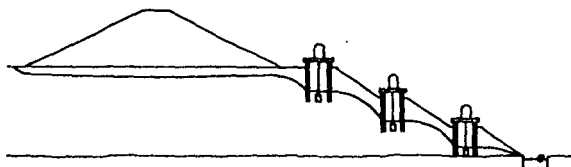
Otra forma de interceptar filtraciones a través de la cimentación consiste en impermeabilizarla a base de inyecciones (fig. 3.3.1 b). La selección de las sustancias para inyectar requiere de numerosos estudios de campo y de laboratorio que, a su vez, determinarán la forma conveniente de realizar el tratamiento.

3.3.3 Pantallas impermeables

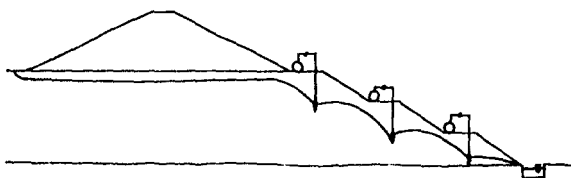
Cuando las instalaciones de bombeo, la formación de trincheras y las inyecciones resultan antieconómicas, es posible pensar en la construcción de pantallas impermeables (fig. 3.3.2).



a) BOMBA DE POZO PROFUNDO TIPO TURBINA



b) BOMBEO CON POZOS INDIOS ESCALONADOS

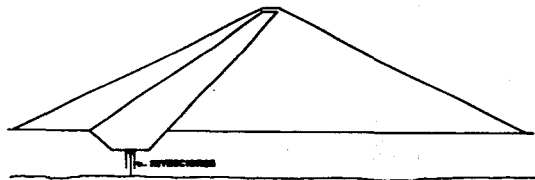


c) INSTALACION CON WELL POINTS

ABATIMIENTO DE FILTRACIONES MEDIANTE BOMBEO

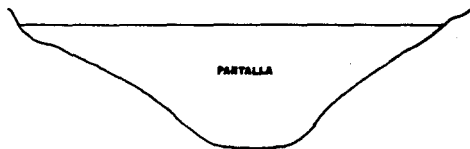
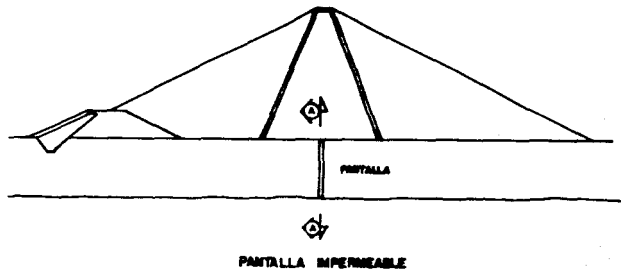


TRINCHERA IMPERMEABLE



INYECCIONES

ELEMENTOS EMPLEADOS EN ATARIAS DE MATERIALES
SUELOS PARA CONTROLAR FILTRACIONES DURANTE
LA CONSTRUCCION DE LA PRESA



VISTA SEGUN CORTE A.A

ELEMENTOS EMPLEADOS EN ATARJAS DE MATERIALES
SUELTOS PARA CONTROLAR FILTRACIONES DURANTE
LA CONSTRUCCION DE LA PRESA

En la actualidad se conocen varios tipos de pantalla cuyos resultados son igualmente satisfactorios: pantallas de concreto - formadas por pilotes o tableros rectangulares colados in situ, pantallas de tablaestacas de acero, y pantallas de arcilla; su selección - dependerá del costo y de la permeabilidad de los depósitos que atravesará, así como del programa de construcción posible.

En términos generales; puede decirse que las pantallas de inyección (de uso reciente) han resultado muy convenientes cuando se trata de depósitos en los que existen grandes cantidades de boleos y cantos rodados. Por otra parte, si los depósitos contienen partículas más finas, es preferible el empleo de las pantallas de concreto o de arcilla.

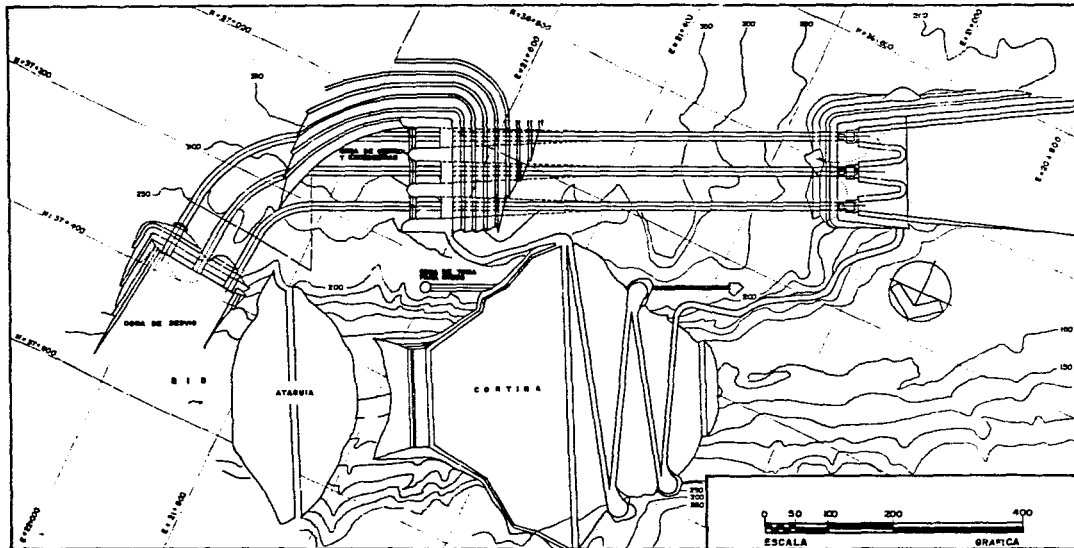
Durante las últimas décadas se ha practicado también con éxito la construcción de pantallas impermeables realizando una excavación en zanja por medio de una draga, o de una perforadora de percusión montada sobre rieles; en ambos casos se avanza en tramos cortos y las paredes de la zanja se mantienen en equilibrio con la ayuda de un lodo bentonítico. Terminada la zanja, se rellena con una mezcla impermeable de grava, arena, limo, y bentonita; conforme se deposita el relleno, el lodo de ademe se desplaza y es recuperado en gran parte - para posteriormente utilizarlo en la mezcla de relleno. A este tipo de pantalla se le conoce con el nombre de "pantalla de lodos bentoníticos" o "pantalla flexible".

4. DESVIO DEL RIO FUERTE DURANTE LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HUITES

4.1 Aspectos generales

La presa Huites se ubicará sobre el río Fuerte, Estado de Sinaloa, en el lugar conocido como "Cajón de Huites", 15 Km aguas arriba de la confluencia del río Choix con el río Fuerte (fig. 4.1).

Los objetivos principales del proyecto son el control de avenidas, el riego, y la generación hidroeléctrica. En los dos primeros dos de ellos, la presa se operará en combinación con la Miguel - Hidalgo y la Josefa Ortiz de Domínguez, construidas aguas abajo sobre el propio río Fuerte la primera, y sobre el río Alamos la segunda.

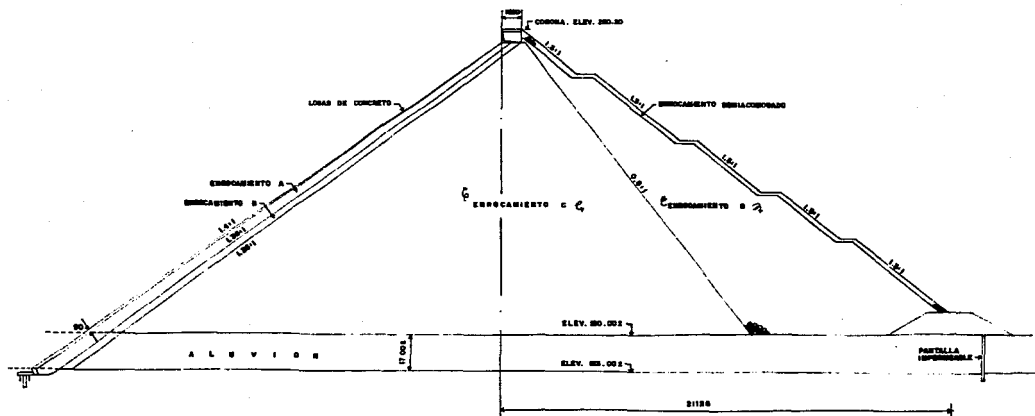


PROYECTO DEL SO. PUERTO, S.M.
PRESA NAITES
PLANTA GENERAL

Los primeros estudios sobre el aprovechamiento de las aguas del río Fuerte en el Cajón de Huites fueron efectuados en el año de 1954 por la antigua Secretaría de Recursos Hidráulicos (S.R.H.), - culminando en un proyecto realizado por CIEPS (1974-1975). Posteriormente, ante un cambio en las políticas hidráulicas del Gobierno Federal, la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E) se encargó de nuevos estudios, siendo la última versión de sus trabajos un anteproyecto, - actualizado a 1984, de una presa de gravedad con planta hidroeléctrica al pie de la cortina y las características necesarias para el riego de 43,857 hectáreas y control de avenidas.

A la fecha, y con nuevos datos de proyecto, acordes con la situación actual del país y las nuevas tendencias de la política-económica, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (S.A.-R.H.) se ha vuelto a hacer cargo de este proyecto, y después de una nueva comparación entre varios tipos de estructuras, realizada por la firma CIEPS, decidió encomendarle el proyecto de una presa de enrocamiento compactado protegida en el talud aguas arriba con una pantalla de concreto (fig. 4.2), con los siguientes principales datos de proyecto:

Capacidad total del vaso al N.A.M.E.	4,023 x 10 ⁶ m ³
Capacidad útil para riego y generación	2,048 x 10 ⁶ m ³
Capacidad para control de avenidas	1,115 x 10 ⁶ m ³
Elevación de la corona	290.20 m
Elevación del fondo del cauce, aprox.	150.00 m
N.A.M.O. (nivel de conservación)	270.00 m



PROYECTO DEL RIO FUENTE, S.M. -
 PRESA HUITES
 CORTINA

Gasto máximo de la avenida de diseño del vertedor	30,000 m ³ /s
Gasto máximo de descarga del vertedor	15,000 m ³ /s
Gasto de diseño para la obra de desvío	15,000 m ³ /s
Gasto de diseño para la obra de toma	145 m ³ /s

La altura de la cortina será de 140 m sobre el fondo del cauce, y de 162 m sobre el fondo de la cimentación, aproximadamente. Su longitud, sobre el eje recto de la corona, será de 480 m.

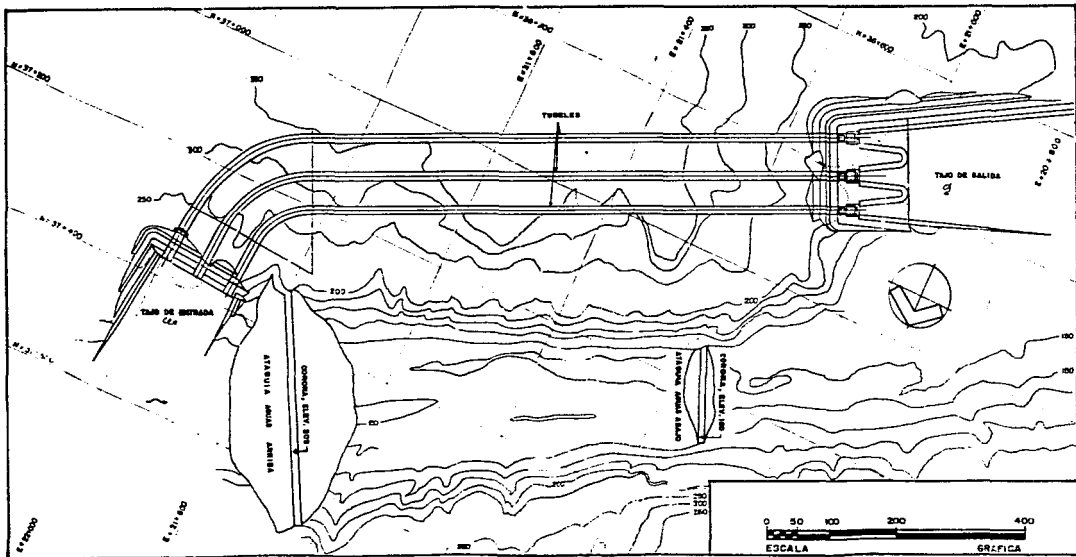
La obra de control y excedencias, proyectada para un gasto máximo de 15,000 m³/s, consistirá en tres vertedores; cada uno estará constituido por un cimacio controlado por dos compuertas radiales, una rápida en túnel con gran inclinación, un tramo de túnel de liga en curva vertical, otro tramo con menor pendiente y sección circular (parte que se aprovecha del respectivo túnel de desvío) y, finalmente, una cubeta deflectora que lanzará al flujo lo suficientemente lejos para evitar daños en la estructura (fig. 4.3).

La presa Huites dispondrá de dos obras de toma; una para riego, con capacidad de 145 m³/s, alojada en túnel en la margen izquierda, y otra para generación, en la margen derecha, a cargo de la Comisión Federal de Electricidad.

4.2 Estructuras de la obra de desvío de la presa Huites

4.2.1 Túneles

El manejo de los gastos de desvío se realizará por la margen izquierda del río con ayuda de tres túneles de 14 m de diámetro interior, revestidos de concreto (fig. 4.4).



PROYECTO DEL NO PUESTO, EN .
PRESA HUITES
OBRA DE DESVIO

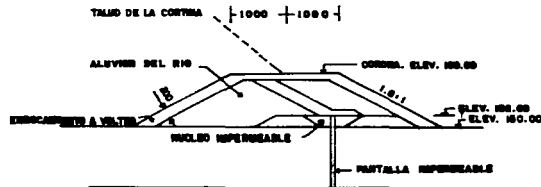
Los tres túneles parten de un tajo de acceso con pantilla a la elevación 155.61 m. La longitud del túnel central es de 1,085.96 m, de los cuales 13.60 m son horizontales, con plantilla a la elevación 155.93 m, y a partir de la estación 0+013.60, la pendiente geométrica del túnel es de 0.005531. Los otros dos túneles fueron proyectados con la misma pendiente, pero con longitudes y elevaciones de los umbrales ligeramente diferentes, debido a las curvas horizontales de su tramo inicial.

La descarga al cauce del río se efectuará a través de un tajo de salida a la elevación 149.88 m. Entre el portal de salida y la plantilla del tajo de cada túnel se alojará un corto tramo de túnel falso que dispondrá de una zona para colocar obturadores que permitan aislar a ese túnel durante operaciones de mantenimiento de la obra de control y excedencias.

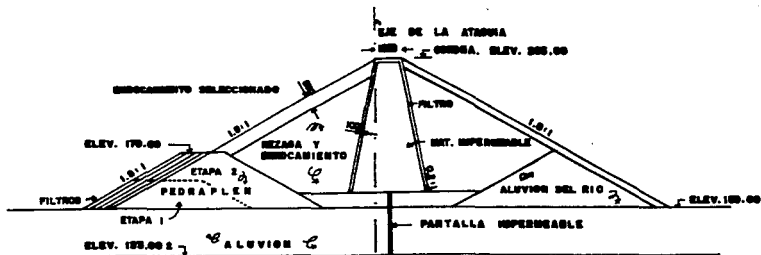
4.2.2 Ataguías

Dos ataguías del tipo de materiales graduados permitirán efectuar el cierre de la corriente del río Fuerte: una, aguas arriba, encauzará hacia los túneles la totalidad de los escurrimientos del río, y otra, aguas abajo, impedirá el retorno de los mismos escurrimientos hacia la zona de construcción de la presa (fig. 4.4). Ambas ataguías poseen un corazón impermeable de arcilla protegido por filtros formados con material de transición. Los respaldos de cada estructura estarán constituidos por boleos y grava-arena del acarreo del río, así como por rezaga producto de excavaciones, y sus taludes (1.8:1) serán cubiertos con una chapa de enrocamiento. Finalmente, con el objeto de evitar el paso de filtraciones subterráneas al recinto de construcción, cada una dispondrá de una pantalla flexible de los dos bentoníticos.

La ataguía de aguas abajo (fig. 4.5.a) formará parte de la cortina, y su altura será de 10 m, tomando como referencia el lecho del río (elev. 150 m).



a) SECCION MAXIMA DE LA ATAGUIA (AGUAS ABAJO)



b) SECCION MAXIMA DE LA ATAGUIA (AGUAS ARRIBA)

PROYECTO DEL RIO PUENTE, SIN.
PRESA NUITES
ATAGUIAS

El elemento de mayor importancia lo constituye la atagüfa de aguas arriba (fig. 4.5.b), tanto por su altura (53 m sobre el fondo del cauce) como por sus múltiples funciones: será la encargada de desviar al río, soportar el empuje hidrostático, mantener seca la zona de construcción, y controlar las avenidas que se presenten durante la ejecución de la obra.

A diferencia de la atagüfa de aguas abajo, esta estructura contará con un pedraplén o preatagüfa, aguas arriba, de 20 m de altura. Dicho elemento permitirá efectuar el cierre del río y desviar el escurrimiento de estiaje por los túneles por vez primera.

4.3 El problema del manejo del río Fuerte

La porción Noroeste de la República Mexicana presenta dos épocas de avenidas a lo largo del año: la de verano (de mediados de junio a mediados de octubre), con avenidas máximas en septiembre y octubre, y gastos grandes sostenidos durante todo el período, y la de invierno (entre diciembre y principios de marzo), caracterizada por las mayores avenidas registradas (10,400 m³/s), pero que generalmente son de rápido ascenso y descenso del caudal.

Entre ambas épocas de avenidas quedan comprendidos dos períodos de estiaje: el mayor apenas de tres meses (de mediados de marzo a mediados de junio), mientras que el menor se extiende únicamente durante un mes y medio (de mediados de octubre a fines de noviembre).

Ante tales circunstancias, el problema principal para efectuar el desvío del río Fuerte será la construcción de la atagüfa de aguas arriba, pues se requiere que durante la colocación de los materiales (que cubican cerca de 1.3 millones de m³) exista cierta holgura con respecto a la superficie libre del agua (S.L.A.) para facilitar las labores de movimiento y acomodo de ellos, y evitar riesgos importantes de que el agua pueda rebasar y destruir a la atagüfa en construcción.

Para lograr tales objetivos, fue necesario efectuar la simulación del tránsito de los escurrimientos del río por los túneles - de desvío, y con base en sus resultados, se procedió a elaborar un de tallado programa de ejecución.

5. TRANSITO DE LOS ESCURRIMIENTOS DEL RIO POR LOS TUNELES DE DESVIO

5.1 Escurreimientos del río Fuerte

5.1.1 Introducción

La estación hidrométrica de Huites es la que cuenta con el período de observaciones más amplio de todas las estaciones de la región; a la fecha de esta tesis, se pudo disponer de un lapso de 45-años continuos, desde septiembre de 1941 hasta diciembre de 1986. Estos datos fueron publicados en diferentes boletines hidrométricos de la antigua Secretaría de Recursos Hidráulicos, o constan en los archivos de la actual S.A.R.H., y es así como se ha logrado reunir esta información, fuente de alta confiabilidad para el proyectista.

Los registros contienen gastos medios diarios a lo largo de todo el año, y para cada mes, gastos máximos, mínimos y volúmenes. Con base en estos datos, se estableció el marco de referencia hidrológico para el presente análisis.

5.1.2 Envoltentes de gastos

Envolvente de gastos medios diarios

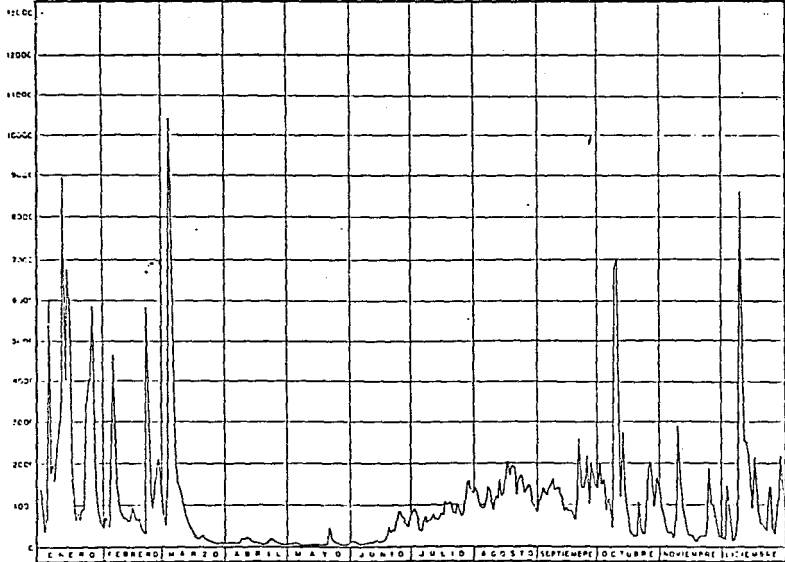
Esta envolvente (fig. 5.1) comprende cada uno de los días del año, es decir, para cada día se eligió el mayor gasto de los registrados en ese día del año, durante los 45 años disponibles en la estación de Huites (cuadro 5.1).

Envolvente bihoraria

La envolvente que se llamó "bihoraria" (fig. 5.2) representa gastos a intervalos de 2 horas en el período comprendido entre junio 16 y octubre 16, debido a que entre estas fechas se estará realizando la etapa más importante de la construcción de la atagüfa, y, por ello, se decidió realizar los cálculos con mayor detalle.

La elaboración de esta envolvente se realizó de la siguiente forma: Para el intervalo seleccionado se graficó la envolvente anual de gastos medios diarios, obteniendo así una serie de barras; cada una representa al gasto medio del día correspondiente, y puede observarse que posee picos y valles en su configuración. En estos últimos se seleccionaron dos puntos a las cuartas partes extremas del intervalo (horas 6 y 18 del día), en tanto que para los días intermedios entre pico y valle se eligió el punto medio del intervalo (hora 12 del día). Uniéndolos ordenadamente los puntos así definidos se obtuvo una poligonal, y se consideró que ésta representa adecuadamente y con suficiente precisión al hidrograma envolvente, para de él extraer los valores correspondientes a cada dos horas de tiempo.

GASTOS MAXIMOS DIARIOS EN m³/s



PROYECTO DEL RIO FUENTE, S.M.
PRESA HUITES
ENVOLVENTE ANUAL

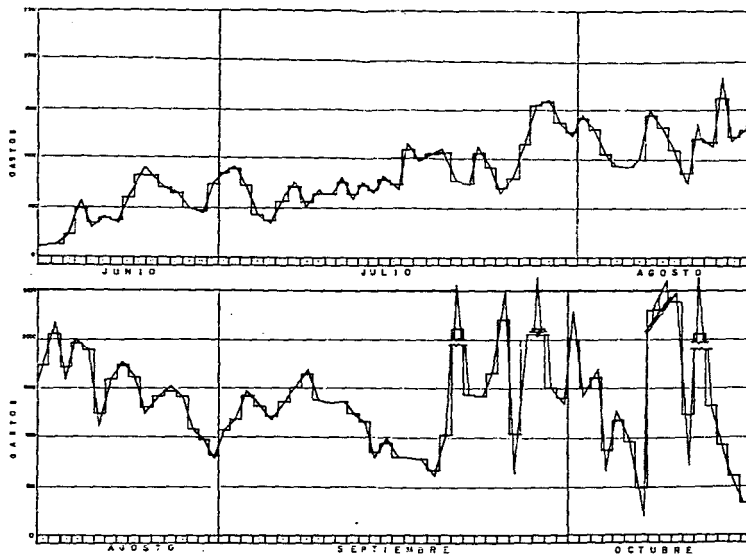
Envolvente anual de gastos medios diarios

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
1	1 405.10	741.50	770.20	96.6	36.14	114.4
2	1 000.00	581.70	531.00	72.8	34.12	111.4
3	348.60	467.60	1 500.00	71.59	33.64	77.7
4	795.90	1 794.00	10 400.00	69.59	78.26	54.13
5	6 009.60	4 645.00	8 600.00	67.63	51.83	50.14
6	1 750.30	3 212.00	3 750.00	65.76	36.57	51.12
7	1 985.40	1 570.00	2 100.00	64.93	28.63	50.06
8	1 571.40	1 076.30	1 565.00	164.30	27.65	75.30
9	2 504.40	838.00	1 415.00	199.40	26.89	90.45
10	2 911.50	678.00	1 213.00	183.30	25.75	98.65
11	3 768.70	676.00	995.00	206.20	24.90	93.10
12	8 911.80	637.80	777.00	185.00	24.35	75.60
13	4 006.60	612.00	619.00	142.70	23.80	105.30
14	6 758.40	792.60	528.00	120.10	23.25	105.10
15	5 819.80	992.70	435.00	91.80	22.70	74.33
16	1 981.30	683.00	269.60	94.00	31.20	108.20
17	1 045.70	659.30	228.10	68.50	21.50	117.40
18	681.50	711.80	195.20	63.60	20.90	219.20
19	814.50	475.60	190.50	56.40	20.30	493.90
20	631.40	346.90	252.90	61.66	25.10	334.00
21	872.00	519.00	215.30	84.98	472.50	390.00
22	878.30	5 801.10	181.40	156.80	228.70	365.70
23	3 349.60	2 407.30	148.90	170.10	149.70	607.00
24	3 860.00	1 305.30	124.40	120.80	98.10	828.00
25	4 187.00	931.50	107.50	90.62	71.50	825.00
26	5 845.70	1 541.90	97.90	71.60	64.00	710.00
27	2 414.40	1 893.30	90.91	57.90	42.00	655.50
28	1 310.00	2 115.50	87.49	50.20	34.20	495.60
29	806.00	1 282.00	85.27	43.90	29.29	470.50
30	589.00		81.93	39.38	41.37	750.8
31	447.80		79.40		96.26	

CUADRO B.I.

Envolvente anual de gastos medios diarios

DIA	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	851.20	1 411.80	1 064.70	2 009.82	961.90	167.20
2	896.00	1 298.80	1 182.80	1 500.00	741.90	141.00
3	737.20	1 046.60	1 414.70	1 627.50	478.30	1 500.00
4	421.50	939.60	877.10	877.10	294.80	815.10
5	368.90	932.80	1 210.10	1 176.10	349.90	385.70
6	563.10	1 000.30	1 353.60	962.50	242.80	247.40
7	726.40	1 445.00	1 505.20	482.80	186.10	289.40
8	553.90	1 318.30	1 647.00	6 800.00	793.40	568.40
9	651.80	1 085.60	1 375.00	7 000.00	2 899.10	8 600.40
10	640.00	863.70	1 351.00	2 388.00	1 676.80	6 816.80
11	708.30	1 201.20	1 360.30	1 223.00	920.00	2 521.10
12	642.30	1 162.10	1 243.60	2 758.90	609.40	2 509.40
13	736.00	1 628.28	1 154.00	1 320.80	413.60	2 285.30
14	690.40	1 214.70	855.60	920.00	288.30	1 518.60
15	794.00	1 285.20	943.80	605.00	275.70	924.30
16	744.60	1 734.30	808.10	324.70	254.90	2 193.30
17	1 084.40	2 050.50	801.90	282.80	143.20	1 735.00
18	1 000.10	1 710.40	788.20	226.20	118.40	844.10
19	1 048.70	1 967.30	676.10	230.70	180.74	570.00
20	1 057.90	1 894.70	1 028.90	1 098.00	259.05	531.00
21	786.90	1 236.10	2 613.10	490.95	243.91	469.00
22	757.10	1 591.0	1 440.10	264.60	214.58	379.00
23	1 052.00	1 736.3	1 423.50	273.60	448.40	1 264.30
24	914.30	1 611.0	1 664.00	1 032.20	1 910.90	987.70
25	705.80	1 296.0	2 207.80	1 827.75	1 042.50	428.30
26	818.10	1 412.9	1 037.70	2 018.80	1 016.19	298.80
27	1 159.6	1 496.7	2 000.00	1 455.00	782.20	831.10
28	1 548.3	1 402.7	3 326.40	953.60	539.10	1 254.00
29	1 589.5	1 075.9	1 509.50	1 696.20	248.90	2 200.00
30	1 363.6	978.2	1 406.70	1 597.80	201.10	1 425.00
31	1 270.6	823.3		1 384.20		931.60



PROYECTO DEL NO FUERTE, S.M.
 PRESA HUITES
 ENVOLVENTE DIURNARIA

5.2

Simulación del tránsito de los escurrimientos

La simulación se basa en la solución de la ecuación de continuidad, cuya expresión general es:

$$I - O = ds/dt \quad \text{ec. 1}$$

en la cual,

I: caudal de ingreso al vaso.

O: caudal de salida del vaso.

ds/dt: variación del volumen almacenado, con respecto al tiempo.

La variación del volumen almacenado en un intervalo ΔT , - será:

$$ds/dt = V/\Delta T ;$$

$$V = V_{i+1} - V_i.$$

Sustituyendo en la ecuación 1,

$$I - O = (V_{i+1} - V_i)/\Delta T. \quad \text{ec. 2}$$

Ahora bien, los caudales de entrada y salida estarán definidos, para el intervalo ΔT , de la siguiente forma:

$$I = (I_i + I_{i+1})/2 ;$$

$$O = (O_i + O_{i+1})/2 .$$

Sustituyendo y multiplicando por 2 y ΔT en la ecuación 2,

$$(I_i + I_{i+1})\Delta T - (O_i + O_{i+1})\Delta T = 2(V_{i+1} - V_i) \quad \text{ec. 3}$$

Ordenando términos se obtiene la expresión que permitirá realizar la simulación del tránsito de los hidrogramas envolventes -- por los túneles de desvío:

$$2V_{i+1} + O_{i+1} = (I_i + I_{i+1})\Delta T + (2V_i - O_i)\Delta T . \quad \text{ec. 4}$$

5.3 Procedimiento de cálculo

Cada uno de los términos del segundo miembro de la ecuación 4 es conocido; se obtiene directamente de los hidrogramas de entrada o de la curva de gastos de los túneles (fig. 5.3). En cambio, - los dos términos de la primera parte de la expresión se obtienen por medio del cálculo:

Para diferentes elevaciones se cuenta con los correspondientes volúmenes de almacenamiento (fig. 5.4) y gastos de salida; -- con estos datos se elabora una curva auxiliar $2V + O$ contra $2V - O$.

Si se realizan las sustituciones y operaciones en el segundo término de la ecuación 4 (para el intervalo ΔT), se obtiene un valor constante que, a la vez, es el del primer miembro; con este resultado se lee en la curva auxiliar el valor de $2V_{i+1} - O_{i+1}$, y así sucesivamente se calculan los pares de valores $2V_{i+1} - O_{i+1}$, $2V_{i+1} + O_{i+1}$ que sean necesarios,

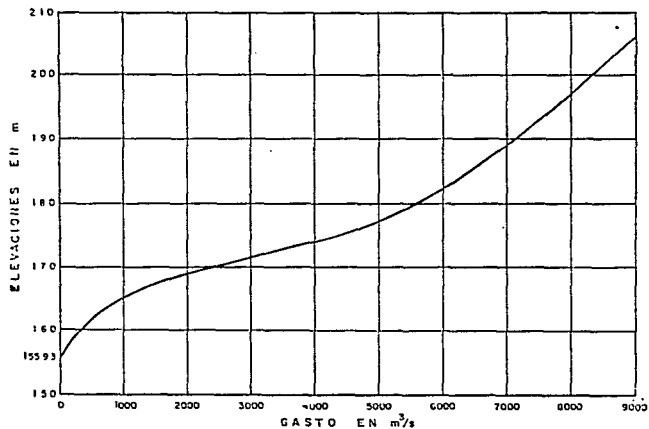
Con cada par de valores correspondientes se podrá calcular:

a) - sumándolos, el volumen retenido en el vaso:

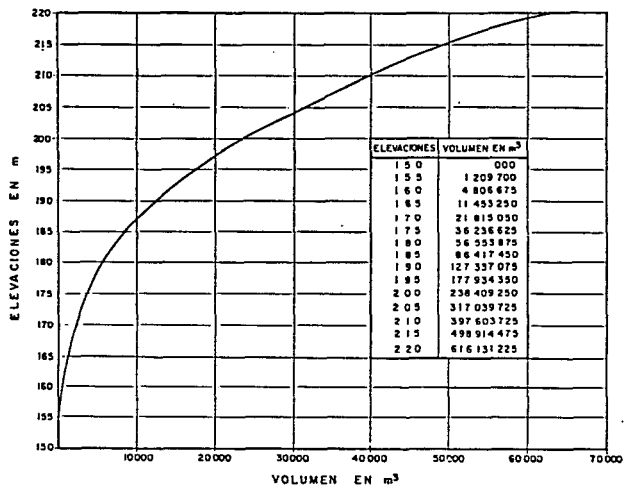
$$V_i = \frac{2V_i + O_i + (2V_i - O_i)}{4}$$

b) - restándolos, el gasto regularizado que está saliendo del vaso:

$$O_i = \frac{2V_i + S_i - (2V_i - O_i)}{2}$$



PROYECTO DEL RIO PUENTE, CHL.
PRESA HUITES
CURVA GASTOS ELEVACIONES
TUNELES DE DERREDO



PROYECTO DEL BARRIO FUENTE, S.M. .
PRESA NUITES
 CURVA ELEVACIONES CAPACIDADES DEL VASO

5.4 Resultados de la simulación

Una vez realizada la simulación del tránsito de los hidrogramas envolventes por los túneles de desvío (los resultados del tránsito de la envolvente anual aparecen en el cuadro 5.2), se analizaron las elevaciones probables de la superficie libre del agua durante el año, y se observó que en el día 291 (marzo 4) se presenta el nivel -- máximo del agua en el vaso (elev. 201.16 m). Posteriormente, con base en los resultados de la simulación (tanto anual como bihoraria) se -- formó la gráfica tiempo-elevación de la superficie libre del agua (-- fig. 5.5).

(En el cuadro 5.2 el día 1 corresponde a la fecha mayo -- 19, misma en la que se presenta el gasto mínimo de la envolvente a--- nual.)

TRANSITO DE AVENIDAS POR OBRAS DE DESVIO

PROYECTO: * PRESA HUITES *

INTERVALO DE TIEMPO 1 DIA	GASTO DE ENTRADA m ³ /s	GASTO DE SALIDA m ³ /s	ELEVACION S.L.A. m	ALMACENAMIENTO AL FINAL m ³ 10 ⁶
1	20.30	20.30	156.02	1.949
2	25.10	25.10	156.04	1.955
3	472.50	472.50	156.01	4.094
4	228.70	228.70	156.90	2.576
5	149.70	149.70	156.57	2.335
6	98.10	98.10	156.35	2.178
7	71.50	71.50	156.23	2.076
8	64.00	64.00	156.20	2.073
9	42.00	42.00	156.11	2.000
10	34.20	34.20	156.08	1.982
11	29.29	29.29	156.05	1.967
12	41.37	41.37	156.11	2.004
13	96.26	96.26	156.34	2.172
14	114.40	114.40	156.42	2.227
15	111.40	111.40	156.40	2.218
16	77.77	77.77	156.26	2.116
17	54.13	54.13	156.16	2.043
18	50.14	50.14	156.14	2.031
19	51.12	51.12	156.15	2.034
20	50.06	50.06	156.14	2.031
21	75.30	75.30	156.25	2.108
22	90.45	90.45	156.31	2.184
23	98.65	98.65	156.35	2.179
24	93.10	93.10	156.33	2.167
25	75.60	75.60	156.25	2.109
26	105.30	105.30	156.38	2.200
27	105.10	105.10	156.38	2.199
28	74.33	74.33	156.25	2.105
29	108.20	108.20	156.39	2.208
30	117.40	117.40	156.43	2.232
31	219.20	219.20	156.86	2.597
32	493.90	493.90	159.21	4.224
33	334.00	334.00	157.25	3.107
34	390.90	390.90	158.27	3.561
35	365.70	365.70	158.04	3.396
36	607.00	607.00	160.14	4.925
37	828.00	828.00	160.72	5.768
38	825.00	825.00	160.71	5.754
39	710.00	710.00	160.32	5.253
40	655.50	655.50	160.23	5.107

TRANSITO DE AVENCIDAS POR OBRAS DE DESVIO

PROYECTO: PRESA RUITES 1

INTERVALO DE TIEMPO 1 DIA	GASTO DE ENTRADA m ³ /s	GASTO DE SALIDA m ³ /s	ELEVACION S.C.A. m	ALMACENAMIENTO FINAL m ³ 10 ⁶
41	499.00	499.00	159.25	4.268
42	470.50	470.50	158.99	4.061
43	750.00	750.00	160.45	5.405
44	851.20	851.20	160.81	5.877
45	896.00	896.00	160.96	6.087
46	737.20	737.20	160.40	5.342
47	421.50	421.50	158.55	3.761
48	368.90	368.90	158.07	3.417
49	565.10	565.10	159.83	4.686
50	726.40	726.40	160.36	5.291
51	553.90	553.90	159.75	4.626
52	651.30	651.30	160.12	5.059
53	640.00	640.00	160.70	5.051
54	768.30	768.30	161.51	5.488
55	642.30	642.30	160.20	5.077
56	736.00	736.00	160.40	5.336
57	690.40	690.40	160.29	5.188
58	794.00	794.00	160.60	5.608
59	744.00	744.00	160.40	5.376
60	1084.40	1084.40	161.63	6.972
61	1000.10	1000.10	161.53	6.576
62	1048.70	1048.70	161.50	6.804
63	1057.90	1057.90	161.54	6.847
64	786.90	786.90	160.50	5.573
65	757.10	757.10	160.47	5.435
66	1052.00	1052.00	161.51	6.820
67	914.30	914.30	161.03	6.173
68	705.00	705.00	160.71	5.223
69	818.10	818.10	160.69	5.721
70	1139.60	1139.60	161.82	7.331
71	1548.30	1548.30	167.84	8.500
72	1569.50	1569.50	162.98	8.747
73	1363.60	1363.60	162.41	8.009
74	1270.60	1270.60	162.20	7.728
75	1411.00	1411.00	162.52	8.155
76	1298.00	1298.00	162.26	7.813
77	1040.30	1040.30	161.50	6.794
78	939.60	939.60	161.12	6.292
79	932.60	932.60	161.09	6.260
80	1000.30	1000.30	161.53	6.577

TRANSITO DE AVENIDAS POR OBRAS DE DESVIO

PROYECTO: * FRESA HUITES *

INTERVALO DE TIEMPO 1 DIA	GASTO DE ENTRADA m ³ /s	GASTO DE SALIDA m ³ /s	ELEVACION S.L.A. m	ALMACENAMIENTO AL FINAL m ³ x 10 ⁶
81	1445.00	1445.02	162.89	8.255
82	1318.30	1318.30	162.31	7.672
83	1085.60	1085.60	161.63	6.977
84	863.70	863.70	160.85	5.936
85	1201.20	1201.20	162.04	7.518
86	1162.10	1162.10	161.90	7.337
87	1628.28	1628.28	163.11	8.940
88	1214.70	1214.69	162.07	7.559
89	1285.20	1285.20	162.23	7.772
90	1734.30	1734.30	163.47	9.417
91	2050.50	2050.51	164.40	10.657
92	1710.40	1710.40	163.39	9.306
93	1967.30	1967.31	164.17	9.341
94	1894.70	1894.70	163.97	9.066
95	1736.10	1736.09	162.17	7.624
96	1591.00	1591.00	162.98	8.774
97	1736.30	1736.30	163.47	9.422
98	1611.00	1611.00	163.05	8.863
99	1296.00	1296.99	162.26	7.805
100	1412.90	1412.90	162.52	8.158
101	1496.70	1496.70	162.71	8.411
102	1402.70	1402.70	162.50	8.127
103	1075.90	1075.90	161.67	6.932
104	978.20	978.20	161.27	6.473
105	823.30	823.30	160.71	5.746
106	1064.70	1064.70	161.56	6.879
107	1182.80	1182.80	161.98	7.434
108	1414.70	1414.71	162.53	8.163
109	1206.10	1206.10	162.28	7.841
110	1210.10	1210.10	162.06	7.545
111	1353.60	1353.61	163.39	7.979
112	1505.20	1505.21	162.73	8.437
113	1647.00	1647.00	163.17	9.024
114	1375.00	1374.99	162.44	8.073
115	1351.00	1351.00	162.38	7.971
116	1360.30	1360.30	162.40	7.979
117	1243.60	1243.60	162.14	7.646
118	1154.00	1154.00	161.89	7.297
119	955.60	955.60	160.82	5.898
120	945.80	945.80	161.13	6.312

TRANSITO DE AVENIDAS POR OBRAS DE RESVIO

PROYECTO: * PRESA HUITEZ *

INTERVALO DE TIEMPO 1 DIA	GASTO DE ENTRADA m ³ /s	GASTO DE SALIDA m ³ /s	ELEVACION S.L.A. m	ALMACENAMIENTO AL FINAL m ³ 1006
121	808.10	808.10	160.65	5.675
122	801.90	801.90	160.63	5.645
123	788.20	788.20	160.58	5.581
124	676.10	676.10	160.26	5.155
125	1028.90	1028.90	161.42	6.711
126	2613.10	2614.94	165.55	12.589
127	1440.10	1440.67	162.58	8.240
128	1423.50	1423.50	162.55	8.190
129	1864.60	1854.00	163.23	9.099
130	2207.80	2207.80	164.85	11.254
131	1037.70	1037.70	161.46	6.753
132	2000.90	2000.02	161.28	10.465
133	3326.46	3326.41	166.76	15.101
134	1509.50	1509.47	162.74	8.150
135	1406.70	1406.70	162.51	8.139
136	2009.87	2009.83	164.29	10.503
137	1500.60	1499.98	162.72	8.421
138	1627.50	1627.50	163.11	8.937
139	877.10	877.10	160.90	5.999
140	1176.10	1176.10	161.95	7.402
141	962.50	962.50	161.20	6.399
142	482.80	482.80	155.10	4.162
143	6800.00	6629.83	183.25	75.960
144	7000.00	6922.58	187.55	90.086
145	2388.00	2388.00	165.31	12.096
146	1222.00	1222.99	162.09	7.584
147	2758.90	2758.96	165.73	12.962
148	1320.80	1320.77	162.31	7.860
149	920.00	920.00	161.05	6.200
150	609.00	609.00	160.14	4.991
151	324.70	324.70	157.67	3.128
152	282.00	282.00	157.29	2.855
153	226.20	226.20	156.89	2.569
154	230.70	230.70	156.94	2.583
155	1098.00	1098.00	161.60	7.036
156	490.95	490.95	159.18	4.215
157	264.60	264.60	157.12	2.736
158	273.60	273.60	157.20	2.794
159	1032.20	1032.20	161.44	6.727
160	1827.75	1827.76	163.77	9.612

TRANSITO DE AVENIDAS POR OBRAS DE DESVIO

PROYECTO: # PRESA HUITES #

INTERVALO DE TIEMPO 1 DIA	GASTO DE ENTRADA m ³ /s	GASTO DE SALIDA m ³ /s	ELEVACION S.L.A. m	ALMACENAMIENTO AL FINAL m ³ *10 ⁶
161	2018.80	2018.80	164.31	10.537
162	1455.00	1454.98	162.62	8.285
163	953.60	953.60	161.17	6.358
164	1658.20	1656.20	163.34	9.243
165	1597.80	1597.80	163.01	8.804
166	1384.20	1384.19	162.46	8.071
167	561.90	561.90	161.20	6.397
168	741.90	741.90	160.42	5.364
169	478.30	478.30	159.06	4.132
170	294.80	294.80	157.40	2.933
171	349.90	349.90	157.90	3.293
172	242.80	242.80	156.96	2.620
173	186.10	186.10	156.72	2.446
174	793.40	793.40	160.60	5.606
175	2899.10	2899.17	165.97	13.457
176	1676.80	1676.80	163.27	9.157
177	920.00	920.00	161.05	6.200
178	609.40	609.40	160.15	5.001
179	413.60	413.60	158.48	3.709
180	288.30	288.30	157.34	2.870
181	275.70	275.70	157.22	2.808
182	254.90	254.90	157.03	2.672
183	143.20	143.20	156.54	2.315
184	118.40	118.40	156.43	2.240
185	180.74	180.74	156.70	2.430
186	259.05	259.05	157.07	2.699
187	243.91	243.91	156.97	2.623
188	214.58	214.58	156.84	2.533
189	448.40	448.40	158.79	3.937
190	1910.90	1910.93	164.00	10.127
191	1042.50	1042.50	161.48	6.778
192	1016.19	1016.19	161.39	6.652
193	782.20	782.20	160.56	5.553
194	539.10	539.10	159.62	4.530
195	248.90	248.90	156.99	2.638
196	201.10	201.10	156.78	2.492
197	167.20	167.20	156.64	2.369
198	141.00	141.00	156.53	2.309
199	1500.00	1500.05	162.72	8.421
200	815.10	815.10	160.68	5.707

TRANSITO DE AVENIDAS POR OBRAS DE DESVIO

PROYECTO: * FRESA HUITES *

INTERVALO DE TIEMPO 1 DIA	GASTO DE ENTRADA m ³ /s	GASTO DE SALIDA m ³ /s	ELEVACION S.L.A. m	ALMACENAMIENTO AL FINAL m ³ *10 ⁻⁶
201	385.70	385.70	158.22	3.527
202	247.40	247.40	156.98	2.634
203	289.40	289.40	157.35	2.898
204	568.40	568.40	159.88	4.721
205	8600.40	7801.93	192.94	157.112
206	8116.80	7153.71	187.02	102.969
207	2571.10	2528.08	165.45	12.382
208	2509.40	2509.40	165.45	12.381
209	2285.30	2285.30	165.06	11.579
210	1518.60	1518.58	162.76	8.477
211	924.30	924.30	161.06	6.220
212	2193.30	2193.30	164.81	11.199
213	1735.00	1735.00	163.47	9.416
214	844.10	844.10	160.78	5.844
215	570.00	570.00	159.90	4.732
216	531.60	531.00	159.54	4.477
217	469.00	469.00	158.98	4.071
218	379.00	379.00	158.16	3.483
219	1264.30	1264.34	162.18	7.709
220	987.70	987.70	161.29	6.518
221	428.30	428.30	158.61	3.805
222	298.80	298.80	157.43	2.959
223	831.10	831.10	160.73	5.783
224	1254.00	1254.01	162.16	7.678
225	2200.00	2200.00	164.83	11.225
226	1425.00	1424.97	162.55	8.195
227	931.40	931.40	161.09	6.253
228	1405.10	1405.12	162.50	8.134
229	1000.00	1000.00	161.33	6.976
230	348.60	348.60	157.89	3.285
231	745.90	745.90	160.43	5.382
232	6099.60	5970.23	178.27	49.506
233	1750.30	1750.30	163.52	9.485
234	1985.40	1985.41	164.22	10.410
235	1571.40	1571.40	162.92	8.606
236	2504.40	2505.54	165.44	12.367
237	2911.50	2911.51	165.99	13.501
238	3768.70	3768.70	168.09	17.849
239	8911.80	7980.30	194.61	174.027
240	4096.60	4061.87	169.53	20.432

TRANSITO DE CANTIDADES POR BORSA DE DESVIO

PROYECTO: + FRESA HUITES +

INTERVALO DE TIEMPO 1 DIA	GASTO DE ENTREGA m ³ /s	GASTO DE SALIDA m ³ /s	ELEVACION S.L.A. m	ALMACENAMIENTO al FINAL m ³ (10 ⁶)
241	6758.40	6597.86	182.99	74.384
242	5819.80	5887.30	177.53	48.512
243	1931.30	1981.40	184.20	10.394
244	1045.70	1045.70	181.49	8.780
245	881.50	881.50	180.27	5.167
246	814.50	814.50	180.68	5.705
247	651.40	651.40	180.18	5.052
248	872.00	872.00	180.08	5.975
249	878.30	878.30	180.90	6.004
250	3349.60	3349.60	186.80	15.193
251	3820.00	3859.95	188.52	10.752
252	4187.90	4186.60	170.16	22.375
253	5845.57	5810.29	177.10	45.086
254	2414.40	2414.97	185.35	12.184
255	1310.00	1309.57	182.29	7.847
256	806.00	806.00	180.85	5.665
257	589.00	589.00	180.05	4.877
258	447.60	447.80	180.79	3.935
259	741.50	741.50	180.42	5.362
260	581.70	581.70	180.00	4.809
261	467.60	467.60	180.77	4.062
262	1794.00	1791.00	185.67	9.680
263	4545.00	4643.95	172.43	28.823
264	312.00	2212.00	188.38	14.850
265	1570.60	1570.30	182.51	8.582
266	1076.30	1076.30	181.80	6.934
267	836.00	838.00	180.76	5.815
268	678.00	678.00	180.27	5.159
269	676.00	676.00	180.26	5.154
270	637.80	637.80	180.20	5.066
271	612.00	612.00	180.15	5.007
272	792.60	771.60	180.80	5.807
273	792.70	792.70	181.51	6.591
274	683.00	683.00	180.27	5.170
275	659.30	659.30	180.22	5.116
276	711.80	711.80	180.30	5.237
277	475.60	475.60	180.04	4.115
278	346.90	346.90	187.00	3.273
279	519.00	519.00	180.10	4.398
280	5801.10	5776.50	178.88	43.376

TRANSITO DE AVENIDAS POR OBRAS DE DESVIO

PROYECTO: * PRESA HUITES *

INTERVALO DE TIEMPO 1 DIA	GASTO DE ENTRADA m ³ /s	GASTO DE SALIDA m ³ /s	ELEVACION S.L.N. m	ALMACENAMIENTO AL FINAL m ³ *10 ⁶
281	2407.30	2407.59	165.35	12.170
282	1305.30	1305.27	162.28	7.833
283	931.50	931.50	161.09	6.254
284	1541.90	1541.90	162.32	8.554
285	1893.30	1893.31	163.95	10.060
286	2115.50	2115.51	164.59	10.904
287	1282.00	1281.98	162.22	7.762
288	770.20	770.20	160.52	5.497
289	531.00	531.00	159.54	4.477
290	1500.00	1500.02	162.72	8.421
291	10400.00	8674.94	201.16	256.725
292	8600.00	8671.66	200.64	248.412
293	3750.00	3967.35	168.43	18.570
294	2100.00	2099.96	164.54	10.845
295	1565.00	1565.00	162.90	8.658
296	1414.00	1414.99	162.52	8.164
297	1213.00	1213.00	162.07	7.554
298	995.00	995.00	161.31	6.952
299	777.00	777.00	160.54	5.529
300	619.00	619.00	160.16	5.023
301	528.00	528.00	159.51	4.457
302	435.00	435.00	158.67	3.649
303	269.60	269.60	157.17	2.768
304	208.10	208.10	156.90	2.575
305	195.20	195.20	156.76	2.474
306	190.50	190.50	156.74	2.460
307	252.90	252.90	157.02	2.650
308	215.30	215.30	156.84	2.526
309	181.40	181.40	156.70	2.432
310	148.90	148.90	156.56	2.333
311	124.40	124.40	156.46	2.258
312	107.50	107.50	156.39	2.206
313	97.90	97.90	156.35	2.177
314	90.91	90.91	156.32	2.156
315	87.49	87.49	156.30	2.145
316	85.27	85.27	156.29	2.138
317	81.93	81.93	156.28	2.128
318	79.40	79.40	156.27	2.117
319	76.89	76.89	156.24	2.112
320	72.80	72.80	156.24	2.100

CUADRO 8.8

TRANSITO DE AVENTIDAS POR OBRAS DE DESVIO

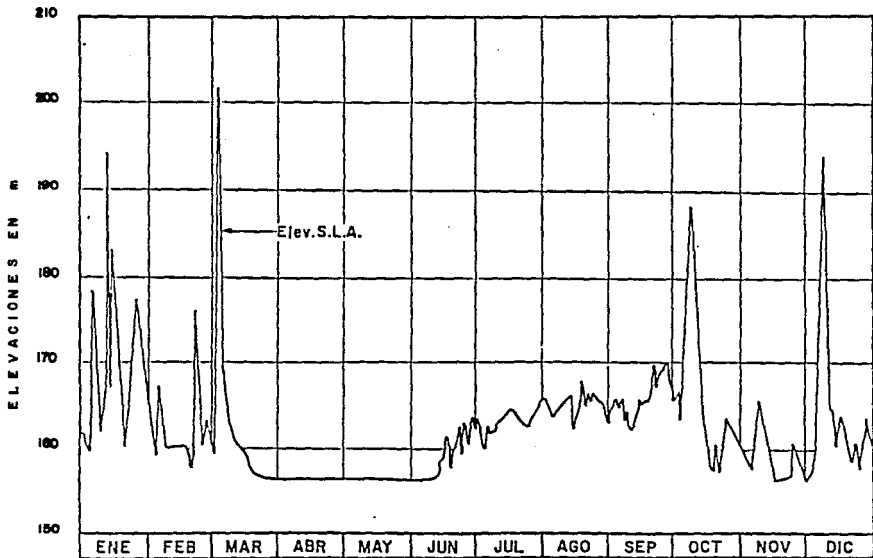
PROYECTO: * PRESA HUJTES *

INTERVALO DE TIEMPO 1 DIA	GASTO DE ENTRADA m ³ /s	GASTO DE SALIDA m ³ /s	ELEVACION S.L.A. m	ALMACENAMIENTO AL FINAL m ³ 10 ⁻⁶
321	71.59	71.59	156.23	2.697
322	69.59	69.59	156.23	2.091
323	67.63	67.63	156.22	2.085
324	65.76	65.76	156.21	2.079
325	64.93	64.93	156.21	2.076
326	164.30	164.30	156.63	2.300
327	199.40	199.40	156.78	2.487
328	183.30	183.30	156.71	2.438
329	206.20	206.20	156.81	2.508
330	185.00	185.00	156.72	2.443
331	142.70	142.70	156.54	2.314
332	120.10	120.10	156.44	2.245
333	91.80	91.80	156.32	2.158
334	94.00	94.00	156.33	2.165
335	68.50	68.50	156.22	2.087
336	63.60	63.60	156.20	2.072
337	56.40	56.40	156.17	2.050
338	61.66	61.66	156.19	2.066
339	84.98	84.98	156.29	2.138
340	156.80	156.80	156.60	2.357
341	170.10	170.10	156.65	2.398
342	120.80	120.80	156.44	2.247
343	90.62	90.62	156.31	2.155
344	71.60	71.60	156.23	2.097
345	57.90	57.90	156.18	2.055
346	50.20	50.20	156.14	2.031
347	43.90	43.90	156.12	2.012
348	39.38	39.38	156.10	1.998
349	36.14	36.14	156.08	1.988
350	34.12	34.12	156.07	1.982
351	33.64	33.64	156.07	1.981
352	78.26	78.26	156.26	2.117
353	51.83	51.83	156.15	2.036
354	36.57	36.57	156.09	1.990
355	28.63	28.63	156.05	1.965
356	27.65	27.65	156.05	1.962
357	26.89	26.89	156.04	1.960
358	25.75	25.75	156.04	1.957
359	24.90	24.90	156.04	1.954
360	24.35	24.35	156.03	1.952

TRANSITO DE AVENIDAS POR OBRAS DE DESVIO

PROYECTO: * PRESA HUITES *

INTERVALO DE TIEMPO 1 DIA	GASTO DE ENTRADA m ³ /s	GASTO DE SALIDA m ³ /s	ELEVACION S.L.A. m	ALMACENAMIENTO AL FINAL m ³ *10 ⁶
361	23.80	23.80	156.03	1.951
362	23.25	23.25	156.03	1.949
363	22.70	22.70	156.03	1.947
364	21.20	21.20	156.06	1.973
365	21.50	21.50	156.02	1.944
366	20.90	20.90	156.02	1.942



PROYECTO DEL BQ FUENTE, S.M.
PRESA MUITES
GRAFICA TIEMPO-ELEVACION

6. PLANEACION DE LA CONSTRUCCION DE LA ATAGUIA PARA EL DES- VIO

6.1 Descripción de las etapas de construcción y de desvío

A partir del proyecto de la atagüa, se estudió un plan - general para su construcción, llegando al planteamiento que se describe a continuación y que considero conveniente seguir.

La obra se iniciará con la formación de una preatagüa de enrocamiento a volteo, misma que permitirá efectuar el cierre del río y desviar el escurrimiento de estiaje por los túneles de desvío (fig. 6.1). Debido al volumen que cubican sus materiales ($156,577 \text{ m}^3$) y a las características de la corriente, será necesario realizar esta actividad en dos etapas: la primera, colocación de materiales desde el fondo del cauce hasta la elevación 160 m, construyendo primeramente - el pedraplén que producirá el cierre de la corriente y completándolo con los restantes materiales hasta esa elevación (ver fig. 4.5.b).

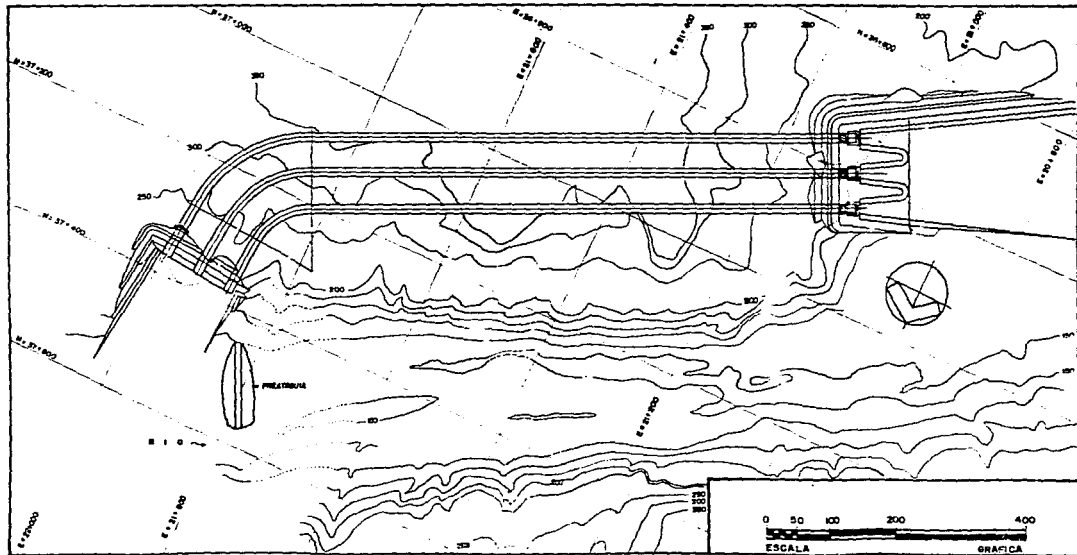
La segunda etapa consistirá en la colocación de los materiales restantes del elemento hasta alcanzar su corona a la elevación 170 m.

Una vez levantada la preatagüa, el escurrimiento del río circulará en su totalidad a través de los túneles. Entonces, se tenderá una capa de rezaga y enrocamiento hasta la elevación 155 m, se acondicionarán cárcamos de bombeo para abatir el nivel de agua de filtraciones y se procederá a formar un bordo en el extremo aguas abajo de la atagüa, simultáneamente con la construcción de la pantalla -- pantalla flexible de lodos (fig. 6.2). Posteriormente, se colocarán los materiales impermeables y permeables en la zona central de la atagüa y finalmente se completará su construcción en la parte superior (fig. 6.3).

6.2 Actividades iniciales para plantear el programa de construcción

Para analizar el programa de construcción fue necesario determinar los volúmenes de los diferentes materiales que integrarán a la atagüa. Esta cubicación se realizó utilizando el plano topográfico de la boquilla; para obtener las cantidades de material se midieron las áreas de diferentes elevaciones con planímetro, y se calcularon los volúmenes parciales correspondientes y los acumulados para los diferentes intervalos (cuadro 6.1).

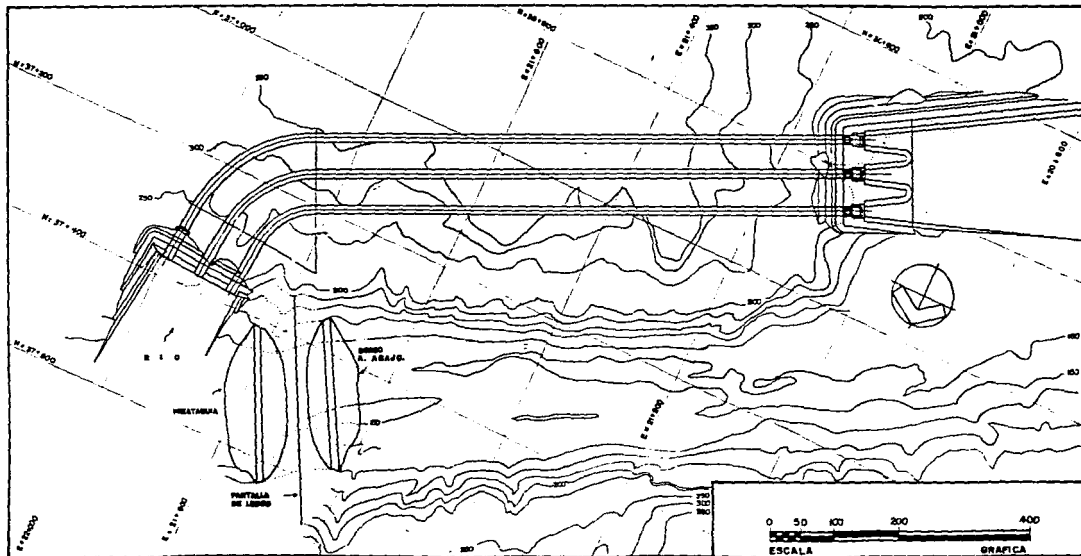
Ya definidos los volúmenes, se realizaron detallados análisis de rendimientos que permitieron estimar los tiempos necesarios de ejecución de las actividades que forman parte del programa de construcción. Por la naturaleza de la obra (movimiento de tierras), se pensó en la conveniencia de emplear maquinaria pesada durante su construcción, y para seleccionarla se tomaron en cuenta sus características físicas y de operación, su disponibilidad, y el espacio ideal que requiere para operar en forma eficiente y segura.



ETAPA I
 RIO PASARDO POR
 EL CAUCE Y TUNELES
 DE DESVIO

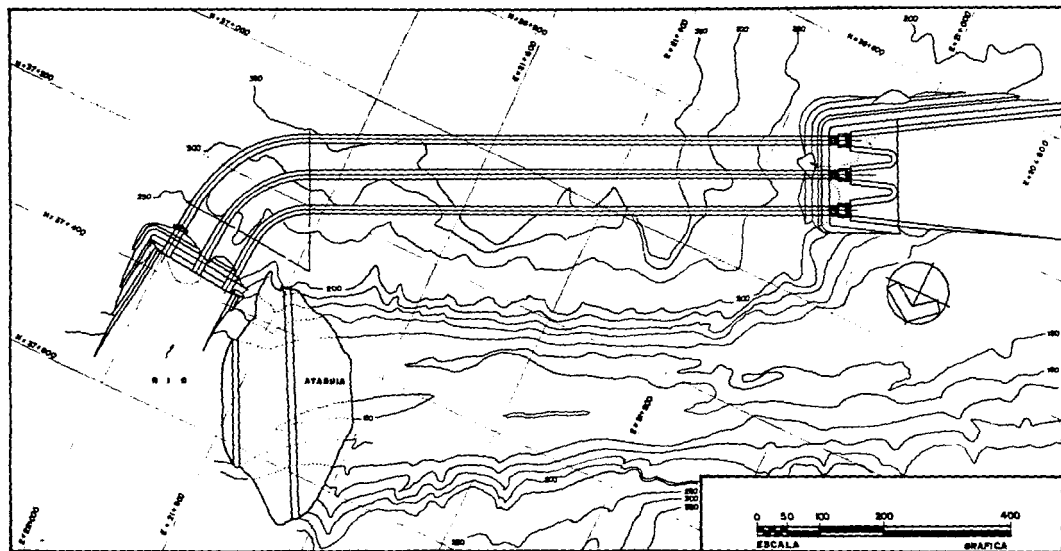
PROYECTO DEL NO PUENTE, S.A.
 PRESA HUITES
 OBRA DE DESVIO

ETAPAS DE CONSTRUCCION Y DEL DESVIO



ETAPA 1
 RIO PASANDO POR
 LOS TUNELES

PROYECTO DEL INO PUERTO, S.M.
 PRESA HUITES
 OBRA DE DESVIO
 ETAPAS DE CONSTRUCCION Y DEL DESVIO



ETAPA 3
TERMINACION DE LA
ATABOLLA

MINISTERIO DEL AGUA POTABLE, S.M.
PRESA HUITES
OBRA DE DESVIO
ETAPAS DE CONSTRUCCION Y DEL DESVIO

VOLUMENES DE OBRA
CORRESPONDIENTES A LAS ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	CONCEPTO	ELEV. (m.)	VOL.AC. (m ³)
PREAT. A. ARRIBA	Enrocamiento a volteo	148-160	66,875.00
		160-170	50,704.00
	Material de - transición	148-160	4,401.00
		160-170	6,474.00
	Material impermeable	148-160	3,357.00
		160-170	6,097.00
	Material de - transición	148-160	1,216.00
		160-170	5,797.00
	Enrocamiento a volteo	148-160	3,202.00
		160-170	6,568.00
BORDO A. ABAJO	Aluvión del río	148-160	60,296.00
		160-170	41,302.00
	Enrocamiento seccionado	148-160	3,829.00
		160-170	6,797.00
NUCLEO Y FILTROS	Material impermeable	148-160	20,346.00
		160-170	50,217.00
		170-180	53,382.00
		180-190	46,141.00
		190-203	50,165.00
	Material de - transición	148-160	1,216.00
		160-170	4,864.00
		170-180	5,601.00
		180-190	8,244.00
		190-203	8,321.00

ACTIVIDAD	CONCEPTO	ELEV. (m.)	VOL.AC.(m ³)
RESPALDOS	Material de respaldo	148-160	60,764.00
		160-170	155,739.00
		170-180	197,920.00
		180-190	123,095.00
		190-203	42,414.00
CHAPAS DE ENROCAMIENTO	Enrocamiento - seleccionado	170-180	41,491.00
		180-190	52,785.00
		190-203	58,964.00

RESUMEN DE VOLUMENES DE OBRA

MATERIAL	VOLUMEN TOTAL (m3)
Material impermeable	229,705.00
Material de transición	46,134.00
Material de respaldo	579,932.00
Aluvión del río	101,598.00
Roca	291,215.00
Volumen total de materiales	1'248,584.00

Debido a la extensión del estudio, a continuación se justificarán únicamente los rendimientos correspondientes a las actividades consideradas de mayor importancia; en forma análoga se calcularon los propios de las restantes. El resumen de los resultados se presenta en el inciso 6.3.6 .

6.3 Análisis de rendimientos

6.3.1 Formación de preatagüa

Colocación de enrocamiento a volteo

1. Carga y acarreo

Cargador 973B-CAT. (capacidad del cucharón, 3.75 yd³)

Camión 769C-CAT. (capacidad de la caja, 25 yd³)

Rendimiento del cargador:

$$\text{Rto} = \frac{3,600 \text{ s/hr} \times V \times E \times F}{A \times C}$$

en donde,

V: volumen nominal del cucharón = 2.87 m³

E: eficiencia = 0.83

F: factor de llenado = 0.85

A: abundamiento = 1.50

C: tiempo del ciclo = 40 s

$$\text{Rto.} = 121 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Cálculo del ciclo de acarreo:

Capacidad del camión = 19.10 m³ : 1.50 = 12.73 m³.

Tc = 19.10 m³ x 60 min/hr : 121 m³/hr = 9.45 min.

Ti = 1.00 km x 60 min/hr : 20 km/hr = 3.00 min.

Tr = 1.00 km x 60 min/hr : 30 km/hr = 2.00 min.

Tiempo de descarga, maniobras e int. = 1.00 min.

Tiempo del ciclo de acarreo = 15.45 min.

No. de ciclos por hora = 60 min/hr x 0.83 : 15.45 min/c.

No. de ciclos por hora = 3.22

No. de camiones requeridos = 121 m³/hr : 41 m³/hr

No. de camiones por cargador = 3

Producción diaria (16 hr/día) = 121 m³/hr x 16 hr/día

Producción = 1,936 m³/día.

2. Colocación y acomodo

Tractor D8L-CAT con bulldozer

Rendimiento del tractor:

$$\text{Rto.} = \frac{3,600 \text{ s/hr} \times V \times E}{A \times C}; \quad V = \frac{2.42 \times H^2 \times L}{3}$$

en donde,

H: altura de la hoja del tractor = 1.520 m

L: longitud de la cuchilla = 4.145 m

Cálculo del ciclo del tractor:

Ti = 0.02 km x 3,600 s/hr : 1.50 km/hr = 48 s.

Tr = 0.02 km x 3,600 s/hr : 1.50 km/hr = 48 s.

Tiempo de maniobras e interferencias = 5 s.

Tiempo del ciclo = 101 s.

Rto. = 152.26 m³/hr.

Producción = 2,432 m³/día.

Colocación y compactación de material impermeable

1. Obtención

Tractor D8L-CAT con bulldozer.

Rendimiento del tractor: (A = 1.30)

Rto. = 175.68 m³/hr.

Producción = 2,800 m³/día.

2. Carga y acarreo

Cargador 973B-CAT (Capacidad del cucharón, 3.75 yd³)

Camión volteo F-600. (Capacidad de la caja, 7 m³)

Rendimiento del cargador: (A = 1.30)

Rto. = 140 m³/hr.

Cálculo del ciclo de acarreo:

Capacidad del camión = 7.00 m³ : 1.30 = 5.38 m³.

Tc = 5.38 m³ x 60 min/hr : 140 m³/hr = 2.31 min.

Ti = 1.00 km x 60 min/hr : 20 km/hr = 3.00 min.

Tr = 1.00 km x 60 min/hr : 30 km/hr = 2.00 min.

Tiempo de descarga, maniobras, e int. = 1.00 min.

Tiempo del ciclo de acarreo = 8.31 min.

Rendimiento del camión:

Rto. = 32.34 m³/hr.

No. de camiones requeridos = 140 m³/hr : 32.34 m³/hr.

No. de camiones por cargador = 5.

Producción = 2,240 m³/día.

3. Formación

Motoconformadora 120B-CAT.

Rendimiento de la motoconformadora:

Rto. = $\frac{V \times L \times e \times E}{NP}$

en donde,

V: velocidad = 7 km/hr

L: longitud de la cuchilla = $2.24 \text{ m} \times \cos 30^\circ = 1.94 \text{ m}$.

e: espesor de la capa = 0.20 m

E: eficiencia = 0.83

NP: número de pasadas = 10

Rto. = $225 \text{ m}^3/\text{hr}$.

Producción = $3,600 \text{ m}^3/\text{día}$.

4. Compactación

Compactador CA-15 DYNA-PACK (pata de cabra)

Rendimiento del compactador:

Rto. = $\frac{V \times A \times F \times e \times E}{NP}$

en donde,

V: velocidad = 4.5 km/hr

A: largo de la plancha = 2.14 m

F: factor de traslape = 0.80 m

NP: número de pasadas = 8

Rto. = $200 \text{ m}^3/\text{hr}$

Producción = $3,200 \text{ m}^3/\text{día}$.

6.3.2

Bordo aguas abajo

Colocación y compactación de aluvi6n

1. Obtenci6n, carga y acarreo

Draga 38b Link-Belt (Capacidad del bote = 1.34 m^3)

Rendimiento de la draga: (A=1.40, C=30 s)

Rto. = 71.50 m³/hr.

Cálculo del ciclo de acarreo:

Capacidad del camión = 7.00 m³ : 1.40 = 5.00 m³.

Tc = 5 m³ x 60 min/hr : 71.50 m³/hr = 4.20 min.

Ti = 1 km x 60 min/hr : 20.00 km/hr = 3.00 min.

Tr = 1 km x 60 min/hr : 30.00 km/hr = 2.00 min.

Tiempo de descarga, maniobras e int. = 1.00 min.

Tiempo del ciclo de acarreo = 10.20 min.

Rendimiento del camión:

Rto. = 24.50 m³/hr.

No. de camiones requeridos = 71.50 m³/hr : 24.50 m³/hr.

No. de camiones por draga = 3.

Producción = 1,440 m³/día.

2. Colocación

Tractor DBL-CAT con bulldozer.

Rendimiento del tractor: (A=1.40)

Rto. = 170 m³/hr.

Producción = 2,720 m³/día.

3. Compactación

Compactador CA-25 DYNA-PACK (Rodillo liso vibratorio)

Rendimiento del compactador:

Rto. = 320 m³/hr.

Producción = 5,120 m³/día.

6.3.3

NUCLEO

Colocación y compactación de material impermeable

1. Obtención

Tractor D8L-CAT con bulldozer

Producción = 2,800 m³/día.

2. Carga y acarreo

Cargador 973B-CAT.

Camión volteo F-600.

Rendimiento del cargador = 140 m³/hr.

Rendimiento del camión = 32.24 m³/hr.

Producción = 2,240 m³/día.

3. Formación y compactación

Compactador 815B-CAT con bulldozer

Camión tanque (Capacidad = 8,000 lt)

Rendimiento del compactador:

$$\text{Rto.} = \frac{W \times S \times L \times F \times E}{NP}$$

en donde,

W: ancho de compactación por pasada, en metros;

$$W = 2 \times \text{ancho de una rueda} = 2 \times 0.978 = 1.96 \text{ m}$$

S: velocidad = 4.5 km/hr

L: espesor de la capa = 0.25 m

F: factor de traslape = 0.80

E: eficiencia = 0.83

NP: número de pasadas = 8

Rto. = $183 \text{ m}^3/\text{hr}$

Producción = $2,980 \text{ m}^3/\text{día}$.

Para compactar un metro cúbico del terraplén es necesario utilizar 0.170 metros cúbicos de agua.

Rendimiento del camión tanque:

Descarga

Volumen = $8,000 \text{ lt} = 8 \text{ m}^3$.

$Q = C_d \times A_o \times (2gH)^{1/2}$;

$A_o = \pi d^2/4 = 0.002 \text{ m}^2$.

Se considera que el valor del coeficiente de descarga C_d es igual a 0.65, y el de la carga H igual a 4.00 m.

$Q = 0.0115 \text{ m}^3/\text{s}$.

Rto. = $41,50 \text{ m}^3/\text{hr}$.

Producción = $664 \text{ m}^3/\text{día}$.

6.3.4

Respaldos

Colocación y compactación de rezaga y enrocamiento

1. Carga y acarreo

Cargador 973B-CAT

Camión volteo F-600

Rendimiento del traxcavo: ($A = 1.45$)

Rto. = $125 \text{ m}^3/\text{hr}$.

Cálculo del ciclo de acarreo:

Capacidad del camión = $7 \text{ m}^3 : 1.45 = 4.83 \text{ m}^3$.

$T_c = 4.83 \text{ m}^3 \times 60 \text{ min/hr} : 125 \text{ m}^3/\text{hr} = 2.31 \text{ min.}$

$T_i = 1.00 \text{ km} \times 60 \text{ min/hr} : 20 \text{ km/hr} = 3.00 \text{ min.}$

$T_r = 1.00 \text{ km} \times 60 \text{ min/hr} : 30 \text{ km/hr} = 2.00 \text{ min.}$

Tiempo de descarga, maniobras e int. = 1.00 min.

Tiempo del ciclo de acarreo = 8.31 min.

Rendimiento del camión:

Rto. = $34.87 \text{ m}^3/\text{hr.}$

No. de camiones requeridos = $125 \text{ m}^3/\text{hr} : 34.87 \text{ m}^3/\text{hr} .$

No. de camiones por cargador = 4.

Producción = $2,000 \text{ m}^3/\text{hr.}$

2. Colocación

Tractor DBL-CAT con bulldozer

Rendimiento del tractor: (A = 1.45)

Rto. = $158 \text{ m}^3/\text{hr.}$

Producción = $2,528 \text{ m}^3/\text{dfa.}$

6.3.5

Chapas de enrocamiento

Colocación y compactación de enrocamiento seleccionado

1. Carga y acarreo

Cargador 973B-CAT

Camión volteo F-600

Rendimiento del cargador = $121 \text{ m}^3/\text{hr.}$

Rendimiento del camión $22.52 \text{ m}^3/\text{hr.}$

No. de camiones por cargador = 6.

2. Colocación y acomodo
 Tractor DBL-CAT con bulldozer

Rendimiento del tractor = 152 m³/hr.

Producción = 2,432 m³/día.

6.3,6 Cuadro resumen de rendimientos y equipo de las actividades del programa de construcción

ACTIVIDAD	RTO	EQUIPO
PREAT. AGUAS ARRIBA		
Enrocamiento a volteo		
1. Carga y acarreo	1,936 m ³ /día	1 cargador 973B - CAT 3 camiones 769C - CAT
2. Colocación y acomodo	2,432 m ³ /día	1 tractor DBL - CAT
Material impermeable		
1. Obtención	2,800 m ³ /día	1 tractor DBL - CAT
2. Carga y acarreo	2,240 m ³ /día	1 cargador 973B - CAT 5 camiones volteo 7m3
3. Formación	3,600 m ³ /día	1 motoconf.120B - CAT
4. Compactación	3,200 m ³ /día	1 compact.CA25-D.PACK
Material de transición		
1. Obtención, carga y acarreo	1,184 m ³ /día	1 draga 38B Link-Belt 3 camiones volteo 7m3
2. Colocación	2,720 m ³ /día	1 tractor DBL - CAT
3. Compactación	5,120 m ³ /día	1 compact. liso vibr.

ACTIVIDAD	RTO	EQUIPO
BORDO AGUAS ABAJO		
Aluvión del río		
1. Obtención, carga y acarreo	1,440 m ³ /día	1 draga 38B Link-Belt 3 camiones volteo 7m3
2. Colocación	2,270 m ³ /día	1 tractor D8L - CAT
3. Compactación	5,120 m ³ /día	1 compact.CA25-D.PACK
Enrocamiento selecc.		
1. Carga y acarreo	1,936 m ³ /día	1 cargador 973B - CAT 6 camiones volteo 7m3
3. Colocación y acomodo	2,432 m ³ /día	1 tractor D8L - CAT
NUCLEO Y FILTROS		
Material impermeable		
1. Obtención	2,800 m ³ /día	1 tractor D8L - CAT
2. Carga y acarreo	2,240 m ³ /día	1 cargador 973B - CAT 5 camiones volteo 7m3
3. Formación y compact.	2,980 m ³ /día	1 compact. 815B - CAT 1 camión tanque 8 m3
Material de transición		
1. Obtención, carga y acarreo	1,184 m ³ /día	1 draga 38B Link-Belt 3 camiones volteo 7m3
2. Colocación	2,720 m ³ /día	1 tractor D8L - CAT
3. Compactación	5,120 m ³ /día	1 compact. liso vibr.
RESPALDOS		
Rezaga y enrocamiento		
1. Carga y acarreo	2,000 m ³ /día	1 cargador 973B - CAT 4 camiones volteo 7m3
2. Colocación	2,528 m ³ /día	1 tractor D8L - CAT

ACTIVIDAD	RTO	EQUIPO
CHAPAS DE ENROCAMIENTO		
Enrocamiento selecc.		
1. Carga y acarreo	1,936 m ³ /día	1 cargador 973B - CAT 6 camiones volteo 7m ³
2. Colocación y acomodo	2,432 m ³ /día	1 tractor DBL - CAT

6.4 Programación general de la construcción

La fecha seleccionada para iniciar la obra fue el 8 de marzo, suponiendo, con base en los registros históricos, que en ese momento el caudal del río Fuerte será ya francamente pequeño y comenzará el estiaje; de acuerdo con la curva de gastos del río, la diferencia de niveles entre la superficie libre del agua y el fondo del cauce será probablemente menor de 5 m, lo que permitirá realizar las actividades dentro de márgenes de seguridad adecuados.

De acuerdo con los rendimientos calculados, suponiendo un número de equipos razonable, se requiere un período de construcción de 181 días calendario, es decir, de aproximadamente 6 meses. En consecuencia, la fecha de terminación, será el día 14 de septiembre; la atagüa podrá concluirse antes de que se presenten las máximas avenidas de la temporada invernal.

En los cuadros 6.2, 6.3 y 6.4 se muestran, respectivamente, los resultados de la ruta crítica, del programa general de construcción, y del programa general de utilización del equipo.

En un principio se representó el plan de construcción en un diagrama en el que se describe la secuencia e interrelación de las actividades con sus respectivos tiempos de ejecución. Utilizando el método de la ruta crítica, se calcularon tiempos de iniciación, terminación y holgura, los cuales, permitieron la fácil identificación de las actividades críticas.

Posteriormente, se expresó, mediante el empleo de barras, la duración de cada una de las actividades en un diagrama de Gantt, o en un calendario. De esta forma se obtuvo el programa general de construcción.

La programación de la utilización del equipo se realizó con base en el cuadro anterior. Sin embargo, hubo necesidad de analizar los tiempos flotantes de las actividades (obtenidos de la ruta crítica) para evitar costos innecesarios durante la construcción de la atagüa. Es por esta razón que la formación del bordo de aguas abajo se realizará en forma intermitente, permitiendo así que el equipo empleado en esta actividad se desplace para formar los filtros de la preatagüa en ciertas fechas.

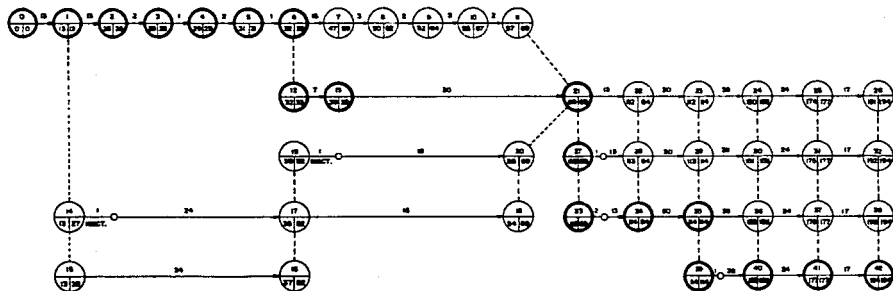
Por otra parte, durante la etapa final de la formación del núcleo será necesario continuar la colocación y compactación del material con una sola máquina, aun cuando su capacidad de producción sea menor que la requerida; la presencia de otro compactador provocará interferencias en las maniobras, así como efectos negativos en la economía de la obra y en el programa de construcción, pues, a partir de la elevación 190.00 m, el área de trabajo no será lo suficientemente amplia para permitir su operación en forma eficiente.

RUTA CRITICA

ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCION DE LA ATAGUIA
DE DESVIO DE LA PRESA HUITES

i-j		Duración (días)
0-1	Enrocamiento a volteo elev. 160 m	13
1-2	Enrocamiento a volteo elev. 160 m	13
2-3	Material de transición en preat. aguas arriba elev. 160 m	2
3-4	Material impermeable en preat. aguas arriba elev. 160 m	1
4-5	Material de transición en preat. aguas arriba elev. 160 m	2
5-6	Enrocamiento a volteo elev. 160 m	1
6-7	Enrocamiento a volteo elev. 170 m	15
7-8	Material de transición en preat. aguas arriba elev. 170 m	3
8-9	Material impermeable en preat. aguas arriba elev. 170 m	2
9-10	Material de transición en preat. aguas arriba elev. 170 m	3
10-11	Enrocamiento a volteo elev. 170 m	2
15-16	Aluvión del río elev. 160 m	24
14-17	Enrocamiento seleccionado en bordo aguas abajo elev. 160 m	24
17-18	Aluvión del río elev. 170 m	16
19-20	Enrocamiento seleccionado en bordo aguas abajo elev. 170 m	16
12-13	Rezaga y enrocamiento elev. 155 m	7
13-21	Pantalla impermeable	30
21-22	Material impermeable en núcleo elev. 160 m	13
22-23	Material impermeable en núcleo elev. 170 m	30
23-24	Material impermeable en núcleo elev. 180 m	38
24-25	Material impermeable en núcleo elev. 190 m	24
25-26	Material impermeable en núcleo elev. 203 m	17

i-j		Duración (días)
27-28	Material de transición en filtros elev. 160 m	13
28-29	Material de transición en filtros elev. 170 m	30
29-30	Material de transición en filtros elev. 180 m	38
30-31	Material de transición en filtros elev. 190 m	24
31-32	Material de transición en filtros elev. 203 m	17
33-34	Material de respaldo elev. 160 m	13
34-35	Material de respaldo elev. 170 m	30
35-36	Material de respaldo elev. 180 m	38
36-37	Material de respaldo elev. 190 m	24
37-38	Material de respaldo elev. 203 m	17
39-40	Enrocamiento seleccionado elev. 180 m	38
40-41	Enrocamiento seleccionado elev. 190 m	24
41-42	Enrocamiento seleccionado elev. 203 m	17



PROYECTO DEL HNO FUENTE, S.M.
 PRESA HUITES
 ATAGUIA AGUAS ARRIBA
 RUTA CRITICA

CONCEPTO	CANTIDAD DE OBRA (m ³)	PRECIO DIARIO (m ³ /dia)	TIEMPO		FECHAS		MESES					
			DIAS PZT	DIAS CAL	INDICACION	TERMINACION	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
ELEV. 160.00 - 180.00												
PREPARATORIA												
EMBOCAMIENTO A VOLTEO	64 878	3 000	22.28	26	MARZO 8	ABRIL 3						
MATERIAL DE TRANSICION	4 401	2 400	1.88	2	ABRIL 3	ABRIL 4						
MATERIAL IMPERMEABLE	3 387	3 000	1.12	1	ABRIL 6	ABRIL 8						
MATERIAL DE TRANSICION	3 108	2 400	1.28	2	ABRIL 6	ABRIL 7						
EMBOCAMIENTO A VOLTEO	3 888	3 000	1.07	1	ABRIL 6	ABRIL 8						
ALIVOR DEL RIO	60 894	2 900	20.79	24	MARZO 22	ABRIL 15						
EMBOCAMIENTO SELECCIONADO	3 888	190	20.58	24	MARZO 23	ABRIL 24						
MATERIAL IMPERMEABLE	20 346	2 200	9.26	11	MAYO 10	MAYO 25						
MATERIAL DE TRANSICION	1 318	130	9.36	11	MAYO 16	MAYO 28						
MATERIAL DE RESPALDO	60 784	4 000	18.19	18	ABRIL 6	MAYO 27						
MANTALLA IMPERMEABLE				30	ABRIL 16	MAYO 14						
ELEV. 180.00 - 170.00												
PREPARATORIA												
EMBOCAMIENTO A VOLTEO	20 704	3 900	18	18	ABRIL 9	ABRIL 23						
MATERIAL DE TRANSICION	6 474	3 400	2.70	3	ABRIL 24	ABRIL 26						
MATERIAL IMPERMEABLE	6 087	3 000	3.02	3	ABRIL 27	ABRIL 28						
MATERIAL DE TRANSICION	6 787	2 400	2.82	3	ABRIL 29	MAYO 1						
EMBOCAMIENTO A VOLTEO	6 888	3 900	1.88	2	MAYO 2	MAYO 3						
ALIVOR DEL RIO	41 508	3 000	13.77	16	ABRIL 16	ABRIL 28						
EMBOCAMIENTO SELECCIONADO	6 797	800	13.89	6	ABRIL 15	ABRIL 30						
MATERIAL IMPERMEABLE	60 217	1 860	32.75	30	MAYO 26	JUNIO 24						
MATERIAL DE TRANSICION	4 864	190	32.80	30	MAYO 27	JUNIO 25						
MATERIAL DE RESPALDO	189 738	8 000	36.58	10	MAYO 26	JUNIO 26						
ELEV. 170.00 - 180.00												
PREPARATORIA												
MATERIAL IMPERMEABLE	63 882	1 680	32.28	38	JUNIO 25	AGOSTO 1						
MATERIAL DE TRANSICION	3 401	170	32.98	38	JUNIO 26	AGOSTO 2						
MATERIAL DE RESPALDO	197 980	8 000	32.59	38	JUNIO 27	AGOSTO 3						
EMBOCAMIENTO SELECCIONADO	41 491	1 278	32.54	35	JUNIO 28	AGOSTO 4						
ELEV. 180.00 - 190.00												
PREPARATORIA												
MATERIAL IMPERMEABLE	46 141	2 200	20.81	24	AGOSTO 2	AGOSTO 25						
MATERIAL DE TRANSICION	8 344	400	20.81	24	AGOSTO 3	AGOSTO 26						
MATERIAL DE RESPALDO	123 098	8 000	30.52	24	AGOSTO 4	AGOSTO 27						
EMBOCAMIENTO SELECCIONADO	66 738	2 580	20.72	24	AGOSTO 5	AGOSTO 28						
ELEV. 190.00 - 208.00												
PREPARATORIA												
MATERIAL IMPERMEABLE	60 988	3 800	14.38	17	AGOSTO 26	SEPT. 11						
MATERIAL DE TRANSICION	6 384	270	14.60	17	AGOSTO 27	SEPT. 12						
MATERIAL DE RESPALDO	42 444	8 000	14.14	17	AGOSTO 28	SEPT. 13						
EMBOCAMIENTO SELECCIONADO	68 984	4 000	14.38	17	AGOSTO 29	SEPT. 14						

PROYECTO DEL 60 PUENTE, SIN.
PRESA HUITES
ATAGUIA AGUAS ARRIBA
PROGRAMA GENERAL DE CONSTRUCCION

CONCEPTO	EQUIPO	REQUERIMIENTO POR MES	MARZO							ABRIL							MAYO							JUNIO							JULIO							AGOSTO							SEPTIEMBRE						
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28																					
ENCARCAMIENTO A VOLTEO			2 TR																																																
			6 CM						6 CM																																										
MATERIAL DE TRANSICION						25	25	25																																											
						4CV	4CV	4CV																																											
MATERIAL IMPERMEABLE																																																			
ALIVION DEL RIO						20	20																																												
						6CV	6CV																																												
ENCARCAMIENTO MEJORADO																																																			
						1 TR	1 TR																																												
MATERIAL IMPERMEABLE																																																			
MATERIAL DE TRANSICION																																																			
MATERIAL DE REPARADO																																																			

CLASIFICACION DE LA MAQUINARIA		
MAQUINA		CLASIF.
CARON PUNTA DE CONCRETO	CAP 25-pf.	CV
CARON TANQUE	CAP 6000-p.	CV
CARON VOLTEO	CAP. 7-p.	CV
COMPACTADOR LEO VIBRATORIO		CO
COMPACTADOR PATA DE CABRA		CT
COMPACTADOR PATA DE CABRA CON BALLESTER		TR
ORONA	CAR 124-p.	B
BOTOCORPORAORA		BB
TRACTOR CON BALLESTER	800 H.P.	TR
TRACCION	CAP 3.75-pf.	TE

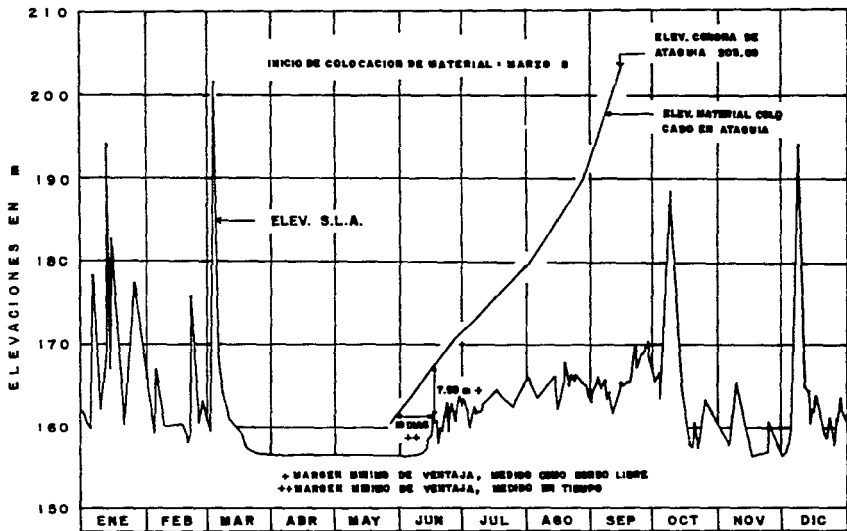
EQUIPO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
CM	6	6			6	6	6	6																						
CV																														
(TR-CP)																														
CT																														
CO																														
B																														
BB																														
TR	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
TE	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	

PROYECTO DEL RIO PUERTO, S.M.
 PRESA HUITES
 ATAGUIA AGUAS ARRISA
 PROGRAMA DE UTILIZACION DE EQUIPO

7. VERIFICACION DE LA FACTIBILIDAD DE CONSTRUCCION DE LA ATAGUIA

Se elaboró un juego de curvas de elevación contra volumen de materiales colocados en la ataguía. Con ayuda de ellas, y de acuerdo con el programa general de construcción propuesto, se pudo trazar una gráfica que muestra la evolución de la elevación de los materiales colocados a través del tiempo. La comparación de esta gráfica con la gráfica tiempo-elevación de la superficie libre del agua obtenida de la simulación del tránsito de avenidas (fig. 5.5) permitió obtener el resultado siguiente (fig. 7.1):

Después de la avenida máxima registrada el día 4 de marzo (de $10,400 \text{ m}^3/\text{s}$), la elevación de la superficie del agua se reduce -- considerablemente.



PROYECTO DEL RIO FUERTE, SR
PRESA HUITES
GRAFICA TIEMPO-ELEVACION

Cuando esta última inicia su crecimiento provocado por -- las avenidas de verano, tiende a alcanzar el nivel de los materiales colocados; en el punto más crítico (junio 29) se presenta un bordo libre de 7.50 m, el cual, es 50% mayor al mínimo aceptado para trabajar en la colocación de materiales sin el riesgo de invasión del agua a este nivel. En cualquier otro momento, el margen de seguridad es mayor.

Desde otro punto de vista, el margen mínimo de seguridad, medido como tiempo de ventaja que llevará la colocación de materiales respecto al momento en que el agua alcanzaría la misma elevación, es de 18 días.

Por todo lo anterior, se concluye que, bajo las condiciones estudiadas, la construcción de la estructura en cuestión es enteramente factible.

BIBLIOGRAFIA

1. U.S. Department of the interior Bureau of Reclamation
Design of Small Dams
Washington, D.C., 1976
2. Comité Nacional Español de Grandes Presas
Grandes Presas (Experiencias españolas en su proyecto
y construcción)
Editorial Castilla
Madrid, España, 1976
3. Tamez González, Enrique
Principios del Diseño y Construcción de Presas de Tierra
S.R.H.
México, D.F., 1963
4. CIEPS Consultores S.A. de C.V.
Esquemas Comparativos de la Presa Huites, Sin.
México, D.F., 1985
5. Dirección de Hidrología
Boletín Hidrológico No. 36
S.R.H.
México, D.F., 1975
6. Caterpillar Tractor Co.
Caterpillar Performance Handbook (edition 15)
CAT
Peoria, Illinois, U.S.A., 1984

7. Ramiro Gorostieta, Luis
Taller de Aplicaciones Prácticas, Índices de Costos y
Fórmulas Escalatorias
C.A.P./ CICH
México, D.F., 1985

8. Antill, James M., Woodhead, Ronald W.
Método de la Ruta Crítica y su Aplicación a la Cons--
trucción
Editorial Limusa
México, D.F., 1986

9. International Commission on Large Dams
Technical Dictionary on Dams
Imprimerie de Montligeon
Montligeon, France, 1969