

Capítulo 2

Descripción de la zona de estudio

2.1. Introducción

El objetivo principal de este trabajo es la descripción y aplicación del método de volúmenes utilizado en la actualización de las avenidas de diseño de las presas del Río Grijalva. Para efectuar el análisis hidrológico de la cuenca del Río Grijalva y posteriormente interpretar los resultados obtenidos, es importante conocer las características de localización, como son: hidrología, topografía y por supuesto las presas que integran la cuenca del Río Grijalva.

El sistema de presas hidroeléctricas analizado se localiza dentro de la Cuenca del Río Grijalva, en el estado de Chiapas, México; comprende a las presas: Dr. Belisario Domínguez “La Angostura”, Presa Ing. Manuel Moreno Torres “Chicoasén”, Presa Netzahualcóyotl “Malpaso” y la Presa Ángel Albino Corzo “Peñitas”.

Para conocer de manera general la ubicación de la zona de estudio, se presenta a continuación la división de México en regiones hidrológicas, incluyendo la del sitio de

interés, también se presenta las características generales de la cuenca Grijalva-Usumacinta y en particular la cuenca del Río Grijalva, finalmente se explican de manera general las características generales de las presas del Río Grijalva.

2.2. Regiones Hidrológicas de México

En los años sesenta la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) dividió a México en 37 regiones hidrológicas, con el objetivo de estudios hidrológicos y de calidad del agua. La Comisión Nacional del Agua (CNA), ha dividido a México, hidrológicamente, en 13 regiones Hidrológico-Administrativas, dichas regiones administrativas se subdividen en 37 regiones hidrológicas. **Una región hidrológica es la agrupación de varias cuencas hidrológicas con niveles de escurrimiento superficial muy similares.** En la tabla 2.1 se muestran las 37 regiones en que está dividido el país hidrológicamente. En la Fig. 2.1 se representa gráficamente dichas divisiones.

Tabla 2.1 Regiones hidrológicas-Administrativas (Fuente INEGI).

Regiones hidrológicas de México				
Administrativas	Regiones hidrológicas	Administrativas	Regiones hidrológicas	
I. Península de baja california	1. Baja california noroeste (Ensenada)	VII. Cuencas Centrales del Norte	35. Mapimi	
	2. Baja california centro oeste (El vizcaíno)		36. Nazas-Aguanaval	
	3. Baja california suroeste (Magdalena)		37. El Salado	
	II. Noroeste	4. Baja california noroeste (Laguna salada)	VIII. Lerma Santiago Pacífico	12. Lerma-Santiago
		5. Baja california centro este (Santa Rosalía)		13. Huicicila
		6. Baja california sureste (La paz)		14. Ameca
		7. Río colorado		15. Costa de Jalisco
III. Pacifico Norte	8. Sonora norte	IX. Golfo Norte		16. Armería-Coahuayana
	9. Sonora sur			25. San Frenado Soto La Marina
IV. Balsas	10. Sinaloa	X. Golfo Centro		26. Panuco
	11. Presidio-San Pedro		27. Tuxpan-Nautla	
V. Pacifico Sur	17. Costa de Michoacán		XI. Frontera Sur	28. Papaloapan
	18. Balsas	29. Coatzacoalcos		
	19. Costa Grande	XII. Península de Yucatán	23. Costa de Chiapas	
	20. Costa Chica-Río Verde		30. Grijalva-Usumacinta	
VI. Río Bravo	21. Costa de Oaxaca	XIII. Aguas del Valle de México	31. Yucatán Oeste (Campeche)	
	22. Tehuantepec		32. Yucatán Norte (Yucatán)	
	24. Bravo Conchos		33. Yucatán Este (Quintana Roo)	
Endorreicas	24. Bajo Bravo		Parte de la 18 (Balsas)	
	24. Bravo (Amistad-Falcón)			
	34. Cuencas Cerradas del Norte (Casas Grandes)			



Figura 2.1. Regiones Hidrológicas (Fuente CNA).

2.1.1. Región hidrológica No. 30 Grijalva-Usumacinta

La región hidrológica número 30 (RH30), Grijalva-Usumacinta se localiza en el sureste de la República Mexicana. Comprende la mayor parte de los estados de Chiapas con el 85.53% de su superficie estatal y Tabasco con 75.22%, y pequeñas porciones de Campeche con 33.04%, Oaxaca con 1.02% y Veracruz con 0.10% de su superficie estatal. Por tanto la Región Hidrológica No. 30 posee una extensión continental de 102,641 (km²). En la tabla 2.2 se muestra la extensión territorial de cada estado involucrado por la RH30. La región Hidrológica No. 30 es la más húmeda del país y aloja a los ríos más caudalosos; El Río Usumacinta y el Río Grijalva, ambos desembocan en el Golfo de México.

Tabla 2.2 Extensión de la Región Hidrológica Grijalva-Usumacinta (Fuente INEGI).

Superficie de la Región Hidrológica No 30 Grijalva-Usumacinta					
Estado	Cuenca	% de la superficie estatal	Superficie estatal en, Km ²	% de la superficie del país	Superficie RH30 estatal en, km ²
Chiapas	R. Usumacinta	6.30	74451	3.8	63678
	R. Chixoy	0.77			
	R. Grijalva-Villahermosa	15.78			
	R. Grijalva-Tuxtla Gutiérrez	22.28			
	R. Grijalva-La Concordia	17.58			
	R. Lacantún	22.82			
Total	85.53				
Tabasco	R. Usumacinta	29.24	25470	1.3	19159
	L. de Términos	4.53			
	R. Grijalva- Villahermosa	41.45			
Total	75.22				
Campeche	R. Usumacinta	2.58	56818	2.9	18773
	L. de Términos	30.46			
Total	33.04				
Oaxaca	R. Grijalva-Tuxtla Gutiérrez	1.02	94044	4.8	959
Veracruz	R. Grijalva-Tuxtla Gutiérrez	0.10	72492	3.7	72
Superficie territorial de la Región Hidrológica No. 30					102,641

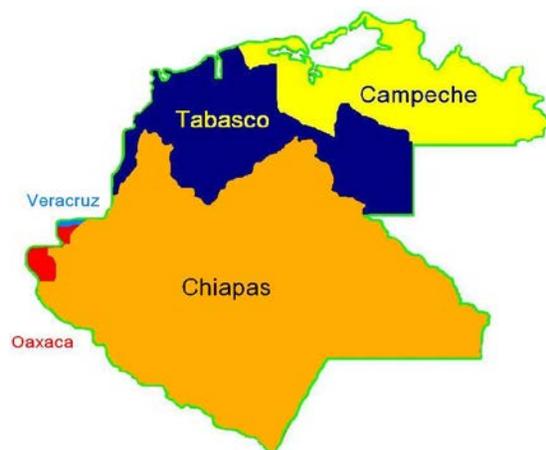


Figura 2.2. Región Hidrológica No. 30.

2.3. Cuenca del Río Grijalva-Usumacinta

La cuenca del río Grijalva-Usumacinta, es una cuenca transfronteriza, que nace en la República de Guatemala y cruza los estados de Chiapas y Tabasco, una parte menor del estado de Campeche y una pequeña porción de los estados de Oaxaca y Veracruz.

Tiene una superficie aproximada de 131,157 (km²), de los cuales aproximadamente 52,600 (km²) corresponden a la cuenca del Río Grijalva y 78,757 (km²) a la cuenca del Río Usumacinta, véase la Fig. 2.3 (CFE 1988).

2.3.1. Descripción general de la cuenca del Río Grijalva

La cuenca del Río Grijalva comprende cuatro porciones geográficas bien definidas que se conocen con los nombres de Alto Grijalva, Medio Grijalva, Bajo Grijalva (Sierra) y Bajo Grijalva (Planicie) (Fig. 2.4).

El Alto y Medio Grijalva se ubican en la Depresión Central de Chiapas, cuenta con una extensa zona semiplana bordeada por la Sierra Madre, los Altos y las Montañas del Norte de Chiapas. En esta porción se presentan las mayores elevaciones de Chiapas como las serranías localizadas entre San Cristóbal de las Casas y Comitán, que alcanzan alturas superiores a los 2,700 (msnm), **también se encuentra el cañón del sumidero**. La máxima elevación se ubica hacia el sureste cerca de la frontera con la República de Guatemala, se trata del **Volcán Tacaná** con aproximadamente 4,000 (msnm) (Fig. 2.5).

En el Bajo Grijalva (Sierra), se ubica la Sierra del Norte de Chiapas, se compone de una serie de serranías separadas por alargados valles que bordean a los Altos y las Montañas del Oriente. **La disposición de las montañas permite interceptar la humedad que cargan los vientos del Golfo de México, lo que propicia un clima húmedo con lluvias todo el año** (Fig. 2.5).

El Bajo Grijalva (Planicie), se presentan planicies ubicadas en la Llanura Costera del Golfo, esta llanura es ocupada en su mayoría por el estado de Tabasco, está formada por grandes cantidades de aluvión acarreado por los ríos más caudalosos del país: Usumacinta, Grijalva, Papaloapan y Coatzacoalcos; los cuales atraviesan dicha porción para finalmente desembocar en la parte sur del Golfo de México (Fig. 2.5).

En la *parte alta de la cuenca* se ubica una de las zonas de mayor precipitación en México, con poco más de 4,000 (mm) anuales. En esta zona se registran las más altas precipitaciones *cuando se combina un sistema tropical con la entrada de frentes o corrientes de aire frío* y ocasiona severas inundaciones aguas abajo.

En la planicie del Bajo Grijalva la precipitación oscila entre los 1,700 (mm) y 2,300 (mm), la influencia de sistemas atmosféricos es similar que en la parte alta del Bajo Grijalva, pero la precipitación disminuye porque no existen todas las combinaciones antes mencionadas. (Global Water Partnership 2006).

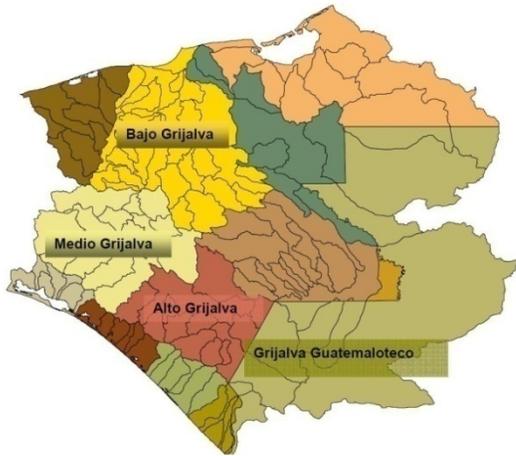


Figura 2.4. Porciones de la cuenca del Río Grijalva.

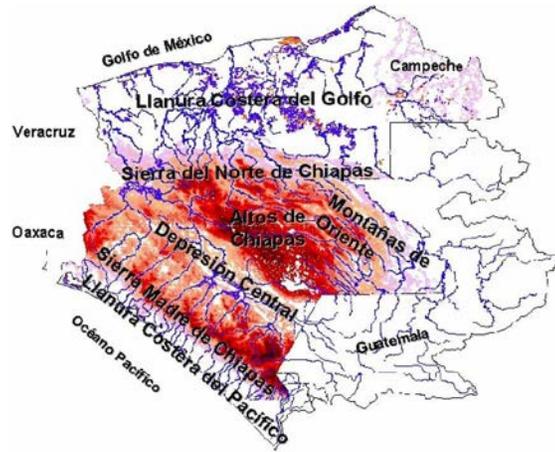


Figura 2.5. Fisiografía de la cuenca del Río Grijalva.

2.3.2. Hidrología de la Cuenca del Río Grijalva

El río Grijalva nace cerca del volcán Tacaná en la República de Guatemala, entra a México recorriendo la depresión central de Chiapas hasta llegar a la presa La Angostura, aguas abajo de dicha presa el Río Grijalva recorre la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Capital del estado de Chiapas, aguas abajo de la capital se ubica la presa Chicoasén, siguiendo su paso el Río Grijalva cuenta con las aportaciones por margen izquierda del Río La Venta y por la margen derecha de los ríos Chicoasén y Yamonho, cerca donde se ubica la presa Malpaso (Fig. 2.6).

Posteriormente aguas abajo de la presa Peñitas recibe las aportaciones de los ríos Platanar y Camoapa, que dan origen al Río Mezcalapa, después bifurca en los ríos Samaria por su margen izquierda y el río Carrizal por su margen derecha, este último cruza la Ciudad de Villahermosa, Capital del Estado de Tabasco, donde recibe las aportaciones del Río Pichucalco y La Sierra que nacen en las montañas del Bajo Grijalva. Después de Villahermosa continúa el Río Grijalva hasta confluir con el río Usumacinta para después desembocar al Golfo de México (Fig. 2.6).

probables sitios para la construcción de presas reguladoras y de generación de energía eléctrica. Este reconocimiento fijó como sitios probables los siguientes:

- i. Aguas arriba del sitio de Chiapa de Corzo, se ubicaría la presa La Angostura.
- ii. Cercana a la población de Chicoasén, quedaría ubicada la presa Chicoasén.
- iii. La boquilla de Malpaso, quedaría a 2.5 (km) aguas abajo de la confluencia del Río La venta, principal afluente del Río Grijalva.
- iv. La boquilla de la presa Peñitas, al final del curso montañoso del Grijalva, inmediatamente aguas abajo de la desembocadura del Río Sayula.

Para propiciar y acelerar el desarrollo de la Cuenca del Río Grijalva se creó la **Comisión del Grijalva en 1951**, con el fin de estudiar, planear y ejecutar las obras necesarias para el desarrollo integral de la cuenca del río Grijalva (Comisión del Grijalva 1964).

Como resultado de los reconocimientos generales y de los resultados topográficos, geológicos, hidrológicos, agroeconómicos, y antropológicos realizados por la comisión del Grijalva, fue posible establecer que el mejor aprovechamiento del Río Grijalva debería comprender la construcción de diversas obras. Las funciones específicas se definieron mediante el **Plan Integral del Grijalva**:

- a) Obras para el control de avenidas, generación de energía eléctrica, riego y mejoramiento de la navegación.
- b) Obras de defensa contra inundaciones, que incluyen bordos de protección, encauzamiento de corrientes y rectificación de cauces en la planicie costera del Estado de Tabasco y en una pequeña porción del Estado de Chiapas.
- c) Canales de riego y drenaje en los terrenos agrícolas.
- d) Obras de abastecimiento de agua potable y alcantarillado de las poblaciones de la cuenca del Río Grijalva.

Tabla 2.3. Energía Hidroeléctrica en las presas del Río Grijalva.

SISTEMA HIDROELÉCTRICO DE LA CUENCA DEL RÍO GRIJALVA								
Central	Tecnología	Estado	No. De Unidades	Capacidad efectiva instalada (MW)	Generación de energía anual (GWh)	Factor de Planta (%) *	% de la capacidad hidroeléctrica nacional	% de Generación hidroeléctrica nacional
La Angostura (Belisario Domínguez)	Hidroeléctrica	Chiapas	5	900	2299	29.16		
Chicoasén (Manuel Moreno Torres)	Hidroeléctrica	Chiapas	8	2400	4725	22.47		
Malpaso (Netzahualcóyotl)	Hidroeléctrica	Chiapas	6	1080	3107	32.84		
Peñitas (Ángel Albino Corzo)	Hidroeléctrica	Chiapas	4	420	1493	40.58		
Total del Sistema Grijalva				4800	11625	27.57	42.17	43.96
Hidroeléctrica Nacional				11383	26445			
Capacidad Total Nacional				51686	235107			

* Calculado con base en su operación continua durante los 366 días del año. Fuente: Secretaría de Energía con datos de Comisión Federal de Electricidad, datos actualizados al año 2009.

Tuvieron que pasar 50 años para lograr que el sistema Grijalva funcionara como se había planeado, desde la instalación de las primeras estaciones hidrométricas en **1937** hasta la culminación de la última presa hidroeléctrica “Peñitas” en **1987**.

En los apartados 2.4.2 a 2.4.5, se explican las características generales de cada una de las presas que conforman al sistema. La tabla 2.4 contiene los datos de las 4 presas con sus respectivos nombres oficiales, ubicación y la fecha de construcción. La Fig. 2.7 se esquetematiza de forma general el arreglo de las presas del Río Grijalva en planta y en perfil.

Tabla 2.4. Presas del Río Grijalva (CFE 2009).

Porción	Presa	Ubicación	Inicio de la construcción	Fin de la construcción	Entrada en operación
Alto Grijalva	Belisario Domínguez (Angostura)	V. Carranza, Chiapas	1969	1974	14-Jul-76
	Manuel Moreno Torres (Chicoasén)	Chicoasén, Chiapas	1974	1980	29-May-81
	Netzahualcóyotl (Malpaso)	Tecpatán, Chiapas	1960	1965	29-Ene-69
Bajo Grijalva	Ángel Albino Corzo (Peñitas)	Ostuacán, Chiapas	1979	1987	15-Sep-87

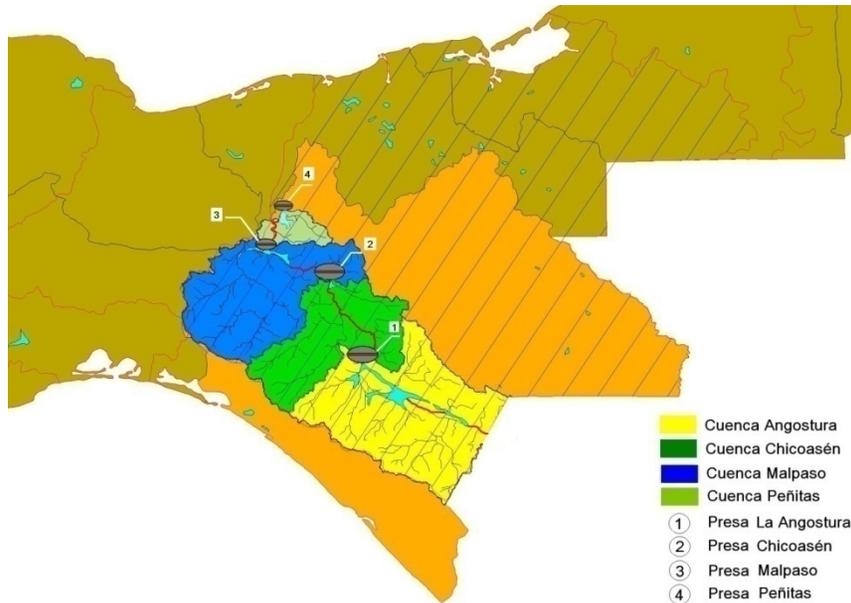


Figura 2.7. Presas del Río Grijalva alojadas en la cuenca del Río Grijalva.

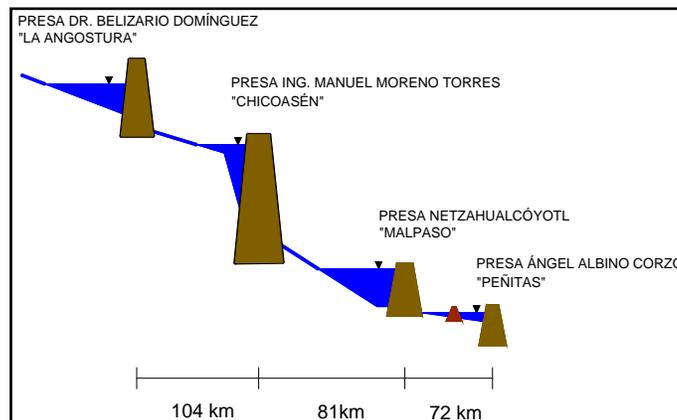


Figura 2.8. Perfil del Sistema de Río Grijalva.

2.4.2. Características de la Presa Netzahualcóyotl “Malpaso”



Figura 2.9. Presa Netzahualcóyotl “Malpaso”.

2.4.2.1. Introducción

Bajo el cargo de la Comisión del Grijalva, en 1955, disponiendo de los datos hidrométricos y geológicos preliminares, *se llegó a la conclusión de que la primera presa por construirse debería ubicarse en el sitio denominado Raudales de Malpaso*, por presentar esta boquilla mejores condiciones que las otras estudiadas. Así, dicha presa era la primera en construirse del sistema del Grijalva y se le conoce como *Presa Netzahualcóyotl*, los nativos del lugar le llaman Presa Malpaso (Fig. 2.9).

La construcción de la Presa Netzahualcóyotl tuvo por objetivo:

- a) Control de las avenidas máximas registradas en el Río Grijalva, para reducir los gastos y que no se ocasionaran inundaciones catastróficas en los poblados de *La Chontalpa*.
- b) Producción de 2,754 millones de kilowatts-hora anuales de energía eléctrica.
- c) Riego de 350,000 hectáreas en La Chontalpa
- d) Permitir la navegación de pequeñas embarcaciones

La zona de *“La Chontalpa”* se ubica en el Bajo Grijalva, en el estado de Tabasco. Siempre estaba sometida a devastadoras crecientes provocadas por el Río Grijalva, lo que ocasionaba que se inundara con frecuencia La Chontalpa, paralizando por varios meses

toda actividad humana. En las épocas de inundaciones La Chontalpa sufría serios problemas de insalubridad y hambre. Se presentaban precipitaciones extremas de 8 meses y sequías intensas durante 4 meses. En el ámbito agrícola las pérdidas eran catastróficas. Este caso fue uno de los objetivos a dar solución mediante la construcción de la Presa Netzahualcóyotl (Comisión del Grijalva 1964).

Definido el sitio, en **1958** se inició la construcción del camino de acceso. Simultáneamente se activaron los estudios geológicos de la Boquilla, así como los levantamientos topográficos de detalle y la verificación por tierra de los levantamientos fotogramétricos del vaso. Al finalizar el año de **1959** se habían definido diseños generales, se tenía concluido el estudio de materiales aprovechables para la construcción de la cortina y obras auxiliares. Para mediados de **1960** se contaba ya con planos de la obra de desvío, la cortina, diques y estructuras conexas.

La Presa Netzahualcóyotl “Malpaso” constituye el primer aprovechamiento del sistema del Grijalva. Se construyó entre los años de 1960 a 1965 en el estado de Chiapas sobre el Río Grijalva, en el municipio de Tecpatán. Se localiza a 81 km aguas abajo de la Presa Chicoasén. Sus coordenadas geográficas son: 17°11'58" de latitud norte y 93°36'17" de longitud oeste. **La cuenca propia de Malpaso comprende un área aproximada de 9,403 (km²)**, área comprendida aguas abajo de la Presa Chicoasén hasta dicha presa (Fig. 2.10).



Figura 2.10. Cuenca propia de Malpaso.

2.4.2.2. Descripción general de las obras

- CORTINA

Para la selección del tipo de cortina se estudiaron las siguientes alternativas: arco-bóveda de concreto, sección de gravedad de concreto y **cortina de enrocamiento con corazón impermeable de arcilla**, se seleccionó ésta última. Tiene taludes 2:1 en ambos lados (Fig. 2.11).

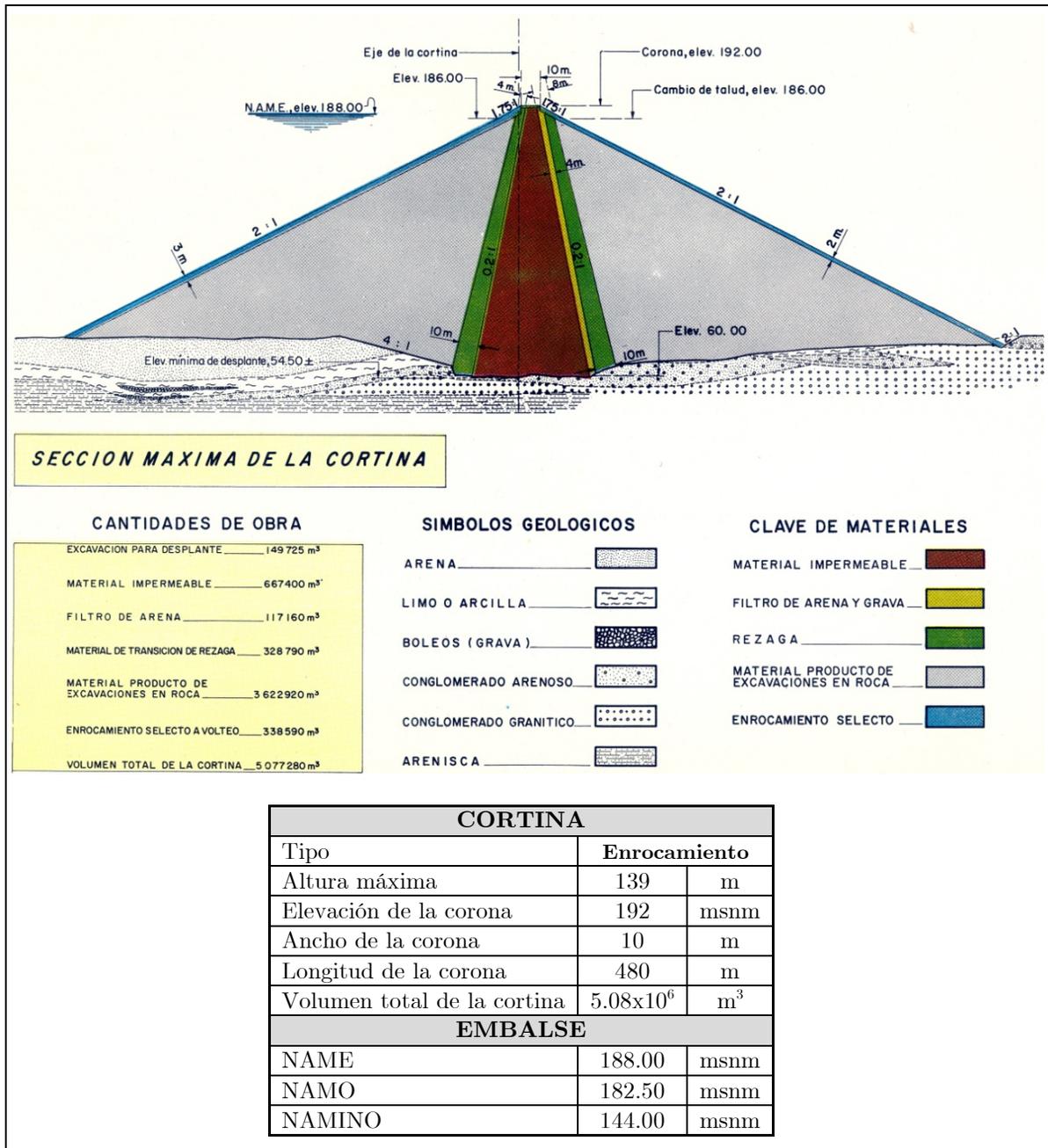


Figura 2.11. Cortina de la Presa Netzahualcóyotl.

Hubo la necesidad de cerrar tres depresiones naturales mediante la construcción de diques: uno de ellos cerca de la cortina y los otros dos en el parteaguas que divide las cuencas del Río La Venta y el Uxpanapa. Los diques uno y tres se diseñaron con secciones similares a la cortina. El dique número dos se localiza en una falla geológica regional importante, se diseñó con una sección homogénea de arcilla y enrocamientos de protección en los taludes y con un drenaje eficiente en la cimentación del talud aguas abajo (Figs. 2.12 y 2.13).

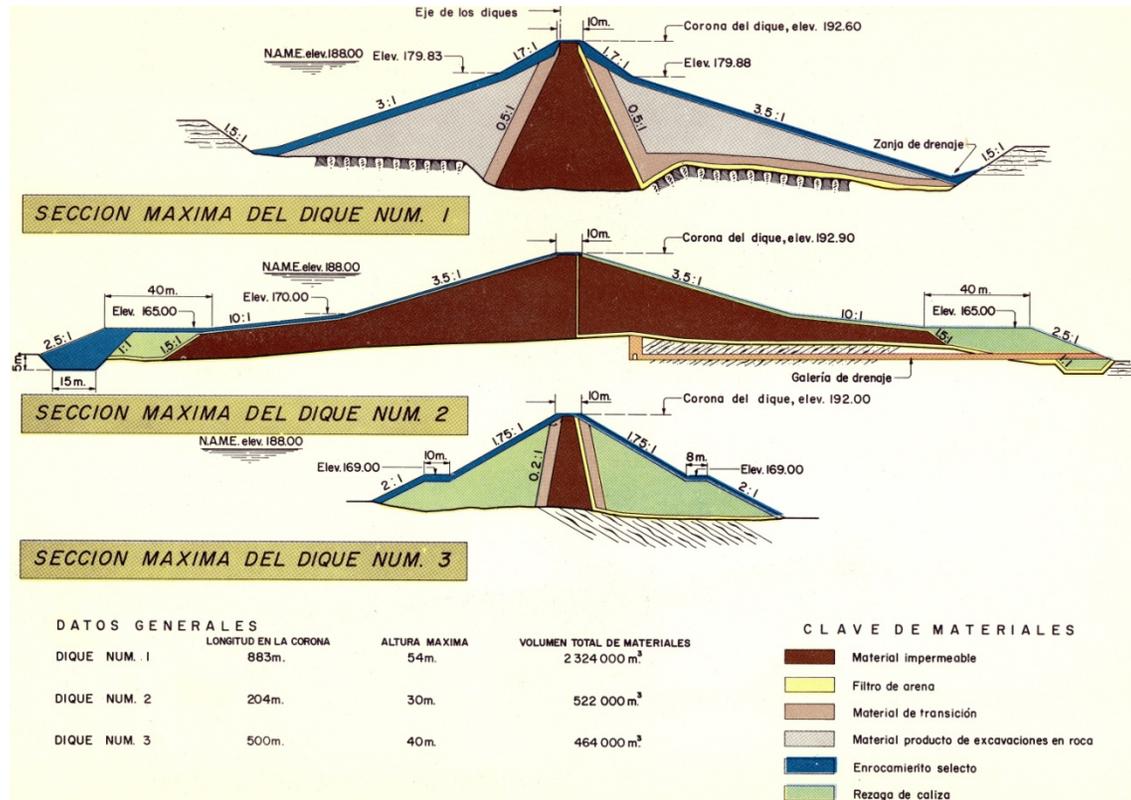


Figura 2.12. Diques Auxiliares.

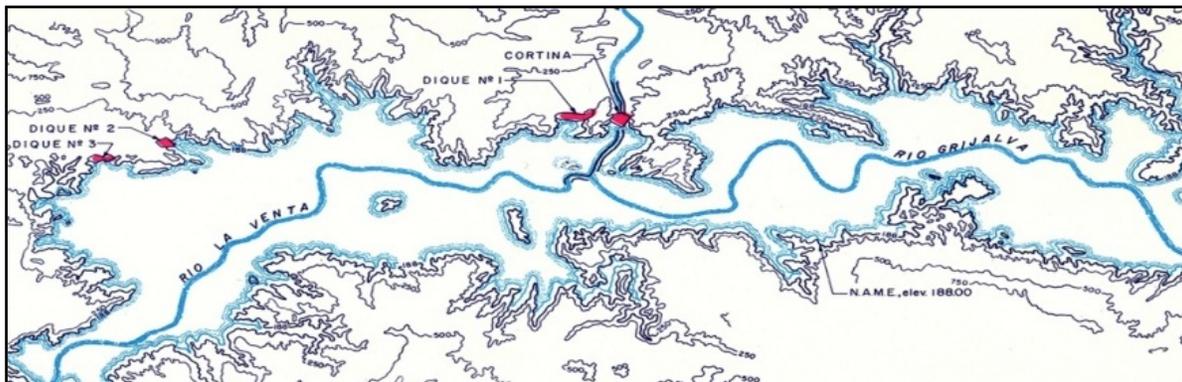


Figura 2.13. Ubicación de los tres Diques.

▪ OBRA DE DESVÍO

Se excavaron cinco túneles de desvío, dos en la margen izquierda y tres en la margen derecha, de 16 (m) de diámetro y se revistieron de concreto para quedar con diámetro de 14 m, con longitud promedio de 800 (m) cada uno. Los tres túneles de la margen derecha se utilizaron posteriormente para las descargas de las turbinas de la planta hidroeléctrica (Fig. 2.14). Al término de la excavación de los cinco túneles de desvío se procedió a cerrar el cauce del río mediante la construcción de ataguías auxiliares, *desviando el cauce por los túneles*. Lo anterior permitió construir las ataguías principales, la de aguas arriba con taludes; 6.5:1 aguas arriba y 2:1 aguas abajo, la ataguía aguas abajo con taludes; 1.5:1 aguas arriba y aguas abajo. Con las ataguías hechas, se logró confinar en forma segura la zona de construcción de la cortina (Fig. 2.18).

▪ OBRA DE CONTROL Y EXCEDENCIAS

Consta de dos canales vertedores ubicados en la margen izquierda; un **canal de excedencias** controlado por cuatro compuertas radiales de 15 (m) de ancho y 18.70 (m) de altura y un segundo **canal de control** con tres compuertas radiales de 15 (m) la ancho por 15 (m) de altura. La cresta del vertedor de excedencias se fijó a la elevación de 167.64 (msnm) y la elevación de la cresta del vertedor de control se fijó en 163.69 (msnm). Permite evacuar un gasto máximo total de 21,750 (m³/s) (Figs. 2.15 y 2.16).

▪ PLANTA HIDROELÉCTRICA

La planta hidroeléctrica se localiza en la margen derecha, consta de obra de toma, conducción a presión y casa de máquinas. La casa de máquinas es subterránea, está diseñada para alojar 6 grupos, cada uno constituido por una turbina tipo Francis, con capacidad de 180 (MW) cada una (Fig. 2.17).

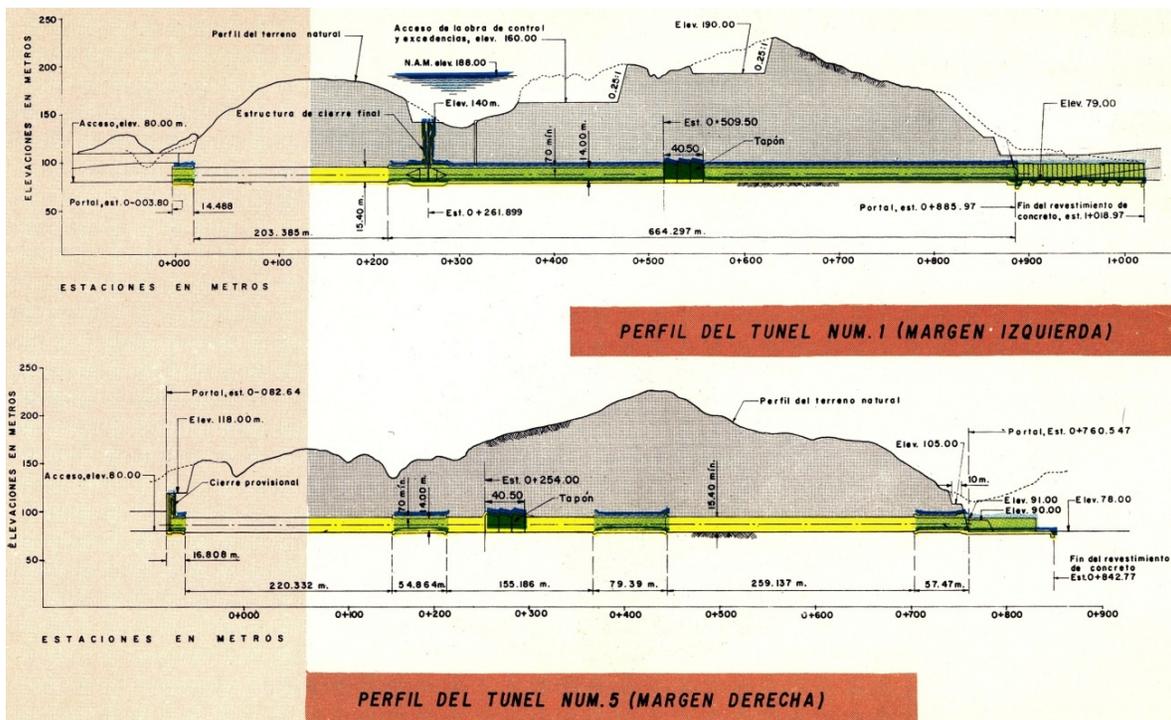


Figura 2.14. Túneles de desvío de la Presa Malpaso.

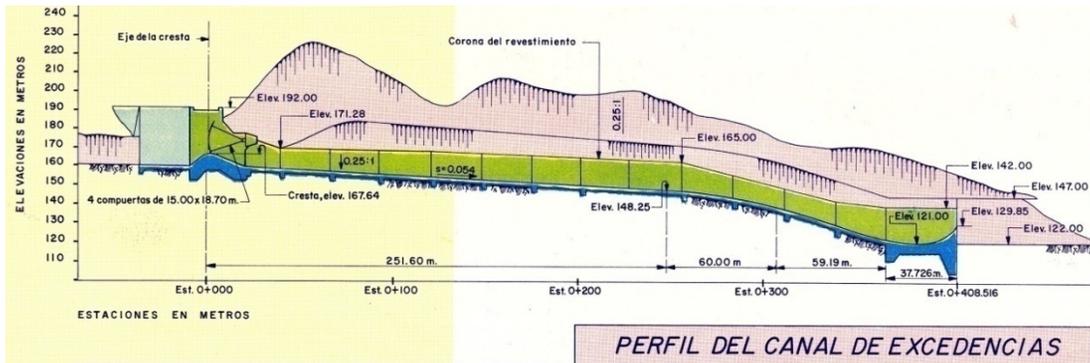


Figura 2.15. Obras de Excedencia y Control. Presa Malpaso.

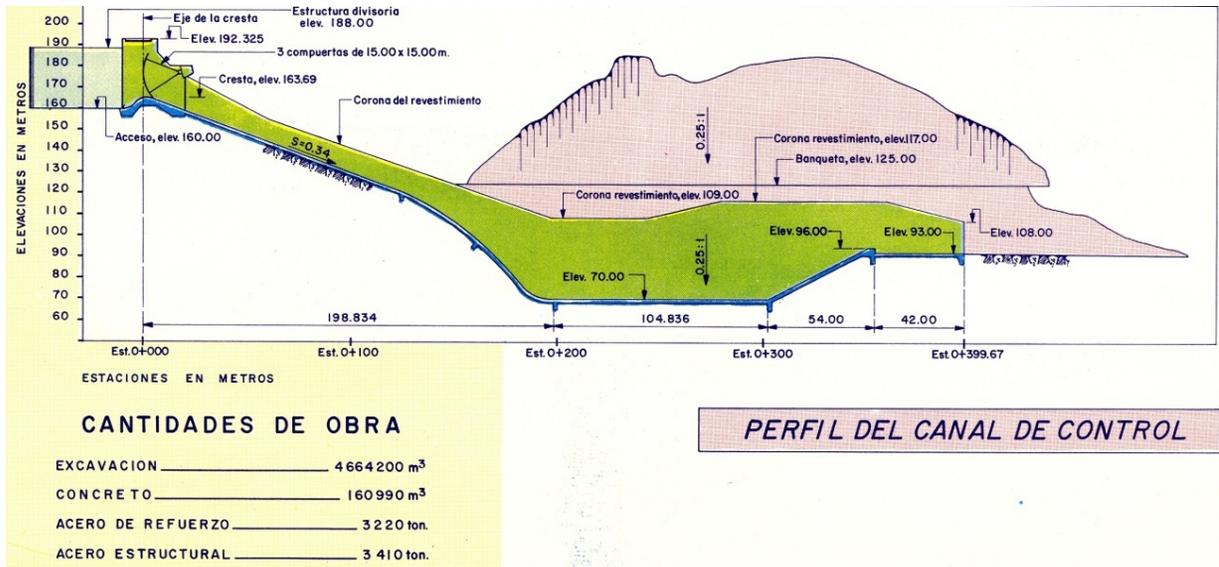


Figura 2.15. Continuación

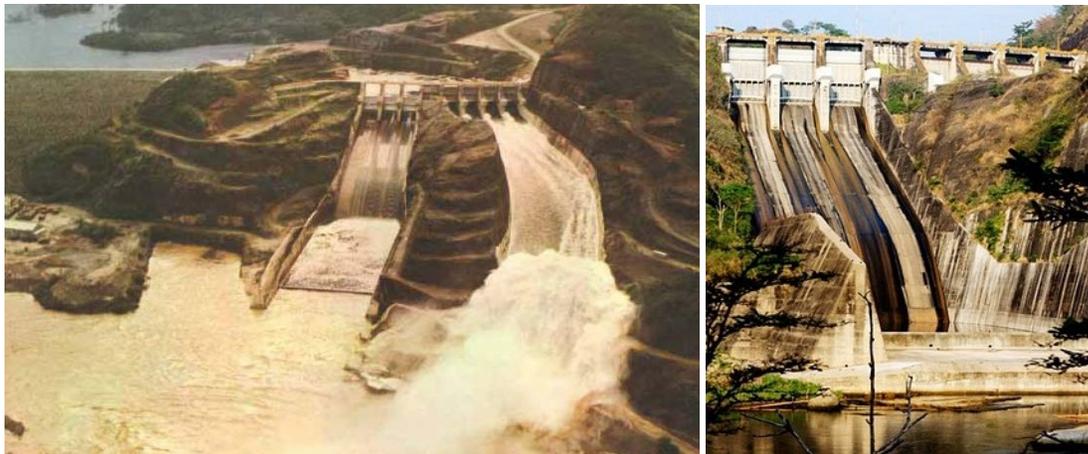


Figura 2.16. Vertedores de la Presa Malpasso.

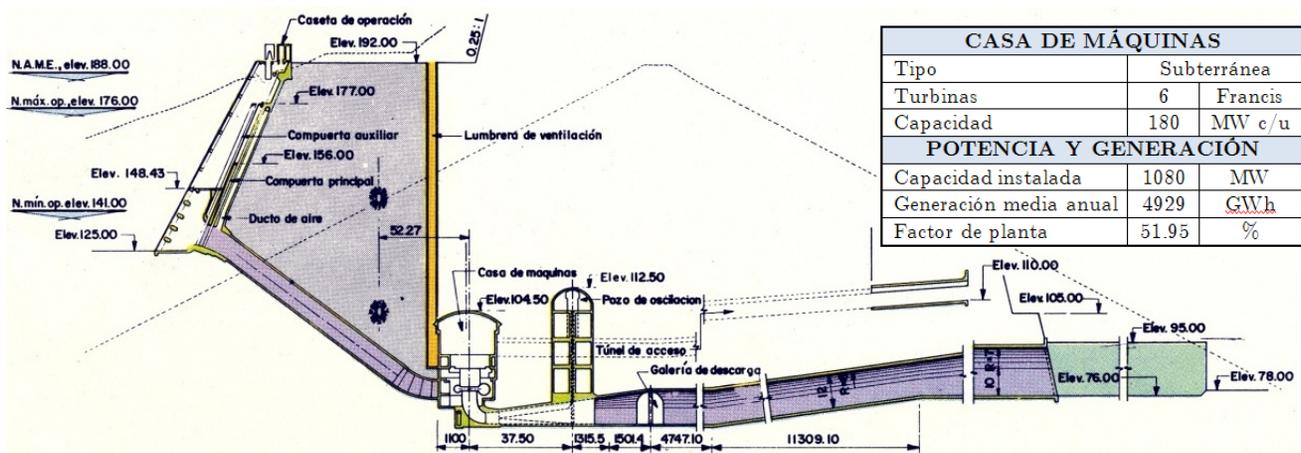


Figura 2.17. Conducción a presión de la Presa Malpasso.

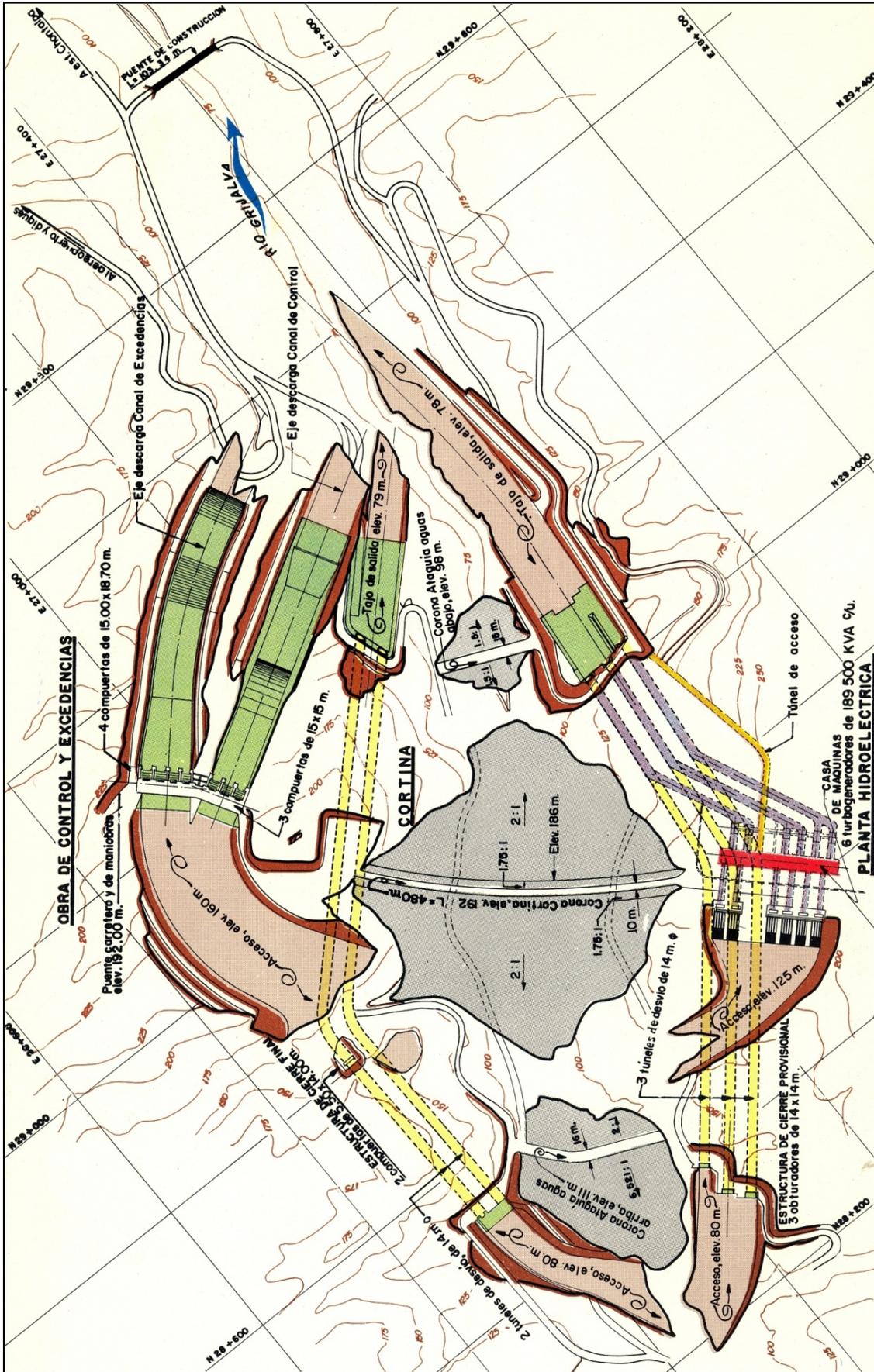


Figura 2.18. Planta General de la presa Netzahualcóyotl “Malpasos”.

2.4.3. Características de la Presa Dr. Belisario Domínguez “La Angostura”



Figura 2.19. Presa Dr. Belisario Domínguez “La Angostura”.

2.4.3.1. Introducción

La Presa Dr. Belisario Domínguez “La Angostura” (Fig. 2.19) constituye el segundo aprovechamiento del sistema del Grijalva. Se construyó entre los años de 1969 a 1974 en el estado de Chiapas sobre el Río Grijalva, está situada entre los municipios de Venustiano Carranza, Tzimol y Socoltenango al norte, Concordia y Chicomuselo al sur, Trinitaria y Comalapa al este, Chiapa de Corzo al oeste. Se localiza a 104 (km) aguas arriba de la Presa Chicoasén. Sus coordenadas geográficas son: 16°24'03' de latitud norte y 92°46'40' de longitud oeste. **La cuenca propia de La Angostura comprende un área aproximada de 18,099 (km²)**, se considera toda el área del Grijalva situada aguas arriba de la Presa La Angostura (Fig. 2.20) (Domínguez et al., 1993).



Figura 2.20. Cuenca propia Angostura.

2.4.3.2. Descripción general de las obras

▪ CORTINA

El tipo de cortina que se seleccionó es de enrocamiento con un delgado núcleo impermeable de arcilla, además tiene un importante volumen de arena y grava producto de varios depósitos aluviales ubicados a distancias de 4 a 7 (km) aguas abajo del sitio. Los taludes exteriores aguas arriba son de 2:1 y aguas abajo de 1.8:1 (Fig. 2.21).

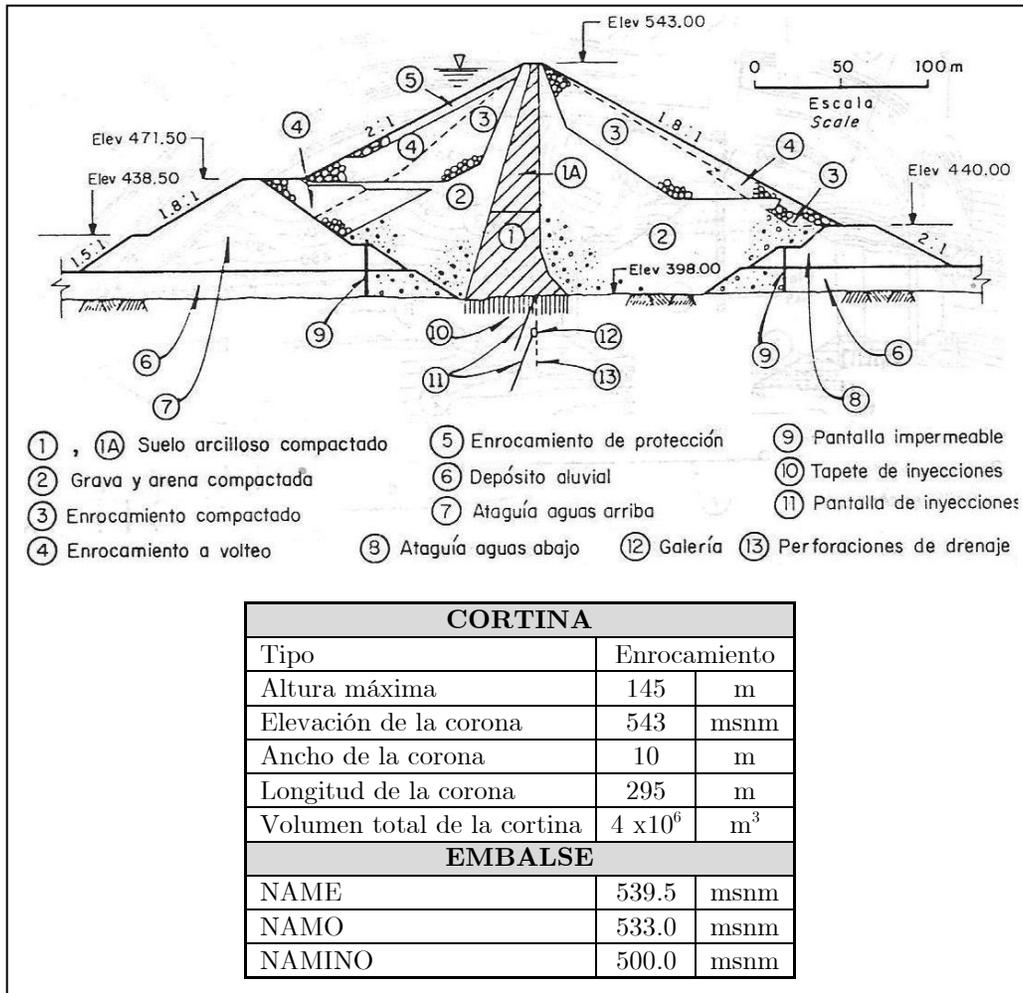


Figura 2.21. Sección máxima de la Presa La Angostura.

▪ OBRA DE DESVÍO

El río fue desviado por medio de dos túneles revestidos de concreto de 13 (m) de diámetro interior, uno por la margen izquierda y el otro por la margen derecha, y dos ataguías, aguas arriba de 60 (m) de altura y 30 (m) la de aguas abajo, construidas de grava, arena y arcilla (Fig. 2.25).

▪ OBRA DE EXCEDENCIAS

La obra de excedencias cuenta con dos vertedores ubicados en la margen izquierda, son dos canales abiertos dotados de tres compuertas radiales cada uno, la longitud de los canales

tienen longitud aproximada de 800 (m). El vertedor se diseñó para una descarga máxima total de 6,000 (m³/s). La elevación de la cresta del vertedor se fijó en 519.60 (msnm). La estructura terminal, localizada en la salida de cada canal, está constituida por una cubeta de lanzamiento (salto de esquí) (Figs. 2.22 (a), 2.22 (b) y 2.23).

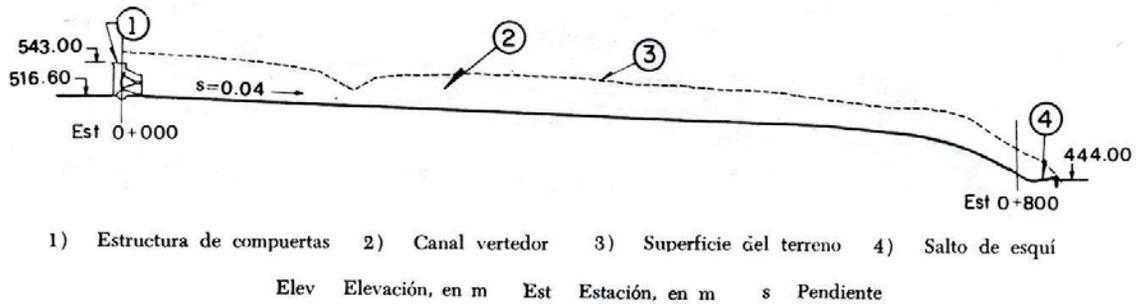


Figura 2.22 (a). Sección longitudinal del vertedor. Presa La Angostura.

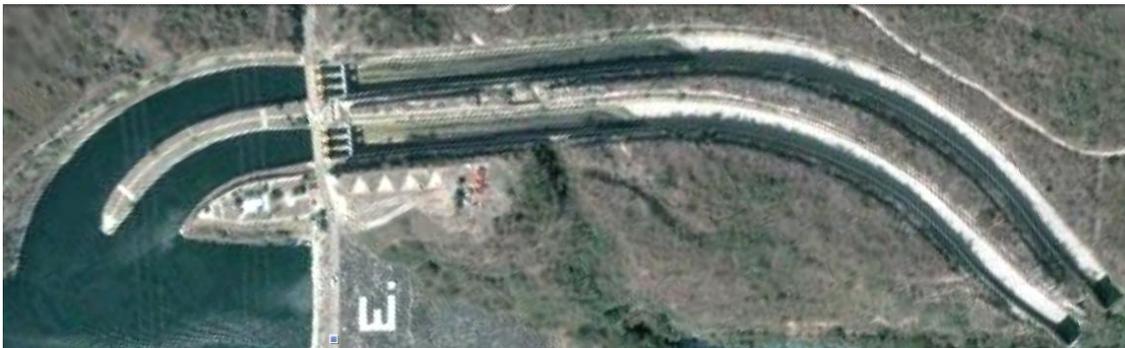


Figura 2.22 (b). Planta del vertedor



Figura 2.23. Sección terminal del vertedor en salto de esquí.

▪ PLANTA HIDROELÉCTRICA

La planta hidroeléctrica, se localiza en la margen izquierda, consta de una obra de toma, conducción a presión y casa de máquinas. El diámetro de la tubería a presión es de 8.7 (m). La casa de máquinas es subterránea, tiene dimensiones de 22 (m) de ancho, 100 (m) de longitud y 40 (m) de altura aproximadamente. Está diseñada para alojar 5 unidades, cada una constituida por una turbina tipo Francis, con capacidad de 180 (MW) cada una (Fig. 2.24).

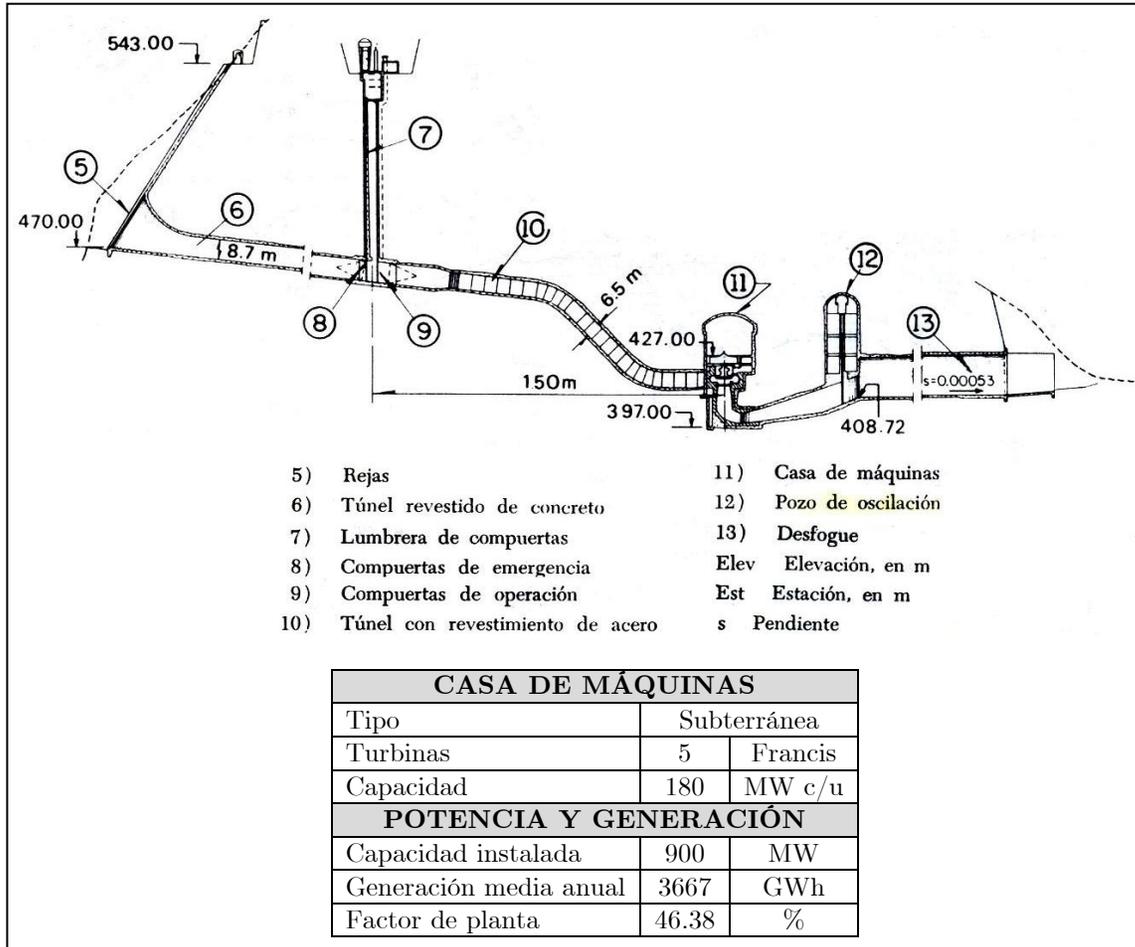


Figura 2.24. Sección transversal de la casa de máquinas. Presa La Angostura.

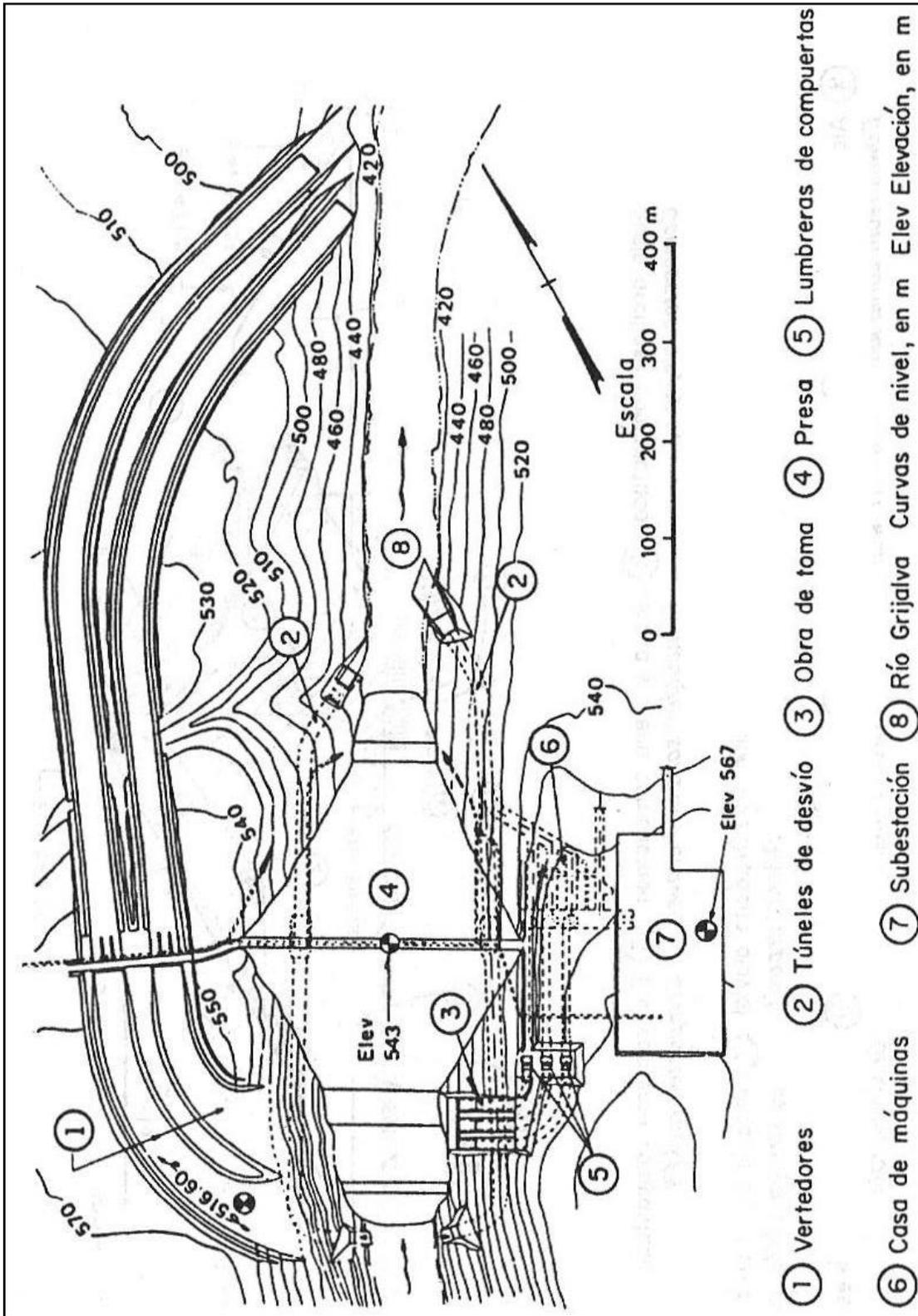


Figura 2.25. Planta General de la presa Dr. Belisario Domínguez "La Angostura".

2.4.4. Características de la Presa Ing. Manuel Moreno Torres “Chicoasén”

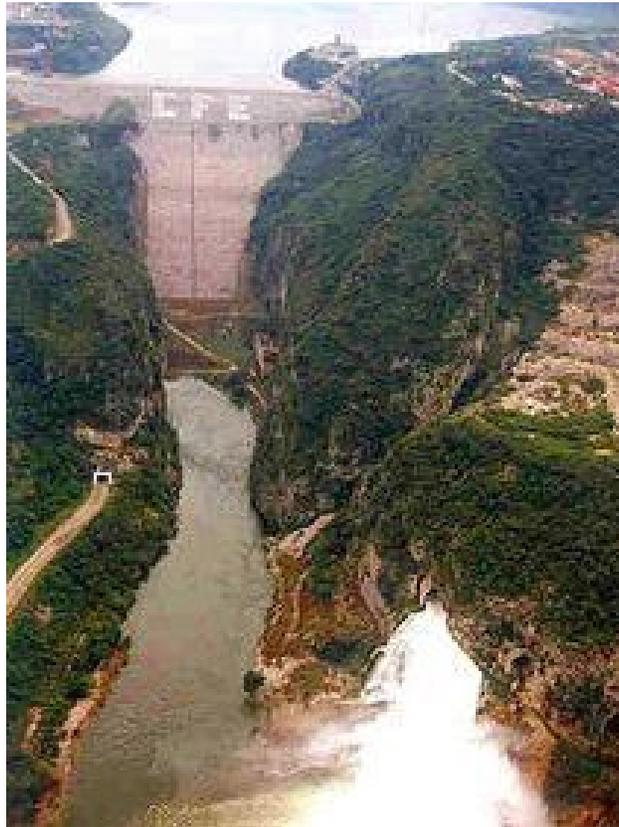


Figura 2.26. Presa Ing. Manuel Moreno Torres “Chicoasén”.

2.4.4.1. Introducción

La Presa Ing. Manuel Moreno Torres “Chicoasén” (Fig. 2.26) se construyó entre los años de 1974 a 1980 en el estado de Chiapas sobre el Río Grijalva, en el municipio de Chicoasén. Se localiza a 104 (km) aguas abajo de la Presa La Angostura. Sus coordenadas geográficas son: 16°56'29” de latitud norte y 93°06'03” de longitud oeste. **La cuenca propia de Chicoasén comprende un área aproximada de 7,194 (km²)**, área comprendida aguas abajo de la Presa La Angostura hasta la Presa Chicoasén (Fig. 2.27).

La Presa Chicoasén es la tercera en construirse del Plan Integral del Río Grijalva. **Las características hidrológicas, topográficas, geológicas y económicas del sitio hacen que esta central hidroeléctrica se convierta en la más poderosa para generar energía eléctrica anual en México.**

En la cuenca propia de Chicoasén, el régimen pluviométrico establece dos periodos bien definidos: El primer periodo se presenta con precipitaciones máximas, se registra en los meses de **julio a noviembre**; es producto de las perturbaciones ciclónicas que se generan en el Golfo de México y el Mar Caribe, a las cuales se le agregan ocasionalmente las del Océano Pacífico. El segundo periodo corresponde al de estiaje, que comprende los meses de **diciembre a junio**.

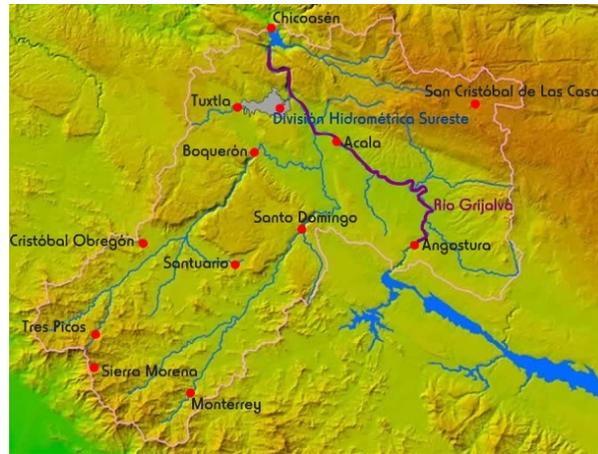


Figura 2.27. Cuenca propia de Chicoasén.

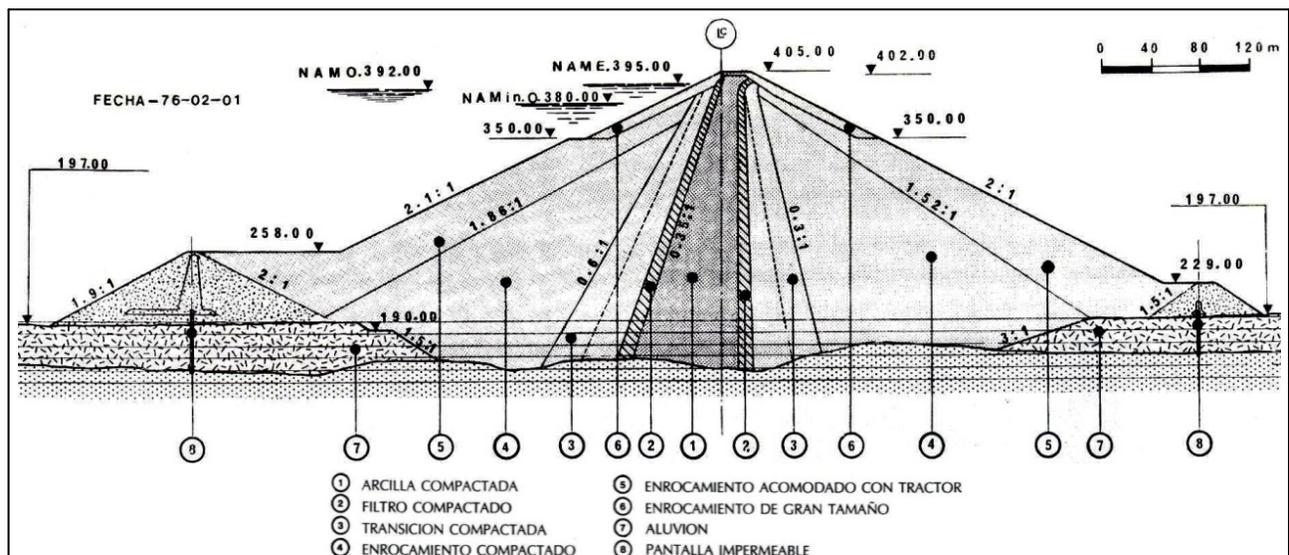
2.4.4.2. Descripción general de las obras

▪ CORTINA

Para el diseño de la cortina, se analizaron dos alternativas. En la primera se proponía una presa de concreto tipo arco-bóveda, y en la segunda un terraplén **de materiales graduados**. Finalmente se optó por la segunda alternativa debido a la presencia de una falla geológica próxima a la cortina de Chicoasén (falla Chicoasén).

La sección de la cortina fue construida con material de enrocamiento, se definió con un núcleo central flexible, impermeable, protegido con filtros, transiciones y respaldos amplios de protección. Los taludes exteriores son: 2:1, aguas abajo y de 2.1:1, aguas arriba.

El material (1), corresponde al corazón impermeable de arcilla y tiene un volumen de 2.07×10^6 (m³). Para el material (2), los filtros se construyeron a base de grava-arena provenientes de los depósitos del río con volumen de 0.73×10^6 (m³). El material de transición (3), se obtuvo de la rezaga de las excavaciones de las obras que contenían roca-grava-arena y tiene un volumen de 2.71×10^6 (m³). Los respaldos de enrocamiento compactado (material 4), están formados por fragmentos de caliza provenientes de las excavaciones de la obra de excedencias, de la obra de toma y de la casa de máquinas (Fig. 2.28).



CORTINA		
Tipo	Enrocamiento	
Altura máxima	250	m
Elevación de la corona	405	msnm
Ancho de la corona	25	m
Longitud de la corona	584	m
Volumen total de la cortina	14.51x10 ⁶	m ³
EMBALSE		
NAME	395	msnm
NAMO	388	msnm
NAMINO	380	msnm

Figura 2.28. Cortina de la Presa Chicoasén.

▪ OBRA DE DESVÍO

El desvío se realizó en condiciones muy favorables, ya que se tuvo que cerrar el embalse de La Angostura. Dado un reducido caudal del río después del cierre, fue posible desviarlo para librar la zona de construcción de la ataguía aguas arriba mediante la excavación de un *túnel auxiliar* de 343 (m) de longitud de sección portal sin revestir, de 7 (m) de ancho y 6 (m) de altura, excavado en la margen izquierda (Fig. 2.31).

La obra de desvío, consta de dos túneles excavados en la margen derecha, de sección portal sin revestir, de 13 (m) de ancho y 13 (m) de altura. Las ataguías de materiales graduados forman parte de la cortina, la de aguas arriba con 61 (m) de altura y de 26 (m) la de aguas abajo (Fig. 2.31).

▪ OBRA DE EXCEDENCIAS

Está formada por tres *vertedores en túnel* alojados en la margen izquierda, controlados por compuertas radiales. El acceso del agua a los vertedores es mediante un canal excavado a cielo abierto, de ancho variable. En cada uno de los vertedores se tiene tres compuertas radiales de 8.40 (m) de ancho por 19 (m) de altura. La cresta del cimacio, tipo Creager, se fijó a una elevación de 373 (m) y permite evacuar un gasto de 15,000 (m³/s) (5000 (m³/s) por túnel), bajo una carga máxima de 22 (m) (Figs. 2.29 (a) y 2.29 (b)).

Los túneles de descarga se excavaron a 17 (m) de diámetro y se revestieron de concreto para quedar con diámetro de 15 (m); la longitud aproximada de cada uno es de 900 (m) con una pendiente de 0.0322. La estructura terminal, localizada en el portal de salida de cada túnel, está constituida por una cubeta de lanzamiento (salto de esquí) (Figs. 2.29 (a) y 2.29 (b)).

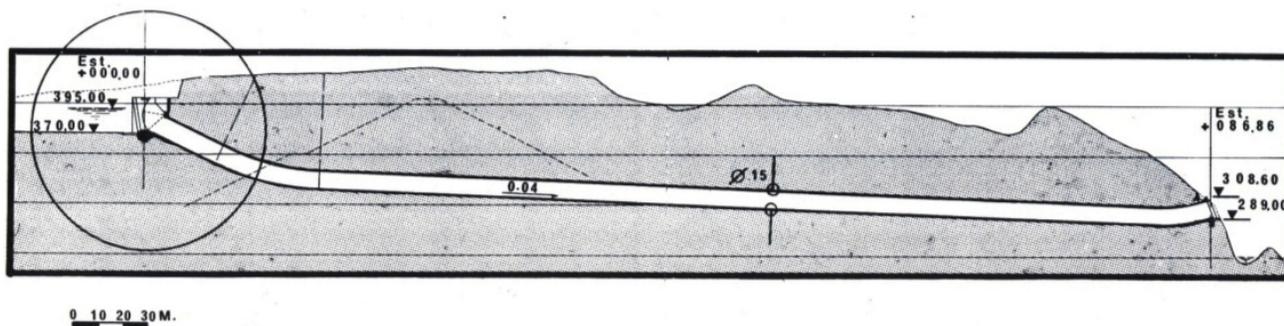


Figura 2.29 (a). Perfil del vertedor. Presa Chicoasén.



Figura 2.29 (b). Planta de los vertedores. Presa Chicoasén.

▪ PLANTA HIDROELÉCTRICA

La planta hidroeléctrica, se localiza en la margen derecha, consta de obra de toma, conducción a presión y casa de máquinas. La obra de toma consiste en un canal de acceso y 8 tomas independientes. Está diseñada con 8 estructuras de toma, una para cada grupo generador, provistas de rejillas y de una compuerta automática de accionamiento hidráulico rápido de 6.70x6.70 (m) (Fig. 2.31). La casa de máquinas es subterránea, tiene dimensiones de 199 (m) de longitud, 20.5 (m) de ancho y 43 (m) de altura. Está diseñada para alojar 8 grupos, cada uno constituido por una turbina tipo Francis, con capacidad de 306 (MW) cada una (Fig. 2.30).

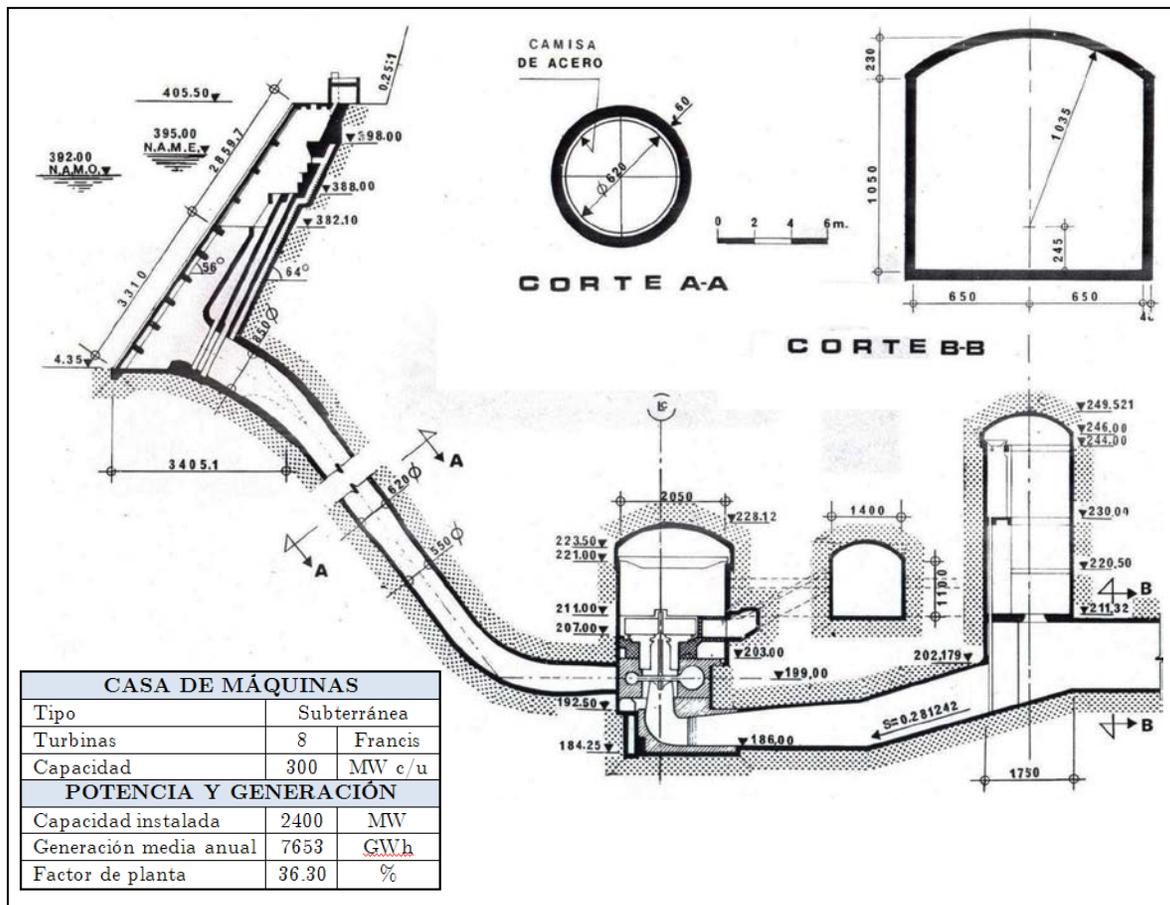


Figura 2.30. Tubería a presión y casa de máquinas de la Presa Chicoasén.

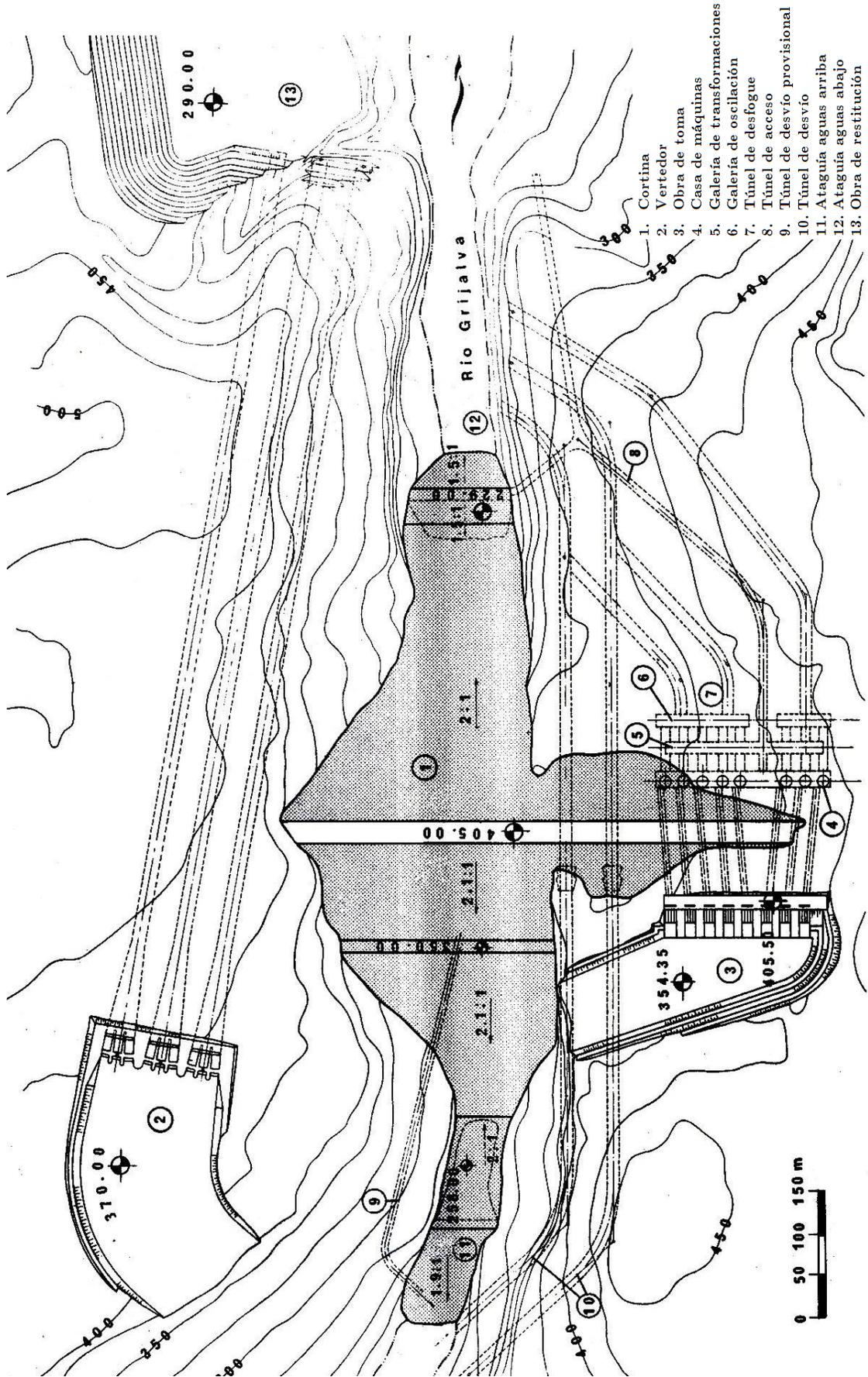


Figura 2.31. Planta General de la presa Ing. Manuel Moreno Torres "Chicoasén".

2.4.5. Características de la Presa Ángel Albino Corzo “Peñitas”



Figura 2.32. Presa Ángel Albino Corzo “Peñitas”.

2.4.5.1. Introducción

La Presa Ángel Albino Corzo “Peñitas” (Fig. 2.32) constituye el cuarto aprovechamiento del sistema del Grijalva. Se construyó entre los años de 1979 a 1987 en el estado de Chiapas sobre el Río Grijalva, en el municipio de Ostuacán, ésta se localiza a 72 (km) aguas abajo de la Presa Malpaso. Sus coordenadas geográficas son: 17°26’42” de latitud norte y 93°27’28” de longitud oeste. **La cuenca propia de Peñitas comprende un área aproximada de 1,402 (km²),** área comprendida aguas abajo de la Presa Malpaso hasta dicha presa (Fig. 2.33).



Figura 2.33. Cuenca propia de Peñitas.

2.4.5.2. Descripción general de las obras

▪ CORTINA

La construcción de la cortina de materiales graduados se inició en 1980. Se aprovechó la amplitud de la boquilla en esta zona y la **existencia de una isla que dividía el cauce en dos brazos** (Fig. 2.39), lo que permitió utilizar el brazo derecho para continuar su cauce, mientras que por el brazo izquierdo era rellenado y así poder comenzar con los primeros trabajos, entre ellos compactar los depósitos aluviales y poder desplantar la cortina directamente sobre el aluvión (Fig. 2.34).

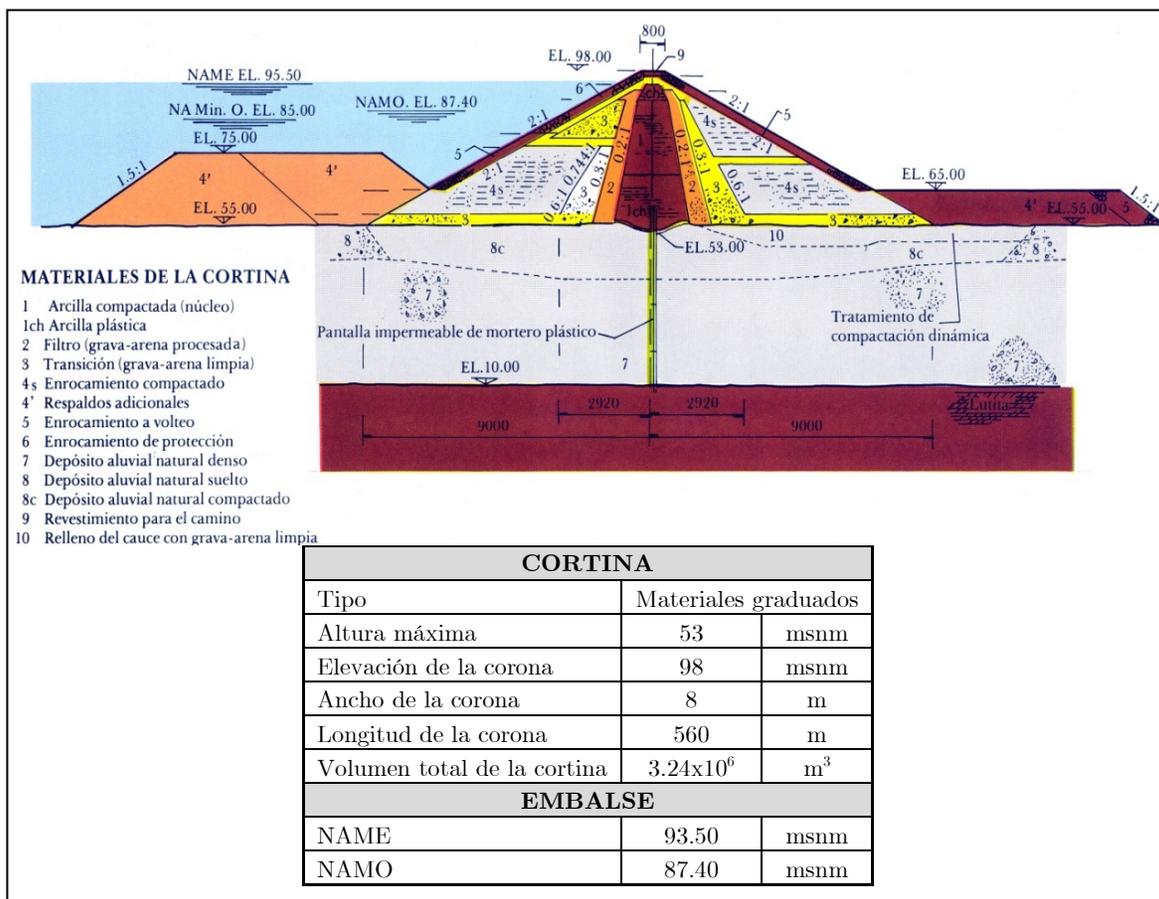


Figura 2.34. Cortina de la Presa Peñitas.

▪ OBRA DE DESVÍO

Con la obstaculización del brazo izquierdo, el cauce del río solamente fluía en dirección del brazo derecho, lo que permitió avanzar con la cortina por la margen izquierda. Paralelamente al avance de la cortina **se excavó un canal de desvío a cielo abierto de 35 (m) de ancho en la margen derecha**, lo que permitió concluir con la cortina (Fig. 2.39).

▪ OBRA DE EXCEDENCIAS

Consta de dos vertedores alojados en la margen derecha, controlados por compuertas radiales. Cada uno de los vertedores tiene cuatro compuertas radiales de 14.5 (m) de ancho por 15 (m) de altura. La cresta del vertedor se fijó a una elevación de 76.50 (m), la

longitud total de la cresta es de 116 (m) y permite evacuar un gasto de 18,700 (m³/s) (9,350 (m³/s) por cada vertedor) (Figs. 2.35, 2.36 (a) y 2.36 (b)).

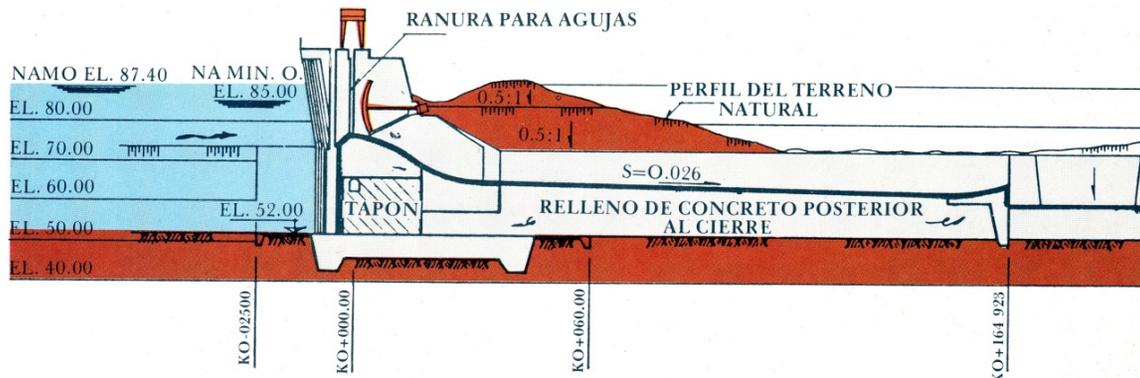


Figura 2.35. Perfil del vertedor de la Presa Peñitas.



Figura 2.36 (a). Vertedor aguas arriba. Figura 2.36 (b). Vertedor aguas abajo.

▪ PLANTA HIDROELÉCTRICA

La planta hidroeléctrica, localizada en la margen izquierda, consta de obra de toma, conducción a presión y casa de máquinas.

La obra de toma consiste en un canal de llamada y 4 tomas independientes. Está diseñada con 8 rejillas semicirculares. La conducción a presión consta de 8 conductos de 9x12 (m) y longitud de 40 (m), con inclinación a 45° (Fig. 2.39).

La casa de máquinas es de tipo exterior, tiene dimensiones de 165 m de longitud, 23.7 m de ancho y 60 (m) de altura. Está diseñada para alojar 4 unidades, cada una constituida por una turbina tipo Kaplan de eje vertical, con capacidad de 105 (MW) cada una (Figs. 2.38 (a) y 2.38 (b)).

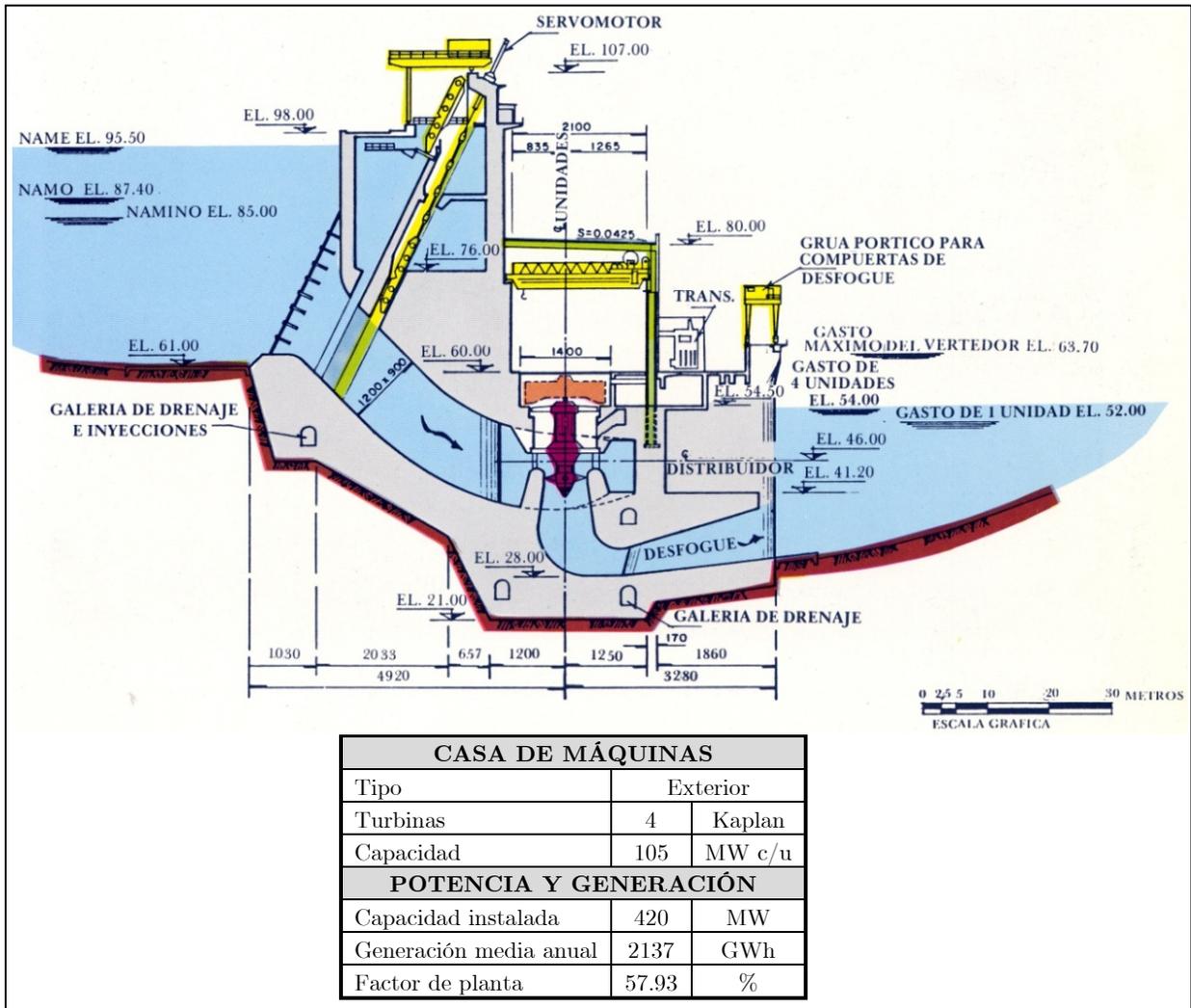


Figura 2.37. Perfil del Conductor a Presión. Presa Peñitas.



Figura 2.38 (a). Casa de máquinas (perfil). Presa Peñitas.

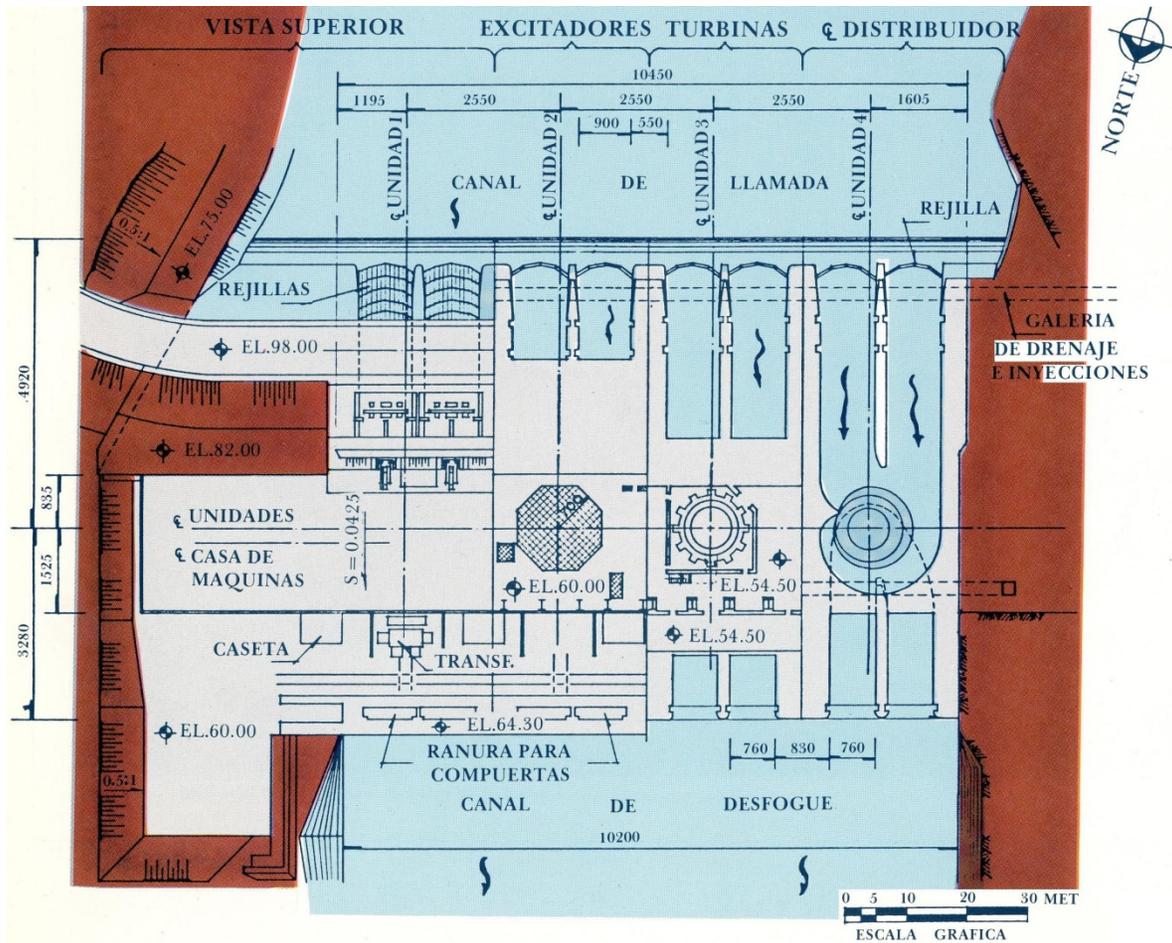


Figura 2.38 (b). Casa de máquinas (planta). Presa Peñitas.

Para realizar estudios de avenidas y posteriormente transitarlas, es de suma importancia conocer los aspectos generales de las cuatro presas que integran el Sistema del Río Grijalva, sobre todo los niveles como el NAMO, NAME, elevación de la corona, superficies de los embalses que envuelven a cada presa y vertedores de excedencias por mencionar algunos.

El presente capítulo, es de suma importancia debido a que se tiene un panorama general del Sistema de Presas del Grijalva, con el motivo de estudiar de manera completa el análisis de las avenidas de diseño que se estimaron en el capítulo 5.

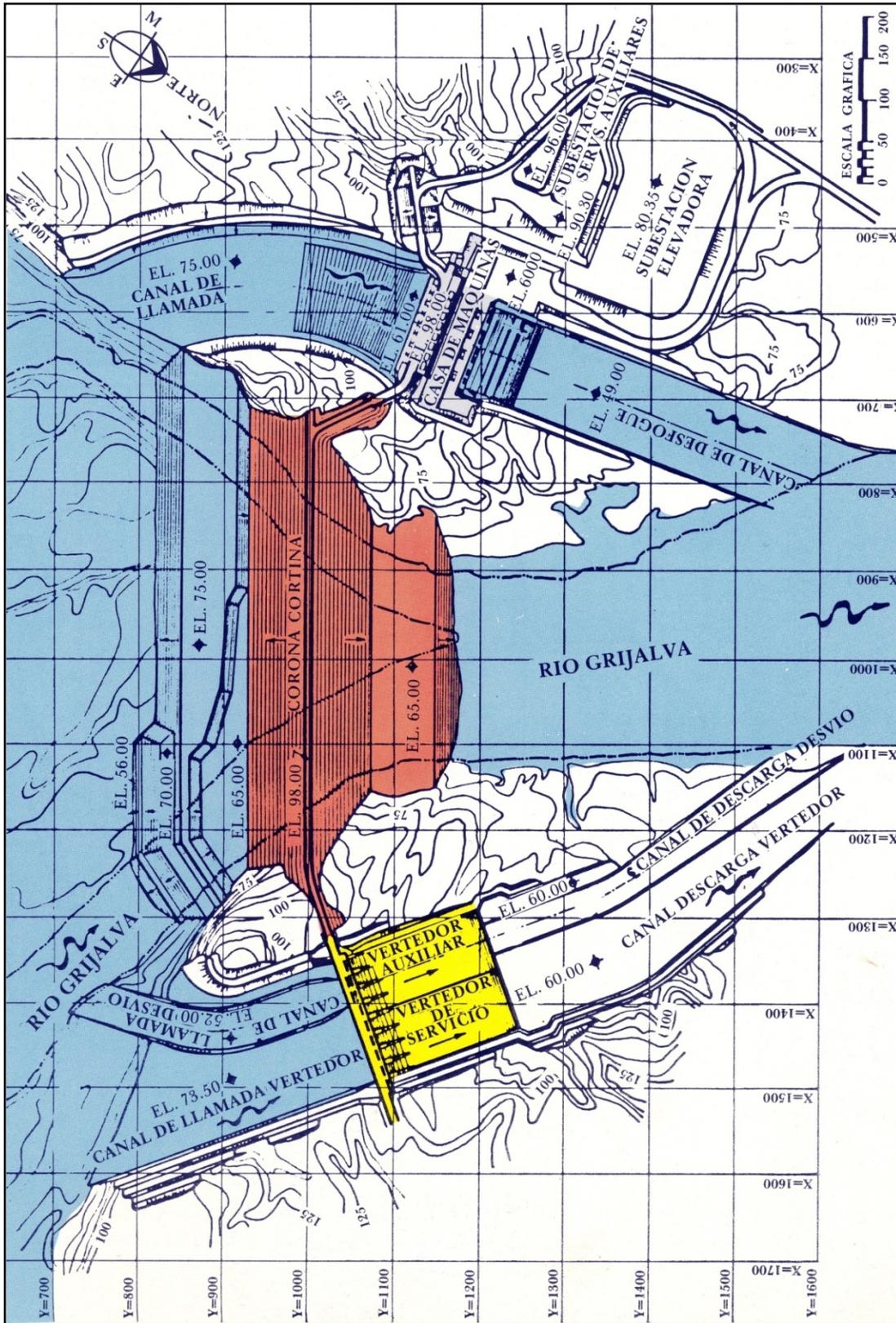


Figura 2.39. Planta General de la presa Ángel Alvino Corzo “Peñitas”.

Referencias

- 2.1. Comisión Federal de Electricidad (2009). <http://www.cfe.gob.mx>
- 2.2. Comisión Federal de Electricidad (2009). Subdirección de Generación. <http://h06814.ije.org.mx/cuencas/>
- 2.3. Comisión Federal de Electricidad. **“Comportamiento de Presas construidas en México”**, Vol. VII. Comisión Federal de Electricidad, 1985.
- 2.4. Comisión Nacional del Agua (2009). <http://www.cna.gob.mx>
- 2.5. Comisión Nacional del Agua. Presas de México 14 vols. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, 1994.
- 2.6. Domínguez, M.R., Mendoza, R.R., Alvarado, C.A, Márquez, U.L.E. **“Operación integral del sistema hidroeléctrico del Río Grijalva”**. Informe final del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Para CFE. Julio de 1993.
- 2.7. Instituto Nacional de Ecología (2005). **“La cuenca de los ríos Grijalva y Usumacinta”**. <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/402/cuencas.html>
- 2.8. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Anuario Estadístico de Chiapas, 2007. <http://www.inegi.gob.mx>
- 2.9. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2009). <http://www.inegi.gob.mx>
- 2.10. México. Comisión del Grijalva. **“Presa Netzahualcóyotl”**: Chiapas. Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1964.
- 2.11. México. Comisión Federal de Electricidad. **“México construye: Proyectos Hidroeléctricos Chicoasén y La Angostura”**. Comisión Federal de Electricidad, 1976.
- 2.12. México. Comisión Federal de Electricidad. **“Proyecto Hidroeléctrico Peñitas”**. Comisión Federal de Electricidad, 1988.

- 2.13. México. Comisión Federal de Electricidad. Proyecto Hidroeléctrico Chicoasén. Comisión Federal de Electricidad, 1976.
- 2.14. México. Secretaría de Recursos Hidráulicos. **Región Hidrológica No 30 (Grijalva-Usumacinta)**. Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1971.
- 2.15. Secretaría de Energía (2009). <http://www.sener.gob.mx>
- 2.16. Rubio G. H., Triana R. C., “**Gestión integrada de crecientes caso de estudio México: Río Grijalva**”. Programa Asociado de Gestión de Crecientes, Organización Meteorológica Mundial (OMM), Global Water Partnership (GWP). Septiembre del 2006. pp. 1-14.