

2ej: 191

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**PROGRAMA DE CONSTRUCCION DE UNA PLANTA HIDROELECTRICA,
EMPLEANDO EL METODO DEL CAMINO CRITICO**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A
JAIME MORENO MARTINEZ

MEXICO, D. F.

1981



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



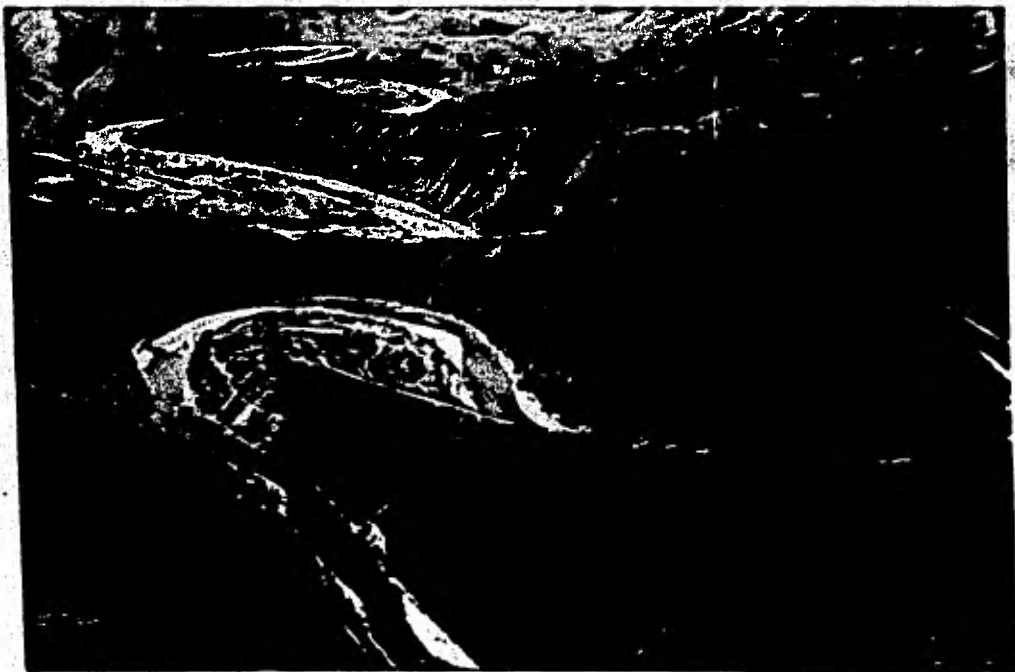
UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



VISTA AEREA HACIA AGUAS ABAJO
DE LA ZONA DE LAS OBRAS

CAPITULO I

ANTECEDENTES DEL CAMINO CRITICO

En ocasiones se ha confundido al método de la ruta crítica o camino crítico (Critical Path Method) con el método PERT (Program Evaluation Research Task), por que ambos métodos de programación utilizan redes de actividades y por haber sido desarrollados prácticamente en la misma época. Sin embargo, tienen una diferencia fundamental que los hace aplicables a problemas muy distintos.

La ruta crítica es un método determinista (define una duración específica para cada actividad) y su aplicación es sumamente útil en la planeación y control de obras, siempre y cuando dicha aplicación sea dinámica y su uso sea sencillo y práctico con los recursos de que se disponga .

El PERT es un método probabilista (define duraciones medias, optimistas y pesimistas para cada actividad) y se usa en la elaboración de programas de ciertos proyectos sumamente complejos e inciertos, en los que se requiere manejar datos probabilísticos, como fue el caso del proyecto Polaris o del proyecto Apolo, en donde hubo que programar actividades que requerían de elementos que aún no se conocían y cuya duración era imposible definir en forma determinística.

El método de la Ruta Crítica es una técnica eficaz en la planeación y administración de todo tipo de proyectos. En esencia es la representación del plan de un proyecto en un diagrama o red, que describe la secuencia e interrelación de todas las componentes del proyecto, así como el análisis lógico y la manipulación de esta red, para la completa determinación del mejor programa de operación. Es un método que se adapta a la industria de la construcción con buenos resultados, pues brinda un enfoque mucho más útil y preciso, que las graficas convencionales, anteriormente empleadas como bases de la planeación y el control de la construcción. Más aún, permite la evaluación y comparación rápida de distintos programas de trabajo, métodos de construcción y tipos de equipo. Una vez que el mejor plan ha sido elaborado en esta forma, el diagrama de la Ruta Crítica indica claramente las operaciones que controlan la ejecución fluida de los trabajos. Finalmente, durante la construcción, el diagrama provee al director del proyecto de una información precisa de los efectos de cada variación o el retraso en el plan adoptado, permitiéndole así identificar las operaciones que requieran cambios.

A esta técnica se le reconoce ya con varios nombres: Camino o Trayectoria Crítica, Analisis del Camino Crítico, Analisis de Redes, Programación de la Ruta Crítica, --

Estimación y Programación del costo Mínimo; pero la designación más satisfactoria es, Método de la Ruta Crítica - (abreviado CPM), El CPM puede ser empleado no solo en la planeación de trabajos de construcción, sino también en programas de investigación, problemas de mantenimiento, promoción de ventas y operación relacionadas con otras industrias.

El CPM fué ideado y desarrollado a principios de 1957 por los señores James E. Kelly, Morgan L. Walker y el Dr. Rocco L. Martino.

El Sr. Walker fué el autor de la lógica técnica, en tanto que el Sr. Kelly formuló y desarrollo el aspecto matemático. El Dr. Martino intervino posteriormente en los refinamientos de la técnica original, aplicándola a la programación de las obras relacionadas entre sí.

No fué sino hasta 1959 cuando se dió a conocer para su uso y aplicación en forma general en la construcción de la planta química de Compañía Dupont, en la cual se lograron excelentes resultados.

En México el CPM ha sido usado desde 1961 por la Secretaría de Obras Publicas para construcción de edificios y desde 1962 por la Comisión Federal de Electricidad para controlar grandes obras de electrificación.

CAPITULO N O . II

S I M B O L O G I A .

Definición de proyecto.- Como todo proyecto por realizarse, se requiere conocimiento preciso y claro de lo que se va a hacer, de su finalidad, viabilidad, elementos disponibles, capacidad financiera, etc.

En este punto el contratista colocará las obras a ejecutar, así como su contrato, el monto de dicha obra y todas las actividades contenidas detallándolas en su ejecución.

Las actividades se anotarán en forma ordenada conforme aparecen en la obra, con sus aspectos técnicos de realización y los problemas que puedan aparecer en el desarrollo de las mismas, tanto directos como indirectos.

Definición de Ruta Crítica.- es la suma mayor de los tiempos parciales no traslapados, o sea el tiempo más largo posible para ejecutar la obra.

Para formular un programa de obra es necesario que integren los siguientes factores:

- 1.- Conocimiento de los procedimientos constructivos (experiencia en obra)
- 2.- Conocimiento de los planos o información gráfica, de las especificaciones y del presupuesto (datos del proyecto); características y cuantificaciones.
- 3.- Conocimiento de los recursos disponibles y de los recursos con que se cuenta en el lugar de la obra (evaluación de recursos).
- 4.- Conocimiento del programa de pagos y financiamiento, así como de los plazos establecidos por la parte contratante.

Introducción a la red de Ruta Crítica .

Red.- Representación gráfica de las actividades que muestran eventos, secuencias, interrelaciones y camino crítico.

Evento.- Es el momento de iniciación o terminación de una actividad.



Evento

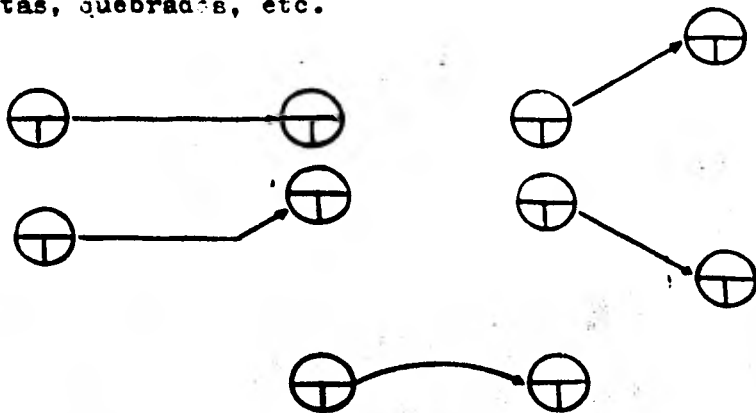
Evento

i = Evento inicial o predecesor

j = Evento final o sucesor

El evento final de una actividad será el evento inicial de la actividad siguiente

Las flechas no son vectores, escalares ni representan medida alguna. No interesa la forma de las flechas, ya que se dibujarán de acuerdo con las necesidades y comodidad de representación de la red. Pueden ser horizontales, verticales, ascendentes y descendentes, curvas, rotas, quebradas, etc.

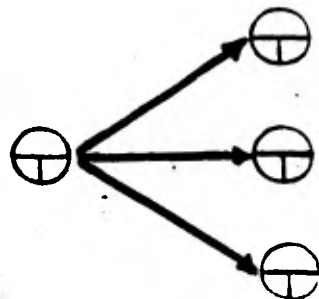
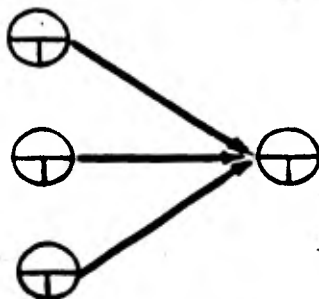


En los casos donde exista necesidad de iniciar una actividad que tenga una interrupción o continuación con otra, se dibujará entre ambas una línea punteada, llamada liga cuya duración es cero.



La liga puede representar en algunas ocasiones un tiempo de espera para poder iniciar la actividad siguiente.

Varias actividades pueden terminar en un evento o partir de un mismo evento.

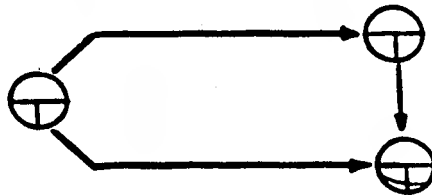


Al construirse la Red deberá EVITARSE lo siguiente:

a).- Dos actividades que parten de un mismo evento y llegan a un mismo evento. Esto produce confusión de tiempo y de continuidad. Debe abrirse el evento inicial o el evento final en dos eventos y unirlos con una liga.

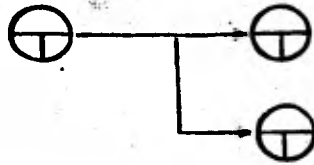


incorrecto.

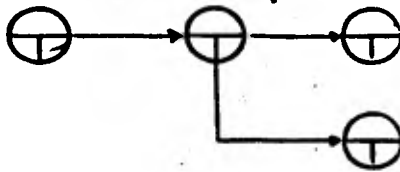


correcto.

b).- Partir de una actividad de una parte intermedia de otra actividad. Toda actividad debe empezar inevitablemente en un evento y terminar en otro. Cuando se presenta este caso, a la actividad base o inicial se le divide en eventos a base de porcentajes

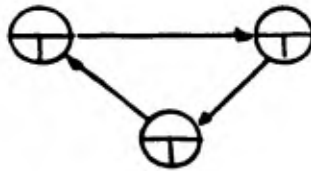


Incorrecto

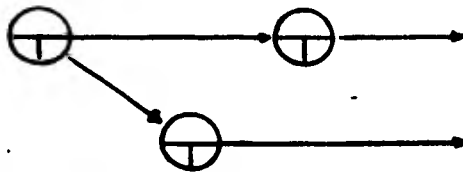


Correcto

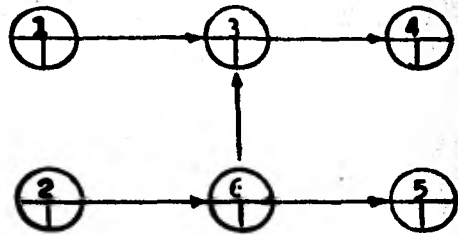
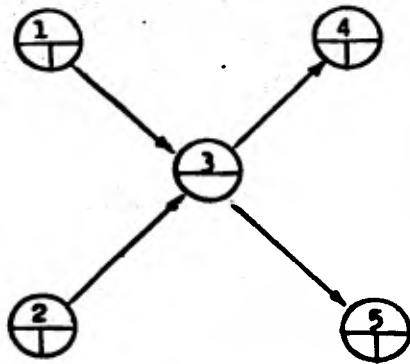
c).- No deberán existir circuitos cerrados en la red
(LOOPS)



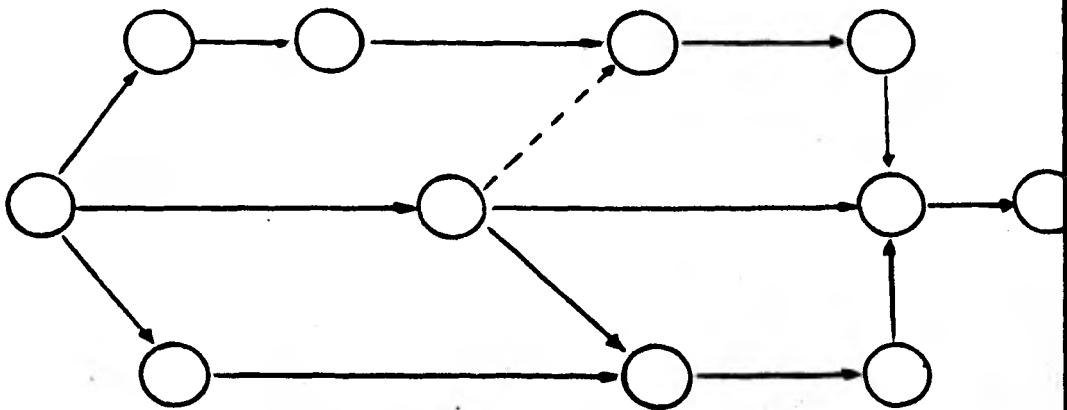
Incorrecto

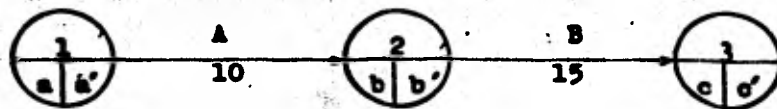


Correcto



d).- Deberá existir continuidad y fluidez entre los eventos.





ACTIVIDAD "A"

- 1) Evento Predecesor
 - 2) Evento Sucesor
- A= Actividad cuya duración es de 10 unidades
 a= Tiempo primero para iniciar la actividad A
 a'= Tiempo último para iniciar la actividad A
 b= Tiempo primero para terminar la actividad A
 b'= Tiempo último para terminar la actividad A

ACTIVIDAD "B"

- 2) Evento predecesor
 - 3) Evento sucesor
- B= Actividad cuya duración es de 15 unidades
 b= Tiempo primero para iniciar la actividad B
 b'= Tiempo último para iniciar la actividad B
 c= Tiempo primero para terminar la actividad B
 c'= Tiempo último para terminar la actividad B

CAPITULO III

ELABORACION DE UNA RED.

a).- Tabla de secuencias

La tabla de secuencias es la enumeración de actividades según van apareciendo en la obra, o la aparición de actividades cuando se han ejecutado las anteriores.

Para esto se construye una tabla bajo el criterio siguiente:

Las filas horizontales se denominan "REGLAS"

Las files verticales se llaman "COLUMNAS"

Para plantear la tabla, las actividades halladas en la regla primera dependerán de las localizadas en la primera columna. Esta tabla quedará integrada a la general.

ACTIV	t	A	B	C	D	E	F	G	H
A	3				X				
B	1	A				X			
C	12	T	A.	A.			X	X	
D	6	I						X	
E	5	V.	I	I					X
F	4	I							
G	1	N							
H	2	I C.							

De esta forma:

Para iniciar la actividad "A", no se requiere de una anterior y queda sin anotación en la tabla, lo mismo pasa con las actividades "B" y "C".

Para iniciar la actividad "D" se requiere de la "A" y se anota una marca en las coincidencias de la "D" con "A". (Columna con regla) .

Para hacer la actividad "E", se requiere haber hecho la "B".

Para hacer "F", se necesita de "C".

Para hacer "G", se necesita de "D" y "B"

Para hacer "H", se requiere de "E".

Una vez terminado el proceso, se observarán las columnas y las reglas que quedaron sin anotaciones.

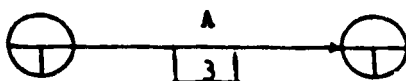
Las columnas en blanco indicarán las actividades iniciales (A, B y C).

Las reglas en blanco marcarán las actividades finales (F, G y H).

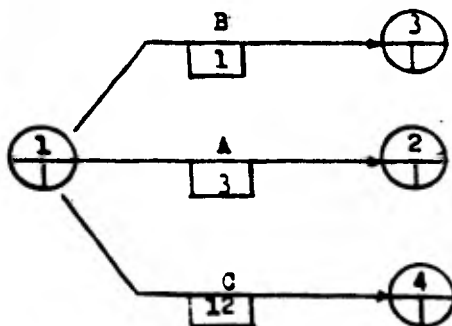
Tomando en consideración la tabla de secuencias, se obtiene la red con el siguiente proceso:

Con las actividades tomadas como iniciales se parte, haciendo depender de ésta, las siguientes, y de estas otras, las posteriores según va indicando la tabla.

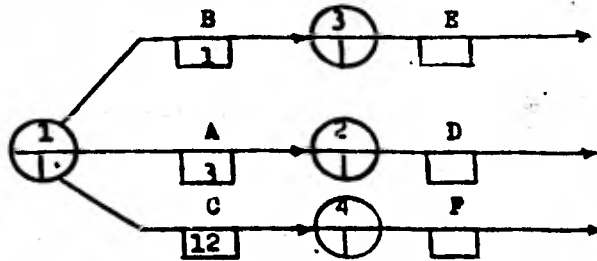
Así, la actividad "A" no requiere de alguna antecedente.



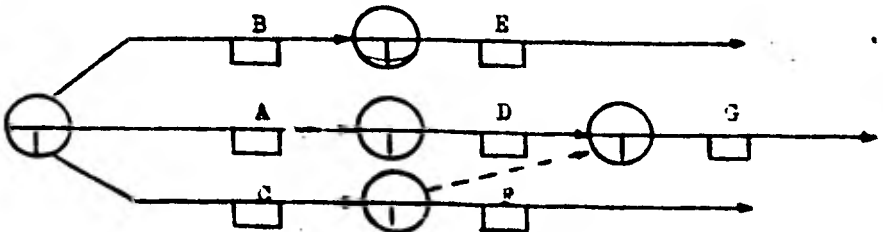
Las actividades "B" y "C" tampoco necesitan de actividades antecedentes.



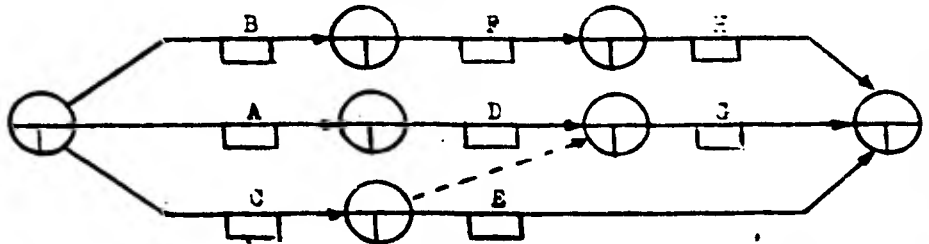
La actividad "D" requiere de la conclusión de "A"
 La actividad "E" necesita de la terminación de "B"
 La actividad "F" necesita de la terminación de "C"



La actividad "G" necesita de la terminación de "C" y de "D"



La actividad "H" depende de "E"; y "F", "G" y "H" son actividades finales por tanto:

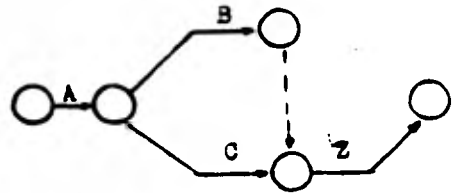


Algunos ejemplos de tabla y red originada se colocan a continuación

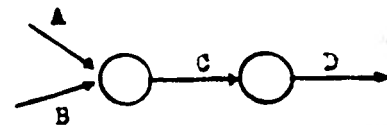
	A	B	C	Z
A		X		
B			X	
C				X



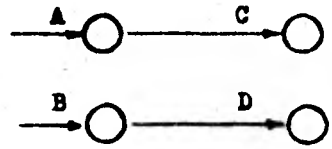
	A	B	C	Z
A		X	X	
B				X
C				X



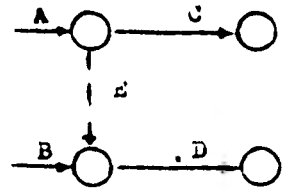
	A	B	C	D
A			X	
B			X	
C				X



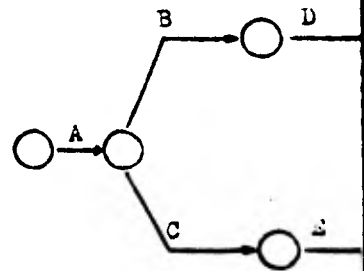
	A	B	C	D
A			X	
B				X
C				
D				



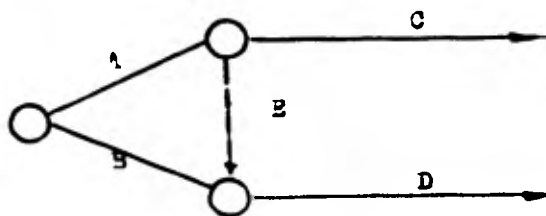
	A	B	C	D	E
A			X		X
B				X	
C					
D					
E				X	



	A	B	C	D	E
A		X	X		
B				X	
C					X
D					



	A	B	C	D	E
A			X		X
B				X	
C					
D					
E				X	



El cálculo de los TIEMPOS en la red se verifica de la siguiente forma:

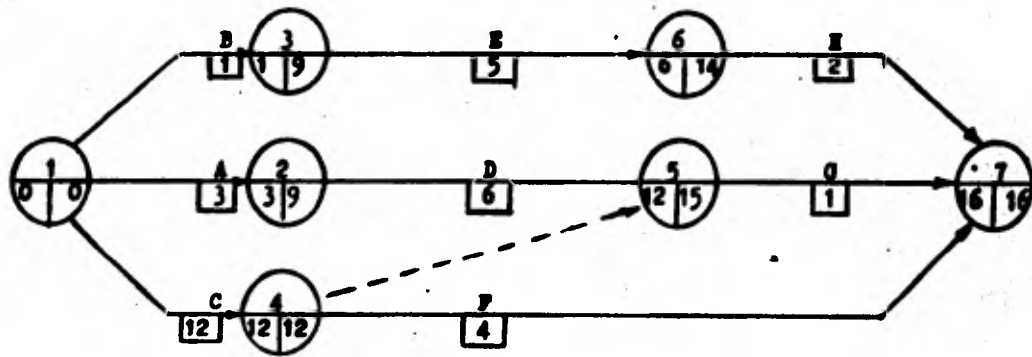
Partiendo del ejemplo, iniciándose desde el primer nodo. Se empiezan a sumar acumulativamente todos los tiempos, partiendo para cada una de las ramas y anotándose en el extremo inferior izquierdo de los círculos conforme se avanza. Cuando se tiene en el caso de varias actividades lleguen a un mismo nodo con la acumulación de su rama, se colocará en el local correspondiente el mayor de los tiempos. Se continúa este cálculo hasta el final de la red.

Posterior a éste cálculo, se sigue en forma análoga y en sentido inverso, partiendo del evento final, con el tiempo total acumulado del primer cálculo (tiempo de ejecución de la obra).

Al tiempo total se le va restando la duración de cada actividad, conforme van apareciendo y anotando el resultado en el lugar derecho inferior del círculo. Esto para cada rama, como el primer proceso. Cuando se tiene el caso en que varias actividades lleguen a un mismo nodo o evento con la des-acumulación de su respectiva rama, se colocará en el lugar destinado, el menor de los tiempos. Se continuará este cálculo hasta el final de la red.

Como comprobación, los locales correspondientes al nodo inicial y al nodo final, con el que se inició o con el que se llegó.

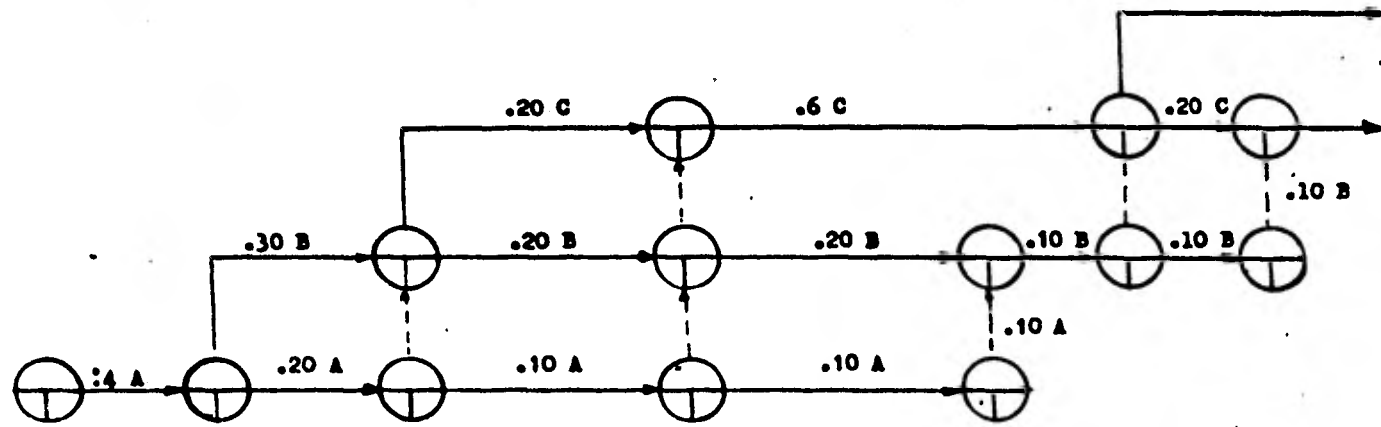
Al final del cálculo se observará que hay eventos con valores idénticos para ambos locales inferiores, izquierdo y derecho. Esto indica que las actividades comprendidas entre estos eventos tienen el mismo tiempo primero de iniciación y último de iniciación o primero de terminación y último de terminación. Estas actividades se resaltarán o se harán más notorias que las otras, uniéndolas de principio a fin, pues marcan la ruta crítica.



en tiempos de la obra analizada.

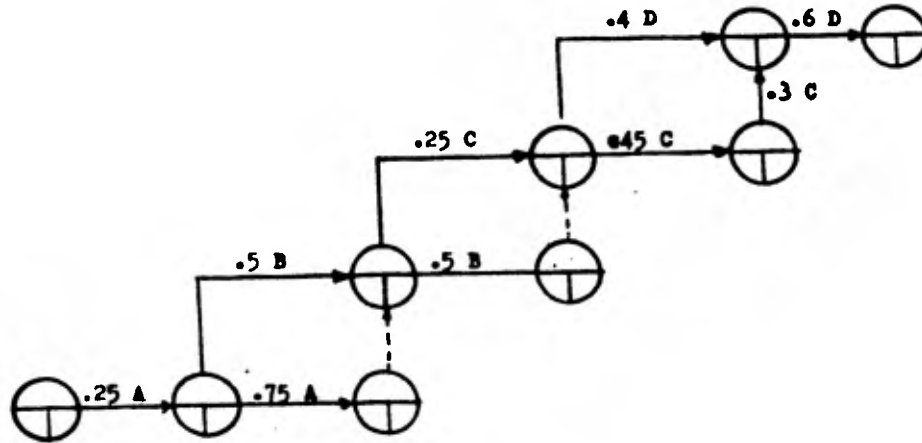
Debe tambien contener la red iniciaciones de actividades antes de la terminación de la anterior, es decir , realización por porcentajes, colocando las mismas anotaciones que para el proceso ya indicado, y así se colocará en la tabla. Más claramente en el porcentaje de avance de una actividad puede iniciarse inmediatamente la otra sucesivamente.

Aquí también puede emplearse la columna de observaciones en la tabla general.



Así POR EJEMPLO :

En un 25% de A puede iniciarse B
A un 50% de B puede iniciarse C
A un 25% de C puede iniciarse D
A un 40% de D puede iniciarse F



GENERALMENTE SE DA EL CASO SIGUIENTE :

Conclusiones.

Las conclusiones de la red son prácticamente las holguras que para el proyecto se representen y se tomarán como sigue:

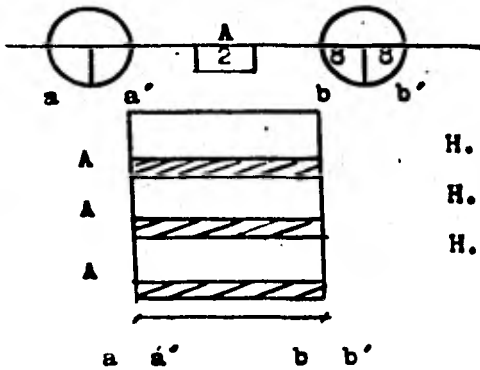
Holgura Libre.- Es el tiempo para una actividad comprendida entre la terminación de ésta en duración normal y el inicio próximo de la actividad siguiente, sin afectar a ésta última.

Holgura Total.- Es el tiempo comprendido entre la terminación de la actividad, y el tiempo último para iniciar la siguiente.

Holgura Independiente.- Es el tiempo comprendido entre la terminación de la actividad, la cual tuvo inicio tardío en la fecha de iniciación última, y el tiempo próximo para iniciar la actividad siguiente.

Casos y Ejemplos .

Caso I.- Unicamente se representan las holguras con un valor a cero. (Propia de las actividades críticas).

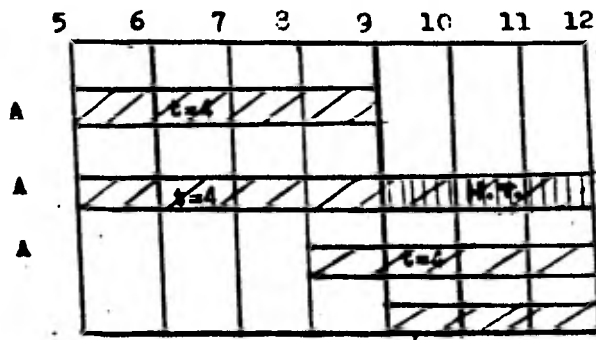


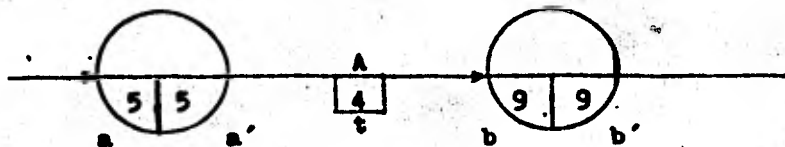
$$H. L. = b - a - t = 8 - 6 - 2 = 0$$

$$H. T. = b' - a - t = 8 - 6 - 2 = 0$$

$$H. I. = b - a' - t = 8 - 6 - 2 = 0$$

Caso II.- Se presentan valores para holguras totales y para holguras independientes negativas, que pueden ser dispuestas o absorbidas.





$$H.L. = b - a - t = 9 - 5 - 4 = 0$$

$$H.T. = b' - a - t = 12 - 5 - 4 = 3$$

$$H.I. = b - a' - t = 9 - 8 - 4 = -3$$

Esto indica que la actividad tiene una holgura total de 3 días. Pasando a abarcar el tiempo correspondiente de la siguiente actividad, hasta justamente el tiempo último de iniciación.

La holgura independiente indica que la siguiente actividad principia en su último tiempo, necesitará de 3 días más para poder ser terminada.

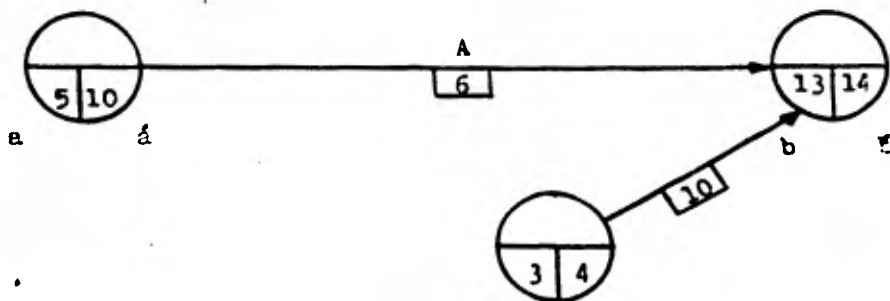
En este caso, si pueden disponerse estos días y que haciendo ésto no se altera el tiempo último de iniciación de la siguiente actividad.

Caso III.- Se presentan valores para holguras libres y totales permaneciendo negativa la holgura independiente que puede ser dispuesta.

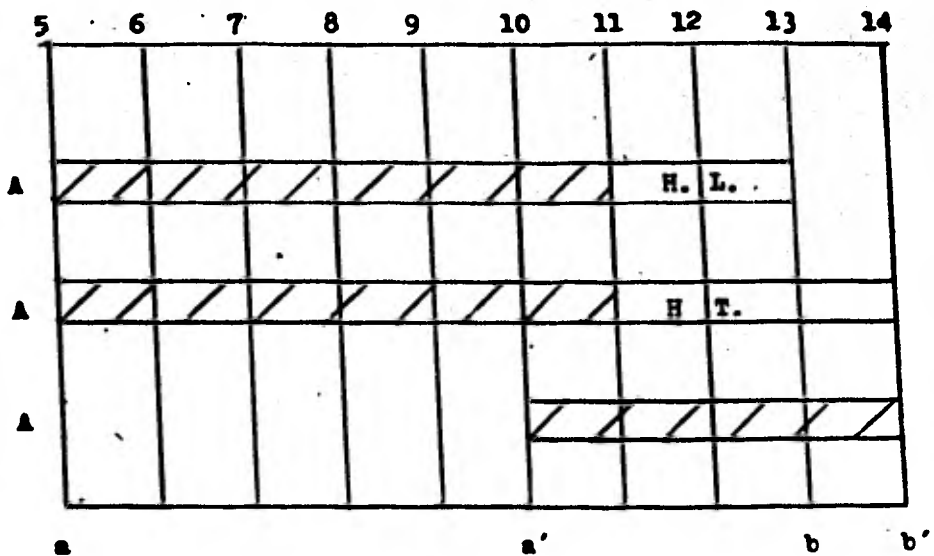
Esto indica que se tiene una holgura libre de 4 días sin molestar a la otra actividad en sus tiempos; también que se dispone totalmente de 5 días de holgura en caso de necesitar mayor tiempo para la misma actividad. Molestando obviamente el inicio primero de la siguiente actividad.

Pero si se inician en su tiempo último, para la duración normal de la actividad, hará falta un día que aún puede ser dispuesto sin perturbar el inicio último de la actividad sucesora.

Caso IV.- Se tienen valores para holguras libres y totales permaneciendo negativa la holgura independiente y que ya no puede ser dispuesta.



Actividad indicada en barras:



$$H. L. = b - a - t = 13 - 5 - 6 = 2$$

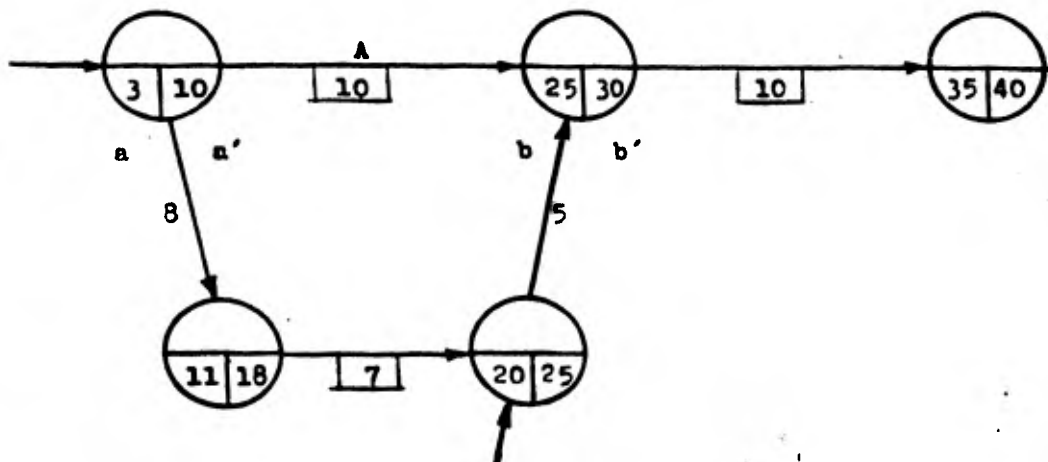
$$H. T. = b' - a - t = 14 - 5 - 6 = 3$$

$$H. I. = b - a' - t = 13 - 10 - 6 = -3$$

Para la holgura independiente se nota que se necesitan 3 días más pero únicamente se puede disponer de 1 día y son indispensables 2 más para terminar la actividad. Los cuales ya no pueden ser tomados de la actividad siguiente puesto que incluso ya se empleó el tiempo comprendido entre el tiempo primero y el tiempo último para la iniciación de esa actividad.

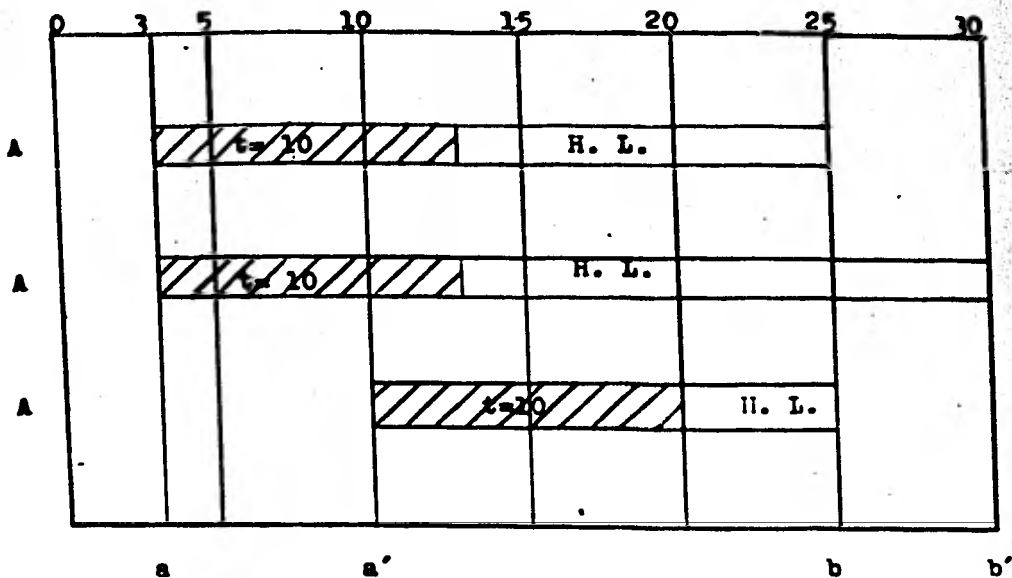
En el control de obra, deberá haber modificaciones tendientes a actualizar la red, si no se puede acelerar en el campo esa actividad sin alterar a las siguientes.

Caso V.- Se tienen los tres tipos de holguras positivas.



Se ha dibujado un fragmento más de red para visualizar mejor a la actividad analizada.

Indicación de la actividad por barras.



La holgura independiente indica que aunque la actividad empezó en su último tiempo, a su terminación aún se disponen de 5 días más sin modificar el tiempo próximo de iniciación de la siguiente.

Todos estos valores deberán ser colocados en tablas separadas o de preferencia en una tabla general como la que se muestra a continuación.

CAPITULO IV

RUTA CRITICA HORIZONTAL A ESCALA Y FORMA DE TENER INFORMACION AL DIA.

Vamos a poner la RUTA CRITICA horizontal y las flechas a escala de tiempo. Al hacer esta operación la ruta crítica será la única que quede a escala, las otras flechas seguirán su secuencia y podrán o no estar a escala (en nuestro ejemplo todas las flechas están a escala).

Con la ruta crítica horizontal y a escala podemos determinar las actividades a desarrollar semanalmente ó mensualmente, llevando un control gráfico al día del desarrollo de la obra y pudiendo en caso de variaciones del programa con el avance de obra, tomar las decisiones necesarias para corregir esas variaciones y en un momento dado si es necesario, reprogramar las actividades -- para cumplir con el proyecto. O sea que se trata de lograr un programa dinámico que se adapte a las condiciones del proyecto y lo controle durante todo su proceso.

La ruta crítica quedara determinada por los nudos, en que la flecha de terminación es igual a la flecha de iniciación o sea que en cuanto termina una actividad -- hay que iniciar de inmediato la siguiente ya que el tiempo que se pierda en continuar las actividades afectará la duración total del programa.

En los eventos en que la fecha de terminación e iniciación son diferentes significa que existe un margen -- en tiempo, y que si no se inicia la actividad siguiente en cuanto termine la anterior y la demora no pasa de -- este margen no afecta la duración final del proyecto.

C A P I T U L O V

PROGRAMACION DE LA PLANTA HIDROELECTRICA

" EL CARACOL "

(SOBRE EL RIO BALSAS)

CARACTERISTICAS SOBRESALIENTES :

GENERALIDADES.

El río Balsas, con una cuenca hidrográfica de 108000 km², constituye una de las corrientes con mayor potencial hidroeeléctrico del país.

En esta cuenca actualmente se tiene en operación las principales plantas hidroeléctricas siguientes :

En el sistema Miguel Alemán:

Ing. Martínez D'Meza.	25.2	MW.
Gral. Agustín Millán.	18.9	"
El Durazno.	18.0	"
Ixtapantongo.	106.0	"
Santa Bárbara.	67.6	"
Tingambato.	135.0	"

En los afluentes del río Tepalcatepec:

Platanal.	9.2	"
Botello.	8.1	"
Zumpinito.	6.4	"
Cupatitzio.	72.4	"
El Cóbano.	52.0	"
Infiernillo.	1012.0	"
La Villita.	300.0	"
Total	1830.0	MW

(no se incluyen plantas menores de 5 MW)

La parte media del río Balsas, limitada aguas arriba por la confluencia de los ríos Tlapameco, Atoyac y Nexapa, y aguas abajo por las cercanías de la población de Santo - Tomás, esta siendo estudiada ampliamente por la C.F.E. -- En esta zona se han concebido diversos esquemas de aprovechamiento. En la figura siguiente se muestra uno de los -- más atractivos, en el que se aprecia que precisamente el - P. H. El caracol es el de mayor capacidad de los cinco proyectos que lo integran con los cuales se aprovechará totalmente el desnivel del cauce del río en todo ese tramo. La capacidad total del esquema es cercana a los 2000 Mw y la generación anual esperada del orden de 4200 GWH.

Considerando la localización estratégicamente ventajosa de los proyectos de este esquema, cercanos a los sistemas eléctricos Central y el Colotlipa-Acapulco, los cuales ya se encuentran interconectados, se ha determinado la conveniencia de diseñarlos para producir energía de picos.

Tanto por la localización de los aprovechamientos propuestos, como por las características particulares del cauce como es suave la pendiente, así como por las condiciones geológicas, en general favorables para la construcción de este tipo de planta al pie de la cortina.

PRINCIPALES PROBLEMAS A RESOLVER EN EL SITIO DE EL CARACOL

Selección del eje de la cortina.

Se estudió y analizó cuidadosamente la localización de los ejes que, por condiciones topográficas, geológicas y de arreglo de las diversas obras que componen el proyecto, fuesen las más ventajosas.

Los diversos ejes estudiados, aún cuando arrojaron costos de obras semejantes, presentaban diferentes condiciones de estabilidad de las laderas del vaso en las cercanías de la cortina.

Atendiendo a este aspecto, la localización del eje seleccionado corresponde al situado más aguas arriba del doble meandro de El Caracol, quedando aguas abajo, fuera del vaso, un derrumbe potencial en margen izquierda, así como el espigón de la misma margen, que por su esbeltez y orientación de los echados de la estratificación, estructuralmente podría constituir una zona inestable flanqueado del embalse formado.

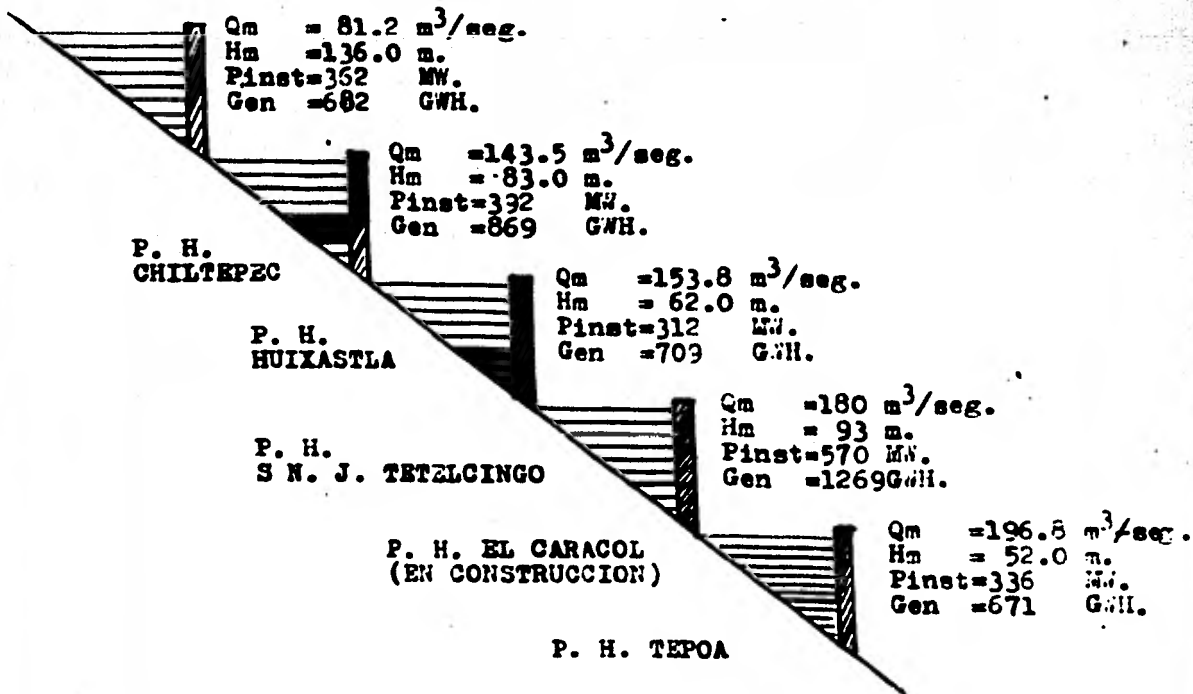
Obra de excedencias.

La avenida máxima probable se determina por el --

PROYECTO HIDROELECTRICO "ELCARACOL" BALSAS, EDO. GRO.

P. total inst. = 1972 MW.

Gen. total = 4200 GWH.



DESARROLLO HIDROELECTRICO

RIO BALSAS

PART E MEDIA

método hidrometeorológico, transponiendo en la cuenca la precipitación producida por dos ciclones: uno proveniente del Atlántico y otro proveniente del Pacífico, con un intervalo de tres días, resultando una avenida de $17\ 800\ m^3/seg.$, con un volumen de $9\ 000$ millones de m^3 . El área tributaria de la cuenca es de $45\ 600\ km^2$.

Tanto por la gran magnitud de esta avenida con respecto a la capacidad total del vaso ($1\ 750$ millones de m^3), como por la especial conformación del sitio de El Caracol, donde el cauce del río es estrecho para desalojar el caudal excedente, se consideró de primordial importancia estudiar el comportamiento hidráulico en modelo reducido para poder definir el arreglo de todas las obras que forman el proyecto, considerando fijo el eje de la cortina seleccionado, con la finalidad de lograr un aprovechamiento seguro, minimizar los riesgos durante la construcción, los problemas de operación y mantenimiento, reducir las inversiones.

Se establecieron como condiciones básicas para las diversas soluciones de la obra de excedencias las siguientes:

- a).- Contar, por lo menos, con dos unidades vertedoras, para tener mayor confiabilidad en la operación y facilitar el mantenimiento de las mismas.
- b).- Dotarla de compuertas, para un mejor manejo de las avenidas y de los niveles de operación en las diversas épocas del año.
- c).- Localizar, de ser posible, las descargas de la obra de excedencias, de manera que las barras formadas por la erosión y socavación no obstruyan el desfogue de la planta, para lograr confiabilidad en la operación de la misma durante la operación de la obra de excedencias, así como para reducir al mínimo los trabajos de dragado y de mantenimiento costosos. Desde luego, es implícita la condición de que la socavación y las erosiones que puedan producirse por las descargas de la obra de excedencias no pongan en peligro la seguridad del resto de las obras del proyecto.

GEOLOGIA Y GEOTECNIA.

La geología del vaso está formada en su mayor porcentaje de lutitas y areniscas intercaladas, que constituyen la formación Mezcala; se ha observado - que estas rocas son impermeables, ya que no es posible obtener agua por medio de pozos, salvo cuando - se atraviesa dicha formación y se llega a las calizas sobre las que descansan aquellas.

Por el espesor que se estima de la formación - Mezcala en el sitio del proyecto, por los levantamientos geológicos regionales y por las pruebas de permeabilidad llevadas a cabo, se concluye que el - vaso es impermeable, considerándose que no existen problemas importantes de filtraciones o fugas hacia otras cuencas ó drenes.

Por lo que se refiere a la estabilidad de las laderas del futuro vaso, no se han detectado ningún accidente de importancia que pudiera causar problemas de inestabilidad de taludes.

La geología del sitio de las obras se caracteriza por tratarse de rocas formadas por lutitas y areniscas plegadas, con un rumbo general NE-SW y

echado hacia el NN de 40° en promedio.

Unidad Inferior U- A.- Se caracteriza por tener 60% de areniscas y 40% de lutitas.

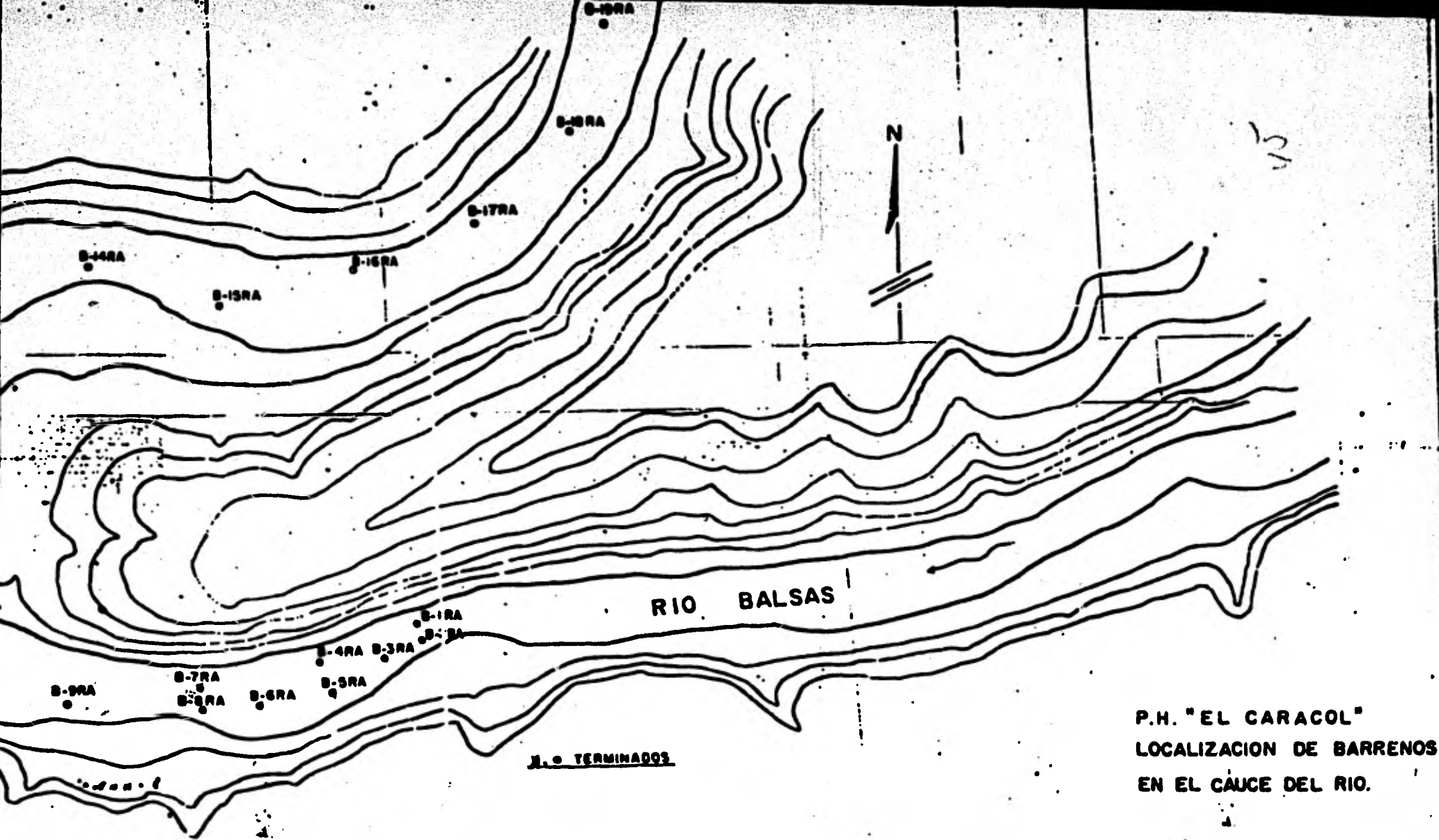
Esta unidad contiene estratos de areniscas hasta de 7 m. de espesor poco plegados.

Unidad Intermedia U-B.- Se caracteriza por contener un 70% de lutitas y un 30% de areniscas; sus estratos por lo general son delgados, encontrándose en ocasiones estratos gruesos de areniscas hasta de 5m. de espesor. Esta unidad se encuentra fuertemente plegada y afectada por diques y mantos (sills) de roca volcánicas de composición ácida. Por esta heterogeneidad estructural fué necesario llevar a cabo exploraciones geológicas de detalle a base de sondeos y, principalmente, mediante socavones, así como estudios geosísmicos, geoléctricos y de gravimetría, con lo cual se puede definir el tratamiento adecuado para el apoyo y desplante de cada una de las obras.

Siendo geológicamente y geotécnicamente factible la construcción de la cortina en el sitio descrito, se orientó la localización del resto de las obras de acuerdo con las condiciones establecidas para la obra de excedencias, y tomando en cuenta las mejores condiciones geológicas pa-

ra la conducción a presión, cas de máquinas, desfogue y -
subestación elevadora, y en segundo término, la obra de -
desvío.

e).- En una red, el principio y el final deberán estar siempre en un solo evento. Todo evento deberá estar ligado exceptuando al principio y el final, a una o varias actividades pero siempre a un solo evento. De esta forma solo se presentarán en la red, dos eventos sueltos.



P.H. "EL CARACOL"
LOCALIZACION DE BARRENOS
EN EL CAUCE DEL RIO.

OBRA DE DESVIO.

Consta de dos túneles paralelos y rectos, separados entre sí 40 m. que partiendo de la margen derecha, cruzan el meandro o espolón, para descargas -- aproximadamente a 400 m. aguas abajo del deflector -- del vertedor de emergencia, teniendo una longitud -- aproximadamente de 402 m., el tunel No. 1 y el No. 2 de 403 m.

La sección de los túneles es del tipo portal, -- compuesta por la zona superior semicircular de 13 m. de diámetro y la inferior rectangular, de 6.5 de altura por 13 m. de ancho.

La localización de los túneles se determinó tomando en cuenta los criterios y factores siguientes:

a).- La zona de localización corresponde a la de mejores condiciones geológicas encontradas en el espolón, inclusive para la localización de la casa de máquinas subterránea, que se encuentra cercana a éstos.

b).- Las cotas de las entradas de ambos túneles de desvío difieren de 5 m., lo que permite facilitar la excavación de los mismos, así como el manejo del río

durante la construcción de las obras.

Las ataguías de desvío, tanto la de aguas arriba como la de aguas abajo, formarán parte integrante de la cortina, que es del tipo de materiales graduados. Habiéndose previsto una pantalla impermeable junto a cada una de ellas, que puede ser del tipo de pilotes secantes hasta la profundidad donde se encuentre la roca sana.

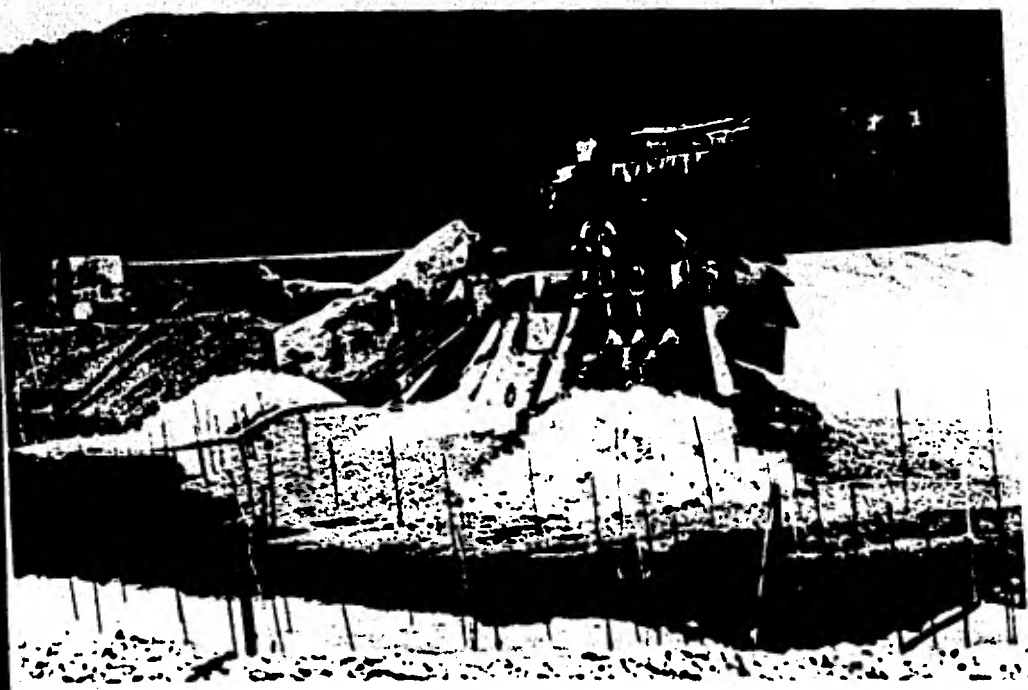
El gasto máximo probable considerando de la avenida de diseño para el dimensionamiento de la obra de desvío es de $4600 \text{ m}^3/\text{seg}$, que corresponde a un período de retorno de 50 años.

OBRA DE EXCEDENCIAS.

Por las condiciones naturales de espacio disponible, así como para tener mayor flexibilidad y confiabilidad en la operación y mantenimiento de la obra de excedencias, se seleccionaron dos unidades vertedoras, localizadas en la margen derecha, adyacente a la cortina, con descarga en canal abierto recto, controladas por compuertas radiales. La mayor capacidad corresponde al vertedor de servicios ($11\ 333 \text{ m}^3/\text{seg}$); la dirección de su descarga se orientó de acuerdo con los resultados del modelo físico para reducir al mí-

-nimo los riesgos de derrumbes o inestabilidad de taludes que pudieran reducir la confiabilidad de la operación del proyecto, debido a la erosión de las laderas y la socavación del cauce, resultando satisfactorios los ensayos del modelo físico.

El vertedor de emergencia se localiza junto al de servicios, con una capacidad máxima de $5667 \text{ m}^3/\text{s}$, descargando a unos 250 m. aguas abajo de la descarga del anterior, pero en dirección tendiente hacia arriba, según los resultados obtenidos en el modelo, en el que los materiales socavados y arrastrados tienden a formar barras aguas arriba de la zona del desfogue de la casa de maquinas.



MODELO FISICO DEL VERTEDOR

C O R T I N A . :

Tiene una altura máxima de 134m., desde el desplante más profundo y un volumen total de 6 164 950 m³ ; ancho de la corona de 12 m. y taludes 2:1 en ambos paramentos; la ataguía de aguas arriba está integrada a la cortina; el pie de la cortina lo constituye una plataforma construida con material producto de las excavaciones de la obra de excedencias y de la subestación elevadora principalmente.

La pantalla impermeable la constituye un corazón de arcilla compactada, central y simétrico con taludes — 0.25:1 en ambos lados, y ancho de la corona 6m., protegido aguas abajo por un filtro en la cara de aguas arriba del corazón y el talud exterior se protegerá con una capa de enrocamiento grueso de 5 m. de espesor mínimo . El respaldo permeable de aguas abajo está constituido principalmente por el producto de excavaciones, dispuesto en capas y compactado. Ocupando una zona intermedia del respaldo, asentado sobre grava y arena, a una elevación que dependerá del programa de excavaciones en la obra de excedencias. La parte restante del respaldo, arriba del enrocamiento se complementará con el material de excavación procedente de la obra de excedencias (aluvión antiguo).

La plataforma entre el pie de la presa y la ataguía de aguas abajo se formará colocando material excavado en la zona de la obra de excedencias ; la superficie superior de la plataforma se considera a la elev. 440.00, pero podrá sobre-elevarse a fin de poder colocar más material de esta unidad, con el objeto de reducir los sobrecargas, ya que este material no tendrá otra utilidad, por lo que sería necesario acarrearlo fuera de la zona de las obras.

Las recomendaciones del Ing. André Pautre sobre el tratamiento de la cimentación y laderas donde se va a desplantar el corazón impermeable parecen ser las adecuadas por las condiciones geológicas prevaletientes y que prevé la construcción de una galería alojada en zanja, en el contacto del núcleo impermeable y la roca de cimentación, para inyectar sin dificultad y sin demorar la construcción de la cortina, además de tener presiones sobre la cimentación y poder inyectar en la cercanías de la superficie sin problemas debidos al fracturamiento y estratificación de la formación.

En general la roca es de baja permeabilidad aumentando en la zonas de la fractura de la margen izquierda, que tendrá un tratamiento especial.

Con el objeto de reducir posibles presiones por -

filtraciones en ambas laderas, y mejorar así su estabilidad, deberán construirse galerías de drenaje a diversos niveles, entre las cotas 442 a la 510, a partir de la proyección horizontal del filtro de arena y grava adyacente al corazón impermeable del lado de aguas abajo, y dirigidas hacia aguas abajo, con su descarga en las cercanías de la plataforma proyectada a la elev. 440 m.

BANCOS DE MATERIALES.

ARCILLA.

Los depósitos de arcillas más cercanos a la construcción de la cortina se encuentran aguas abajo de ésta, en la margen derecha, los cuales fueron explorados con pozos a cielo abierto y levantamientos topográficos para su cubicación.

El Departamento de Estudios Experimentales analizó la granulometría y características para conocer su clasificación. A continuación se dan los datos generales de estos bancos.

CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS BANCOS

Banco	Distancia de acarreo hasta la cortina. en Km.		Clasificación	Volumen total en banco m ³ .	Volumen Aprovechable en banco m ³ .
El Rancho.	5.3	8.5	OL Arcilla arenosa café amarillento	124,000	97,000
San Marcos.	6.5	9.7	OL Arcilla arenosa café amarillento	646,000	494,000
El Molino.	8.8	12	OL Arcilla arenosa café amarillento	461,000	376,000

DEPOSITOS DE ALUVION.

BANCO EL ESPOLON.- Situado en la nariz del meandro, que se proyecta utilizarlo para la construcción de la cortina. Se muestreó con pozos a cielo abierto mediante el empleo de retroexcavadora, a una profundidad de 3 metros; no se pudo profundizar a causa del nivel freático y la longitud del brazo de la retroexcavadora. Con este método se pier de parte del material fino por lavado, (limos, arcillas). El volumen que se puede extraer de este banco es de --- $1'037,000 M^3$.

MATERIALES DE ACARREO DEL CAUCE DEL RIO.- Su exploración se llevó a cabo a base de muestreo con equipo percurrotatorio de 8" y 10" de diámetro, ejecutado en la zona de desplante de la cortina; las muestras fueron analizadas por el Departamento de Estudios Experimentales efectuando se las siguientes pruebas.

Clasificación manual y visual de todas las muestras, análisis de granulometría y densidad de los sólidos, columnas estratigráficas. Estos materiales se consideran factibles para emplearse en la zona de filtros y transiciones de la cortina, y se pueden extraer desde el pie de la plataforma hacia aguas abajo, a todo lo largo del cauce, hasta el desfogue de los túneles de desvío; se estimó en base a la información de los barrenos en el cauce un volumen de $1'300,000 M^3$.

OTROS BANCOS.

EL CARACOL I.— localizado frente al desfogue de los túneles de desvío extendiéndose hacia aguas abajo; ha sido explorado a base de pozos a cielo abierto, con una profundidad de 2 metros, limitada por el nivel freático; los estudios granulométricos aún no se han elaborado, pero su granulometría debe ser semejante a la estudiada para el banco Espolón.

**MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACIONES PRINCIPALES
SUCEPTIBLE DE USARSE EN ATAGUJAS Y EN CORTINA.**

1. En obra de excedencias (vertedores de servicio y emergencia, ambos en canal y excavaciones a cielo abierto)

C O N C E P T O	I	% Deg. perd.	Vol. Disp. M ³ .
	Excav. M ³ .		
1.1 Material superficial - que debe desecharse Area aproximada de lig pia 70000 m ² Espesor medio 1 m	70000	100	0
1.2 Material de la unidad- geológica U-B	3050000	5	2897500
1.3 Material de la unidad- geológica U-A	890000	25	667500
2. En túneles de desvío.			
2.1 Material U-A	154000	25	115500
3. El túnel acceso, casa de máquinas, galerías de transformadores, de oscilación, de desfogue y galerías auxiliares			
3.1 Túnel de acceso	15000	25	11250
3.2 Casa de máquinas	81000	25	60750
3.3 Galería de transformadores y barras	9100	25	6825

3.4 Pozos de oscilación	20000	35	13000
3.5 Túneles de desfogue	43100	25	32325
4. Obra de toma.			
4.1 Conductos a presión	41240	35	26800
5. Subestación elevadora.			
5.1 Limpia del terreno	7500	100	0
5.2 Unidad B	97500	5	92625
5.3 Unidad A	97500	25	73125

R E S U M E N

U - A disponible	1'007,075 m ³
U - B disponible	2'990,125 "
Desperdicio de U-A	343,865 "
Desperdicio de U-B	157,375 "
Desperdicio de limpia	77,500 "

Todos los volúmenes indicados son medidos en banco.

BANCOS PARA ENROCAMIENTO.

a) ANTECEDENTES

De la localización y exploración superficial de posibles bancos para enrocamiento, en los primeros informes geológicos, solo se hace mención del banco de San Marcos, con posibilidad para ser explotado como cantera.

A medida que las exploraciones geológicas, dentro del área de la boquilla han ido ananzando, y a los cortes que por el camino de acceso (Apxtla-caracol) han aparecido, fué posible localizar otros posibles bancos de enrocamiento.

Los bancos para enrocamiento son:

- a) Banco de Charlos.
- b) Banco de Amates.
- c) Banco de Cacalotepec.
- D) Banco de San Marcos Alto.

BANCO DE CHARLOA.

Se localiza \pm 600m. arriba de la confluencia de la barranca de Charlos con el río Balsas (sobre la barranca de Charlos). Los afloramientos donde se hicieron los primeros reconocimientos superficiales, indican la presencia de estratos de areniscas con espesores variables de 3m. a 0.5m. Este banco en conjunto forma un cuerpo de \pm 20 m. de espesor.

Se han formado 5 secciones geológicas donde se observó que dichos estratos tienen un rumbo promedio N35°E y echado de 45° al NW.

Se observó que a medida que suben topográficamente los estratos, éstos se van adelgazando hasta llegar a tener -- 0.75 m. de espesor.

Estos estratos no aparecen en la Barranca del Muerto, localizada hacia el oriente y paralela a la Barranca de -- Charloa.

o) BANCO LOS AMATES.

De las observaciones en la brecha Apaxtla-El Caracol -- se propuso estudiar algunos afloramientos situados en las -- cercanías del puerto de los Amates. Este afloramiento; aunque presenta espesores de unos 10 m., están compuestos por una alteración de lutitas y areniscas en estratos no mayores de 1 m.

La forma de este tipo de afloramiento, se debe a la intersección de las fracturas (E. W. y N-S) de la formación Mezcala, los cuales producen cantiles rectos de geometría regular.

a) BANCO DE CACALOTEPEC.

Este posiblemente sea el mejor de todos los bancos es-

tudiados superficialmente, (incluyendo el de San Marcos - Alto). Lo forman cuatro picos, compuestos por rocas ígneas de tipo granodiorítico.

Este banco se ubica a 3 km. al sur del poblado de Cacalotepec, y a 4.5 km. de la desviación del camino Apaxtla- El Caracol a Cacalotepec. Este afloramiento tiene una distancia de 16 Km. de la desviación al Proyecto, por la que en total son 20.5 km. de distancia de este banco al sitio de la cortina.

Este banco tiene una extensión de $\pm 2 \text{ Km}^2$, y la roca es de excelente calidad. Las fracturas de este tipo de roca tienen una separación de 2 m. con patrón preferente N 50°W. Existe otra familia de fracturas con dirección NE.

e) BANCO DE SAN MARCOS ALTO.

Este banco se sitúa a 19 Km., aguas abajo del sitio de la presa. Su extensión es $\pm 3 \text{ Km}^2$. Este banco está compuesto por rocas ígneas extrusivas (riolitas) con un espesor de 60 m., formado por 3 coladas superpuestas.

El sistema de fracturas no es muy abundante, lográndose apreciar una familia con dirección E-W y con separaciones mayores a 5 m., por lo que dado su scantilado y su separación de fracturas, este banco parece ser atractivo para explotarse en fragmentos mayores de 1 m^3 .



APANTELA

Coahuilapoc

San. Coahuilapoc

San. San. Marcos Alta

Rio San Carlos

Rio Golpes

ESCALA 1:100 000

PLANTA HIDROELECTRICA.

Consta de tres unidades generadoras de 190 MW, alojadas en caverna, con separación entre ejes de 21.50 m. - cada unidad cuenta con su propia obra de toma, conducción a presión, desfogue y peso de oscilación aguas abajo de la caverna.

Unidades turbina-generador.

Del análisis de la estadística y de las proyecciones al futuro de la generación requerida y de la demanda máxima de los sistemas interconectados Central y Colotipa-Acapulco, se estableció la condición básica de que la planta deberá poder trabajar a plena capacidad durante el estudio un mínimo de 3 horas diarias seis días a la semana.

Con esta condición se hicieron simulaciones para diferentes planes de generación mensual y diferentes cargas de diseño, con cuyos resultados se optimizó la generación mensual garantizada para picos, la carga de diseño y la potencia de diseño de las turbinas.

Características principales:

Turbinas.

Francis eje vertical.

Potencia máxima(al name)

214000 KW(291040 CV)

Potencia de diseño	200000 KW (272000 CV)
Potencia mínima	144000 KW (195840 CV)
Caída neta al NAMO	95 m
Caída neta de diseño	91.3 m
Caída neta mínima	75.6 m
Gasto de diseño	247 m ³ /seg
Velocidad específica	204 r.p.m.
Velocidad nominal	128.75 r.p.m.

Generadores eje vertical
tipo

Nº. de fases	3
No. de polos	56
Potencia a 60° de calentamiento.	190000 KW
Potencia a 80° de sobrecalentamiento.	210000 KW

CASA DE MAQUINAS.

Alojada en caverna, tiene las siguientes dimensiones : largo 103,75 m, ancho 20.00 m, elevación de la clave 437.00 m y la parte más baja (Cárcamo de bombeo) a la elevación 339 m.

GALERIA DE TRANSFORMADORES .

Hacia aguas abajo de la casa de máquinas se encuentra la galería para alojar los transformadores trifásicos, con una longitud de 77 m. y sección de 8.5 de ancho por 10.60 m. de altura. Para alojar los buses de fase aislada que conectan los generadores con los transformadores de potencia, se proyectaron las galerías de barras de 3.5 m. de ancho por 4.6 m. de altura.

Lumbrera.

En uno de los extremos de la casa de máquinas, cerca de la unidad U-1, se localizó una lumbrera con salida a la subestación elevadora superficial, la que, alojará, los ductos de ventilación, cables de potencia y cables de control, así como el elevador, el cual dará servicio a los pisos principales de la casa de máquinas, y servirá también para la inspección de los cables a lo largo de la lumbrera hasta la subestación.

Tuneles de desfogue.

Los tuneles de desfogue son de sección circular de 9.0 m. de diámetro interior, uno por cada unidad generadora, paralelos con separación entre ejes de 21.5 m. , con longitudes de 128, 142, 162m. respectivamente para cada unidad. Se diseñaron para que trabajen a presión.

en cualquier condición de operación, con objeto de evitar pulsaciones en las máquinas, provocadas frecuentemente por el cambio de régimen hidráulico de los túneles.

Posos de oscilación.

Entre el tubo de aspiración y el túnel de desfo - gue de cada unidad se proyectó un poso de oscilación de 11 m de diámetro interior, con orificio restringido con una altura total de 46.60 m; en esta estructura van alojadas las compuertas rodantes para el aislamiento hidráulico.

Sub estación elevadora.

La subestación elevadora se localizó cercana a la lumbrera de salida de los cables de control y potencia, con la posición más ventajosa, tanto para la salida de la lumbrera como la salida de las líneas de transmisión, ocupando una área de 90 X 73 m.

Líneas de transmisión.

Serán dos líneas de un solo circuito cada una, de

estructura de acero, aisladas a 230 KV, con doble con -
ductor por fase, con un desarrollo aproximado de 52 km
para ligar con la futura subestación Mezcala, donde -
quedará interconectada esta planta a los sistemas Cen -
tral y Colotlipa-Acapulco.

RESUMEN DEL PROYECTO HIDROELECTRICO "EL CARACOL"

En miles de pesos

1.- OBRA DE DESVIO.	331 404
2.- OBRA DE EXCEDENCIAS.	1 175 232
3.- CORTINA Y CAMINOS DE ACCESO A LOS BANCOS DE MATERIALES.	823 664
4.- PLANTA HIDROELECTRICA.	3 285 048
5.- INDEMNIZACIONES Y REACOMODOS.	130 000
6.- MODIFICACION DEL TRAZO Y NUEVO PUENTE DEL FERROCARRIL IGUALA-BALSAS.	70 000
7.- CAMINO DE ACCESO AL PROYECTO	140 000
8.- LINEA DE TRANSMISION	106 000
9.- SUBESTACION MEZCALA	53 900
SUMA TOTAL	<u>6, 115 248</u>

POTENCIA INSTALADA 570 000 KW.

GENERACION MEDIA ANUAL 1320 GWH.

FACTOR DE PLANTA. 0.26

COSTO DEL KW INSTALADO. \$ 10728.50

Obra de infraestructura.

Estas obras se realizan con el fin de darles a los trabajadores comunicación, áreas de habitación, recreación y de servicios, así como también facilitar la transportación de materiales y equipo, que se necesite en la ejecución de la obra.

Camino de acceso(Línea-1).- El diseño fué de enero a mayo de 1979(Act.2-4) y su construcción será de junio de 1979 a mayo de 1981(4-6); no se incluye el camino -- Mezcala-Caracol.

Campamento, bodegas y oficinas(L-2).- El diseño y especificaciones se terminarán en junio de 1979. La -- construcción será de junio de 1979 a mayo de 1981(4-6), esta actividad va ligada al evento 4 de L-3.

Restitución de poblados(L-3).- Su diseño y construcción será de abril de 1979 a dic. de 1982(2-4). Esta actividad se terminará cuando se coloquen los obturadores del tunel 2 (va ligada al evento 12 de L-8).

Agua potable (L-4).- Su diseño e instalación fué de enero a dic. de 1980 (2-4) y va ligada al evento 4 de L-3.

Alimentación de energía eléctrica (L-5).- El diseño, adquisición y construcción fué de enero a junio de 1980 - (2-4).

Obra de desvío.

Esta obra es con el fin de planear el manejo del río, para poder construir la cortina.

Túneles de desvío 1 y 2 (L-6).- Se iniciaron en agosto de 1978 y se terminaron en octubre de 1979, con esta actividad se cierra el cauce.

Compuertas y agujas(L-7).- Su diseño y especificaciones se terminaron en agosto de 1979 y le continúan, fabricación de partes fijas de obturadores y malacates, siguiendo una línea de liga. De enero de 1981 a marzo de 1982 se fabricarán las partes fijas de las compuertas para el cierre final; de tal forma que el montaje del pórtico y malacate se termina en mayo de 1982 y van ligadas al evento 12 de L-8.

Manejo del río(L-8).- A partir del cierre del cauce (al final de abril de 1980), empiezan en operación los túneles de desvío de 1 y 2, colocándoles los obturadores y las compuertas para el cierre de desvíos (enero de 1984), para empezar el abalse y llegar al nivel de operación. Cuando se llegue al nivel mencionado empiezan las pruebas con agua U1 y U2 en sep. de 1984.

Tapones (L-9).- A partir de mayo de 1981 se inician las siguientes actividades: diseño, prep. tapon T D 2, terminándose en junio de 1983. Le continua una de liga, la construcción del tapon 1 y 2 se realizarán de nov. de 1983 a marzo de 1984.

Obras de contención.

Ataguías(L-11).- En sep. de 1979 se termina el diseño y especific., continuandole el concurso y la preparación. De abril a nov. de 1980 se continuarán las ataguías y el tratamiento del cauce se terminará en abril de 1981, esta última se liga al evento 8 de L-14.

Pantallas impermeables (L-12).- El diseño y especific. se terminaron en sep. de 1979 y su concurso se termina en mayo de 1980, le continua una de liga (6-8). De julio a nov. de 1980 se construye las pantallas impermeables(8-10).

Galerías (L-13).- A partir de mayo de 1979 se empieza el diseño y especific., continuandole el concurso y preparación. Su construcción fué de sep a dic. de 1980 (8-10) . - Del evento la sale una línea de liga al evento 8 de L-14, las lumbreras (10-12) se contruirán de enero a abril de 1981.

Cortina(L-14).- Su diseño y especific. se termino en sep. de 1980, continuandole el concurso y preparación: la construcción será de mayo de 1981 a octubre de 1983.

Planta hidroelectrica.

Obra de toma(L-16).- Las excavaciones empezaron a partir de mayo de 1981, siguiendole concreto en rampa y plataforma; de agosto de 1982 a mayo de 1983 se termina concreto en obra de toma (6-8). Esta actividad va ligada al evento 12 de L-17 y al evento 8 de L-19.

Compuertas para obra de toma(L-17).- A partir de junio de 1980 empieza el diseño y especific., continuando el concurso, fabricación, transporte, montaje ; terminando ésta última en junio de 1983 y va ligada al evento 12 de L-8 (cierre final).

Rejillas(L-18).- El diseño y especific., fabricación, montaje serán de oct. de 1981 a oct. de 1983(2-4,4-6,6-8), ligandose al evento 12 de L-8.

Tuneles a presión (L-19).- La excavación con un volumen de 16 000 m³ se iniciará en sep. de 1981, siguiendo montaje riel y colado, una línea de liga. El concreto del tunel e inyecciones, se efectuarán de junio a dic. de 1983, ligandose al cierre final.

Tubería a presión (L-20).- de julio de 1980 a dic. de 1983 (cierre de desvios); se efectuarán las sig. actividades : diseño y especific., concurso, preparación, fabricación y montaje, pintura.

Casa de maquinas (L-21).- Se efectuarán las sig. actividades a partir de enero de 1980, terminandose 3 meses antes del cierre de desvios, empezando por el diseño y especific., concurso, preparación, excavación, concreto. Ligandose al evento 4 de L-40.

Grúas viajeras de casa de máquinas(L-22).- A partir del cierre del cauce(de mayo de 1980) empezarán las especificaciones, concurso, fabricación, transporte y montaje. Se tiene programado terminar en el mes de mayo de --

1982, ligadas a L-23.

Turbinas(L-23).- De nov. de 1979 a marzo de 1984 se realizarán las siguientes actividades: concurso, fabricación, transporte, termina fabricación de turbinas, transporte resto de turbinas, termina montaje electromecánico. Ligandose al evento 4 de L-40.

Generadores(L-24).- Las actividades 2-4,4-6,6-8, -- 8-10,10-12; corresponden a especific., concurso, fabricación, transportación partes embebidas, transportación -- del resto en general, mostrandonos que a partir de mayo de 1980 a julio de 1983 se realizarán, y van ligadas al evento 6 de L-40.

Transformadores (L-25).- A partir de julio de 1981 se empezarán a elaborar las especificaciones, continuando el concurso, su fabricación, el transporte y montaje. En marzo de 1984 se terminarán (van ligadas al evento 4 de L-40).

Tableros(L-26).- Las especific., concurso, fabricación transporte y montaje; se efectuarán de nov. de 1980 a marzo de 1984. Ligandose al evento 4 de L-40.

Buses(L-28).- Se realizarán al mismo tiempo del anterior, las siguientes actividades : especific., concurso, fabricación, transporte y montaje. Lig. a L-40.

Camara o pozos de oscilación(L-29).- No habra necesidad de construirlos.

Compuertas para desfogues(L-30).- El diseño, concurso, fabricación, transporte y montaje. Serán de nov. de 1980 al cierre de desvios (enero de 1984).

Desfogues(L-31).- A partir de julio de 1980 se realizarán las sig. actividades: plano de excavación, plano estructural, excavación, concreto, terminando en enero de 1984. Lig. al cierre de desvios.

Obras de excedencias.

Canal de llamada(L-32).- De febrero de 1980 a junio de 1981, se realizarán: especific., concurso, preparación, excavación canal de llamada. Lig. al evento 4 de L-33.

Estructura de control(L-33).- La excavación, concreto y la construcción del puente de maniobras. Serán de abril de 1980 a junio de 1983. Van ligadas al evento 12 de L-34.

Compuertas(L-34).- De marzo de 1980 a sep. de 1983 se efectuará ; especific., concurso, fabricación, transporte y el montaje y van ligadas al evento 12 de L-8 (cierre final).

Mecanismos para operación de compuertas(L-35).- De sep. de 1980 a sep. de 1982 se realizarán: diseño y especificaciones, concurso, fabricación, transporte y continua una holgura de 8 meses, siguiendo el montaje; terminándose en sep. de 1983. Lig. al evento 12 de L-34.

Canales vertedores(L-36).- La excavación y el concreto se efectuarán de enero de 1981 a mayo de 1983, lig. al evento 12 de L-8.

Obra civil(L-38).- Se efectuará de enero de 1980 a junio de 1983, teniendo las siguientes actividades: diseño y especific., equipo, diseño subestación, construcción. Ligandose al evento 10 de L-39.

Equipo(L-39).- De octubre de 1980 a marzo de 1984, se efectuan las siguientes actividades: especific., concurso, fabricación, transporte, montaje equipo subestación y pruebas subestación. Ligandose al evento 4 de L-40 (puesta en servicio).

Pruebas(L-40).- La elaboración del programa de pruebas para ponerla en servicio (2-4) y va de dic. de 1983 a mayo de 1984. Le continua la actividad 4-6 que es, -- pruebas primera etapa y se termina en agosto de 1984. -- Continua la 6-8 que es pruebas con agua U-1 y U-2, termina en oct. del mismo año. Le sigue pruebas con agua U-3 (8-10), terminandose en dic. de 1984.

Al terminar el mes de mayo de 1980, se analizo el programa para ver que tan real era lo programado. Con lo que se vio que hay mucha semejanza.

Por lo que podemos concluir que es una técnica --- efectiva y eficaz para la planeación y administración de todo tipo de proyectos.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES.

En los capítulos anteriores he hecho mención del método del Camino Crítico. El cual se refiere a la representación del plan de un proyecto en un diagrama o red, que describe la secuencia e interrelación de todas las componentes del proyecto, así como el análisis lógico y la manipulación de esta red, para la completa determinación del mejor programa de operación.

Esta técnica se ha establecido en muchas industrias, y es particularmente útil para la construcción en la ingeniería civil. Es, por lo tanto, de gran importancia para contratistas técnicos en presupuestos, ingenieros constructores, directores de obras. Es también indispensable para otras personas cuyo trabajo está relacionado con la construcción, como financieros, contadores, administradores, capataces y superintendentes.

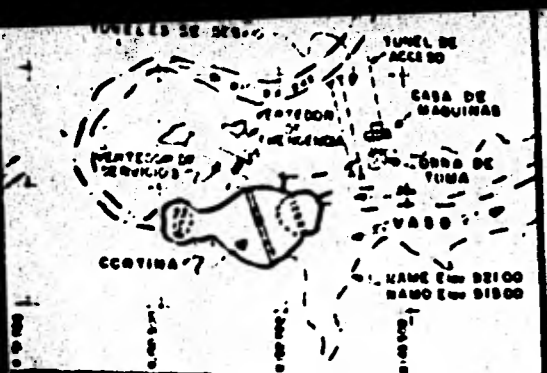
Indudablemente, pueden presentarse otras muchas aplicaciones, pues el método puede usarse en cualquier actividad donde aparezcan, en forma esencial, la planeación, la programación, comparación de alternativas, registros de costos, fianzas o administración.

Los programas de barras usados a la fecha nos dan una idea aproximada de orden y tiempo en que desarrollarse en una obra, pero no nos permiten en un momento dado evaluar con precisión el avance de la misma. En cambio con el diagrama de flechas en el cual tenemos en forma secuencial los diferentes tipos de actividades a desarrollar en la obra, podemos detectar las fallas antes que se presenten y podemos tomar decisiones para corregirlas oportunamente, el plan inicialmente elaborado servirá de modelo y será corregido, modificando o reprogramando — cuantas veces sea necesario para lograr nuestros objetivos (tiempo, costo).

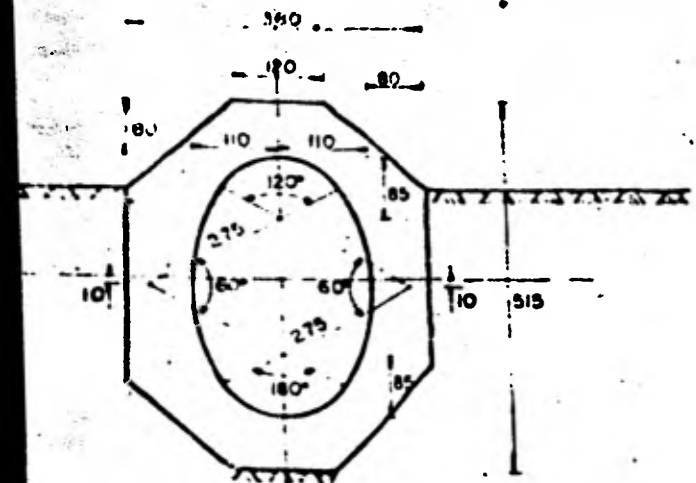
Su uso ha venido incrementándose en la industria de la construcción, a pesar de que siempre existen variables inciertas en cualquier proyecto de construcción. El costo y tiempo por medio de este método se evalúan satisfactoriamente para cada operación y posteriormente éstas pueden revisarse por medio del método, de acuerdo con lo establecido originalmente y los imprevistos en el momento de su realización.

El programa de obra es un modelo que nos va ayudar a organizar, coordinar y controlar la obra, su aplicación será tan eficaz como minuciosa y eficaz haya sido su elaboración ya que el sistema por sí solo nos garan-

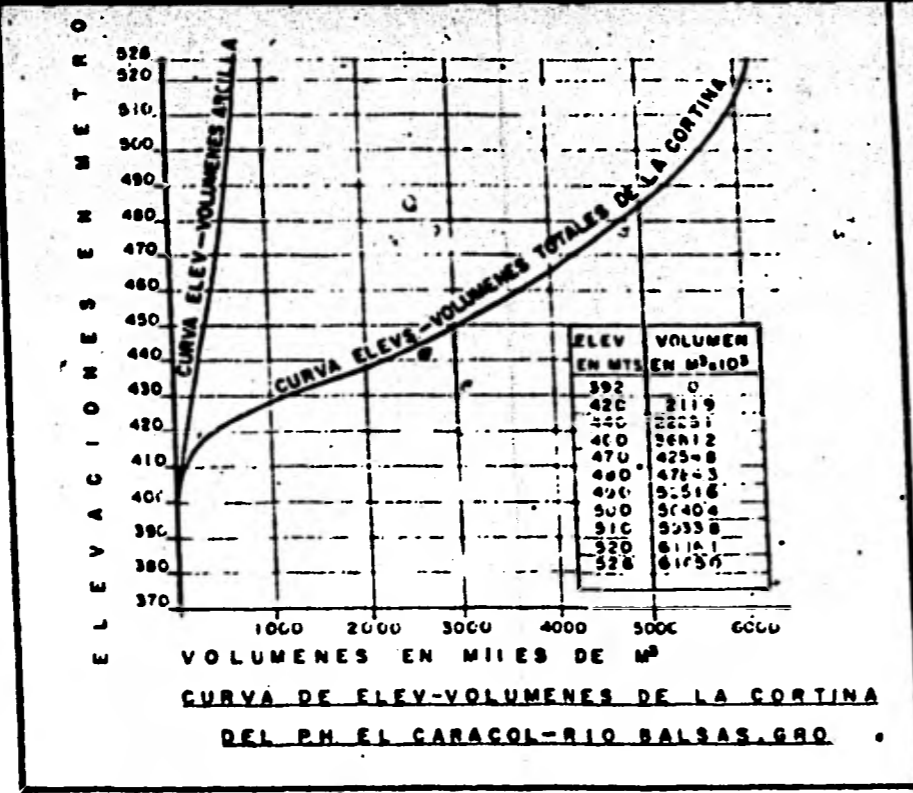
tizará el éxito por ser un plan desarrollado por técnicos y de acuerdo con la eficacia con que estos técnicos lo elaboren y lo manejen será el éxito del mismo.



PLAN "EL CARACOL" QUIS DE LOCALIZACION



PLAN GALLERIA DE INYECCIONES Y DRENAJE ESC. 1:50

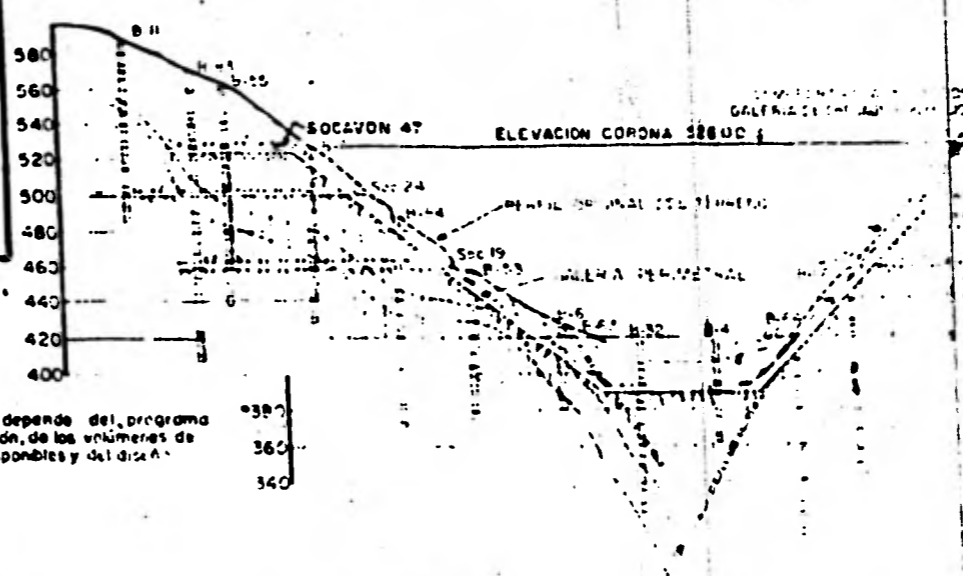


CURVA DE ELEV-VOLUMENES DE LA CORTINA DEL PH. EL CARACOL-RIO BALSAS, GRD.

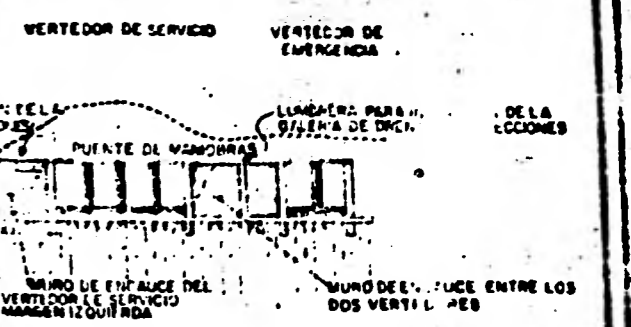
CLAVE DE SIMBOLOS

- U-A MATERIAL DE LA UNIDAD U-A
- C CORAZON IMPERMEABLE (ARCILLA)
- F FILTRO (GRAVA Y ARENA BIEN GRADUADA)
- G-S GRAVA Y ARENA DEL CAUCE
- U-B REZAGA DE LA EXCAVACION DE LOS TUNELES DE ESCUDO
- R ENROCAMIENTO DE PROTECCION
- U-B TERRAPLEN EN LA QUE PREDOMINAN LUTITAS ALTERADAS
- Ci MATERIAL LIMO ARCILLOSO DE PLASTICIDAD BAJA, COLOCADO A FONDO PERDIDO.
- Ri ENROCAMIENTO GRANDE COLOCADO A VOLTEO
- AI DEPOSITO ALUVIAL ANTIGUO

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
ARCILLA PARA EL CORAZON IMPERMEABLE	M³	739 110
ARENAS BIEN GRADUADAS PARA FILTRO	M³	139 970
MATERIAL PERMEABLE DE RESPALDO AGUAS ARRIBA Y ASIEN TO DEL MATERIAL U-A AGUAS ABAJO (G-S)	M³	2078 242
GRAVAS Y ARENAS DEL CAUCE MATERIAL PERMEABLE DE RESPALDO AGUAS ABAJO (UNIDAD U-A)	M³	1270 000
MATERIAL DE RESPALDO PARTE SUPERIOR DEL PARAMENTO AGUAS ABAJO (ALUVION ANTIGUO)	M³	198 070
ENROCAMIENTO DE PROTECCION MATERIAL EN PLATAFORMA (UNIDAD U-B (ELEV. 44000))	M³	383 930
	M³	608 028

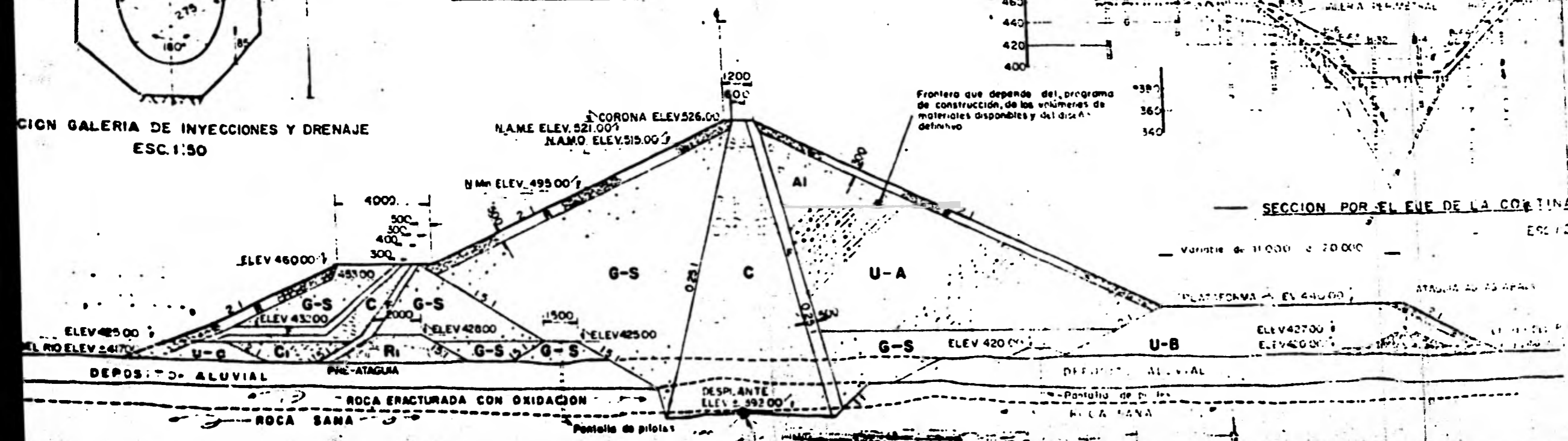


SECCION POR EL EJE DE LA CORTINA ESC. 1:1000



NOTAS

- Acotaciones en cm excepto las indicadas en otra unidad.
- Los cortes se toman sobre los socavos N° 19, 24, 47 y 20.
- Los cortes se toman sobre los cortes para galerías de inyección y drenaje.
- Cuando se indiquen para esta fin quedarán sujetos al resultado de exploraciones geológicas y a parte de la recepción de exploraciones.
- Separación y profundidades de barreras de inyección y drenaje, así como resultados de inyección y soluciones de inyección, se detallan en el informe de resultados de los trabajos hechos.



U N A M
FACULTAD DE INGENIERIA
CORTINA
TESIS PROFESIONAL
MORENO MARTINEZ JAIME

ESPECIFICACIONES GENERALES

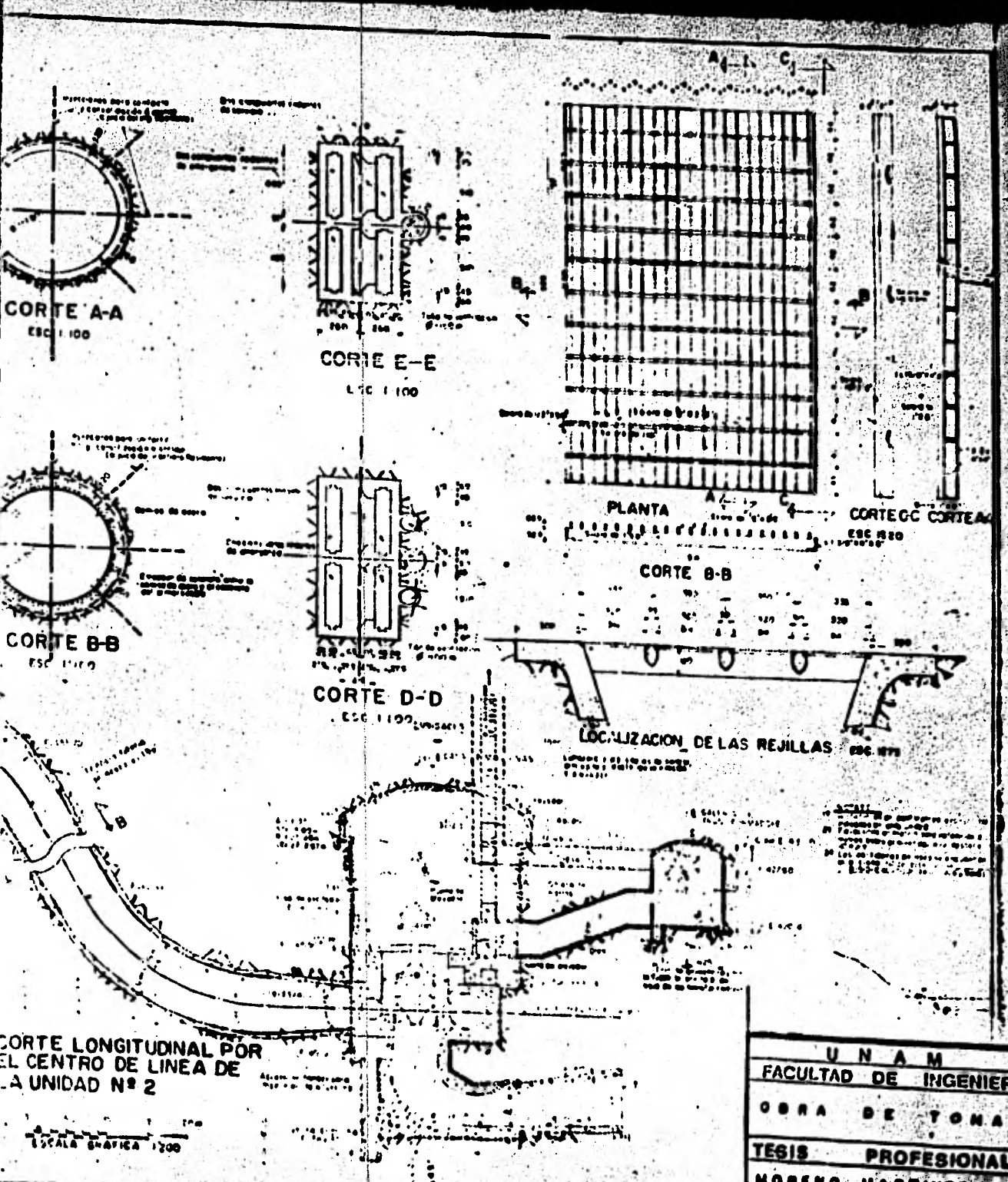
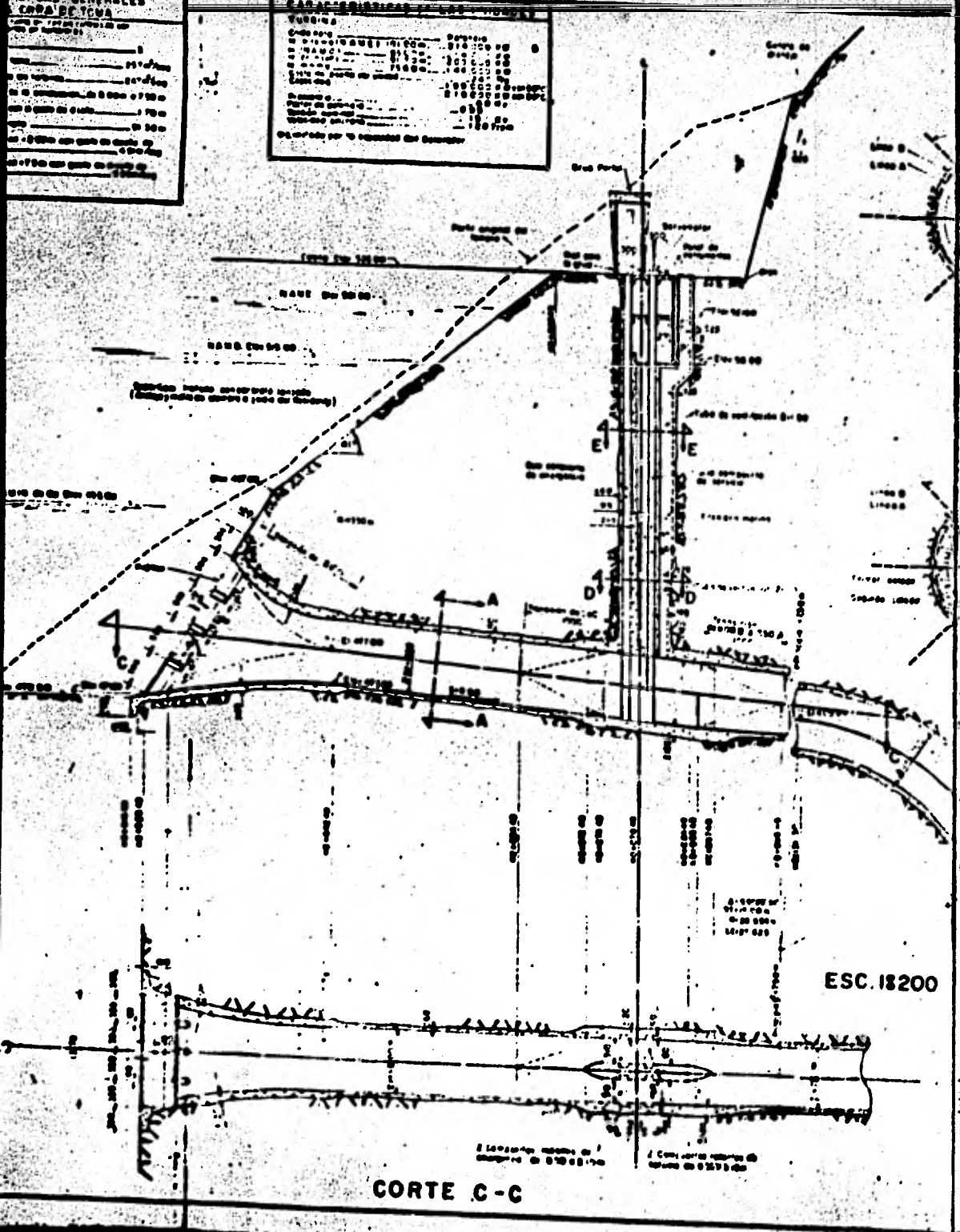
CAPA DE TORMA

1	100
2	100
3	100
4	100
5	100
6	100
7	100
8	100
9	100
10	100
11	100
12	100
13	100
14	100
15	100
16	100
17	100
18	100
19	100
20	100
21	100
22	100
23	100
24	100
25	100
26	100
27	100
28	100
29	100
30	100
31	100
32	100
33	100
34	100
35	100
36	100
37	100
38	100
39	100
40	100
41	100
42	100
43	100
44	100
45	100
46	100
47	100
48	100
49	100
50	100

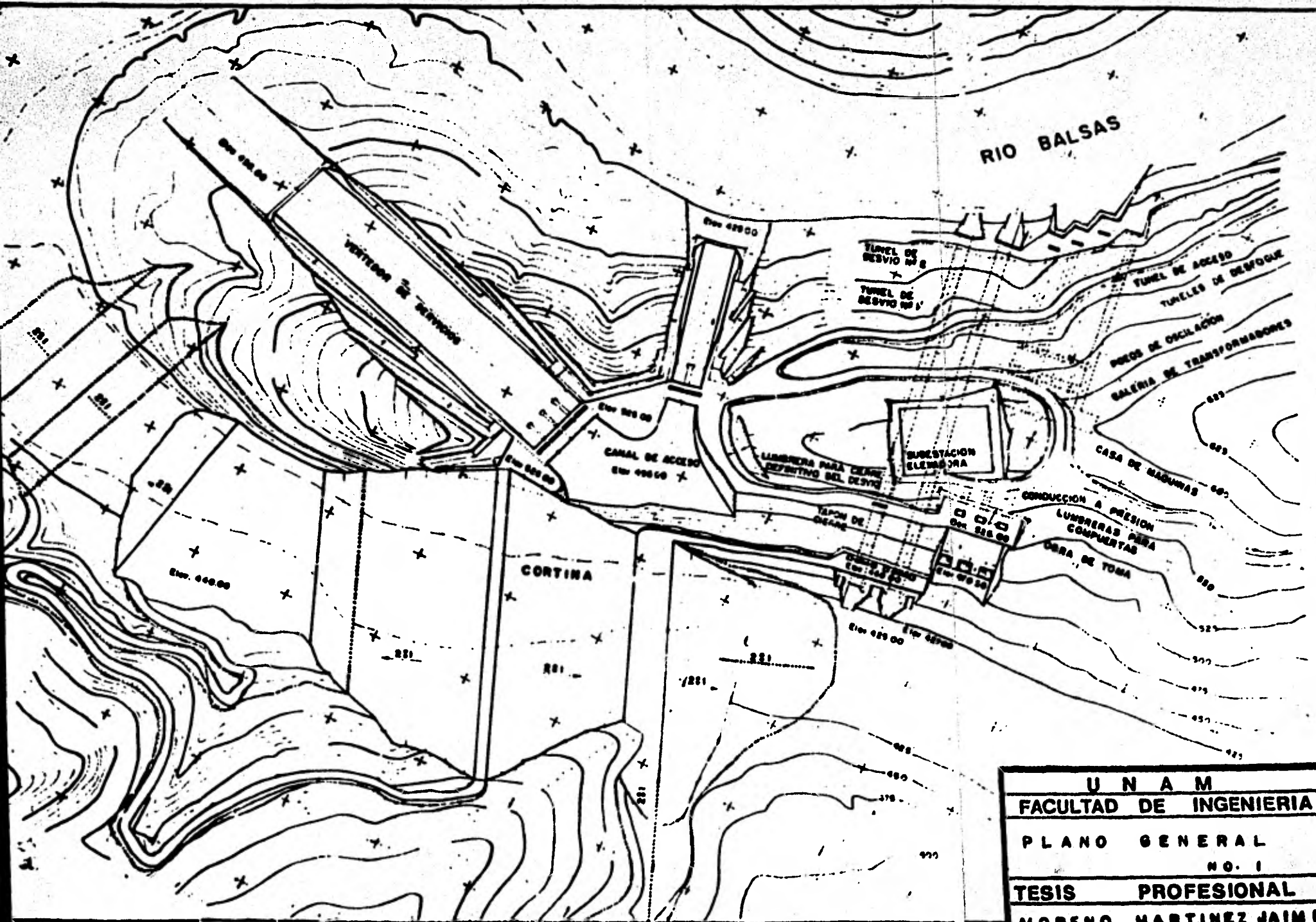
ESPECIFICACIONES GENERALES

CAPA DE TORMA

1	100
2	100
3	100
4	100
5	100
6	100
7	100
8	100
9	100
10	100
11	100
12	100
13	100
14	100
15	100
16	100
17	100
18	100
19	100
20	100
21	100
22	100
23	100
24	100
25	100
26	100
27	100
28	100
29	100
30	100
31	100
32	100
33	100
34	100
35	100
36	100
37	100
38	100
39	100
40	100
41	100
42	100
43	100
44	100
45	100
46	100
47	100
48	100
49	100
50	100



UNAM
 FACULTAD DE INGENIERIA
 OBRA DE TORMA
 TESIS PROFESIONAL
 MORENO MARTINEZ JAIM

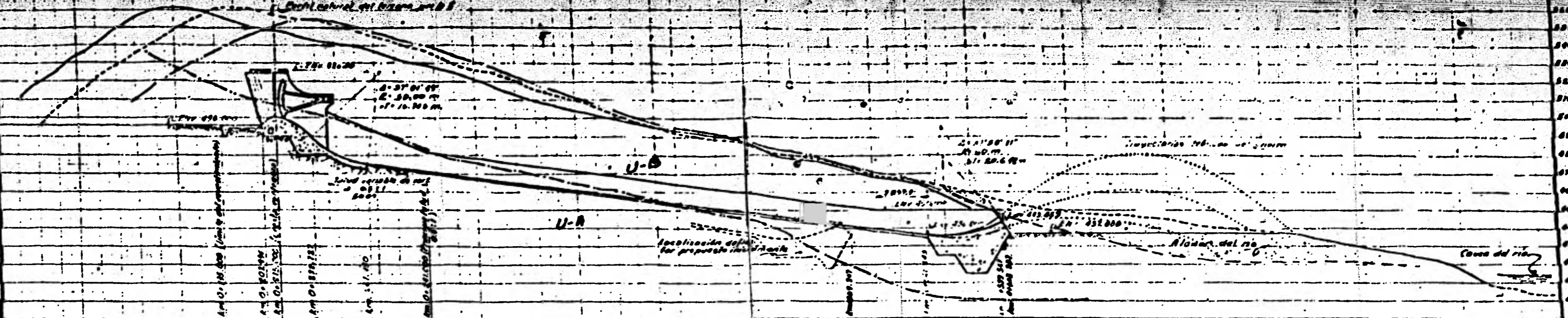


U N A M	
FACULTAD DE INGENIERIA	
PLANO GENERAL	
NO. 1	
TESIS	PROFESIONAL
MORENO MARTINEZ JAIME	
1 9 6 1	

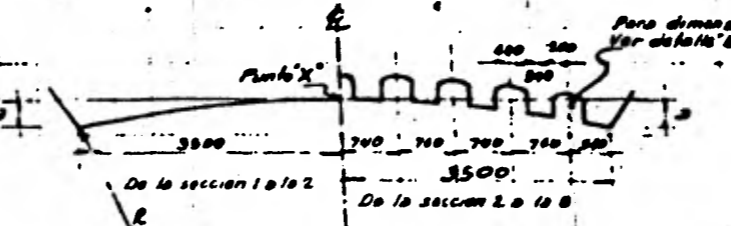
ELEVACIONES EN METROS

510
500
490
480
470
460
450
440
430
420
410
400
390
380
370
360
350
340
330
320

510
500
490
480
470
460
450
440
430
420
410
400
390
380
370
360
350
340
330
320



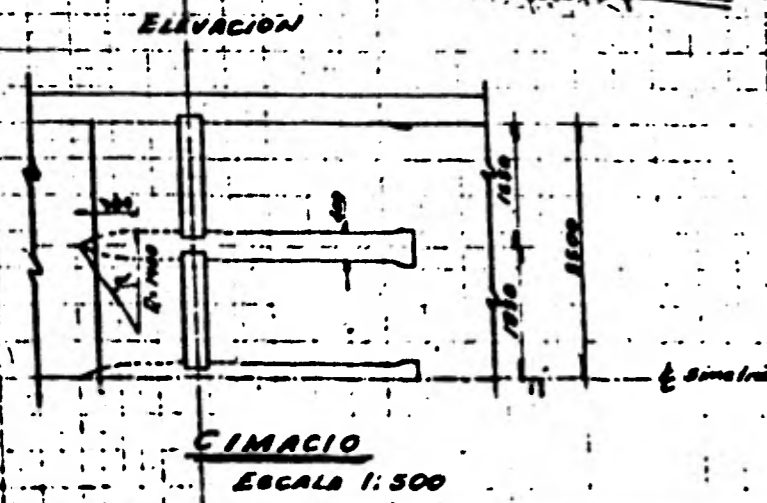
CORTE LONGITUDINAL POR LA ϕ DEL VERTEDOR DE SERVICIO
ESCALA 1:1000



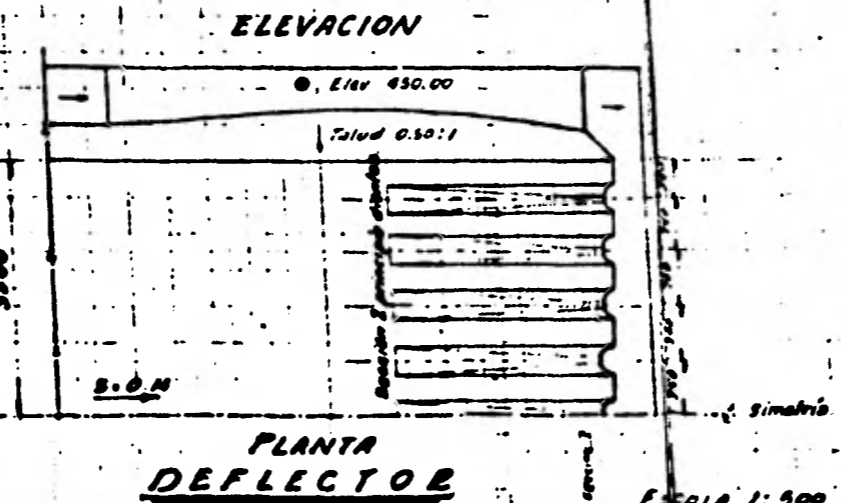
DATOS GEOMETRICOS DE LA PARABOLA DEL VERTEDOR

Sección	B (cm)	Elev. Puntos	Y (cm)
1	-	436.00	0
2	100/196.1	435.62	58.8
3	619/2.2	435.69	99.0
4	449/2.0	436.32	139.0
5	368/1.3	437.47	179.0
6	289/0.4	439.00	219.0
7	23.79/1	441.97	259.0
8	2086/7	443.67	300.0

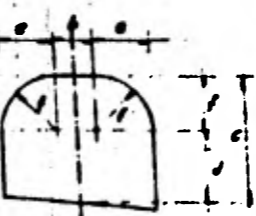
- NOTAS:
- 1.- La topografía se tomó del levantamiento fotogramétrico escala 1:1000 con curvas de nivel a cada metro, con clasificación 9.15/1-c-3-61477, elaborado por Cartografía de México, S.A. en septiembre de 1975.
 - 2.- Las elevaciones están referidas al mismo levantamiento descrito en la nota anterior.
 - 3.- Las acotaciones están dadas en centímetros excepto las indicadas en otra unidad.
 - 4.- Los kilometrajes marcados tienen su origen en el punto "A" de coordenadas (N 21 025.00, W 149 930.00).
 - 5.- Para detalles del orificio vertedor véase plano 9.15/4-c-18-70 081 (hoja 2 de 6).



PLANTA
ESCALA 1:500



PLANTA DEFLECTOR
ESCALA 1:500

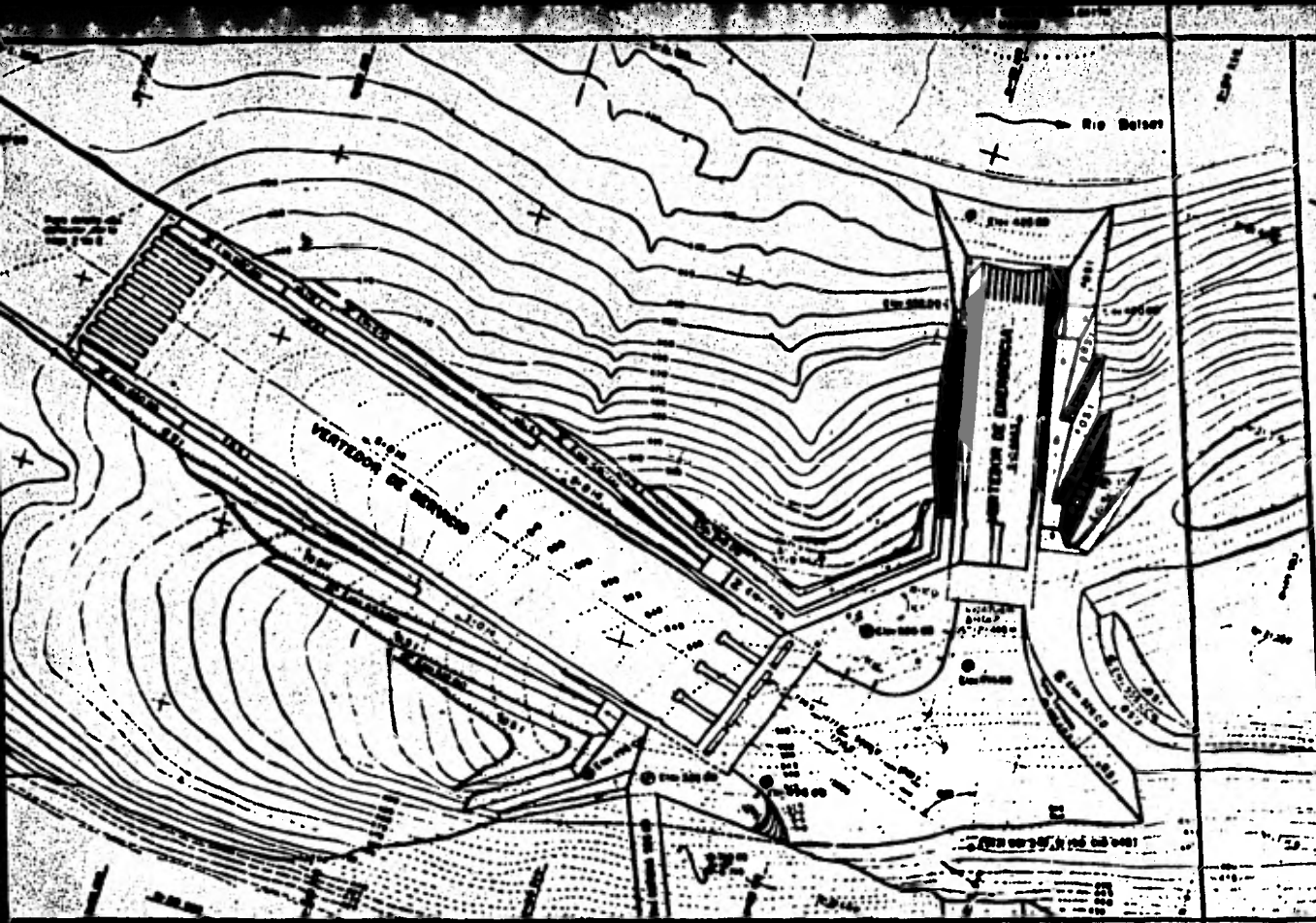


DETALLE 'B'

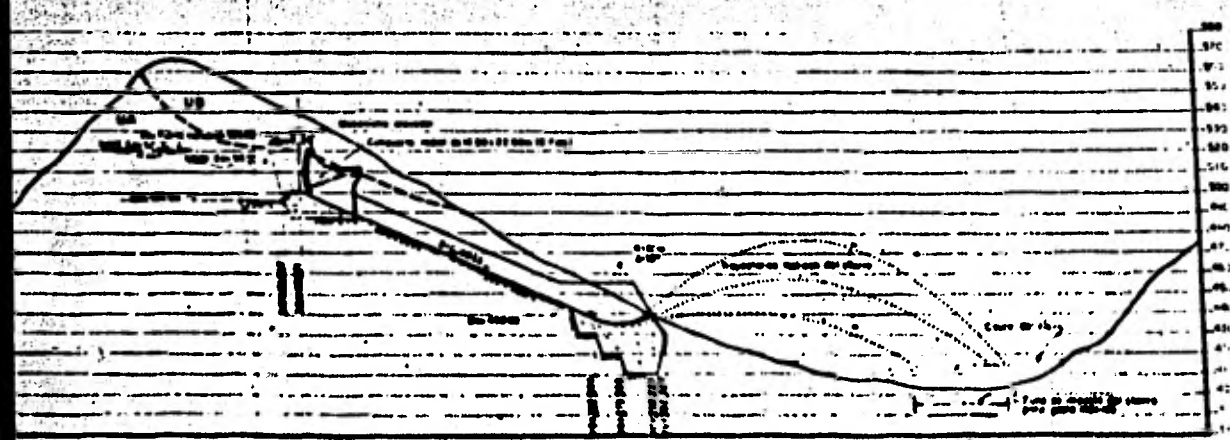
DIMENSIONES DE LOS DIANTES EN CM

Sección	D	E	G	F
1	-	0	0	0
2	400	0	0	0
3	340	6	0	30
4	277	23.8	0	60
5	219	61.6	0	90
6	160	105.0	0	120
7	100	227.9	77.9	150
8	100	297.8	109.8	150

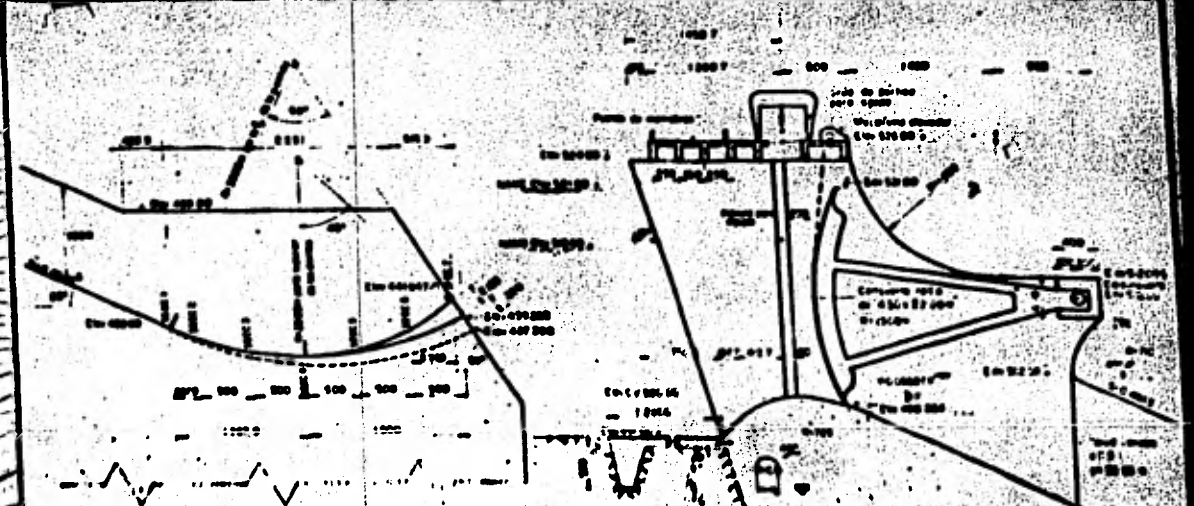
UNAM
FACULTAD DE INGENIERIA
OBRA DE EXCEDENCIAS
No 1
TESIS PROFESIONAL
MORENO MARTINEZ JAIME
1981



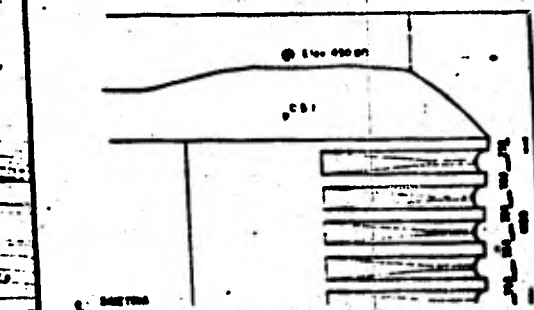
PLANTA
ESC. 1:1000



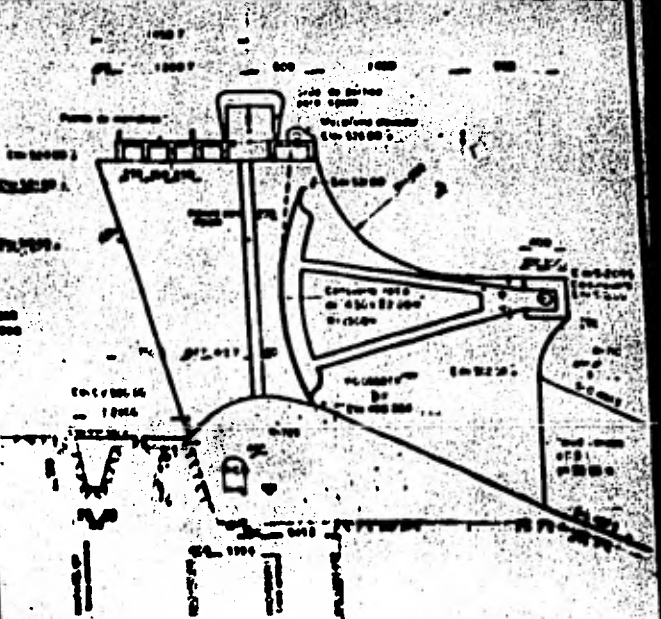
PERFIL POR EL EJE DEL VERTEDOR DE EMERGENCIA
ESC. 1:1000



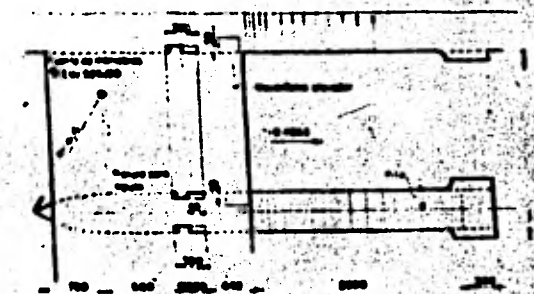
PERFIL DEFLECTOR DEL VERTEDOR DE EMERGENCIA
ESC. 1:200



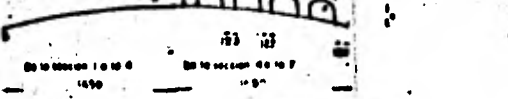
PLANTA
ESC. 1:200



PERFIL DEL CIMACIO
(VERTEDOR DE EMERGENCIA)



PLANTA DEL CIMACIO
(VERTEDOR DE EMERGENCIA)



GEOMETRIA SECCIONES 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

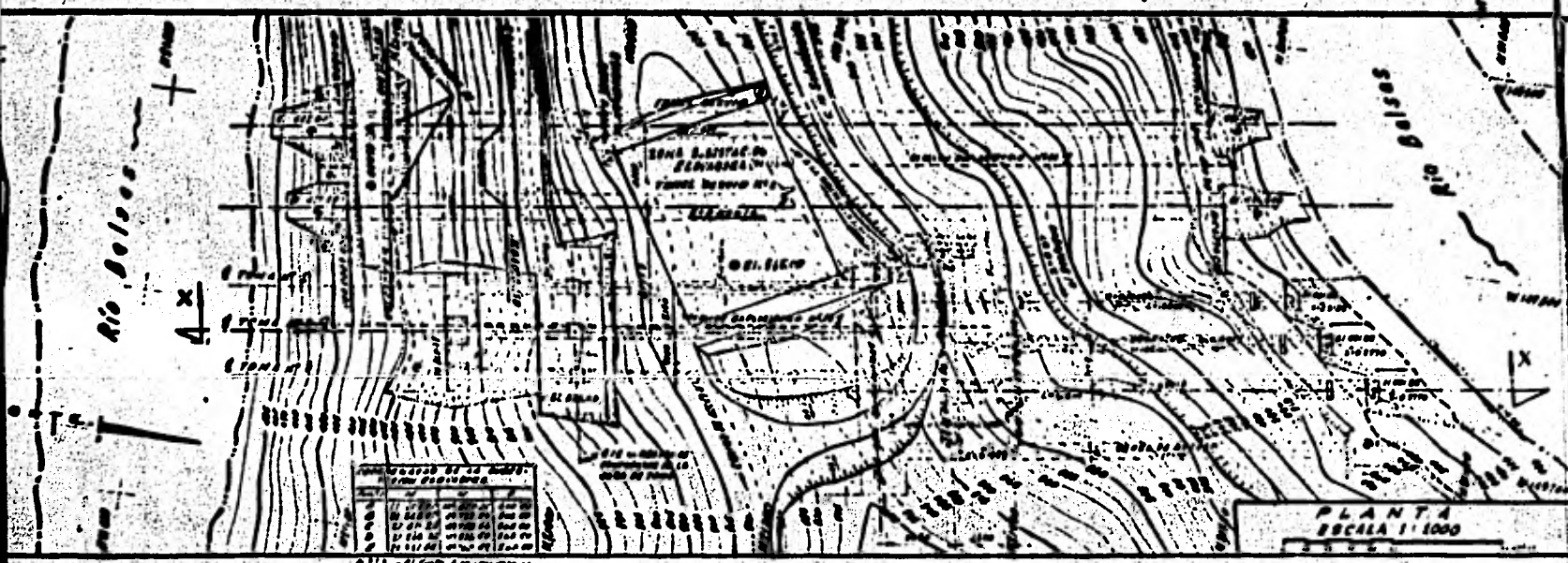
SECCION	ANCHO	ALTO	AREA
1	1.50	0.50	0.75
2	1.50	0.50	0.75
3	1.50	0.50	0.75
4	1.50	0.50	0.75
5	1.50	0.50	0.75
6	1.50	0.50	0.75
7	1.50	0.50	0.75



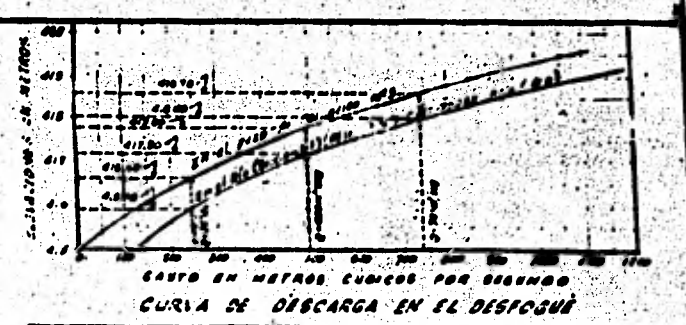
DETALLE "A"

DIRECCIONES GENERALES DE LOS DEBITOS EN CM	
1	100
2	100
3	100
4	100
5	100
6	100
7	100

UNAM
FACULTAD DE INGENIERIA
I B R A
NO. 2
TESIS PROFESIONAL
MORENO MARTINEZ JAIM

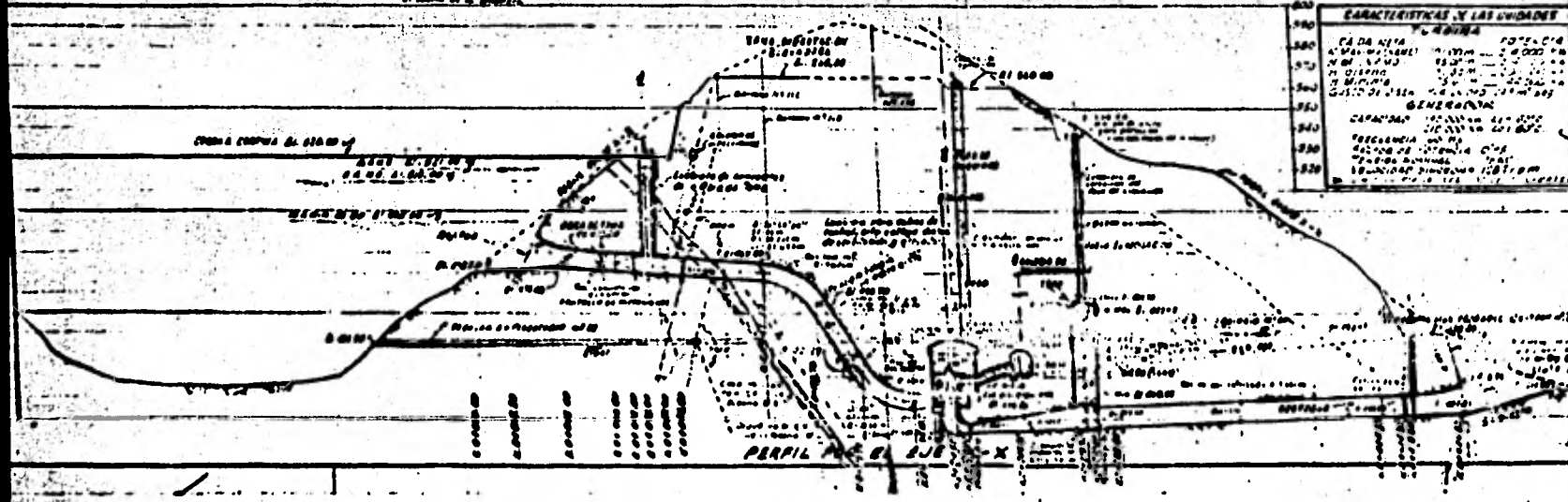


TIPO DE TERRENO	AREA (M ²)	VALOR (M ²)
...



CANTIDADES DE OBRA ESTIMADAS

CONCEPTO	CANTIDAD	CONCEPTO	CANTIDAD
CONCRETO		ACEROS	
1. Muro de contención en concreto	11,100	1. Acero en concreto	1,000
2. Muro de contención en mampostería	1,000	2. Acero en mampostería	1,000
3. Muro de contención en piedra	1,000	3. Acero en piedra	1,000
4. Muro de contención en tierra	1,000	4. Acero en tierra	1,000
5. Muro de contención en hormigón armado	1,000	5. Acero en hormigón armado	1,000
6. Muro de contención en mampostería reforzada	1,000	6. Acero en mampostería reforzada	1,000
7. Muro de contención en piedra reforzada	1,000	7. Acero en piedra reforzada	1,000
8. Muro de contención en tierra reforzada	1,000	8. Acero en tierra reforzada	1,000
9. Muro de contención en hormigón armado reforzado	1,000	9. Acero en hormigón armado reforzado	1,000
10. Muro de contención en mampostería reforzada reforzada	1,000	10. Acero en mampostería reforzada reforzada	1,000
11. Muro de contención en piedra reforzada reforzada	1,000	11. Acero en piedra reforzada reforzada	1,000
12. Muro de contención en tierra reforzada reforzada	1,000	12. Acero en tierra reforzada reforzada	1,000
13. Muro de contención en hormigón armado reforzado reforzado	1,000	13. Acero en hormigón armado reforzado reforzado	1,000
14. Muro de contención en mampostería reforzada reforzada reforzada	1,000	14. Acero en mampostería reforzada reforzada reforzada	1,000
15. Muro de contención en piedra reforzada reforzada reforzada	1,000	15. Acero en piedra reforzada reforzada reforzada	1,000
16. Muro de contención en tierra reforzada reforzada reforzada	1,000	16. Acero en tierra reforzada reforzada reforzada	1,000
17. Muro de contención en hormigón armado reforzado reforzado reforzado	1,000	17. Acero en hormigón armado reforzado reforzado reforzado	1,000
18. Muro de contención en mampostería reforzada reforzada reforzada reforzada	1,000	18. Acero en mampostería reforzada reforzada reforzada reforzada	1,000
19. Muro de contención en piedra reforzada reforzada reforzada reforzada	1,000	19. Acero en piedra reforzada reforzada reforzada reforzada	1,000
20. Muro de contención en tierra reforzada reforzada reforzada reforzada	1,000	20. Acero en tierra reforzada reforzada reforzada reforzada	1,000



CARACTERÍSTICAS Y LAS UNIDADES

UNIDAD	VALOR
1. Capacidad de almacenamiento	1,000 m ³
2. Capacidad de regulación	1,000 m ³
3. Capacidad de generación	1,000 m ³
4. Capacidad de distribución	1,000 m ³
5. Capacidad de control	1,000 m ³
6. Capacidad de mantenimiento	1,000 m ³
7. Capacidad de operación	1,000 m ³
8. Capacidad de inspección	1,000 m ³
9. Capacidad de reparación	1,000 m ³
10. Capacidad de reemplazo	1,000 m ³

1. Muro de contención en concreto de 10 metros de altura y 1 metro de espesor en la base.

2. Muro de contención en mampostería de 10 metros de altura y 1 metro de espesor en la base.

3. Muro de contención en piedra de 10 metros de altura y 1 metro de espesor en la base.

4. Muro de contención en tierra de 10 metros de altura y 1 metro de espesor en la base.

5. Muro de contención en hormigón armado de 10 metros de altura y 1 metro de espesor en la base.

6. Muro de contención en mampostería reforzada de 10 metros de altura y 1 metro de espesor en la base.

7. Muro de contención en piedra reforzada de 10 metros de altura y 1 metro de espesor en la base.

8. Muro de contención en tierra reforzada de 10 metros de altura y 1 metro de espesor en la base.

9. Muro de contención en hormigón armado reforzado de 10 metros de altura y 1 metro de espesor en la base.

10. Muro de contención en mampostería reforzada reforzada de 10 metros de altura y 1 metro de espesor en la base.

11. Muro de contención en piedra reforzada reforzada de 10 metros de altura y 1 metro de espesor en la base.

12. Muro de contención en tierra reforzada reforzada de 10 metros de altura y 1 metro de espesor en la base.

13. Muro de contención en hormigón armado reforzado reforzado de 10 metros de altura y 1 metro de espesor en la base.

14. Muro de contención en mampostería reforzada reforzada reforzada de 10 metros de altura y 1 metro de espesor en la base.

15. Muro de contención en piedra reforzada reforzada reforzada de 10 metros de altura y 1 metro de espesor en la base.

16. Muro de contención en tierra reforzada reforzada reforzada de 10 metros de altura y 1 metro de espesor en la base.

17. Muro de contención en hormigón armado reforzado reforzado reforzado de 10 metros de altura y 1 metro de espesor en la base.

18. Muro de contención en mampostería reforzada reforzada reforzada reforzada de 10 metros de altura y 1 metro de espesor en la base.

19. Muro de contención en piedra reforzada reforzada reforzada reforzada de 10 metros de altura y 1 metro de espesor en la base.

20. Muro de contención en tierra reforzada reforzada reforzada reforzada de 10 metros de altura y 1 metro de espesor en la base.

UNAM
FACULTAD DE INGENIERIA
PLANO GENERAL
NO. 2
TESIS PROFESIONAL
MORENO MARTINEZ JAIME
1981

