



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

CAPACIDAD HIDROELECTRICA DE LA
CUENCA DEL RIO SANTIAGO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERIA CIVIL

P R E S E N T A N

ALEJANDRO VENEGAS LABASTIDA

ROBERT H.M.D. GRAVES L'HOIST

JOSE LUIS CRUZ SANCHEZ

GABRIEL LOPEZ VAZQUEZ

RAUL LOZADA SANDOVAL

DIRECTOR: ING. RAFAEL BURTO VALDES



MEXICO, D.F.

2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



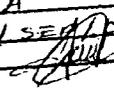
UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

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.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

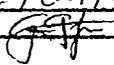
NOMBRE: ALEJANDRO VENEZAS
LABASTIDA
FECHA: 12/09/02
FIRMA: 

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

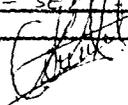
Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: GRAVES L'HOIST
ROBERT HENRI MAC DONALD
FECHA: 12-sept-02
FIRMA: Graves

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: CRUZ SANCHEZ
JOSE LUIS
FECHA: 12/09/02
FIRMA: 

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: GABRIEL LOPEZ
VAZQUEZ
FECHA: 12-SEPT-2002
FIRMA: 

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: PAULI LOZANO
SANCHEZ
FECHA: 12/09/2002
FIRMA: P. Lozano A.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por la oportunidad de brindarnos los estudios que han dado sus frutos al convertirnos en profesionistas capaces y entregados al deber de ofrecer nuestro trabajo para el desarrollo de nuestras familias y nuestro país.

A la Facultad de Ingeniería que con todos sus verdaderos maestros ha sido fuente de inspiración. Porque ha sido la casa que albergó nuestras ilusiones juveniles, y ahora se convierte en el hogar que deseamos engrandecer.

Al Director de éste trabajo de Tesis:
Ing. Rafael Aburto Valdes, por su valiosa colaboración y su gran apoyo en la realización de ésta obra, la más importante de toda nuestra vida.

INDICE

INDICE	11
--------------	----

CAPITULO I

ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA EN MÉXICO	3
---	---

CAPITULO II

PROSPECTIVA DEL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO.....	6
--	---

II.1 EVOLUCIÓN ESPERADA DE LA DEMANDA.....	6
II.2 SISTEMA ELÉCTRICO EXISTENTE	10
II.3 CAPACIDAD DE GENERACIÓN Y TRANSFORMACIÓN PREVISTA	20

CAPITULO III

DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE UN PROYECTO HIDROELÉCTRICO	23
---	----

III.1 GENERALIDADES	23
III.2 OBRAS DE DESVÍO	28
III.3 OBRAS DE TOMA.....	31
III.4 CORTINA.....	42
III.5 OBRAS DE CONTROL Y EXCEDENCIAS	47
III.6 CUARTO DE MÁQUINAS.....	49

CAPITULO IV

CAPACIDAD HIDROELÉCTRICA DEL RIO SANTIAGO A NIVEL DE PLANEACIÓN	54
--	----

IV.1 GENERALIDADES DE LA CUENCA.....	59
IV.2 CAPACIDAD DE GENERACIÓN	64
IV.3 ESTUDIOS GEOGRÁFICOS Y TOPOGRÁFICOS.....	69
IV.4 PRECIPITACIÓN PLUVIAL	77
IV.5 POBLACIÓN BENEFICIADA.....	79
IV.6 IMPACTO AMBIENTAL.....	79

CAPITULO V

DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS CONSTRUIDOS EN LA CUENCA	80
V.1 CENTRAL HIDROELECTRICA AGUAMILPA	80
V.2 CENTRAL HIDROELECTRICA VALENTIN GOMEZ FARIAS (AGUA PRIETA)	90
V.3 CENTRAL HIDROELECTRICA MANUEL M. DIEGUEZ (SANTA ROSA)	100

CAPITULO VI

DESCRIPCIÓN DEL ANTEPROYECTO HIDROELÉCTRICO "EL CAJON"	106
VI.1 GENERALIDADES	106
VI.2 CAPACIDAD DE GENERACIÓN	109
VI.3 PROCESO CONSTRUCTIVO	110

CAPITULO VII

ESTRUCTURA JURÍDICA Y FINANCIERA DEL PROYECTO	117
VII.1 ASPECTOS JURÍDICOS	117
VII.2 EVALUACIÓN FINANCIERA	119
VII.3 FORMAS DE FINANCIAMIENTO	122

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES	133
BIBLIOGRAFÍA	135

CAPITULO I

ANALISIS DE LA DEMANDA DE ENERGIA EN MÉXICO

El desarrollo de México está inmerso en una dinámica que plantea enormes retos y nuevas oportunidades para elevar los niveles de vida de su población. Al aproximarse el nuevo milenio, el país está consolidando un crecimiento económico sostenido a tasas muy significativas.

En 1998, uno de los años históricamente más difíciles para la economía mundial, la economía mexicana registró una de las tasas más altas de crecimiento en el mundo, el Producto Interno Bruto de México creció 4.8% .

Además del desarrollo económico, estaban presentes en el país aspectos demográficos que son fundamentales para el proceso de planeación en el sector de la energía. La población mexicana, principalmente joven, crecería en los próximos años a una tasa de por lo menos 1.3% al año.

Los factores anteriormente descritos inciden directamente en la demanda de electricidad en el país, la cual se estimaba que crecerían a tasas del orden del 6% anual durante los siguientes diez años. La dimensión del reto, que implicaba satisfacer esta demanda, no tenía precedentes en la historia de la industria de energía eléctrica mexicana. Si bien en el pasado han existido tasas de crecimiento similares, el tamaño de la industria no es comparable, la capacidad instalada de generación en 1998 fue de 35,000 MW mientras que en 1960 era tan solo de 3,021 MW.

Para impulsar el desarrollo de los proyectos de infraestructura que cubrieran los requerimientos de expansión del sistema eléctrico nacional, se necesitó un análisis detallado de las distintas opciones que enfrenta el sector público mexicano para financiar dichos proyectos. El análisis debió tomar en cuenta el tiempo de maduración de los proyectos y los fuertes montos de inversión involucrados.

En la Prospectiva del sector eléctrico 1998-2007 se puso de manifiesto la cantidad de recursos financieros que demandaría la industria de energía eléctrica en ese lapso. Este monto ascendió a 463 mil millones de pesos a precios de 1999, para

ampliar 21,743 MW nuestra capacidad de generación eléctrica al 2007, así como para los requerimientos implícitos de transmisión y distribución.

En particular, entre el año 2000 y 2005, el sector requeriría inversiones por 278 mil millones de pesos de 1999, monto que incluye 39 mil millones de pesos por pagos de capital para los proyectos financiados según la modalidad de Construir-Arrendar-Transferir. Dicha inversión, en ese mismo periodo, permitiría ampliar 14,404 MW la capacidad de generación y el desarrollo de la infraestructura asociada.

Para entender la generación de energía en nuestro país es necesario mencionar que existen diferentes tipos de energía:

La no renovable: Energía que no es capaz de regenerarse, como:

Hidrocarburos: Petróleo

Gas Natural: Carbón

Nuclear: Fusión

La renovable: Flujo de energía que ocurre en forma natural y repetida en el ambiente, como:

Solar: Fotovoltaica

Helioenergía: Eólica

Biomasa: Hidroenergía

Geotermia: Maremotriz

De acuerdo al Balance Nacional de Energía 1998, la estructura de participación de las diferentes fuentes de energía en el total de la producción primaria del país fue la siguiente:

Hidrocarburos 90%

Biomasa 3.6%

Hidroenergía 2.7%

Carbón 2.1%

Nuclear 1.0%

Geotermia 0.6%

Existen también diferentes tipos de centrales de generación de energía eléctrica, como son:

- a) Termoeléctricas de Combustibles Fósiles
- b) Geotermoeléctricas
- c) Nucleoeléctrica
- d) Hidroeléctricas
- e) Eoloeléctricas

El desarrollo sustentable de un país lleva implícito un crecimiento económico constante y de largo plazo, el cual garantice mejores niveles de vida a sus habitantes (ejemplo, salarios decorosos, educación, etc.) y un uso eficiente y racional de los recursos naturales con el menor impacto posible al medio ambiente. Es así como existe una interrelación estrecha entre la economía y el sector energético, el cual tiene fuertes impactos en el sector externo de la economía, en los ingresos fiscales y en general sobre las finanzas públicas.

Por ello, un desarrollo sustentable del país requiere de una política energética que contemple la investigación y la aplicación de tecnología de vanguardia en los campos de la producción, transformación, distribución y uso final de la energía, lo cual permitirá adecuar de manera eficiente y racional los recursos energéticos a la planta productiva nacional y a las necesidades crecientes de sus habitantes con estricto apego a las normas ambientales y ecológicas vigentes.

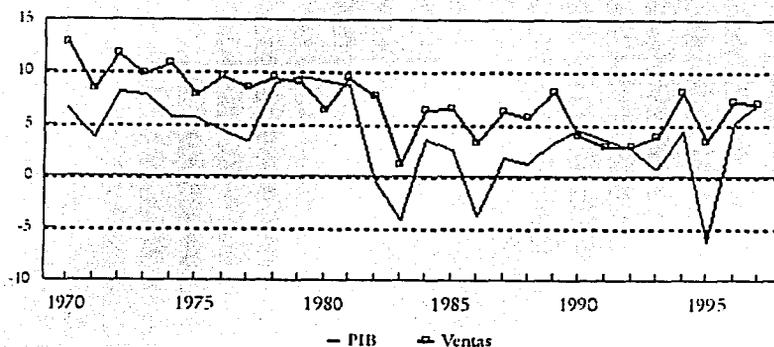
CAPITULO II

PROSPECTIVA DEL SECTOR ELECTRICO

II.1. EVOLUCION ESPERADA DE LA DEMANDA.

Las ventas de electricidad en México aumentaron de 81.9 TWh en 1988 a 130.2 TWh en 1997, lo que representó una tasa de crecimiento medio anual de 5.3% durante la última década. Dicho incremento de la demanda de energía eléctrica fue superior al ritmo del aumento poblacional y al del Producto Interno Bruto.

La demanda interna* de electricidad y el PIB 1970-1997

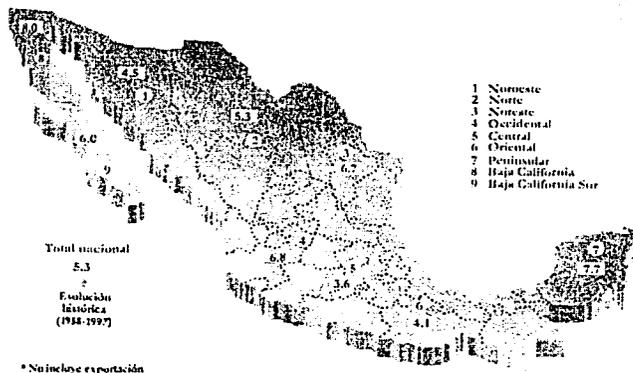


Gráfica de la evolución de la demanda de energía eléctrica.

COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA ELECTRICA POR REGION.

Para el estudio regional del mercado eléctrico, el país se divide en 115 zonas y 12 pequeños sistemas aislados, seis de los cuales reciben energía de importación. Las zonas se agrupan en nueve áreas del sistema eléctrico: noroeste, norte, noreste, occidental, central, oriental, peninsular, Baja California, y Baja California Sur.

Crecimiento promedio anual de las ventas (%)*



Mapa regional.

La evolución esperada de la demanda de energía eléctrica, para los próximos diez años, se estimó a partir del estudio **“Desarrollo del mercado eléctrico”**. Este trabajo lo emprende la CFE anualmente, con el objeto de analizar los escenarios probables del crecimiento de las ventas de energía eléctrica en el país. El estudio reunió la información más reciente del consumo de energía eléctrica sectorial y regional, y contiene un análisis del comportamiento de las condiciones económicas, tecnológicas y demográficas vigentes, el cual permite evaluar aquellos aspectos que determinarán las expectativas sobre la evolución del mercado de electricidad.

La elaboración de los diversos escenarios resulta de la aplicación coordinada de modelos econométricos sectoriales y de estimaciones regionales sustentadas en el análisis de las tendencias del mercado, en las solicitudes formales de servicio y en investigaciones del mercado. En los modelos econométricos utilizados para la estimación de los escenarios se consideraron dos aspectos esenciales: a) ajuste y perfeccionamiento de los modelos sectoriales con un conjunto de variables independientes de naturaleza básicamente económica y demográfica, y b) el cálculo y la integración de las proyecciones de las ventas sectoriales para obtener la perspectiva global del mercado.

Los escenarios estimados incluyeron las expectativas globales, sectoriales y regionales de la demanda de energía eléctrica en el país. Tales escenarios permitieron cuantificar las necesidades de capacidad de generación del sistema eléctrico y de sus regiones.

SUPUESTOS BASICOS DE LA PROSPECTIVA DEL MERCADO ELECTRICO 1998-2007.

Para el estudio del "*Desarrollo del Mercado Eléctrico 1998-2007*", se planteó un escenario factible, el cual consideró las metas macroeconómicas presentadas en el "Planade" y en el "Pronafide", y el desempeño que registró la economía mexicana durante 1997 con un crecimiento real del PIB de 7%. Sin embargo, supuso una tasa de crecimiento del PIB menor a la observada en los dos últimos años, 5.1% para reflejar una desaceleración económica temporal ante un panorama económico mundial muy errático.

De acuerdo con los dos últimos datos y previsiones oficiales del Consejo Nacional de Población (Conapo), se supuso un crecimiento poblacional promedio anual de 1.3%, ligeramente menor al considerado el año de 1997, que fue de 1.4%. También se consideró un aumento anual de 2.5% en el número de viviendas particulares.

En la proyección de la demanda se conservó la relación precio/costo en los sectores comercial, industrial y de servicios, como resultado del ajuste automático por combustibles e inflación a las tarifas de alta, media y baja tensión.

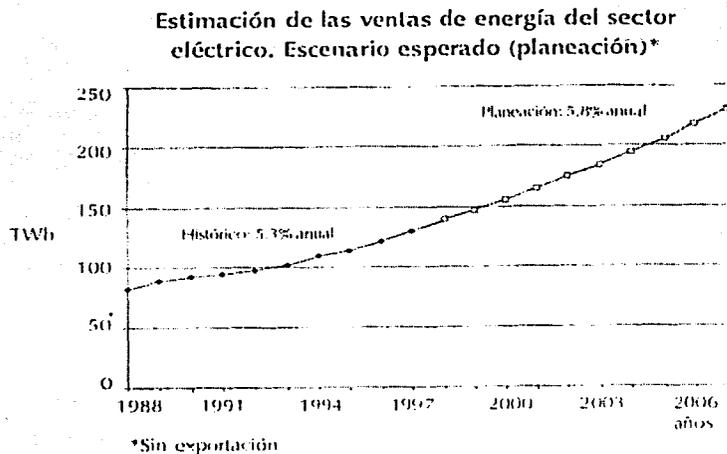
A los resultados de la estimación de la demanda nacional de energía eléctrica se le restó la energía que se autoabastece en términos de las modalidades comprendidas en la LSPEE y su Reglamento.

Se calculó que en 1997 la demanda autoabastecida fue de 9.3 terawatts-hora (TWh), equivalente a 6.7% de una demanda nacional de 139.6 TWh, de los cuales cerca de 60% correspondió a Pemex. En el pronóstico para la próxima década se supuso que el autoabastecimiento crecería un ritmo de 7.7% anual. Adicionalmente, en el cálculo del escenario se incorporaron tanto los ahorros derivados de la implantación del *Horario de Verano* durante 1996 y 1997, como la consideración de las tendencias tecnológicas sectoriales dirigidas hacia un uso más eficiente de la electricidad, derivadas del empleo de los nuevos equipos y sistemas en los sectores industrial, residencial y comercial.

ESTIMACION DE LA DEMANDA TOTAL.

A partir de los supuestos explicados y de los datos más recientes, se obtuvo el escenario de planeación para estimar la expansión de la capacidad de generación, en donde se registra una tasa anual de crecimiento de las ventas de 5.8%, con variaciones en el rango de crecimiento que van de 5.6% al 6.1%, si se considera un intervalo de confianza del 80%. Este escenario se caracterizó por sostener un dinamismo económico importante, especialmente por el desarrollo de los segmentos de la industria y de los grandes servicios, que tienen un impacto relevante sobre la demanda de electricidad. Sin embargo, se previó que en los siguientes años este dinamismo sería menor debido a los problemas mundiales.

En el escenario de planeación se estimó que las ventas serían de 155.5 TWh en el año 2000, con una tasa media anual de 6.1% entre 1998 y el año 2000, mientras que en el año 2007 alcanzarían 229.5 TWh, con un rango de crecimiento medio de 5.7% entre 2001 y 2007. Para el periodo completo 1998-2007, se registraría una tasa media anual de 5.8%, con valores extremos de la banda de confianza a 80% de 224.3 y 234.7 TWh.



Gráfica del escenario esperado de la demanda de energía.

II.2. SISTEMA ELECTRICO EXISTENTE.

A partir de 1960, cuando la capacidad de generación de energía eléctrica era de 3,021 MW y la demanda se abastecía por sistemas eléctricos independientes entre sí, el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) ha evolucionado a un ritmo acelerado bajo un proceso de planeación que tiene como objetivo mejorar continuamente las condiciones de suministro del servicio público de energía eléctrica.

Algunos aspectos relevantes de la evolución del SEN fueron la utilización de mayores tensiones de transmisión (230 y 400 kv), la unificación de frecuencia a 60 Hz , la interconexión de los sistemas regionales, el desarrollo de grandes proyectos hidroeléctricos y termoeléctricos, el aprovechamiento del carbón, de las energías geotérmica, nuclear y, de manera incipiente, la eólica, además de incorporar como instrumento para administrar la demanda de electricidad el uso de tarifas con diferencia horaria. En el año 1997 el SEN contaba con una capacidad de generación de 34,815 MW y con 400,620 km de líneas de transmisión, en niveles de tensión de 2.4 a 400kv.

En forma adicional, una serie de productores privados completaban la oferta de energía eléctrica en el país. Dichos productores privados generan la electricidad con la finalidad de satisfacer sus necesidades propias o para la venta a los organismos encargados del servicio público de energía eléctrica, de acuerdo con las modalidades establecidas por el marco legal vigente.

ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE GENERACIÓN.

Capacidad instalada.

El sistema de generación está integrado por centrales de diferentes tipos que utilizan distintos combustibles o fuentes de energía primaria. En diciembre de 1997, la capacidad instalada total alcanzó 34,815 MW distribuida en las diferentes áreas.

Area	Hidroeléctrica	Térmica convencional	Ciclo combinado	Turbogás	Combustión Interna	Dual	Carboeléctrica	Geotermoeléctrica	Nucleoeléctrica	Total
Noroeste	941	2162		130						3233
Norte	28	1074	200	253						1555
Noroeste	118	1715	378	170			2600			4981
Occidental	1797	3466	218			2100		88		7669
Central (2)	1902	2474	482	374						5232
Oriental	5250	2217	452	43				40	1309	9311
Peninsular		442	212	428	1					1083
Baja California		620		177	2			620		1419
Baja California Sur		113		96	75					284
Zonas aisladas				0	47					47
Total (3)	10036	14283	1942	1671	125	2100	2600	748	1309	34814

*Incluye 1,6 MW de la eólica de La Venta en el área oriental

1 La capacidad hidroeléctrica corresponde a los niveles de diseño de los embalses, durante el estiaje la capacidad se degrada por bajos niveles. La capacidad de las termoelectricas disminuye en verano por efecto de alta temperatura.

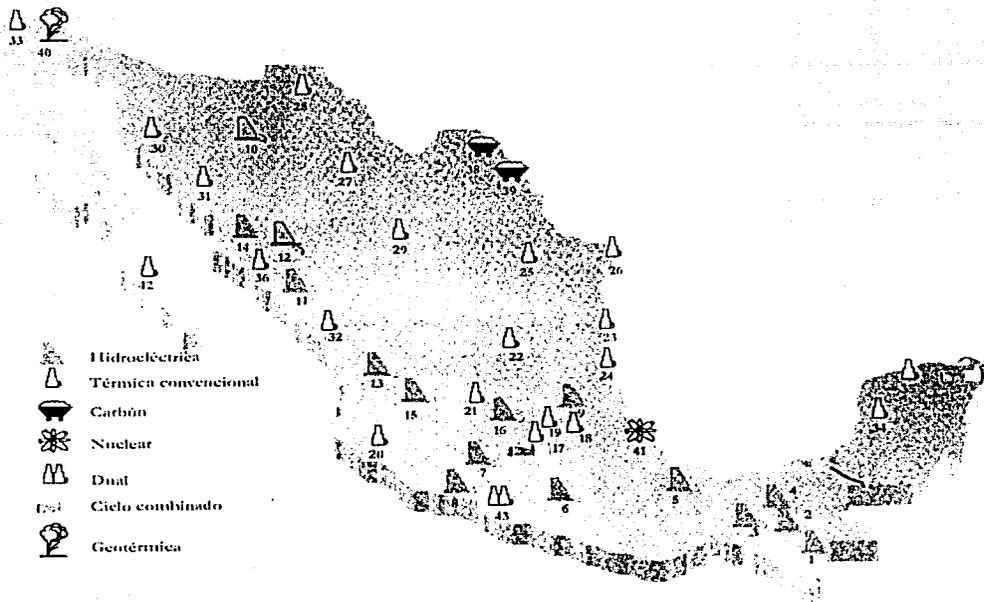
2 Parte de la capacidad hidroeléctrica, sistema Miguel Alemán, 330 MW, está sujeta a restricciones de operación por usos 2a)temos de agua.

3 Las cifras están redondeadas a números enteros; los totales podrían no corresponder exactamente a los sumandos

Cuadro sobre la capacidad instalada del país en 1987.

Principales centrales en operación

En el mapa se ubican las centrales que se destacaron por su capacidad, tecnología de generación o importancia regional. Los números que aparecen debajo de cada central se muestran en el cuadro en donde se indica su nombre, capacidad instalada, área de control y tipo de energía primaria utilizada.



Centrales que destacan por su capacidad e importancia en el país (diciembre de 1987).

A continuación se enlistan las centrales de operación y su capacidad.

No.	Central	Tipo	Capacidad (MW)	Área	Combustible o energía primaria.
1	Belisario Domínguez (Angostura)	Hidroeléctrico	900	Oriental	Energía Hidráulica
2	M. Moreno Torres (Chicoasén)	Hidroeléctrico	1500	Oriental	Energía Hidráulica
3	Malpaso	Hidroeléctrico	1080	Oriental	Energía Hidráulica
4	Angel Alvino Corso (Peñitas)	Hidroeléctrico	420	Oriental	Energía Hidráulica
5	Temascal	Hidroeléctrico	354	Oriental	Energía Hidráulica
6	C. Ramírez Ulloa (Caracol)	Hidroeléctrico	600	Oriental	Energía Hidráulica
7	Infiernillo	Hidroeléctrico	1000	Central	Energía Hidráulica
8	José Maria Morelos (Villita)	Hidroeléctrico	295	Central	Energía Hidráulica
9	Necaxa	Hidroeléctrico	109	Central	Energía Hidráulica

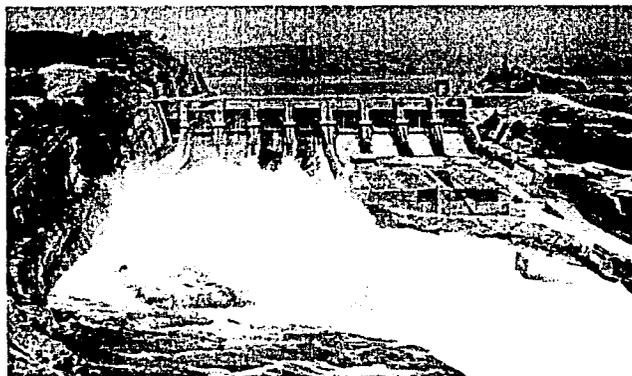
10	Pdte. Plutarco Elías Calles (El Novillo)	Hidroeléctrico	135	Noroeste	Energía Hidráulica
11	Raúl J. Marsal (Comedero)	Hidroeléctrico	100	Noroeste	Energía Hidráulica
12	Bacurato	Hidroeléctrico	92	Noroeste	Energía Hidráulica
13	Aguamilpa solidaridad	Hidroeléctrico	960	Occidental	Energía Hidráulica
14	Luis Donald Colosio (Huites)	Hidroeléctrico	422	Noroeste	Energía Hidráulica
15	Valentín Gómez Farías (Agua Prieta)	Hidroeléctrico	240	Occidental	Energía Hidráulica
16	Zimapán	Hidroeléctrico	292	Occidental	Energía Hidráulica
17	Francisco Pérez Ríos (Tula)	Termoeléctrica	1982	Central	Combustóleo y gas
18	Valle de México	Termoeléctrica	838	Central	Gas y combustóleo
19	Jorge Luque	Termoeléctrica	224	Central	Gas
20	Manzanillo I y II	Termoeléctrica	1900	Occidental	Combustóleo
21	Salamanca	Termoeléctrica	866	Occidental	Combustóleo
22	Villa de Reyes (SLP)	Termoeléctrica	700	Occidental	Combustóleo
23	Altamira	Termoeléctrica	770	Noreste	Combustóleo
24	Adolfo López Mateos (Tuxpan)	Termoeléctrica	2100	Oriental	Combustóleo
25	Monterrey	Termoeléctrica	465	Noreste	Combustóleo y gas
26	Río Bravo	Termoeléctrica	375	Noreste	Combustóleo y gas
27	Francisco Villa	Termoeléctrica	399	Norte	Combustóleo
28	Samalayuca	Termoeléctrica	316	Norte	Combustóleo y gas
29	Guadalupe Victoria (Lerdo)	Termoeléctrica	320	Norte	Combustóleo
30	Puerto Libertad	Termoeléctrica	632	Noroeste	Combustóleo
31	C. Rodríguez R. (Guaymas II)	Termoeléctrica	484	Noroeste	Combustóleo
32	J. Aceves Pozos (Mazatlán II)	Termoeléctrica	616	Noroeste	Combustóleo
33	Pdte. Juárez (Rosarito)	Termoeléctrica	620	B. California	Combustóleo
34	Lerma (Campeche)	Termoeléctrica	150	Peninsular	Combustóleo
35	Mérida II	Termoeléctrica	168	Peninsular	Combustóleo
36	J. De Dios Batiz (Topolobampo II)	Termoeléctrica	390*	Noroeste	Combustóleo
37	Felipe Carrillo Puerto	Ciclo combinado	212	Peninsular	Combustóleo/diesel

38	José López Portillo (Río escondido)	Carboeléctrica	1200	Noreste	Carbón
39	Carbón II	Carboeléctrica	1400	Noreste	Carbón
40	Cerro Prieto	Geotérmica	620	B. California	Vapor endógeno
41	Laguna Verde	Nuclear	1309	Oriental	Oxido de uranio
42	A. Olachea A. (San Carlos)	Combustión interna	65	B. California Sur	Combustóleo y diesel
43	Pdte. Plutarco Elías Calles (Petacalco)	Dual	2100	Occidental	Combustóleo y carbón
Total			29720		

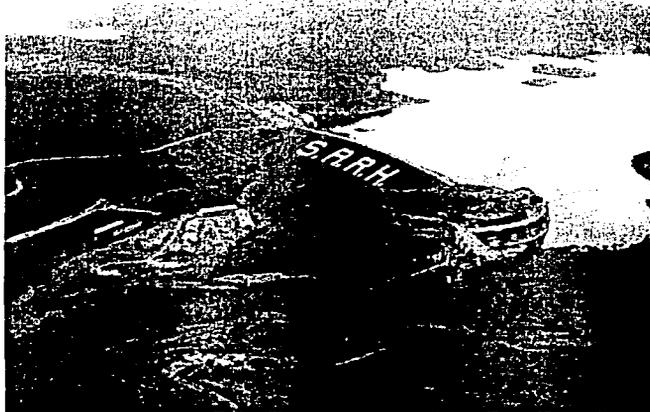
Principales centrales de generación (en operación a diciembre de 1997)

Centrales hidroeléctricas.

El desarrollo hidroeléctrico de mayor magnitud se encontraba en la cuenca del río Grijalva, en el sureste del país, y estaba integrado por las centrales Belisario Domínguez (La Angostura), Manuel Moreno Torres (Chicoasén), Malpaso y A. Albino Corzo (Peñitas). La capacidad total del conjunto era de 3,900 MW y representaba cerca de 39% de la capacidad hidroeléctrica en operación en diciembre de 1997.



Presa Albino Corzo (Peñitas).



Presa Malpasso.

Otro desarrollo importante era el de la cuenca del río Balsas localizado al sur del país. Las centrales que integraban este conjunto son C. Ramírez Ulloa (Caracol), Infiernillo y José María Morelos (La Villita), con un total de 1,895 MW que correspondían a 19% de la capacidad total hidroeléctrica,. La central Aguamilpa Solidaridad, con 960MW, equivalente a 9.6% se localiza en el estado de Nayarit en la cuenca del río Santiago. Entre 1995 y 1996, entraron en operación dos unidades de 146 MW de la central Fernando Hiriart (Zimapán). El resto, 32.4% (Incluyendo Huites y Zimapán), se encuentra distribuido en las cuencas de los ríos Papaloapan, Santiago, Pánuco, Yaqui, El Fuerte, Culiacán y Sinaloa.



Presa Manuel Moreno Torres (Chicoasén)

Centrales de generación a base de hidrocarburos.

La energía termoeléctrica generada a partir de hidrocarburos provenía de centrales de diversas capacidades y tecnologías. El combustóleo se emplea principalmente en unidades de carga base que están localizadas fundamentalmente en puertos o en la proximidad de las refinerías de Pemex.

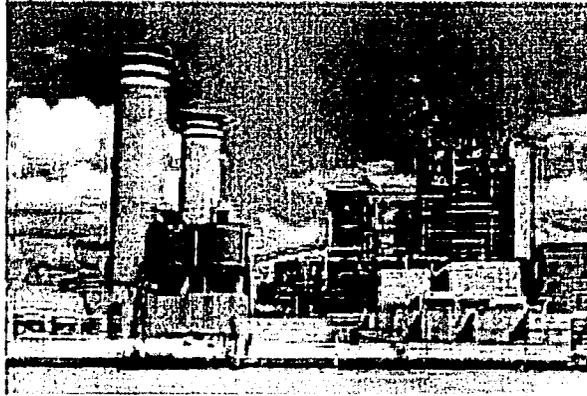
Entre las principales centrales de combustóleo se encontraban Manzanillo con 1,900 MW de capacidad y Adolfo López Mateos (Tuxpan) con 21,100 MW. El gas natural se utiliza en las centrales ubicadas en las áreas metropolitanas del Distrito Federal y Monterrey, y para alimentar las plantas de ciclo combinado. Para los próximos años se previó un incremento en el uso del gas natural, propiciado por los bajos costos de inversión de las plantas de ciclo combinado, por sus altas eficiencias de conversión y por las restricciones en materia de emisión de contaminantes. El diesel es utilizado en unidades turbogás principalmente, que operan durante los periodos de punta y en las que abastecen la demanda en zonas aisladas.



Central Manzanillo.

Centrales carboeléctricas.

El desarrollo carboeléctrico se encontraba localizado en el estado de Coahuila y comprende las centrales José López Portillo (Río Escondido) con 1,200 MW y Carbón II con 1,400 MW en operación.



Central el Carbón II.

Central dual.

La central Presidente Plutarco Elías Calles (Petacalco) con 2,100 MW de capacidad tiene flexibilidad para utilizar combustóleo y/o carbón, y está localizada en el estado de Guerrero, aproximadamente a 25 km. de la ciudad Lázaro Cárdenas. Michoacán.

Centrales geotermoeléctricas.

El mayor desarrollo de energía geotérmica se encontraba en las cercanías de Mexicali, Baja California, en la central de Cerro Prieto con una capacidad de 620 MW, equivalente a 82.9% del total de la capacidad geotérmica en operación del país. El resto, 17.1% se encontraba ubicado en los Azufres, Michoacán y los Humeros, Puebla.



Central los Azufres .

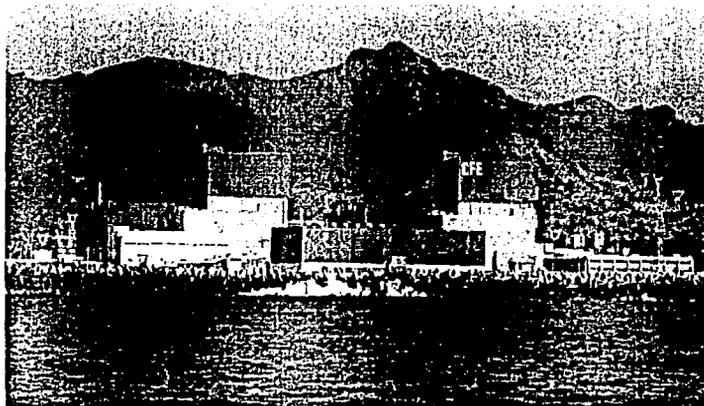


Central los humeros.

Central nucleolétrica.

En el municipio de Alto Lucero, Veracruz, se localiza la central nucleoelectrica de Laguna Verde. La primera unidad de 654.5 MW entró en operación en septiembre de 1990 y la segunda de 654.5 MW inició su operación comercial en abril de 1995.

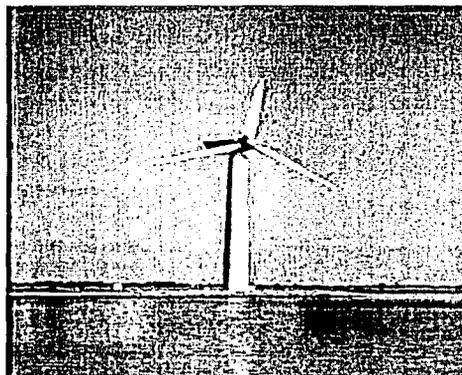
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Central Laguna Verde.

Central eoloeléctrica.

En la Venta, Oaxaca, entró en operación durante 1994 la primera central eólica del país, con una capacidad total de 1,575 MW, en la imagen se presenta un aerogenerador de energía.



Central la Venta.

II.3. CAPACIDAD DE GENERACION Y TRANSFORMACION PREVISTA.

En este capítulo se presentan las estimaciones relativas a los incrementos de capacidad de generación y transmisión que requería el SEN para atender la demanda futura. Parte de estos requerimientos quedarían cubiertos mediante obras en proceso de construcción por parte de la CFE o contratadas con particulares, o bien con los contratos de importación vigentes. A los recursos de capacidad asociados a estas obras en proceso y contratos establecidos se les da el nombre de capacidad comprometida.

Los requerimientos no cubiertos por la capacidad comprometida se abastecerían mediante otros contratos de importación o nuevos proyectos de generación desarrollados por particulares o por la CFE, de conformidad con la LSPEE y su Reglamento. A estos recursos se les denomina capacidad adicional no comprometida.

EXPANSION DEL SISTEMA ELECTRICO.

Los proyectos de generación y transmisión de energía eléctrica tienen largos periodos de maduración. Por ejemplo, desde la fecha en que la Secretaría de Energía (SE) otorga la autorización para efectuar el concurso que da lugar a la construcción de una nueva central de generación hasta su entrada en operación comercial, transcurren aproximadamente cuatro años. En el caso de los proyectos de transmisión, se requiere un periodo de alrededor de tres años. Debido a lo anterior, y considerando que la vida útil de las instalaciones es del orden de 30 años, es necesario planificar la expansión del SEN a largo plazo. Por ello, en este documento se presentan las opciones de crecimiento disponibles y el programa de expansión propuesto para un horizonte de 10 años (1998-2007), tanto de proyectos de generación como de transmisión.

Una actividad básica para el análisis de la expansión del sistema eléctrico es la actualización de la información técnica y de las estimaciones de costos de los proyectos candidatos a ser incorporados en el programa de expansión. Dicha información proviene de los estudios de identificación y evaluación de proyectos y tecnologías que se realizan en la CFE, así como de otras fuentes especializadas. A

partir de esta información se obtiene un catálogo de proyectos factibles y un documento de trabajo que contiene los costos y parámetros de referencia de proyectos típicos de generación y transmisión, denominado Copar.

El programa de expansión del SEN estuvo diseñado con el objetivo de minimizar los costos actualizados de inversión, operación y déficit del suministro en el período planificado (programa de expansión óptimo), y se determinan mediante un análisis sistemático de diversas configuraciones de proyectos que se evalúan técnica y económicamente en el marco del sistema eléctrico. Para realizar este proceso se utilizan modelos de optimización y simulación.

La evolución que tenga el sistema eléctrico en el futuro dependerá de diversos factores: crecimiento de la demanda, precios y disponibilidad de los combustibles, normas ambientales, cambios tecnológicos y participación de los particulares en la generación, entre otros. Tomando en cuenta estos elementos, y con un escenario que prevé la utilización de gas natural para la generación de energía en zonas ambientales críticas, diseñado en el seno del Grupo de Política de Combustibles bajo la coordinación de la SE, se determinó el programa de expansión del sistema de generación que se muestra en forma resumida en el siguiente cuadro.

Tecnología	Comprometida (MW)	Adicional* (MW)	Total (MW)
Ciclo combinado	6078.4	11550	17628.4
Repotenciación	0	430	430
Hidroeléctrica	0	2465	2465
Combustóleo	0	0	0
Carbón	0	0	0
Geotérmica	110	105	215
Nuclear	0	0	0
Turbogás	724.4	150	874.4
Combustión interna	46.5	84	130.5
Eólica	0	0	0
Total	6959.3	14784	21743.3

* De acuerdo con el Artículo 127 del Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, las convocatorias permitirán a los participantes confirmar o proponer la tecnología y el combustible a utilizar en la central generadora.

**Capacidad programada de referencia en el periodo
1998-2007.**

El programa de expansión planteado en esta perspectiva es la referencia para definir las adiciones de capacidad al sistema de generación, las cuales podrán satisfacerse mediante proyectos desarrollados por los particulares conforme con las modalidades previstas en la LSPEE, con el objeto de aprovechar tanto en el corto como en el largo plazo la energía eléctrica que resulte de menor costo.

La realización de las acciones y programas de ahorro y uso eficiente de la energía permitiría reducir el consumo de energía en los próximos años. No obstante lo anterior, se estimó que la tasa de crecimiento anual de la demanda nacional de energía eléctrica para la década 1997-2007 sería de 5.8%, con lo que en las ventas de energía eléctrica pasarían de 130.2 GWh en 1997 a 229.5 en el 2007, es decir que se aumentaría más de 76% el consumo de electricidad en estos diez años.

Para satisfacer la creciente demanda de energía eléctrica se requería construir 21,743 MW de capacidad instalada de generación entre 1998 y el 2007. Esto planteó un gran reto al sector nacional de energía eléctrica, ya que se necesitaba construir una capacidad de 2,174 MW por año en promedio en los mejores términos para el desarrollo nacional.

De los 21,743 MW de capacidad de generación requeridos en el periodo 1998-2007, 6959 MW estaban comprometidos o en proceso de licitación. Los restantes 14,784 MW no estaban comprometidos, por lo que representaban un área de oportunidad para la participación de la iniciativa privada en los proyectos de generación, conforme con los esquemas permitidos por la LSPEE y su Reglamento. Adicionalmente, parte de esta capacidad no comprometida podría ser suministrada mediante proyectos de cogeneración o aprovechamiento de energías renovables económicamente rentables.

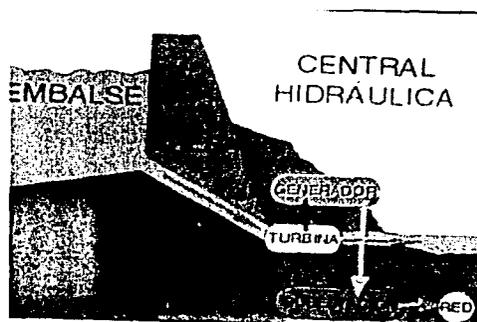
CAPITULO III

DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE UN PROYECTO HIDROELÉCTRICO

III.1. GENERALIDADES.

Un proyecto hidroeléctrico es aquel donde se aprovecha la energía hidráulica para producir energía eléctrica. La energía se transforma, es decir, no se pierde. De igual manera, para obtener energía eléctrica debemos partir de alguna otra forma de energía para realizar el proceso de transformación.

Concentrando grandes cantidades de agua en un embalse, se obtiene inicialmente, energía potencial. Por la acción de la gravedad, el agua adquiere energía cinética o de movimiento pasando de un nivel superior a otro muy bajo, a través de lo que se conoce como obras de conducción. A esta energía desarrollada por el agua al caer se le conoce como energía hidráulica. Por su masa y velocidad, el agua produce un empuje que se aplica a las turbinas, las cuales transforman la energía hidráulica en energía mecánica. Esta se propaga a los generadores acoplados a las turbinas. Los generadores producen energía eléctrica, la cual pasa a la subestación contigua o cerca de la planta. La subestación eleva la tensión o voltaje para que la energía llegue a los centros de consumo con la debida calidad.



Esquema general de una central hidroeléctrica.

Partes constitutivas de un proyecto hidroeléctrico.

1. Fuentes de Abastecimiento:

Es la que permite que la planta se mantenga en funcionamiento al suplir constantemente el agua con un caudal regulado. La fuente está constituida por uno o varios ríos que aportan sus aguas a un embalse, el cual es fundamental para que el suministro de agua no se vea afectado por los frecuentes cambios del caudal del río o de los ríos. Para formar el embalse es necesario estudiar el área determinada de un río con un caudal preestablecido y definir el sitio para construir la presa. La presa funciona como una pared artificial que cierra un valle o depresión geográfica donde el agua se va almacenando.

2. Obras de conducción:

Estas obras son las que realizan el traslado del agua desde el embalse hasta las turbinas. Pueden ser canales, túneles o a veces una combinación de ambos y siempre rematan con tuberías de presión o tubería forzada.

3. Casa de Máquinas:

Es la edificación donde se produce la energía eléctrica. Consta de varias partes, entre las más importantes se encuentran las unidades turbogeneradoras, la sala de control y los equipos auxiliares; otras de menor importancia son la grúa viajera, la bodega y el desfogue.

4. Subestación:

Los generadores de la planta producen la corriente eléctrica relativamente con bajo voltaje, lo cual haría imposible que el servicio en los centros de consumo fuese de buena calidad. Por tal motivo es necesario utilizar una subestación, esta estructura cuenta con otra serie de equipos que permiten regular dicho servicio. La subestación se instala cerca de la planta generadora o presa.

Datos para la construcción de un proyecto hidroeléctrico.

En la elaboración de un proyecto hidroeléctrico es necesario contar con diferentes estudios que nos arrojen distintos datos que nos ayuden a garantizar una mayor eficiencia en dicho proyecto.

A continuación se enuncian los principales.

Datos generales:

Mapa de localización y de los alrededores

Localización del proyecto.

Localización de las obras existentes afectadas por la obra propuesta.

Localización de carreteras, ferrocarriles, y otros servicios públicos.

Localización de las oficinas de la superintendencia de construcción, en campamentos o en la ciudad, caminos de acceso, aeropuertos, etc.

Lugares de embarque por ferrocarril.

Estaciones de aforo y de muestreo, estaciones meteorológicas, etc.

Datos hidrológicos:

Registros de aforos, incluyendo las descargas diarias, volúmenes mensuales, y gastos máximos momentáneos.

Rendimiento hidráulico de la corriente y del vaso.

Volúmenes de agua requeridos, incluyendo la necesaria para las pérdidas en irrigación y para obtener energía, pérdidas de conducción, utilización de las aguas de retorno y el agua necesaria para los peces; y almacenamiento muerto para energía, esparcimiento, peces y animales salvajes, etc.

Estudio de avenidas, incluyendo las avenidas de proyecto y de las que se esperen durante los periodos de la construcción.

Estudios de azolve y de calidad, incluyendo medida del azolve, análisis de sólidos disueltos, etc.

Datos sobre los niveles del agua freática en los alrededores del emplazamiento de la presa y del vaso.

Derechos hidráulicos y convenios contractuales con los estados y municipios locales.

Datos climáticos:

Temperaturas y precipitaciones mensuales e intensidad de las tormentas.

Intensidades de la evaporación.

Temperaturas máximas, mínimas y medias.

Direcciones y velocidades del viento.

Datos geológicos:

Informe geológico de la zona.

Discusión de las formaciones geológicas, especialmente cuando exista caliza cavernosa u otras formaciones solubles, lava descubierta, grava descubierta, y depósitos glaciales de naturaleza permeable que puedan ser causa de filtraciones importantes.

Observaciones sobre el nivel freático.

Presencia de materiales perjudiciales y de depósitos de sal.

Fotografías mostrando las características del vaso y de los terrenos.

Secciones transversales geológicas donde sean necesarias.

Datos para la construcción de la presas:

Plano del emplazamiento de la presa.

Topografía del emplazamiento de la presa y de las zonas de la cortina.

Controles verticales y horizontales, de preferencia por algún sistema de triangulación.

Cuadrícula para coordenadas.

Localización de los afloramientos de roca y detalles geológicos aparentes.

Localización de mejoras hechas por el hombre en el emplazamiento.

Localización de los sondeos, pozos de prueba, y de otras exploraciones para la cimentación.

Exploraciones para la cimentación:

Hacer suficientes sondeos, a los pozos de prueba para determinar el carácter la profundidad del material de despalme para determinar la viabilidad y las especificaciones del proyecto.

Descripción y registros de exploración, incluyendo elevaciones del terreno en los sondeos, coordenadas de su localización, y suficientes notas detalladas para interpretar con claridad los registros.

Muestras.

Suficientes exploraciones para determinar el carácter de la roca o de los estratos impermeables de la cimentación por lo que toca a viabilidad y especificaciones para el proyecto.

Exploraciones para localizar materiales:

Localización y descripción de las características del material que se propone usar en la construcción de la cortina, incluyendo tierra, arena-grava para agregados y para el terraplén, y roca para terraplenes y para enrocamiento.

Levantamiento de los bancos de préstamo, mostrando la localización de los sondeos hechos para determinar la viabilidad y las especificaciones del proyecto.

Registros de las exploraciones.

Muestras representativas de los materiales que contienen los bancos de préstamo.

Datos sobre el agua de descarga:

Curvas de aforos de las corrientes, si se pueden obtener.

Secciones transversales de las corrientes, con elevaciones y fechas arriba y abajo de la cortina.

Curvas de descarga y de remanso para las marcas de las avenidas especificadas.

Condiciones locales que controlan el proyecto de la presa:

Caminos necesarios.

Necesidades de reposición o cambios en las obras existentes.

Necesidades de edificios permanentes o de campamentos para los operadores.

Efecto de las condiciones locales con respecto a las compuertas del vertedor de demasías y de las obras de toma, especialmente las condiciones en invierno, etc.

Disponibilidad de energía eléctrica para la operación del equipo mecánico.

Capacidad y elevaciones de las obras de toma necesarias según las determinan las condiciones locales.

Condiciones locales que afectan la construcción:

Servicios adicionales de transporte requeridos para la construcción, incluyendo caminos de acceso, etc.

Trazo de ferrocarriles, carreteras o aeropuertos.

Mejoras necesarias en los servicios de transporte existentes.

Costo estimado de la adquisición de datos suficientes para estimar el costo de los servicios de transporte.

Disponibilidad de energía eléctrica para la construcción.

Requisitos para el campamento de construcción, estimando el número de empleados y campamentos necesarios para los empleados para la supervisión y construcción; servicios de abastecimiento de agua y sanitarios; leyes locales respecto a la salubridad, contaminación de las corrientes, etc.

III.2. OBRAS DE DESVÍO.

Las obras de desvío o desviación tienen por objeto dejar en seco el sitio de construcción de una cortina así como también las obras auxiliares durante el periodo de construcción, para lo cual es necesario desviar temporalmente el escurrimiento del río.

En general los esquemas que se estudian para el desvío del escurrimiento de un río serán diferentes cuando se trate de una cortina de concreto o de una de materiales graduados. En el primer caso poco o ningún daño ocasionaría que ciertos volúmenes de agua pasaran por encima de la estructura; no así en el segundo caso, en que el agua podría erosionar la estructura y provocar una falla de graves consecuencias.

Recientemente se han hecho investigaciones acerca del paso de flujos sobre enrocamientos, con el fin de aplicarlas a la construcción de ataguías y prever la presencia de avenidas en el caso de cortinas de enrocamiento en proceso de construcción.

Algo que también puede influir en la selección del desvío es el tamaño de la estructura, pues para una estructura relativamente pequeña, en la que el tiempo de construcción sea menor que el periodo de secas, el desvío será distinto que para una grande en la que el tiempo de construcción sea mayor a uno o varios periodos hidrológicos anuales consecutivos, comprendiendo secas y lluvias. En este último caso habrá necesidad de desviar el escurrimiento total, tanto de secas como de lluvias, de varios periodos hidrológicos anuales; o escoger un periodo abundante que se considere típico, valuando los gastos máximos probables.

En México los ríos del centro y el sur del país tienen periodos de escurrimiento bien definidos en primavera y verano, diferentes a los ríos del norte y el noroeste en donde se presentan dos periodos de escurrimiento abundante provocados por lluvias de verano y escurrimientos de invierno, producto de precipitaciones que causan los frentes polares y, algunas veces, el deshielo en la montaña.

Con el objeto de poder determinar el conjunto y la dimensión de las estructuras que forman la mejor solución para el desvío se consideran los factores siguientes:

- a) Régimen del escurrimiento.
- b) Magnitud y frecuencia de las avenidas durante el desvío.
- c) Métodos de desviación.

REGIMEN DEL ESCURRIMIENTO.

El régimen que se observa de una corriente es el que suministra la información de mayor confianza en cuanto a las características del flujo en un sitio determinado,; por lo que se deberá consultar siempre que de él se disponga.

La representación gráfica del régimen de un río, o sea el hidrograma, es a veces sumamente ilustrativo y es recomendable estudiarlo con cuidado, ya que a si se pueden definir las diferentes etapas constructivas y el lapso que comprendan cada una de ellas. Es motivo de especulación tratar de fijar el periodo mínimo de observación del escurrimiento de un río que se debe aceptar como conveniente; pero en general se puede decir que periodos mínimos del orden de 15 ó 20 años se pueden considerar aceptables.

Por otro lado, es conveniente que los datos de observación que sirvan de base para determinar el escurrimiento que se va a desviar correspondan a la cuenca en estudio, y en un punto lo más cercano al sitio de construcción.

MAGNITUD Y FRECUENCIA DE LAS AVENIDAS PARA EL DISEÑO DE UNA OBRA DE DESVIACIÓN.

Es importante establecer mediante los estudios hidrológicos con que frecuencia y magnitud se dan las avenidas en la cuenca en estudio ya que la obra de desvío deberá contemplar en su diseño estos dos factores, para garantizar que no se presenten eventos que pongan en riesgo la construcción de la obra.

METODOS DE DESVIACIÓN.

La planificación del conjunto de estructuras que forman un desvío dependerá principalmente de cinco elementos.

- I.- Magnitud del flujo que se va a desviar.

- 2.- Características físicas del sitio de construcción: topográficas, geológicas, etc.
- 3.- Tipo de cortina por construir: de concreto o materiales graduados; vertedora o no vertedora.
- 4.- Características y localización del resto de las estructuras hidráulicas que forman la presa, como obra de toma, obra de excedencias, obras de control. etc.
- 5.- La probable secuencia de las actividades constructivas.

De esta manera, utilizando los dos primeros elementos que proporciona la naturaleza, y los tres últimos, cuya determinación corresponde de manera directa en los responsables del proyecto, se trata de seleccionar un conjunto de estructuras con características óptimas considerando practicabilidad, economía y riesgos calculados.

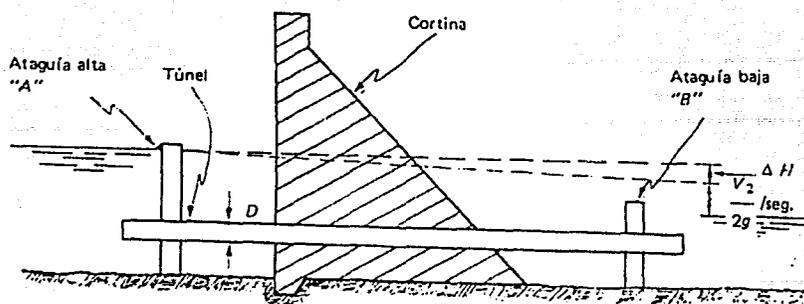
Las obras de desviación deberán ser tales que se puedan incorporar al programa de construcción con un mínimo de pérdidas, peligro y retraso.

Es práctica común efectuar el desvío de una corriente mediante la utilización de una o varias de las estructuras siguientes:

- 1.- Canal o tajo temporal a través del sitio de construcción.
- 2.- Hueco o paso temporal a través de la cortina de concreto.
- 3.- Conducto a través del cuerpo de la cortina de materiales graduados.
- 4.- Túneles a través de las laderas de la boquilla.

Secuencias de las actividades constructivas.

- a) Construcción del túnel o los túneles.
- b) Construcción de las ataguías.
- c) Limpia y excavaciones en el sitio.
- d) Tratamiento de la cimentación.
- e) Colados de concreto.



Estructuras de las obras de desvío.

En la planificación de las obras de la presa se debe considerar la posibilidad de que el túnel de desvío se pueda utilizar en alguna obra permanente posterior, como puede ser la obra de toma o la descarga de la obra de excedencias.

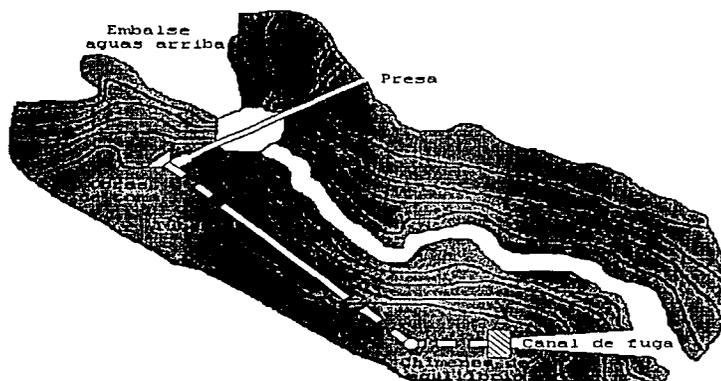
Asimismo, la localización de dichas obras la determinan las condiciones locales.

Es muy frecuente que las atagüas se construyan de enrocamiento, para lo cual se hacen estudios especiales y probablemente un modelo a escala.

III.3. OBRAS DE TOMA.

Las obras de toma en presas son pasajes o conductos a través de los cuales se extrae agua, de acuerdo con una ley determinada.

Las obras de toma forman un conjunto de estructuras y sus auxiliares que permiten condiciones satisfactorias de flujo, eficiente control y regulación de las extracciones en cualesquier circunstancia.

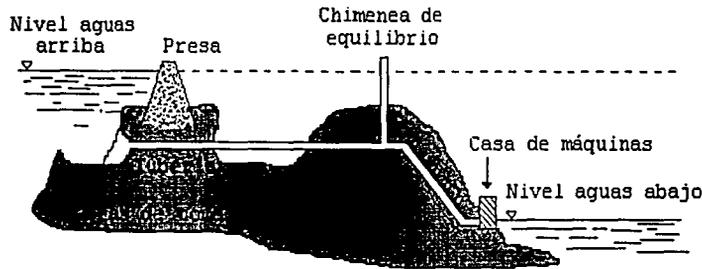


Esquema en planta de una obra de toma.

El diseño de obras de toma varía mucho de acuerdo con las condiciones geológicas y topográficas, los tipos y dimensiones de las cortinas, así como las variaciones de gasto por extraer. Para esta última condición puede ser suficiente una obra de toma; pero en grandes ríos o en grandes presas se puede requerir varias tomas, o bien una toma con varios pasajes o conductos.

Las extracciones de agua de las presas se pueden requerir para irrigación, abastecimiento de poblaciones, producción de fuerza motriz, conservación de niveles bajos en caso de control de avenidas y, en algunos casos, navegación fluvial. Los valores concretos de los gastos y sus variaciones se determinan por medio de los estudios hidrológicos correspondientes. La capacidad de una obra de toma y su funcionamiento esta condicionada por la ley de extracciones, de acuerdo con el uso o los usos a que se destine. La ley de extracciones es un dato previo al diseño de la toma.

Los conductos de las obras de toma se pueden localizar a través de las cortinas de concreto, dentro de trincheras sobre roca sólida, en cimentaciones de cortinas de tierra o tierra y enrocamiento, o en túneles localizados en las márgenes del río, en casos de cortinas de concreto, de tierra o de tierra y enrocamiento.



Esquema de una obra de toma.

Con frecuencia se planea la construcción de túneles de desvío para presas con cortinas de concreto en arco delgado y para casi todos los tipos de tierra y tierra y enrocamiento, los que, una vez cumplida la función del desvío, se aprovechan para localizar en ellos las obras de toma.

Los conductos de las obras de toma en presas pueden descargar directamente al río o a los sistemas de conducción, previa la disipación de la energía cinética del agua.

ELEMENTOS DE LAS OBRAS DE TOMA.

En general, una obra de toma consiste en: estructura de entrada, conductos, mecanismos de regulación y emergencia con su equipo de operación y dispositivos para disipación de energía.

La estructura de entrada puede consistir en desarenadores, rejillas y orificio u orificios. Con frecuencia en la estructura de entrada se instalan compuertas de emergencia o de control con el objeto de desaguar los conductos en caso necesario.

Asimismo, a lo largo de los conductos se construyen transiciones, cuando se requieren cambios en el tamaño o la forma de las secciones rectas; en algunas ocasiones será necesario construir un canal de acceso o llamada, con el fin de orientar el flujo de agua desde el vaso hasta el sitio de la toma.

Los mecanismos de regulación y emergencia consisten en válvulas o compuertas que se diseñan para la carga máxima, y se construyen para ciertas condiciones de operación. Las de emergencia se instalan aguas arriba de los de regulación y se conservan abiertas, excepto cuando se requieren maniobras de inspección, reparación o mantenimiento.

Los mecanismos de regulación se operan para extraer los gastos necesarios, y consisten en válvulas o compuertas que pueden operar a aberturas parciales o en su totalidad.

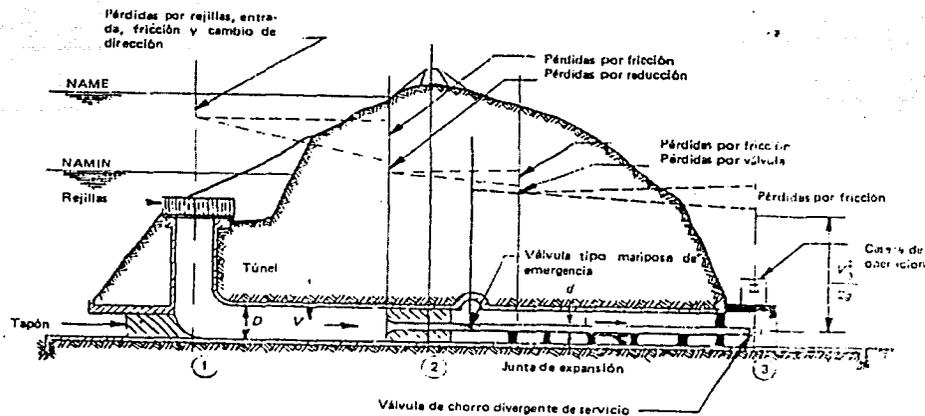
Con frecuencia es conveniente prever una ventilación adecuada en aquellos sitios en que se puedan presentar presiones subatmosféricas o bien, sea necesario dejar escapar aire comprimido, principalmente en donde las válvulas o compuertas vayan a operar bajo grandes cargas.

Los mecanismos de emergencia se instalan en el paramento mojado de cortinas de concreto o a la entrada de los conductos en cámaras especiales desde donde se operan. Los de regulación se pueden instalar inmediatamente aguas abajo de las de emergencia o en el extremo inferior de los conductos, de acuerdo con las circunstancias particulares de cada proyecto.

Los conductos en las obras de toma pueden ser túneles o tuberías, o bien túneles y tuberías, en donde las tuberías trabajarán a presión y los túneles también a presión o como canales abiertos.

Todos los elementos de la obra de toma se deben planear para satisfacer las condiciones particulares del sitio determinado. Las elevaciones, las pendientes y los alineamientos los determinarán las cargas de operación, la capacidad requerida, la localización y la elevación del agua en la descarga, etc.

Es conveniente que los alineamientos sean según una línea recta o muy cercanos a ella; y cuando sean necesarios los cambios de dirección o codos, que los radios de curvatura de los ejes no sean menores de cinco veces los diámetros de los conductos.



Algunos elementos de la obra de toma.

OBRAS DE TOMA A TRAVÉS DE CORTINAS DE CONCRETO.

Cuando las obras de toma se instalan cruzando cortinas de concreto los conductos comúnmente se colocan atravesando la sección de concreto, a lo largo de líneas horizontales o con pendiente hacia aguas abajo, con el objeto de que en ningún caso la línea del gradiente hidráulico intercepte dicho conducto. La posición de la línea de presiones se debe investigar para flujo máximo y para la condición de golpe de ariete negativo.

Las descargas directas al río se pueden localizar en las descargas de los vertedores o muy cerca de ellos. Las obras de toma con descargas directas a los sistemas de conducción se deben localizar de manera que cumplan satisfactoriamente con esta condición.

Asimismo, tanto el número de conductos y sus dimensiones como otros detalles de las obras de toma se deben planear en tal forma que los gastos requeridos se puedan extraer para cualesquiera elevaciones en el embalse y en la descarga.

Los conductos a través del cuerpo de una cortina de concreto generalmente son de forma circular, aun cuando se pueden requerir secciones rectangulares para la

instalación de cierto tipo de válvulas o compuertas. En estos casos se deberá prever la ejecución de transiciones.

Los conductos para bajas descargas se pueden construir simplemente con el hueco en el concreto; para altas descargas por lo general se requiere el revestimiento con placa de acero en toda su longitud. En todos los casos se deben investigar los efectos de concentración de esfuerzos, para diseñar el refuerzo adecuado en el concreto.

En la gran mayoría de los casos las descargas de las obras de toma se localizan en las zonas no vertedoras de las cortinas, por lo que es necesario prever algún dispositivo para disipar la energía cinética del agua, antes de que regrese el agua al río o a los canales de conducción. En caso de que el sistema de conducción sea una tubería forzada, no será necesario este último dispositivo.

OBRAS DE TOMA A TRAVÉS DE CORTINAS DE TIERRA O DE TIERRA Y ENROCAMIENTO.

Las obras de toma con conducto de concreto a través de cortinas de tierra o tierra y enrocamiento se deben construir en la superficie de desplante, en roca firme, o en trincheras excavadas en terreno firme. Ninguna parte de la obra de toma se deberá cimentar arriba de la superficie de desplante, sobre rellenos, donde la puedan dañar los asentamientos diferenciales.

En cortinas altas es conveniente que los conductos de la toma queden cimentados en roca firme; y en cortinas bajas sólo se deben aceptar cimentaciones en terrenos suaves, cuando se consideren adecuados después de las investigaciones de resistencia correspondientes.

En presas de mucha altura con cortina de tierra o tierra y enrocamiento es frecuente que las compuertas o válvulas de emergencia queden localizadas en cámaras o tiros verticales que coincidan con el eje de la cortina, para eliminar la necesidad de construir torres de toma muy altas, al pie del talud de aguas arriba, así como puentes de acceso a la sala de control de los mecanismos.

Los tramos de conductos que queden aguas arriba de la cámara o los tiros verticales deberán siempre conducir el agua con la presión interna provocada por la carga del embalse, con el objeto de evitar que las variaciones en dicha presión hagan variar el diámetro del conducto y, por consiguiente, favorezcan la formación de tubificaciones a lo largo del contacto entre superficie exterior del conducto y el terraplén.

Hacia aguas abajo de la cámara de válvulas las descargas se pueden efectuar a través de tuberías a presión, dentro del conducto de concreto, o libremente para que el conducto trabaje como canal abierto. En ambos casos las válvulas o compuertas de regulación se instalan en el lado de aguas abajo de las de emergencia, pudiendo haber necesidad de prever la construcción de dispositivos de disipación de energía en el extremo de salida. En el primer caso, de descarga a través de tuberías a presión, se deben prever los accesos para inspección y mantenimiento. La forma de la sección de los conductos puede ser circular o de herradura; la circular es preferible para la sección bajo presión, en el lado de aguas arriba de las cámaras. En cambio, la sección herradura puede resultar más conveniente para el lado de aguas abajo de dichas cámaras.

Todos los conductos se deben diseñar y reforzar para soportar, sin agrietamientos, las cargas de terraplén de la cortina.

En ningún caso se deben permitir filtraciones de los conductos hacia el terraplén. Por otra parte, hay que diseñar collares en la superficie exterior de los conductos para prevenir filtraciones peligrosas en el contacto concreto-tierra que puedan favorecer la formación de tubificaciones.

Estos collares pueden ser de 0.30 m a 0.50 m de espesor, penetrando de 0.50 m a 1.50 m en el terraplén, y espaciados de 6 m a 12 m. En presas de pequeña altura con frecuencia se instalan las compuertas de emergencia y servicio en una estructura en torre, aguas arriba del cuerpo de la cortina, habiendo necesidad de un puente de acceso y haciendo trabajar todo el conducto como canal abierto.

Las obras de toma a través de túneles en las laderas constituyen quizá el tipo de toma más conveniente para presas con cortinas de tierra, tierra y enrocamiento o arcos delgados, cuando se deben descargar gastos de cierta consideración. En realidad se pueden combinar con todos los tipos de cortinas, cuando las laderas están formadas de roca sana, y permiten diseños muy económicos, sobre todo cuando las descargas se localizan a lo largo de los túneles de desvío.

Los mecanismos de emergencia se pueden colocar en estructuras a la entrada o en cámaras relativamente cercanas a la entrada, con el fin de disminuir la longitud de túnel sometida a presión interna. La descarga hacia aguas abajo de las compuertas puede ser a canal abierto, pero en caso de que la sección hidráulica para el conducto sea menor que la del túnel, se instalarán tuberías dentro del conducto, con válvulas de regulación en el extremo de aguas abajo.

Cuando se diseñen descargas libres aguas abajo de las compuertas se debe prever una buena ventilación del túnel, ya sea dejando un espacio libre entre el nivel máximo del agua y la clave de conducto o por medio de tuberías de ventilación colocadas para ello.

El acceso a la zona de compuertas o válvulas se puede hacer por medio de tiros verticales hasta la superficie del terreno.

En el caso de tuberías aguas abajo de la zona de válvulas la sección del túnel debe ser suficiente para permitir las operaciones de construcción, inspección y reparaciones, con unas dimensiones adecuadas de equipo.

Se dotará a la tubería de anillos atiesadores, soportes y juntas de expansión, para garantizar un buen comportamiento, así como machones de anclaje en caso de cambios de dirección.

A un cuando los túneles pueden ser revestidos o no, de acuerdo con las condiciones de la roca que atraviesen, es conveniente que sean revestidos en su totalidad, incluyendo la zona de tuberías o descargas libres. Dicho revestimiento se deberá reforzar de acuerdo con las probables condiciones de carga a la que estará sometido de manera que se eviten agrietamientos que pueden ser nocivos, principalmente en la parte aguas arriba de la zona de compuertas o válvulas.

Todas las grietas o fisuras en la roca exterior de la sección del revestimiento se deberán inyectar en forma adecuada a fin de garantizar el trabajo solidario entre roca y revestimiento.

Por otra parte, podrán ser necesarios o no dispositivos de disipación de energía, en el extremo de aguas abajo, de acuerdo con las características del sitio o las condiciones particulares de la descarga.

ESTRUCTURAS DE ENTRADA.

Las estructuras de entrada en obras de toma constan principalmente de rejillas o de una combinación de rejillas y compuertas de emergencia o control. Dependiendo del diseño particular en cada presa, la obra de toma debe corresponder a las condiciones de cimentación, descargas requeridas, cargas de operación, variaciones de niveles del agua en el embalse y cantidad de sólidos flotantes que puedan llegar a la toma. Debido a las condiciones hidráulicas de que se hablará después, se requiere mayor área de rejillas que de compuertas y, por consiguiente, el desarrollo de la superficie de rejillas pueden tomar formas relativamente caprichosas. Por ejemplo, en obras de toma a través de cortinas de concreto la estructura de rejillas puede tener proyección en planta, rectangular, en línea quebrada con varios lados o semicircular; en obras de toma a través de cortinas de tierra, tierra y enrocamiento o túneles en las laderas, las rejillas se pueden desarrollar a lo largo de líneas quebradas o curvas, e incluso colocarse en torres de toma dentro del vaso. En algunos casos, relativamente frecuentes en México, las estructuras de toma a través de túneles en ladera se construyen a lo largo de las superficies inclinadas a la ladera. Esta última solución no se debe adoptar en los taludes de aguas arriba de las cortinas de tierra y enrocamiento, debido a los trastornos que se pueden presentar durante la operación, como consecuencia de los asentamientos del cuerpo de la cortina. Es deseable que las estructuras de entrada en que se instalen compuertas de control tengan acceso en todo tiempo, para poder realizar maniobras de inspección y reparaciones en caso necesario.

En tomas con baja carga, para el caso, se deja la posibilidad de instalar obturadores de aguja, ya sea metálicos o de madera. Para tal efecto se dejan ranuras con aristas protegidas con ángulos de acero, o vigas H como apoyos de las agujas.

En tomas profundas se utilizan compuertas de emergencia que pueden ser rodantes o deslizantes, para dejar en seco la zona de inspección o reparación.

Cuando la estructura de entrada se resuelve a base de torre dentro del vaso es necesario proveerlas de puente de acceso, ya sea desde la corona de la cortina.

REJILLAS.

Las rejillas evitan que: los sólidos flotantes atraviesen la estructura de entrada y entren a los sistemas de conducción, pudiendo afectar los mecanismos que estén instalados aguas abajo, sean válvulas de emergencia, de servicio, turbinas hidráulicas o bombas.

Puede no ser necesario instalar rejillas en tomas que trabajen con descarga a canales abiertos o túneles trabajando como tales.

En climas muy fríos donde exista posibilidad de formación de hielo en las rejillas se deben tomar precauciones especiales para impedirlo. En algunas obras de toma se inyecta aire caliente por la parte inferior con el objeto de formar un flujo vertical ascendente y descongelar las zonas en que se haya iniciado el congelamiento.

La separación entre soleras de 0.05 m y 0.15 m dependerá del tamaño de los mecanismos que se instalen aguas abajo.

PÉRDIDAS DE CARGA POR ENTRADA.

Conviene que las aristas en los muros de entrada de las tomas se redondeen para deducir pérdidas de carga y evitar efectos de cavitación, tanto como sea posible. Sin embargo, existen ocasiones en que son necesarias las aristas vivas, cuando se instalan compuertas de emergencia en la entrada de las tomas. En este caso se debe prever una ventilación eficiente en la parte aguas abajo del asiento de las compuertas.

LOCALIZACIÓN DE LA OBRA DE TOMA EN RELACIÓN CON LOS NIVELES DEL EMBALSE.

En presas de almacenamiento las obras de toma deben satisfacer dos condiciones:

a) Deben estar lo suficientemente abajo del nivel mínimo de operación para que se disponga de carga suficiente para que se efectúe el flujo. El nivel mínimo de operación puede coincidir o no con el nivel correspondiente a la capacidad de azolves.

b) Teniendo en cuenta que es práctica común reservar un almacenamiento para azolves o almacenamiento muerto, la toma debe quedar lo suficientemente alta para no interferir con esta condición, que al mismo tiempo garantiza cierta calidad del agua que se extraiga.

LOCALIZACIÓN DE LAS OBRAS DE TOMA EN PLANTA.

En cuanto a la localización de las obras de toma, en planta, está condicionada a la margen en donde exista la demanda, a las condiciones locales y a la planificación general de las estructuras de la presa.

OBRAS DE TOMA EN PRESAS DE DERIVACIÓN.

Con este tipo de obras de toma se busca extraer agua del vaso de una presa de derivación cuya capacidad de almacenamiento no existe o es despreciable para efectos de regulación.

Debido a esta circunstancia las estructuras se construyen para una de dos condiciones:

a) Con el mismo régimen del escurrimiento, si aguas arriba está construida una presa de almacenamiento cuyas extracciones correspondan a cierto régimen preestablecido.

b) Con un gasto más o menos constante que puede corresponder al mínimo del escurrimiento, cuando la presa derivadora se construye en un río virgen sin regulación aguas arriba. Por consiguiente, estas obras de toma son estructuras de superficie, que generalmente se localizan en uno o ambos extremos de la cortina, y cuyas elevaciones se escogen de manera que dominen por gravedad la zona de aprovechamiento, y que, además, sus diferentes partes no sean dañadas por el agua en caso de avenidas.

Por otra parte, en vista de que el agua que escurre por el lecho del río lleva consigo grandes cantidades de gravas y arenas, como arrastre del fondo, se debe considerar la construcción de algún dispositivo desarenador con el fin de eliminar tales arrastres, antes de que el agua pase por la toma y, posteriormente, al sistema de conducción y a la zona de aprovechamiento y teniendo en cuenta que el agua que escurre con frecuencia lleva consigo sólidos flotantes que pueden provocar molestias y conflictos en la operación del sistema de conducción, es conveniente prever, en tales casos, la instalación de rejillas.

III.4. CORTINA.

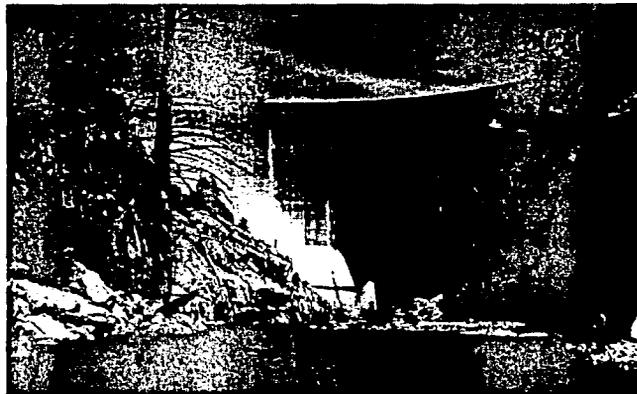
Cortina es una estructura que es colocada atravesada en el lecho de un río, con el objeto de formar un almacenamiento o una derivación, la estructura debe de satisfacer relativamente la impermeabilidad y condiciones de estabilidad.



Cortina de concreto de una presa

Las cortinas son clasificadas de acuerdo a su altura, a su propósito, esto quiere decir que si son vertedoras o no vertedoras, y al tipo de construcción y los materiales que la constituyen.

2



Cortina de concreto de una presa.

TIPOS DE CORTINAS.

CORTINAS TIPO GRAVEDAD.

Se le da el nombre de cortina gravedad a las cortinas masivas de concreto o mampostería, las cuales resisten fuerzas que le son impuestas, principalmente por el mismo peso propio.

Las cortinas de gravedad tienen una sección recta casi triangular, con mucha frecuencia son construidas en planta recta, a un cuando se pueden tener desviaciones que permitan aprovechar las características topográficas del sitio.

CORTINAS EN ARCO.

La cortina de arco se usa para designar una estructura curva, con convexidad hacia aguas arriba, la cual adquiere una mayor parte de su estabilidad al transmitir la presión hidráulica.

Las cortinas de arco se clasifican de varias formas, haciendo referencia a su forma en planta, elevación y sección, una cortina puede ser simétrica o asimétrica en planta y elevación, pueden ser de espesor constante o variable, centro de curvaturas constantes o variables.

CORTINAS DE MACHONES O CONTRAFUERTES.

Las cortinas de contrafuertes están comprendidas de dos elementos estructurales principales que son: una cubierta inclinada que soporta el empuje hidráulico y machones, y la otra estructura son los contrafuertes o muros que soportan la cubierta y transmiten las cargas a la cimentación a lo largo de planos verticales. Se han utilizado dos tipos de machones, que son simples y dobles, estas se subclasifican con referencia al tipo de cubierta que soporta la presión hidráulica y son las siguientes:

Cortinas de machones y losas: la cubierta de este tipo de cortina está formada por losas planas apoyadas en ménsulas construidas en la parte de aguas arriba de los machones, las juntas entre las losas y los machones se sellan con tapajuntas de hule o polivinilo, para garantizar su impermeabilidad y flexibilidad; este tipo de cortinas son aptas para adaptarse para pequeños asentamientos diferenciales de la cimentación, sin que esto represente la formación de grietas en los elementos de concreto o algún daño en la estructura.

Cortinas de arcos múltiples: la cubierta esta formada por arcos múltiples que consiste en una serie de cascarones cilíndricos inclinados, apoyados en los machones, la ventaja de los arcos es la de soportar y transmitir cargas mayores, para un claro determinado, en condiciones económicas más favorables; pero la construcción de arcos múltiples es más costosa, y debido a su rigidez de su unión con los machones es menos apta que la de placas.

Cortinas de machones con cabeza: la cortina de machones con cabeza se forman adelgazando el machón, es decir, hacia aguas abajo y dejando un ensanchamiento en el lado de aguas arriba. Los términos cabeza redonda se refieren a la forma del ensanchamiento en la cara de aguas arriba que ilustran el tipo de cortina.

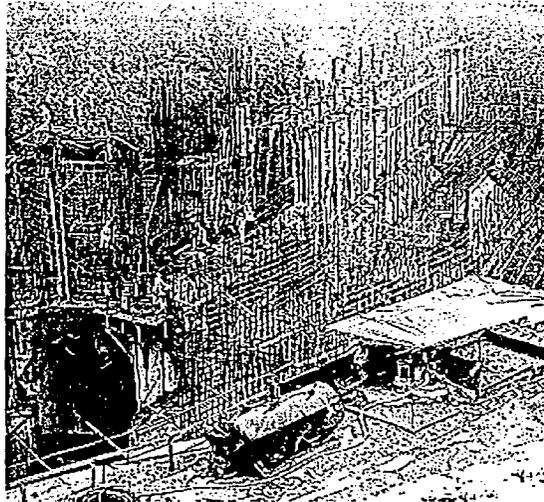
CORTINAS DE TIERRA Y ENROCAMIENTO.

Este tipo de cortina esta formada por roca suelta, grava, arena, limo o arcilla en muy variada combinaciones de colocación, con el fin de obtener un grado de impermeabilización y compactación aceptables y establecidos, ya sea por medio de rodillos lisos, rodillo con patas de cabra o rodillo vibratorio o paso de equipo de construcción y se clasifican de la siguiente manera :

Cortinas homogéneas de tierra: la cortina está formado por tierra común, con ambos taludes protegidos por una capa de enrocamiento, la tierra es colocada en capas delgadas y se le da la compactación por medio mecánico, este tipo de cortina es probable que haya sido la construcción más antigua del hombre.

Cortinas homogéneas de enrocamiento: estas cortinas están construidas principalmente de enrocamiento con el paramento de aguas arriba revestido de losas de concreto hidráulico o concreto asfáltico, placas de acero o madera.

Cortinas de materiales graduados: estas cortinas consisten en una zona central o corazón impermeable, con zonas semipermeables y permeables colocadas progresivamente hacia aguas abajo y aguas arriba desde dicho corazón, y dependiendo de los materiales disponibles en la región, los respaldos de material permeable se pueden construir con gravas o enrocamientos de buena calidad. La estabilidad de estas estructuras es una función de la estabilidad de sus taludes, en donde el flujo de agua a través del cuerpo de las mismas desempeña un papel sumamente importante.



Construcción de una cortina para presa.

Cortinas de enrocamiento en presas: la geometría de estas cortinas, vertedoras, obedece a condiciones hidráulicas especiales y a la posibilidad de erosiones al pie de las mismas, actualmente se construyen en México, formando parte de presas derivadoras.

FACTORES QUE AFECTAN LA DETERMINACIÓN DEL TIPÓ DE CORTINA.

La determinación del tipo de cortina más conveniente, para un sitio determinado, involucra la consideración de muchos factores, a un cuando, con frecuencia, para estudios preliminares se requiera la elaboración de diseños de más de un tipo, con el objeto de estimar costos y determinar el que se usará en el diseño final.

Los factores que generalmente tiene importancia en la determinación del tipo de cortina son los siguientes:

Condiciones del sitio.

Factores hidráulicos.

Condiciones de tránsito.

Condiciones climáticas.

CONDICIONES DEL SITIO.

Se incluyen condiciones que puedan influir en el tipo de estructura que se vaya a construir, como son las condiciones de cimentación, topografía, materiales de construcción y accesibilidad al sitio.

FACTORES HIDRÁULICOS.

Desde El punto de vista económico, es la obra de excedencias la estructura más importante que influye en la determinación del tipo de cortina, siguiéndole en su orden la obra de desvío y la obra de toma.

CONDICIONES DE TRÁNSITO.

Con mucha frecuencia las presas inundan tramos de carreteras y caminos que quedan localizados dentro del vaso de almacenamiento y es indispensable su relocalización; en esos casos la cortina puede representar una buena solución para cruzar el río de que se trate. La cortina puede ser un sitio favorable para cruzar el río por un camino federal o estatal, dicha posibilidad se debe tener en cuenta en el diseño.

Las cortinas tipo gravedad se adaptan bien para la construcción de un camino en su corona; no así los tipos de arcos delgados y machones, en donde se deben hacer consideraciones especiales al respecto, muchas veces de un costo elevado.

CONDICIONES CLIMÁTICAS.

El clima, cuando es muy extremoso, puede tener efectos perjudiciales en estructuras muy delgadas como arcos y machones, en donde es conveniente proteger las superficies expuestas a grandes cambios de temperatura para evitar que se descascare el concreto y se reduzca la sección útil.

III.5. OBRAS DE CONTROL Y EXCEDENCIAS.

Las obras de excedencias son estructuras que forman parte intrínseca de una presa, sea de almacenamiento o derivación y cuya función es la de permitir la salida de los volúmenes de agua excedentes a los de aprovechamiento.

Es frecuente que los volúmenes de agua excedentes de una presa se devuelvan al cauce del propio río a través de estructuras de descarga proyectadas convenientemente, sin embargo en ocasiones las descargas se efectúan a los ríos pertenecientes a cuencas de otro río o subcuencas del mismo

En la época actual ya casi no hay necesidad de hacer énfasis en la importancia de las obras de excedencias, las que se deben concebir como verdaderas válvulas de seguridad de las presas.

La capacidad de una obra de excedencias la determina la avenida de diseño, las características de vaso y el programa de operación de la propia obra, la finalidad de transitar por el vaso la avenida de diseño seleccionada es para la determinación de la combinación del súper almacenamiento en el vaso y la capacidad de descarga del vertedor u obras de excedencias.

El ingeniero proyectista debe ser sumamente cauteloso al valuar la seguridad de una obra de excedencias en una presa de tierra o enrocamiento debido a que si por una operación defectuosa o por la presencia de una avenida mayor que la supuesta el

nivel del agua sobrepasa la elevación de la corona de la cortina puede haber graves consecuencias tanto para la presa como para las vidas y los bienes materiales localizados aguas abajo, no así en presas de concreto, en donde las consecuencias para tales condiciones pueden ser menores.

La forma más fácil de proyectar una obra de excedencias es la de suponerla como un vertedor de cresta fija, coincidiendo con el nivel de aguas máximas ordinarias (NAMO) o de operación.

En el caso de plantas hidroeléctricas puede ser atractivo el aprovechamiento del volumen y la carga en producción adicional de fuerza motriz.

TIPOS DE OBRAS DE EXCEDENCIAS.

VERTEDORES DE EXCEDENCIAS.

Vertedores de caída libre: estos vertedores están asociados a cortinas de acero, o de contrafuertes, donde el espesor del concreto y la geometría general no sean favorables para guiar la vena líquida desde la cresta hasta la parte inferior; si la roca de cimentación es resistente a la erosión, el agua se puede dejar caer libremente sin protección, pero en el caso contrario se debe prever alguna estructura para disipar la energía cinética del agua y amortiguar el impacto.

Cortinas vertedoras con caída en rápida: estos tipos de vertedores se localizan en una sección reducida de una cortina de tipo gravedad, sobre la cual se permite el paso de flujo de agua, la cresta se forma para ajustarse a la vena líquida, en las condiciones de gasto máximo. Si la roca de cimentación es compacta y de buena calidad, la parte inferior de la descarga se puede diseñar como un deflector o salto de esquí, si la cimentación es erosionable se requerirá la construcción de un tanque disipador de energía.

Vertedor con tiro vertical: Los vertedores con descarga en tiro vertical tienen una entrada en embudo que conecta a un túnel, en cuyo extremo inferior puede existir un deflector o una estructura disipadora de energía. Esta forma de vertedores se adapta a presas con vaso de almacenamiento muy encañonado, gastos relativamente pequeños y en el que el agua que fluya a través de ellos esté libre de objetos que puedan obstruirlos, en nuestro país existía solamente un vertedor de este tipo,

formando parte de la presa Chihuahua construida para agua potable sobre el río Chuvíscar.

Vertedores con descarga directa en canal: los vertedores con descarga directa en canal generalmente están asociados con cortinas de enrocamiento, tierra y enrocamiento o cortinas de concreto, cuando por alguna causa no conviene que sean vertedoras, se considera una buena práctica de ingeniería no localizar este tipo de vertedores sobre cortinas de tierra y enrocamiento, debido a que estas estructuras están sometidas a algún grado de asentamientos después de terminada la construcción.

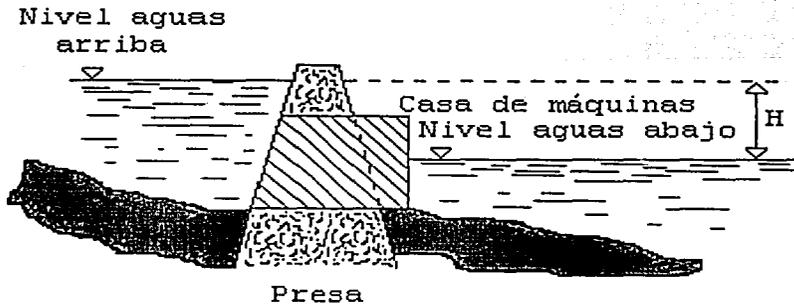
Vertedor con canal lateral: estos vertedores tienen la particularidad de que el eje del canal de descarga es paralelo o casi paralelo al eje de la sección vertedora, la cual, a su vez, es paralela o casi paralela al eje de la corriente, el análisis hidráulico se basa en la suposición de que toda la energía del agua que pasa por el vertedor se disipa en turbulencias, y la pendiente en el canal lateral o canal colector, debe ser suficiente para acelerar el agua en dirección del flujo en el canal de descarga.

SIFONES.

Los sifones son obras de excedencias que ya no se usan en presas, sobre todo por su reducida capacidad, estas estructuras se utilizan como excedencias de canales.

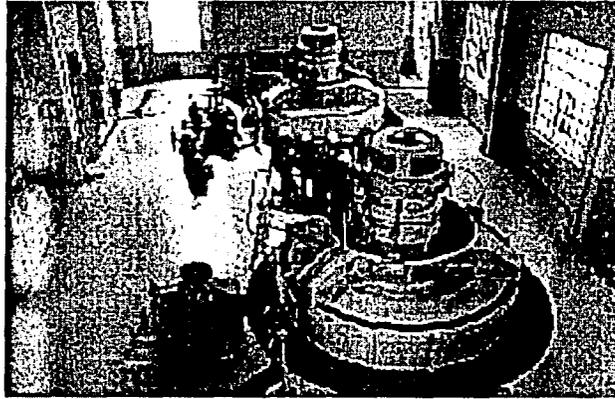
III.6. CASA DE MAQUINAS

La casa de máquinas de una central hidroeléctrica se compone de un cuarto de máquinas y de un número de locales secundarios, como talleres, oficinas, depósitos, guardarropas, lavabos y baños, que se agrupan según su destino alrededor de la casa de máquinas, donde van las turbinas y los generadores.



Esquema general de una presa y su casa de máquinas.

El tipo de las turbinas influyen notablemente en la organización de la casa de máquinas, y por eso es conveniente estudiar los principales tipos de turbinas, de modo que el ingeniero tenga ideas sobre su organización, su instalación y sobre el espacio necesario para ellas.



Casa de máquinas.

La casa de Máquinas generalmente tiene planta rectangular; sus dimensiones dependen de las máquinas que en ella haya que instalar. El espacio libre entre dos máquinas tiene que permitir holgadamente el paso sin peligro para el personal, aunque las máquinas estén en marcha y además debe permitir las reparaciones corrientes, las de las piezas más voluminosas de las máquinas se efectúan en el patio o explanada de reparaciones.

La altura de la casa de máquinas depende de la altura de los elementos que constituyen las máquinas, que tienen que transportarse por encima de las otras máquinas, aumentada en la altura de la grúa; en general resultan considerables.

El piso de la casa de máquinas se coloca siempre a una altura suficiente para estar a cubierto de inundaciones en época de crecidas, el revestimiento del piso se hace de materiales lavables, y bastante resistentes para que al dejar encima de él las piezas de las máquinas desmontadas no puedan deteriorarlo. Las paredes se revisten con azulejos hasta una altura de dos metros, para el cielo claro raso son apropiados los artesonados de madera, por que en ellos no se forman gotas de agua por condensación.

La iluminación de la casa de máquinas se realiza por medio de ventanas situadas a buena altura, no suele exigirse calefacción de la sala de máquinas, por regla general, por que las mismas máquinas caldean suficientemente el ambiente, en cambio en verano hay que prever una buena ventilación: Se puede admitir que todas las pérdidas de energía mecánica y eléctrica en las máquinas se transforman en calor.

En la centrales pequeñas las condiciones de energía desde los generadores hasta la instalación de distribución se colocan debajo del piso, en canales adecuados que se cubren con chapa estriada.

La casa de máquinas ha de tener fácil acceso y debe ser siempre posible que las cargas procedentes de fuera puedan acercarse sin dificultades hasta el campo de acción de la grúa puente.

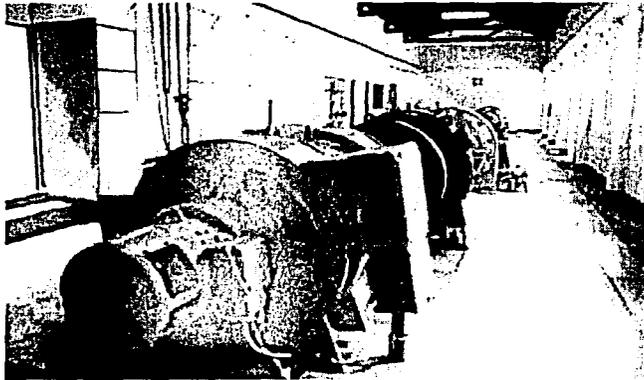
Si en la casa de máquinas hay turbinas de eje vertical y en éste y en el del generador hay engranajes, se colocan las máquinas a diferentes alturas, especialmente el regulador y la bomba de aceite se instalan en tales casos debajo del piso de la casa de máquinas.

MAQUINAS HIDRÁULICAS.

Las máquinas hidráulicas se emplean para despojar en lo posible al agua de su energía y transformarla más o menos en energía mecánica. La energía del agua se presenta en varias formas: potencial, cinética y de presión.

En las máquinas hidráulicas se producen pérdidas hidráulicas y mecánicas; las hidráulicas provienen del rozamiento entre el agua y las aletas de la turbina, de remolinos inevitables, principalmente en la parte de atrás de las aletas, del choque del agua contra las aletas, de las pérdidas por el agua que pasa por el espacio que siempre queda entre el rodete y la directriz, y de la energía cinética que conserva el agua al salir de la turbina.

Las máquinas hidráulicas pueden clasificarse en ruedas hidráulicas y turbinas. Las ruedas hidráulicas estuvieron muy generalizadas en otros tiempos, alcanzándose con ellas excelentes rendimientos que nada tenían que envidiar a las demás antiguas turbinas, pero su velocidad era pequeña e inconstante, estas han sido casi suplantadas por completo por las turbinas rápidas de tiempos actuales, solo en sitios de montaña se emplean todavía en serrerías y molinos de poca importancia, donde las construyen los artesanos del lugar. Para instalaciones más importantes de turbinas, las cuales según la manera en que el agua llega al rodete, se clasifican en turbinas de admisión parcial o total.



Turbina hidráulica.

GENERADORES.

Los generadores de corriente eléctrica casi sin excepción se acoplan directamente a las turbinas; en las centrales pequeñas se emplean acoplamientos elásticos, pero en las grandes centrales es necesario el acoplamiento rígido.

Los generadores suministran casi siempre corriente alterna trifásica de 50 períodos, cuando las turbinas tienen el eje horizontal se montan también los generadores con el eje horizontal. Las turbinas de eje vertical se acoplan a generadores en forma de sombrilla, si la carga es muy intensa, los generadores se calientan tanto que hay necesidad de enfriarlos artificialmente con aire frío; se emplean generadores acorazados, sistema que facilita además la limpieza y la amortiguación del ruido. El aire se pone en movimiento por la misma acción del rotor del generador. Si el alternador trifásico produce corriente de 50 períodos y tienen p pares de polos, son posibles todos los números de revoluciones que corresponden a la fracción 3000, los p más usados son : 3000,1500,1000,750,600,500,375,250,187,150,125,107,94,83, y 75. Cuanto mayor es la potencia del generador, tanto más reducido se elige el número de revoluciones.

Los generadores grandes son máquinas de gran peso, y su transporte exige a veces recurrir a procedimientos especiales.

GRÚA PUENTE.

En la casa de máquinas se dispone siempre de una grúa puente cuya capacidad de carga corresponda al peso de la mayor pieza de maquinaria que ha de manejar.

En las centrales pequeñas el movimiento de la grúa y la elevación de las cargas se hace a mano; en las centrales grandes se utilizan para este fin motores eléctricos, estos corren sobre rieles especiales, apoyados en toda su longitud, los rieles se sitúan a alturas convenientes para que la grúa pueda transportar todas las piezas de las máquinas por encima de las otras máquinas, para llevarlas hasta el patio de reparaciones. A causa de las oscilaciones del objeto que tiende de la grúa se producen esfuerzos horizontales que actúan sobre las paredes de la central a la altura de los carriles, generalmente se admite, para estas fuerzas horizontales, del 5 al 7.5 % de la carga máxima elevada por la grúa. Esta debe de disponerse de modo que pueda tomar las cargas directamente de los vehículos que la conducen.

CAPITULO IV

CAPACIDAD HIDROELECTRICA DEL RIO SANTIAGO A NIVEL DE PLANEACION

INTRODUCCIÓN

La experiencia acumulada a través de largos años en la planeación, diseño y construcción de aprovechamientos hidroeléctricos han permitido establecer una metodología que describe los procesos y actividades principales que se realizan en el estudio de un proyecto hidroeléctrico, esta metodología es conocida como Proceso para el Desarrollo de Proyectos Hidroeléctricos.

Dicho proceso comprende tres etapas fundamentales:

1. Planeación
2. Diseño-Construcción
3. Operación

El objetivo de la etapa de Planeación consiste en desarrollar estudios básicos y de ingeniería preliminar que sustenten la viabilidad de los aprovechamientos.

La etapa de Diseño-Construcción tiene como objetivo desarrollar la ingeniería básica, de detalle y la elaboración e integración de las bases para concurso de cada aprovechamiento, así como los trabajos de supervisión durante su construcción.

El objetivo de la última etapa es el de operar comercialmente el aprovechamiento durante toda su vida útil.

A continuación se enuncian los lineamientos básicos para el estudio de cualquier aprovechamiento hidroeléctrico a nivel de planeación.

Alcances de la etapa de Planeación

Los alcances de esta etapa están comprendidos desde la localización de sitios posibles de aprovechar, a nivel nacional, hasta la definición de las características técnicas, económicas, financieras, sociales y ambientales que sustenten la viabilidad de un anteproyecto.

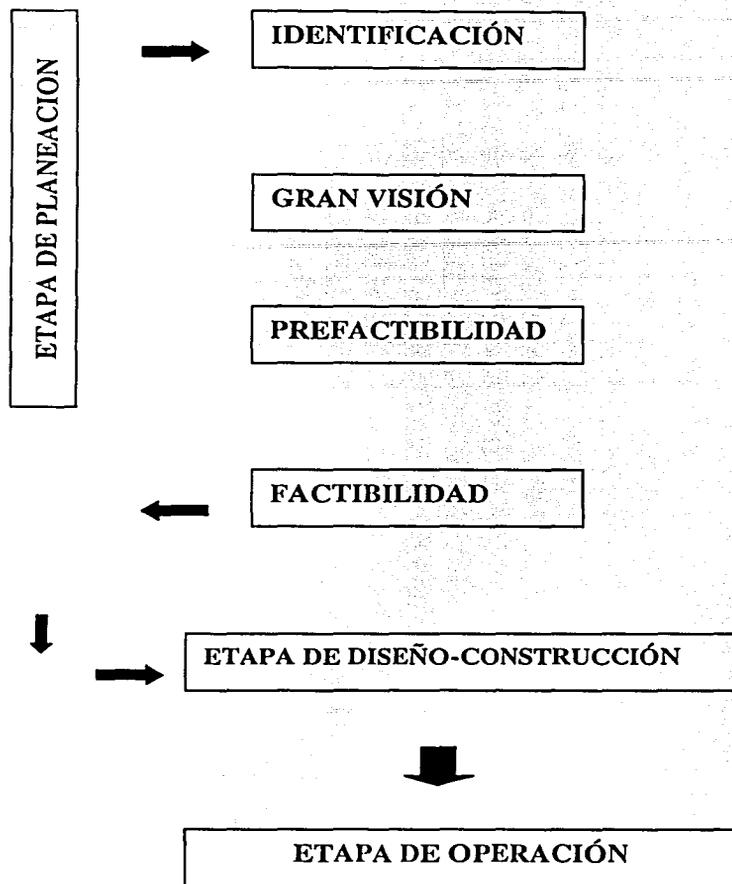
Niveles de estudio

Con base en la experiencia adquirida y de acuerdo a una metodología basada en los estudios e inversiones requeridas para sustentar los futuros aprovechamientos hidroeléctricos se han podido definir los siguientes niveles de estudio que comprende la etapa de planeación los cuales son:

- I. Identificación.**
- II. Gran Visión.**
- III. Prefactibilidad.**
- IV. Factibilidad.**

Los objetivos generales de cada uno de estos niveles de estudio son:

Identificación: Es identificar, a nivel nacional, todos los posibles sitios para su aprovechamiento hidroeléctrico, estimando potencia y generación en cada sitio, a través de trabajos de gabinete.



Esquema de los niveles en la etapa de planeación.

Gran Visión: Es definir el esquema de aprovechamiento integral de una cuenca, subcuenca o tramo de río, estimando el potencial hidroeléctrico que ofrece y estableciendo la jerarquización de los proyectos que lo forman, desde el punto de vista técnico, económico, social y ambiental, conforme a requerimientos de potencia y energía del Sistema Eléctrico Nacional en la zona.

Prefactibilidad: Es analizar los posibles esquemas de obras de un aprovechamiento, para lo cual se plantean diferentes ubicaciones y tipos de obra, considerando estudios hidrológicos, topográficos, geológicos y de afectaciones así como el impacto ambiental posible.

Factibilidad: Es definir las características de un proyecto específico, dimensionando con mayor detalle las estructuras que lo componen, de acuerdo a los diversos trabajos de campo solicitados, con la seguridad de que la opción seleccionada es técnica, económica, financiera y ambientalmente viable.

Una vez concluida la etapa de planeación de algún anteproyecto se analiza su programación para la etapa de Diseño-Construcción.

Potencial Hidroeléctrico Nacional

Los resultados de cada uno de los proyectos que se analizan en los diferentes niveles de estudio, antes planteados, conforman una base de datos conocida como Potencial Hidroeléctrico Nacional (PHN). En ésta base deben indicarse las principales características de cada uno de los proyectos (nombre del proyecto, ubicación, localización en cartas de INEGI, gasto, carga, potencia, generación, etc.); además, para los niveles de Gran Visión, Prefactibilidad y Factibilidad, debe elaborarse una Ficha Técnica que describa con mayor detalle las características de los mismos.

Así, para mejor control del PHN, éste se divide en cinco regiones de estudio, las cuales a su vez se dividen en 27 sistemas hidrológicos, como se indica a continuación:

REGIÓN ESTUDIO	DE	SISTEMA HIDROLÓGICO	CENTRO DE ANTEPROYECTO
Pacífico Norte		<ul style="list-style-type: none"> • Baja California • Sonora • Yaquí • Fuerte – Mayo • San Lorenzo – Sinaloa • Baluarte – Elota • San Pedro – Acaponeta • Santiago • Costa de Jalisco • Sistema Lerma 	Centro de Anteproyecto Pacífico Norte (CAPN)
Norte		<ul style="list-style-type: none"> • Conchos • Nazas • Río Bravo 	Departamento de Ingeniería Básica (DIB)
Pacífico Sur		<ul style="list-style-type: none"> • Costa de Michoacán • Balsas • Costa de Guerrero • Costa de Oaxaca 	Centro de anteproyectos Pacífico Sur (CAPS)
Golfo		<ul style="list-style-type: none"> • San Fernando – Soto la Marina • Pánuco • Costa de Veracruz • Papaloapan • Coatzacoalcos 	Centro de Anteproyectos Golfo (CAG)
Sureste		<ul style="list-style-type: none"> • Tonalá • Grijalva • Tacotalpa • Usumacinta • Costa de Chiapas 	Centro de anteproyectos Pacífico Sur (CAPS)

Las 5 regiones de estudio del PHN.

Con la información registrada, tanto en el PHN, como en la Fichas Técnicas, se jerarquizan los proyectos, obteniendo con ello una lista de estudios suficiente en número y calidad compatible con las necesidades futuras de energía eléctrica en nuestro país. Esta lista se conoce como Cartera de Proyectos Hidroeléctricos.

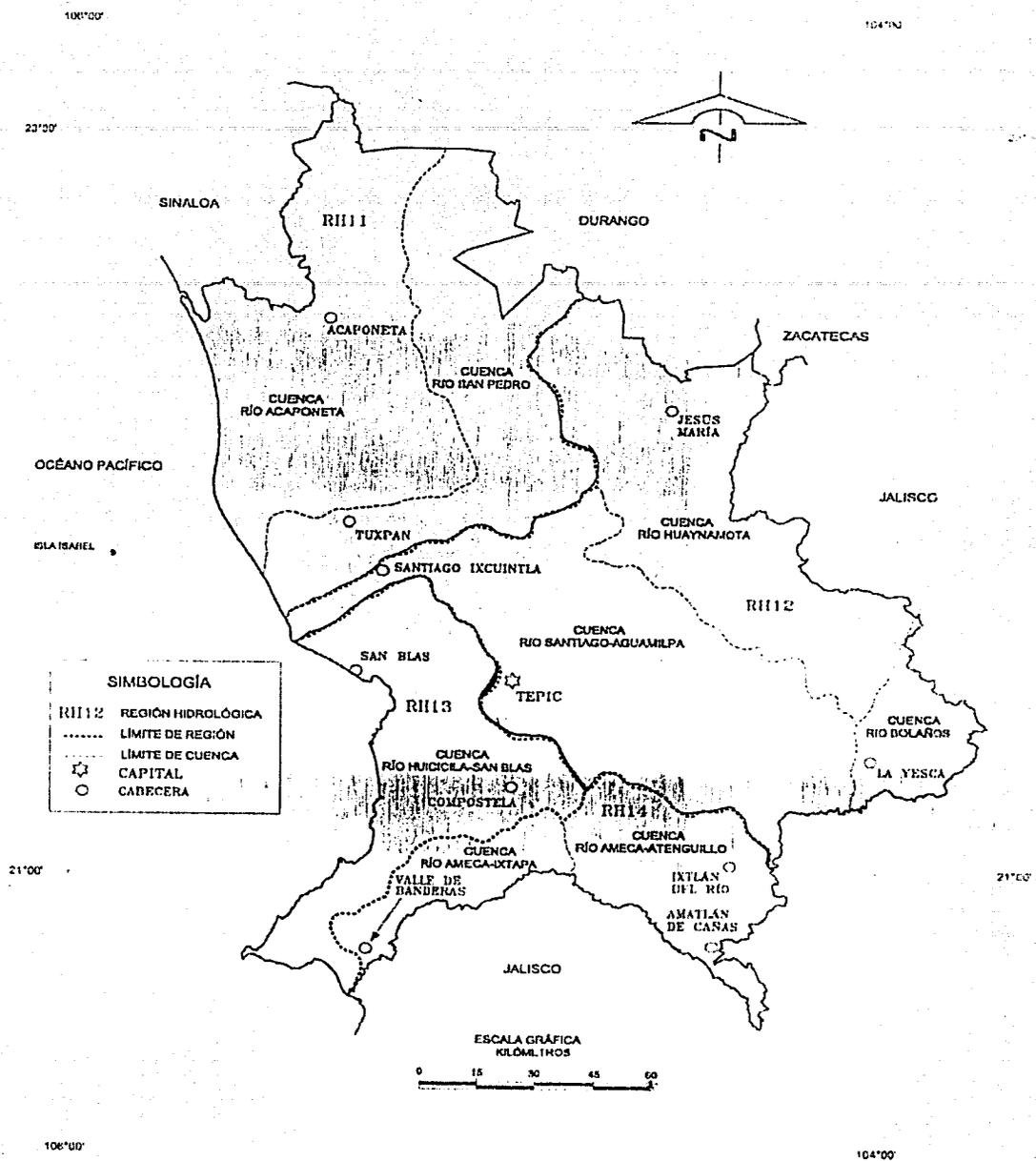
Tanto el PHN, como la Cartera, son normalizados, recopilados, manejados y actualizados por la Disciplina de Identificación y Evaluación del Potencial Hidroeléctrico.

Según esta clasificación la cuenca del río Santiago se ubica en la región Pacífico Norte

IV.1. GENERALIDADES DE LA CUENCA

Las características climáticas, orográficas y geológicas del estado de Nayarit, determinan su gran potencial hidrológico superficial, que comprende las múltiples corrientes y cuerpos de agua, naturales y artificiales; por otro lado la irregular distribución y el régimen estacional de los elevados volúmenes de agua que se precipitan y escurren en el territorio estatal, provocan que el agua subterránea juegue un papel fundamental; por lo tanto es manifiesta la importancia económica que tiene este recurso en el desarrollo de zonas agrícolas, fuentes generadoras de energía eléctrica, sustento de actividades acuícolas, así como suministro de agua potable y servicios.

Según la clasificación de la antigua Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, el territorio estatal de Nayarit queda comprendido por cuatro regiones hidrológicas: RH-11 Presidio-San Pedro, RH-12 Lerma -Santiago, RH-13 Huicicila y RH-14 Ameca; cada región se subdivide en cuencas.



Regiones y cuencas hidrológicas, Nayarit.

REGION HIDROLOGICA (RH-12) LERMA SANTIAGO

Esta es una de las regiones más importantes del país y la más extensa de Nayarit, se ubica en las porciones oriental y central y sur-oriental de la entidad, donde cubre una extensión del 39.74%. Colinda en su mayor parte con Jalisco y su porción noroeste con Durango; hacia al sur limita con la RH-14 Ameca y hacia el norte y principal corriente que la drena es el río Grande de Santiago.

La relevancia de la corriente denominada "Lerma-Santiago" se debe a su longitud y caudal; se origina en el Estado de México para continuar con una dirección general sureste-noroeste, hasta desembocar en el lago de Chapala, donde cambia de nombre a Grande de Santiago, y sigue su curso a través de los estados de Jalisco y Nayarit, hasta desembocar en el Océano Pacífico; recibe el aporte de numerosos afluentes, siendo los principales: Bolaños, De Joraviejo, La Palmilla, Santa Fé, Guasimas y Huaynamota.



El Río Santiago.

Esta región Hidrológica comprende, dentro del estado. Parte de las cuencas: F, R, Santiago-Aguamilpa, K,R, Bolaños y L.R. Huaynamota.

CUENCA (F) R. SANTIAGO

Localizada en las porciones central, sureste y oeste del estado, comprende 22.35% del territorio de Nayarit. Sus límites con otras cuencas son: al norte A (RH-11) y L (RH-12), al este L y K (RH-12), al sur B (RH-14) y al oeste B (RH-13).

La conforman las subcuencas: a, Bolaños-R. Huaynamota; b, R. Huaynamota-Océano; y c, Río Tepic y d, Río Mojarras.

El río grande de Santiago, principal corriente que la drena, ingresa al estado con dirección sureste-noroeste y a la altura de su confluencia con el río Huaynamota cambia de dirección hacia el oeste, cruza la llanura costera donde forma gran cantidad de meandros hasta su desembocadura en el Océano pacífico. Otra característica importante, es que en ella se asientan poblaciones como: Tepic, Jalisco, Francisco I. Madero, La Presa y Villa Juárez, entre otras.

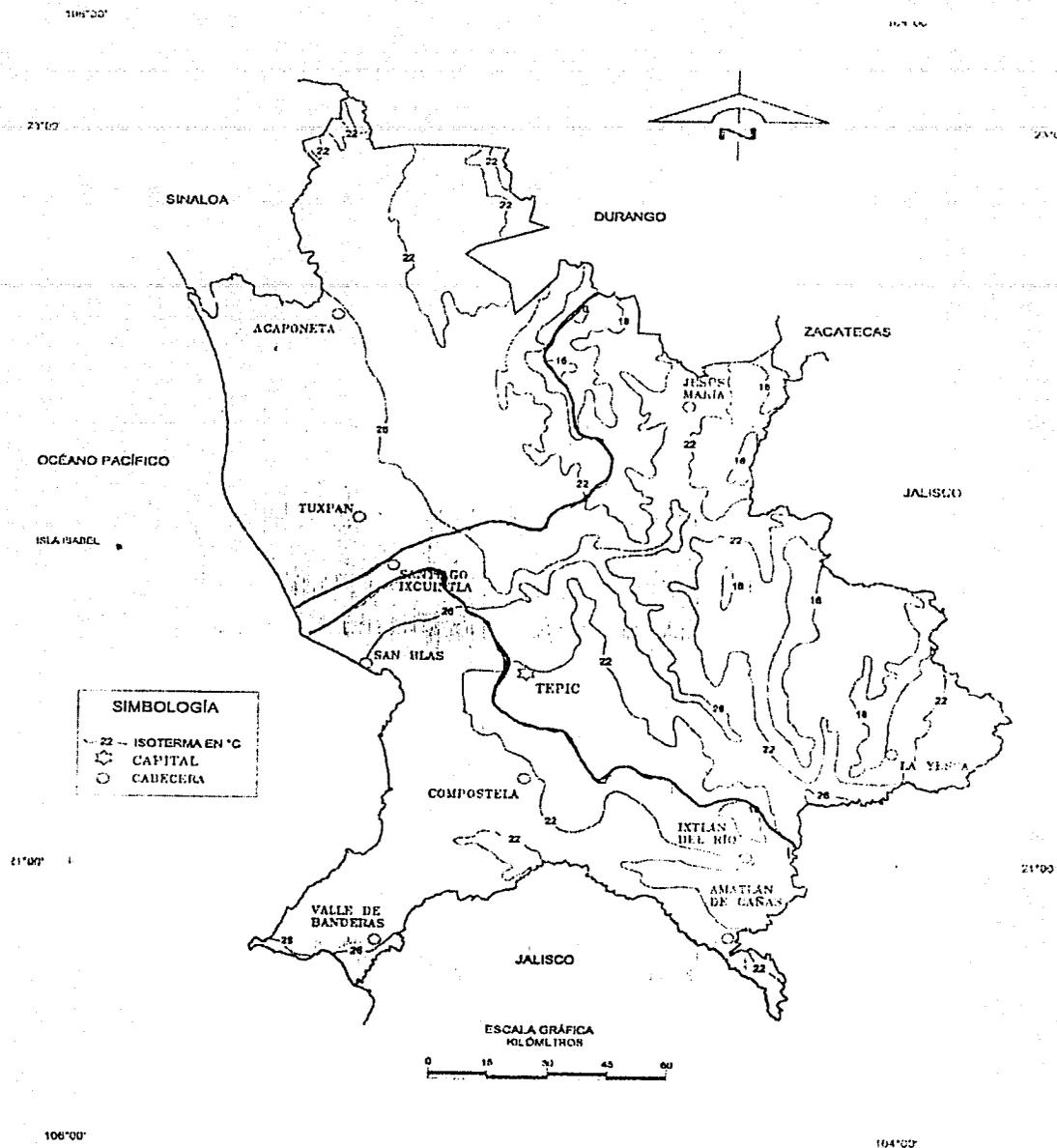
La temperatura media anual oscila entre 16 y 26 grados centígrados y la precipitación anual de 800 a 1500 mm; el volumen aforado en la estación hidrométrica "El Capomal", sobre el río Grande de Santiago, fue hasta antes de la construcción de la presa Aguamilpa de 8 444.32 mm³, la lámina de escurrimiento de 5.4%. Una de las características hidrográficas relevantes son los embalses naturales y artificiales; de los primeros se tienen los lagos de Santa María y Tepetiltic y de los segundos las presas Aguamilpa, El Hijito, San Rafael, Amado Nervo y Francisco Severo Maldonado.

El caudal del río Grande de Santiago es variable en el sitio de construcción de la presa (en la confluencia con el río Huaynamota), el gasto medio anual en época de estiaje puede fluctuar de 8 a 180 m³/seg. y de 95 a 2000 m³/seg. en un mes durante el periodo de lluvias. El embalse de la presa lo constituye el propio cauce del río Grande Santiago e invade la cuenca L. R. Huaynamota, sobre el cauce del río Huaynamota. (Véase Capítulo V.1 de esta tesis.)

CUENCA (K) R. BOLAÑOS

La fracción de la cuenca K. R. Bolaños dentro del estado. Se localiza en el sureste y comprende 8.6% de su superficie, la mayor parte se extiende hacia los estados de Jalisco y Zacatecas. Limita con las cuencas al sur F (RH-12) y al oeste F y L de la misma región. En el estado la integra la subcuenca d, R. Bolaños.

La corriente principal es el río Bolaños (afluente del río Grande de Santiago); los tributarios que lo alimentan son los ríos Las Higueras, Cuixila y Carrizales.



Carta de temperaturas medias anuales de la cuenca del Río Santiago.

La temperatura media anual oscila entre los 18 y 22 grados centígrados y la precipitación total anual promedio es de 800 mm. En la estación hidrométrica "El Caimán", localizada sobre el río Bolaños, el volumen medio anual aforado es de 802.90 mm³, la lámina de escurrimiento calculada es de 148 mm y el coeficiente de escurrimiento de 19.7%.

CUENCA (L) R. HUAYNAMOTA

Situada en la porción oriental de la entidad, comprende una extensión de 16.53% dentro del estado de Nayarit, el resto se reparte entre los estados de Jalisco y Zacatecas. En la entidad limita al este con la cuenca K y al oeste con las cuencas F y A de la misma región: la integran en el estado las subcuencas: b, R. San Juan; c, R. Atengo; d, R. Huaynamota; e, R. Huajimic; F, R Huichol y j, R. Jesús Matías.

La corriente de mayor relevancia es el río Huaynamota, cuyos afluentes principales son los ríos: San Rafael - El Fraile, Atengo—Chapalagana, Las Cuevas, El Borrego, y Jesús María—Santiago. El Río Huaynamota es a la vez el principal afluente, dentro del estado, del río Grande de Santiago; forma parte de la presa Aguamilpa, pues sus caudales descargan en ésta.

La temperatura media anual registrada es de 18 a 26 grados centígrados y la precipitación anual total varía de 800 a 1000 mm³; la lámina de escurrimiento calculada es de 85 mm y el coeficiente de escurrimiento de 10%. Las aguas limpias del río Huaynamota, se mezclan con las contaminadas del Río Grande de Santiago, en la presa Aguamilpa.

IV.2. CAPACIDAD DE GENERACIÓN.

En un país semiárido como México, el Río Santiago es uno de los más importantes y cuenta con un potencial de generación medio anual de 8 125 GWh, con una capacidad instalada de 4 518 MW, distribuidos en 12 Proyectos principales (con más de 100 MW) y 18 secundarios.

No.	PROYECTO	NE	REGIÓN	ESTADO	CUENCA	CORRIENTE	COORDENADAS		CARTAS INEGI		VMA Mill. de m³	NAMO msnm	DESF. msnm	H m	P Med MW	P I MW	Gen GWh	F.P.
							Lat. N	Long. W	1 : 250,000	1 : 50,000								
1	EL CAJON	D	PN	NAY	SANTIAGO	SANTIAGO	21°26'	104°27'	F13-8	F13-D32,33,43	3,131	391	220	156	138	680	1,207	0.203
2	LA YESCA	FA	PN	JAL	SANTIAGO	SANTIAGO	21°12'	104°06'	F13-8	F13-D43, 44	2,645	516	388	109	182	364	759	0.238
3	LA MÚCURA	PF	PN	JAL	SANTIAGO	SANTIAGO	21°05'	103°52'	F13-9	F13-D44, 54	2,175	642	516	122	149	298	577	0.220
4	SAN FRANCISCO	FA	PN	JAL	SANTIAGO	SANTIAGO	21°03'	103°27'	F13-9, 12	F13-D45,46,55,56	1,907	940	796	130	70	278	609	0.250
5	OCOTÁN	ID	PN	NAY	SANTIAGO	ATENGO	21°56'	104°29'	F13-8	F13-D12	1,242	474	220	254	60	240	536	0.250
6	EL CIRUELO	ID	PN	JAL	SANTIAGO	ATENGO	22°09'	104°14'	F13-5	F13-B83	753	725	474	251	38	150	317	0.250
7	ARROYO HONDO	FA	PN	JAL	SANTIAGO	SANTIAGO	20°59'	103°33'	F13-9, 12	F13-D45, 55	1,837	796	731	63	33	133	292	0.250
8	EL TULLILLO	ID	PN	JAL-ZAC	SANTIAGO	ATENGO	22°19'	104°07'	F13-5	F13-B73	597	970	725	245	28	110	249	0.250
9	APOZOLCO	ID	PN	JAL	SANTIAGO	BOLAÑOS	21°15'	103°59'	F13-9	F13-D34, 43, 44	795	714	522	192	24	96	210	0.250
10	POPOTITA	ID	PN	JAL	SANTIAGO	CAMOTLÁN	21°58'	104°14'	F13-8	F13-D13	275	890	474	416	21	85	194	0.250
11	BOLAÑOS	ID	PN	JAL	SANTIAGO	BOLAÑOS	21°54'	103°47'	F13-9	F13-D14	590	1,080	900	180	20	80	180	0.250
12	SAN LUIS	ID	PN	JAL-ZAC	SANTIAGO	BOLAÑOS	22°04'	103°43'	F13-6	F13-B84, 85	399	1,318	1,080	238	19	75	161	0.250
13	HUAYNAMOTA	ID	PN	NAY	SANTIAGO	JESÚS MARÍA	21°58'	104°32'	F13-8	F13-D12	874	347	220	127	18	70	153	0.250
14	EQ. SAN RAFAEL	FA	PN	NAY	SANTIAGO	SANTIAGO	21°47'	104°53'	F13-8	F13-D11	5,842	63	48	15	16	23	145	0.702
15	JESÚS MARÍA	ID	PN	NAY	SANTIAGO	JESÚS MARÍA	22°10'	104°32'	F13-5	F13-B82	763	462	357	105	15	60	136	0.250
16	AGUA PRIETA Captaciones ¹¹	FA	PN	JAL	SANTIAGO	AGUAS NEGRAS DE GUADALAJARA	20°42'	103°17'	F13-12	F13-D55, 56	102	1,486		509			125	--
17	CAPISTRANO	ID	PN	ZAC	SANTIAGO	ATENGO	22°37'	104°03'	F13-5	F13-B63	413	1,077	970	107	8	33	75	0.250
18	AMPLIACIÓN SANTA ROSA	FA	PN	JAL	SANTIAGO	SANTIAGO	20°55'	103°42'	F13-12	F13-D54, 55	2,138	733	644	85	16	49	74	0.328
19	HUAZAMOTA	ID	PN	NAY	SANTIAGO	JESÚS MARÍA	22°20'	104°28'	F13-5	F13-B72	335	592	462	130	8	33	74	0.250
20	MOYAHUA	ID	PN	JAL	SANTIAGO	JUCHIPILA	21°03'	103°16'	F13-9	F13-D46	297	1,100	940	160	8	30	65	0.250
21	MEZQUITIC	ID	PN	JAL	SANTIAGO	CHICO	22°08'	103°42'	F13-6	F13-B74, 84	113	1,324	1,080	244	5	21	47	0.250
22	CAMOTLÁN	ID	PN	JAL	SANTIAGO	CAMOTLÁN	21°52'	104°03'	F13-8	F13-D13	185	1,037	895	142	5	20	45	0.250
23	REB. AGUA PRIETA	PF	PN	JAL	SANTIAGO	AGUAS NEGRAS DE GUADALAJARA	20°42'	103°15'	F13-12	F13-D66	277	1,486	978	509	80	240	318	0.15

Además de los 23 proyectos existen 7 centrales construidas y en operación que se enumeran en la siguiente tabla. Fuente CFE.

No.	REGIÓN DE GENERACIÓN	ÁREA	CENTRAL	ENTIDAD	MUNICIPIO	CUENCA	No. UNIDADES	GENERACIÓN HISTÓRICA (1991-1999) GWh	POTENCIA TOTAL INSTALADA (año 2000) MW	GENERACIÓN MEDIA ANUAL 2000 GWh	FACTOR DE PLANTA (año 2000)
1	Balsas Santiago	Occidental	Agua Blanca	Nayarit	Tepic	Santiago	3,00	1191,06	900,00	1236,55	0,14
2	Balsas Santiago	Occidental	Valentín Gómez Farías (Agua Prieta)	Jalisco	Zapotlán	Santiago	2,00	218,50	245,00	221,10	0,11
3	Balsas Santiago	Occidental	Manuel M. Diéguez (Santa Rosa)	Jalisco	Atraidón	Santiago	2,00	198,40	61,20	115,76	0,22
4	Balsas Santiago	Occidental	Colimilla	Jalisco	Colimilla	Santiago	4,00	35,89	51,20	14,22	0,03
5	Balsas Santiago	Occidental	Fuente Grande	Jalisco	Tonalá	Santiago	4,00	26,14	17,40	6,15	0,04
6	Balsas Santiago	Occidental	Las Juntas	Jalisco	Guadalupe	Santiago	3,00	12,77	15,00	6,19	0,05
7	Balsas Santiago	Occidental	Luis M Rojas (La Intermedia)	Jalisco	Tonalá	Santiago	1,00	5,09	5,32	2,72	0,05
									1 350,12	1 576,70	

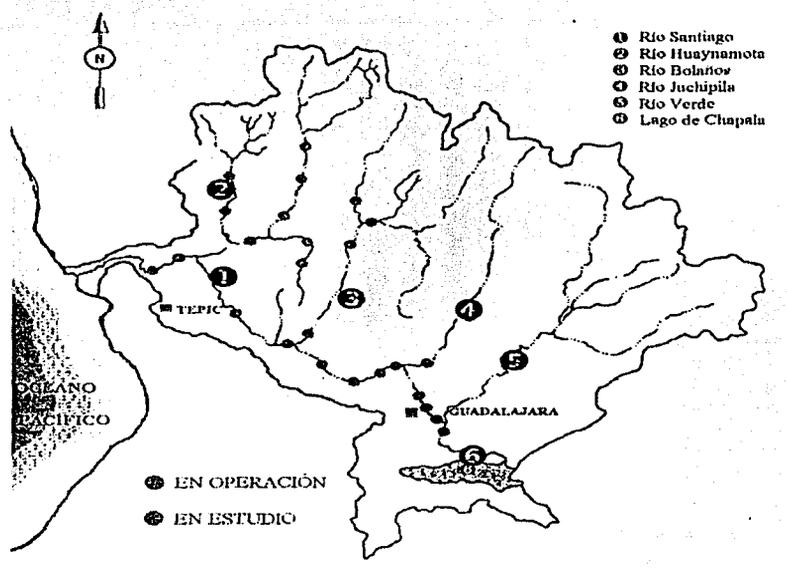
Centrales en operación.

En total y para tener una idea de los 30 proyectos hidroeléctricos y su nivel de etapa hasta el año 2000 se muestra el nivel en que se encontraban. Fuente CFE.

NIVEL DE ESTUDIO	No. de Proy.	P.I. [MW]	Gen [GWh]
IDENTIFICACIÓN	14	1 103	2 442
GRAN VISIÓN	0	0	0
PREFACTIBILIDAD	2	538	895
FACTIBILIDAD	6	847	2 004
DISEÑO	1	680	1 207
CONSTRUCCIÓN			
OPERACIÓN	7	1 350	1 577
TOTAL	30	4 518	8 125

Como se puede observar el potencial de generación de energía de esta cuenca es en gran medida mayor a la que hasta hoy se aprovecha, según las cifras de la CFE se puede generar hasta 4 518 MW de potencia instalada si estuvieran en conjunto operando los 30 proyectos antes enlistados, es decir 3 168 MW adicionales. Las razones por las que no se han construido difieren según el caso y tienen que ver con los distintos factores que se detectan en los diferentes niveles de estudio de la etapa de planeación y que se pueden ubicar en la tabla anterior.

En la siguiente figura se ilustran algunos proyectos hidroeléctricos en estudio y en operación alojados en la cuenca del río Santiago.



Algunas presas en operación y en estudio, cuenca del Río Santiago.

La cuenca del río Santiago tiene, por tanto, una capacidad mayor de generación de energía eléctrica, la cual depende de la viabilidad tanto económica, técnica, social y ambiental de todos los proyectos que en ella se propongan.

IV.3. ESTUDIOS GEOLOGICOS Y TOPOGRÁFICOS

FISIOGRAFIA

El territorio de Nayarit comprende parte de cuatro provincias fisiográficas: Sierra Madre Occidental, Eje Neovolcánico, Llanura Costera del Pacífico y Sierra Madre del Sur.

PROVINCIA SIERRA MADRE OCCIDENTAL

Debido a su magnitud, es una de las provincias de mayor relevancia del país. Esta formada principalmente por rocas ígneas extrusivas, tiene una superficie aproximada de 250,000 km², y su orientación es noroeste-sureste; predominan en las partes más elevadas rocas como tobas, ignimbritas, volcanoclásticas y algunos derrames riolíticos, cuya actitud es pseudohorizontal, lo cual le confiere a esta sierra la apariencia de una gran meseta y se le denomina también "plateau"

Esta provincia comprende 57.31% del territorio estatal de Nayarit; en él, está integrada por las subprovincias Mesetas y Cañadas del Sur, Pie de la Sierra y Sierras y Valles Zacatecanos.

Subprovincias Mesetas y Cañadas del Sur

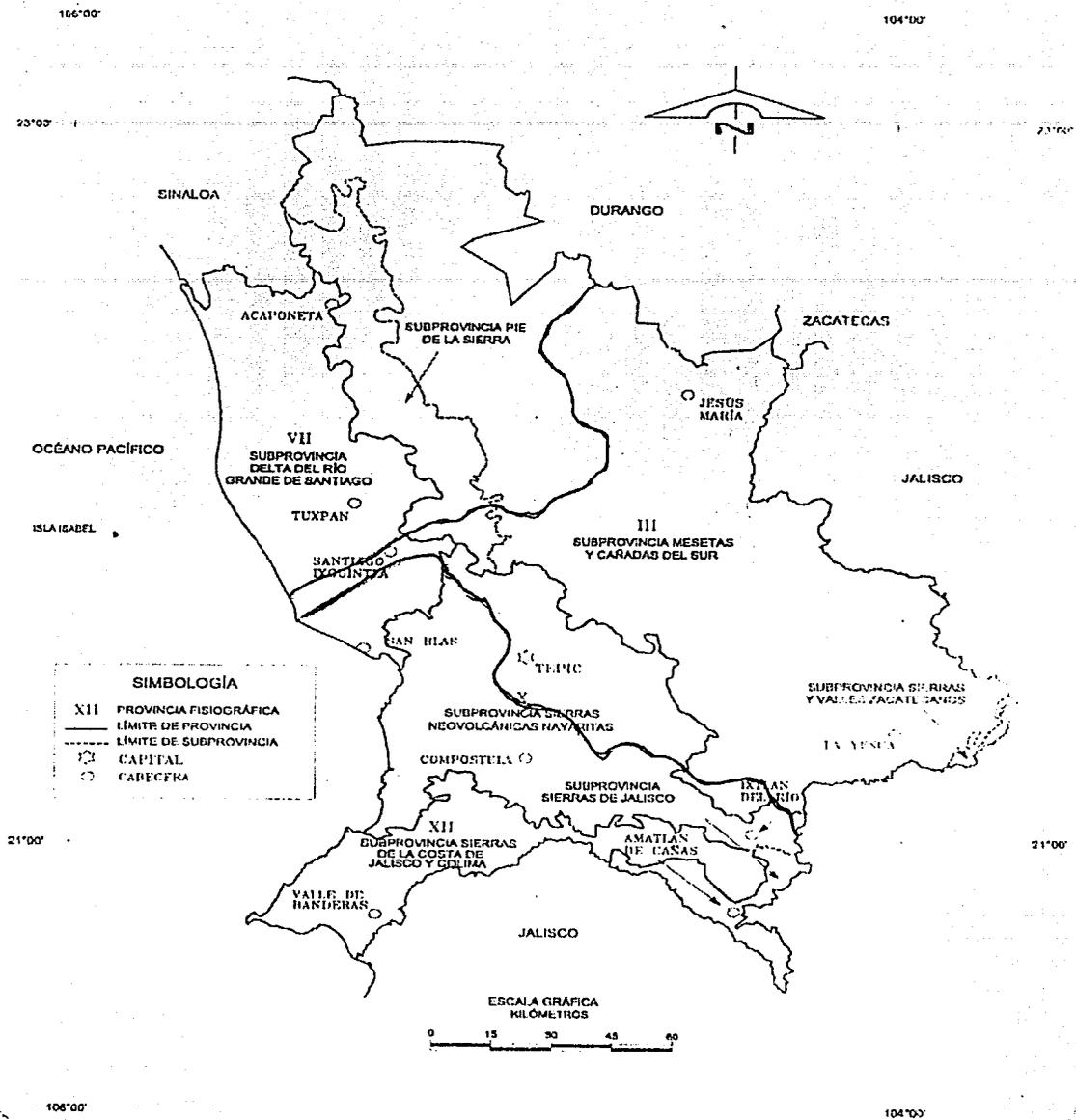
La fracción estatal de la subprovincia Mesetas y Cañadas del Sur comprende la porción oriental, es alargada y tiene dirección general noroeste-sureste. Abarca una extensión que representa 50.13% del área de la entidad y limita al norte con la zona sur de los estados de Sinaloa y Durango, continua hasta la región sureste, donde se encuentra el cañón formado por el Río Grande de Santiago; su flanco occidental limita con la subprovincia Sierras Neovolcánicas Nayaritas, de la provincia Eje Volcánico; al suroeste colinda con la subprovincia Sierras y Valles Zacatecanos, también integrante de la Sierra Madre Occidental.

Forma parte de la espina dorsal de la sierra y su máxima elevación en la entidad es el cerro El Vigía, con 2,760 msnm; comprende al municipio de El Nayar y parte de los de Acaponeta, Huajicori, Ixtlán del Río, Jala Ruíz, Santa María del Oro, Tepic, La Yesca, Rosa Morada y Santiago Ixcuintla.

Todo el paisaje de la subprovincia está formado por altas mesetas interrumpidas de manera abrupta por profundos cañones y cañadas, que son el resultado del tectonismo y de la erosión fluvial sobre los diversos tipos de rocas volcánicas y volcanoclásicas que conforman la sierra. Presenta: superficies de meseta en promedio más altas que las del resto de las provincias; cañones paralelos y alternos a las superficies de meseta, interrumpidos en ocasiones por valles de laderas tendidas que, río abajo, vuelven a encañonarse; y esta drenada por corrientes fluviales que corren hacia al sur y vierten sus aguas en el Río Grande de Santiago o desembocan en la Llanura Costera del Pacífico.

Los sistemas de topoformas en el estado son: sierra alta con cañadas, es el que cubre mayor extensión y en el cual se asientan las poblaciones San Miguel del Zapote y Huaynamota; superficie de gran meseta con valles, donde se ubican las localidades Mesa de los Ricos, Mesa del Nayar, cerro El Vigia y la población Santa Teresa; cañones, como el de los ríos Acaponeta, Río Grande de Santiago y Bolaños; valle de laderas tendidas con cañadas, en el cual están situadas las poblaciones La Manga, El Trapiche, Amatlán de Jora, San Juan Peyotán y Jesús María; valle abierto de montaña con lomeríos, en el que se encuentra la localidad Huajimic; mesetas, al norte de la población de Jala; sierra alta con mesetas; tal como las sierras Los Huicholes y De Alicia.

Nayarit presenta en la mayor parte de su territorio, terrenos con relieve muy accidentado de origen volcánico, en la etapa geomorfológica juvenil (provincias fisiográficas; Sierra Madre Occidental y Eje Neovolcánico) y madura (Sierra Madre del Sur); sin embargo, a diferencia de estos grandes rasgos topográficos, en la porción oeste de estado se localiza parte de la provincia Llanura Costera del Pacífico, la cual se encuentra en una etapa de juventud incipiente dentro del ciclo geomorfológico. Estas condiciones topográficas y sus diferencias altitudinales, son las causas fundamentales de las variaciones de humedad y temperatura, principales componentes del clima, así como los diferentes tipos de vegetación; por consecuencia, al interactuar todos estos factores con el material parental a través del tiempo, han motivado la formación de diversos tipos de suelo en la entidad que, de acuerdo con su cubrimiento superficial, son; Regosol, Feozem, Cambisol, Luvisol, Litoso, Acrisol, Fluvisol, Vertisol y Andosol.



Carta Fisiográfica de la cuenca del Río Santiago.

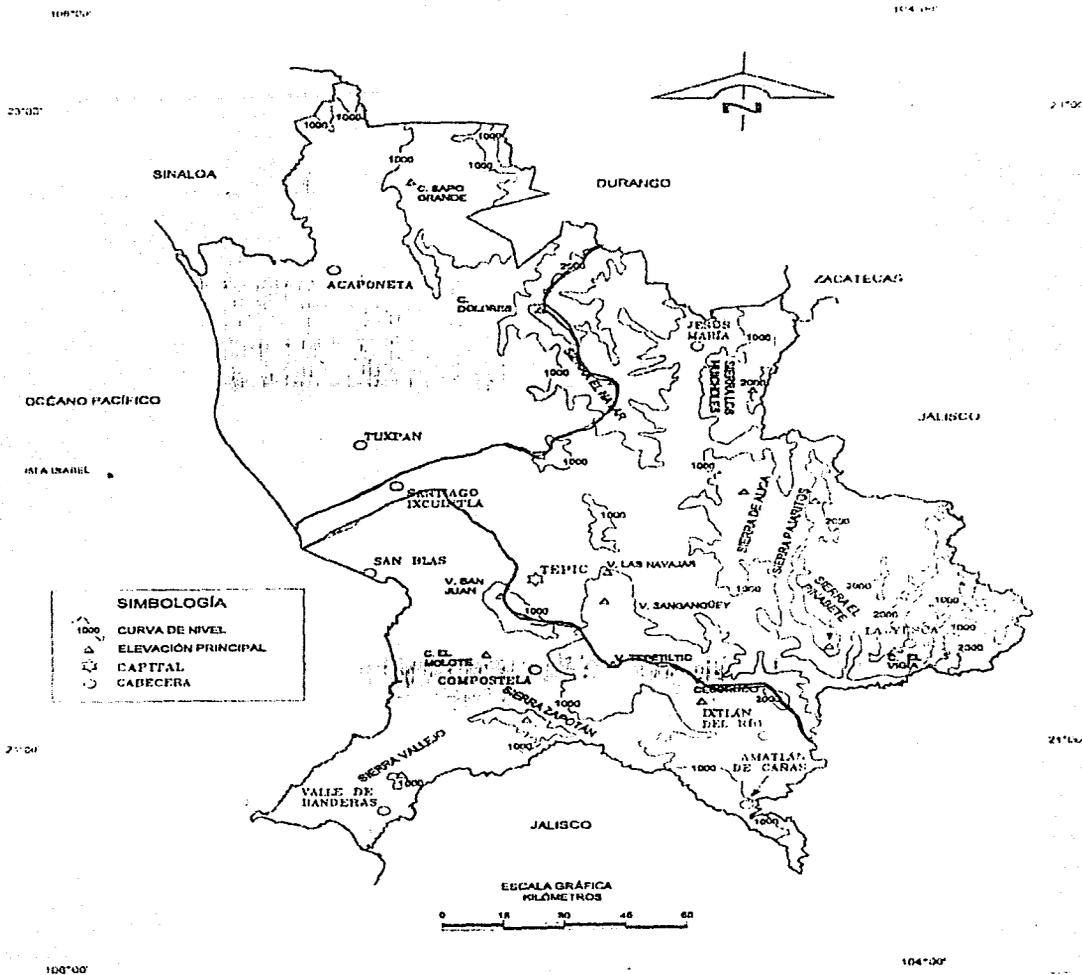
En general, los suelos están afectados por limitantes físicas (81.84%) y químicas (11.58%) que restringen o impiden su capacidad para el desarrollo de actividades agrícolas; las primeras se deben a la presencia de un estrato rocoso (fase lítica), el cual determina que el espesor del suelo sea variable, condiciones del terreno que son evidentes en los sistemas montañosos de la Sierra Madre Occidental, Eje Neovolcánico y Sierra Madre del Sur. Así mismo, la pedregosidad (fragmentos de roca mayores de 7.5 cm en la superficie del terreno o cercana a ella) se manifiesta en la porción central y extremo sureste de la Sierra Madre Occidental, así como en la parte norte, y una pequeña área, en el sur del Eje Neovolcánico. Las marismas, esteros y sus áreas de influencia, dentro de la Llanura Costera del Pacífico, tienen limitaciones o impedimentos para realizar agricultura debido a los niveles elevados de salinidad, sodicidad e inundación, principalmente en los suelos de tipo Solonchak. Las superficies afectadas por diferentes limitantes (fases físicas y químicas) en el estado son: lítica 71.19%, pedregosa 10.65%, salina 4.08% y salino-sódica 6.75%; en tanto que los suelos sin límites ocupan 6.58%

En la Sierra Madre Occidental el material parental está constituido por rocas como la toba ácida e ignimbrita, básicamente del Terciario (oligoceno-Mioceno), que forman una gran meseta volcánica disectada por profundos cañones y cañadas; en la zona, los suelos que sobresalen por su dimiancia son: Regosol, Feozem, Cambisol, Luvisol y Litosol, formados de manera fundamental por la desintegración de estos materiales litológicos y distribuidos de manera irregular en esta serranía.

Los valles Intermontañosos ubicados en esta provincia tuvieron su origen en movimientos tectónicos que provocaron fallamiento de tipo normal y ocasionaron a su vez la formación de fosas, las cuales fueron rellenadas por conglomerados, suelos aluviales y algunos derrames basálticos, como puede apreciarse en los valles de Huajimoc y Puente de Camotlán, donde a partir de estos materiales litológicos se han derivado suelos de tipo Luvisol, Ferozem y Cambisol.

El eje Neovolcánico se distingue por contener derrames y piroclastos de composición basáltica-andesítica del Terciario (Plioceno) Cuaternario, que originan topoformas del tipo de estrato-volcanes: Ceboruco, Sangangüey y San Juan, así como abundantes conos monogenéticos (volcanes La Tigra y El Molcajete). En menor porción afloran también rocas volcánicas ácidas de edad Reciente como son: riolita, dacita y riódacita; además de suelos de origen aluvial y residual que, junto con conglomerados, conforman los valles y llanuras. Los suelos formados a partir de estos materiales geológicos son: en las áreas de relieve accidentado Feozem, Avrisol, Luvisol, Cambisol, que por lo general presentan un estrato rocoso a profundidad variable; así mismo, en la porción norte de esta provincia se encuentran el Acrisol, Luvisol y

Cambisol, con pedregosidad en la parte superficial del suelo, como también Vertisol ubicados en los alrededores del Amado Nervo; estas fases físicas (lítica y pedregosa) impiden o limitan el uso de maquinaria agrícola. En los valles y llanuras de las localidades de Tepic, Zacualpan, Mojarritas y Compostela, los suelos desarrollados son: Cambisol, Luvisol y Acrisol.



Carta topográfica de la cuenca del río Santiago.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PERFIL REPRESENTATIVO PARA FEUZEM HAPLICO EN FASE LITICA Y UBICACIÓN GEOGRAFICA

Provincia: Sierra Madre Occidental

Subprovincia: Mesetas y Cañadas del Sur

Sistema de topoformas; Valle de laderas tendidas con cañadas

Horizonte a L

Profundidad 0-30 cm. Color gris oscuro en húmedo. Separación de contraste y forma plana. Reacción nula al HCl diluido. Textura de migajón arcillo-arenoso. Consistencia ligeramente dura en seco y firme en húmedo. Adhesividad moderada y plasticidad ligera. Estructura en forma de bloques subangulares de tamaño fino y desarrollo moderado. Porosidad en cantidad moderada y constitución porosa. Raíces finas y muy finas muy escasas. Actividad animal: hormigas. Drenaje interno drenado. Denominación del horizonte: Mólico

HORIZONTE	A1
Profundidad (cm)	0-30
Textura:	
% de arcilla	20
% de limo	24
% de arena	56
Clasificación textural	Mra
Color en húmedo	5YR 3/1
Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	<2.0
PH en agua relación 1:1	5.2
% de materia orgánica	3.3
C.I.C.T (meq/100g)	9.8
Cationes intercambiables	
Potasio (meq/100 g)	0.6
Calcio (meq/100g)	7.1
Magnesio (meq/100g)	1.1

Sodio (meq/100g)	0.1
% saturación de bases	>50

PERFIL REPRESENTATIVO PARA LUVISOL CRÓMICO EN FASE LITICA PROFUNDA Y UBICACIÓN FISIOGRAFICA

Provincia: Sierra Madre Occidental

Subprovincia: Mesetas y Cañadas del Sur

Sistema topofomas: Valle abierto de montaña con lomeríos

HORIZONTE A1

Profundidad 0-15 cm. Color pardo rojizo oscuro en húmedo. Separación de contraste claro y forma plana. Reacción nula HCl diluido. Textura arcillosa. Consistencia ligeramente dura en seco y firme en húmedo. Adhesividad y plasticidad moderadas. Estructura en forma de bloques subangulares de tamaño muy fino y desarrollo débil. Porosidad escasa y constitución finamente porosa. Raíces finas, muy finas y muy escasas. Drenaje interno imperfectamente drenado. Denominación del Horizonte: Ocrico.

HORIZONTE B21t

Profundidad 15-95 cm. Color pardo rojizo en húmedo. Separación de contraste claro y forma plana. Reacción al HCl diluido. Textura arcillosa. Consistencia ligeramente dura en seco y firme en húmedo. Adhesividad y plasticidad fuertes. Estructura en forma de bloques subangulares de tamaño fino y desarrollo moderado. Películas arcillosas con distribución continua, gruesas y, ubicación horizontal y vertical. Raíces muy finas y muy escasas. Drenaje interno imperfectamente drenado. Denominación del horizonte: Argílico.

HORIZONTE B21t	A1	
	0-15	15-95
Profundidad (cm)		
Textura:		
% de arcilla	48	66
% de limo	22	8
% de arena	30	26

Clasificación textural	R	
Color en húmedo	5YR 3/4	2.5YR 5/3
Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	>2.0	<2.0
PH en agua relación 1:1	5.8	5.6
% de materia orgánica	2.5	0.6
C.I.C.T (meq/100g)	17.3	21.3
Cationes intercambiables		
Potasio (meq/100 g)	1.4	0.8
Calcio (meq/100g)	5.0	6.3
Magnesio (meq/100g)	3.1	2.6
Sodio (meq/100g)	0.2	1.2
% saturación de bases	>50	>50

En el área comprendida dentro de la región hidrológica número 13 ("RH-12") Lerma Santiago, las rocas que predominan son de origen ígneo extrusivo y están representadas por toba ácida y riolítica. Las rocas intrusivas que se localizan son rocas sin granito, granodiorita y diorita.

Las rocas sedimentarias que se presentan son de origen continental caracterizadas por conglomerado, arenisca y brecha sedimentaria distribuidas en toda el área

Los valles de Ixcuintla y Tepic, son de origen aluvial. Las principales estructuras son fallas y fracturas que forman patrones preferenciales E-W, NW-SE y N-S. Las fallas son de tipo normal de mediana a gran extensión; además hay aparatos volcánicos, conos cineríficos y mesetas lavicas, presentes en la porción sur del área. Tanto las estructuras como los tipos de roca propician escurrimientos en las dos direcciones principales: hacia la costa y rumbo al río Santiago.

La erosión originada por la acción del agua está causando la pérdida irreparable de suelos en algunas partes de la sierra y con mayores consecuencias en las zonas agrícolas como en la del Valle de Tepic-Santa María del Oro; esta erosión causa problemas de azolve en cauces, obras hidráulicas y en las de drenaje de caminos y vías de ferrocarril.

IV.4. PRECIPITACIÓN PLUVIAL.

La región tiene clima subhúmedo. La cuenca "Santiago-Aguamilpa" comprende del recorrido final de Santiago desde el Río Bolaños, proveniente del Este hasta su desembocadura en el mar después de un largo recorrido en el que recibe al río Huaynamota como su afluencia más importante y de cruzar la planicie costera en un recorrido en el que forma gran cantidad de meandros.

La cuenca del río Huaynamota se extiende en el noroeste del área hasta su confluencia con el Santiago, sitio aproximado de la presa Aguamilpa.

En el noroeste de la zona estudiada; perteneciente a la planicie costera de Nayarit, ocurren constantes inundaciones debido al desbordamiento de los ríos San Pedro y Santiago que debido a las altas precipitaciones que se presentan en sus cuencas, productoras de enormes gastos, y a la reducida capacidad de sus secciones por el constante acarreo de sedimentos a estas; están causando pérdidas frecuentes en los terrenos agrícolas de planicie y en la práctica de la acuicultura en los esteros y lagunas costeras. También se presentan inundaciones en los valles de Tepic y Compostela debido al deficiente drenaje que presentan.

La disponibilidad de agua superficial es muy alta; se cuenta con gran número de corrientes de importación de régimen permanente, y en muchos casos con gastos considerables. Estos con el debido control serían suficientes para el riego de toda la superficie potencialmente agrícola.

En la siguiente tabla se presentan datos sobre el volumen anual escurrido de algunos ríos.

Volumen Anual Escurrido

Estaciones Hidrométricas								
Nombre	Corriente (Río)	Áreas de La Cuenca	Volumen Medio Anual mm ³	Max	Gasto (m ³ /seg) Med	Min	Instrumentos	Período de Observación
El Capomal	Santiago	122 960	2 734 57	5 465.0	268.00	2.030	E, M, L, S	1956-1971
Yago	Santiago	122 767	7 303.90	6 754.0	231.00	9.780	E, M, L, S	1942-1954
Mololoa	Tepic	443	112.96	44.2	3.58	0.086	E, M, L	1959-1971
El Cerro								
Bianco	Moarras	196	82.54	272.0	2.62	0.020	E, M, L	1963-1971
El Carmán	Bolaños	14 755	802.90	1 046.0	25.40	0.069	E, M, L	1949-1971
La Yesca	Santiago	84 559	3 318.12	3 960.0	105.00	0.540	E, M, L	1949-1971

IV.5. POBLACIÓN BENEFICIADA.

La generación de electricidad es indispensable para el desarrollo de nuestra nación, los proyectos hidroeléctricos en operación forman parte del SEN, el cuál distribuye la energía eléctrica a lo largo y ancho de México, por lo que, no solo se beneficia a los habitantes de las localidades cercanas a las centrales hidroeléctricas si no que esta generación de energía es para el conjunto de habitantes de nuestro país. Hay por supuesto otros beneficios adicionales que tienen que ver con la piscicultura, el riego y el control de avenidas principalmente.

Es casi frecuente que al ser construidas las centrales hidroeléctricas existan poblaciones afectadas, ya que deben ser reubicadas en otros lugares e indemnizadas por las tierras y los distintos bienes perdidos. El impacto en esta afectación se debe evaluar cuidadosamente en la etapa de planeación de cada proyecto. Este es el caso de los proyectos de la cuenca del río Santiago.

IV.6. IMPACTO AMBIENTAL.

Sin duda la construcción en cualquier sitio donde se piense edificar algún proyecto hidroeléctrico implicara transformar el medio ambiente del lugar, en todo proyecto este factor es primordial ya que implica el procurar que el impacto ambiental que provoca la obra sea el menor. En el caso de la cuenca de río Santiago se puede mencionar que los proyectos hasta hoy construidos han cuidado a lo máximo que el impacto ambiental sea negativo. Este también es un factor de viabilidad para cualquier proyecto que se piense construir en esta cuenca y en cualquier otra.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

CAPITULO V

DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS CONSTRUIDOS EN LA CUENCA.

V.1. CENTRAL HIDROELECTRICA AGUAMILPA.

LOCALIZACION

La Central Hidroeléctrica Aguamilpa-Solidaridad se encuentra ubicada sobre el río Santiago en la parte central del estado de Nayarit, en los municipios de Tepic y El Nayar. Las coordenadas geográficas del sitio son: 104° 046' 29" de longitud oeste y 21° 50' 32" de latitud norte. Se llega partiendo de la ciudad de Tepic rumbo a la carretera estatal pavimentada que va a la población de San Francisco I. Madero y a la altura del kilómetro 12 se encuentra la desviación hacia la Central.



Foto de la presa de Aguamilpa.

En el contexto nacional, entre las hidroeléctricas, Aguamilpa se ubica, en un lugar importante, de acuerdo a las siguientes características :

NOMBRE DE LA PRESA	POTENCIA		GENERACION	ALMACENAM.	ALTURA (m)
	INS.	MW	MED. ANUAL	EN Hm3	
CHICOASEN	1	500	2 500	1 705	251
MALPASO	1	080	2 800	12 960	138
INFIERNILLO	1	000	3 160	12 000	149
AGUAMILPA		960	2 131	6 950	187
ANGOSTURA		900	2 200	18 500	147
CARACOL		594	1 480	1 860	126
PEÑITAS		420	1 910	1 628	53
VILLITA		300	1 180	710	60
ZIMAPAN		290	1 292	1 426	200
MAZATEPEC		208	790	62	92
TEMASCAL		154	830	13 790	76

Donde Aguamilpa ocupa el 4° lugar en potencia instalada, el 5° en generación media anual, el 6° en almacenamiento (después de La Amistad) y el 3° en altura de cortina.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA OBRA DE DESVIO

La obra de desvío en la Central Hidroeléctrica Aguamilpa consta de dos túneles de sección portal que miden 16 m x 16 m sin revestir, localizados en la margen izquierda del río. El tipo de obra de desvío, obedeció al tipo de cortina seleccionado y a la configuración topográfica del cauce.



Obras de desvío, Aguamilpa.

Ambos túneles se excavaron en roca volcánica extrusiva denominada Unidad Aguamilpa. Se revistieron de concreto reforzado los 16 m de la entrada, las zonas de transición y a la salida del túnel número 2.

Los túneles de desvío tienen como objeto manejar el caudal del río durante la construcción de las obras de contención y otros frentes de la obra misma.

LA CORTINA

Se estudiaron diferentes opciones para el tipo de cortina conveniente para la Central Hidroeléctrica Aguamilpa, incluyendo las de arco-gravedad, materiales graduados y enrocamiento con cara de concreto rodillado (RFC). Después de una cuidadosa evaluación técnica económica se seleccionó la del tipo RFC, además del costo, los aspectos más importantes que llevaron a esta decisión fueron los de disponibilidad de materiales y tiempo requerido para la construcción.

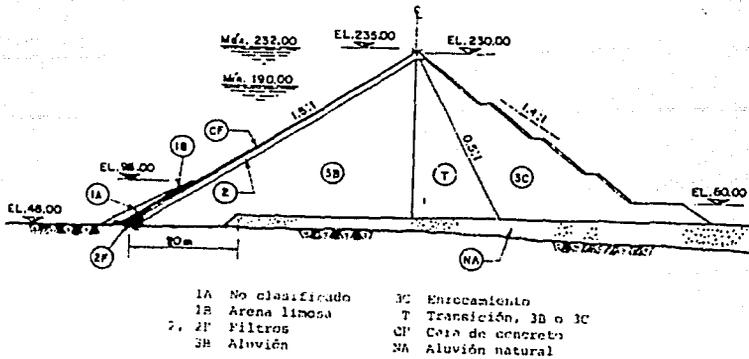
La experiencia mundial en el diseño y construcción de RFC muestra que puede ser bastante confiable en su comportamiento y seguridad, como puede apreciarse en los casos de las presas más altas de este tipo construidas a la fecha; Foz de Areia en Brasil y Salvajina en Colombia, con 160 m y 148 m de altura, respectivamente.

En el caso de Aguamilpa, la altura desde el desplante de la losa de pie hasta la corona es de 187 m, el área de la cara de concreto es de 136,900 m² y el volumen total de materiales utilizados es de 14.0 Hm³.

Principales características de la cortina:

tipo aluvion-enrocamiento con
cara de concreto

elevación de la corona	235 m.s.n.m.
longitud de la corona	642 m
altura total al desplante	187.0 m
volumen total	14.0 hm ³
desplante del plinto	49.5 m.s.n.m.
talud aguas arriba	1.5:1
talud aguas abajo	1.4:1
bordo libre	3.0 m
área cara de concreto	136 900 m ²
volumen de concreto	68 500 m ³
acero de refuerzo	1 920 ton



Gráfica de la cortina, Aguamilpa.

OBRA DE GENERACI3N

La planta hidroeléctrica cuenta con 3 unidades generadoras de 320 MW cada una que generarán en promedio 2,131 GWh anuales. Las estructuras principales que conforman las obras de generaci3n son: canal de llamada a cielo abierto, obra de toma, tres conductos a presi3n en túnel, casa de máquinas, equipo electromecánico, galería de oscilaci3n, lumbreras de buses y ventilaci3n, plataforma de transformadores y subestaci3n y túnel de desfogue.

OBRA DE TOMA

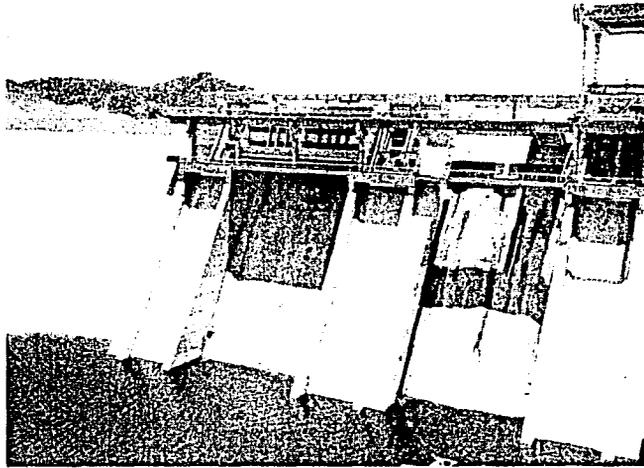
Es del tipo en rampa apoyada sobre la roca, consta de tres bocatomas protegidas por rejillas semicirculares, una compuerta auxiliar y una de servicio que obturan vanos de 5.81 x 7.40 m. Las compuertas se accionan mediante servomotores desde un piso de operaci3n ubicado en plataforma a la elevaci3n 235.00.

La alimentaci3n se logra mediante un canal de acceso con plantilla a la cota 170.00. Niveles característicos:

Nivel Míximo de Operaci3n (NAMINO), 190.00 m.s.n.m.

Nivel Míximo de Operaci3n (NAMO), 220.00 m.s.n.m.

Nivel Míximo Extraordinario (NAME), 232.00 m.s.n.m.



Obra de toma, Aguamilpa.

· CONDUCCION A PRESION

Los conductos a presión se inician a partir de las compuertas de servicio. Con una sección rectangular mediante una transición, en curva vertical, cambian a sección circular. La zona de transición va revestida de concreto reforzado y la zona con sección circular de 7.40 m de diámetro con revestimiento metálico y empacada con concreto simple.

CASA DE MAQUINAS

La casa de máquinas, ubicada en una caverna excavada en la margen derecha del río Santiago, alberga los equipos electromecánicos y de acuerdo a éstos se definen los siguientes pisos: de turbinas, de generadores y de excitadores. Además, en el mismo lugar se encuentran también las galerías de drenaje, de inspección; de charolas y el cárcamo de bombeo.

La casa de máquinas cuenta con dos grúas con una capacidad de carga de 405 toneladas cada una, que acopladas pueden levantar el rotor, que tiene un peso de 725 toneladas.



Casa de máquinas, Aguamilpa.

EQUIPO ELECTROMECAÁNICO TURBINA HIDRÁULICA

Las turbinas hidráulicas son del tipo Francis vertical, marca Jarkov Turboatom.

DATOS TECNICOS	
Cantidad	3
Velocidad nominal	150 rpm
Rotación	en el sentido del reloj
Gastos de diseño por unidad	240 m ³ /s
Sobrevelocidad máxima	297 rpm
Caída neta máxima	157.30 mt
Caída neta de diseño	145.10 mt
Caída neta mínima	119.70 mt

GENERADOR

La Central Hidroeléctrica cuenta con tres generadores eléctricos síncrono de polos salientes, de eje vertical, corriente trifásica y se acopla directamente a la turbina hidráulica Francis, con una potencia nominal de 341 MVA, conectándose cada uno de ellos mediante un bus de fase aislada de 13 800 volts y 14 000 amperes al banco de

transformadores, los que tienen una potencia trifásica de 375 MVA. y cuya función es elevar la tensión de 13 800 a 400 000 volts, siendo éste último el voltaje en que es entregada la energía al Sistema Eléctrico Nacional.

Los generadores, brindan también energía eléctrica a los auxiliares, mediante una derivación en el bus de fase aislada, a través de transformadores, los que en este caso reducen el voltaje de 13 800 volts a 480 volts.

Características técnicas del generador:

Potencia nominal	341 MV A
Tensión nominal	13.8 KV
Factor de potencia	0.95
Frecuencia nominal	60 HZ
Clase de aislamiento	Tipo F
Número de polos	48
Marca;	Electrosila (Rusia)

SERVICIOS AUXILIARES

La energización del sistema de servicios auxiliares de la Central Hidroeléctrica Aguamilpa, se hace: mediante una línea de transmisión en 115 KV, a través de sus propios generadores o mediante el uso de una unidad auxiliar hidráulica.

En corriente directa cuenta en casa de máquinas con dos bancos de baterías en 250 vcd. y otros dos en 48 vcd.

En la subestación existen también cuatro bancos de baterías con las mismas características.

Para el sistema de cómputo de la sala de control central, se cuenta con una fuente de alimentación ininterrumpible.

Es mediante los tableros blindados de 0.48 KV que la energía es distribuida directamente a todos los servicios auxiliares, como son bombas, compresores, sistema de alumbrado, etc.

GALERIA DE OSCILACION

La galería de oscilación amortiguará los efectos de variación de presión ocasionados por los rechazos y toma de carga. Se localiza aguas abajo de los tubos de aspiración.

En esta galería se tienen las compuertas de desfogue, que aíslan al tubo de aspiración cuando se requiera desaguarlo.

La separación entre la galería y la casa de máquinas (50 m entre ejes) obedece a condiciones geotécnicas del macizo rocoso. En un extremo de la galería se inicia el túnel de desfogue.

DESFOGUE

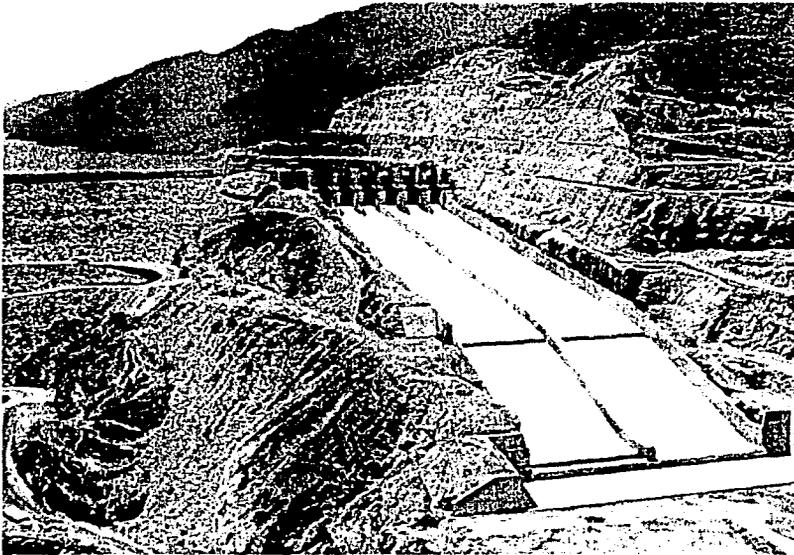
Conecta la galería de oscilación con el río Santiago. Su diseño es tal, que considerando su longitud (391 m), la geología, el aspecto constructivo y la evaluación económica nos da las condiciones óptimas de trabajo. La geometría de 16 x 16 m, en sección portal y revestidos de concreto, cumplen ampliamente con los requisitos mencionados.

OBRA DE EXCEDENCIAS

En la Central Hidroeléctrica Aguamilpa el vertedor es del tipo controlado con compuertas y está formado por un canal a cielo abierto, con un muro separador, que tiene una capacidad máxima de descarga de 14,900 m³ por segundo, que corresponde al transitar por el vaso una avenida con un gasto máximo de 17,500 m³ por segundo, ésta fue determinada con base en criterios de transposición de ciclones y la precipitación máxima probable.

Consta de 6 vanos de 12 m de ancho, dividido en dos canales, uno auxiliar y otro de servicio. La política de operación de compuertas es tal que nos permite regular avenidas con un periodo de retorno de 70 años, sin descargar más de 3,000 m³ por segundo.

La elevación de la cresta es la marcada como 210.00 y el labio de la cubeta de descarga la 140.00 alcanzándose una velocidad máxima de 38 m por segundo, por lo que fue necesario construir aireadores.



Obra de excedencia, Aguamilpa.

SISTEMA ELECTRICO

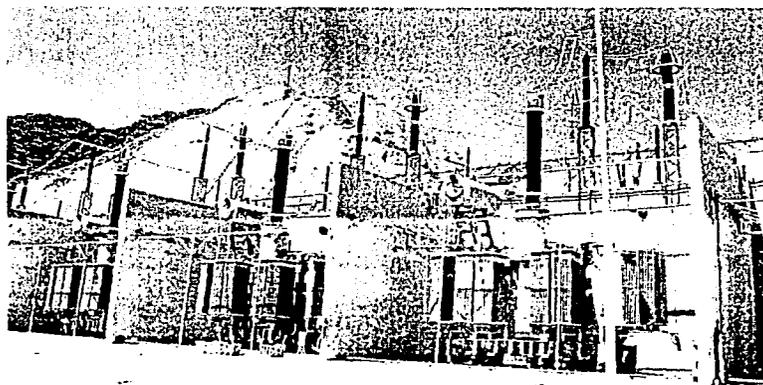
La Central Hidroeléctrica Aguamilpa con sus tres unidades genera anualmente en promedio 2,131 GWh para dar un decisivo impulso al desarrollo tanto de la región como del país.

La energía generada se distribuye a los consumidores a través del Sistema Eléctrico Nacional, por medio de la red de líneas de transmisión que enlaza, por una parte, a las centrales generadoras y por la otra a las subestaciones de los centros de consumo.

La Central Hidroeléctrica Aguamilpa se interconecta al sistema a través de una subestación encapsulada en SF6 de 400 KV.

LINEAS DE TRANSMISIÓN

La electricidad generada por la Central Hidroeléctrica se integra al Sistema Occidental, por medio de dos líneas de transmisión de 400 KV, que se interconectan a la subestación Tepic II.



Líneas de transmisión, Aguamilpa.

Subestación Elevadora

Esta se encuentra en una plataforma a la elevación 205.00 m, es del tipo encapsulada en SF6 y en ella se encuentran principalmente: interruptores, cuchillas desconectoras, apartarrayos, transformadores de corriente y de potencial; fuera del edificio de la subestación encapsulada, están ubicados los transformadores en los cuales se eleva la tensión de generación de 13.8 KV a la tensión de transmisión de 400 KV, entregándola de esta forma al Sistema Nacional.

IMPACTO SOCIAL

Al iniciar el llenado de la Central Hidroeléctrica Aguamilpa se formó un embalse, el cual inundó una extensa superficie de 12 800 hectáreas pertenecientes a 22 distintos ejidos, comunidades y a 3 pequeñas propiedades, cuyo conjunto se encuentra demarcado política y administrativamente dentro de los municipios de El Nayar, Tepic y Santa María del Oro.

La construcción de la hidroeléctrica trajo consigo también al desplazamiento de 871 personas, habitantes de 17 localidades que fueron afectadas directamente por el represamiento de los ríos Santiago y Huaynamota.

Lo que implicó el reacomodo de un total de 163 viviendas, de donde el 61% de la población es de origen Huichol y el 39% restante mestizo.

El mayor impacto social provocó la reubicación de tres poblados Huicholes, Colorado de la Mora, Playa de Golondrinas y los Sabinos, que engloban a 470 habitantes y 96 viviendas, que a la fecha se encuentran totalmente trasladados a sus nuevos núcleos.

En virtud de la importancia otorgada a la repercusión de las obras del proyecto, la Comisión Federal de Electricidad estableció desde 1989 un ambicioso programa integral de re asentamientos y desarrollo social, para la atención de las comunidades Huichol y Mestiza.

Las actividades desarrolladas por Comisión Federal de Electricidad, para llevar a cabo la reubicación se dividieron de la siguiente forma:

Indemnización de tierras y bienes distintos a éstas.

Restitución y reubicación de poblados.

Relocalización de caseríos y autoconstrucción.

Con el objeto de realizar un reacomodo respetuoso de la forma de vida, tradiciones, patrones productivos así como su organización económica, política, social y cultural de estas comunidades, las acciones realizadas tomaron en cuenta aspectos sociales ecológicos y jurídicos, a partir siempre del diálogo permanente.

Con un año de anticipación al llenado del vaso se concluyó el traslado de las comunidades a los poblados restituidos que se encontraban dentro del área del embalse y a la fecha se ha cubierto el 100% de las indemnizaciones.

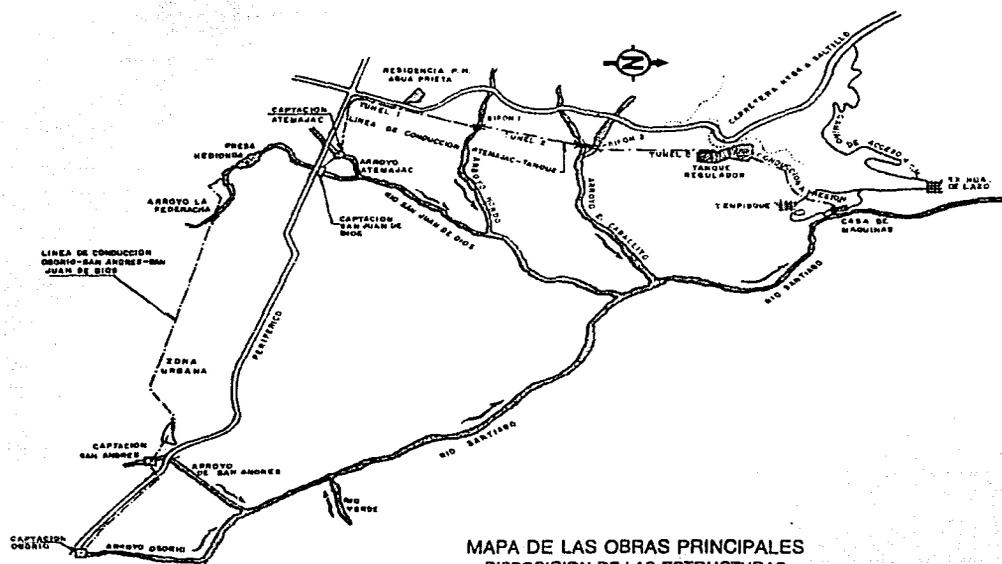
La restauración ecológica, intenta revertir los daños producidos durante la construcción a través de la restitución de bancos de material y reforestación, lo cual se efectuó con especies nativas de la región producidas en el vivero que se construyó ex profeso para ello.

V.2. CENTRAL HIDROELECTRICA VALENTIN GOMEZ FARIAS (AGUA PRIETA)

El proyecto de la Central Hidroeléctrica de Agua Prieta a quien posteriormente la Comisión Federal de Electricidad cambió su nombre por el de Valentín Gómez Farias, honrando así a este político mexicano, plantea la utilización por primera vez en el país, de las aguas residuales de la zona metropolitana de la ciudad, mismas que son descargadas actualmente, al río Santiago.

Las aguas residuales son captadas aguas arriba de la confluencia del río San Juan de Dios y el arroyo Atemayac, en el cruce con el periférico. Conducidas por gravedad a través de 6.1 km por medio de conductos cerrados construidos en zanjas y túneles hasta descargar en un vaso artificial ubicado en las cercanías del poblado Tempizque para luego ser extraídas diariamente. Esto en un tiempo promedio de generación de 5 horas, del tanque a la casa de máquinas, el agua pasa por una conducción forzada de diámetro variable y una longitud de 1.7 km. para aprovechar un desnivel de 522.5 m.

La casa de máquinas esta equipada, en una primera etapa, con dos turbogrupos generadores de 120 MW de potencia cada uno, con los cuales se obtiene una generación media anual de 462 GWh.



MAPA DE LAS OBRAS PRINCIPALES
DISPOSICION DE LAS ESTRUCTURAS
Obras principales, Agua Prieta.

Generar, administrar y distribuir la energía eléctrica que demanda el sistema eléctrico interconectado del país, son responsabilidades prioritarias de la Comisión Federal de Electricidad.

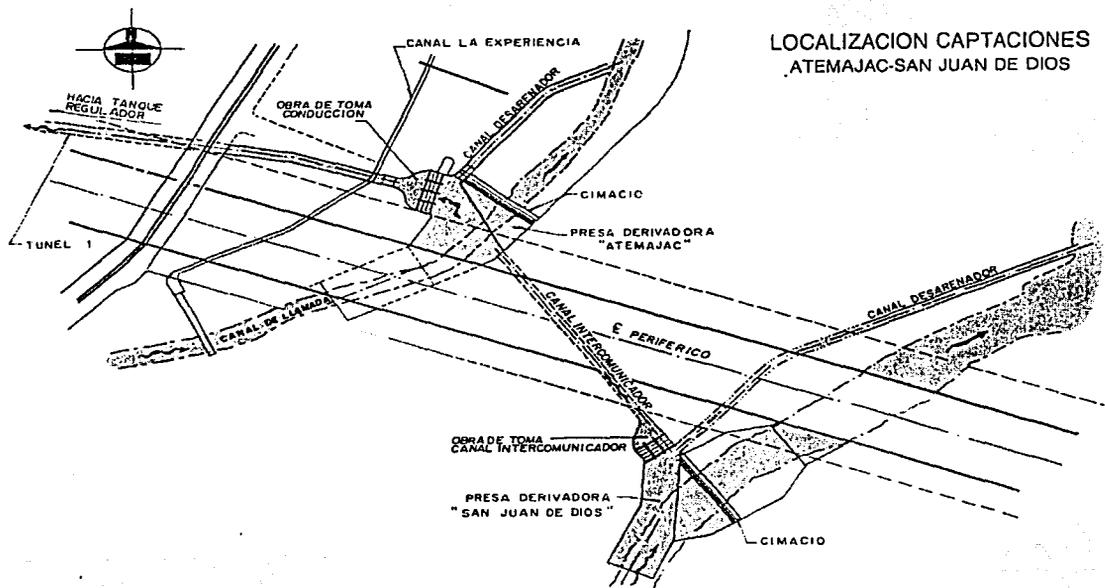
La zona donde se encuentra la Central Hidroeléctrica Valentín Gómez Farias, se localiza en las inmediaciones de la ciudad de Guadalajara, Jal., en los municipios de Zapopan y Guadalajara, entre los meridianos 103° 15' y 103° 31' de longitud oeste y los paralelos 20° 42' y 20° 48' de latitud Norte. La forma de llegar es por las carreteras

federales números 90 y 54; México-Irapuato, La Piedad-Guadalajara y Guadalajara-Salttillo.

Las captaciones Atemajac y San Juan de Dios quedan ubicadas dentro del Municipio de Zapopan, al norte de la ciudad, aproximadamente a 200 m del cruce de la calle prolongación Alcalde y el periférico que circunda Guadalajara.

La superficie del terreno que ocupa la conducción principal, el tanque de regulación, la tubería a presión la casa de máquinas y la subestación eléctrica, quedan ubicadas dentro de la comunidad indígena de Mezquitán Zapopan.

El acceso al tanque Regulador se realiza por la carretera Guadalajara-Salttillo hasta el km. 12.



Localización de las obras de captación, Agua Prieta.

Continuando por la misma carretera, a la altura del km. 16, se localiza la desviación a la casa de máquinas desde donde parte un camino pavimentado de 8 km. de longitud, este comunica también, a los poblados hacienda del Laso y Tempizque.

CARACTERISTICAS TECNICAS

CAPTACIONES

Las captaciones principales se encuentran en los cauces del arroyo Atemajac y el río San Juan de Dios. Ambas cuentan con una presa derivadora de cresta libre a la elevación de 1479 msnm para sobre elevar el nivel del agua, y así extraer los gastos correspondientes que son conducidos al tanque regulador.

El Gasto medio anual en el río San Juan de Dios, es de 8.76 m³/s. El cual una vez captado, es conducido por un conducto rectangular de concreto de 3.00 x 3.00 m y una longitud de 85 m hasta descargar en el área de la captación del arroyo Atemajac, cuyo gasto medio anual es de 11.39m³/s.

	Año		
	1990	2000	2007
Gasto medio anual estimado m ³ /s	11.39	18.61	23.75
Captaciones:			
San Juan de dios			
Gasto medio anual m ³ /s	5.93	9.68	12.35
Gasto medio anual acumulado m ³ /s	8.76	14.32	18.25
Arroyo atemajac			
Gasto medio anual m ³ /s	2.63	4.29	5.49
Gasto medio anual acumulado m ³ /s	11.39	18.61	23.75

CONDUCCION.

A partir de la captación Atemajac, las aguas se transportan en conductos cerrados con una longitud del orden de 6 km. Esta conducción se compone de tres túneles de sección tipo herradura y longitudes de 1 850, 130 y 1 350 m; dos sifones invertidos de 3.80 m de diámetro, con longitudes de 10 008 y 560 m por los que se lleva el fluido a un tanque artificial donde se regula para extraerse diariamente, en un tiempo aproximado de 5 horas.

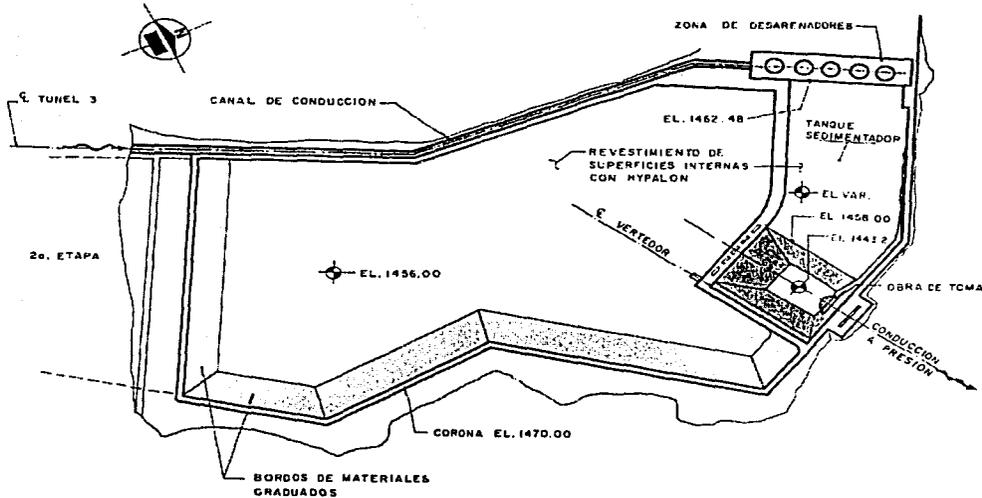
Tanque regulador

El tanque regulador forma un embalse artificial, el cual esta constituido de materiales arcillosos y respaldos de enrocamiento, y rezaga en la parte excavada del piso y muros perimetrales. Finalmente, esta recubierto con una membrana de polietileno clorosulfanado (HYPALON) para garantizar la capacidad de estancamiento. El Tanque Regulador tiene una capacidad de 1,270 000 m³.

Dentro del tanque regulador existe un tanque sedimentador en el cual se captaran mas de 98% de los sólidos sedimentables que son arrastrados para las aguas negras.

Tanque de regulación diaria

Capacidad útil	1, 286 000 m ³
Capacidad de azolves	160 700 m ³
Capacidad total	1,446 700 m ³
Corona de muro	1 471 msnm
Namo	1 470 msnm
Namino	1 458 msnm
Piso del tanque	1 456 msnm



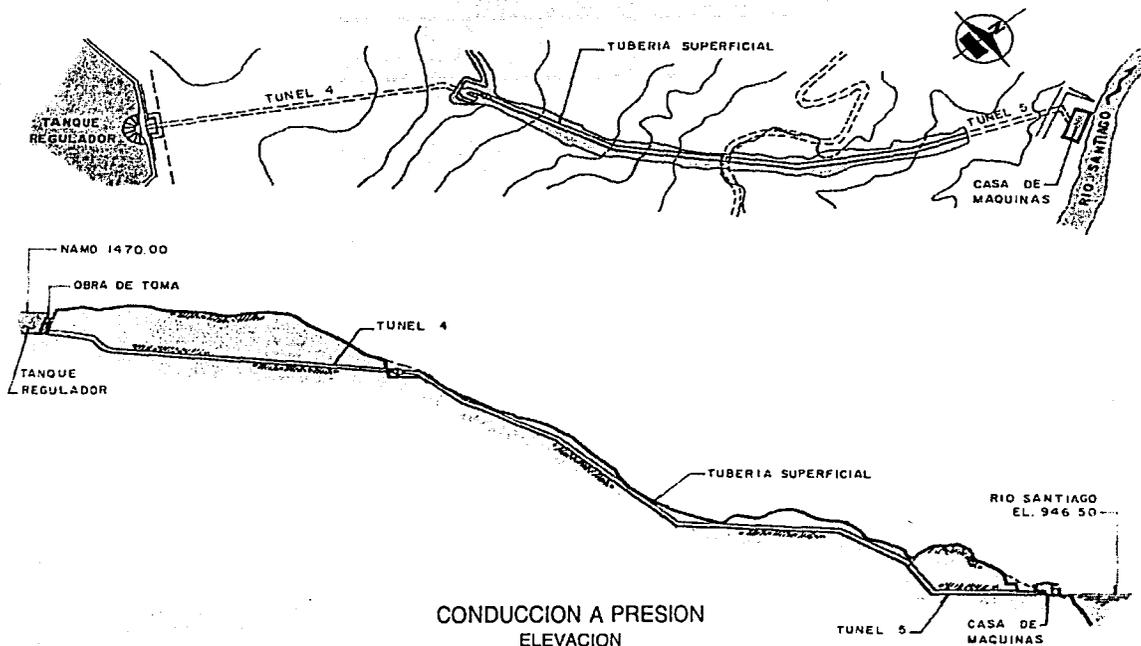
TANQUE REGULADOR

Obra de toma, Agua Prieta.

Numero	1
Capacidad de toma m ³ /s	105.2

CONDUCCIÓN A PRESION

La conducción a presión, inicia en un túnel, éste tiene 520 m de longitud, 5 m de diámetro y una carga estática máxima de 115 m. En este túnel, los últimos 130 m están revestidos con camisa blindada, mientras que, en el tramo inicial se colocó un revestimiento de concreto reforzado. A la salida, de dicho túnel, se instaló una válvula de seguridad y una bifurcación donde se inicia la tubería exterior de 874 m de largo con diámetros variables de 3.8 a 3.20 m y espesores de 2.54 a 5.08 cm de acero de alta resistencia (tipo A-131-AH36). Para la llegada a la Casa de Máquinas se tiene un ultimo túnel de 204 m de largo y 3 m de diámetro que soportara una carga estática máxima de 522.5 m de rechazo de 585 m.



Esquema de la obra de toma, Agua Prieta.

CASA DE MAQUINAS

Esta construcción se localiza en la margen izquierda del río San Juan de Dios, es de tipo exterior con 20 m de ancho, 76.50 m de largo y 31 m de altura. En esta se alojan los dos grupos turbogeneradores y sus equipos auxiliares.

Después de ser turbinada el agua se reintegra, desde este punto, al río Santiago.

Turbinas

Las turbinas hidráulicas son de impulso, tipo Peltón con inyectores, de eje vertical. Sus partes principales en el orden del paso del agua son, tuberías de distribución, inyectores, rodete. Cuenta con un equipo para operar a contra presión.

Datos técnicos	
Numero de unidades	2
Tipo Peltón con chiflones	6
Gasto de diseño por unidad	27.3 m ³ /s
Carga neta de diseño	510.0 m
Potencia nominal	120.0 MW
Velocidad de rotación	300.0 r.p.m.
Elevación del eje distribuidor	946.5 msnm

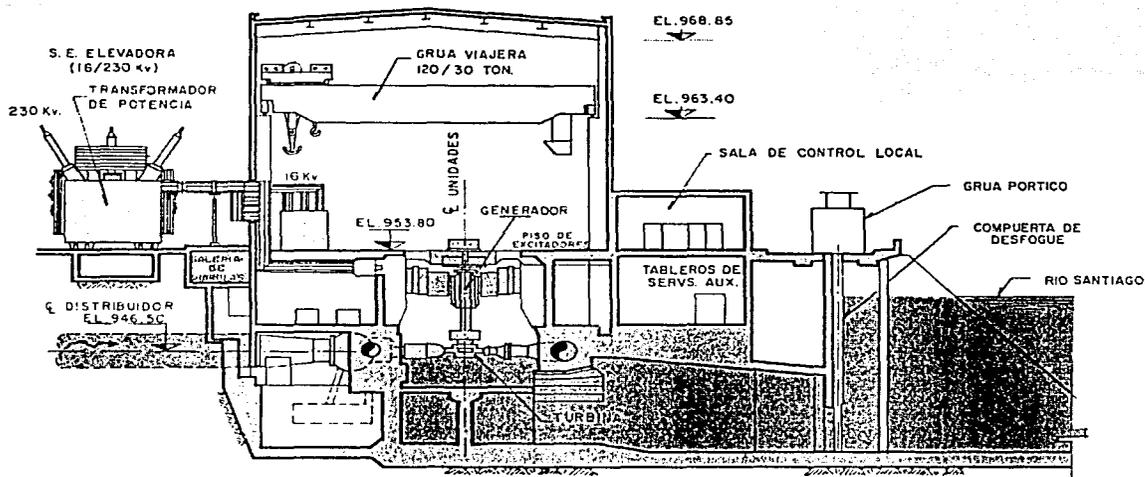
GENERACION

La Central cuenta con una capacidad total de 500 MVA repartida en cuatro unidades de 125 MVA nominales y 24 polos, cada una. En la primera etapa operaron dos unidades, es decir se genero 250 MVA con un factor de planta de 0.21, estas se interconectaron mediante un bus de fase aislada de 16.5 kV y 5 000 Amperes a los transformadores principales, cada uno de los cuales tiene una potencia trifásica de 85/113/140 MVA. Esto eleva la tensión de generación de 16.5 kV a 230 kV, con objeto de entregarla al Sistema Eléctrico de Occidente.

Capacidad nominal por unidad	MVA
Numero de polos	24
Factor de potencia	0.95
Tensión entre fases	16.5 kV

POTENCIA Y GENERACION

Numero de unidades	2
Potencia por unidad	120 MW
Factor de planta	22 %
Generación media anual	462.3 GWh



Croquis de la casa de máquinas, Agua Prieta.

CONTROL DE LA CENTRAL

El Control de la Central cuenta con los elementos mas modernos de la tecnología actual, la cual permite desarrollar diferentes grados de Control, Protección y Automatización. Logrando, a la vez ejecutar jerárquicamente, las funciones relativas a: arranque y paro de las Unidades en forma ordenada, manteniéndola estable y segura, durante las variaciones de carga y bajo las condiciones de falla.

Se definen tres niveles de Control, para el mejor manejo de la misma: local manual, local automático y automático remoto. Los dos primeros se realizan en la Central mientras que para el control remoto se ha instalado una estación Maestra en la Subestación Guadalajara-Norte, localizada a tres kilómetros de distancia desde donde se tiene control sobre las Unidades y los Servicios, por medio de las UTR's (unidades Terminales Remotas) y el equipo de control programable, autómatas de Unidades de Servicios Auxiliares.

Como medio de enlace entre la Central y la Subestación Guadalajara-Norte, se emplean dos circuitos de fibra óptica, por medio de los cuales se establece:

Comunicación, Control, Protección y Medición. Se utilizan los equipos ópticos adecuados en los extremos de estos enlaces. Arreglos similares se emplean en las comunicaciones hacia el Tanque regulador y Captaciones (San Juan de Dios y Atemajac).

LINEAS DE TRANSMISION

La electricidad generada por la Central Hidroeléctrica se integró al Sistema Occidental, por medio de dos líneas de transmisión de 230 KV, que se interconectan con la Subestación Guadalajara-Norte.

Subestación elevadora

Esta se encuentra en una plataforma en la parte posterior de la Casa de Máquinas, es del tipo convencional y en ella se localizan, principalmente, los Transformadores, Interruptores, Cuchillas desconectadoras, apartarrayos, etc., con los cuales se eleva la tensión de generación de 16 KV a la tensión de transmisión de 230 KV, entregándola de esta forma al Sistema Nacional.

IMPACTO SOCIAL

La construcción del camino pavimentado de 8 kilómetros de longitud, que comunica la carretera Guadalajara Saltillo con el Tanque Regulador, enlazó también a los poblados de Hacienda del Laso y Tempizque; de esta forma se ha beneficiado a un gran número de habitantes de la región, permitiendo diversas aplicaciones, entre éstas, se tiene una vía de acceso para sacar los productos de la región. Asimismo con el equipamiento que se hizo en la zona de los cauces Atemajac y San Juan de Dios, ayuda a que no se tire mas basura en los ríos, mejorando de tal suerte, los aspectos higiénico y estético del agua. Aunado a esto, la recolección de basura de las zonas aledañas, a los mismos cauces, se mejoró el ambiente y las condiciones de salud de la población de forma cualitativa.

IMPACTO AMBIENTAL

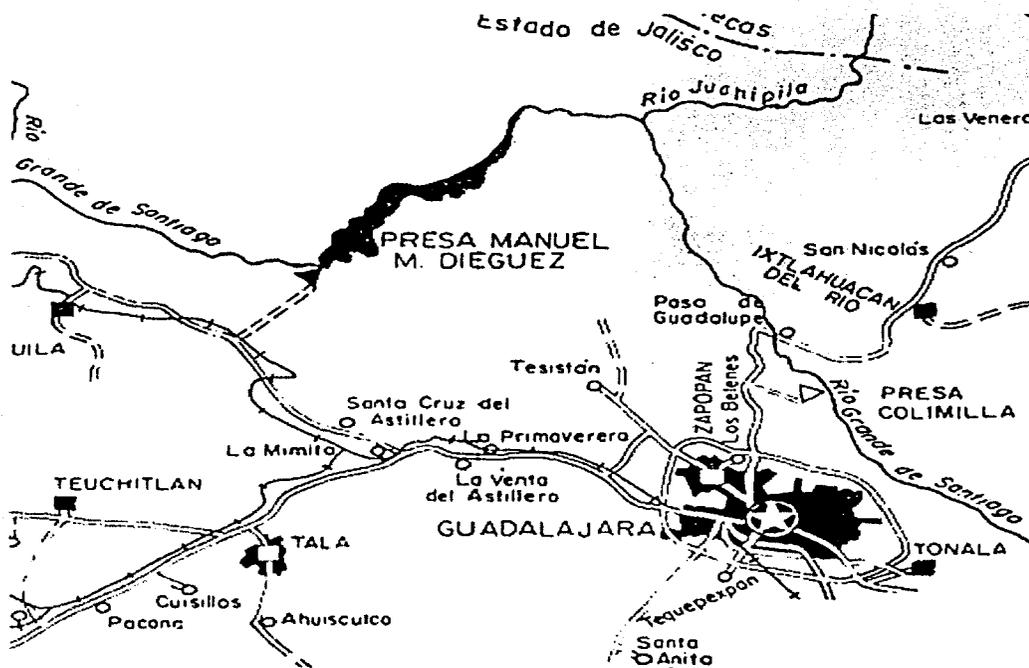
La central hidroeléctrica Valentín Gómez Farias, como todas las centrales de este genero en las que se utiliza el agua para la producción de energía y, en esta en lo particular, en que se usan las aguas residuales de la zona metropolitana de Guadalajara, tienen una energía potencial que actualmente se desperdicia; bajo este sistema se aprovecha en la generación eléctrica, evitándose el consumo de combustibles, que son contaminantes.

El aprovechamiento de este tipo de elemento, ayuda a su saneamiento, ya que en las captaciones se retiran los desechos sólidos que actualmente transporta.

Las obras suburbanas en las que se desarrolla la obra, son zonas áridas, por lo que la forestación que se lleva a cabo en la Central ayudara a mejorar el ambiente del lugar y el aspecto visual de la ciudad.

V.3. CENTRAL HIDROELECTRICA MANUEL M. DIEGUEZ (SANTA ROSA)

La presa Manuel M. Diéguez (Santa Rosa) se ubica a 60 km. al norte de Guadalajara, capital del Estado de Jalisco. Las coordenadas en las que se encuentra son, 20°55' Latitud Norte y 103°42' Longitud Oeste. Fue construida por la Comisión Federal de Electricidad durante los años de 1956 a 1964, para generación de energía eléctrica y el control de las avenidas del río Santiago.

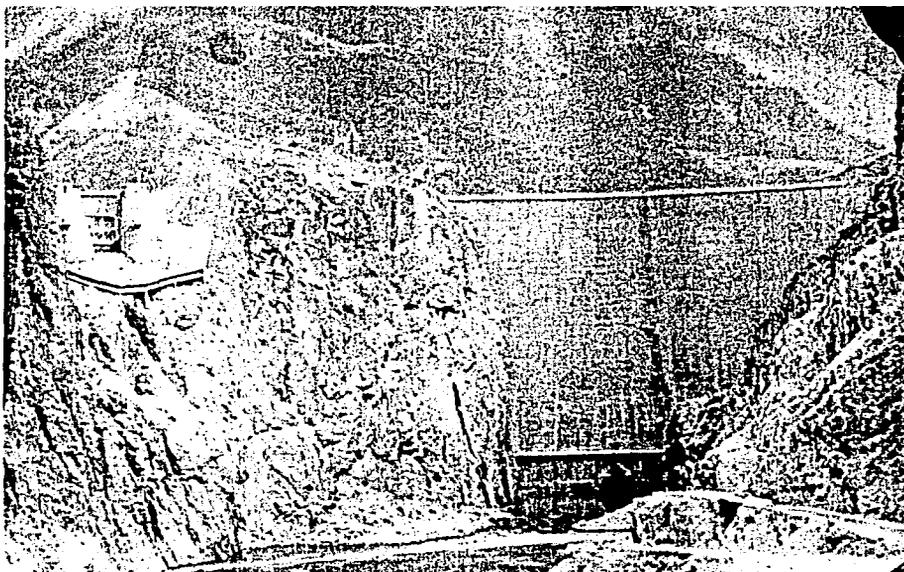


Localización de la presa Santa Rosa .

CORTINA

La cortina es un arco bóveda de doble curvatura de 114 m de altura con espesores de 13.50 m en la base y de 2.50 m en la corona. Para la construcción de la cortina se excavaron 210 000 m³ de material de acarreo del río y 80 000 m³ de roca; se fabricaron 93 000 m³ de concreto y se emplearon 1000 toneladas de acero de refuerzo.

Elevación de la corona	747 m
Espesor máximo en la base	13.50 m
Espesor en la corona	2.50 m
Longitud de la corona	150 m
Bordo Libre	0.60 m

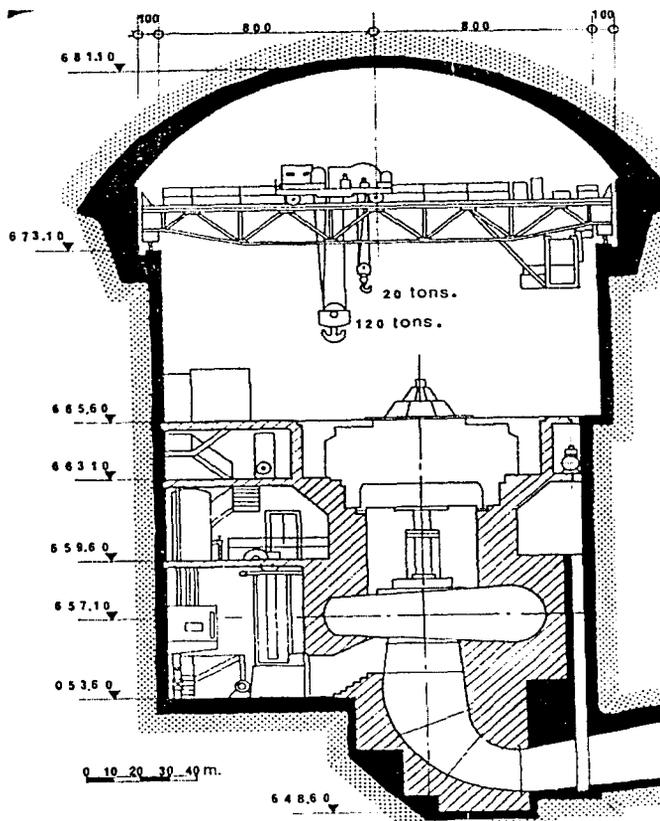


Cortina de Central Hidroeléctrica Santa Rosa.

CASA DE MAQUINAS

La casa de máquinas, de tipo subterráneo aloja dos grupos, cada uno de los cuales esta formado por una turbina Francis de eje vertical de 42 700 CV de potencia y un alternador de 34 000 KVA de capacidad. Para la construcción de la casa de maquinas se excavaron 18 000 m³ de roca y se emplearon 6 000 m³ de concreto. La potencia total instalada es de 60 000 KW.

Carga neta de diseño	71.10 m
Caudal de diseño	49.50 m ³ /s
Potencia de diseño	50000 CV
Carga bruta máxima	90.36 m
Carga bruta mínima	53.90 m
Velocidad	225 rpm
Alternadores	
Capacidad	34000 KVA
Frecuencia	60 Hz



Casa de maquinas, presa Santa Rosa.

OBRA DE EXCEDENCIAS

La obra de excedencias se halla situada en la margen derecha. Es un vertedor de superficie de planta recta, provisto de 4 compuertas radiales de 14 m de ancho por 15 m de altura. Para su construcción se emplearon 15 300 m³ de concreto.

HIDROLOGIA

La cuenca tiene un área aproximada de 79 271 km², el escurrimiento medio anual en esta es de 2734x106 m³. Tiene un caudal medio anual de 87 m³/s, la avenida máxima registrada es de 2078 m³/s.

EMBALSE

Capacidad total al NAME	420x106 m ³
Capacidad útil	291x106 m ³
Capacidad contra avenidas	160x106 m ³
Area máxima de embalse	1108 ha
Nivel máximo de embalse	748.00 m
Nivel normal (NAMO)	746.46 m
Nivel mínimo (NAMINO)	710 .00 m

VERTEDOR

Longitud total de cresta	56.00 m
Elevación de la cresta	731.50 m
Avenida de diseño	8200 m ³ /s
Capacidad máxima de descarga	7300 m ³ /s

POTENCIA Y GENERACIÓN

Capacidad instalada	61.2 MW
Generación media anual	323 GWh

OBRA DE TOMA

Número	1
Caudal de diseño	99 m ³ /s

GEOLOGÍA

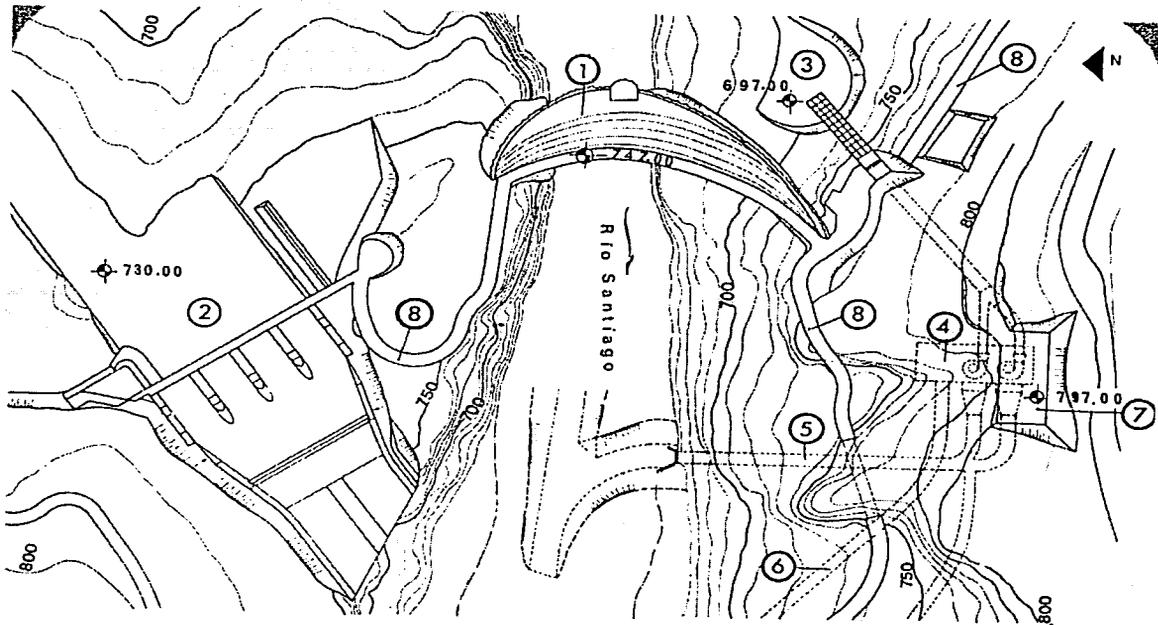
En el área del proyecto afloran rocas comprendidas en edad entre el Oligoceno Tardío y el Reciente. La base de la columna geológica local esta compuesta por una asociación de lavas y tobas de composición andesítico- basáltico, la cual se encuentra en contacto tectónico con la unidad riolítica por medio de la falla geológica denominada Santa Rosa, siendo esta ultima una roca muy dura, compacta, tenaz y de buena composición mecánica. Esta unidad riolítica es donde se desplantaron todas las obras que constituyen la central hidroeléctrica. Existen discontinuidades estructurales de carácter tensional representadas por fallas de tipo normal, juntas y diaclasas de enfriamiento y fracturas de origen tectónico.

Clasificación de zona sísmica.

Los procesos tectónicos de la Trinchera Mesoamericana y la Faja Volcánica Transmexicana, son capaces de generar las aceleraciones máximas de la central hidroeléctrica; sin embargo, los análisis efectuados permiten observar que en la región prevalecen los eventos sísmicos menores y con lapsos muy espaciados. El riesgo sísmico a que se ve sometido la presa no es mayor al soportado por la infraestructura actual en sus 30 años de operación.

Un potencial de riesgo que puede afectar las obras de ampliación de la casa de máquinas exterior, son los bloques que en un momento pueden fallar por fracturas, diaclasas o planos de fluidez, favorecidos por la disposición en cantiliver en algunas partes altas de los escarpes de ambos márgenes, por lo que se tuvo que prevenir en la etapa de construcción.

Las aceleraciones teóricas calculadas en las estructuras locales son de 0,083 0,047 y 0,1326 g para Santa Rosa, Las Cuevas y Malacasco, asimismo se tienen magnitudes de 4°, 3,7° y 3,3° respectivamente sin tomar en cuenta el factor del sitio.



Central hidroeléctrica Santa Rosa.

- | | | |
|-----------------------|------------------------|----------------------|
| 1.- Cortina. | 2.- Vertedor. | 3.- Obra de toma. |
| 4.- Casa de máquinas. | 5.- Túnel de desfogue. | 6.- Túnel de acceso. |
| 7.- Transformadores. | 8.- Camino. | |

CAPITULO VI

DESCRIPCIÓN DEL ANTEPROYECTO HIDROELÉCTRICO “ EL CAJÓN ”

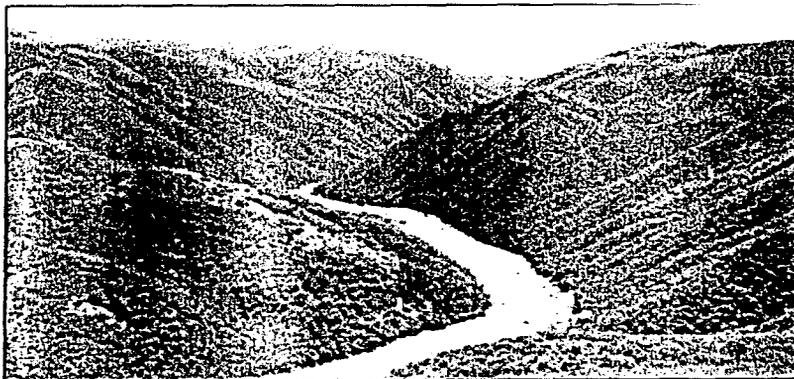
VI.1. GENERALIDADES.

El proyecto hidroeléctrico el Cajón forma parte del sistema hidrológico Santiago, que comprende a 30 proyectos con un potencial hidroenergético de 4,300 MW, del cual solo se ha desarrollado el 32 % mediante la construcción de seis centrales.

El Cajón ocupa el segundo lugar en potencia y generación dentro del sistema, después de la Central de Aguamilpa-Solidaridad.

El acceso para el “Cajón” es a partir de la ciudad de Tepic y tomando la carretera federal en dirección a Guadalajara, en el km 30 se toma la desviación a Santa María del Oro. Después de recorrer 20 km pavimentados se continúa por un camino de terracería de 40 km de longitud hasta el sitio del proyecto.

El cajón esta ubicado a 47 km en línea recta de la ciudad de Tepic en dirección sureste, en los municipios de la Yesca y Santa María del Oro y a 60 km aguas arriba de dicha central; sus coordenadas geográficas son 21° 25' 41" de latitud norte y 104° 7' 14" de longitud oeste.



Vista del sitio, El Cajón.

El embalse del proyecto comprende una superficie de 3 980 hectáreas a las que corresponden:

2 188	(55%)	Municipio La Yesca, Nayarit.
792	(20%)	Municipio de Jala, Nayarit
795	(20%)	Municipio de Sta. Ma. Del Oro, Nayarit.
56	(1.5%)	Municipio de Ixtlán del Río, Nayarit.
139	(3.0 %)	Municipio de Hostotipaquillo, Jalisco.
10	(0.5%)	Zona Federal.

El área del futuro vaso involucra la afectación parcial de 24 predios, cuya tenencia de la tierra corresponde: tres a la propiedad ejidal (19% del área de embalse), un terreno comunal (64%), y 20 propiedades privadas (16.5%).

Se identificaron también 15 asentamientos humanos de los cuales "El ciruelo" constituye el de mayores dimensiones con 93 habitantes; le sigue "La Playa" con 48; y los 13 restantes con población menor a 30 habitantes. En su total suman 300 pobladores agrupados en 70 viviendas.

Los pobladores son en mayor proporción de origen mestizo (77%) y los restantes (23%) pertenecen al grupo étnico huichol; estos últimos se encuentran bajo un proceso de culturación intenso.

La principal actividad económica es la agricultura de autoconsumo, complementada con explotación ganadera en forma extensiva. La producción agrícola afectable por el proyecto se estima en 70 ha., principalmente con cultivos de maíz, frijol y algunos árboles frutales.

La infraestructura afectable por el proyecto se limita a las 70 viviendas y una pequeña instalación semiabandonada que sirve para el triturado y lavado de material de explotación (oro, plata y cobre, entre otros) correspondiente a unas minas localizadas en el área de influencia del proyecto.

HIDROLOGÍA

La temperatura media mensual máxima es de 32 °C en el mes de mayo y la mínima de 23 °C en el mes de enero.

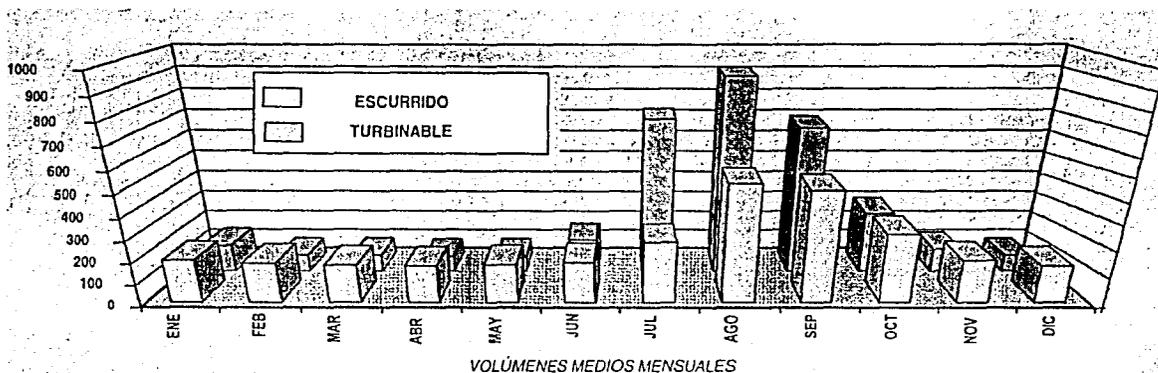
La evaporación media mensual máxima es de 317.8 mm en mayo y la mínima de 129 mm en diciembre.

La precipitación media mensual máxima es de 234.6 mm en julio y la mínima de 10.7 mm en diciembre.

El escurrimiento medio mensual máximo de 918.8 millones de metros cúbicos en el mes de agosto y el mínimo de 83 millones de metros cúbicos en febrero.

En la zona de las obras, la temporada de lluvias se presenta muy marcada entre los meses de junio a octubre y el estiaje entre los meses de junio a mayo. Durante el invierno se presentan lluvias en un porcentaje ligeramente mayor al 15% de la media anual.

El área de la cuenca aportadora	54 198 Km ²
Volumen de escurrimiento medio anual histórica (1949-1993)	4 373 hm ³
Volumen de escurrimiento medio anual menos usos futuros	3 357 hm ³
Volumen medio aprovechable	3 204 hm ³
Gasto medio anual menos usos futuros	110 hm ³
Gasto máximo registrado	7 029 hm ³
Periodo de retorno	10 000 años



Volúmenes de escurrimiento mensual.
(millones de m³)

GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

El cajón esta enmarcado geológicamente por diversa litología, desde rocas metamórficas del Precenozoico e ígneas del Oligoceno al Cuaternario. Existen rocas metavulcano sedimentarias, granitos, andesitas, flujos y emisiones piroclásticas ácidas, derrames basálticos, diques de composición granítica, andesítica y diabásica; depósitos vulcano sedimentarios, aluviones de paleocauce, depósitos pumicíticos, lacustres, de talud y de aluvión reciente.

Desde el punto de vista geológico estructural, el macizo rocoso del proyecto se encuentra intrusionado, basculado y claramente delimitado por fallamiento regional, que permitió la definición de bloques y sub-bloques.

En el macizo rocoso del sitio donde se ubican las obras y en especial en la margen izquierda, esta situación implica que en la margen izquierda se prevea tener mayores tratamientos a la roca para la construcción de las obras exteriores y subterráneas.

VI.2. CAPACIDAD DE GENERACIÓN

El embalse contribuirá a regular los escurrimientos de su cuenca propia beneficiando directamente a la Central de Aguamilpa, ya que al recibir ésta en su vaso las aportaciones reguladas incrementará su generación firme y se reducirán las probabilidades de derrames por el vertedor.

Los beneficios sustantivos asociados al desarrollo de este proyecto son la instalación de dos unidades turbogeneradoras de 340 MW cada una y la producción de 1 207,45 GWh medios anuales, de los cuales 808,56 GWh son firmes para atender la demanda en horas base y 398,89 GWh secundarios

Se han identificado los siguientes beneficios:

La generación de 1 207,45 GWh medios anuales permite un ahorro aproximado de 1,9 millones de barriles de combustóleo al año.

Aumenta la energía firme de la Central Aguamilpa en 94,1 GWh anuales, mediante la regulación de los escurrimientos

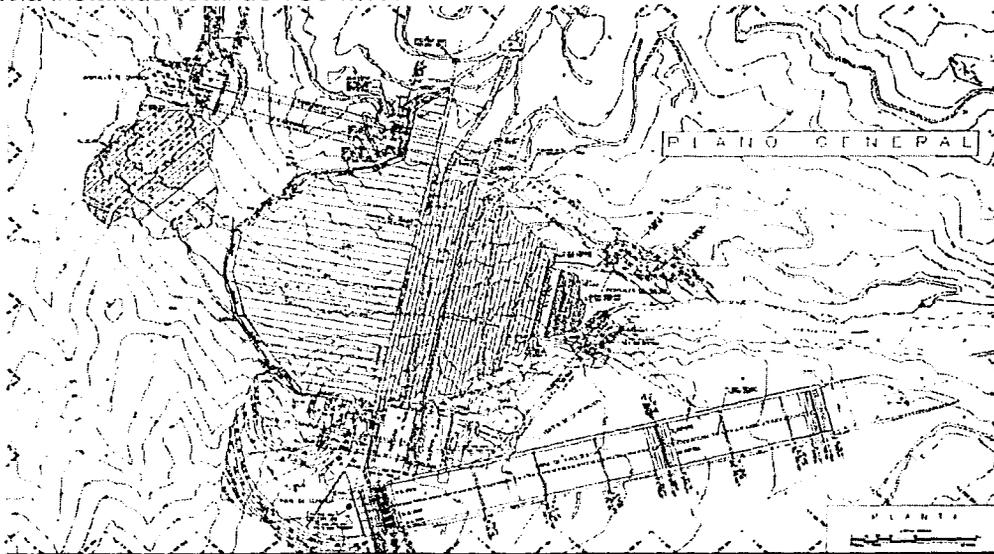
Contribuye al acceso de recursos y servicios para las poblaciones aisladas, por medio de la utilización de la infraestructura desarrollada para la construcción del proyecto y a través de la utilización del embalse como vía fluvial.

Permite la creación del orden de 10 000 empleos directos e indirectos, produciendo en la región una importante derrama económica derivada de la adquisición de bienes y servicios que demanda la construcción del proyecto.

Complementa la regulación y control de avenidas del río Santiago, que causaba considerables inundaciones en la planicie del estado de Nayarit, las cuales se han reducido por la construcción de la C. H. Aguamilpa.

VI.3. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

El camino de acceso de 43 km de longitud y dos líneas de un circuito de 400 KV , con una longitud total aproximada de 25 km, para el aprovechamiento se propone una cortina de enrocamiento con cara de concreto, de 186 m de altura y 611.5 m de longitud el desvío es mediante dos túneles de sección portal y dos ataguías de materiales graduados; vertedor de excedencias controlado, obra de generación con cuarto de máquinas subterránea que alojará dos grupos turbogeneradores, con potencia instalada total de 750 MW.



Plano general de las obras del El Cajón.

OBRA DE DESVÍO

La obra de desvío consiste en dos túneles de sección portal, localizados en la margen izquierda del río, excavados en roca revestida de concreto hidráulico en la plantilla y concreto lanzado en paredes y bóveda, diseñados para transitar la avenida de diseño 6711 m³/s.

Los portales de entrada y salida serán excavados en roca, cada túnel cuenta con una lumbrera revestida de concreto para alojar y operar los obturadores accionados por malacates estacionarios para el control del flujo de agua.

La compuerta se deslizará a través de una lumbrera vertical revestida de concreto por medio de un malacate; el mecanismo instalado estará en la plataforma junto al marco que soportará la compuerta durante el cierre final.

Además se complementa con dos ataguías construidas con materiales graduados, el núcleo impermeable de ambas estará ligado a una pantalla impermeable construida sobre aluvión, hasta la roca sana del fondo del cauce del río, para evitar filtraciones hacia la zona de construcción de la cortina, garantizando la correcta construcción del núcleo y pantalla impermeables, para tener las condiciones adecuadas para el desplante del plinto, la cual consiste en mantener seca dicha zona, es conveniente realizar la construcción de las ataguías antes del período de lluvias.

Para la estabilización de las excavaciones se deberán realizar los tratamientos al macizo rocoso, consistentes en: preanclajes, anclajes, concreto lanzado, y en los portales de entrada y salida se deberán utilizar ademes metálicos.

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD
Excavaciones a cielo abierto	584 844	m ³
Excavaciones subterráneas	338 818	m ³
Terracerías (Ataguías)	867 494	m ³
Concretos	16 919	m ³
Sobreacarreos	1 027 922	m ³ /Km
Acero de refuerzo	610	t
Barrenación para drenaje	17 286	m
Barreanación para imp.	624	m
Anclaje	189 523	m
Malla electrosoldada	127 361	m ²

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD
Concreto lanzado	12 433	m ³
Bombeo	7 005	h
Marcos metálicos	621	t
Pantalla plástica	625	m ²
Nota: Esto es considerado en túneles y ataguías		

OBRA DE CONTENCIÓN

La obra de contención consiste en una cortina de enrocamiento con cara de concreto, el cuerpo de la misma se compone de materiales graduados que dan apoyo a la cara de concreto formada con tableros de aproximadamente 15.0 m de ancho y espesor variable, la cara de concreto se apoya en el plinto que además de esta función sirve como plataforma para realizar las inyecciones de consolidación y pantalla impermeable que junto con un sistema de galerías excavadas en ambas laderas adyacentes al empotramiento de la cortina formarán el plano de estanqueidad.

La cara de concreto contará con un sistema de sellos y juntas de cobre y P.V.C.; que serán colocadas en todas las juntas de la cara de concreto y en la junta perimetral plinto-cara de concreto, estas protecciones deben garantizar que las filtraciones sean mínimas.

Para medir estas filtraciones, se ubicará una galería filtrante al pie de la cortina en la zona aguas abajo, de tal manera que por ella se capten todas las filtraciones que ocurran por el cuerpo de la presa y se pueda medir el gasto de filtración en cualquier época del año.

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD
Excavaciones a cielo abierto	2 188 088	m ³
Excavaciones subterráneas	9 543	m ³
Terracerías	11 500 000	m ³
Concretos	81 571	m ³
Sobreacarreos	2 197 631	m ³ /Km
Acero de refuerzo	5 582	t
Instrumentación	1	lote

Barrenación para consolidación e impermeabilización	93 497	m
Perforación para drenaje	1 110	m

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD
Anclaje perforación y acero en metros lineales	25 153	m
Malla electrosoldada en laderas	19 000	m ²
Concreto lanzado	2 535	m ³
Bombeo en exceso	35 040	h

OBRA DE GENERACIÓN

Esta se encuentra localizada en la margen derecha; consiste en una obra de toma de concreto reforzado y rejillas metálicas, la estructura de control cuenta con dos compuertas deslizantes de servicio operadas con servomotores; la conducción del agua hacia el cuarto de máquinas es mediante 2 túneles circulares a presión, de concreto reforzado en su primera parte y posteriormente revestidos con camisa metálica.

El cuarto de máquinas es subterráneo y su ingreso será por un túnel vehicular. La obra completa se complementa con la galería de oscilación y el túnel de desfogue, ambos excavados en roca.

La subestación se ubicará en dos plataformas exteriores y será blindada.

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD
Excavaciones a cielo abierto	1 333 993	m ³
Excavaciones subterráneas	339 138	m ³
Concretos	60 496	m ³
Sobreacarreo	598 566	m ³ /Km
Acero de refuerzo	2 677	t
Marcos metálicos	176	t
Barrenación para consolidación	3 800	m
Perforación para drenaje	23 908	m
Anclaje	158 415	m
Malla electrosoldada	69 000	m ²

Concreto lanzado	5 821	m ³
------------------	-------	----------------

CASA DE MÁQUINAS

La casa de máquinas se encuentra alojada en una caverna excavada en roca, sus losas, muros y bóveda son de concreto reforzado, equipada con dos grupos turbogeneradores, las turbinas son tipo Francis de eje vertical.

Se ingresa mediante un túnel de acceso vehicular dimensionado de acuerdo con las partes más grandes de los equipos que se van a instalar, cuenta con un sistema forzado de ventilación por medio de tres lumbreras verticales y un alumbra más para contener todos los cables de control, fuerza y medición.

En la casa de máquinas se instalarán dos grúas viajeras con la capacidad conjunta para realizar el montaje y los servicios de mantenimiento de todos los equipos y sistemas auxiliares de los turbogeneradores.

También se debe instalar una turbina auxiliar tipo Francis de eje Horizontal, para suministro de energía eléctrica para los servicios auxiliares de la central en caso de emergencia.

La energía se conduce a través de lumbreras verticales hasta la superficie, por medio de buses de fase aislada a los transformadores que van a elevar el voltaje de 17 a 400 KV.

OBRA DE CONTROL Y EXCEDENCIAS

Esta diseñada para un gasto máximo de 15 915 m³/s; inicia en un canal llamada excavado a cielo abierto en la margen derecha, la zona de control está formada por el cimacio y pilas de concreto reforzado para conformar 6 vanos equipados con compuertas radiales operadas por servomotores; el canal de descarga es de sección rectangular revestido con concreto reforzado y aireadores en el piso, está dividido por un muro longitudinal, rematando en la cubeta deflectora tipo salto de sky.

DATOS TÉCNICOS

Hidrología

Escorrentía medio anual	3 191,8 hm ³
Gasto medio anual	01,0 m ³ /s
Volumen aprovechable	2 984,9 hm ³
Porcentaje de aprovechamiento	93,6 %
Capacidad útil	1 136,2 hm ³

Obra de contención:

Tipo

Enrocamiento con cara de
Concreto.

Longitud de corona	611,5	m
Ancho de corona	7	m
Altura máxima	186	m

Obra de generación:

Turbina tipo	Francis	
Número de turbinas	2	
Gasto de diseño por unidad	236,8	m ³ /s
Consumo específico	2,38	m ³ /kWh
Velocidad de rotación	163,64	rpm
Potencia por turbina	345,18	MW
Potencia por generador	340,00	MW
Factor de planta medio	0,2031	
Potencial total	680,0	MW
Generación media anual	1 207,45	GWh
Firme	808,56	GWh
Secundaria	398,89	GWh

Embalse:

	Elevaciones (msnm)	Áreas (km ²)	Capacidades (hm ³)
Corona	396.00		
NAME	394.00	39.82	2 369
NAMO	391.00	38.52	2 252
NAMINO	346.00	20.87	936

Obra de control y excedencias:

Gasto máximo(avenida de diseño)	12 300	m ³ /s
Gasto de diseño por la estructura	12 300	m ³ /s
Tipo de vertedor	Controlado	
Número de compuertas	6	
Longitud efectiva de cresta vertedora	61,2	m
Dimensiones de compuertas	10,20 x 22,65	m
Carga de diseño	22,0	m

CAPITULO VII

ESTRUCTURA JURÍDICA Y FINANCIERA DEL PROYECTO

Datos tomados de las "Bases de Licitación" que CFE entrega a todas las empresas interesadas en participar.

VII.1. ASPECTOS JURÍDICOS

Para participar en estas licitaciones de "Obra Publica Financiada a Precio Alzado" bajo la modalidad de proyecto integral, la empresa o constructora concursante deberá ser una persona física o moral legalmente constituida, con capital social y contable que cumpla con lo solicitado en las bases de licitación, así como con lo dispuesto en el artículo 134 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y el artículo 50 de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público y demás disposiciones aplicables:

Algunos de los requisitos más importantes que debe cumplir la empresa concursante en el momento de adquirir las bases de licitación para este tipo de concurso deben ser las siguientes:

A) Comprobatorios de capital contable mínimo, mediante declaración fiscal, auditada por un contador externo.

B) Copia constitutiva certificada y modificaciones en su caso, según sea su naturaleza jurídica, con datos de inscripción en el registro publico de la propiedad y del comercio, o copia certificada del acta de nacimiento, si se trata de personas físicas, así como poderes que deban presentarse.

C) Declaración escrita y bajo protesta de decir verdad, de no encontrarse en los supuestos del artículo 51 y 78 de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas, así como del artículo 47 fracción XXIII de la Ley Federal de Responsabilidades de los Servidores Públicos.

D) La experiencia, mediante la presentación de documento impreso que identifique los trabajos realizados por el licitante y su personal, similares a los que son objeto de esta licitación.

E) La capacidad técnica mediante la presentación del currículum de los profesionales y técnicos a servicio de licitante.

F) El idioma en que deberán presentarse las proposiciones será: español.

Una vez hecha la evaluación de las proposiciones, el contrato se adjudicará de entre los licitantes, a aquel cuya propuesta resulte solvente porque reúne, conforme a los criterios de adjudicación establecidos en las bases de licitación, las condiciones legales, técnicas y económicas requeridas por la convocante, y garantice satisfactoriamente el cumplimiento de las obligaciones respectivas.

Si resultare que dos o más proposiciones son solventes porque satisfacen la totalidad de los requerimientos solicitados por la convocante, el contrato se adjudicará a quien presente la proposición cuyo precio sea el más bajo.

La convocante emitirá un dictamen que servirá como base para el fallo, en el que se hará constar una reseña cronológica de los actos del procedimiento, el análisis de las proposiciones y las razones para admitirlas o desecharlas.

Además, en este tipo de licitación, se debe de cumplir con los siguientes artículos de diferentes leyes aplicables en el país.

Fundamentación en Materia Presupuestal y de Deuda Pública para la Contratación bajo la Modalidad OPF

Ley General de Deuda Pública: Artículos 1, fracción III, 2, fracciones I y II, 4 fracciones III, IV y VI, 6, 8, 14 y 18.

Ley de Presupuesto, contabilidad y Gasto Público federal: Artículos 2, fracción VI, 10 y 30.

Reglamento de la Ley de Presupuesto, Contabilidad y Gasto Público Federal: Artículos 38 A y 38 B.

Presupuesto de Egresos de la Federación (anual), Tomo IV.

Facultades de la CFE en los Proyectos bajo la Modalidad OPF

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos: Artículos 25, 27, sexto párrafo, 28 y 134.

Ley Federal de las Entidades Paraestatales.

Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.

Ley de Adquisiciones y Obras Públicas (vigente hasta el 4 de marzo de 2000).

Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas (vigente a partir del 4 de marzo del 2000) y su Reglamento.



Presa de Aguamilpa, Nayarit.

VII.2. EVALUACIÓN FINANCIERA

La elaboración de la evaluación de un proyecto de este tipo debe contener en forma explícita toda la información posible, ya que su análisis desde diferentes puntos de vista nos dará el criterio para tomar la decisión sobre la conveniencia de invertir en el proyecto.

Para esta decisión debe tomarse en cuenta que es una obra de infraestructura, el objetivo no es el proyecto en sí, sino que es parte de un plan de desarrollo a nivel nacional para garantizar un ambiente de confiabilidad en el sector eléctrico.

La valuación de un proyecto consta en general de cuatro estudios, técnico, de mercado, administrativo y financiero.

El análisis de la evaluación financiera, no solo determina la rentabilidad de un proyecto, sino que proporciona las alternativas para aprobarlo ó rechazarlo en función de la trascendencia de su potencialidad real.

La evaluación del proyecto se realiza sobre la estimación de "flujo de caja de los costos y beneficios", es decir se comparan los beneficios proyectados desde una inversión contra el flujo de desembolsos también proyectados.

Para el estudio de las inversiones las matemáticas financieras son de gran utilidad, basándose en la consideración de que el dinero, por solo transcurrir el tiempo tiene una rentabilidad conocida como "Valor Tiempo del dinero".

El criterio más aceptable para la evaluación de proyectos de inversión es el de "Valor Presente Neto" (VPN).

Este criterio propone que el proyecto se acepta si su valor presente neto (VPN) es igual o mayor que cero, en el que el VPN es la diferencia entre los dos sus ingresos y egresos expresados en moneda actual.

Matemáticamente se expresa de la siguiente forma:

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{Y_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+i)^t} - I_0$$

Donde:

Y_t = Representa el flujo de ingresos del proyecto

E_t = Egresos

I_0 = Inversión inicial (en el momento cero de la evaluación)

i = Tasa de descuento

t = Posibilidad de valores diferentes en el flujo de caja.

Simplificando la ecuación tenemos:

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{Y_t - E_t}{(1+i)^t} - I_0$$

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0$$

Donde:

BN = Beneficio Neto del flujo en el período de "t"

En el resultado final BN puede ser positivo o negativo.

Con este criterio se debe interpretar lo siguiente del resultado:

VPN = 0 Indica que el proyecto renta lo justo que el inversionista solicita de su inversión.

VPN = 100 Indica el proyecto proporciona esa cantidad en exceso a lo requerido.

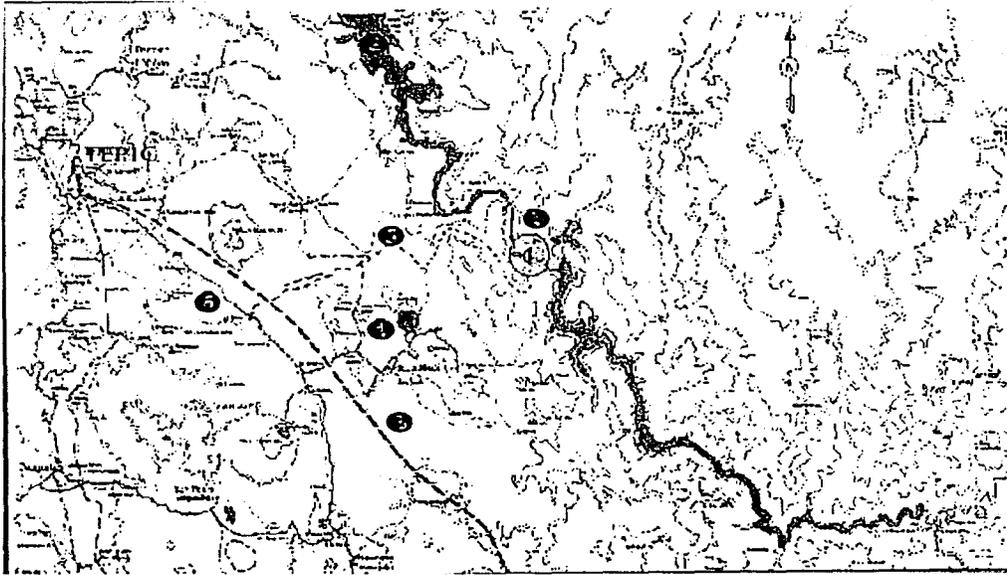
VPN = -100 Es la cantidad que falta para que el proyecto rente lo mínimo exigido por el inversionista.

El Proyecto Hidroeléctrico **El Cajón** forma parte del programa óptimo de expansión del Sistema Eléctrico de la Comisión Federal de Electricidad, por lo que únicamente se verifica que los parámetros de evaluación financiera que este proyecto cumpla con las restricciones impuestas a Proyectos de Infraestructura Productiva a largo plazo por la SHCP a través del Manual de Normas Presupuestarias para la administración Pública Federal.

Esta central se va a realizar bajo el esquema de Obra Pública Financiada (OPF).

Le evaluación financiera se llevó a cabo comparando el resultado neto operación de la central con los pagos financieros que debe realizar la CFE por:

El pago (principal e intereses) del financiamiento de la central generadora.
Inversión en indemnizaciones y supervisión de la construcción de la obra.



Ubicación del sitio donde se construirá el proyecto hidroeléctrico del Cajón

VII.3. FORMAS DE FINANCIAMIENTO

El financiamiento de proyectos consiste en la obtención de recursos para financiar un proyecto económicamente independiente en el cual la fuente de pago para dicho financiamiento y el retorno sobre la inversión realizada consiste principalmente de los flujos de efectivo generados por el mismo proyecto.

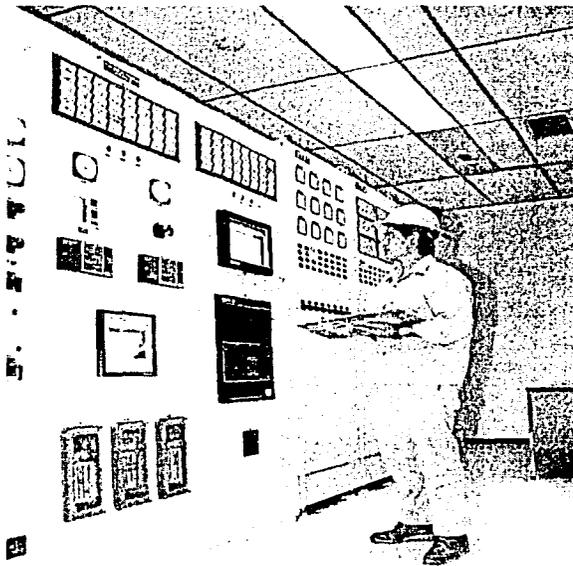
Mecanismos de financiamiento nacional e internacional

Los constructores suelen aportar la mayor parte del capital inicial al para el proyecto. A inversionistas de capital externos, por lo general instituciones financieras, se les puede ofrecer la oportunidad de invertir capital en un proyecto.

Los bancos comerciales y las compañías de seguros de vida, por tradición, han sido las principales fuentes de financiamiento para proyectos de gran envergadura. En la estructura financiera típica, los bancos comerciales proporcionan financiamiento para construcción con un tipo de interés flotante y las compañías de seguros de vida proporcionan entonces "financiamiento permanente" con un tipo de interés fijo mediante el refinanciamiento de los préstamos bancarios después de terminado el

proyecto. La aparición del mercado de swaps de tipos de interés ha permitido a los acreedores la flexibilidad de convertir los préstamos a interés flotante en obligaciones a interés fijo. Además, durante los años ochenta los bancos comerciales estuvieron en la disposición de aceptar plazos de préstamo más largos. Como resultados de tales recursos, se utilizaron préstamos de bancos comerciales con mayor frecuencia durante los años ochenta y se convirtieron en la fuente principal de deuda a largo plazo para el financiamiento de proyectos.

En los años noventa, los proyectos de infraestructura se volvieron de alta prioridad. Los bancos comerciales, una vez que se adaptaron a las normas de capital más estrictas, expandieron su participación en el financiamiento de proyectos. Asesoran y también prestan. Los mercados de deuda pública y casi pública se tornaron más receptivos a las emisiones de deuda para proyectos bien estructurados. Aquellas que califican como una buena inversión disfrutan del mercado más amplio. Por último, las agencias multilaterales, como el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo, han redoblado sus esfuerzos para combinar las fuentes de capital públicas y privadas para financiar proyectos de infraestructura. Tal vez ahora más que nunca, es probable que el paquete de financiamiento para un proyecto recurra a varias fuentes financieras para adaptarlo a las necesidades particulares de los inversionistas y los constructores de un proyecto.



Los proyectos de generación de energía eléctrica son prioritarios para el país.

Capital

Al evaluar lo atractivo de una inversión en un proyecto, los inversionistas de capital potenciales evaluarán los beneficios que se espera se deriven de la operación del proyecto. Tales beneficios incluyen, como mínimo, una aceptable tasa de rentabilidad de los fondos invertidos. Los beneficios esperados por los inversionistas de capital deben ser proporcionales a los riesgos del proyecto, de tal modo que justifiquen su compromiso de invertir en el proyecto.

Los bancos comerciales y las instituciones de crédito por lo general son las fuentes de capital para transacciones con orientaciones tributarias. También son una fuente frecuente de financiamiento temporal para un proyecto y con frecuencia están dispuestos a correr un mayor riesgo de terminación o un mayor riesgo reglamentario que otros tipos de prestamistas potenciales.

Estructuración de las Inversiones de Capital

La estructuración de las inversiones de capital en un proyecto implica cuatro áreas de interés principales:

- 1.- Cómo organizar y capitalizar la empresa,
- 2.- Cómo administrarla y controlarla,
- 3.- Cómo resolver las disputas entre los constructores y los inversionistas de capital,
- 4.- Cómo disolver la empresa.

Mercado de Deuda a Largo Plazo

Hay un mercado extenso para el financiamiento de deuda a largo plazo de proyectos en los mercados de capital en Estados Unidos, Europa y Japón. Las instituciones financieras como las compañías de seguros de vida y los fondos de pensiones proporcionan financiamiento a un tipo de interés fijo y los bancos comerciales lo hacen a un tipo de interés flotante. En la mayoría de los financiamientos de proyectos, el financiamiento para la construcción aportado por un banco comercial o las colocaciones privadas antes de la terminación con prestamistas institucionales constituyen la fase inicial del plan de financiamiento.

Tres factores primordiales contribuyen a su predominio en la fase inicial:

- 1.- El monto y el plazo de los anticipos iniciales necesarios para garantizar que se dispondrá de fondos suficientes para completar el proyecto;
- 2.- El grado de complejidad requerida para comprender los intrincados arreglos de la emisión de valores por lo general implicados en un financiamiento de proyecto;

3.- Las dificultades y las demoras implicadas al registrar los valores para los financiamiento de proyectos ante la Securities and Exchange Comision (SEC) (Comisión de Valores y Cambios) y la necesidad de obtener la calificación de grado de inversión de buena calidad con el objeto de obtener una amplia aceptación entre los compradores de valores de deuda ofrecidos al público inversionista.

Varios factores influyen en la amplitud de los mercados de deuda a largo plazo internacionales para el financiamiento de proyectos:

- 1.- Rentabilidad del proyecto.
- 2.- Apalancamiento del proyecto
- 3.- Evaluaciones de los riesgos del proyecto por parte de los prestamistas.
- 4.- Calificación crediticia de la entidad del proyecto.
- 5.- Tipo de interés sobre la deuda del proyecto.
- 6.- Liquidez de los títulos de deuda del proyecto.

Otros factores que pueden contribuir a la disponibilidad de fondos para un proyecto incluyen el grado de competencia por el capital de otros proyectos en proceso de construcción o de ser financiados, la tasa de inflación y la actitud general entre los inversionistas institucionales hacia la inversión en proyectos del tipo y en la ubicación del proyecto que se va a financiar. Las compañías de seguros de vida por tradición han sido la fuente más importante de fondos para grandes proyectos industriales y energéticos. Es probable que continúen siéndolo en el futuro.

Préstamos de Bancos Comerciales

Se pueden negociar cuatro tipos alternativos de servicios de crédito bancario para financiar un proyecto:

Crédito revolvente.

Préstamo a plazos.

Carta de crédito contingente (stand-by).

Préstamo puente.

Servicio de Crédito Integral

En lugar de negociar un compromiso de préstamo distinto en cada categoría, los bancos comerciales pueden proponer que se negocie un servicio de crédito integral que incluya todas las necesidades de deuda del proyecto. Esto suele implicar un servicio de crédito revolvente durante el periodo de construcción, una parte del cual se convierte en préstamo a largo plazo al término de la construcción. El servicio de crédito revolvente permite que una parte de él se utilice como carta de crédito contingente. Para proyectos de grandes dimensiones, el servicio de crédito sería provisto por un sindicato de bancos. Un servicio de crédito integral a menudo permite una mayor flexibilidad financiera tanto para el o los bancos como para el proyecto.

Límites legales para la obtención de un préstamo.

Las limitaciones impuestas a algunos bancos con respecto a la concesión de préstamos para un solo acreedor pueden limitar la disponibilidad del financiamiento bancario para un proyecto muy grande. En el caso de bancos nacionales, el límite legal para la inversión en obligaciones de un sólo emisor es de 10% del superávit de capital del banco y de los dividendos no distribuidos. Además de los límites legales para la concesión de un préstamo, los bancos suelen tener políticas internas que limitan su capacidad de proporcionar fondos a un sólo acreedor. Estas políticas internas basan la cantidad que el banco puede prestar en:

La reputación o capacidad crediticia del acreedor.

Las condiciones del mercado de dinero predominantes.

El o los tipos de facilidades solicitadas (se prefieren los vencimientos más cortos a los préstamos a largo plazo).

El tipo de interés necesario a la luz del apalancamiento financiero del proyecto y a sus riesgos empresariales y de otro tipo.

La rentabilidad general esperada de la relación del banco con los promotores del proyecto, la cual dependerá de las comisiones y otros ingresos que el banco espera obtener del préstamo, de la administración del efectivo y de otros servicios que proporcionará a los promotores y a la entidad del proyecto.

Plazos de los Préstamos Bancarios

Los constructores del proyecto buscan establecer compromisos con bancos comerciales tanto de financiamiento para la construcción como permanente. El compromiso para la construcción depende de la duración de la construcción; un compromiso a 2 o 3 años es lo normal para muchos proyectos. El financiamiento permanente tiene un vencimiento más largo. Con frecuencia son factibles vencimientos hasta de 15 años a partir de la fecha de terminación para proyectos de infraestructura.

Los préstamos bancarios por lo general son a un tipo de interés flotante, expresados como un margen por encima de un tipo de referencia especificado, tal como el tipo de interés preferencial o uno de los tipos LIBOR. Los préstamos para financiamiento permanente por lo general especifican incrementos en el margen después de unos cuantos años. Estos incrementos están diseñados como incentivo para que los promotores del proyecto refinancien la deuda bancaria antes de su vencimiento programado.

Bancos Comerciales Internacionales

Los grandes bancos de compensación en el Reino Unido; los grandes bancos comerciales y universales en Francia, Alemania, Japón y Suiza; y en menor grado, los consorcios bancarios de Londres son candidatos probables para aportar fondos para un proyecto. Estos bancos otorgan préstamos para un proyecto a través de su participación en uno más sindicatos de prestamistas bancarios o, en el caso de los más grandes bancos Europeos y Japoneses, facilitan el financiamiento para el proyecto mediante la colocación de bonos con inversionistas institucionales.

El mercado bancario internacional se ha convertido en uno de los mercados financieros más dinámicos a escala mundial. Debido a que no está sujeto a reglamentaciones nacionales, el mercado tiene la libertad de intervenir como intermediario de una manera flexible entre depositantes y prestatarios de diferentes países. Casi todos los bancos más importantes de Estados Unidos, Canadá, el Reino Unido, Europa continental y Japón tienen una participación activa. El dólar estadounidense es la moneda dominante. Otras monedas importantes son el marco alemán y el franco suizo. En los años 70 se produjo un crecimiento espectacular con la entrada de grandes depósitos de los países productores de petróleo del Oriente Medio, y en los años 80, cuando Estados Unidos seguía con enormes déficit's en su balanza de pagos.

La Comisión Federal de Electricidad es a la que corresponde suministrar la creciente demanda de energía eléctrica del país, y para lo cual tiene que crecer rápidamente la infraestructura del sector eléctrico.



La CFE es la responsable de la infraestructura eléctrica en el país.

Para hacer frente a esta necesidad se ha desarrollado un sistema de contratación y financiamiento de obras denominado "Proyectos de Infraestructura Productiva de largo Plazo".

Con esta idea se han formulado básicamente tres modelos de contrato.

1.- CAT (Construcción, Arrendamiento y Transferencia). Este modelo es la estructura BLT internacionalmente conocida, adaptada al Marco jurídico mexicano, donde una Sociedad creada ex profeso diseña, Construye y financia los proyectos, que son aportados a un fideicomiso. Una vez terminados son entregados a la CFE para su operación y mantenimiento, e inicia el pago de rentas durante un período de 15 años ó más.

2.- PEE (Productor Externo de Energía). El PEE se obliga a construir, financiar y operar una planta de generación bajo ciertos estándares y ponerla exclusivamente a disposición de la CFE, a cambio del pago de un cargo fijo por capacidad y otros pagos por energía, durante un plazo de 25 años. La CFE pone a su disposición la opción de un contrato de combustible y de un sitio para la construcción. La variable determinante en la adjudicación del contrato es el menor precio unitario nivelado de generación.

3.- OPF (Obra Pública Financiada). Se trata de un contrato a precio alzado en el que el ganador de la licitación se obliga a construir y financiar los proyectos. El precio ofertado debe incluir el EPC y los costos de financiamiento durante la construcción. Una vez terminadas las obras y recibidas son liquidadas en su totalidad, asumiendo CFE el financiamiento de largo plazo.

El proyecto Hidroeléctrico "El Cajón", será financiado bajo el esquema de OPF en la que la responsabilidad del financiamiento durante la construcción será del licitante ganador.

Los análisis de flujos mediante los cuales se valuó la viabilidad financiera del proyecto de generación, se han realizado bajo el supuesto de que el financiamiento conseguido incluye emisión de bonos, créditos de bancos comerciales y financiamiento por parte de agencias de crédito a la exportación. Y capital de inversión del licitante ganador.

FORMAS DE FINANCIAMIENTO DURANTE LA CONSTRUCCION

1.- Mediante la emisión de notas promisorias a corto plazo, ó prestamos a corto plazo provenientes de un banco comercial.

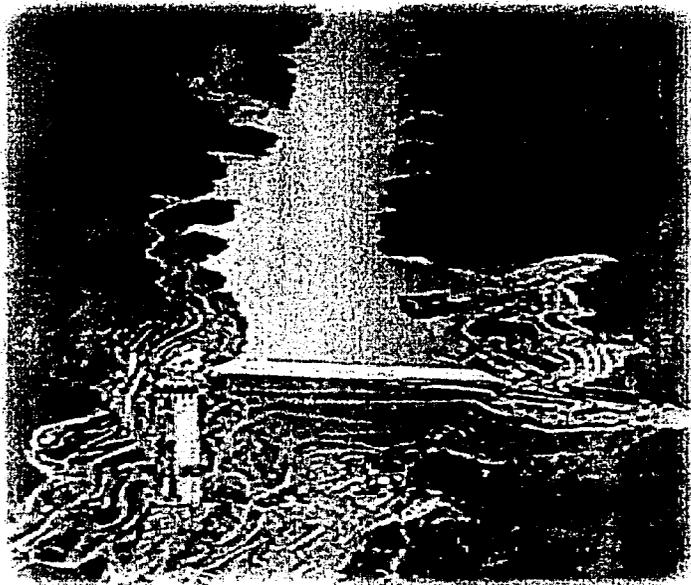
2.- Los patrocinadores del proyecto pueden aportar su parte para cubrir directamente los requerimientos de construcción.

FORMAS DE FINANCIAMIENTOS A LARGO PLAZO

1.- Cuando los inversionistas no desean financiar únicamente la construcción, se debe disponer de un financiamiento permanente desde el inicio de la construcción.

2.- Colocaciones privadas: Un proyecto con deuda a largo plazo y tasa fija, normalmente se coloca con instituciones tales como compañías de seguros de vida y fondos de pensiones

3.- Colocaciones directas: Evitan el proceso de registro que se requiere para efectuar una oferta pública.



La construcción de una presa requiere fuertes inversiones.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

A.- Capital. Los socios ó patrocinadores aportan un porcentaje del costo del proyecto.

- B.- Participación del Gobierno. Contribución directa ó indirecta del Gobierno.
- C.- Créditos comerciales. Contribución de Bancos Comerciales ya sean nacionales ó internacionales.
- D.- Deuda subordinada. Es una alternativa ó suplemento de capital cuyo pago se subordina al pago de la deuda principal.
- E.- Co-financiamiento. Financiamiento conjunto entre Bancos Comerciales y Corporaciones Multinacionales (Banco Mundial) a entidades Gubernamentales.
- F.- Mercado de Dinero. Obtención de Recursos del gran Público Inversionista a través de la emisión de títulos mediante los cuales se obtiene una participación dentro del proyecto.
- G.- Créditos Sindicados. Participación de varios Bancos, en el cual cada uno obtiene un acuerdo de préstamo separado con el prestatario, el cual suscribe el crédito con la entidad acreditada.
- H.- Deuda a Tasa Fija. Las Compañías de Seguros de Vida son la fuente principal de créditos a largo plazo con tasa fija, también los fondos de pensiones han sido fuente importante de fondos de deuda.
- I.- Agencias de Crédito a la Exportación. "ECA's".
- J.- Agencias Multilaterales.
- K.- Banco Mundial.
- L.- Banco Internacional para la Reconstrucción y Desarrollo (BIRD)
- M.- Corporación Financiera Internacional (MIGA)
- N.- Banco Interamericano de Desarrollo (BID)
- Ñ.- Corporación de Inversiones Privadas.
- O.- Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo.
- P.- Banco Europeo de Inversión.

Considerando que en esta modalidad de contratación OPF, el propietario deberá pagar el 100% al término de la obra, se presentan 2 financiamientos :

a) El primero durante la construcción de la obra y que deberá conseguirlo la empresa que constituya el licitante ganador para llevar a cabo la contratación de la obra.

Esto se garantiza mediante una "Carta de Crédito" solicitada en las bases de licitación la cual deberá presentar dicha empresa, este esquema de financiamiento se conocerá y se aprobará hasta conocer la propuesta del licitante ganador.

b) El segundo financiamiento a largo plazo que deberá obtener la propietaria dependerá en realidad de las condiciones económicas que imperen en el momento de la terminación de la obra, con créditos sindicados, Banco Mundial, Bonos y con la misma empresa constructora.

Dentro de la evaluación financiera de un proyecto, los criterios aplicables son reglas y normas que ayudan a la conveniencia de un proyecto; si éste no está a la altura de la norma, se rechaza.

Los criterios de decisión son pautas que se expresan en función de la rentabilidad de la empresa o de otra medida de valor con la cual se compara la rentabilidad del proyecto o algún otro aspecto potencial de otro proyecto.

Para expresar la rentabilidad del proyecto se debe saber el flujo de efectivo neto del proyecto, antes de intereses y depreciación pero después del pago de impuesto. El flujo neto de efectivo depende del costo del proyecto, de las entradas y salidas de efectivo subsecuentes, de las fechas en que ocurren, de los años que abarca el proyecto y de su valor en efectivo, son otros factores importantes.

Una vez dominada la formulación de los criterios de decisión, se pueden comparar los proyectos propuestos en términos de un conjunto uniforme de criterios. Dichos criterios facilitan el proceso de selección por parte de quienes han de tomar decisiones, que podrán ser los miembros del comité ejecutivo de la empresa o del consejo de administración.

Los criterios más frecuentes se clasifican en dos categorías:

Técnicas del valor actual: Al cual pertenecen los métodos conocidos como flujo de efectivo descontado (FED), valor actual neto (VAN), beneficio/costo (BC) y valor terminal.

Técnicas de tasa de rendimiento: En donde figuran tasa interna de rendimiento (TIR), y tasa de rendimiento promedio (TRP).

Los datos generales para decidir respecto a un proyecto son:

1. Flujos de efectivo del proyecto.
2. Incertidumbre que afecta a esos flujos.
3. Costo del capital necesario para financiar el proyecto.

Uno de los criterios tradicionales de evaluación bastante difundido es el del periodo de recuperación de la inversión, mediante el cual se determina el número de periodos necesarios para recuperar la inversión inicial, resultado que se compara con el número de periodos aceptables por la empresa.

Los proyectos que ofrezcan un periodo de recuperación inferior a cierto número de años (n) determinado por la empresa se aceptarán; los que ofrezcan un periodo mayor que el número de años determinado se rechazarán.

Este criterio puede ser aplicable cuando el panorama a largo plazo, más allá de tres años, es muy incierto. En un país política o económicamente inestable, el objetivo principal es la rápida recuperación de la inversión, y las utilidades subsecuentes constituyen casi una sorpresa inesperada. Cuando la empresa atraviesa por una crisis de liquidez y sin posibilidades de obtener recursos adicionales, resulta bastante adecuado.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES

De cara al proceso económico globalizador en el mundo, la generación de energía eléctrica se vuelve estratégica para el desarrollo de México como un país con expectativas de crecimiento y consolidación económica.

El sector eléctrico nacional es vital por su capacidad de proyección, planeación y ejecución de proyectos que contribuyan a satisfacer la demanda de este servicio público. Esta demanda social se ha incrementado en función del crecimiento poblacional y ante la necesidad de desarrollar zonas económicas importantes a lo largo y ancho de la República Mexicana.

La importancia de establecer a futuro los retos de este sector es crucial para la nación. Los datos sobre los requerimientos de generación de energía para los próximos años, dan cuenta de los retos a los que se enfrentará, de ahí la importancia de promover el estudio de nuevos proyectos a realizar.

Dentro de la generación de energía, las centrales hidroeléctricas destacan en su participación a nivel nacional, las más importantes de éstas se alojan en las cuencas donde los ríos llevan un caudal importante.

En un país semiárido como México el estado de Nayarit sobresale, ya que revisando sus características de clima, orografía y geología se observó que estos factores le dan un gran potencial hidrológico superficial. Dentro de este potencial sobresale la cuenca del Río Santiago y sus afluentes.

La información que se analizó arrojó que esta cuenca cuenta con un potencial de generación de 4 518 MW y de generación media anual de 8 125 GWh, distribuidos en 12 proyectos principales (con más de 100 MW cada uno de ellos) y 18 secundarios. De estos proyectos 7 están en operación y los restantes se ubican en alguna etapa del proceso de planeación. Este potencial de generación de energía es en gran medida mayor al que hasta hoy se aprovecha, que es de 1 350 MW, ya que si estuvieran en conjunto operando los 30 proyectos se obtendrían 3 168 MW adicionales. Las razones por las que no se han construido los diversos proyectos difieren según el caso y están ligadas de manera directa con los distintos factores que se detectan en los diferentes niveles de estudio en la etapa de planeación de cada uno de ellos.

Por tanto una primera conclusión que se desprende de este trabajo es, que la cuenca del río Santiago tiene una capacidad mayor de generación de energía eléctrica, la cual depende de una planeación más cuidadosa basada en criterios que evalúen la viabilidad tanto económica, técnica, social y ambiental de todos los proyectos que en

ella se han propuesto. Este potencial proyectado contribuiría en gran medida a cubrir la demanda de electricidad estimada para los próximos años.

En este marco, como acción a corto plazo se construirá la central hidroeléctrica "El Cajón" que generará 750 MW adicionales a los que hasta hoy se obtienen de la cuenca, además su construcción contribuirá al desarrollo de la zona.

De esta manera se estará avanzando a cubrir la demanda del servicio en el país, y su construcción contribuirá a generar empleos en beneficio de la población.

Una segunda conclusión es, que la capacidad hidroeléctrica de la cuenca del Río Santiago es aun mayor de lo que hasta este año se ha estudiado y proyectado; la identificación y planeación de nuevos proyectos hidroeléctricos es viable.

Sin duda no solo esta cuenca cuenta con la posibilidad de incrementar su potencial de generación de energía eléctrica, por ello se propone que las cuencas más importantes del país sean analizadas y con base a ello se pueda proponer más proyectos a construir.

En otro aspecto, las contrataciones para los proyectos en estas modalidades de manera integral como la OPF y que se licitan internacionalmente, a pesar del financiamiento que traen, tienen el inconveniente de que desplazan a los profesionales y técnicos del país, por traer un equipo de especialistas contratados desde sus países de origen. Además muchos de éstos pueden llegar a quedarse por largo tiempo o en forma definitiva para el mantenimiento de los equipos. Todo esto afecta de manera directa en la oferta de empleos en el país.

Por ultimo, habría que mencionar, que el país necesita, frente a los retos del siglo que comienza, fortalecer e invertir en su sector energético, ya que éste junto con otros, es pieza clave en el futuro de nuestra nación.

BIBLIOGRAFÍA

- **Prospectiva del Sector Eléctrico 1998-2007, Secretaría de Energía.**
- **Obras hidráulicas, Francisco Torres Herrera, Limusa, 1979. 2ª edición.**
- **Construcciones Hidráulicas, Dr. Armin Schoklitsch, Gustavo Gili. 3ª edición.**
- **Monografía Geológica del Proyecto Hidroeléctrico Aguamilpa, Nayarit, CFE.**
- **Monografía del Proyecto Hidroeléctrico Manuel M. Dieguéz (Santa Rosa), Nayarit, CFE.**
- **Monografía del Proyecto Hidroeléctrico Valentín Gómez Farías (Agua Prieta), Nayarit, CFE.**
- **Monografía del Estado de Nayarit, INEGI.**
- **“Descripción y Evaluación del Proyecto de la Central Geotermoeléctrica, Cerro Prieto IV”. CFE.**
- **“Descripción y Evaluación del Proyecto de la Central Hidroeléctrica de Ciclo Combinado, Mérida III, de la CFE.”**
- **“Memoria del proceso de licitación de la central Geotermoeléctrica, Cerro Prieto IV, CFE”, 1998.**
- **“Preparación y Evaluación de Proyectos”, Nassir Spag Chain, Reynaldo Spag Chain, Mc. Graw Hill.**
- **Consideraciones generales en proyecto y diseño de presas, Cruz Rodríguez, David. Tesis, 1982.**
- **Obras de Desvío para el Manejo del Río durante la Construcción de Presas, García Jiménez, Fermín, Tesis.**
- **Criterios preliminares para el diseño de presas, Chena López, Roberto, Tesis, 1978.**
- **Diplomado (por Internet) sobre “ Construcción Pesada ”, DECFI, Ing. Rafael Aburto Valdés.**

- **Prospectiva del Sector Eléctrico 2001-2010, Secretaría de Energía.**