

54
201



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CONSTRUCCION DEL TANQUE REGULADOR DEL
PROYECTO HIDROELECTRICO. AGUA PRIETA JAL.

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 :
JOSE LUIS HERNANDEZ SANTOS



ASESOR: ING. RAFAEL ABERTO VALDES

JULIO 1997

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-060/97

Señor
JOSE LUIS HERNANDEZ SANTOS
Presente.

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING RAFAEL ABURTO VALDES**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

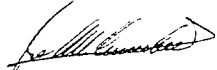
"CONSTRUCCION DEL TANQUE REGULADOR DEL PROYECTO HIDROELECTRICO AGUA PRIETA, JAL."

- I. INTRODUCCION
- II. DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO
- III. INGENIERIA BASICA
- IV. PLANEACION DE LA OBRA
- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
- CONCLUSIONES
- BIBLIOGRAFIA

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria a 11 de junio de 1997
EL DIRECTOR



ING JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLÍS

JMCS/GMP*lmf

A MIS PADRES,
CON TODO CARIÑO
Y GRATITUD

A MI ESPOSA: SUSANA
Y A MIS HIJAS: AZUCENA
Y YESSICA CON TODO MI
AMOR

A MIS HERMANOS

**AGRADEZCO:
AL INGENIERO RAFAEL ABURTO VALDÉS
POR SU VALIOSA COLABORACIÓN PARA
ASESORAR ESTE TRABAJO.**

**AL INGENIERO JOSÉ POLICARPO PÉREZ GARCÍA,
POR SU GRAN AYUDA Y PACIENCIA QUE HICIERON
POSIBLE LA TERMINACIÓN DE ESTE TRABAJO**

**A LOS INGENIEROS DEL PRESENTE, PASADO
Y FUTURO.**

INDICE

	Página
INTRODUCCIÓN	1
Desarrollo de la industria eléctrica en México	2
Distribución del potencial hidroeléctrico Nacional.	7
Principales Proyectos Hidroeléctricos	8
I.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	
I.1.- Localización de la obra.	13
I.2.- Condiciones climatológicas.	13
I.3.- Vías de comunicación.	14
I.4.- Acceso a la obra	14
I.5.- Hidrografía.	14
I.6.- Descripción de las obras que componen el proyecto.	15
I.6.1.- Captación de las presas San Juan de Dios y Atemajac.	15
I.6.2.- Conducciones.	16
I.6.3.- Obras de regulación	17
I.6.4.- Tanque Regulador.	18
I.6.5.- Conducción a Presión.	19
I.6.6.- Casa de Máquinas	20
I.6.7.- Descarga.	21
II INGENIERÍA BÁSICA	
II. 1.- Estudios Topográficos.	22
II. 2.- Estudios Geológicos	23

II. 3.- Estudios Hidrológicos.	25
II. 4.- Estudios Preliminares a la Cimentación.	27
II. 5.- Estudios de calidad del agua.	30

III.- PLANEACIÓN DE LA OBRA

III. 1.- Planeación a nivel obra.	35
III. 2.- Programa de obra y ruta critica.	35
III. 3.- Programa de Utilización de Mano de Obra.	38
III. 4.- Listado de Maquinaria	41

IV.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

IV. 1.- Instalaciones preliminares	43
IV. 2.- Trazo y seccionamiento.	43
IV. 3.- Excavaciones	44
IV. 3.1.- Acarreos.	46
IV. 3.2.- Excavación en Roca para la formación del Tanque Regulador.	46
IV. 3.3.- Determinación de la Plantilla de Barrenación.	47
IV. 3.4.- Explosivos.	56
IV. 3.5.- Cebado	56
IV. 3.6.- Sistema de Iniciación	57
IV. 3.7.- Barrenación	57
IV. 3.8.- Selección del Equipo de Carga	58
IV. 3.9.- Cálculos para la selección de equipo.	59
IV. 4.- Rellenos	61
IV. 5.- Colocación de terracerías.	62
IV. 5.1- Preparación de la cimentación.	62

IV. 5.2 - Características de los materiales a colocar (Materiales en Banco)	63
IV. 5.3 - Obtención y Preparación de los materiales	64
IV. 6 - Colocación de los materiales en el Piso y los Bordos del Tanque Regulador.	66
IV. 6.1 - Prueba Proctor	68
IV. 7.- Concretos	
IV. 7.1.- Concretos en el Tanque Sedimentador y Obra de Toma.	69
IV. 7.2.- Producción de agregados	70
IV. 7.3.- Producción de Concreto	71
IV. 7.4.- Dosificación de Mezclas	71
IV. 7.5 - Descripción del Proceso	73
IV. 7.6 - Colocación del Concreto	74
IV. 7.7.- Colado de Guarniciones y Cunetas.	74
IV. 7.8.- Colado de la Plantilla del Muro Sedimentador.	75
IV. 7.9 - Colado del Concreto Masivo	75
IV. 8 - Tratamiento de roca	76
IV. 8.1 - Anclaje.	77
IV. 8.2 - Inyecciones de Contacto Concreto-Roca.	77
IV. 8.3 - Mortero y Concreto Lanzado	79
IV. 8.4.- Drenaje	82
V.- CONCLUSIONES	82
VI.- BIBLIOGRAFÍA	84
VII.- ANEXO FOTOGRÁFICO	85

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la política de diversificación de fuentes de energía del Gobierno Federal, para incrementar y fortalecer la infraestructura eléctrica, la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.), puso en marcha el Proyecto Hidroeléctrico Agua Prieta, que aprovechará las aguas residuales de la Ciudad de Guadalajara, Jal., para generar energía eléctrica que ayude a satisfacer la creciente demanda urbana de Tlaquepaque, Tonalá, Zapopan y la zona industrial en las horas pico.

En el presente trabajo se describe de una manera general la construcción del Tanque Regulador del Proyecto Hidroeléctrico de Agua Prieta, cuya función es servir como vaso de almacenamiento para dicho Proyecto.

Este Proyecto Hidroeléctrico, es el primero en la República Mexicana, en el que se le da utilidad a las aguas residuales, para generar electricidad, ya que siempre son desahojadas sin ningún uso de este tipo.

Este trabajo consta fundamentalmente de cuatro capítulos, en donde el primero de ellos trata de una manera general, la descripción del proyecto hidroeléctrico con el objeto de dar a conocer su funcionamiento y sus características principales, así como la descripción de las obras civiles que lo componen.

En el segundo capítulo, se presenta en forma resumida, algunos de los estudios de ingeniería básica, que se necesitan hacer antes del diseño y la construcción para dicho proyecto.

En el tercer capítulo, se describe el planteamiento que es necesario hacer antes de comenzar con el procedimiento constructivo, de manera que se planea el tiempo de trabajo más adecuado para su ejecución por medio de la ruta crítica y la gráfica de barras.

Para finalizar este trabajo, en el cuarto capítulo se describen las actividades de construcción del Tanque Regulador que a continuación se mencionan: excavaciones, rellenos, terracerías de los bordos, concretos, revestimiento del piso, colocación del concreto lanzado y obras de drenaje para así obtener el Proyecto terminado.

SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL

En México, la nación se ha reservado la prestación del servicio público de energía eléctrica, el cual es responsabilidad del estado y específicamente de la Comisión Federal de Electricidad (C F E), entidad creada en 1937 como dependencia de la Administración Pública Federal, la cual contribuyó a acelerar la industria eléctrica con el desarrollo de grandes proyectos hidroeléctricos, que se iniciaron con la construcción de la planta hidroeléctrica de Ixtapantongo, la que entró en servicio en 1944.

La Comisión Federal de Electricidad, en su primer período de actividad se dedicó especialmente a la realización de proyectos hidroeléctricos, mientras que las empresas privadas (que fueron adquiridas por el gobierno en 1960), realizaron principalmente proyectos termoeléctricos; este período culminó en 1965 con la puesta en servicio de la gran planta hidroeléctrica de Infiernillo.

Las décadas de los años cincuenta y sesenta, se caracterizaron en todo el mundo por ser una época de petróleo abundante y barato. Ello propició la penetración de los hidrocarburos como energéticos para la generación de energía eléctrica, desplazando en algunos países al carbón y contribuyendo a disminuir el interés en los proyectos hidroeléctricos.

En México, también se produjo esa penetración de los hidrocarburos para la generación de la energía eléctrica, que se manifestó en que la capacidad de generación instalada en plantas termoeléctricas que creció más rápido que la capacidad instalada en plantas hidroeléctricas. Mientras que en 1945, del total de 700 millones de kilovatios de capacidad de generación en servicio, el 57 % correspondía a plantas hidroeléctricas y el 43 % a termoeléctricas, en 1964 la proporción se había invertido, de una capacidad de generación de 5300 millones de kilovatios correspondía el 43% a las hidroeléctricas y el 57% a las termoeléctricas.

Los factores que contribuyeron a esta evolución fueron, además de los bajos precios del combustible y del gas natural, la menor inversión inicial necesaria por kilovatio instalado en

una planta termoeléctrica convencional, comparada con la requerida en una hidroeléctrica, y el menor tiempo de realización de los proyectos termoeléctricos.

Esta tendencia hacia el predominio de las plantas termoeléctricas que utilizaban combustóleo o gas natural como combustible, se cuestionó en México a fines de los años sesenta y principios de los setenta, cuando la relación de reservas como producción de hidrocarburos, se fue deteriorando, debido a que la producción de los mismos creció más rápido que la incorporación de nuevas reservas. En 1971 la demanda nacional rebasó a la producción causando así la crisis petrolera; por lo cual tuvo que iniciarse la importación de petróleo crudo.

La crisis fue efectivamente grave. No trascendió sino para los enterados porque fue un hecho afortunado, pero no fortuito. La crisis pudo superarse con el descubrimiento de la nueva y rica provincia petrolera en Tabasco y Chiapas, que comenzó a producir a principios de 1973.

Lo anterior explica que a fines de los años sesenta, surgiera en el sector eléctrico, la preocupación por diversificar las fuentes de energía primaria para la generación de energía eléctrica, por lo que se decidió iniciar un programa nucleoelectrico, con la construcción de una primera planta que se localizó en Laguna Verde, en la costa del Golfo de México, a unos 70 kilómetros al norte de Veracruz.

Las dificultades a que se ha enfrentado la construcción de la planta nucleoelectrica de Laguna Verde, debidas en parte a la complejidad del proyecto y a los requisitos estrictos de control de calidad, y agravadas por la falta de continuidad en las decisiones causadas por cambios frecuentes del personal directivo de la C.F.E. durante la década de los sesenta, enfriaron el entusiasmo por la energía nuclear y propiciaron el desarrollo de otros proyectos para la diversificación de la oferta energética, como la construcción de la planta Hidroeléctrica de Chicoasén y de la Carboeléctrica de Río Escondido, y la ampliación de la planta geotermoeléctrica de Cerro Prieto, proyectos cuya ejecución se decidió a mediados de los setenta. También por estas fechas se realizó y publicó una nueva evaluación del potencial hidroeléctrico nacional.

El descubrimiento de considerables recursos petroleros en el Sureste de México y la decisión de explotar rápidamente dichos recursos no renovables, a partir de 1977, para convertir a México en un exportador importante de petróleo crudo y financiar el desarrollo del país con los ingresos debidos a esas exportaciones, modificó el panorama energético con respecto al que se tenía a principios de los años sesenta

La diversificación de la oferta de energía primaria al mercado nacional para disminuir la gran dependencia de los hidrocarburos, que constituían el 90 % de dicha oferta no parecía tan urgente a corto plazo pero si a un mediano plazo, ya que la explotación intensiva de los recursos petroleros de cantidades importantes de petróleo crudo, podían causar que México dejase de ser autosuficiente en estos recursos no renovables antes de que terminase el presente siglo

Este punto de vista se presentó en el programa de energía, elaborado por la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial que se publicó a fines de 1980. En dicho documento se propone un programa de diversificación de la oferta energética bastante ambicioso, haciendo énfasis en un programa nucleoelectrónico importante, que planteaba alcanzar una capacidad instalada de 20,000 megavatios para el año 2000, o sea el equivalente de unas 15 plantas del tamaño de Laguna Verde. Se proponía también un programa hidroeléctrico de cierta importancia

La crisis económica mexicana que estalló a mediados de 1982 y que se manifestó por una aguda escasez de divisas, causada en gran parte por la baja de los precios internacionales del petróleo y por un endeudamiento externo excesivo, a tasas de interés variables que en esas fechas alcanzaban máximos históricos y agravada por una fuga masiva de capitales, interrumpió los planes de diversificación energética. La escasez de divisas hacía imposible la realización de un programa nucleoelectrónico acelerado, con una componente de importación muy elevada

La atención se centró en los problemas económicos de corto plazo y se abandonaron los ambiciosos planes del periodo de bonanza petrolera. El programa Nacional de Energéticos 1984-1988 plantea la necesidad de diversificar la oferta de energía primaria, se fijan metas a

corto plazo muy modestas por lo que hace al sector eléctrico suponer que entre 1984 y 1988 la capacidad de generación instalada crecerá en 7,900 megavatios, de los cuales el 54% corresponderán a plantas termoeléctricas que utilicen hidrocarburos, el 16% a hidroeléctricas, 8% a carboeléctricas, 16% a nucleoeeléctricas (que son las dos unidades de Laguna Verde) y 6% a geotermoeeléctricas

En cuanto al largo plazo, se supone que la estrategia de diversificación planteada en el programa conducirá, si se mantiene la continuidad de una política de diversificación de la oferta energética, de ahorro y uso eficiente de la energía, a disminuir en el sector eléctrico la participación relativa de las plantas, termoeléctricas que usan hidrocarburos, de un 61 % de los 19,050 megavatios instalados en 1983, aún 42% de los 53,000 megavatios que se estima se requerirán en el año 2,000

Nótese que en valor absoluto la capacidad instalada en plantas termoeléctricas convencionales seguirá creciendo, pasando de 11,620 megavatios instalados en 1983 a 22,260 megavatios en el año 2,000. Por lo que hace a la capacidad instalada en plantas hidroeléctricas pasaría de 5,553 megavatios en 1983 a unos 13,250 en el año 2,000.

Existen estudios recientes relativos al potencial hidroeléctrico nacional, realizados por la Gerencia General de Estudios de Ingeniería Preliminar de la C.F.E. uno de ellos, sin duda el más completo y detallado, fue realizado en México sobre 597 proyectos hidroeléctricos, que permitirá generar 172,193 GWH en un año de escurrimientos medios, o sea más del doble de la energía eléctrica producida con los diferentes tipos de plantas generadoras en 1984. De ese potencial identificado se tienen en operación 45 plantas con una generación media anual de 31,389 GWH, que representa el 18.20 % del potencial identificado

Están pendientes de desarrollar 550 proyectos a los que corresponde en conjunto, una generación media anual de 140,804 kwh/yr que representa el 81.8% del potencial hidroeléctrico identificado

En cuanto a la distribución del potencial identificado en el territorio nacional en el mapa de la figura 1, se ha dividido el país en cinco regiones hidroeléctricas y en la tabla 1 se indica el potencial correspondiente a cada región. Esta distribución del potencial hidroeléctrico en gran

parte del territorio nacional, facilitará la transmisión de la energía eléctrica generada hasta los centros de consumo.

Para completar la información sobre el potencial hidroeléctrico nacional, se presenta un apéndice donde se proporcionan las características principales de los 40 proyectos de mayor interés por la magnitud de su generación media anual y su localización con respecto a los centros de consumo. Este estudio fue presentado por el grupo de trabajo sobre hidroelectricidad para la elaboración del plan de Gobierno 1982-1988. En él se proponía realizar estos 40 proyectos en lo que resta del presente siglo, lo que significaría aprovechar en el año 2.000 el 46% del potencial hidroeléctrico identificado.

Al hacer un estudio comparativo de las distintas opciones disponibles para generar energía eléctrica, deben tomarse en cuenta las siguientes ventajas que presentan las plantas hidroeléctricas:

A).- La energía hidráulica es un recurso renovable debido a la energía solar que es la que produce el ciclo hidráulico. Su uso para generar electricidad permite ahorrar recursos no renovables y prolongar así la disponibilidad de estos.

B).- Un proyecto hidroeléctrico requiere una inversión inicial mayor que una planta termoeléctrica convencional pero sus costos de operación son mucho menores ya que no consume combustible.

C).- Los desarrollos hidroeléctricos constituyen frecuentemente parte de un aprovechamiento hidráulico de usos múltiples, obteniéndose también beneficios adicionales para la agricultura, mediante el riego y control de Avenidas.

D).- Las plantas hidroeléctricas no son contaminantes y en general tienen una influencia positiva en el ecosistema de la región. Por otra parte, su construcción contribuye a mejorar la infraestructura de la zona, mediante la apertura de vías de comunicación, la creación de centros de población y en ocasiones, de desarrollos turísticos.

1.- Distribución en el territorio nacional del Potencial Hidroeléctrico Identificado

Región	Número de Plantas Generadoras	Generación Anual	
		GWH	% del Total
Pacífico Norte y Centro	181	41,909	24.3
Pacífico Sur	133	36,001	20.9
Golfo Norte	120	23,217	13.5
Golfo Sur	63	19,802	11.5
Sureste	100	51,264	29.8
Total	597	172,193	100.0



Ilustración 1. Distribución en el Territorio nacional del potencial Hidroeléctrico

PRINCIPALES PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS

REGIÓN PACÍFICO NORTE Y CENTRO

Orden de Prioridad	Proyecto	Río	Cuenca	Generación Media Anual GWH/año	Potencia Instalada MW	Número de Unidades
4	Bacurato	Sinaloa	Sinaloa	300	90	2
6	Comedero	Sn Lorenzo	Sn Lorenzo	300	101	2
7	Picos de Guadalajara	Santiago	Santiago	400	308	4
11	Hutes	Fuerte	Fuerte	900	525	3
14	Aguamilpa	Santiago	Santiago	2,200	1,000	4
16	La Yesca	Santiago	Santiago	1,200	567	3
22	Cajón II	Santiago	Santiago	1,300	594	3
30	La Múcura	Santiago	Santiago	900	400	2
34	Cora-Ixcatan	Santiago	Santiago	1,100	420	2
40	Santa Cruz	Santiago	Santiago	1,000	457	3
				9 600		

REGIÓN PACÍFICO SUR

Orden de Prioridad	Proyecto	Río	Cuenca	Generación Media Anual GWh/año	Potencia Instalada GW	Número de Unidades
1	Caracol	Balsas	Balsas	1,300	570	3
8	Topoa	Balsas	Balsas	800	330	3
13	San Juan Tetelcingo	Balsas	Balsas	700	191	2
19	Temascatepec	Tilostoc	Balsas	500	335	--
25	Huixtla	Balsas	Balsas	1,100	277	2
31	Ampliación Villita	Balsas	Balsas	0	150	2
33	Papagayo	Papagayo	Papagayo	1,200	457	3
42	Ampliación Infernillo	Balsas	Balsas	0	360	2
44	Reforma	Verde	Verde	1,100	514	3
				6 600		

REGIÓN GOLFO NORTE

Orden de Prioridad	Proyecto	Río	Cuenca	Generación Media Anual GWh/año	Potencia Instalada GW	Número de Unidades
2	La Amistad	Bravo	Bravo	200	66	2
10	Zimapan	Moctezuma	Panuco	700	400	4
17	Aguatepec	Moctezuma	Panuco	800	457	2
23	Temazunchale	Moctezuma	Panuco	1,100	456	3
41	Rebombero	Santa Catarina	Bravo	0	500	4
				2 700		

REGIÓN GOLEO SUR

Orden de Prioridad	Proyecto	Río	Cuenca	Generación Media Anual GWH/añual	Potencia Instalada a MW	Número de Unidades
5	Temascal II	Tonto	Papaloapan	600	360	3
12	Yaxila	Soyolapan	Papaloapan	2 300	525	3
18	Usita	Santo Domingo	Papaloapan	3 000	800	4
21	Santo Domingo	Santo Domingo	Papaloapan	3 000	685	3
27	Tonto	Tonto	Papaloapan	3 000	685	3
28	Pescados	Antigua	Antigua	1 000	228	2
35	Xuchiles	Blanco	Papaloapan	700	160	2
37	Chimalapa	Chimalapa	Coatzacoalcos	500	228	2
43	Uvero	Uvero	Coatzacoalcos	500	170	2
				15 000		

REGIÓN SURESTE

Orden de prioridad	Proyecto	Río	Cuenca	Generación Media Anual GWH/año	Potencia Instalada MW	Número de Unidades
3	Peñitas	Grijalva	Grijalva	1,900	426	4
9	Itzanitún	Tacotalpa	Grijalva	2,000	660	3
15	Cancuc	Tacotalpa	Grijalva	1,000	228	2
20	Chacte	Tacotalpa	Grijalva	2,000	457	2
24	Chimi	Tacotalpa	Grijalva	700	170	2
26	Copamala	Grijalva	Grijalva	900	300	3
29	Yasná	Ixtijá	Grijalva	2,300	525	3
32	Santa Elena	Santo Domingo	Usumacinta	2,000	457	3
36	Catarata	Santo Domingo	Usumacinta	1,200	274	2
38	Kichán	Usumacinta	Usumacinta	4,000	913	3
39	Ampl. Chicoasén	Grijalva	Grijalva	0	900	3
45	Tenostique	Usumacinta	Usumacinta	2,300	525	4
				20,300		

CAPITULO I

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Con el propósito de contar con una fuente más de energía eléctrica, que ayude a satisfacer la demanda generada por el crecimiento urbano e industrial de la zona conurbana de Guadalajara, Jal., la Comisión Federal de Electricidad estudio la factibilidad de llevar a cabo un Proyecto Hidroeléctrico que utilizara las aguas residuales provenientes de esa zona y el desnivel topográfico existente, de aproximadamente 520 m., entre las descargas de la Ciudad y el Río Santiago.

A continuación se hace una breve descripción del funcionamiento del Proyecto

Las aguas negras se captarán por el lado noreste de la Ciudad, desde los arroyos Osorio y San Andrés y serán llevadas por gravedad a través de conductos cerrados (en zanja y en túnel) a lo largo de 7.8 km. hasta ser descargadas en el Río San Juan de Dios.

En la confluencia del Río San Juan de Dios y el Arroyo Atemajac, se captará casi la totalidad de las aguas residuales mediante dos presas derivadoras interconectadas entre sí. También estas aguas serán llevadas por gravedad a través de conductos cerrados de 5.4 km. de longitud construidos en zanjas, túneles y dos sifones, hasta descargar en el Tanque Regulador para ser extraídas diariamente por medio de un Túnel a Presión que posteriormente se bifurcará para alimentar a dos tuberías telescópicas de acero con diámetro de 3.80 a 3.20 m, mismas que también se bifurcarán en la proximidad de Casa de Máquinas para suministrar un gasto de 26.3 M³/s a cada unidad generadora. La Casa de Máquinas es de tipo exterior y alojará cuatro turbinas Pelton de 120 MW cada una; en la primera etapa de construcción (año 1990) se instalarán dos unidades cuya generación media anual será de 462.36 GWh, en la segunda etapa (año 2000) se instalará la tercera unidad para generar un total de 631 GWh al año y en la etapa final (año 2006) entrará en operación la cuarta unidad para alcanzar una generación media anual de 926.1 GWh. Estas etapas están planeadas de

acuerdo con el aumento del volumen de las aguas residuales y el crecimiento de la demanda de energía eléctrica.

El agua turbinada se descargara por los canales de desfogue al Rio Santiago.

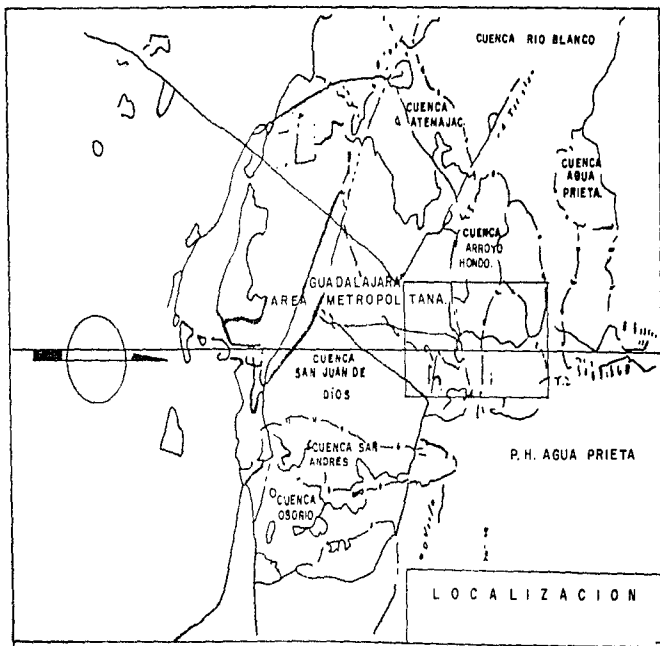
I.1.- LOCALIZACIÓN DE LA OBRA

La zona del Proyecto se localiza al norte del área urbana de la ciudad de Guadalajara, Jalisco, entre los meridianos 103° 15' y 103° 21' de longitud Oeste y los paralelos 20° 40' y 20° 48' de latitud Norte, en los municipios de Guadalajara y Zapopan.

I.2.- CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS :

Temperatura máxima	39 grados C
Temperatura media anual	19 grados C
Temperatura mínima	5 grados C
Precipitación máxima en 24 horas	15 mm
Precipitación media anual	985 mm
Días lluviosos al año	110 días
Días despejados al año	138 días
Días nublados	117 días
Humedad relativa media anual (zona rural)	79 %
Humedad relativa media anual (zona urbana)	38 %
Evaporación promedio anual (zona rural)	2213 mm
Evaporación promedio anual (zona urbana)	624 mm
Presión Atmosférica promedio	634 mm Hg

¹ Las condiciones climatológicas aquí presentadas son valores medios.



I.3.- VÍAS DE COMUNICACIÓN

La ciudad de Guadalajara es una de las tres ciudades más importantes del país, lo que permite asegurar su amplia comunicación por carreteras, ferrocarril y aérea. La vía principal a todos los accesos de la Obra es la Avenida Prolongación Alcalde y su continuación por la carretera Guadalajara-Saltito hasta el kilómetro 15.

I.4.- ACCESO A LA OBRA

El acceso al Tanque de Regulación se efectúa por un camino de terracería localizado en el kilómetro 12 de la carretera Guadalajara-Saltito, el frente de trabajo inicia aproximadamente a 300 m. de recorrido desde la carretera.

GEOLOGÍA DE LA ZONA

El Tanque de Regulación se alojó en una mesa de Riolita Fluidal Esferulítica y Riolita Vitrea con algunas coberturas de Depósitos de Talud y Suelo Residual.

I.5.- HIDROGRAFÍA

Desde el punto de vista hidrográfico, la zona donde quedó alojado el Tanque Regulador carece de interés, ya que no existen corrientes superficiales de importancia, aunque se hace notar que forma parte del altiplano que delimita el cañón del Río Santiago.

I.6.- DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS QUE COMPONEN EL PROYECTO

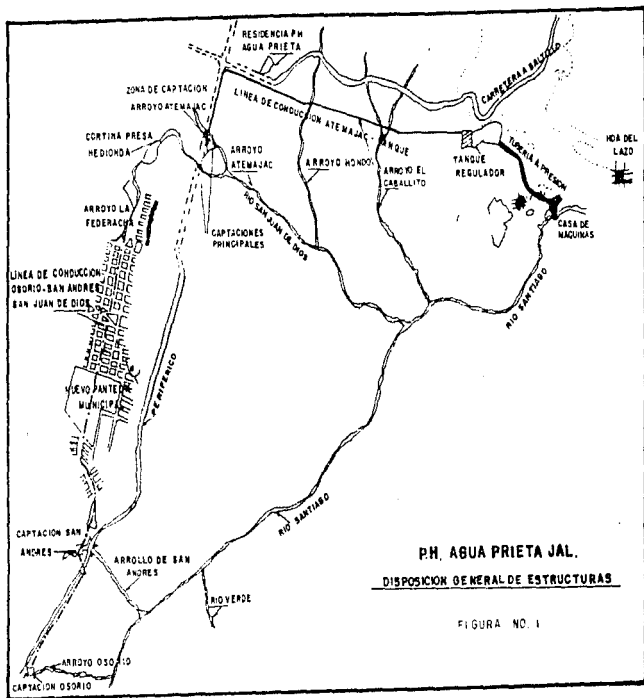
Anteriormente se hizo una descripción del funcionamiento del proyecto, por lo que en seguida, se hará una breve descripción de las obras principales que componen este aprovechamiento hidroeléctrico de "AGUA PRIETA"

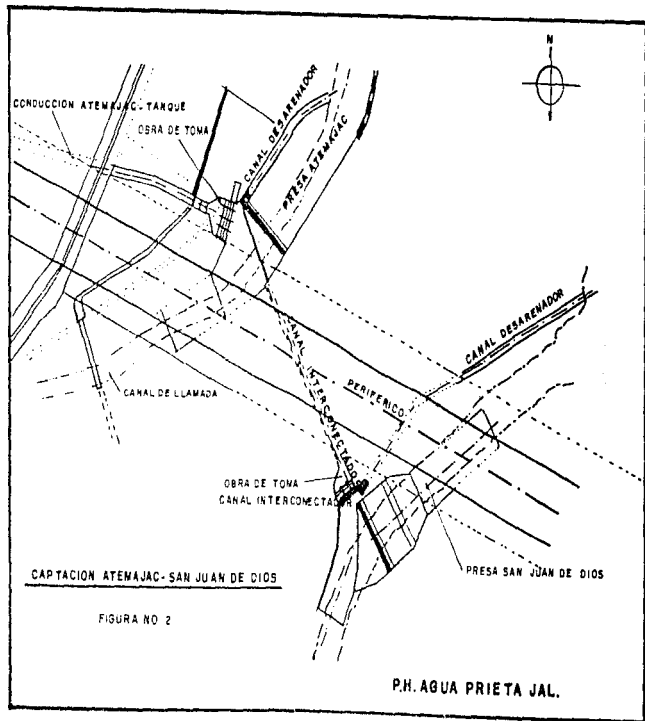
I.6.1.- CAPTACIONES

Estas estructuras tienen como función principal captar y luego encausar el agua residual de cada cuenca de los arroyos Osorio, San Andrés, Atemajac y del Río San Juan de Dios, hasta dos presas derivadoras en la confluencia del Río San Juan de Dios y el arroyo Atemajac. (fig 1 y 2)

CARACTERÍSTICAS DE LAS PRESAS SAN JUAN DE DIOS Y ATEMAJAC:

	SAN JUAN DE DIOS	ATEMAJAC
TIPO	Presas derivadoras	Presas derivadoras
VERTEDOR	Cresta libre	Cresta libre
LONGITUD DE CRESTA	43.00 M	40.0 M
CAPACIDAD DE DESCARGA	700.00 M ³ /S	450.00 M ³ /S
ELEVACIÓN DE LA CRESTA	1,479.00 M S N M.	1,479.00 M S N M.
ELEVACIÓN DEL N.A.M.E	1,483.00 M S N M	1,479.00 M S N M
LONGITUD DE LOS DESARENADORES	280.00 M	95.00 M





CANAL INTERCOMUNICADOR

El agua captada en la presa San Juan de Dios es transportada hacia la presa Atemajac, mediante un canal intercomunicador de sección rectangular de 3.20 x 2.90 m con una pendiente $S = 0.00134$, y una longitud de 136 m y para un gasto de diseño $Q = 20.25 \text{ M}^3/\text{s}$.

1.6.2.- CONDUCCIONES

La conducción esta formada por tres tramos de túnel, dos sifones invertidos y un tramo de canal que llega a la estructura repartidora de gastos.

La conducción se inicia propiamente en la obra de toma de las captaciones mediante una zanja de sección rectangular de 5.00 m de ancho por 6.54.56 m de longitud que aloja una compuerta radial, donde sigue una transición de sección rectangular a herradura de 5.00 m de diámetro que marca el inicio de la conducción en túnel.

El túnel numero 1 tiene 1646.22 m. de longitud, con pendiente $S = 0.00062$ y esta excavado en basalto. El túnel numero 2 con una longitud de 130.20 m , al igual que el túnel anterior tiene la misma pendiente y también esta excavado en basalto. El túnel número 3 con un desarrollo de 1356.00 m y la misma pendiente que los anteriores ,fue excavado en riolita. las velocidades proyectadas para estos túneles están en un rango de 1 a 3 m/s., para evitar tanto el deposito de sedimentos como de posibles erosiones que pudieran dañarlos. Cabe destacar que estos túneles se complementaron con lumbreras de ventilación de 0.60 m. de diámetro a cada 125.00 m. para minimizar en lo posible, el efecto corrosivo del ácido sulfhidrico.

Sifones invertidos - Cada sifón consta de dos conductos circulares, uno de ellos construido en la primera etapa, con un diámetro interior de 3.80 m. y el otro que se construirá en la segunda etapa con un diámetro de 2.00 m. El sifón Arrollo Hondo que es el número 1 tiene una longitud de 1008.00 m , con 50 m. de carga máxima de presión, mientras que el sifón El Caballito que es el número 2 presenta un desarrollo de 560.00 m , con una carga máxima de

35 m., ambas estructuras inician y terminan en cajas repartidoras, en las cuales se controla el paso del agua a los túneles por medio de agujas (figuras 3 y 4).

Canal a Cielo Abierto

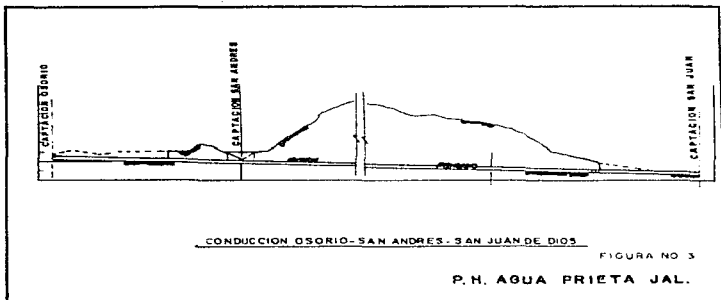
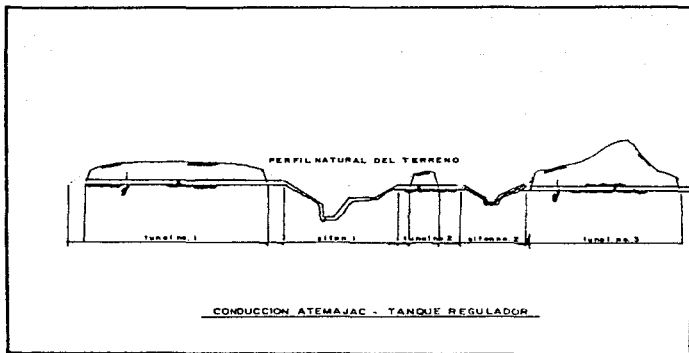
La parte final de la conducción comprende un tramo de canal de sección trapecial de 351.92 m., de longitud, con un ancho de plantilla de 4.80 m. y una pendiente $S = 0.00062$, antes de llegar a los desarenadores mecánicos sufre una ampliación para formar una estructura repartidora de gastos que cuenta con una sección de control que consta de cinco vanos, instalándose una compuerta radial en cada uno de ellos, que controla el flujo de cada canal independiente hacia el respectivo desarenador.

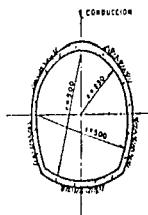
1.6.3.- OBRAS DE REGULACIÓN

Las obras de regulación están constituidas por cinco desarenadores, un tanque sedimentador y un tanque regulador. Para evitar un daño excesivo por abrasión en las boquillas y rodete de las turbinas, es necesario separar las arenas para lo cual se tienen desarenadores tanto en las captaciones como en la llegada de la conducción al tanque regulador.

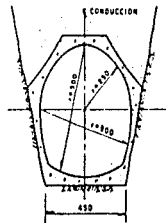
Por la presencia de arenas, con tamaño de 0.2 mm., se construyeron cinco desarenadores, con las siguientes características: capacidad de 8.3 m³/s cada uno, carga superficial de 160 M³/M²/DIA, con tiempo de retención de aproximadamente 1 minuto. Equipados con rastras mecánicas de soporte central para recolectar la arena y depositarla en una trampa lateral, donde se instalo un tornillo mecánico para conducirla hasta un cárcamo de bombeo, posteriormente es enviada hacia una lavadora de arena, que retira del orden de 97% de materia orgánica, para finalmente depositarla en el río y zonas aledañas sin que cause problemas a la ecología de la zona.

Cada uno de los desarenadores consiste en una cámara cuadrada de concreto, la cual tiene dimensiones tales que la arena se depositara por gravedad en el fondo

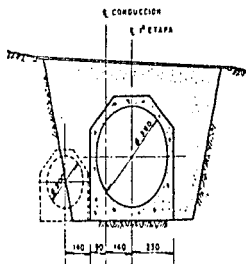




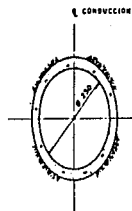
TUNEL



TAJO



SIFON



CONDUCCION OSORIO-
SAN ANDRES-SAN JUAN DE DIOS

FIGURA No. 4.

Características Técnicas

Dimensiones	21.20 m. X 21.20 m
Elevaciones del fondo del desarenador	1468.35 m s.n.m.
Elevación del cimacio de descarga	1469.55 m s.n.m.
Elevación máxima del agua	1469.90 m s.n.m.
Elevación del piso de operación	1471.50 m s.n.m.

I.6.4.- TANQUE REGULADOR.

El tanque regulador es una estructura formada por un embalse artificial mediante la excavación del piso y bordos perimetrales que permiten el cierre del mismo con nivel máximo de operación a la elevación 1469.00 m.s.n.m. y corona a la elevación 1470 m.s.n.m., la altura máxima es de 14 m., desde el desplante hasta la corona, y esta excavado en roca de Riolita Fluidal Esferulítica y Riolita vitrea.

La capacidad del Tanque en su primera etapa de construcción es de 1,270,000 00 M³. y en la segunda etapa será de 2,070,000 00 M³, incluyendo la capacidad de azolves que es de 163,000 M³ para la primera y de 270,000 M³ para la segunda etapa, además la obra de toma se aloja en una de sus paredes de tipo horizontal compuesta con rejilla y con una capacidad de descarga de 105.20 M³/s

Funciona 5 horas en época de estiaje y hasta 8 horas en época de lluvias.

Tanque sedimentador

Con el objeto de evitar que los sólidos sedimentables se depositen en toda el área del tanque ocasionando un problema de limpieza periódica, el tanque de regulación esta dividido por medio de un muro en dos zonas, la mas pequeña de las cuales constituye el sedimentador, que es una estructura empleada para retener mas del 90% de los sólidos sedimentables que son arrastrados por el agua residual. El sedimentador tiene una zona con piso a la elevación

1459 m s.n.m. en el lado de la entrada del agua proveniente de los desarenadores y otra zona con piso a la elevación 1443 m s.n.m. que es donde se efectúa la toma de agua para la casa de máquinas y se comunica con el resto del tanque por medio de un vertedor de cresta libre que uniformiza el flujo a la elevación 1469 m s.n.m. y por seis vanos de 2.4 m. de ancho por 2.5 m. de alto localizados enfrente de la obra de toma, los cuales tienen el umbral a la elevación 1456 m s.n.m. que es la misma del piso del resto del tanque (figura 5)

ELEVACIONES DEL TANQUE

Elevación de Corona	1,470 m.s.n.m
Elevación N.A.M.O	1,469 m.s.n.m
Elevación N.A.M.I.N.O	1,458 m.s.n.m
Elevación de piso	1,456 m.s.n.m
Elevación del Umbral	1,443 m.s.n.m

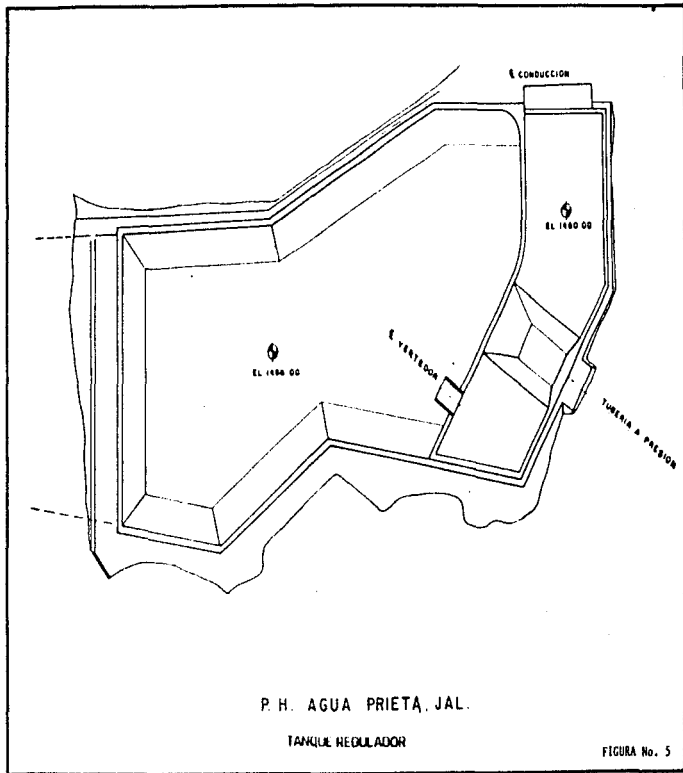
1.6.5.- CONDUCCIÓN A PRESIÓN

Esta estructura inicia en la obra de toma y esta formada por tres tramos de tubería, dos en túnel y otro exterior, además de cuatro ramales en zanja en el tramo final

La conducción es a presión para conducir el agua del Tanque Regulador a las unidades turbogeneradoras de Casa de Máquinas, y esta formada por cuatro tramos que son los siguientes:

1) .- El tramo del túnel 4 (un conducto), es revestido de concreto en 385 m. y con un empaque de concreto y camisa de acero en 135 m. con diámetro de 5 m. en ambos tipos y una longitud total de 520 m., incluyendo una carga estática máxima de 115 m. la formación geológica en que se aloja es riolita vítrea fluidal

OBRA DE TOMA



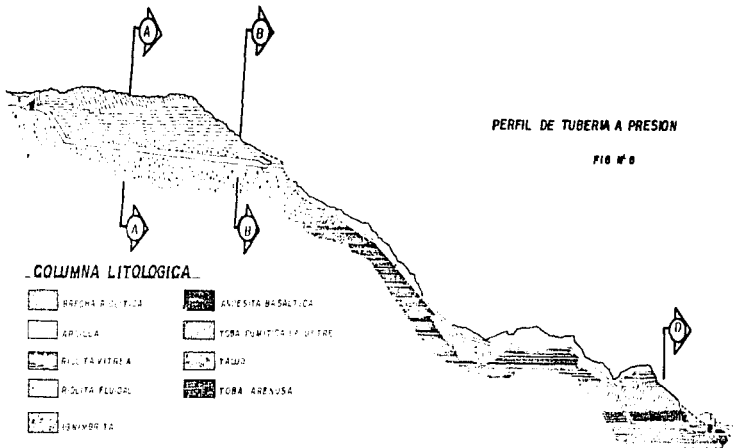
- 2) - A la salida del túnel 4 se colocó una válvula de seguridad y una bifurcación, donde se inicia el tramo de tubería exterior de fabricación telescópica en acero (dos conductos), uno en la primera etapa donde tiene un diámetro de 3.80 m. al inicio y termina en 3.20 m. con espesores de 2.54 a 5.8 cm de acero de alta resistencia (tipo A-131-AH-36) y con una longitud total de 874.00 m. y una carga estática máxima de 457.00 m.
- 3) - El tramo del túnel 5 (dos conductos), uno en la primera etapa, este tramo es en túnel con empaque de concreto y camisa de acero, con un diámetro interior de 3 m. y una longitud total de 204 m. y una carga estática máxima de 522.50 m. Las formaciones geológicas que atraviesa este último túnel son en el sentido del flujo, andesita basáltica y toba.
- 4) - El tramo final (cuatro ramales), dos en la primera etapa de tipo zanja, con empaque de concreto y camisa de acero con diámetro de 2.40 m se inician en las bifurcaciones que conectan a las válvulas esféricas con longitud variable para cada unidad generadora incluyendo, una carga estática máxima de 522.50 m. (figura 6).

1.6.6.- CASA DE MAQUINAS

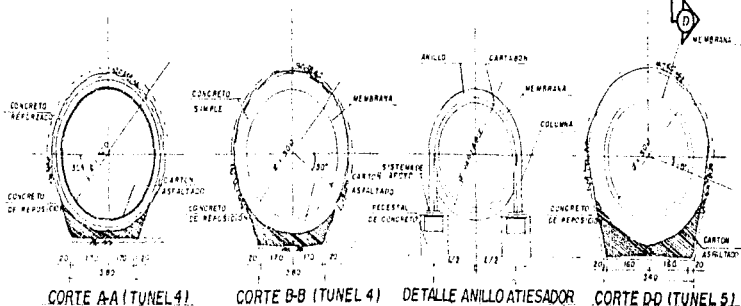
La Casa de Máquinas está localizada en la margen izquierda del Río Santiago y es de tipo exterior con dimensiones (ancho, largo y alto) de 20 x 75.50 x 31 m. se cimenta sobre una andesita basáltica donde se alojaron cuatro turbinas Pelton de seis chiflones, con una potencia de 120 M W c/u (dos en la primera etapa) y un gasto de diseño por unidad de 26 30 M³/s con una carga neta de diseño de 508 m que serán montadas con dos grúas viajeras con capacidad de 100 y 25 ton.

Estas turbinas se encuentran en una carcasa donde están conectadas a una flecha, y estas a la vez se conectan a dos generadores con capacidad nominal de 125 MVA c/u. y a una tensión de 16.50 KV, con 24 polos y un factor de potencia de 0.95 estos a la vez se conectan a los transformadores trifásicos de 85 MVA (3 en la primera etapa). (figura 7)





- COLUMNA LITOLOGICA

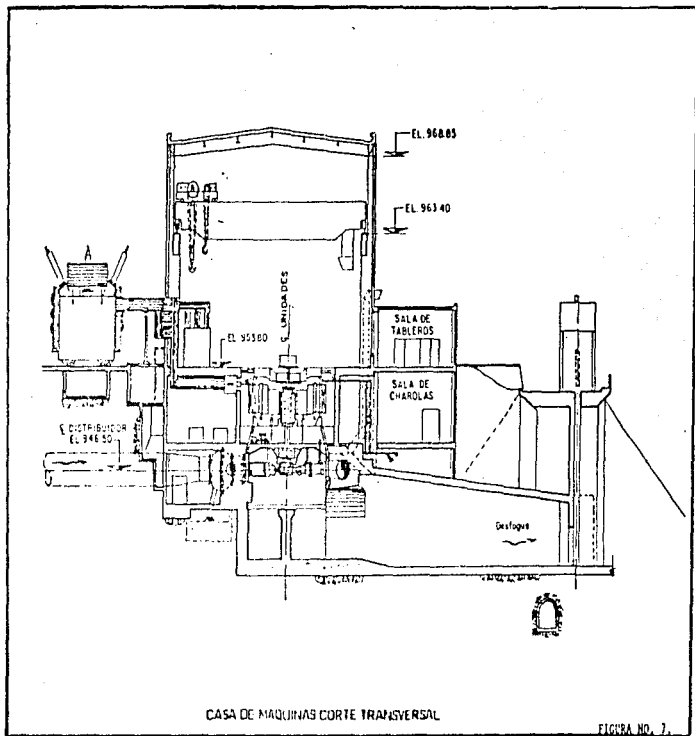


POTENCIA Y GENERACIÓN

Etapa	Primera	Segunda	Tercera
Año	1990	2000	2006
Potencia Instalada	240	360	480 MW
Factor de Planta	0.22	0.22	0.22
Generación Anual	Media 462.30	631.00	926.10 GWH

I.6.7.- DESCARGA

El agua turbinada se descargará por dos canales rectangulares que desembocan directamente a aguas abajo del Río Santiago. Para seguir su cauce natural, después de haberse utilizado para la generación de electricidad.



II. INGENIERÍA BÁSICA

A continuación se enuncian los principales estudios preliminares y de campo para el diseño de un sistema destinado al aprovechamiento de una corriente con fines hidroeléctricos.

II. 1.- ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

Estudios topográficos, son aquellos trabajos que tienen por objeto marcar linderos o localizarlos, medir y dividir superficies, ubicar terrenos en planos generales, ligando con levantamientos o construcciones anteriores.

Es de señalarse que la precisión que se tiene en los planos de topografía, editados por la Dirección de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL), no es la adecuada para obtener con precisión el desnivel que se pretende aprovechar para la generación de energía eléctrica, en los diferentes sitios que se tienen identificados en estos planos, por tanto se realizaron en el campo, el trazo y la nivelación de una poligonal de apoyo, que sirvió de base a los diferentes levantamientos topográficos. El trazo que se ejecutó en el campo, para fijar la poligonal de apoyo, se realizó mediante el levantamiento de una poligonal con cadenamientos a cada 20 m debidamente estacada.

La poligonal se trazo, midiendo con tránsito de 1' de aproximación, los ángulos formados por dos lados consecutivos de la poligonal, midiendo una vez el ángulo y repitiéndolo otra vez, para tener un valor doble de la primera medida. La diferencia entre la primera y la segunda repetición podrá diferir como máximo 1' que es la aproximación del aparato) aceptándose como valor final, el promedio de las dos medidas. Las distancias horizontales se midieron con cinta de acero de 20 m. de longitud, repitiéndose la medida en cada lado, en sentido inverso.

La diferencia en la distancia obtenida en cada una de las mediciones no excedió de 0.02 D/L en metros, siendo D la distancia medida y L la longitud de la cinta. Se efectuaron dos orientaciones astronómicas, sobre la poligonal, con objeto de controlar el acimut y los rumbos

de los lados, para calcular el cierre angular de la poligonal, ya que esta es parcialmente abierta. Las orientaciones se efectuaron por el método de distancias zenitales absolutas al sol.

La poligonal sale desde el cruce de la Avenida Patria con la carretera a Zacatecas, con una longitud aproximada de 22 Km., pasando por el fraccionamiento San Isidro y los Camachos, llega hasta el cruce con el río Santiago (Paso de Guadalupe), de ahí continúa la poligonal hacia aguas arriba del río Santiago por la margen izquierda, llegando hasta la Ex hacienda del Lazo, por donde sube hasta ligar con la misma poligonal, cerca de la entrada al Fraccionamiento San Isidro. La poligonal tiene un desarrollo de 33 Km.

En forma paralela de la poligonal de apoyo, se hicieron las ligas correspondientes de la nivelación, sobre la misma, fijando bancos de nivel a lo largo de la poligonal.

La poligonal se niveló, partiendo de un banco de nivel que esta frente a la Glorieta del Panteón Guadalupe, el cual fue establecido por la S.A.R.H.

Se obtuvieron las elevaciones de cada una de las estaciones a 20 m., y se establecieron nuevos bancos de nivel a distancias aproximadas de 1 Km., regresando a verificar el banco anterior. La tolerancia que se fijo para la diferencia entre los dos desniveles obtenidos en la nivelación de ida y la de regreso, fue de 1 cm., por cada kilómetro de distancia, aceptándose como desnivel correcto, para establecer la cota del banco siguiente, el promedio de los desniveles obtenidos en la nivelación en cada sentido.

II. 2.- ESTUDIOS GEOLÓGICOS

Simultáneamente a la realización de los levantamientos topográficos, deben iniciarse los estudios geológicos. El encargado de estos estudios debe contar con mapas de geología estructural de la región y ha de verificar, si existen condiciones que no concuerdan con los lineamientos generales, mediante fotografías aéreas, planos topográficos y el reconocimiento terrestre del sitio en estudio. En esta fase preliminar es necesario identificar las formaciones, localizar fallas, sistemas de fracturamiento, planos de contacto, plegamientos, etc.

Los estudios referentes a los aspectos geológicos del P. H. Agua Prieta, fueron desarrollados por la Comisión Federal de Electricidad, a través del personal adscrito al área de geología y minería, que depende de la Subgerencia de Ingeniería Civil y Geotecnia de la Gerencia General de estudios de Ingeniería Preliminar

A continuación se describen los aspectos más relevantes de dicho estudio

El área de estudio se localiza en la provincia fisiográfica del eje neovolcánico, la cual tiene una altitud promedio de 2200 m y se caracteriza por la presencia de llanuras, tomeros y gran cantidad de volcanes, muchos de los cuales se elevan sobre cuencas rellenas de cenizas

En el tanque de regulación se presentan dos tipos de roca que a continuación se mencionaran y son: Riolita Vitrea de origen piroclástico, constituida por una mezcla de Riolita Vitrea que tiene concreciones esferulíticas y vidrio volcánico negro (obsidiana) tanto de carácter fluidal, interestratificado con la riolita como en forma de fragmentos tamaño grava de origen piroclástico, empacadas en una matriz de color crema de arcillas

Esta formación es muy heterogénea, a veces su estructura es masiva y a veces es estratificada. En algunas zonas se observan efectos de compresión que deforman la estructura hacia una estratificación vertical y fracturamiento de aplastamiento, identificándose algunas fracturas tectónicas en varias direcciones. La Riolita Vitrea es de dureza media y de origen volcánico

Riolita Fluidal.- Es una roca de color rosa en proceso de alteración por solidificación. Tiene estructura estratificada deformada por esfuerzos tectónicos de compresión

En el área del tanque se observa la persistencia de dos fracturas ortogonales, con direcciones N-S y E-W y están rellenas con suelos residuales en espesores variables entre 10 cm y 15 cm., con estas características la estructura de la roca es tabular y de cubos de pseudo estratificación inclinada, el espesor de los prismas o cubos es de unos 3 m., la calidad de esta roca mejora con la profundidad pues las fracturas están más cerradas y la alteración desilicificación (silice) es menor.

II. 3.- ESTUDIO HIDROLÓGICO

Los estudios hidrológicos tienen como objetivo cuantificar la capacidad de almacenamiento de los caudales necesaria para generar energía

Para Agua Prieta el estudio hidrológico tuvo como objetivo proponer los caudales actuales y futuros derivados de las descargas del sistema de alcantarillado que esta constituido en forma combinada de drenaje sanitario y aguas pluviales. Dentro de este estudio se hizo un análisis de las áreas de cuencas aledañas, de la variación de los caudales horaria diaria y mensual además de una estimación a caudales futuros basada en el crecimiento de la población.

Primeramente se estudiaron las diferentes cuencas de la zona con el objeto de identificar aquellas con el potencial hidráulico susceptible de aprovecharse.

Para cada una de las cuencas estudiadas se determino el gasto que presentara de aguas negras considerando el area, uso del suelo, tipo de zona y la densidad de población correspondiente, tomando como base la información contenida en el plan de desarrollo urbano de la ciudad de Guadalajara.

A continuación se presenta la información más importante recabada en el estudio de la hidrología urbana.

Área de aportación de aguas residuales	270.35 km ²
Gasto medio anual asignado	11.00 m ³ /s
Volumen medio anual asignado	346.896 x 10 ⁶ m ³ /s

GASTOS DE DISEÑO

De los estudios efectuados, se concluyo que las cuencas factibles para su aprovechamiento considerando únicamente su aportacion de aguas negras son solo cuatro: Atemajac, San Juan de Dios, Osorio y San Andrés.

Los gastos que se esperan aprovechar por cuenca artificial se presentan a continuación:

GASTO MEDIO ANUAL ESTIMADO EN LAS CAPTACIONES (AÑOS)

CUENCA	1986	1990	2000	2006
OSORIO		1.05	2.23	3.05
SAN ANDRÉS		1.86	2.23	2.46
SAN JUAN DE DIOS	5.65	6.39	6.39	6.39
ATEMAJAC	3.88	5.57	9.42	12.00
TOTAL (M ³)	9.53	14.89	20.27	24.03

Analizando la tabla anterior se puede observar que el gasto de saturación para la cuenca de San Juan De Dios, se presento hacia el año de 1990 ya que a la fecha, esta cuenca presenta un alto grado de desarrollo urbano y teóricamente esta por llegar a su nivel máximo de población.

La cuenca Atemajac continuara desarrollándose e incrementando gradualmente sus gastos de aportación de aguas residuales, estimando que alcanzara su población de saturación hacia el periodo 2005 - 2010, situación similar presentaran las cuencas de Osorio y San Andrés.

Los valores mostrados en la tabla anterior se obtuvieron con base en la población de saturación e interpolando en forma lineal para estimar los gastos de aguas residuales que se espera captar para el diseño hidráulico de la conducción Atemajac-Tanque Regulador.

II. 4.- ESTUDIOS PRELIMINARES A LA CIMENTACIÓN

La actividad previa a la colocación de los materiales que formaran una estructura hidráulica, ya sea esta de concreto o de materiales graduados, la constituye el tratamiento de la cimentación sobre la que se apoyara la estructura. La cimentación podrá estar formada por suelo o roca y en cada uno de estos casos el tratamiento de la misma podrá ser diferente, aunque el objetivo que se persigue será esencialmente el mismo, esto es, proporcionar una superficie adecuada para el desplante de la super estructura y mejorar, en caso de ser necesario, las propiedades mecánicas de la cimentación. Los trabajos superficiales tales como la limpia de material orgánico, suelto o alterado, hasta alcanzar los niveles donde los suelos o roca sean adecuados para el desplante y la rectificación de las laderas son actividades que se realizan sistemáticamente, independientemente de que sean requeridos trabajos adicionales.

OBJETIVOS DEL TRATAMIENTO

La variedad de suelos y rocas que se encuentran en las cimentaciones es muy grande aun dentro de la misma clasificación y origen de roca se presentan problemas diferentes debido a su grado de alteración y fracturamiento. Lo anterior, aunado a las alteraciones que sufren los materiales expuestos a diversas condiciones físicas y mecánicas, hacen que el problema de tratamiento de una cimentación requiera de análisis y consideraciones particulares para cada caso en especial. Debe tomarse en cuenta que toda presa que se construye descansa en formaciones geológicas estables antes de la construcción, pero que al realizar las excavaciones para alojar las estructuras y/o al iniciar el almacenamiento del agua en el vaso, la cimentación estará sujeta a un cambio en su estado original de esfuerzos y a los efectos de saturación. Estos factores podrán originar problemas en la estabilidad o comportamiento de la estructura, por lo que será necesario tomar las medidas necesarias para que, con un

adecuado tratamiento de la cimentación, dicha estructura sea segura al cambiar las condiciones originales del suelo - roca

De acuerdo con lo anterior y teniendo en cuenta las características físicas y mecánicas del material sobre el que se desplantara la estructura, se definen los objetivos para el tratamiento de la cimentación, que en general son

- Disminuir o controlar filtraciones
- Consolidar los suelos o rocas fracturadas
- Rellenar cavernas o cavidades
- Aumentar la resistencia y disminuir la deformabilidad de los suelos.

La ejecución de los trabajos en el tratamiento puede consistir simplemente en la eliminación de la capa vegetal, la roca alterada por intemperismo, el material de derrumbe y los suelos blandos no aptos para el desplante. En otros casos, será necesario descubrir la roca, remover los bloques sueltos, limpiar grietas y rellenarlas con mortero o inyectar la parte superior de la formación

En el caso de suelos débiles o poco resistentes podrá ser necesario mejorar sus propiedades mecánicas mediante inyecciones agua-cemento, y en suelos aluviales, cuando el gasto a través de ellos excede al permisible o su espesor tiene una magnitud tal que económicamente no es conveniente su remoción, se formara una pantalla que reduzca a límites aceptables el flujo de agua a través de ellos.

Con el fin de disminuir la posibilidad de que ocurran asentimientos diferenciales en la cortina, ciertas boquillas requieren la modificación de las pendientes en sus laderas, si estas presentaran divergencias hacia aguas abajo se ejecutaran excavaciones en ellas, con el fin de evitar condiciones adversas en contacto del núcleo impermeable.

Limpia superficial La remoción de la vegetación, suelo orgánico y depósitos de talud que sobreyacen a una superficie apta para el desplante de las estructuras, es indispensable en todo sitio de la presa. La limpia se realiza con tractor o excavadoras y se completara en las zonas del corazón y filtros, con un trabajo de detalle hecho con pico o martillo neumático, posteriormente, deberá limpiarse la superficie expuesta, mediante el uso de

agua y aire a presión . Lo que permite localizar con mayor facilidad las fisuras, grietas y juntas de menor importancia para su debido tratamiento.

Al terminar los trabajos de limpieza y tener descubierta la roca se procede al tratamiento de las grietas u oquedades importantes y a la remoción de aquellos materiales débiles, inestables o permeables tales como arcillas, arenas y gravas que constituyen su relleno con objeto de sustituirlo con concreto simple, en caso necesario, en cada una de las grietas u oquedades deberá efectuarse un inyectado de mezclas de agua-cemento-bentonita-arena en el contacto entre concreto y la roca de cimentación.

En los casos de sistemas de fracturas de menor importancia, se debe intentar sellarlas mediante el uso de un mortero de cemento-arena. La relación agua-sólidos de estas mezclas podrá variar de acuerdo con la abertura de las fracturas por tratar. En caso de encontrar superficies muy agrietadas o roca con alta susceptibilidad a la intemperización, podrá ser necesario recubrirlas con mortero o con una losa de concreto hidráulico.

El objetivo de este tratamiento, es evitar concentraciones de flujo de agua a través de las grietas y por la superficie de contacto entre la roca y el material impermeable, así como de evitar la alteración progresiva de la roca de desplante, para que, de esta manera se asegure que el material impermeable quede en contacto directo con roca sana, y desplantar las estructuras necesarias para dicha presa.

II. 5.- ESTUDIOS DE CALIDAD DEL AGUA.

Las aguas residuales pueden ser tratadas para obtener diferentes niveles de calidad de acuerdo con el reuso a que se destinen, siendo posibles los tratamientos del tipo físico, químico o biológico. Para lograr la calidad de agua requerida por el proyecto se considero que solo con un tratamiento físico o primario seria suficiente

Con el fin de plantear un sistema eficiente se hizo imprescindible realizar estudios especiales que en un proyecto hidroeléctrico convencional no son usuales tales como los que se mencionan

- Estudios físico - químicos
- Aforos de sólidos flotantes.
- Aforos de sólidos sedimentables

A continuación se mencionan brevemente las características mas sobresalientes.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Dentro de esta destaca el contenido total de sólidos que esta integrado por materia flotante (basura), materia en suspensión y sólidos sedimentables

La materia flotante es la que proviene principalmente de los desperdicios domésticos e industriales, representando un problema para las captaciones y obra de toma de la conducción a presión a casa de maquinas

Los sólidos sedimentables representan en forma aproximada la cantidad de lodo que se formara durante el proceso de sedimentación y estos se diferencian de las arenas porque su diámetro es menor a 200 micras.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

La importancia de estas es la cantidad de materia orgánica y la posible formación de gases como: ácido sulfhídrico (H_2S), bióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), etc., este último aspecto resulta de interés particular sobre todo en las conducciones de gran longitud ya que bajo ciertas condiciones de funcionamiento puede llegar a provocar reacciones con el material de revestimiento de los conductos en los cuales se genera.

Los análisis de estas aguas aparecen en la tabla No 1 de lo que es importante hacer unos comentarios de los puntos más desfavorables de contaminación de estas aguas que son los siguientes

A) -Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).- La DBO tiene valores promedio de 200 mg./l y para este caso el valor es del orden de 800 mg./l La DBO constituye el principal criterio utilizado en el control de la contaminación de las corrientes, donde la carga orgánica debe ser restringida para mantener los niveles de oxígeno disuelto deseado

B).-Sólidos suspendidos totales (SST).- El valor promedio es de 200 mg/l y para este caso es del orden de 500 mg/l. Los sólidos suspendidos totales tienen influencia en las conducciones debido al problema que presentan en el caso de que se sedimenten ocasionando azolves, obstrucciones, condiciones ambientales desfavorables y en general un mal funcionamiento hidráulico. En equipos electromecánicos pueden originar obstrucciones y disminuir la vida útil de los equipos.

C).-Oxígeno disuelto (OD).- La ausencia de oxígeno en aguas residuales, determina condiciones sépticas o desarrollos anaerobios, dando origen a la formación de gases como el ácido sulfhídrico y el metano. El primero de ellos origina problemas de corrosión en los equipos y condiciones ambientales inadecuados, el segundo puede ser explosivo en contacto con el aire.

D).- Sólidos suspendidos fijos (SSF).- Para este caso los sólidos suspendidos fijos tienen valores del orden de 300 mg/l por lo que estas aguas tienen un carácter potencial de erosión.

Debido a que se utilizaron aguas residuales para mover las turbogeneradores se decidió seleccionar el tipo de turbina que era la más adecuada para utilizarse tomando en cuenta, el mantenimiento y reparación resuelto que:

- A).- Manejando agua sin arena - libre de sólidos y químicamente no corrosiva implica la utilización de turbinas tipo Francis.
- B).- Manejando agua con arena - Con sólidos y químicamente corrosiva implica la utilización de turbinas Pelton

Los problemas que originan el manejo de agua residual en el proyecto hacen necesario un conocimiento amplio tanto en las características físico químicas y biológicas como de su comportamiento en el proceso que van a tener en toda la residencia dentro del proyecto.

ANEXO I

PUNTO DE MUESTREO PARAMETRO	ARROYO ATEMAJAC	RIO SAN JUAN DE DIOS	ARROYO SAN ANDRES
Temperatura, °C	24	21	24
PH	7.76	7.35	7.3
Sólidos Sedim., mg/l	1.80	2.50	1.5
Alcalinidad, mg/l	311.05	387.8	506.8
Acidez, mg/l	140.0	0.00	0.00
Dureza total, ppm.	1,440.0	310.00	230.00
Dureza Calcio, ppm	42.6	143.00	62.3
Dureza Magnesio, ppm	101.30	156.00	167.6
O.D., mg/l Db	3.4	3.6	3.25
D.B.O., mg/l	833.3	843.00	933.00
D.Q.O., mg/l	1,222.2	1,263.0	1,336.6
Nitrógeno total, mg/l	10.6	8.3	7.6
Fosfatos, mg/l	2.06	4.40	0.53
S.A.A.M. (Deterg.)mg/l	0.7	0.6	0.86
NMP de Bacilo Coli, n/l	287.000	343.000	110.000
Color			

Valores promedio de la caracterización de aguas residuales de la Zona Metropolitana de Guadalajara

PUNTO DE MUESTREO PARAMETRO	ARROYO ATEMAJAC	RÍO SAN JUAN DE DIOS	ARROYO SAN ANDRÉS
Temperatura, °C	24	21	24
Tono	Verde	Verde - Amarillo	Verde - Amarillo
Pureza	20	20	20
Luminosidad	88.56	88.2	82.5
Long. Onda, Mu	522.6	534	560.6
Grasas y Aceites, mg/l	82.3	299	736.6
Material flotante, mg/l	0.0	0.0	0.0
STT, mg/l	1,466.3	1234.0	974.6
STV, mg/l	394.3	335.0	310.6
SSV, mg/l	207.3	186.0	180.0
SST, mg/l	599.6	515.0	441.3
STF, mg/l	1,134.0	1,030	683.0
SSF, mg/l	361.5	345.0	293.0
SDT, ppm	532.5	790.0	695.0
Silice, mg/l	55.0	52.0	55.0

CAPITULO III

PLANEACIÓN DE LA OBRA

Este capítulo versa sobre la planeación que es necesario efectuar antes de comenzar con el procedimiento constructivo, de manera que podamos determinar el tiempo de trabajo más adecuado para cada actividad.

Efectuando estudios preliminares de un proyecto facilita la conclusión de este, llevándose a cabo así una buena planeación y consecuentemente el éxito del trabajo. La creatividad y la imaginación del ingeniero, son atributos principales en la fase preliminar del proyecto, también es esencial entender los procedimientos de construcción para asegurarse de que las alternativas propuestas, puedan realizarse satisfactoriamente y a un costo previsible.

Los estudios preliminares pueden ser

A) Identificación del tipo de obra - Como toda actividad por realizar requiere conocimiento preciso y claro de lo que se va a construir (presas, caminos, puentes, etc.) de su finalidad, viabilidad, elementos disponibles, capacidad técnica y financiera, etc.

B) Localización de la obra - Es importante conocer el lugar de la obra ya que estas pueden ser ejecutadas de manera diferente según el lugar donde estén situadas y pueden ser en zonas urbanas, rurales y metropolitanas.

Por lo tanto los problemas a resolver no serán los mismos en montaña que en llano, zona marítima o subterránea. Además las diferentes regiones tienen diferentes posibilidades de transporte, mano de obra, energía disponible, materiales, etc.

Por lo que es recomendable desplazarse al lugar para reconocer las condiciones del mismo (malezas, árboles, ruinas existentes, fallas del terreno, bancos de material, etc.) y recoger las restantes informaciones que podrían tener una sensible incidencia en el desarrollo normal de los trabajos.

C) Características geológicas del subsuelo - Es la información necesaria para determinar la factibilidad y seguridad de la construcción de cualquier obra civil, y que a su vez contribuye a tener un estudio geotécnico que comprende fallas, fracturas, juntas, propiedades del

suelo, flujo de agua superficial y subterránea, así como el fenómeno de erosión y volúmenes de agregados, enrocamientos y arcillas

E) Características climatológicas - Es importante considerar el clima de la región ya que puede causar pérdidas en el rendimiento de la obra

III.1.- PLANEACIÓN A NIVEL OBRA

En virtud de la dificultad que representa para el que construye intervenir en la etapa de diseño, deberá de empezar por comprometerse en el proyecto analizando de una manera global, comprenderlo y proseguir con un estudio detallado del mismo para implementar la planeación de la obra en forma integral y bajo una misma política

Una vez que se ha comprendido perfectamente el proyecto, se procede a calcular los volúmenes de obra por ejecutar en base a los planos y el catálogo de conceptos

El siguiente paso es la programación de actividades o de trabajo el cual viene siendo una representación gráfica de los conceptos más significativos ordenados lógicamente y cronológicamente, donde aparecen tiempos de ejecución, cantidades de obra, programación de la mano de obra, lista de equipo a utilizar y cambios de dirección de la obra si es necesario. Este desglose debe de ser el adecuado, sin ser excesivo, teniendo infinidad de actividades, como tampoco reducido, agrupando trabajos en un pequeño número de actividades, incluso cuando las obras son demasiado grandes, es deseable dividir el proyecto en varias etapas de construcción, las cuales pueden hacerse independientes o en conjunto.

III.2.- PROGRAMA DE OBRA Y RUTA CRITICA

El programa de obra del Tanque Regulador, esta formulado por el método de la ruta crítica y de barras, además esta basado en el plazo estipulado en las especificaciones del concurso, para la ejecución y terminación de la obra.

El programa de obra del tanque regulador del proyecto Hidroeléctrico Agua Prieta, se llevo a cabo en cinco frentes de ataque que fueron los siguientes: el primero consiste en ejecutar

las excavaciones y rellenos, el segundo las terracerías en los bordos perimetrales del tanque, el tercero los concretos en el tanque sedimentador y obra de toma, el cuarto los revestimientos del piso del tanque y el quinto el tratamiento de roca en los taludes, que consiste en poner el concreto lanzado e inyecciones

A continuación se describen las actividades de obra más importantes con las que cuenta el programa

1. - Movilización del equipo, la movilización del equipo se llevo a cabo en el mes de Abril de 1988, ya que fue indispensable para la iniciación de los trabajos
2. - Excavaciones, las excavaciones se efectuaron a partir del mes de Abril de 1988 para ser terminadas en el mes de Agosto de 1989, las cuales tienen por objeto despallar el terreno natural y conformar la geometría del tanque regulador, con cortes máximos de 30 m., incluyendo el pre corte perimetral.
3. - Trazo y seccionamiento, el trazo y el seccionamiento se efectuó en el mes de Abril de 1988, cuyo objeto fue limitar y seccionar el área de excavaciones del tanque, así como las demás estructuras del proyecto.
4. - Rellenos, los rellenos se iniciaron en el mes de Abril de 1988, y finalizaron en el mes de Julio del mismo año. Esta actividad consistió en rellenar las zonas accidentadas del terreno natural, con material producto de las excavaciones hasta dejarlas al nivel del piso de desplante del bordo.

El segundo frente de ataque lo constituye el bordo perimetral, el cual consiste en lo siguiente:

5 - Bordo de contención, el bordo de contención perimetral se inicia paralelamente a las últimas excavaciones, cuya actividad fue prevista para desarrollarse en el periodo de Enero a Octubre de 1989, y tiene como objeto formar todo el perímetro del tanque con la colocación de las terracerías, producto de las excavaciones hasta alcanzar una altura de 15 m., con los diferentes tipos de materiales graduados

El tercer frente lo constituyen los concretos en el muro sedimentador, muro de liga y la obra de toma.

6.- Los concretos que se utilizaron en el muro sedimentador, muro de liga y los de la obra de toma se programaron para el mes de Enero al mes de Agosto de 1989. Los concretos de los

muros del sedimentador están constituidos por estructuras de sección gravedad y serán concretos masivos al igual que el muro de liga, esta construcción marcó el ritmo de colocación de las terracerías del bordo, por lo que, deberá de ir adelante para después ir haciendo las ligas correspondientes. El concreto de la obra de toma, se divide en lo que llevara la estructura de la torre de toma, en el conducto y al final de la estructura disipadora, esta obra deberá estar terminada antes de que se inicien las terracerías en la margen derecha, para ligarla con el muro de liga y poder cubrirlo sin que origine interrupción y retraso para su ejecución.

El cuarto frente lo constituye el revestimiento del piso del tanque.

7.- El revestimiento del piso del tanque tiene como objeto, la obtención y colocación de los materiales, formados por una mezcla de arcilla, gravas y arenas para obtener un piso impermeable, esto se proyecta ejecutarse en el lapso del mes de Julio al mes de Octubre de 1989.

El quinto frente lo constituyen el tratamiento de roca en taludes y las inyecciones de contacto concreto-roca.

8.- El tratamiento de la roca, se utilizara para reforzar taludes con el concreto lanzado y darle resistencia a la roca contra los esfuerzos estructurales y evitar los posibles desprendimientos de caídos, empleando malla de alambres colocada con anclas de acero, de tal manera que esta quede aprisionada y replegada a la roca. Este concreto lanzado estuvo programado para el mes de Enero al mes de Agosto de 1989.

9.- Limpia final, como su nombre lo indica, esta actividad es el desarrollo definitivo del trabajo de limpieza para dejar en condiciones de perfecta apariencia la obra terminada, esta actividad se ejecuto a partir del ultimo mes del programa y será en Octubre de 1989.

Después de haber descrito las actividades más importantes de la obra, es necesario continuar con un orden de secuencia de actividades que hagan posible su realización de una manera adecuada y económica, de manera que estas sean ejecutadas en forma correcta y a su debido tiempo, para optimizar costos y la utilización del equipo de construcción y el de personal. A continuación, se presenta la secuencia de actividades del Tanque Regulador de Agua Prieta, para la ejecución de la ruta crítica o programa general de actividades y el

programa de obra que están basados en el plazo estipulado por la Comisión Federal de Electricidad, para la ejecución y terminación de la obra en cuestión.

III.3.- PROGRAMA DE UTILIZACIÓN DE MANO DE OBRA

El número de trabajadores necesarios para la obra, se determinan estimando el número que se requiere para cada actividad del programa de Trabajo

Si los obreros están consolidados por clasificación para toda la obra, será posible determinar el número estimado de obreros para cada clasificación y para cada período de tiempo durante la Construcción de la Obra, esta información se utiliza como base para contratar por adelantado a los obreros necesarios

Para tener un programa eficiente de mano de obra se ordenara en forma tal, que aquellos trabajos que necesitan el mismo tipo de operarios se ejecuten en secuencia, en vez de hacerlo simultáneamente y se utilizaría así el tiempo libre de cada uno de los trabajos para desplazarlos y para hacer los arreglos convenientes al programa si es necesario.

En seguida se presenta el programa de utilización de mano de obra que se utilizo en el Proyecto del Tanque Regulador de Agua Prieta para la realización de todos los frentes de trabajo. Cabe mencionar que este programa es preliminar, ya que es casi imposible prever con precisión, cual será el nivel de mano de obra en un momento dado, ya que no siempre se encuentra el personal necesario para su contratación para este tipo de obra.

PROYECTO HIDROELÉCTRICO "AGUA PRIETA", JALISCO

**PROGRAMA DE ACTIVIDADES DE OBRA PARA
EL TANQUE DE REGULACIÓN.**

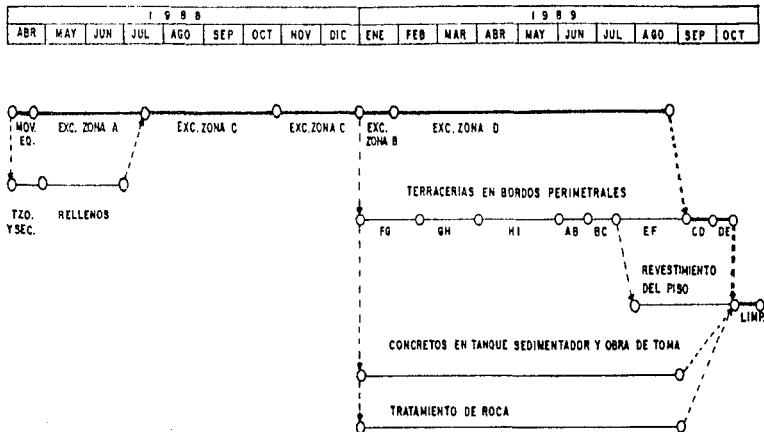
ACTIVIDAD	SECUENCIA	DURACION
1. - MOVILIZACION DE EQUIPO	2	11
2.- EXC TANQUE ELEV 1485-1470 (Z A)	7	83
3.- FICTICIA	4	--
4.- TRAZO Y SECCIONAMIENTO	5	26
5.- RELLE PISO TANQUE ELEV 1455	6	61
6.- FICTICIA	7	--
7.- EXC TANQUE ELEV 1470-1455 (Z C)	8	114
8.- EXC TANQUE ELEV 1470-1455 AL 70%	9 Y 10	63
9.- FICTICIA	13 Y 14	--
10.-EXC TANQUE ELEV 1470-1455 Z. BAL.30ºa	11	27
11.-EXC TANQUE ELEV 1470-1455 (Z D)	12	207
12.-FICTICIA	21	--
13.-FICTICIA	25 Y 26	--
14.-BORDO TRAMO EG SECC "AA" (I)	15	45
15.-BORDO TRAMO GA SECC "AA" (I)	16	44
16.-BORDO TRAMO HI SECC "AA" (I)	17	63
17.-BORDO TRAMO FG SECC "BB" (ENC)	18	16
18.-BORDO TRAMO EG SECC "BB" (ENC)	19 Y 20	23
19.-FICTICIA	24	--
20.-BORDO TRAMO EF SECC "CC" (COMUN)	21	58
21.-BORDO TRAMO DE SECC "BB"	22	26
22.-BORDO TRAMO DE SECC "BB"	23	24
23.-FICTICIA	30	--
24.-REVESTIMIENTO PISO DEL TANQUE	30	100
25.-FICTICIA	28	--
26.-CONCRETOS TANQUE SEDIMENT Y O. T.	27	273
27.-FICTICIA	30	--
28.-MALLA, CONC LANZ Y ANC EN TALUD	29	273
29.-FICTICIA	30	--
30.-FICTICIA	31	--
31.-LIMPIEZA	--	8

P.H. AGUA PRIETA, JAL.

TANQUE DE REGULACION

PROGRAMA GENERAL DE ACTIVIDADES

DURACION 570 DIAS



PROYECTO HIDROELÉCTRICO DE AGUA PRIETA JAL.

PROGRAMA DE OBRA

ACTIVIDADES	1		9		8		8		1		9		8		9								
	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Movilización de Equipo																							
Excavación Tanque Zona A																							
Trazo y Seccionamiento																							
Relleno piso del Tanque																							
Excavación Tanque Zona C																							
Excavación Tanque Zona B																							
Excavación Tanque Zona B																							
Excavación Tanque Zona D																							
Terracerías en el bordo Perimetral																							
Tramo FG Secc. AA																							
Tramo GH Secc. AA																							
Tramo HI Secc. AA																							
Tramo AB Secc. BB																							
Tramo BC Secc. BB																							
Tramo EF Secc. CC																							
Tramo CD Secc. BB																							
Tramo DE Secc. BB																							
Pevestimiento piso del Tanque																							
Concretos																							
Tratamiento de Roca																							
Limpieza y Entrega																							

PROYECTO HIDROELÉCTRICO DE "AGUA PRIETA"

TANQUE REGULADOR

PROGRAMA DE MANO DE OBRA

AREA DE TRABAJO	CATEGORIA	AÑO																							
		1				9				8				8											
		MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO			
SEMANA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
VARIAS	PERFORISTA	--	--	--	--	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	16	16
VARIAS	AYUDANTE	--	--	--	--	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	41	41
VARIAS	OP. EQ. MENOR	--	--	--	--	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	9	9
VARIAS	CABO	--	--	--	--	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4
VARIAS	POBLADOR	--	--	--	--	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
VARIAS	OP. EQ. MAYOR	--	--	--	--	15	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
VARIAS	CHOFER	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
VARIAS	ALBANIL	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4	4
VARIAS	FERRERO	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	5	5	5	5	5	5

PROYECTO HIDROELÉCTRICO DE "AGUA PRIETA"

TANQUE REGULADOR

PROGRAMA DE MANO DE OBRA

AREA DE TRABAJO	CATEGORIA	AÑO		1									9					8				8		
		MES	SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE												
			SEMANA	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43		
VARIAS	PERFORISTA		16	19	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16			
VARIAS	AYUDANTE		41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	32	32	32	32	32	32	32	32			
VARIAS	OP. EQ. MENOR		9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
VARIAS	CABO		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
VARIAS	POBLADOR		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
VARIAS	OP. EQ. MAYOR		19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	8	8	8	8	8	8	8	8	8			
VARIAS	CHOFER		--	--	--	--	--	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
VARIAS	ALBAÑIL		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4			
VARIAS	FERRERO		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5			

PROYECTO HIDROELÉCTRICO DE "AGUA PRIETA"

TANQUE REGULADOR

PROGRAMA DE MANO DE OBRA

AREA DE TRABAJO	CATEGORIA	AÑO																							
		1						9						8						9					
		MES		ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNO		JUNO		JUNO		JUNO					
SEMANA		44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64			
VARIAS	PERFORISTA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
VARIAS	AYUDANTE	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69			
VARIAS	OP EQ MENCH	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
VARIAS	CABO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
VARIAS	POSICIONADOR	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--			
VARIAS	OP EQ MENCH	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9			
VARIAS	CHOFER	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
VARIAS	ALBAÑIL	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
VARIAS	PIERRERO	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51			

PROYECTO HIDROELÉCTRICO DE "AGUA PRIETA"

TANQUE REGULADOR

PROGRAMA DE MANO DE OBRA

AREA DE TRABAJO	CATEGORIA	ÁÑO	1				9				8				9		
		MES	JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE		
		SEMANA	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	77	78	79	80	81
VARIAS	PERFORISTA		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
VARIAS	AYUDANTE		69	69	69	69	70	70	70	70	71	71	71	71	71	71	71
VARIAS	OP. EQ. MENOR		3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5
VARIAS	CABO		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
VARIAS	POBLADOR		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
VARIAS	OP. EQ. MAYOR		9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
VARIAS	CHOFER		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
VARIAS	ALBAÑIL		2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3
VARIAS	FIERRERO		51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51

III.4.- LISTADO DE MAQUINARIA

En la mayoría de las obras de Construcción, es importante seleccionar adecuadamente el Equipo de Construcción, ya que algunas máquinas y equipo son utilizadas únicamente en trabajos propios de edificación, mientras que el resto de la maquinaria es empleada para el movimiento de tierras en grandes Obras de Construcción, tales como presas, carreteras, etc. y las podemos dividir en maquinaria ligera y pesada. Esto no implica que maquinaria ligera no pueda ser utilizada fuera de la ciudad, ya que el campo de aplicación de una máquina en especial, puede ser tan amplia, que no es posible restringirla únicamente para uno u otro Trabajo.

Cuando no exista el Equipo adecuado por circunstancias ajenas al Contratista, podrán manejarse otras alternativas para cumplir con el programa de trabajo.

Existen varias razones que impiden muchas veces el uso de la maquinaria y equipo más eficiente en la ejecución de los trabajos.

- A).- El alto costo de un momento a otro para comprar maquinaria.
- B).- Que la maquinaria se este utilizando en otra obra.
- C).- Que la obra no amerite su adquisición.

El listado de maquinaria y equipo que se anexa a continuación es el que se utilizó en el Proyecto del Tanque de Regulación de Agua Prieta y se elaboró en base a la experiencia de Trabajos realizados y al tipo de obra en cuestión, para obtener los mejores rendimientos y cumplir en el tiempo especificado en el programa de obra, para su terminación.

PROYECTO HIDROELÉCTRICO "AGUA PRIETA", JALISCO

III.4.1.- LISTA DE EQUIPO Y MAQUINARIA:

DESCRIPCIÓN DE LA MAQUINARIA	CAPACIDAD	POTENCIA
1.- BOMBA PARA AGUA	2" DIAM	--
2.- BOMBA PARA AGUA MOD 32 MK 331	4" DIAM	--
3.- BOMBA /CONCRETO MOD IIP 830	40 M ³	210 00 HP
4.- CAMIÓN F/CARRETERA MOD. R 35-B	35 TON	394.00 HP
5.- CAMIÓN PIPA FAMSA MOD 1317-52	10 M ³	131 00 HP
6.- CAMIÓN REDILAS FAMSA MOD 1317-52	10 TON	131 00 HP
7.- CAMIÓN REVOLVEDORA MOD 2575	6 M ³	350 00 HP
8.- CAMIÓN VOLTEO MOD 1317-52	6 M ³	131 00 HP
9.- CARGADOR FRONTAL CAT 988 B	7 YD ³	375 00 HP
10.- CARGADOR FRONTAL CAT 973	3.75 YD ³	300 00 HP
11.- CLASIFICADORA DE ARENA MOD 3x 8	--	210 00 HP
12.- COMPACTADOR VIBRATORIO 815 B	--	210 00 HP
13.- COMPACTADOR VIBRATORIO CA-25 D	--	127 00 HP
14.- COMPACTADOR VIBRATORIO CO-15	--	3 50 HP
15.- COMPRESOR MCA G D. SPQ-600	600 PCM	235 00 HP
16.- CONJUNTO AGI-MEZ MOD 1300	--	--
17.- CORTADORA DE VARILLA CORMEX	1 1/2"	--
18.- DOBLADORA DE VARILLA CORMEX	1 1/2"	--
19.- EQUIPO OXICORTE MCA SMITHS	--	--
20.- LANZADORA DE CONCRETO ALIVA 250	--	--
21.- MOTOCONFORMADORA 120 B CAT	--	125 00 HP
22.- PALA MECANICA 71-B	3 1/4 YD ³	250 00 HP
23.- PERFORADORA DE PIERNA EL 8354	--	--
24.- PERFORADORA MOD BBAS	--	--
25.- PLANTA DOSIFICADORA MOD 6070	30 M ³ /HR	160 00 HP
26.- PLANTA TRITURADORA MOD 3042-PP-VGF	--	205 00 HP
27.- RETROEXCAVADORA JUMBO 630 L	3/4 YD ³	100 00 HP
28.- TRACTOR MCA CAT MOD D6H	--	165 00 HP
29.- TRACTOR MCA CAT MOD D8L	--	300 00 HP
30.- TRACK-DRILL MCA G D ATD-3800 B	--	--
31.- VIBRADOR NEUMÁTICO SUPAIR-75	--	--

CAPITULO IV

IV.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

En la realización de toda obra civil, la construcción sigue inmediatamente al diseño y continua la operación y mantenimiento de la obra

La construcción es la realización de la obra combinando materiales, mano de obra y maquinaria con objeto de producir dicha obra, de tal manera que satisfaga las condiciones planteadas por el diseñador y el constructor, entre las que se cuenta con primordial importancia la seguridad y el buen funcionamiento

En este capítulo describiré las etapas de construcción del tanque regulador en base al programa de obra

IV.1.- INSTALACIONES PRELIMINARES

Son aquellas actividades que se efectúan inmediatamente al otorgamiento del contrato de la obra. Incluye la construcción del camino de acceso, las oficinas de campo, almacenes, talleres, polvorines, comedores y campamentos para el personal con sus servicios respectivos.

Estas actividades son necesarias para que pueda establecerse el personal especializado y así recibir y almacenar los materiales y equipo pesado que empezara a trabajar de inmediato para no retrasarse en el programa de obra

IV.2.- TRAZO Y SECCIONAMIENTO

Son los trabajos topográficos que tienen por objeto el trazo, nivelación y seccionamiento consistentes en trasladar las líneas y los niveles de los planos del contrato al terreno donde se construyó el tanque regulador por medio de marcas que generalmente son: Mojoneras para los trazos horizontales, Bancos de nive! para los trazos verticales. Estos

trazos se deben efectuar por medio de aparatos y accesorios topográficos como son: teodolitos o tránsitos, balizas, cintas, etc., para efectuar los trazos, y el nivel, estadal, etc., sirven para sacar los desniveles del terreno.

Este trabajo se hace colocando una serie de estacas que sirven de guía para trazar la sección requerida y marcar los cortes verticales normales al alineamiento horizontal que hay que hacer tal como lo marcan los planos de construcción, estos trabajos fueron realizados con una brigada de ingenieros topógrafos y sus respectivos auxiliares.

Esta actividad se realizó simultáneamente a las actividades preliminares para evitar retrasarse y comenzar inmediatamente con las excavaciones.

IV. 3.- EXCAVACIONES

Las actividades básicas necesarias que anteceden a todo trabajo de excavaciones son las siguientes:

Desmante.- El desmante consiste en eliminar la vegetación existente en las áreas de construcción y en las zonas de explotación de bancos. Las actividades que comprende el desmante es la tala de árboles y arbustos, limpia de maleza, hierba, desenraigo de troncos y quema del material producto de desmante.

El tipo de vegetación que se encontró en el área del Tanque Regulador se caracterizó por árboles de poca altura con diámetro reducido y por arbustos. Esta actividad se ejecuto por partes es decir, como se iba avanzando en las excavaciones, este trabajo se realizo con tractor D-8 con bulldozer equipado con cuchilla angulable que era utilizada para remover la maleza del terreno a excavar así, como también para ir abriendo caminos provisionales de acceso para la transportación de la maquinaria.

Despajame.- Consiste en excavar y retirar fuera de las secciones del proyecto, así como la de los bancos de materiales la capa de tierra vegetal con el fin de eliminar materiales orgánicos, dejando únicamente el material sano que será atacado a cielo abierto como lo indica el proyecto.

Para la ejecución de esta actividad se utilizó un tractor D-8 con bulldozer y su cuchilla angulable con el cual se obtuvieron buenos resultados para este tipo de trabajo. En los trabajos de la construcción del Tanque Regulador se ejecutaron dos tipos de excavación que a continuación mencionaré:

Excavación de suelo blando y roca - Para conformar la geometría del Tanque, con cortes hasta de 30 m, incluyendo el precorte perimetral

Los materiales por excavar se encontraban en una superficie inclinada de lomeríos los cuales se componían de tierra común que se localizaba en toda el área del Tanque con espesores que variaban de 0.25 a 2.50 m.

- **La Riolita Vitrea.** Que es una roca de origen piroclástico se localizó cubriendo el 50 % del área por excavar del Tanque sobre la margen izquierda. A esta roca se le asignó una velocidad sónica $V_p = 1500 \text{ m / seg}$ y el volumen cuantificado por excavar fue de $750,00 \text{ M}^3$
- **La Riolita Fluidal.** Que es una roca de color rosa silificada, se localizaba cubriendo el otro 50 % del área del Tanque sobre la margen derecha. A esta roca se le asignó una velocidad sónica $V_p = 2,750 \text{ m / seg}$ (la cual nos sirve para saber que dureza tiene la roca y así poder planear adecuadamente nuestro equipo de explotación para dichas rocas). El volumen que se cuantificó por excavar fue de $750,000 \text{ M}^3$.

El procedimiento de excavación para cada material se realizó de la siguiente manera:

Excavación de tierra común - Estas excavaciones se realizaron a cielo abierto en toda el área del Tanque, cuyo volumen fue de $10,000 \text{ M}^3$, con profundidades que variaban de 0.25 a 2.50 m, y fueron ejecutadas con tractores D-8 con equipo desgarrador y cuchilla angulable lo cual permitía aflojar el material hasta donde era posible o hasta encontrar roca sana, posteriormente un cargador frontal Cat-973 se dedicaba a cargar camiones de volteo de 6 M^3 , los cuales acarreaban el material a sitios de tiro de desperdicio y en algunas zonas de relleno.

IV. 3.1.- ACARREOS

Los acarreos de materiales son aquellos que consisten en transportar cualquier tipo de material hasta el sitio de tiro o colocación, pudiendo ser material de cortes, despalmes y de excavaciones.

Acarreo libre - Es el transporte de material, que se efectúa hasta una distancia dentro del primer kilómetro, medido a partir del lugar de extracción o de carga de cualquier tipo de material

Sobreacarreo - Es el transporte de materiales que se efectúa en una distancia en exceso de la del acarreo libre

IV. 3.2.- EXCAVACIÓN EN ROCA PARA LA FORMACIÓN DEL TANQUE.

La roca a excavar como ya se menciona anteriormente se trata de riolita vítrea y riolita fluidal por lo que hubo necesidad de utilizar explosivos a cielo abierto para excavar 1'500,000 M³ en total.

La explotación de roca se inició con el camino de acceso de apertura para llegar a las elevaciones 1470 y 1480 de la zona A y con este poder transitar el equipo de barrenación y formar la plantilla de barrenación, donde se abrieron 2 tajos de explotación, avanzando en dirección oriente y poniente

En la explotación se adaptó una plantilla de barrenación para extraer el 75% de material de rezaga de 3" a 10" el 25% para material de enrocamiento con tamaño mayor de 10" diámetro estos materiales son los que se utilizaron en el bordo perimetral del Tanque Regulador.

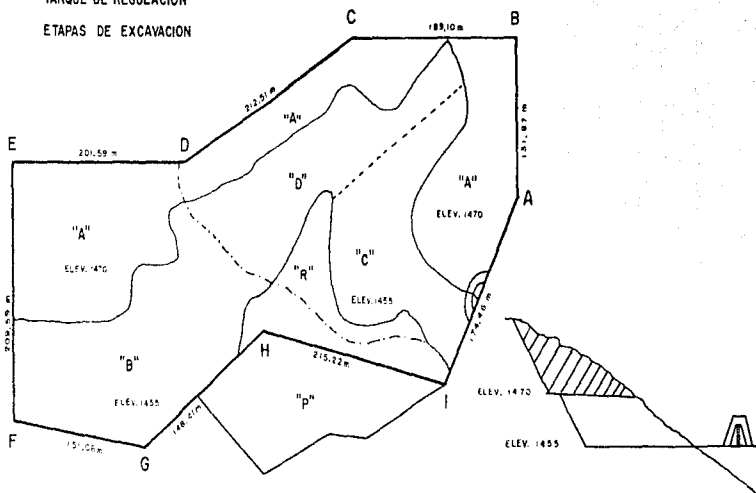
La excavación del tanque se dividió en cuatro zonas que fueron las siguientes

- **ZONA A.-** En esta zona se excavo arriba de la elevación 1470 con un volumen de 255,000 M³, el producto de esta etapa se utilizo en la zona de relleno de la plantilla de elevación 1455 (24,700 M³) y en la zona adjunta para formar la plataforma de trabajo e instalaciones de clasificación de material excavado.

P.H. AGUA PRIETA, JAL.

TANQUE DE REGULACION

ETAPAS DE EXCAVACION



ZONA "A" ELEV. 1455-1470 VOL. 255,000 m³

ZONA "B" ELEV. 1470-1455 VOL. 270,000 m³

ZONA "C" ELEV. 1470-1455 VOL. 350,000 m³

ZONA "D" ELEV. 1470-1455 VOL. 650,000 m³

ZONA "R" RELLENO PISO DEL TANQUE ELEV. 1455

ZONA "P" RELLENO DE PLATAFORMA ELEV. 1455

- **ZONA B.-** En esta zona se excavo la esquina S.E. (LADO FG) entre la elevación 1470 a 1455, con un volumen de 270,000 M³ de Riolita fluidal del producto de esta zona, se desperdiciaron 147,000 M³ (54%) y se aprovecharon 123,000 M³ (46%).
- **ZONA C.-** En esta zona se excavo la parte norte del tanque, en la zona de la obra de toma entre las elevaciones (1470 a 1455) con un volumen de 350,000 M³ de riolita vitrea. El producto de esta etapa se desperdicio totalmente por no ser aprovechable.
- **ZONA D -** En esta zona se excavo el resto del tanque que representa el 43% en el lado poniente entre las elevaciones 1470 y 1455 con un volumen de 650,000 M³, de esta zona se obtuvo la mayor parte de terracerias para construir el bordo perimetral del Tanque Regulador

Esta zona se componia de un 52% de riolita fluidal con un volumen de 340,000 M³ y 48% de riolita vitrea con un volumen de 310.000 M³

IV.3.3.-DETERMINACIÓN DE LA PLANTILLA DE BARRENACIÓN.

Cuando las características estructurales de la roca se han examinado, la planeacion del modelo de barrenación más adecuado para la excavacion, se puede iniciar

Existen muchas formulas teoricas y sofisticadas para calcular el Bordo y el Espaciamiento necesario para lograr los requerimientos que se desean, asi como tambien el calculo de las cargas por barreno necesaria etc

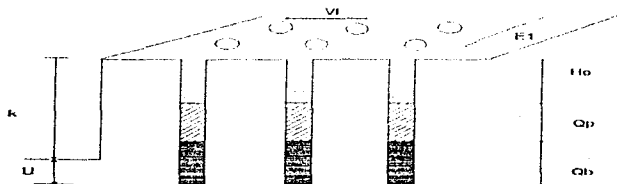
El camino más confiable es apoyandose en la experiencia y en los valores obtenidos por medio de formulas y por algunos ensayos de voladuras para establecer la informacion para obtener resultados exitosos

En la explotacion del Tanque fue necesario buscar la plantilla de barrenación que se ajustara para extraer el 70% del material de rezaga entre 3" y 10" y el 30% para material de enrocamiento con tamaño mayor de 10".

Por esta razon se propuso una altura maxima de banco de 7.5 m con brocas de 3" de diametro.

A continuación se presenta el calculo para determinar la plantilla de barrenación con las fórmulas de LANGERFORS que determinan las relaciones geométricas de las voladuras, como son:

DIAGRAMA DE BARRENACIÓN



E1 = Espaciamiento

K = Longitud de Barreno

V1 = Bordo

Ho = Retacado

Qp = Carga de Columna

Qb = Carga de fondo

U = Sobre perforación

1.- BORDO MÁXIMO

$V_{max} = 45 \times D.$

$V_{max} = 45 \times 76 \text{ mm} = 342 \text{ mm} = 3.42 \text{ m.}$

2.- SOBREPESFORACIÓN

$$U = 0.3 \times V_{\max}$$

$$U = 0.3 \times 3.42 \text{ m} = 1.03 \text{ m} = 1.00 \text{ m.}$$

3.- LONGITUD DE BARRENACIÓN

$$H = K + U + 0.05(K + U)$$

$$H = 7.5 \text{ m} + 1.00 \text{ m} + 0.05(7.5 \text{ m} + 1.00 \text{ m.}) = 8.5 \text{ m.} + 0.43 \text{ m.} = 8.93 \text{ m.}$$

4.- FACTOR DE PESFORACIÓN

$$F = 0.05 + (0.03 \times H)$$

$$F = 0.05 + (0.03 \times 8.93 \text{ m}) = 0.05 + 0.27 \text{ m.} = 0.32 \text{ m.}$$

5.- BORDO PRACTICO

$$V1 = V_{\max} - F$$

$$V1 = 3.42 \text{ m.} - 0.32 \text{ m} = 3.10 \text{ m.}$$

6.- ESPACIAMIENTO PRACTICO

$$E1 = 1.25 \times V1$$

$$E1 = 1.25 \times 3.10 \text{ m} = 3.88 \text{ m.}$$

7.- ALTURA DE CARGA REQUERIDA

$$Q_{br} = d^2 / 1000$$

$$Q_{br} = (76 \text{ mm})^2 / 1000 = 5,776 \text{ mm} / 1000 = 5.78 \text{ Kg/m.}$$

8.- ALTURA DE CARGA DE FONDO

$$H_b = 1.3 \times V_{\max}$$

$$H_b = 1.3 \times 3.42 \text{ m.} = 4.45 \text{ m.}$$

9.- CARGA DE FONDO

$$Q_b = H_b \times Q_{br}$$

$$Q_b = 4.45 \text{ m} \times 5.78 \text{ Kg/m} = 25.72 \text{ Kg.}$$

10.- CARGA DE COLUMNA REQUERIDA

$$Q_{pr} = 0.5 \times Q_{br}$$

$$Q_{pr} = 0.5 \times 5.78 \text{ Kg/m} = 2.89 \text{ Kg/m.}$$

11.- RETACADO

$$H_o = V_1$$

$$H_o = 3.10 \text{ m.}$$

12.- ALTURA DE CARGA DE COLUMNA

$$H_p = H - (H_b + H_o)$$

$$H_p = 8.93 \text{ m} - (4.45 \text{ m} + 3.10 \text{ m})$$

$$H_p = 8.93 \text{ m} - 7.55 \text{ m.} = 1.38 \text{ m.}$$

13.- CARGA DE COLUMNA

$$Q_p = H_p \times Q_{pr}$$

$$Q_p = 1.38 \text{ m} \times 2.89 \text{ Kg/m} = 3.99 \text{ kg.}$$

14.- CARGA TOTAL

$$Q_{tot} = Q_b + Q_p$$

$$Q_{tot} = 25.72 \text{ Kg} + 3.99 \text{ Kg} = 29.71 \text{ Kg.}$$

15.- CARGA ESPECÍFICA

$$q = Q_{tot} / (V_1 \times K \times E_1)$$

$$q = 29.71 \text{ Kg} / (3.10 \text{ m} \times 7.5 \text{ m} \times 3.88 \text{ m})$$

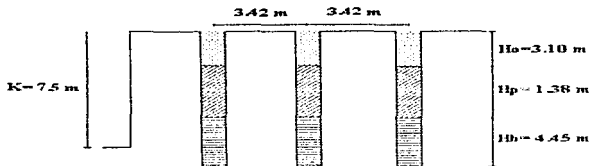
$$q = 29.71 \text{ Kg} / 90.21 \text{ M}^3 = 0.33 \text{ Kg/M}^3.$$

16.- BARRENACIÓN ESPECÍFICA

$$B = H / (V1 \times K \times E1)$$

$$B = 8.93 \text{ m} / (3.10\text{m} \times 7.5\text{m} \times 3.88\text{m})$$

$$B = 0.10 \text{ m/M}^3.$$



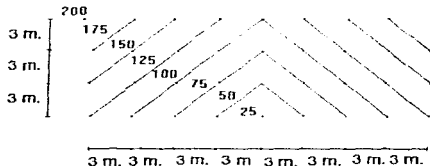
Los datos obtenidos con los cálculos de LANGEFORS sirvieron de base para obtener la carga específica, barrenación específica y carga total. Para tener una mejor fragmentación se considera la inclinación de los barrenos como un factor importante, ya que si se barrenan hoyos inclinados, la roca se rompe con mayor facilidad en la unión del fondo de la perforación y la línea de piso, esto quiere decir, que se puede volar un volumen mayor de roca con el mismo número de perforaciones inclinadas que verticales, este aumento es de un 10 a 15%.

El inclinar las perforaciones tiene también una ventaja en la parte superior de los barrenos ya que se reduce el riesgo de una sobre fractura de la roca que queda en el banco después de la tronada.

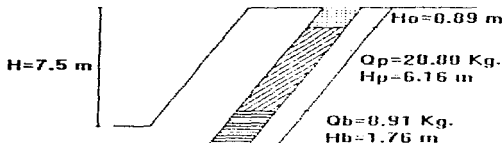
Una voladura realizada con barrenos muy próximos y de pequeño diámetro proporciona una mejor fragmentación que, si se utilizan barrenos de gran diámetro y con espaciamiento más amplio.

Por todo lo anterior y en base a la experiencia de la MEXICO, COMPAÑIA CONSTRUCTORA, S.A de C.V., en otros proyectos basados en la experiencia y los valores empíricos, que han sido recogidos a lo largo de años y que han proporcionado la base para el desarrollo de las relaciones y fórmulas para los cálculos de las cargas y de las plantillas de barrenación más adecuadas, se decidió por la siguiente plantilla tipo "V" que produce normalmente buena fragmentación y buena acumulación de escombro.

Barrenos de 3"
 Plantilla de 3 x 3 m.
 Volumen de Plantilla = 1980 M³
 Vol. = 11 x 24 x 7.5 m = 1980 M³
 Número de Barrenos = 36
 Altura de Banco = 7.5 m.
 Inclinación = 1:3
 Bordo (v) = 3 m.
 Espaciamiento = 3 m.



Considerando la inclinación de los barrenos 3.1 procedemos a calcular nuevamente los valores reales para la carga de los barrenos.



A).- LONGITUD DEL BARRENO

$$H = (1.055 K) + 0.3 V$$

$$H = (1.055 \times 7.5 \text{ m}) + 0.3(3.0 \text{ m})$$

$$H = 7.91 + 0.90 = 8.81 \text{ m.}$$

B).- BARRENACIÓN ESPECÍFICA

$$B = H / V \times K \times E$$

$$B = 8.81 \text{ m} / 3 \text{ m} \times 7.5 \text{ m} \times 3 \text{ m}$$

$$B = 8.81 \text{ m} / 67.50 \text{ M}^3 = 0.13 \text{ m/M}^3$$

C).- CARGA ESPECÍFICA O FACTOR DE CARGA

$$q = Q_{\text{tot}} / V \times K \times E$$

$$q = 29.71 \text{ Kg} / 3 \text{ m} \times 7.5 \text{ m} \times 3 \text{ m}$$

$$q = 0.44 \text{ Kg/M}^3$$

$$\underline{\text{VOLUMEN POR BARRENO}} = 3 \text{ m.} \times 3 \text{ m.} \times 7.5 \text{ m.} = 67.50 \text{ M}^3$$

D).- CARGA TOTAL

$$Q_{\text{tot}} = 67.50 \text{ M}^3 \times 0.44 \text{ Kg/M}^3 = 29.71 \text{ Kg}$$

E).- DISTRIBUCIÓN DE CARGA POR BARRENO

carga de fondo con 30%

carga de columna con 70%

$$\text{carga de fondo} = 0.30 \times 29.71 \text{ Kg} = 8.91 \text{ Kg}$$

$$\text{carga de columna} = 0.70 \times 29.71 \text{ Kg} = \underline{20.80 \text{ Kg}}$$

Suma 29.71 Kg/barreno

Área de barrenado de 3" de diámetro.

$$A = \pi r^2$$

$$A = 3.1416 \times (3.816 \text{ cm})^2 = 45.6 \text{ Cm}^2$$

$$\text{Volumen} = 4.56 \text{ Lt/m}$$

$$\text{anfomex} = 0.75 \text{ Kg/lit}$$

$$\text{emulsión} = 1.1 \text{ Kg/lit}$$

Calculando la relación de carga por barrenado tenemos:

F).- CARGA FONDO

$$Q_b = 8.91 \text{ Kg} / 1.1 \text{ Kg/lit} = 8.10 \text{ Lt.}$$

G).- CARGA DE COLUMNA

$$Q_p = 20.80 \text{ Kg} / 0.75 \text{ Kg/lit} = 27.73 \text{ Lt.}$$

H).- OBTENIENDO LAS ALTURAS CON LA RELACIÓN DE EXPLOSIVOS

ALTURA DE FONDO

$$H_b = 8.10 \text{ Lt} / 4.56 \text{ Lt/m} = 1.78$$

ALTURA DE COLUMNA

$$H_p = 27.73 \text{ Lt} / 4.56 \text{ Lt/m} = \underline{6.08 \text{ m}}$$

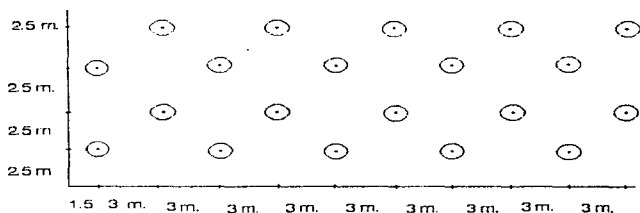
$$\text{Suma} \quad 7.85 \text{ m}$$

i).- RETACADO O TACO

$$H_o = 8.81 \text{ m} - 7.92 = 0.95 \text{ m}$$

Con los datos obtenidos anteriormente se puede ver claramente como quedan distribuidas las cargas a lo largo de cada barreno de la plantilla de barrenación que se utilizó en las excavaciones del tanque regulador.

También para la elaboración de los agregados se tuvo que explotar el banco de roca llamado "Arellano" por lo que se decidió tener una plantilla de barrenación rectangular para obtener voladuras en línea.



Plantilla rectangular	= 2.5 m x 3 m
Espaciamiento	= 3 m
Bordo	= 2.5 m
Volumen de la plantilla	= 10 m x 27 m x 7.5 m = 2025 M ³
No. de barrenos	= 38
Diámetro del barreno	= 3" (7.62 cm)
Carga por barreno	= 25.70 kg
Longitud del barreno	= 8.5 m
Altura de banco	= 7.5
Factor de carga	= 38 x 25.70 kg / 10 m x 27 m x 7.5 m = 0.482 Kg/M ³
Barrenación específica	= 38 x 8.5 m / 10 m x 27 m x 7.5 m = 0.16 m/M ³

IV. 3.4.- EXPLOSIVOS

Los explosivos son elementos que son capaces de producir rápidamente mucha energía, y que, convirtiendo esta potencia en trabajo se pueden realizar trabajos de fracturación súbita de macizas rocosos.

Para la carga de fondo del barreno se utiliza explosivo **GODYNE** del tipo Hidrogel (explosivo licuado) con un diámetro de 2" ,teniendo las características de ser sensible al fulminante y resistente al agua

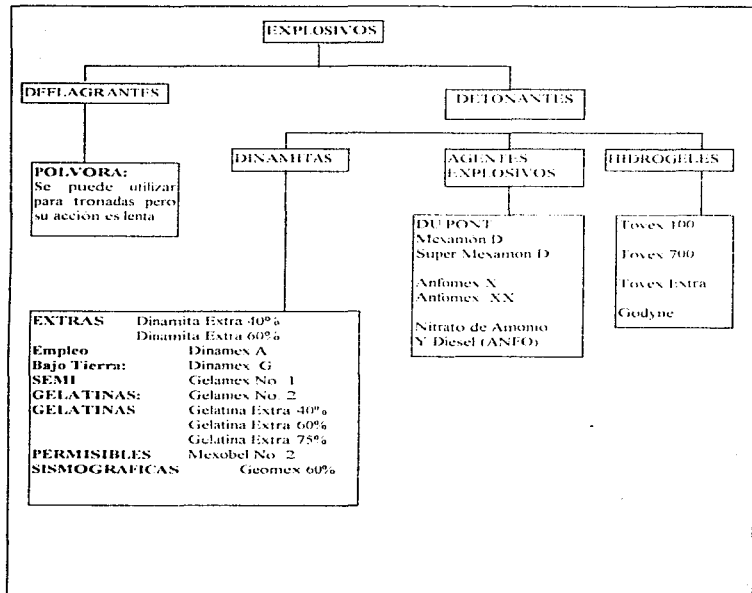
Como carga de columna se utilizo el **anfomex** que es un agente explosivo.

IV. 3.5.- EL CEBADO

Es la porción de la carga de explosivos que contiene el dispositivo detonante de disparo y sirve para iniciar la carga de explosivos o agentes explosivos, con los que esta en contacto

Todos los cebos deben cumplir con las siguientes especificaciones:

- 1).- Que el detonador no pueda separarse del cartucho explosivo.
- 2).- El detonador debe estar en la posición más segura y efectiva en el interior del cartucho explosivo.
- 3).- El detonador debe insertarse bien en el centro del cartucho y quedar tanto como sea posible, a lo largo del eje longitudinal del cartucho
- 4).- El cebo debe ser resistente al agua.
- 5).- En la tronada de las plantillas de barrenación se utilizó un cebo con cordón detonante y con estopines.



Las Dinamitas Extras producen muchos gases y es por eso que se utilizan a cielo abierto.

Explosivo	Potencia	Velocidad M/S	Resistencia al Agua	Gases Toxicos	Densidad Gr/Cm	Aplicaciones
EXTRAS Dinamita Extra 40% Dinamita Extra 60%	40 % 60 %	3100 3700	Regular Regular	Muchos Muchos	1.29	<ul style="list-style-type: none"> - Trabajos al aire libre - Roca Mediana Dureza - Bucho P' Moles - Resistencia Especial al Agua
BAJO TIERRA Dinamita A Dinamita G	50 % 25 %	3000 2700	Buena Ninguna	Muy pocos Pocos	1.23 1.03	<ul style="list-style-type: none"> - Trabajo Descapote - Terrenos Media Dureza - Para Carga de Columina - Para Material Suave - Para Smooth Blasting
SEMI GELATINAS Gelatina No. 1 Gelatina No. 2	60 % 45 %	4000 3900	Muy buena Buena	Muy Pocos Muy Pocos	1.28 1.16	<ul style="list-style-type: none"> - Excavaciones Subterranas - P' Materiales de Mediana a no excesiva Dureza - Gran Versatilidad
GELATINAS Gelatina Extra 40 % Gelatina Extra 60 % Gelatina Extra 75 % Focul	40 % 60 % 75 % 75 %	4100 4700 5900 4900	Excelente Excelente Excelente Excelente	Muy Pocos Muy Pocos Muy Pocos Muy Pocos	1.57 1.44 1.39 1.60	<ul style="list-style-type: none"> - Apropriad P' Bajo Tierra o trabajos d. Superficie humeda - P' Mucha Humedad - Rocas muy Duras - Bajo cualquier tipo de Condiciones - P' Minus de Carbon
PERMISIBLES Maxsol No. 2	60 %	2700	Regular	Muy Pocos		- Para Minus de Carbon
SISMICA Geonex 60%	60 %	6000	Excelente	Muchos	1.47	<ul style="list-style-type: none"> - P' Exploracion Sismologica - Soporta Presiones Hidrostaticas. Inicials exposiciones en Agua
AGENTES EXPLOSIVOS Maxson Supermaxon D Anfolex X Anfolex XX Anfo	60 %	3800	No Toxic	Pocos	0.65 - 0.75	
HIDROCELLES Toxex 100 Toxex 700 Toxex Extra Gedex	40 % 60 %	3800-4100 4800 5800	Excelente Excelente Excelente	Muy Pocos Muy Pocos Pocos	1.10 1.20 1.35	<ul style="list-style-type: none"> Diam: 2" - 1 1/2" Diam: 1 1/2" Diam: 4" a 8" Requiere Detonex

IV. 3.6.- SISTEMA DE INICIACIÓN:

Para transmitir la iniciación a los explosivos, de las plantillas de barrenación se utiliza cordón detonante, siendo este, flexible, resistente al agua y con un núcleo de alto explosivo.

En las plantillas de barrenación del tanque, se utilizaron dos tipos de cordón detonante existentes en el mercado: El reforzado (primacord). Que contiene alrededor de 50 granos de PETN/PIE y el económico (E-CORD) que tiene una concentración aproximada de 25 granos de PETN/PIE, ambos están contruidos con una funda interna de plástico y recubiertos con productos textiles y acabados impermeabilizantes en cera, y los tipos de amarre empleados para la iniciación fue En línea y en cuña.

Otro tipo de iniciación que se llevo a cabo fue la de utilizar estopines MS en cada uno de los barrenos, colocando los tiempos de tal forma que hiciera la detonación en cuña.

Con este tipo de detonación se obtuvo una mejor Granulometría, ya que el encendido se forma de abajo hacia arriba. A pesar de que se añaden en tramos de cable TW-20, resultando esta actividad con un menor costo que la de utilizar cordón detonante.

IV. 3.7.- BARRENACIÓN

La barrenación es una actividad en donde por medio de equipo neumático rotatorio, se perfora la superficie con un diámetro constante y a una profundidad máxima de 15 m.

Actualmente la tendencia de la barrenación es hacer las perforaciones inclinadas con el fin de evitar la pata de roca que queda cuando se hacen las perforaciones verticales, aun considerando la sobre perforación además de que la roca se rompe más fácilmente en la confluencia del fondo del agujero con el piso del banco.

La barrenación en el Tanque Regulador se llevo a cabo con las perforadoras TRACK-DRILL Modelo ATD 3800 B de GARDNER-DENVER, para el suministro de aire se utilizaron compresores portátiles Modelo SPQ-600 de Gardner-Denver con una capacidad de 600 P C M (16 99 M³/min) una presión de operación de 7.03 Kg/Cm²

El acero de barrenación que se utilizó, fue el de cuerda F1-38 por la eficaz rosca, comprobando prácticamente su durabilidad en comparativo con el acero rope. El mantenimiento de acero, se hacía con grasa multilitio con un porcentaje de grasa grafitada y se utilizó una afiladora para el mantenimiento de las brocas.

IV. 3.8.- SELECCIÓN DEL EQUIPO DE CARGA.

CARGA. La carga del material producto de la explotación se ejecuto con un cargador CAT.988-B, por las siguientes razones.

- a) .- Condiciones del terreno de carga (DURO-ABRASIVO)
- b) .- Capacidad de carga
- c) .- Radio de giro, facilidad de desplazamiento.
- d) .- Por la Granulometría del material a cargar.

Este cargador estaba equipado de cadenas para la protección de las llantas por calentamiento y cortaduras y su bote de carga fue super reforzado con dientes.

- **ACARREO.** El acarreo del material producto de la tronada, se realizo con camiones fuera de carretera Terex modelo R35-B, por lo siguiente capacidad y movimiento de grandes volúmenes de roca
- **REMOCIÓN.** La remoción del material se efectuó con tractor Caterpillar modelo D-8 equipado con ripper, hoja topadora de tipo recta, por las siguientes características: condiciones del terreno, capacidad de la hoja topadora y por la eficiencia que se obtiene para este tipo de trabajo.

IV. 3.9.- CÁLCULOS PARA LA SELECCIÓN DE EQUIPO.

RENDIMIENTOS

a) - Volumen por plantilla de barrenación

$$V_{pb} = 11 \text{ m} \times 24 \text{ m} \times 7,5 \text{ m} = 1980 \text{ M}^3$$

Volumen por día

$V_d = 2 \text{ voladuras} \times 1980 \text{ M}^3 = 3,960 \text{ M}^3/\text{día}$
 Volumen suelto
 $V_s = 3,960 \text{ M}^3 \times 1.5 = 5,940 \text{ M}^3/\text{día}$
 1.5 = Coeficiente de Abundamiento de la Riolita
 Volumen mensual
 $V_m = 5,940 \text{ M}^3 \times 22.5 \text{ días/mes} = 133,650 \text{ M}^3/\text{mes}$

b).- Explotación de roca

Rendimiento del Track-drill = 16 MI/hr)
 coeficiente de barrenación = $8.81 \text{ m} / 3 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 7.5 \text{ m} = 0.13 \text{ MI/M}^3$

10 hr/turno x 0 83 efectivas = 8 30 hr/turno
 8 30 hr/turno x 2 turnos/día = 16 60 hr/día
 16 60 hrs/día x 16 MI/hr = 265 60 MI/día
 $265.60 \text{ MI/día} \times 22.5 \text{ días/M}^3$ = 5,976 00 MI/mes
 $5,976.00 \text{ MI/mes} / 0.13 \text{ MI/M}^3$ = 45,969.23 M³/mes
 $\text{volumen/mes} = 133,650.00 \text{ M}^3/\text{mes} / 45,969.23 \text{ M}^3/\text{perf}$ = 2 91
 = **3 TRAC DRILL**

c).- Carga de rezaga

Rendimiento del cargador 988
 $\text{Rto} = (3600 \text{ seg/hr} \times 7 \text{ yd.cu.} \times 0.765 \text{ yd/m}^3 \times 0.83) / 1.5 \times 30 \text{ seg} = 355.57 \text{ M}^3/\text{hr.}$
 $355.57 \text{ M}^3/\text{hr} \times 16.60 \text{ hrs/día} = 5,902.46 \text{ M}^3/\text{día}$
 $5,902.46 \text{ M}^3/\text{día} \times 22.5 \text{ días/mes} = 132,805.40 \text{ M}^3/\text{mes}$
 $\text{volumen/mes} = 133,650.00 \text{ M}^3/\text{mes} / 132,805.40 \text{ M}^3/\text{mes} = 1.01$
 = **1 Cargador 988**

d).- Acarreo de rezaga (Acarreo libre 1 km.)

camión fuera de carretera R-35
 capacidad = $20.6 \text{ M}^3 / 1.5 = 13.73 \text{ M}^3$

Ciclo de acarreo

Tiempo de carga = $13.73 \text{ M}^3 \times 60 \text{ min/hr} / 355.57 \text{ M}^3/\text{hr}$ = 2.32 min.
 Tiempo de ida = $0.5 \text{ km.} \times 60 \text{ min/hr} / 30 \text{ km./hr}$ = 1.00 min.
 Tiempo de regreso = $0.5 \text{ km.} \times 60 \text{ min/hr} / 30 \text{ km./hr}$ = 1.00 min.
 Tiempo de descarga, maniobras e interferencias = 1.00 min.
 Suma = 5.32 min.

viajes hora = 60 min / hr. x 5 32 min = 11.28 viajes/ hr.
 11.28 viajes/hr x 13.73 M³ = 154.85 M³/hr.
 154.85 M³/hr x 16.60 hrs/día = 2,570.51 M³/día
 2,570.51 M³/día x 22.5 días/mes = 57,862.18 M³/mes
 volumen/mes = 133,650.00 M³/mes / 57,862.18 M³/mes = 2.31
= 3 camiones fuera de carretera

e).- Calculo de materiales para barrenación

Coeficiente de barrenación = 0.13 MI/M³
 133,650.00 M³/mes x 0.13 = 17,374.50 MI/mes
 17,374.50 MI/mes / 1,500 ml* = 11.58 = 12 barras/mes
 17,374.50 MI/mes / 1,500 ml* = 11.58 = 12 coples/mes
 17,374.50 MI/mes / 2,000 ml* = 8.69 = 9 brocas/mes
 17,374.50 MI/mes / 2,500 ml* = 6.95 = 7 zancos/mes
*** DURACIÓN SEGÚN INGERSOL-RAUD**

f).- Explotación de roca

(consumo de aire compresor/track drill = 500 pcm)
 500 pcm x 3 track drills = 1500.00 pcm
 1500 pcm x 10 % de perdidas = 150.00 pcm
 1650 pcm x 1.3 efic x 0.7 diversos = 1,501.50 pcm
 1,501.50 pcm / 600 pcm/compresor = 2.5
= 3 compresores de 600 pcm.

g).- Calculo de explosivos

factor de carga 0.44 Kg/M³
 133,650 M³/mes x 0.44 = 58,806.00 Kg/mes
 58,806 Kg/mes x 0.30 c f = 17,641.80 Kg/mes / 25 Kg/caja
= 705.67 cajas de tovox/mes
 58,806 Kg/mes x 0.70 c.c = 41,164.20 Kg/mes / 25 Kg/saco
= 1,646.57 sacos de anformex
 133,650 M³/mes x 0.30 MI/primacord = 40,095 MI/primacord/mes
 133,650 M³/mes x 0.03 MI/tw-20 = 4,009.50 MI/alambre tw-20/mes
 133,650 M³/mes x 0.003 pza/M³ = **400.95 pza/estopin/mes**

h).- Remoción: (acomodo en banco de almacenamiento)

Calculo de la producción del tractor D-8.

Producción de gráficas caterpillar a 40 mts = 560 M³/hr

Factores de corrección

- Operador bueno = 0.75
- Material suelto y amontonado = 1.20
- Eficiencia de trabajo = 0.83
- Corrección de la densidad = 0.67

Producción = 560 M³/hr x 0.75 x 0.83 x 1.20 x 0.67 = 280 M³/hr
280 M³/hr x 16.60 hrs/día = 4,648.00 M³/día
4,648.00 M³/día x 22.5 día/mes
=104,580.00 M³/mes/tractor

IV. 4.- RELLENOS

Los rellenos se efectuaron en el área del Tanque Regulador donde la elevación del terreno natural era menor a la del piso del proyecto, entre el piso real y la línea "A" (línea "A" o línea de proyecto es aquella línea considerada en el diseño de los revestimientos) y para restituir los niveles de piso en la proximidad de estructuras para las que hubo necesidad de efectuar excavaciones. Los materiales para los rellenos fueron los que se obtuvieron producto de las excavaciones y arena proveniente de los bancos de materiales.

La cantidad de rellenos que se ejecutaron fue de 25,441 m³ de los cuales 24,700 m³ fueron del residuo producto de las excavaciones y el restante de 741 m³ correspondieron a rellenos con arena

La colocación del producto de excavación se realizó cargando el material con traccavo 973 en camiones de volteo con acarreos de hasta 1 km. del lugar de relleno y se colocó en capas de 30 cm. de espesor en estado suelto con un tractor cat. D-8 con Bulldozer y

compactado con 6 pasadas de rodillo liso vibratorio (compactador CA-25) con peso estático mínimo de 7.5 ton.

En zonas de difícil acceso como zanjas o excavaciones para cimientos, en las que no era posible maniobrar con el equipo de compactación antes mencionado, los rellenos se hicieron con arena, colocada en capas de 15 cm en estado suelto y se compactaron con equipo vibratorio ligero (rodillo vibratorio DYNAPAC PR8) con un peso estático de 460 kg.

En los dos tipos de compactación antes descritos se obtuvieron el 95% de la prueba proctor en ambos casos

IV. 5.- COLOCACIÓN DE TERRACERIAS

A continuación describire la construcción de los bordos perimetrales y del piso del tanque regulador de acuerdo a los niveles de proyecto, con materiales que se obtuvieron de las excavaciones con altura máxima de 15 m.

IV. 5.1.- PREPARACIÓN DE LA CIMENTACIÓN

En esta etapa se eliminaron todos los materiales que según el proyecto eran inadecuados para el desplante del bordo y el revestimiento del fondo hasta la profundidad necesaria para obtener una buena cimentación. Por lo que se tubo que mover de igual modo todos los salientes y protuberancias de cualquier clase de material que eran objetables para obtener una superficie de desplante uniforme y adecuada para la colocación de los materiales.

Esto se logro obtener con las voladuras del área del Tanque como ya se explico en las excavaciones.

IV. 5.2.- CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES A COLOCAR (MATERIALES EN BANCO)

a) Material Impermeable - El banco que se utilizó para la extracción de la arcilla fue el denominado "La cueva". Con este material se integró la mezcla de material impermeable con el fin de construir los bordos y el revestimiento del piso. El material que lo constituye corresponde a una mezcla de arcilla de plasticidad baja a media con arena y algo de grava (tamaño máximo 1 1/2")

El depósito es heterogéneo, de origen coluvial

Las características promedio determinadas para el banco de arcilla fueron las siguientes:

Contenido natural de agua		20.4 %
Límites de Consistencia:	Líquido	47.9 %
	Plástico	20.4 %
Peso Volumétrico Seco Máximo		1,625 Kg/M ³
Contenido de Agua Óptimo		19.7 %
Densidad de Sólidos		2.59

la cantidad de arcilla extraída del banco fue de 30,000 M³

b).- Producto de la Excavación - Para la formación de los bordos y recubrimientos del piso se utilizó además del material impermeable antes mencionado, el producto de la excavación del tanque cuyas características más importantes de los materiales fueron las siguientes:

Límites de Consistencia De Finos:	Líquido	35.7%
	Plástico	23.7%
Peso Volumétrico Seco Máximo		1,636 Kg/M ³
Densidad de Sólidos		2.47
Permeabilidad (Tamaño Máximo 3")	Riolita Vítrica	1.7x 10 ⁻⁴ cm/s
	Riolita Fluidal	4.9x 10 ⁻⁴ cm/s

Cabe señalar que por naturaleza de la formación y método de explotación de los materiales caracterizados, las propiedades podrían tener cambios respecto a las descritas anteriormente.

Materiales procesados para la formación de los bordos y revestimiento del piso.

a).- **Clasificación y Composición.-** El cuerpo del terraplén y revestimiento del tanque están constituidos por diferentes tipos de materiales que se diferencian en la Granulometría o el contenido de material impermeable, identificándose con letras o números.

La descripción de los materiales empleados para el bordo y el piso se presentan a continuación:

Material R - Residuo producto de la excavación (riolita fluidal) con tamaño máximo de 3".

Material 1 - Mezcla de material impermeable con rezaga, menor de 3", producto de la excavación con proporción de un 25% de arcilla y de un 75% de rezaga respectivamente.

Las características determinadas en laboratorio para esta mezcla son las siguientes:

MATERIAL	PESO VOLUMÉTRICO (Kg/Cm ³)	PERMEABILIDAD (S) CM/S
CON RIOLITA FLUIDAL	1,862	$1,2 \times 10^{-6}$
CON RIOLITA VÍTREA	1,794	$2,7 \times 10^{-5}$

Material 2 - Rezaga producto de la excavación (riolita fluidal) con tamaño máximo de 3" y lavada para retirar las partículas pequeñas que pasan la malla No. 200.

Material 3 - Rezaga producto de la excavación (riolita fluidal) con tamaños entre 3" y 10".

Material 4 - Rezaga producto de la excavación (riolita fluidal) con tamaño mayor de 10"

IV. 5.3.- OBTENCIÓN Y PREPARACIÓN DE LOS MATERIALES

Como ya se mencionó antes, la arcilla se obtuvo del banco "La Cueva" que se localiza a 8 Km. aproximadamente del tanque y en el cual se obtuvieron 30,000 M³.

Este banco después de haberse efectuado el despalme con tractor caterpillar D8 para su explotación, se cargo el material con un cargador frontal (traxcavo 973) y acarreado en camiones de volteo de la unión de transportistas con capacidad de 6 M^3 , hacia el tanque donde se coloco en plataformas establecidas donde se debía ocrearse y almacenarse cuando el contenido de humedad así lo requería para posteriormente mezclarlo con la rezaga menor de 3", y así obtener el material 1

Para obtener los materiales 2 y 3 se utilizó la rezaga de la excavación del tanque por lo cual se tuvieron que clasificar y procesar dichos materiales para obtener las cantidades requeridas para satisfacer los volúmenes necesarios del bordo y el piso. La obtención de cada material se hizo de la siguiente manera.

Primero se prepararon plataformas con área suficiente para su proceso y almacenamiento antes de su colocación.

Para obtener los tamaños deseados se utilizó una planta clasificadora la cual era alimentada por material de rezaga en greña que era vaciado directo de los camiones de volteo de 6 M^3 , arrojando la roca a la boca de la quebradora con dispositivo de pre cribado. Para pre-clasificar el material, por medio de bandas transportadoras hasta su clasificación final que era obtener material 2 y 3 en sus respectivas tolvas donde eran acarreados en camiones hasta el banco de almacenamiento o llevada al sitio de colocación del bordo o del piso de tanque regulador.

Para el material 4 se construyeron 2 despedradores para cribar la rezaga de la excavación del tanque y así obtener material 3 y 4 el procedimiento fue el siguiente. Ya construido el despedrador, llegaban los camiones fuera de carretera con material de rezaga en greña y vaciaban su contenido para que el material fuera clasificado de 3" a 10" de diámetro y el restante que era el que no pasaba la criba era mayor de 10" y así se obtenían dos tipos de material, después el material se cargaba con un cargador frontal (Traxcavo 973) a los camiones de volteo de 6 M^3 , para llevarlo al banco de almacenamiento o si se requería en ese momento se llevaba al sitio de su colocación en el bordo o en el revestimiento del piso del tanque.

IV. 6.- COLOCACIÓN DE LOS MATERIALES EN EL PISO Y LOS BORDOS DEL TANQUE REGULADOR.

Material R.- Las actividades de colocación y compactación de este material ya se describió en la sección de rellenos.

Material 1.- El material se colocó después de que el lugar estuviera libre de agua y de materia orgánica y que toda cavidad existente dentro del área que fuera cubierta con este material estuviera rellena con material R, para garantizar que la cimentación estuviera lista para su colocación.

Como ya se mencionó anteriormente el material 1 consta de 25% de arcilla del banco "la Cueva" y 75% de rezaga producto de la excavación menor de 3" y obteniéndose un volumen por colocar de 118,500 M³.

El procedimiento para su colocación fue el siguiente:

La arcilla y la rezaga ya clasificada se acarearon con camiones de volteo de 6 M³ hasta la zona de colocación donde el material era extendido con un tractor Cat. D-8 sobre orugas y posteriormente era mezclado con una Motoconformadora Cat 120B para dejarlo homogéneo y colocarlo en capas de 25 cm. sueltas, con un camión pipa se regaba el material y la compactación se realizó con un compactado vibratorio de almohadillas de cuatro tambores Cat. 815 de 16 Ton. con seis pasadas se logra alcanzar el 95% con respecto a la prueba proctor.

Material 2.- El material está compuesto del producto de la excavación con tamaño de 3" y lavado antes de su colocación. La cantidad de material que se colocó fue de 47,800 M³ y el procedimiento de colocación fue el siguiente:

Primeramente el material fue clasificado y lavado, para su lavado se utilizó una bomba de agua de 2" diámetro y se tendió en un banco de almacenamiento con un tractor Cat. D8 sobre orugas para su secado y más adelante cargarse con un cargador frontal (Traxcavo Cat. 973) a los camiones de volteo de 6 M³ para acarrearlo hasta la zona del borde o del piso donde era colocado en capas de 25 cm. sueltas con un tractor Cat. D8 sobre orugas en los bordos y en el revestimiento del piso se mezcló con motoconformadoras Cat.

120 B., la compactación se realizó con un compactador vibratorio CA-25, con seis pasadas para obtener el 95% de la prueba proctor.

Material 3.- El material esta compuesto con rocas que varían entre 3" y 10" de diámetro. La cantidad de material permeable que se coloco en los taludes interiores del tanque fue de 394,200 M³ y su procedimiento de colocación fue el siguiente:

Después de haberse clasificado el material por tamaños de 0" a 3" y 3" a 10" se cargo el material con un cargador frontal Cat 988 B, a los camiones fuera de carretera R35-B para el acarreo hasta la zona del bordo, o del piso del Tanque, donde era colocado en una sola capa de 40 cm. en el fondo del tanque y en el cuerpo de los bordos se coloco en capas de 40 cm. acomodando los tamaños mayores (de 8" a 10") hacia el exterior, con un tractor Cat. D8 sobre orugas, la compactación se realizo con un compactador CA-25 de rodillo liso vibratorio de 9.7 ton. de peso estático, con dos pasadas en el piso del tanque y en los bordos del tanque con 4 pasadas del mismo rodillo.

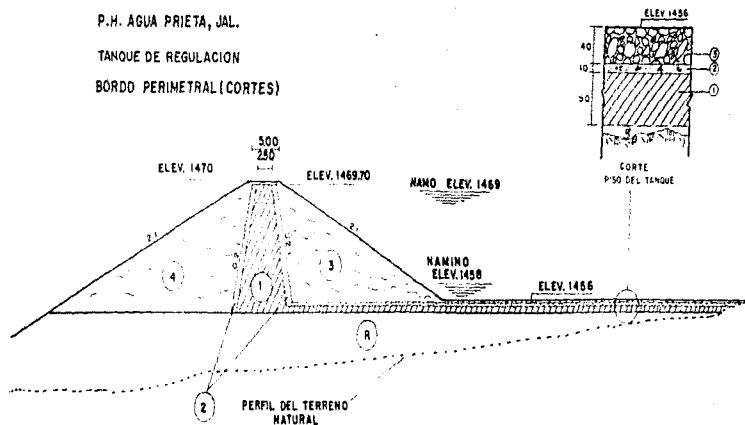
Material 4.- El material esta compuesto con rocas mayores de 10" de diámetro. La cantidad de material permeable para los taludes exteriores del tanque fue de 161.500 M³ y su colocación fue de la siguiente manera:

El material era cargado en el banco de almacenamiento con un cargador frontal Cat. 988 B a los camiones fuera de carretera R35-B para acarrearlo hasta la zona de su colocación en el bordo en capas de 40 cm. acomodando los tamaños mayores de 10" hacia el exterior con un tractor Cat. D8 sobre orugas, la compactación se realizo con un compactador CA-25 con 4 pasadas.

Compactación especial.- Se realizó en zonas donde no era posible el uso de rodillos por encontrarse porciones del terraplén cercanos a estructuras y en los rellenos de sobreexcavaciones comunes a la cimentación de estructuras aledañas.

La compactación especial para los materiales 1, 2 y 3 se colocaron en capas no mayores de 15 cm. teniendo las condiciones de humedad adecuada, la compactación se realizo con compactadora de mano CO-16, con 6 pasadas para obtener el 95% de la prueba proctor.

P.H. AGUA PRIETA, JAL.
 TANQUE DE REGULACION
 BORDO PERIMETRAL (CORTES)



MATERIALES

- ① MEZCLA DE 25% DE MATERIAL APODOSADO Y 75% DE REZAGA PRODUCTO DE LA EXCAVACION, TAMAÑO MAX 7.5cm
- ② REZAGA PRODUCTO DE LA EXCAVACION, TAMAÑO MAX 7.5cm, Y LAVADA PARA RETIRAR PARTICULAS FINAS
- ③ REZAGA PRODUCTO DE LA EXCAVACION, CON TAMAÑO ENTRE 7.5 Y 25cm
- ④ REZAGA PRODUCTO DE LA EXCAVACION, CON TAMAÑO MAYOR DE 25cm
- Ⓜ RELLENO CON REZAGA PRODUCTO DE LA EXCAVACION, CON TAMAÑO MAX 7.5cm

IV. 6.1.- PRUEBA PROCTOR

Es una prueba dinámica de compactación, que tiene por objeto determinar la relación entre el peso volumétrico y el contenido de agua de los suelos finos que pasan la malla No. 4, pues en materiales más gruesos el agua no ayuda al acomodo de las partículas de suelo, si no que fluye, y en consecuencia, no ayuda a la compactación. Se entiende por compactación, todo proceso dinámico o estático que aumente el peso volumétrico de un material terroso o granular para incrementar su resistencia al esfuerzo cortante, reducir su compresibilidad y hacerlo más impermeable (resistente al agua)

La prueba proctor consiste en:

- a).- Se disgrega la muestra de material obtenido hasta que pase la malla No. 4
- b).- Se compacta el material en un molde cilíndrico de 4" o 6" de diámetro, formando 3 capas aproximadamente iguales, para lo cual se utiliza un pistón metálico de dimensiones establecidas, (que se deja caer desde 30 cm. de altura), hasta dar 30 golpes repartidos uniformemente en cada capa.
- c).- Ya apisonado el material se pasa el molde con su contenido.
- d).- Posteriormente se extrae un corazón del espécimen y se seca para determinar su contenido de agua óptimo.

IV.7.- CONCRETOS

IV.7.1.- CONCRETOS EN EL TANQUE SEDIMENTADOR Y OBRA DE TOMA.

Para formar las secciones del sedimentador y obra de toma, así como de las demás estructuras, se requirió efectuar colados de concreto para la ejecución de los trabajos

Por las dimensiones de las estructuras por colar se consideran tres tipos de concreto:

- a) **- Concreto masivo**, cuyo espesor es mayor de 100 cm
- b) **- Concreto semi masivo**, con espesores entre 60 y 100 cm
- c) **- Concreto normal**, con espesor menor de 60 cm

El volumen de concreto que se colocó fue de aproximadamente 27,165 M³ distribuidos de la siguiente manera:

concreto simple	$f_c = 150 \text{ Kg/Cm}^2$	para guarniciones	50 M ³
concreto reforzado	$f_c = 200 \text{ Kg/Cm}^2$	para estructuras	26,035 M ³
concreto masivo	$f_c = 100 \text{ Kg/Cm}^2$		1,000 M ³
concreto reforzado	$f_c = 150 \text{ Kg/Cm}^2$	para plantillas	80 M ³

El tiempo disponible para la ejecución de los trabajos de acuerdo al programa de obra, fue de aproximadamente 180 días efectivos, por lo que fue necesario obtener un rendimiento promedio de 151 M³ por día en la colocación de concreto, para cumplir satisfactoriamente con el programa.

Rendimiento promedio por día efectivo:

$$R_d = 27,165 \text{ M}^3 / 180 \text{ días} = 151.92 = 151 \text{ M}^3/\text{día}$$

Rendimiento por hora:

$$151 \text{ M}^3/\text{día} / 16.60 \text{ hrs/día} = 9.10 \text{ M}^3/\text{hr.}$$

Por la capacidad de la planta de concreto se decidió que la producción fuera de 30 M³/hr instalada

IV.7.2.- PRODUCCIÓN DE AGREGADOS

Los volúmenes de agregados necesarios para la fabricación de concreto, de acuerdo con las recomendaciones de laboratorio son:

Arena = 40 %

Grava = 60 %

Volumen de concreto = 27,165 00 M³

Desperdicio del 3 % = 814.95 M³

total = 27.979 95 M³

Gravas = 27,979 95 M³ x 60 % = 16,788 M³

Arenas = 27,979 95 M³ x 40 % = 11,192 M³

La obtención de la arena se hizo del banco de " Tortugas", donde los despalmes de dicho banco se ejecutaron con tractor CAT. D-8 sobre orugas, después la arena se cribó por la malla 1/4" para obtener el tamaño deseado para la elaboración de los concretos, posteriormente era cargada a los camiones de volteo de 6 M³ con un cargador frontal donde se disponían a acarrear la arena hasta los patios de almacenamiento de la planta de elaboración de concretos, estos acarrees fueron de 30 km. de distancia del tanque.

Para la obtención de agregados, se fijo el banco de roca "Arellano" localizado a 2.6 km. del patio de almacenamiento, compuesto por rocas basálticas las cuales fueron fracturadas con explosivos y que presentó buena roca para triturarse y elaborar los agregados para los concretos de todo el tanque.

El banco de roca se explotó utilizando un Track-Drill, con su compresor de 600 p.c.m. y brocas de 3" diametro, para hacer las perforaciones de la plantilla de barrenación, con un banco de 7.5m. de altura con espaciamiento y separación de barrenos de 2.5 m.

El afloje y carga del material tronado se hizo con un cargador frontal sobre orugas y ripper (Traxcavo Cat-973) y el acarreo se efectuó con camiones de volteo de 6 M³ hasta los patios de almacenamiento donde se alimentaba a la planta de trituración con un cargador frontal

sobre llantas Cat. - 988B y así se obtenían 2 tipos de grava de 3/4" (19.1 mm) y de 1 1/2" (38.1 mm) para la elaboración de los concretos.

La planta de trituración y clasificación de agregados en seco daba un rendimiento de 80 M³/hr. y estaba compuesta por:

- a) .- Tolva de recepción de material (Capacidad de 100 ton)
- b) .- Alimentador vibratorio de 48" x 12" (Capacidad de 300 ton/hr)
- c) .- Quebradora de quijadas de 30" x 42" (Capacidad de 200 ton/hr)
- d) .- Criba horizontal vibratoria de 3 cámaras de 6' x 16' (Capacidad de 300 ton/hr)
- e) .- Quebradora secundaria de cono 48S (Capacidad de 200 ton/hr)
- f) .- Tres bandas transportadoras de almacenamiento de 30" de ancho por 80' de longitud.

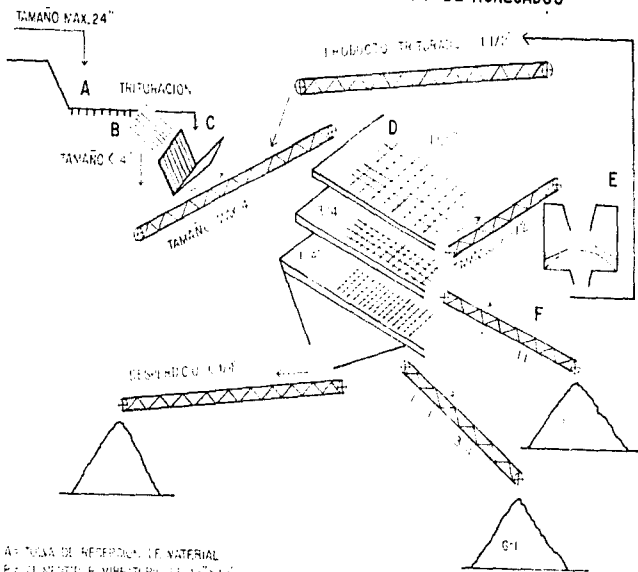
IV.7.3.- PRODUCCIÓN DE CONCRETO

Para la producción del concreto se utilizó una planta dosificadora marca ORU con capacidad de 30 M³/hr modelo 1040 con dispositivos de control electrónico para pesar y dosificar los agregados, el cemento y el agua se agregaba automáticamente previa selección de los pesos de cada componente desde el tablero eléctrico de mando. Junto a la planta se instalaron dos mezcladoras de tipo estacionarias con capacidad de 6 M³ marca Erie Stroyer para premezclar el concreto y así poderlo transportar en camiones revolvedora de 6 M³ de capacidad y en camiones de redilas con bacias de 3 M³ de capacidad.

IV.7.4.- DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS

Para la elaboración de los concretos se dieron las siguientes dosificaciones para obtener la resistencia de proyecto.

DIAGRAMA DE TRITURACION Y CLASIFICACION DE AGREGADOS



- A: TOLVA DE ALBEROLA DE MATERIAL
- B: MOLINO DE TRITURACION 11" x 11"
- C: MOLINO DE TRITURACION 11" x 11"
- D: CRIBA HORIZONTAL VIBRATORIA TF 3 CANALES 11" x 16"
- E: MOLINO DE TRITURACION 11" x 11"
- F: BANCOS TRAPEZOIDALES DE ALMACENAMIENTO

Concreto De F'c = 100 Kg/Cm² . Tamaño Máximo de Agregado de 38.1 mm (1 1/2") y Revenimiento De 10(±) 2 Cm.

Material	Cantidad
Cemento	210 Kg/M ³
Agua	220 l/M ³
Grava	1,019 Kg/M ³
Arena	679 Kg/M ³

Concreto De F'c = 150 Kg/Cm². Tamaño Máximo de Agregado de 38.1 mm (1 1/2") y Revenimiento de 10 (±) 2 cm.

Material	Cantidad
Cemento	240 Kg/M ³
Agua	173 l/M ³
Grava	887 Kg/M ³
Arena	888 Kg/M ³

Concreto de F'c = 200 Kg/Cm². Tamaño Máximo de Agregado de 19.05 mm (3/4") y Revenimiento de 10 (±) 2 Cm.

Material	Cantidad
Cemento	350 Kg/M ³
Agua	210 l/M ³
Grava	801 Kg/M ³
Arena	801 Kg/M ³

Concreto De F'c = 200 Kg/Cm² . Tamaño Máximo De Agregado De 38.1 mm (1 1/2") Y Revenimiento De 10(±) 2 Cm.

Material	Cantidad
Cemento	330 Kg/M ³
Agua	198 l/M ³
Grava	850 Kg/M ³
Arena	799 Kg/M ³

IV.7.5.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Los agregados previamente almacenados sobre una plataforma situada a desnivel respecto a la planta de concreto, son cargados a la tolva de alimentación respectiva (arena, grava 2 y grava 1) por medio de camiones de volteo de $6 M^3$ o directamente por un cargador frontal sobre neumáticos Cat. 988-B

Los agregados seleccionados son pesados automáticamente según la dosificación por peso que previamente haya sido indicada en la carátula de la báscula por medio de las agujas indicadoras

El agua era almacenada en un tanque de 70 000 litros y su caída era por gravedad a través de una tubería de 4 pulgadas de diámetro y se medía con un cuenta litros que tenía una cabeza electrónica, de tal forma que al completar la cantidad previamente marcada de acuerdo con la dosificación, acciona una válvula que corta el flujo del agua hacia las mezcladoras.

Los agregados una vez pesados, son transportados por medio de una banda hasta una de las mezcladoras donde se le incorpora el agua y el cemento para su mezclado

El cemento envasado, se recibía de la bodega con capacidad de 1000 toneladas las cuales eran vaciados en una tolva receptora con rompedora de sacos y un gusano transportador, que hace llegar el cemento a otro gusano para almacenar el cemento a granel, en un silo de 100 toneladas de capacidad. Por medio de una compuerta automática, el gusano elevador puede vaciar el cemento a una tolva pesadora, controlada automáticamente desde el tablero de mando de la planta. El cemento una vez pesado es vaciado a la misma banda que transporta los agregados a la revolvedora

Las revolvedoras también son controladas en sus funciones desde el tablero de mando de la planta dosificadora para efectuar la mezcla, esta se vacía a camiones con bache o camiones revolvedora para ser entregada en el lugar del colado.

IV.7.6.- COLOCACIÓN DEL CONCRETO

Como una actividad previa a la colocación del concreto esta la elaboración de cimbras y habilitado del acero para los concretos reforzados, así como la preparación y limpieza de la superficie de colado. Las cimbras se construyeron con varias cuadrillas de carpinteros de acuerdo al diseño y la construcción de la estructura por colar.

El acero de refuerzo se habilito en patios exclusivos para esta actividad de acuerdo a las especificaciones de los planos

Para su colocación en los lugares del colado, y el acero debe estar habilitado y libre de escamas sueltas, oxido, aceite, grasa u otro recubrimiento que pueda destruir o reducir la adherencia con el concreto

IV.7.7.- COLADO DE GUARNICIONES Y CUNETAS

Los trabajos se iniciaron después de la limpia de la superficie del colado, primero mediante una cuadrilla de trabajadores con pico y pala, después por medio de un chiflón de agua y aire sopleteado era limpiado el material suelto de las oquedades

Durante la ejecución de limpieza y colado de la plantilla pobre se colocan anclas de acero de refuerzo en el piso que sirven para sujetar cerchas y cimbra de enrase de la guarnición.

Una vez colocadas las formas de la guarnición el departamento de topografía procedio a nivelarlas y alinearlas correctamente, para su troquelamiento final. Terminada esta actividad, se procedió a la ejecución del colado de la guarnición utilizando una bomba de concreto que fue alimentada con camiones revolovedora de 6 M^3 , los tramos de colado fueron de 50 mts., por día en dos turnos para lograr este trabajo fue necesario utilizar cuadrillas de limpieza, perforistas, carpinteros, soldadores y topógrafos que permitan mantener preparado el tramo siguiente de colado

IV.7.8.- COLADO DE LA PLANTILLA DEL MURO SEDIMENTADOR

Los trabajos se iniciaron con la excavación de las cepas para la colocación de drenes, estas se realizaron con explosivos y perforadoras de piso hasta tener el desnivel de proyecto.

Posteriormente se inicio la limpia del lugar y colocando una cama de grava de 3/4" y tubos ranurados de concreto de 6" y 8" de diámetro y cubiertos con más grava de 3/4

A continuación se procedía a hacer el armado y colocación de cimbra Una vez colocada la cimbra se procedió a la ejecución del colado de la plantilla de desplante utilizando 2 bombas de concreto con capacidad de 40 M³ y alimentada con camiones revoladora de 6 M³. Los tramos de colado fueron de 12 m de ancho por 20 de largo y 0 30 m de altura, colocando aproximadamente 72 M³ de concreto por turno

Para este trabajo se utilizaron cuadrillas de perforistas, albañiles, carpinteros, fierros, soldadores y topógrafos que permitían mantener preparado el tramo siguiente de colado.

IV.7.9.- COLADO DEL CONCRETO MASIVO

Este tipo de concreto se utilizo para el muro sedimentador y la obra de toma el procedimiento para los dos casos es parecido.

A continuación se explicará el del muro sedimentador Cuando hubo suficiente tramo de plantilla de desplante se iniciaron los trabajos de colocación de cimbra y colocación del acero.

El área por colar en cada colado era de 12 x 20 x 2 m. Estos colados se ejecutaban en dos turnos al día y se colocaban entre 400 y 480 M³ de concreto, cabe mencionar que este muro tiene una altura de 15 mts Por lo que en los 3 primeros colados se acondiciono una rampa de material producto de la excavación para vaciar el concreto que era acarreado en camiones revoladoras.

El concreto se vibra para que se acomodara, esta actividad la ejecutaron una brigada de albañiles sobre andamios provisionales

Los vibradores utilizados fueron neumáticos de 2 pulgadas de diámetro con compresores eléctricos de 1000 pcm. y conectados a una tubería de conducción de aire de 4 pulgadas de diámetro.

A partir del cuarto colado se empezó a usar una banda transportadora para recibir el concreto de los camiones y vaciarlo a la tolva receptora para que fuera colocado en el sitio indicado. Esta banda estaba compuesta su parte delantera por unos patines que servían para apoyarse sobre la cimbra y dos llantas centrales.

Para los últimos colados se utilizaron camiones con bacas de 3 M³ de capacidad que se llenaban de concreto y eran elevadas por medio de grúas hasta el lugar del colado donde eran vaciadas.

Después de haberse colocado el concreto masivo, se cubrió con una capa de concreto reforzado de 15 cm. de espesor. Para la colocación de este concreto se tuvo primeramente que picar el concreto masivo ya descimbrado, con perforadoras de piso y a la vez perforando y anclado con varillas para detener la colocación del armado de acero y la cimbra respectiva, estos colados se hicieron con tableros de cimbra de 2 m. de altura por el largo del muro terminado, y se colocó con bomba de concreto que era alimentada por los camiones revolvedora. Esta actividad era realizada por cuadrillas de perforistas, fierros, carpinteros, albañiles y ayudantes.

IV.8.- TRATAMIENTO DE ROCA

Con el objeto de mejorar la estabilidad de los taludes que resultaron de la excavación y evitar el deslizamiento de bloques potencialmente inestables.

Fue necesario hacer el tratamiento de roca por medio de anclas; sellado de fracturas con concreto dental; mortero lanzado con o sin malla metálica; inyecciones de consolidación de la roca y de concreto-roca y drenaje.

IV.8.1.- ANCLAJE

El anclaje utilizado en los taludes del tanque, consistió en colocar anclas de fricción de varilla corrugada de 2.54 cm (1") de diámetro con un $\Gamma_y = 4200 \text{ Kg/Cm}^2$, las anclas eran alojadas en perforaciones de 5.7 cm. (2 1/4") de diámetro, de 3 m. de longitud y colocadas con una separación de 3.0 x 3.0 m

Las anclas quedaron totalmente alojadas en mortero con $f_c = 180 \text{ Kg/Cm}^2$ ya sea, por haberse inyectado o por haberse introducido en una perforación previamente rellena de mortero y se les soldó centradores de varilla de 1/4" de diámetro por 10 cm. de longitud, dispuestos a cada dos metros en el sentido longitudinal

El trabajo de perforación se realizó con cuadrillas de perforistas y ayudantes los cuales se subían en andamios provisionales y hacían la perforación con una perforadora BB/AS y compresores.

Las inyecciones se hacen con mezclas de cemento-mortero y se utilizan en

- a).- Consolidación e Impermeabilización - Con la finalidad de rellenar las fracturas en la masa de roca, mejorando las propiedades de la misma
- b) Contacto concreto-roca - con la finalidad de rellenar los espacios entre la roca y los colados, mejorando el contacto entre ambas
- c).- Dental - Este tratamiento de inyección se realizó en donde se localizaron fracturas abiertas (más de 5 cm. de ancho), en las zonas de desplante de los bordos perimetrales así como en el fondo del Tanque

A continuación se describe el proceso de inyección de contacto concreto roca que fue el más utilizado en el Tanque para el muro de revestimiento del sedimentador así como de la obra de toma.

IV.8.2.- INYECCIONES DE CONTACTO CONCRETO-ROCA

Con el objeto de rellenar los huecos que quedan entre el concreto del revestimiento del muro sedimentador y la roca del talud, sobre todo en las partes altas, donde aun cuando se

proceda con cuidado especial para retacar el concreto, siempre existe la posibilidad de dejar huecos.

Para este trabajo se ejecutaron las inyecciones de contacto concreto-roca conforme un patrón de inyectado especificado previamente, consistente en barrenaciones de 5 o 7 cm. (2 1/4" de diámetro) y 1 metro de profundidad aproximadamente, tal que penetre 50 cm. en la roca con un patrón de 3.0 m. X 3.0 m.

Para la ejecución de este trabajo desarrollado paralelamente con el revestimiento de las paredes se acondiciono especialmente un jumbo de perforación y uno de inyecciones, así como de su compresor correspondiente.

Para la perforación se alineaba el jumbo en el ángulo correcto de barrenación para inmediatamente perforar y fijar tubos de 2 pulgadas para ejecutar la inyección posteriormente.

El jumbo de inyección constaba de una bomba tipo moyno (de gusano) 3L10, un Tanque mezclador, un Tanque agitador y sus plataformas para cemento y arena, el agua, el aire y la energía eléctrica se obtenía de las instalaciones permanentes de la obra.

El inyectado se inicio con un lechada de cemento-agua, la cual se preparaba en el mezclador para posteriormente vaciarse al tanque agitador donde se conecta a la succión de la bomba de acuerdo con la presión especificada de 2 Kg/Cm², y se comienza el inyectado tomando en cuenta el peso de la columna de lechada de la manguera si el barreno toma más de la cantidad programada o el barreno toma muy rápido la lechada, sin presión de rechazo, la siguiente inyección se cambia a mortero cemento-arena que servirá para llenar el hueco, con una proporción de:

- 1 Saco de cemento
- 27 Litros de agua
- 26 Kilos de arena

El inyectado del barreno se da por terminado cuando la presión de rechazo de 1 Kg/M² se mantiene por 10 minutos y el consumo de absorción del tramo sea menor de 1 a 2 l/min.

Si al desconectar el tramo, la mezcla resurge del barreno, habrá que mantener tapada la perforación hasta que la mezcla fragüe, después de 24 hrs. de haberse terminado la

inyección de un barreno se retaca con aire a presión y posteriormente se rellena con mortero agua-cemento-arena

IV.8.3.- MORTERO Y CONCRETO LANZADO

Para proteger los taludes definitivos resultado de la excavaciones del tanque regulador contra la erosión del agua y del intemperismo, así como de los caídos, se procedió a colocar el concreto lanzado con malla reforzada (proceso de la mezcla seca)

El proceso para su colocación es el siguiente

Primeramente se acarean los materiales al sitio de lanzado como son la arena, la grava, el cemento y el agua, se colocan de tal manera que no se contaminen, el agua se colocaba en tanques elevados para tener suficiente presión, se dosifican los materiales y se mezclan en una revolvedora para concreto, después la mezcla resultante se patea, para quedar a un lado de la lanzadora Aliva mod. 250 de ahí se patea a la entrada de la lanzadora para ser conducida a través de mangueras a gran velocidad hasta la boquilla de salida donde se dosifica el agua, es decir el agua de hidratación que se añade en la boquilla misma, inmediatamente antes de la expulsión, la cantidad de agua la regula manualmente el lanzador hacia la superficie por cubrir

Los trabajos previos al lanzado son los siguientes

a).- Tratamiento de Fracturas.

Las fracturas localizadas en las zonas de tratamiento deben limpiarse enérgicamente, retirando rellenos y vegetación, utilizando para esto, un chiflón con agua y aire a presión (3 a 5 Kg/Cm²), mediante un tubo de 1" de diámetro y niple terminal de 1/2" de diámetro

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

b).- Limpieza y Amacize de la superficie.

Todas las superficies que fueran cubiertas se limpiaron enérgicamente eliminando polvo, vegetación y fragmentos de roca flojos o sueltos, utilizando para esto un chiflón como el descrito anteriormente y barreta metálica

c).- El acero de Refuerzo (malla electrosoldada).

En las zonas donde la roca presenta fallas y donde existen discontinuidades que puedan ocasionar posibles caídos se refuerza el concreto lanzado para darle resistencia a la roca contra los esfuerzos estructurales y evitar los desprendimientos de roca, para esto se emplea malla de alambre electrosoldada de 15 x 15 x 0.32 cm (6" x 6" x 1/8"), con un modulo elástico $F_y = 5000 \text{ Kg/Cm}^2$

La colocación de la malla se hace de la siguiente manera

Con una perforadora BB/C manual, se hicieron barrenos de 80 Cm de profundidad y se colocaron tramos de varilla del No. 6 (3/4").

Posteriormente se rellenan con morteros dichos barrenos de manera que se formaron cuadrículas de 1.5 x 1.5 m. para el apoyo de la malla metálica. Antes de colocar la malla metálica se aplico una capa de mortero lanzado de 3 Cm. de espesor y sobre de ella se fijo la malla con anclas cortas de 1/4" de diámetro en patrones de 5 x 5 m. de tal manera que quedara apisonada y replegada a la roca para después colocarse otra capa de 5 Cm. de espesor de concreto lanzado, para cubrir la malla y obtener capas de 8 a 10 Cm de espesor.

IV.8.4.- DRENAJE

El agua es uno de los elementos que mayores problemas causa en cortes y terraplenes, afectando de diversas maneras, procedentes de las lluvias, se infiltran o discurren por la superficie del terreno amenazando su estabilidad por lo que hay que drenarlas

El drenaje tiene por objeto eliminar las presiones del agua en la estabilidad de los cortes así como la presión hidrostática sobre las estructuras.

El drenaje del Tanque consistió en hacer perforaciones de 5.7 Cm. (2 1/4") de diámetro por 6 m. de longitud distribuidas a lo largo y ancho del talud definitivo producto de los cortes del Tanque, con espaciamiento de 5 m entre ellos y perforados con 10 grados ascendentes, para este trabajo se utilizó el mismo equipo que se usa en la barrenación para inyección.

A continuación se introducían tubos de PVC ranurados de 2" diámetro para drenar el agua infiltrada.

También se construyeron contracunetas para captar las aguas que fluyen superficialmente a lo largo de dichos cortes y así evitar las subpresiones del agua en los tratamientos de roca y demás estructuras.

V.- CONCLUSIONES

Debido al crecimiento de la población en los últimos años, nuestro país necesita de dotar de servicios básicos a toda población, de entre los servicios básicos figura el de la energía eléctrica la cual debido a su importancia sirve para el funcionamiento de la industrias, en general, también da un uso principal que es el de bienestar y seguridad, además de dotar de servicios tales como la dotación de agua potable

En estas condiciones se tiene que estructurar un plan que sirva para sostener este servicio a la población actual y es necesario planear a mediano plazo el crecimiento de la generación de energía eléctrica Ya que se corre el riesgo de que la generación de energía eléctrica sea rebasada por la del consumo de toda esta población Para ello se ha elaborado un plan maestro que a mediano plazo mantenga el crecimiento de la energía eléctrica con el de la población.

Una estrategia adecuada sería el de la generación de energía eléctrica mediante plantas termoeléctricas o carboeléctricas, las cuales se construyen en cualquier lugar de la república pero funcionan con combustibles fósiles, que a la larga terminarían siendo consumidos además de generar contaminantes

Otra estrategia sería mediante el uso de recursos renovables, tal es el caso de las presas hidroeléctricas que a corto plazo se necesita una fuerte inversión para ponerla en funcionamiento, además de necesitar de un lugar adecuado para construir sus instalaciones Ya que son contadas las áreas donde se puede construir una presa hidroeléctrica y se están agotando los lugares adecuados por lo que se pensó en construir la presa "Agua Prieta", la cual esta tiene como función el de contener las aguas residuales de la ciudad de Guadalajara, además de la generación de energía eléctrica con el agua residual tratada y con un contenido de sólidos bajos.

Como se mencionó al entrar en funcionamiento esta hidroeléctrica se tuvieron muchos problemas debido a la agresividad de las aguas residuales y por lo cual se hicieron estudios con el fin de resolver estos problemas en base a la experiencia acumulada durante el proceso, los cuales servirán para futuros proyectos de esta índole O en su caso a problemas de conducción de aguas residuales a través de tuberías.

La construcción del tanque regulador persiguió varios objetivos, los mas relevantes fueron el tratamiento y aprovechamiento de las aguas residuales para la generación de electricidad y fuente de empleo para cientos de mexicanos, principalmente de la región y otras zonas aledañas

Es relevante mencionar que aunque el P. H. Agua Prieta se planeo a nivel de obra desde abril de 1988 al mes de octubre de 1989, el cual no se llevo a cabo por problemas de cambio de proyecto y deficiencias en el presupuesto otorgado, esto trajo como consecuencia un retardo considerable en la construcción de este, y no fue hasta el mes de febrero de 1990 a agosto de 1991 cuando este se termino, pero al hacer las primeras pruebas en el tanque, este presento filtraciones que originaron contaminación de los mantos acuíferos y dañando un ojo de agua del rancho el Tempizque que se encuentra aguas abajo del tanque, por lo que las autoridades de C. F. E., optaron por hacer una convocatoria para colocar una membrana de hipalon de polietileno clorosulfanado.

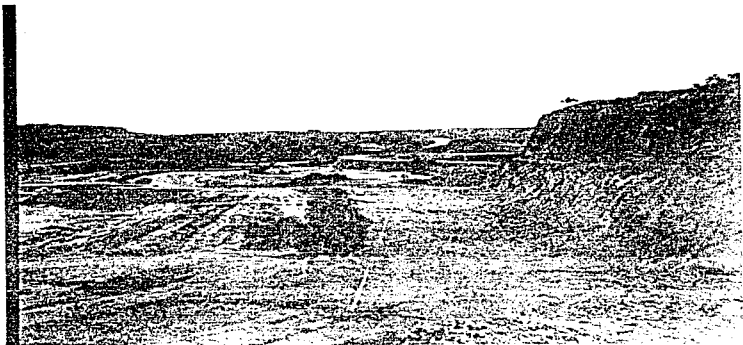
Desde el punto de vista ecológico el tanque regulador no ocasiona problema alguno ya que el área de construcción era una zona semi árida, por lo que se reforesto para mejorar el ambiente de lugar y el aspecto visual de la zona, pero en los próximos años debido al crecimiento natural de la ciudad, este podría quedar dentro de la zona conurbana, lo cual posiblemente ocasionara problemas por manejar agua residuales altamente contaminantes

El tanque regulador se vacía diariamente durante 2 o 5 horas por lo que los malos olores son mínimos.

Las aguas residuales vertidas al río Santiago mejoraron notablemente ya que se efectúa un proceso de sedimentación y otro de aereación mejorando su demanda bioquímica de oxígeno. Actualmente todo el sistema funciona de manera adecuada.

BIBLIOGRAFÍA:

- DEPARTAMENTO DE ANTEPROYECTOS DE PLANTAS HIDROELÉCTRICAS, POTENCIAL HIDROELÉCTRICO DE LA REPÚBLICA MEXICANA (C F E 1983).
- JACINTO VIQUEIRA LANDA *LA ENERGÍA HIDROELÉCTRICA EN MÉXICO* REVISTA CIENCIAS (1986) PAG 9-20
- ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD Y ANTEPROYECTOS DE LAS OBRAS PARA EL APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO QUE UTILIZARA LAS DESCARGAS DE LAS AGUAS NEGRAS DEL ÁREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE GUADALAJARA JALISCO C F E. CAPITULO III
- PUERIFOY *MÉTODOS, PLANTEAMIENTOS Y EQUIPOS DE CONSTRUCCIÓN* EDITORIAL DIANA (1973)
- APUNTES DEL CURSO MOVIMIENTO DE TIERRAS CENTRO DE EDUCACIÓN CONTINUA.
- LANGEFOR Y KIHISTROM *VOLADURA DE ROCAS* EDITORIAL URMO 1971
- ING. CARLOS SUAREZ SALAZAR. *COSTO Y TIEMPO EN EDIFICACIÓN* EDITORIAL LIMUSA.



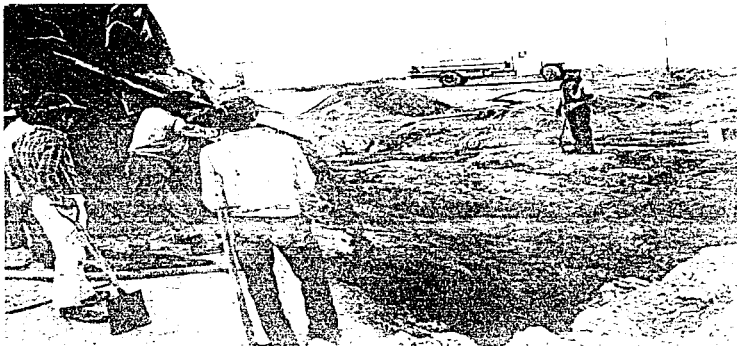
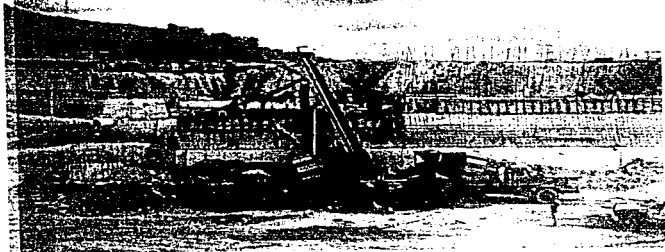




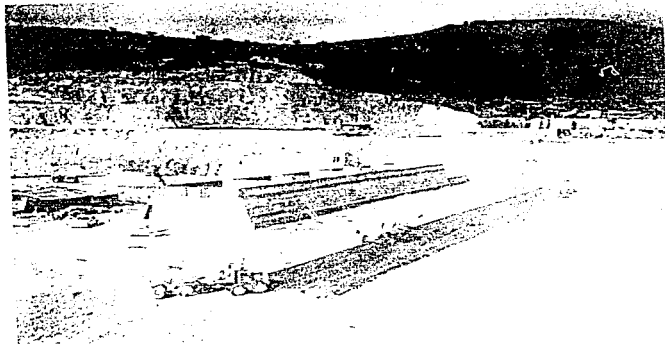
Figure 1. Aerial view of the bridge structure, showing the main span and the approach spans.



Figure 2. Close-up view of the bridge structure, showing the concrete piers and the deck.



COMPLACENCIA, CALIFORNIA. VISTA GENERAL DEL PLANTAMIENTO DE LAS UNIDADES DE SEDIMENTACION.



VISTA GENERAL DEL PLANTAMIENTO DE LAS UNIDADES DE SEDIMENTACION EN EL CANAL DE SEDIMENTACION.

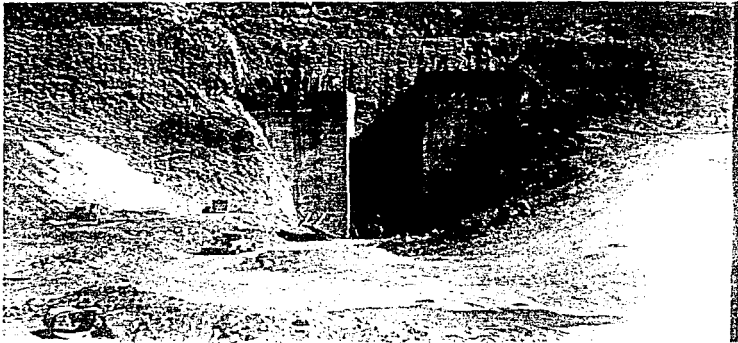


FIGURE 1. Aerial view of the entrance to the tunnel at the base of the cliff.

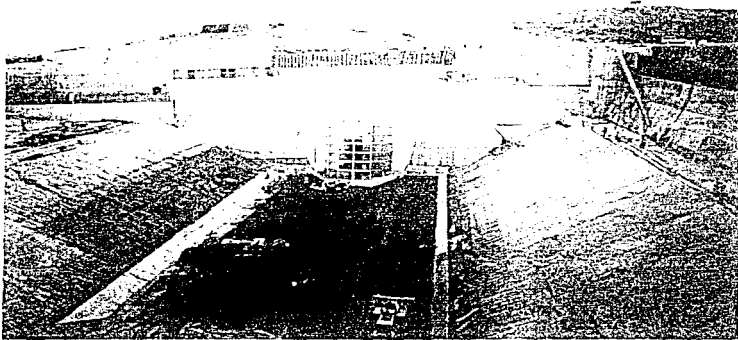
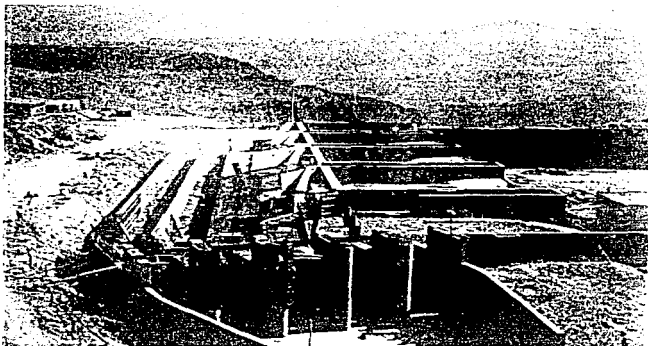
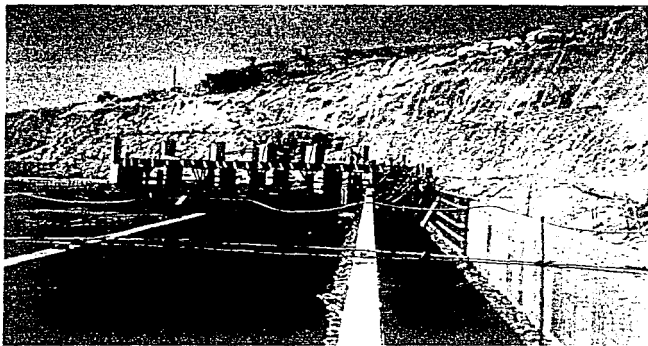
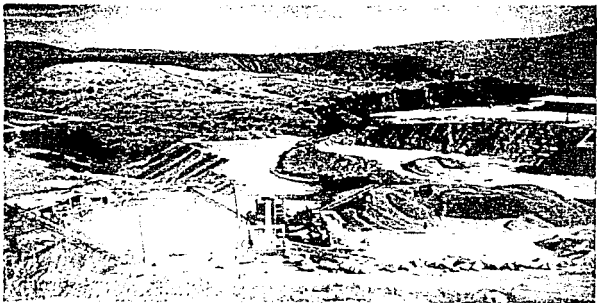
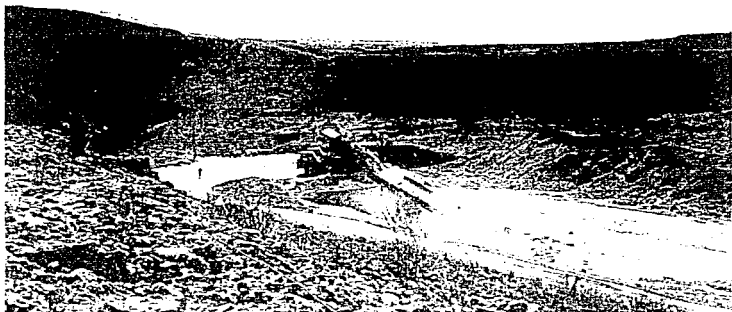


FIGURE 2. Aerial view of the parking lot and the buildings at the base of the cliff.





VISTA GENERAL DEL SITIO DE CONSTRUCCION DEL BARRIO DE SAN JUAN DE LOS RIOS.



CONSTRUCCION DEL BARRIO DE SAN JUAN DE LOS RIOS, EN EL VALLE DE SAN JUAN DE LOS RIOS, DEPARTAMENTO DE BOGOTA.



FIG. 1. VIEW THROUGH TUNNEL AT THE WEST END OF THE TUNNEL, ENGLAND.



FIG. 2. VIEW FROM THE WEST END OF THE TUNNEL, ENGLAND.



Figure 1. Aerial view of the study area showing the location of the study site (indicated by a white box) and the location of the study site (indicated by a white box).