

Fig. 10.1 Diagrama de Transmisión y Sistema Eléctrico en El Salvador (2002)

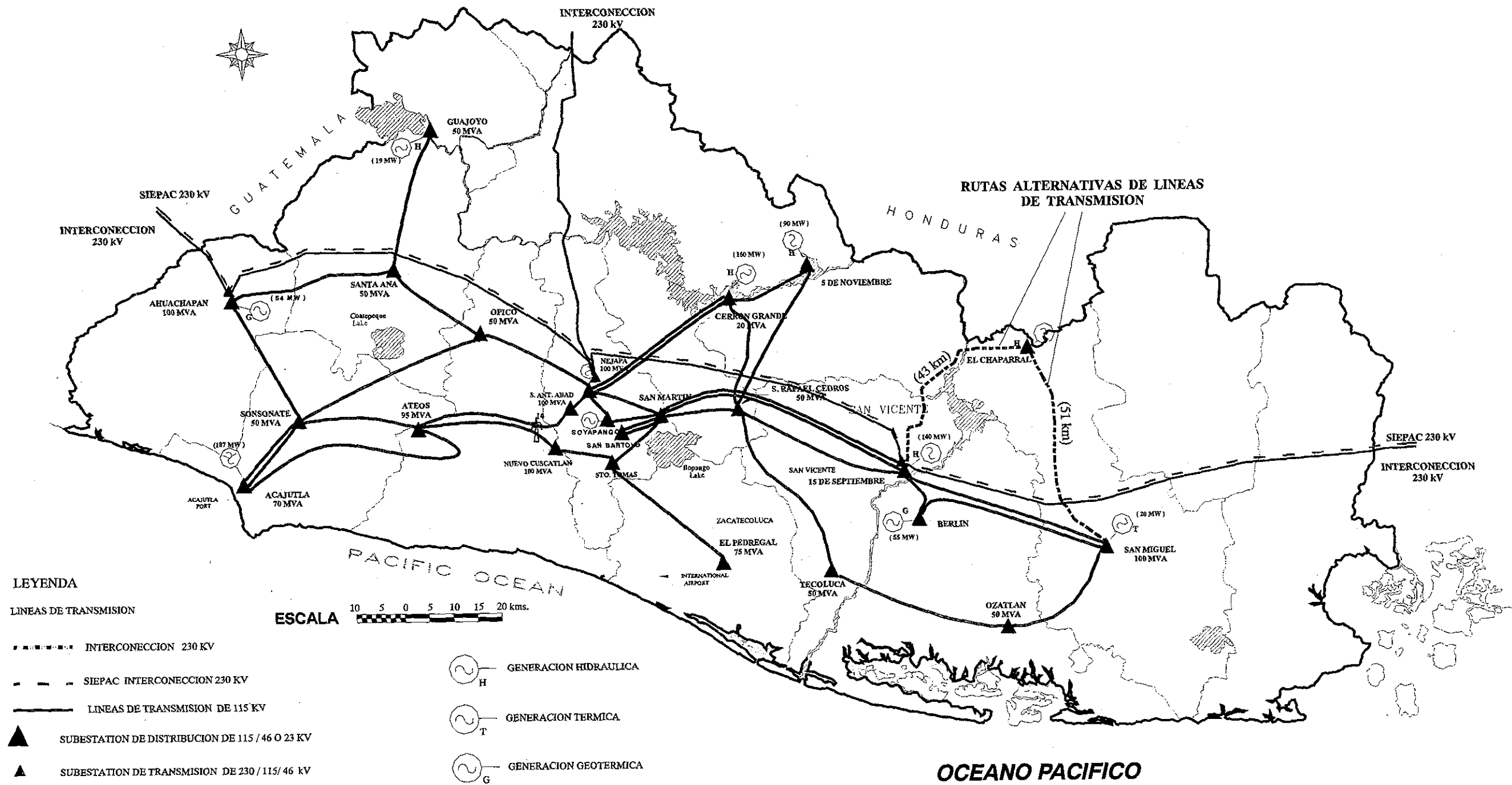


Fig. 10.2 Red de Transmisión y Sistema Eléctrico en El Salvador (2010)

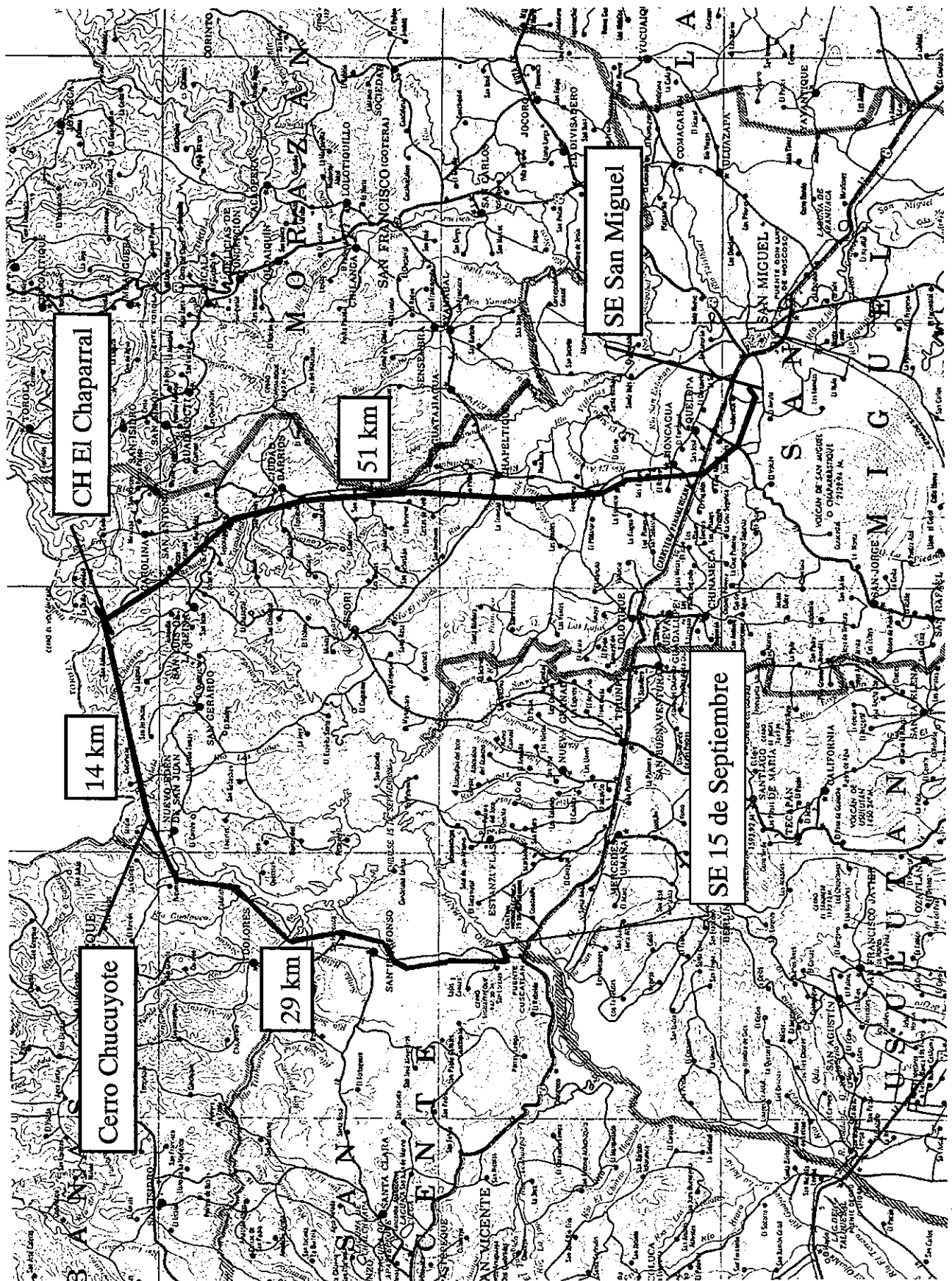


Fig. 10.3 Rutas Alternativas de Líneas de Transmisión

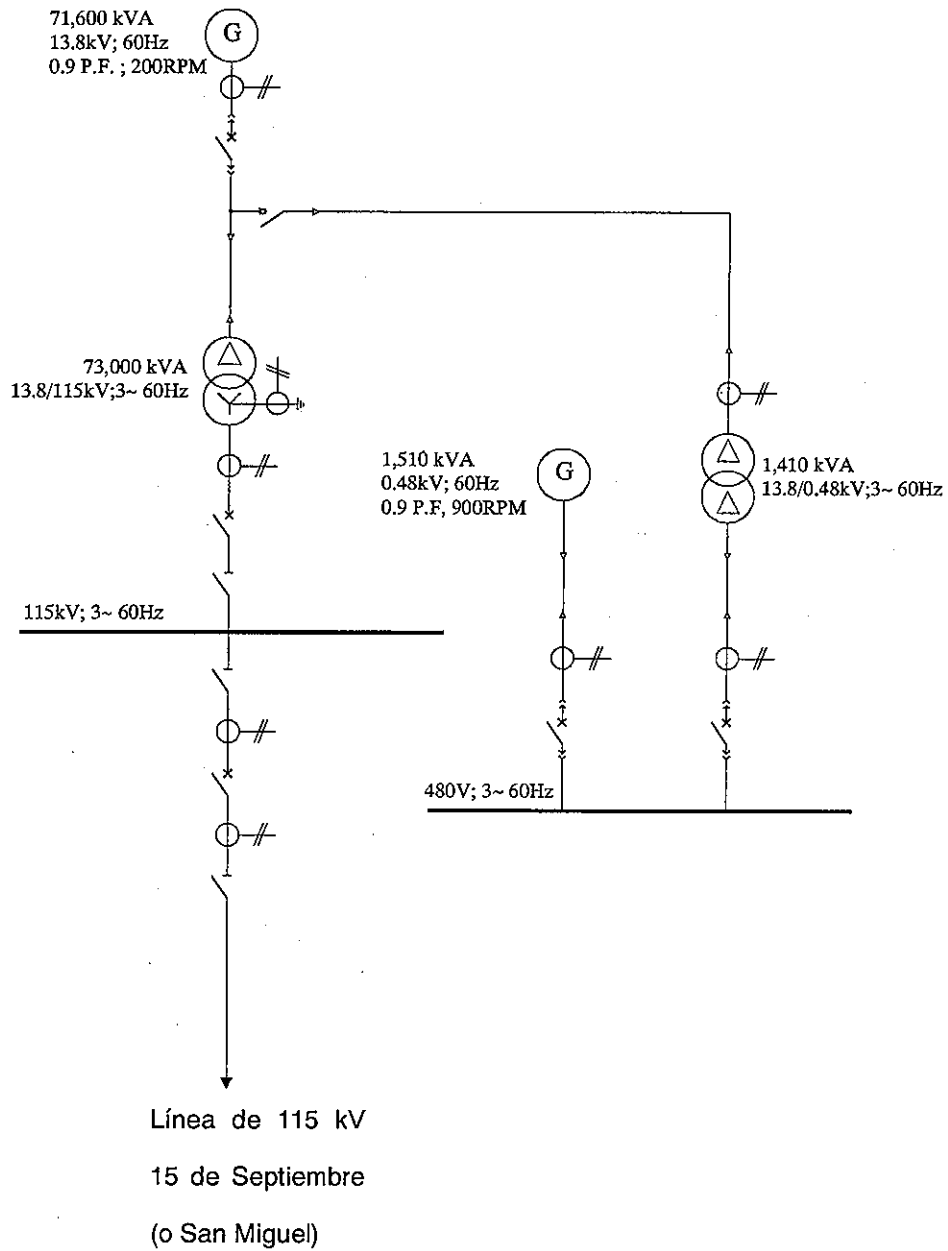


Fig. 10.4 Diagrama Unifilar de un Sistema Bus Unitario

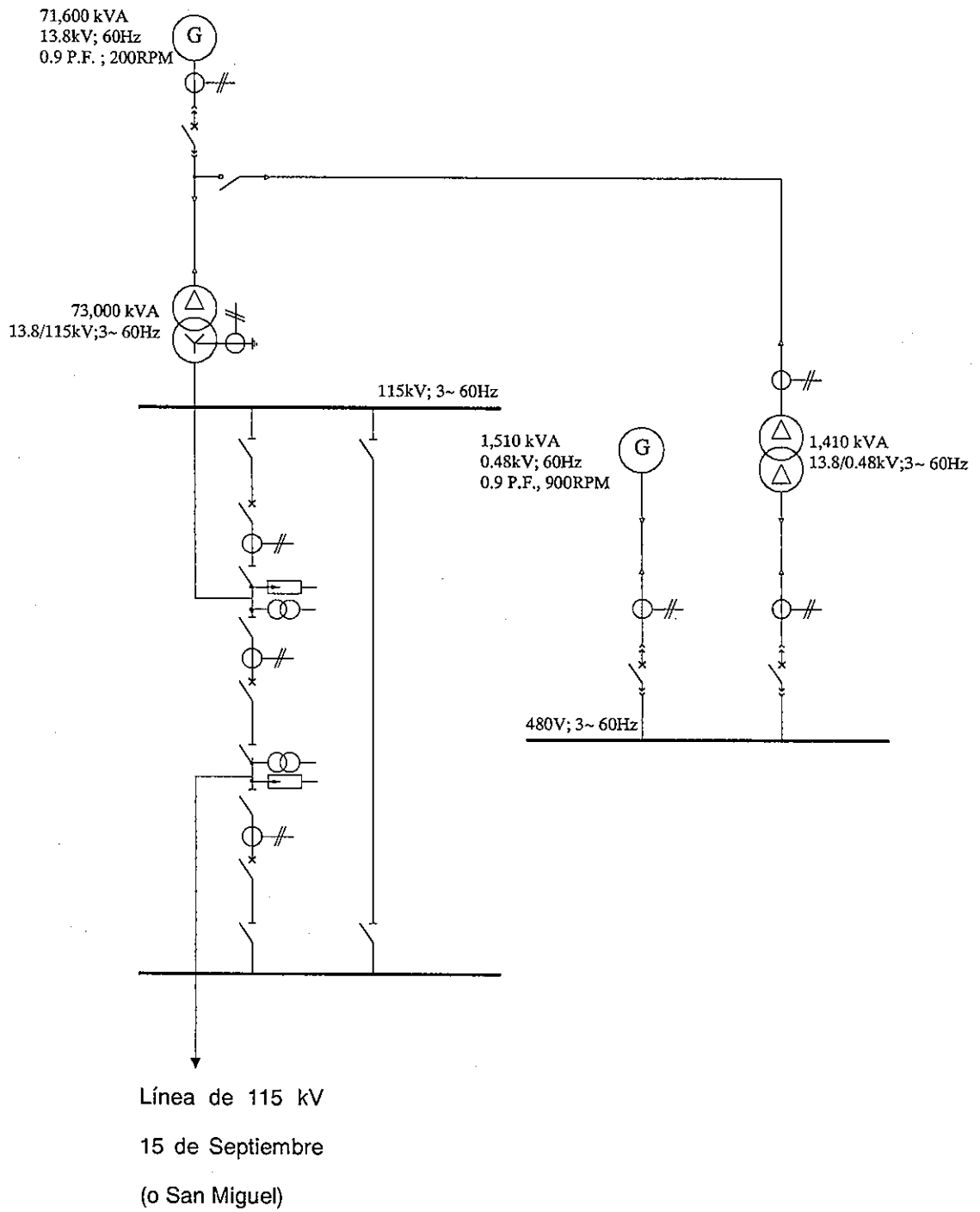
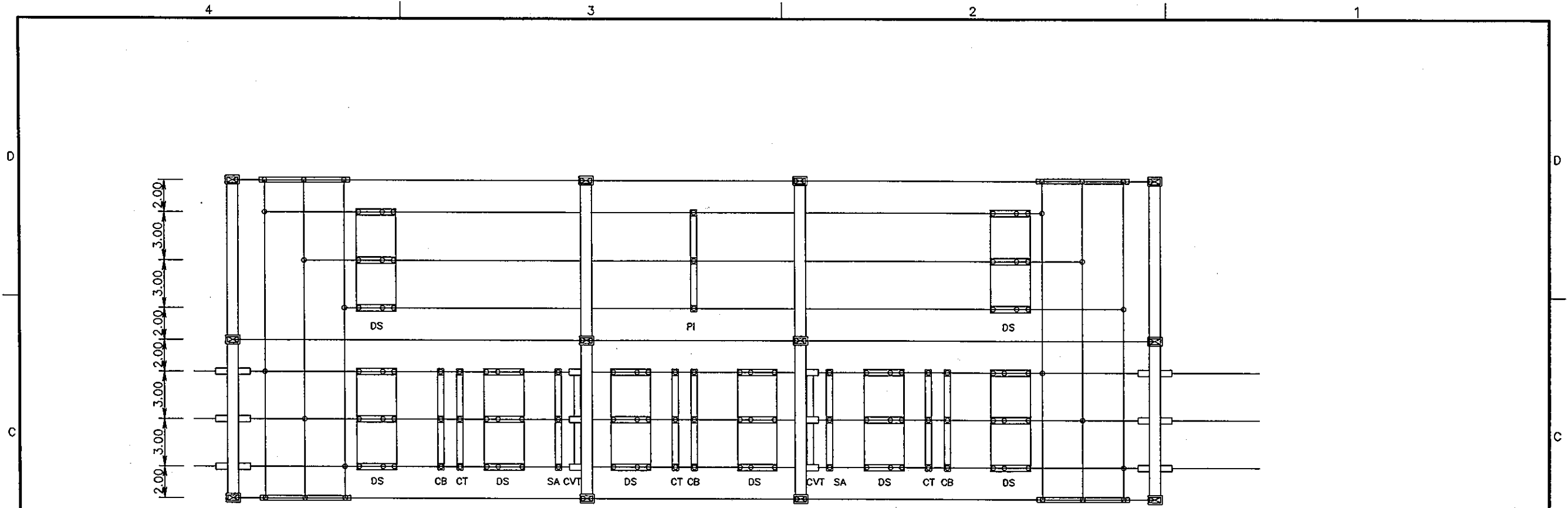
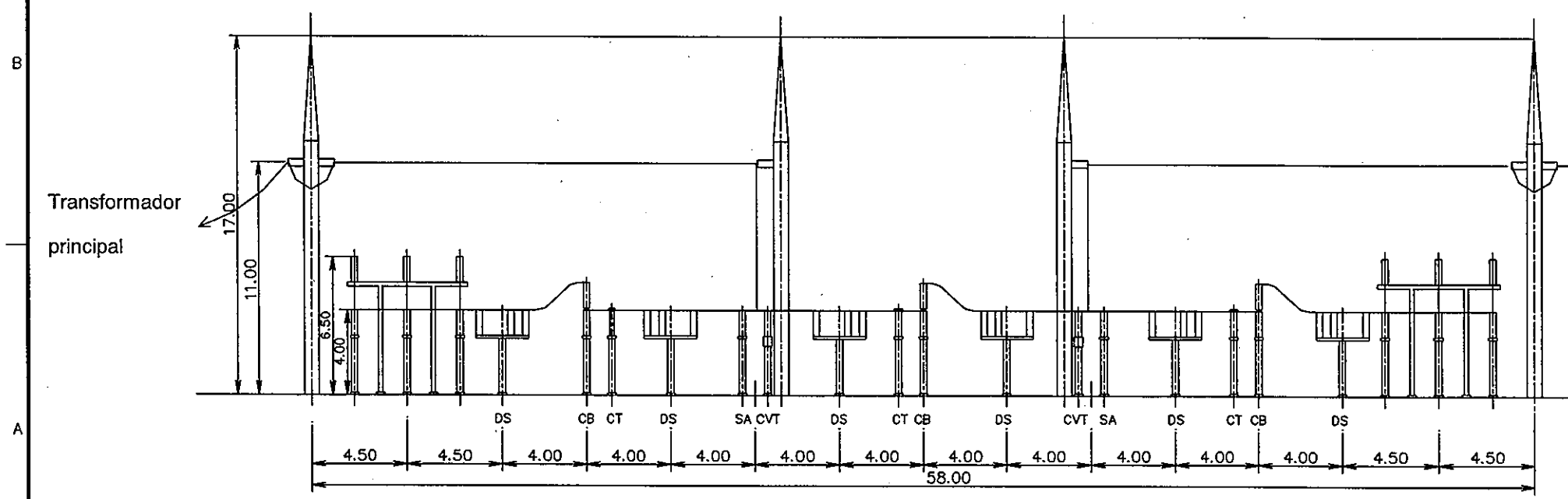
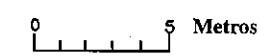


Fig. 10.5 Diagrama Unifilar de un Sistema 1½ Buses de Interruptor



PLANTA



SECCION A-A

- LEYENDA**
- CVT: Transformador de tensión para capacitor
 - DS: Seccionador
 - CB: Interruptor
 - CT: Transformador de corriente
 - PI: Aislador de columna
 - SA: Pararrayos de ondas

PROYECTO HIDROELÉCTRICO EL CHAPARRAL		
Arreglo General del Patio de Llaves		
de la C.H. El Chaparral		
Fig. 10.6		

216

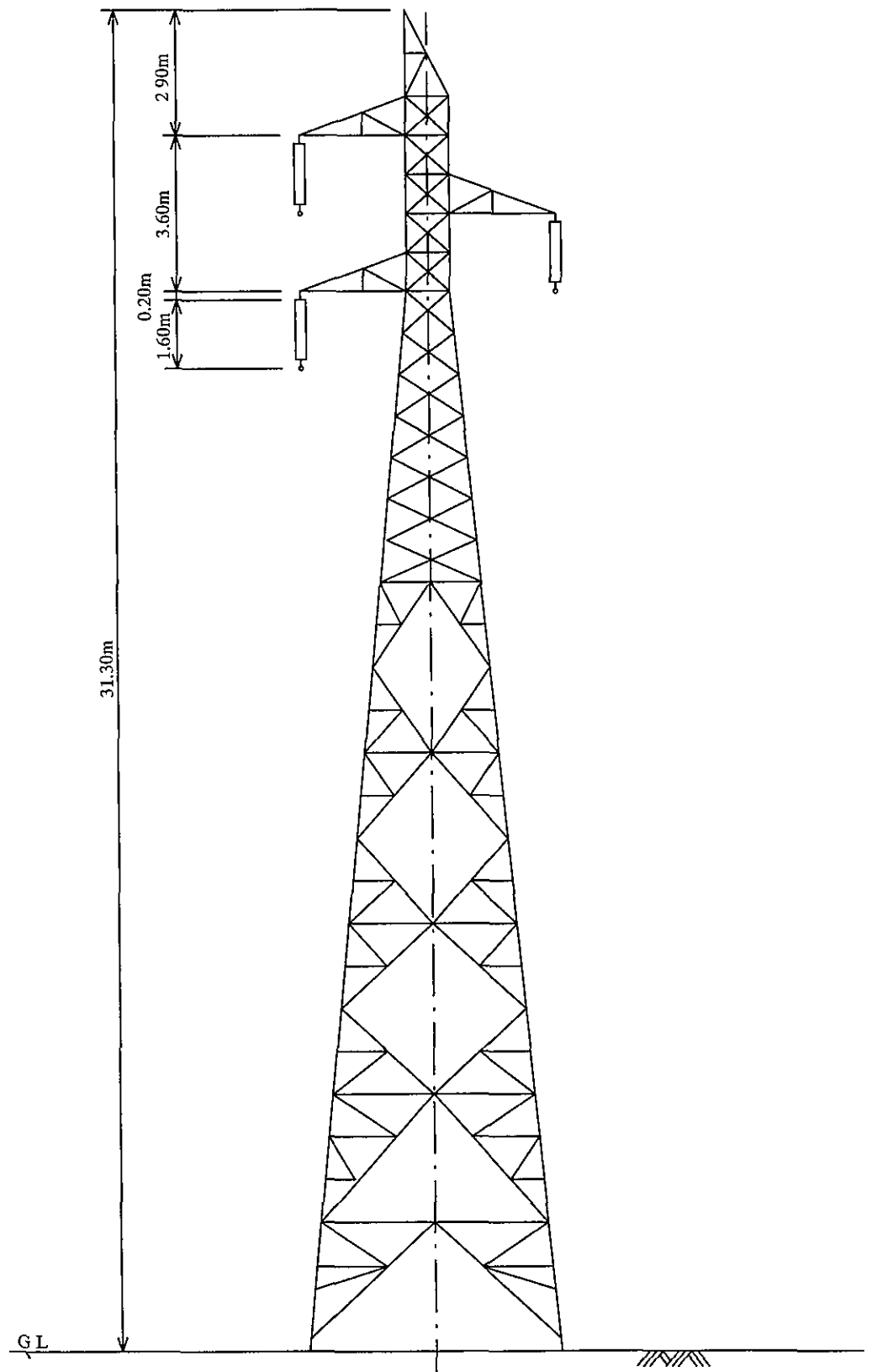
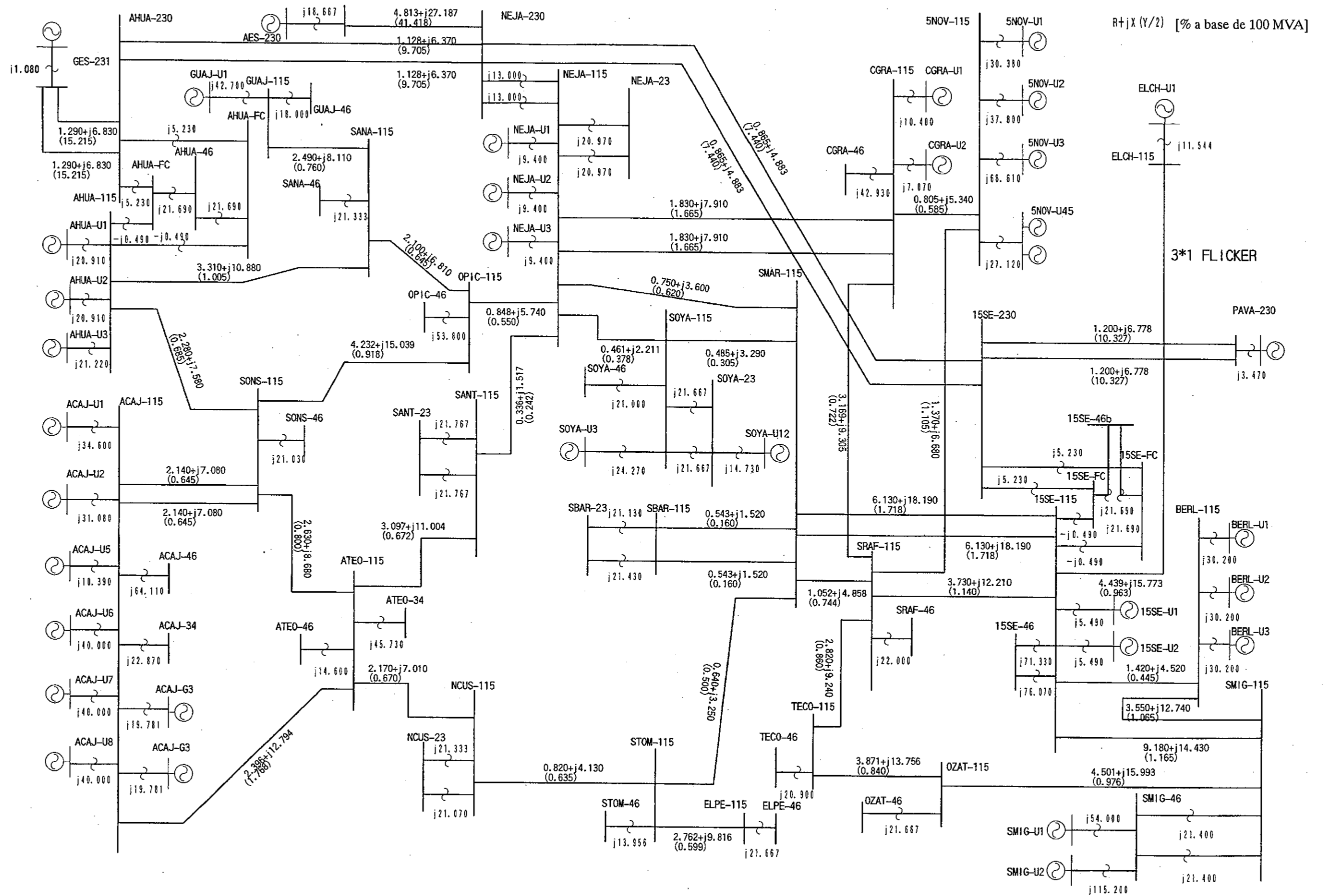


Fig. 10.7 Torre de Suspensión Estándar para una Línea de Transmisión de 115 kV



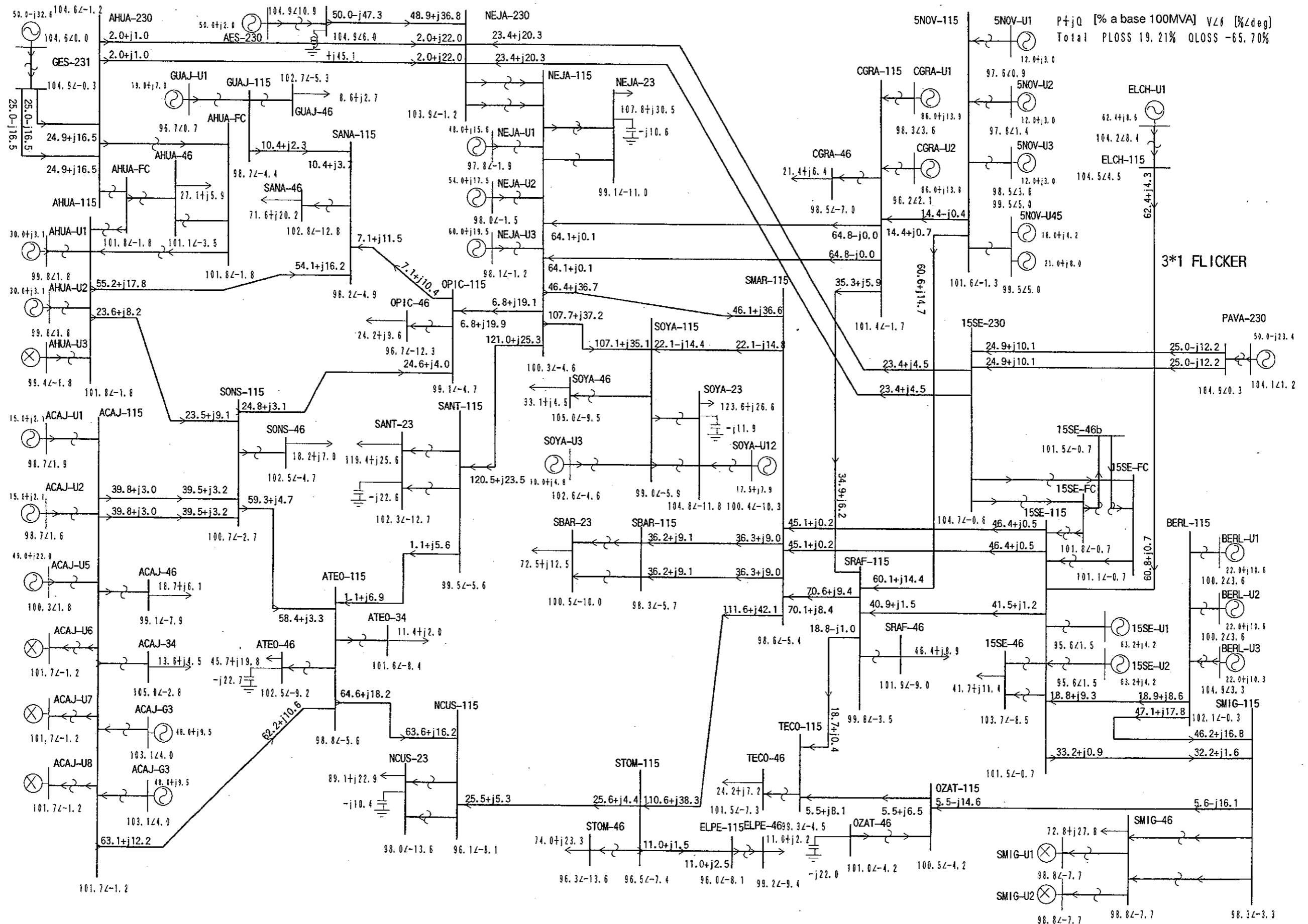


Fig. 10.9 Resultado de Flujo de Carga (2010 Pico)

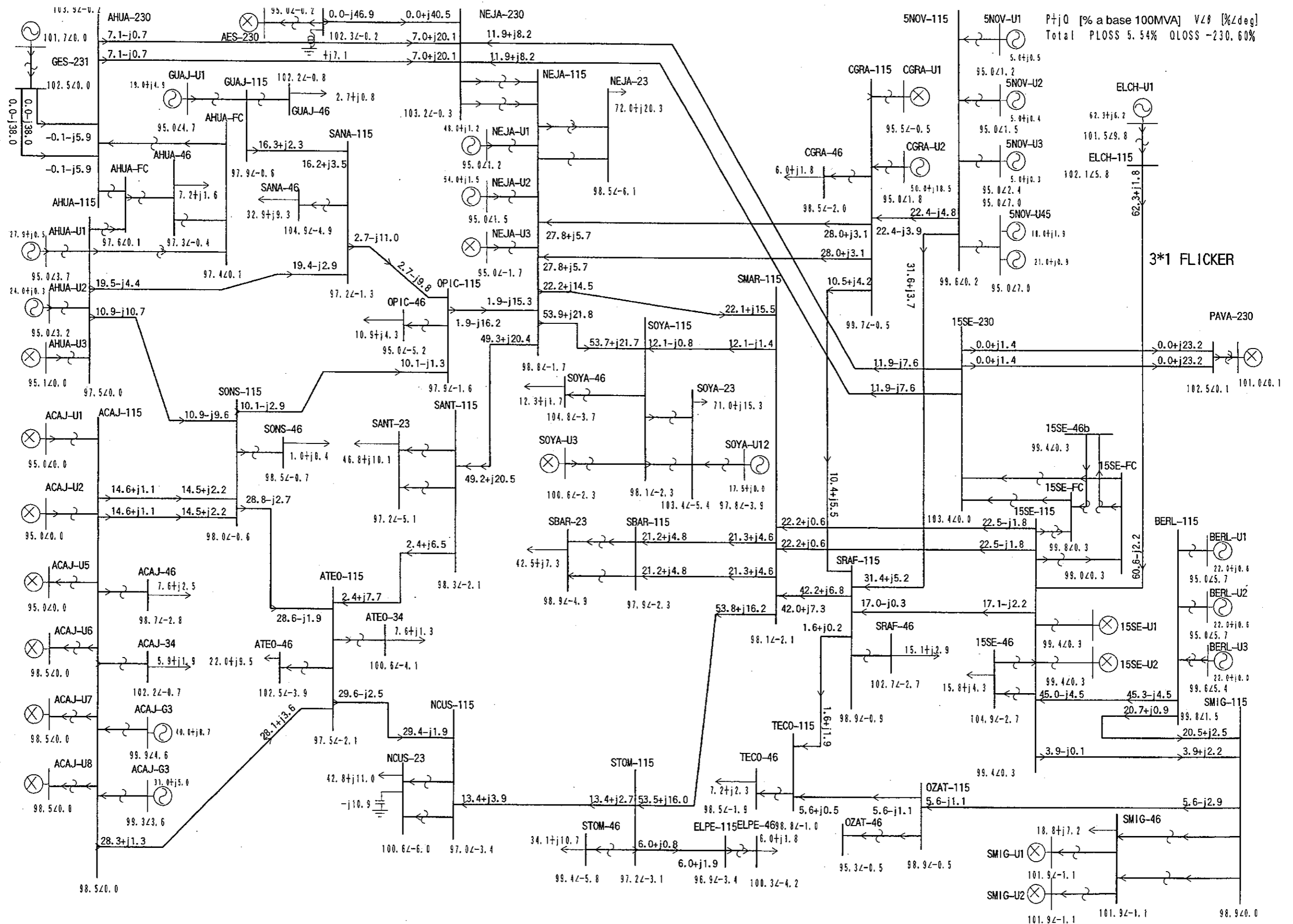


Fig. 10.10 Resultado de Flujo de Carga (2010 Fuera de Pico)

CODIGO	TERM	CASO	TIPO	MAX	MIN	INICIAL	FINAL
1	ANG	ELCH-U1	G	72.37	7.45	35.22	35.09
6	ANG	BERL-U1	G	32.95	27.73	30.64	30.30
5	ANG	CGRA-U2	G	41.23	36.24	39.19	39.10
4	ANG	NEJA-U1	G	29.71	26.67	28.71	28.62
3	ANG	AHUA-U1	G	53.62	51.12	52.72	52.65
2	ANG	ACAJ-G3	G	31.49	28.98	30.30	30.29

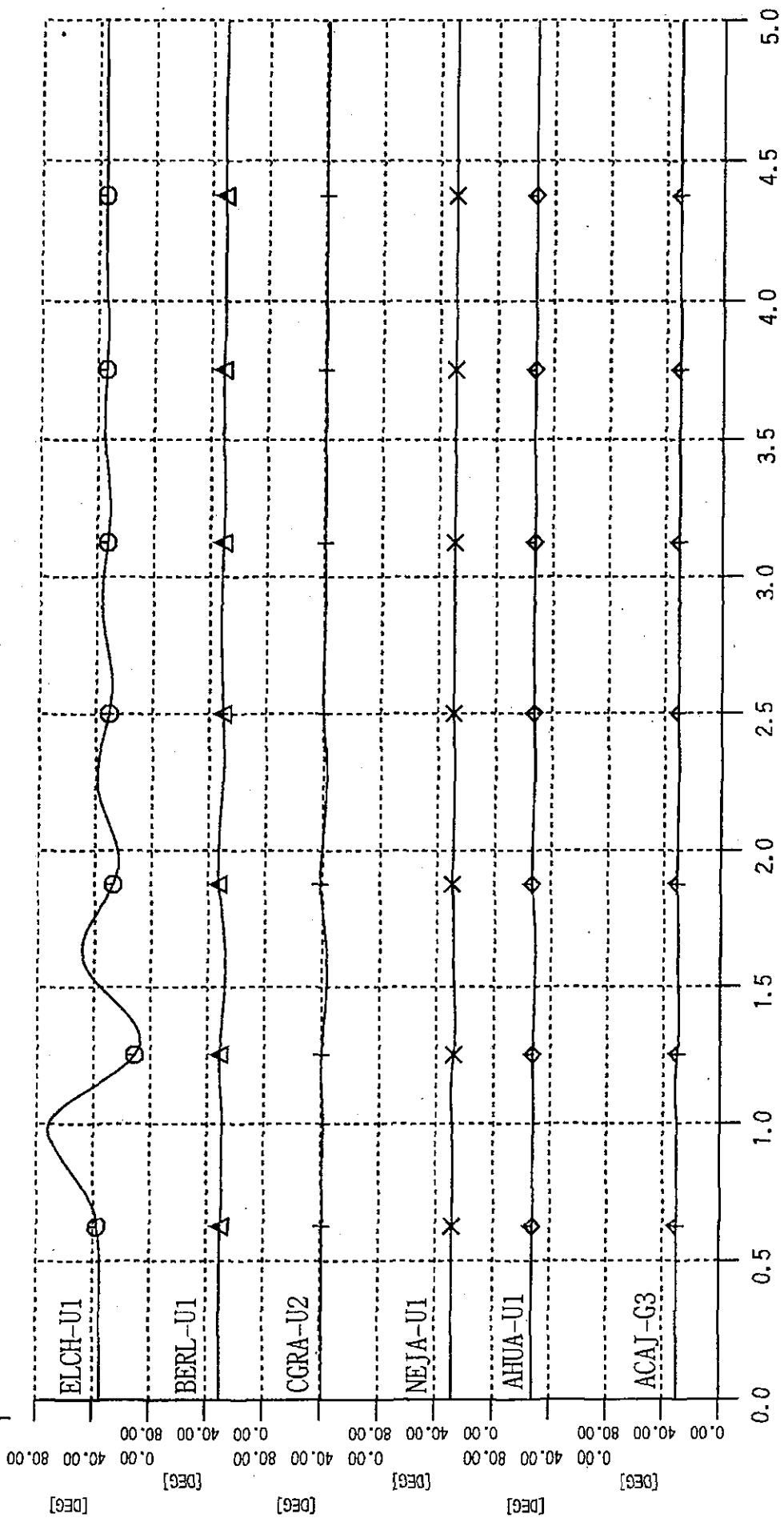


Fig. 10.11 Estudio de Estabilidad (1/4)

CODIGO	TERM	CASO	TIPO	MAX	MIN	INICIAL	FINAL
1	ANG	ELCH-U1	G	83.17	3.59	35.22	38.15
6	ANG	BERL-U1	G	63.07	-4.41	30.64	30.04
5	ANG	CGRA-U2	G	68.94	3.34	39.19	38.57
4	ANG	NEJA-U1	G	58.47	8.26	28.71	26.94
3	ANG	AHUA-U1	G	63.79	33.27	52.72	51.70
2	ANG	ACAJ-G3	G	54.66	15.01	30.30	30.08

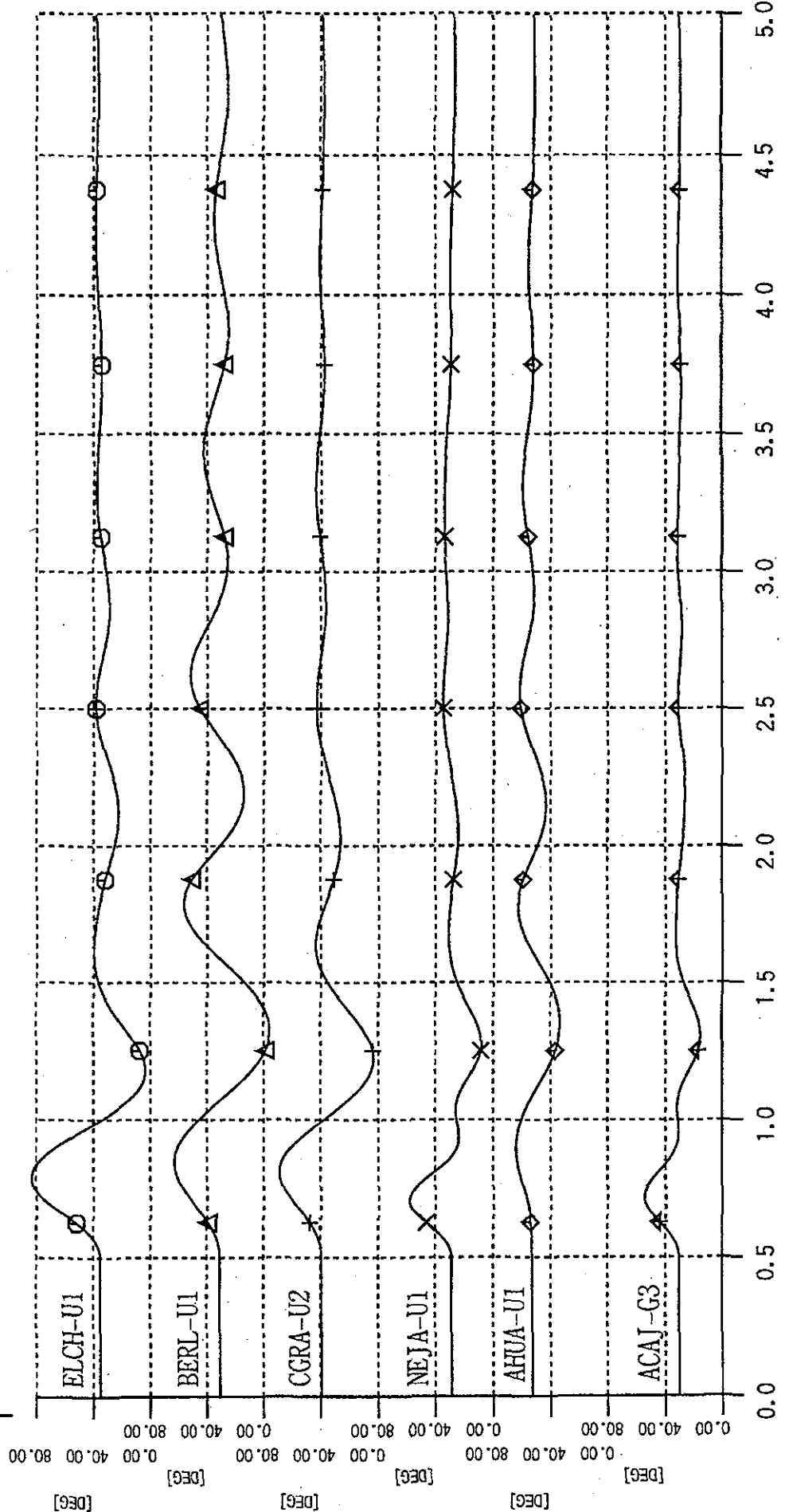


Fig. 10.12 Estudio de Estabilidad (2/4)

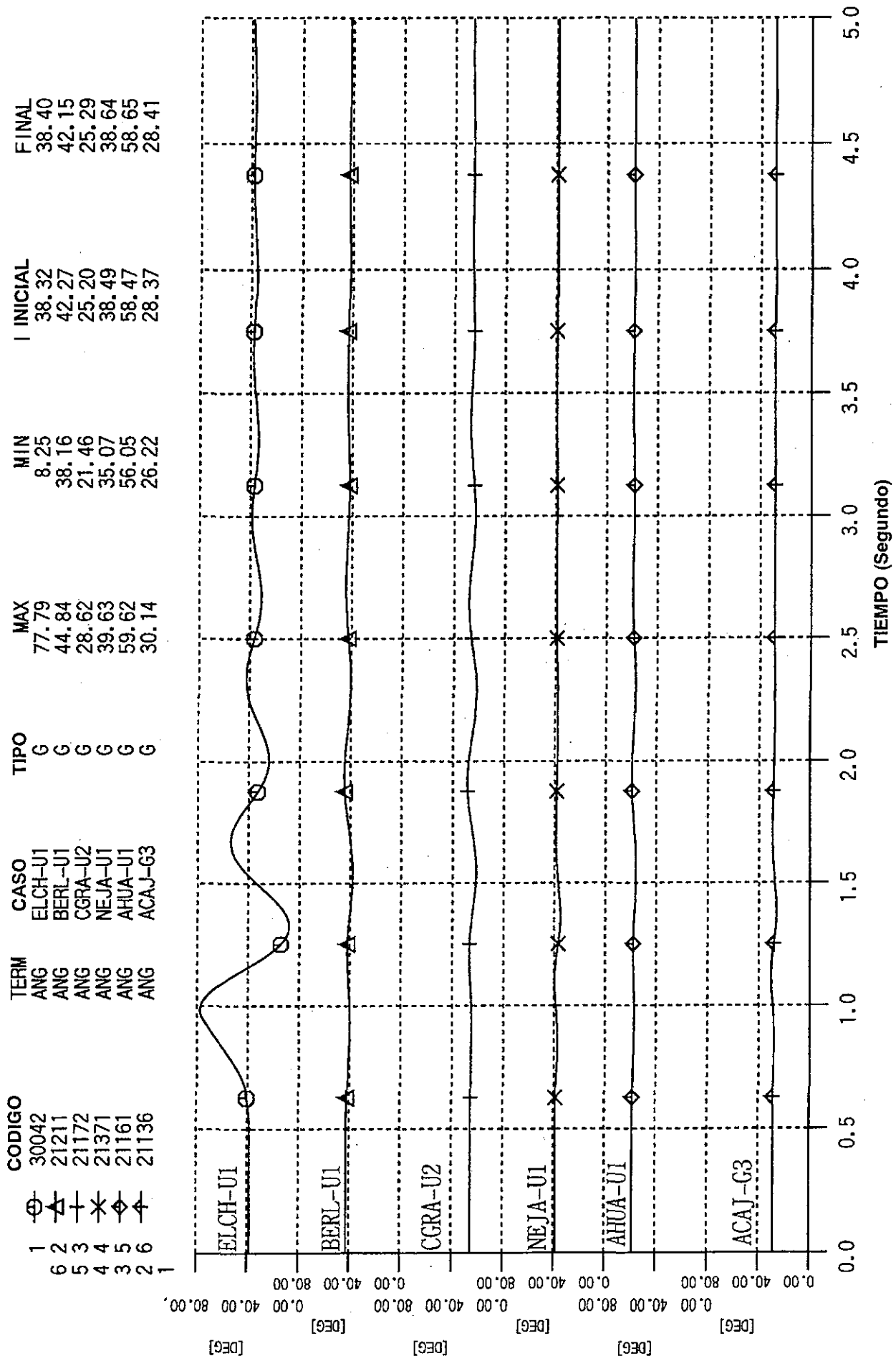


Fig. 10.13 Estudio de Estabilidad (3/4)

FINAL
38.33
43.50
24.46
38.79
58.95
27.33

INICIAL
38.32
42.27
25.20
38.49
58.47
28.37

MIN
3.33
10.82
-3.18
23.41
45.03
22.45

MAX
85.47
72.34
45.12
69.68
66.19
50.50

TIPO
G
G
G
G
G
G

CASO
ELCH-U1
BERL-U1
CGRA-U2
NEJA-U1
AHUA-U1
ACAJ-G3

TERM
ANG
ANG
ANG
ANG
ANG
ANG

CODIGO
30042
21211
21172
21371
21161
21136

- 1 ○
- 2 △
- 3 +
- 4 ×
- 5 ◇
- 6 ▲

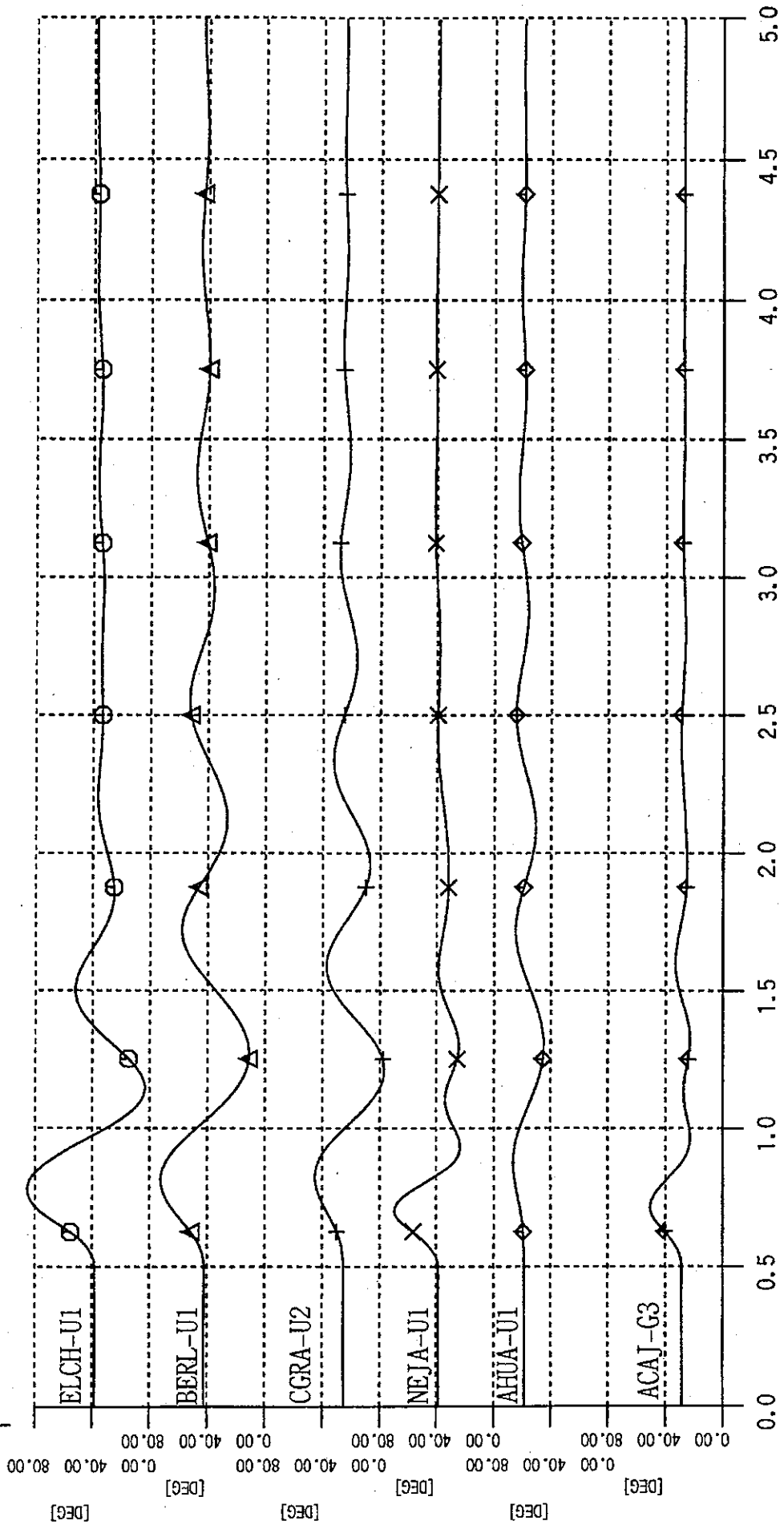


Fig. 10.14 Estudio de Estabilidad (4/4)

11. DISEÑO A NIVEL DE FACTIBILIDAD

CONTENIDO

11.	Diseño a Nivel de Factibilidad	11-1
11.1	Generalidades	11-1
11.2	Presa y Estructuras Anexas	11-1
11.2.1	Eje de Presa y Tipo de Presa	11-1
11.2.2	Presa y Estructuras Anexas	11-2
11.3	Canales y Obra de Toma	11-7
11.3.1	Obra de Toma y Tubería Forzada	11-7
11.3.2	Casa de Máquinas y Canal de Descarga.....	11-8
11.4	Equipos Eléctricos y Mecánicos	11-10
11.4.1	Generalidades.....	11-10
11.4.2	Potencia Unitaria y Número de Unidades.....	11-11
11.4.3	Turbina y Generador	11-14
11.4.4	Transformador Principal	11-17
11.4.5	Puertos y Rutas Terrestres de Transporte	11-18

11. Diseño a Nivel de Factibilidad

11.1 Generalidades

En este capítulo, se describe el diseño a nivel de factibilidad realizado respecto a las obras civiles, equipos eléctricos, etc. para el plan de desarrollo seleccionado en “9.3 Selección del Plan de Desarrollo”.

El plan de desarrollo consiste en la construcción de una casa de máquinas con una presa que hace la operación reguladora para suministrar la energía eléctrica en las horas pico en uso del volumen efectivo de agua almacenada en el embalse. Los equipos mecánicos y eléctricos son: un turbogenerador principal y otro turbogenerador pequeño que funciona con el caudal ecológico mínimo. La energía eléctrica que se produce se transmitirá a la subestación existente en la cercanía de la Central Hidroeléctrica 15 de Septiembre.

En la Tabla 11.1, se indican las características del plan de desarrollo hidroeléctrico y en las Figuras de 11.3 a 11.10, los planos de diseño preliminar de cada obra civil (incluyendo la instalación de los equipos electromecánicos).

11.2 Presa y Estructuras Anexas

11.2.1 Eje de Presa y Tipo de Presa

Generalmente se fija el eje de presa en un sitio que tenga ciertas condiciones: una topografía con las márgenes cerradas que permita reducir el volumen de cuerpo de la presa, un lecho rocoso suficientemente resistente contra el peso de la presa y una impermeabilidad que facilite el tratamiento de impedir la fuga de agua.

En el estudio de prefactibilidad, se fijó el eje de presa a unos 360 metros aguas arriba del punto de contacto del río Torola con la frontera con Honduras, en el que se encuentra una topografía relativamente cerrada.

En el diseño a nivel de factibilidad, se ha fijado el nuevo eje de presa en un sitio a unos 60 metros aguas abajo del punto referido en el estudio de prefactibilidad, teniendo en cuenta la sección transversal del valle, topografía de la margen derecha y disposición del túnel de desviación y también analizando los resultados de los estudios subcontratados, tales como: levantamientos topográficos para la elaboración de mapas a escala de 1:1000, dibujos de secciones transversales del río e investigaciones geológicas.

En el sitio seleccionado en este estudio para el eje de presa, el río tiene unos 30 metros de ancho, es el lugar más cerrado, y en ambos márgenes se encuentran las vertientes muy escarpadas en la baja elevación y otras vertientes suaves en la alta elevación. En los tramos superiores a esta posición del río, se abre más el valle y no existe otro lugar alternativo al sitio mencionado.

Generalmente hay varios tipos de presas y la selección depende de las condiciones naturales en el sitio de presa, tales como la topografía, geología, hidrología, etc. y también de la facilidad de conseguir materiales necesarios para la construcción, sus volúmenes de reserva, sus calidades, etc.

En el estudio de prefactibilidad, estaba propuesto el tipo de concreto de gravedad. Esta propuesta es pertinente si se consideran las características del sitio de presa detectadas en los estudios realizados durante la factibilidad. El sitio de la presa es geológicamente basáltico y no se han identificado fallas grandes. En general, la sedimentación no tiene mucho espesor, excepto en la zona meteorizada de mucho grosor de unos 30 metros en la margen derecha y el lecho rocoso en el cauce tiene suficiente resistencia a la compresión y cizallamiento al construir una presa de concreto de gravedad con la altura de 80 a 90 metros.

Como alternativa, se podrá mencionar una presa de enrocamiento. En caso de que se construya una presa de dicho tipo, la crecida de diseño (crecida con el periodo de retorno de 20 años: $3,796 \text{ m}^3/\text{s}$) para el túnel de desviación que cambia el curso de agua provisionalmente sería 5 veces mayor que la crecida para la presa de concreto de gravedad (crecida con el período de retorno de 1 año: $728 \text{ m}^3/\text{s}$) y se necesitaría una excavación de gran volumen en caso de que se construya un canal de vertedero en la margen derecha donde se encuentra el lecho rocoso muy profundo. Por consiguiente, la construcción de una presa de concreto de gravedad será más económica según se comparan los costos de las obras que incluyen el cambio del curso de agua y construcción del vertedero. Además, no será adecuada la construcción de una presa de enrocamiento desde el punto de vista de la conservación medioambiental, debido a que se necesitara una cantera de gran volumen para conseguir los materiales del cuerpo mismo de la presa. Por consiguiente se escogió la presa de concreto de gravedad en este sitio.

11.2.2 Presa y Estructuras Anexas

(1) Cuerpo de la presa

1) Forma de la presa

Para diseñar la forma de la presa, se ha calculado la estabilidad (véase el Apéndice 11.4 Análisis de la Estabilidad de Presa), fijando el coeficiente sísmico horizontal de diseño ($k = 0.15$) en base a los movimientos sísmicos previstos para el sitio de la presa (véase el

Capítulo 8 “Sismicidad”). Los taludes de la presa se inclina con una pendiente de 1:0.8 aguas abajo y perpendicular aguas arriba (con soporte filete). Por otro lado, se ha supuesto que la resistencia del lecho rocoso tiene valores estandarizados de los lechos similares de acuerdo a los documentos existentes.

La elevación del coronamiento se ha determinado en 214.5 msnm, considerando la altura de olas producidas por el viento y sismos en el nivel máximo normal y también la altura de viga del paso vehicular. La altura máxima de la presa será 87.5 metros desde el lecho rocoso hasta la cresta y el cuerpo de la presa tendrá un volumen de unos 370,000 m³.

2) Agregados de concreto

Para agregados de concreto de la presa, se aprovecharán arenas y gravas del cauce a unos 2.0 kilómetros aguas arriba del eje de la presa. Se estima que la reserva de los materiales es aproximadamente de 320, 000 m³. A pesar de que la calidad de los agregados no es muy buena, debido a la densidad seca relativamente pequeña y alta absorción de agua, se supone que son utilizables como material de construcción en el sitio donde no hace falta considerar condiciones meteorológicas severas con daños de congelación (véase el Capítulo 7 “Geología”). Además, por no tener mucha reserva, estamos considerando el aprovechamiento de detritos de excavación en los sitios de la presa y la casa de máquinas (véase el Capítulo 12 “Plan de Obras y Costo de Construcción) y será necesario hacer estudios sobre la disponibilidad de agregados en distintos lugares en la fase del diseño detallado, incluyendo los sedimentos de terrazas de la margen izquierda.

3) Impermeabilización

El lecho rocoso del sitio de la presa generalmente tiene alta permeabilidad. En las pruebas de permeabilidad realizadas en perforaciones a lo largo del eje de la presa, existen zonas donde se indica un valor aproximado de 20 Lu. Especialmente, en la margen derecha la alta permeabilidad llega a un nivel muy profundo y en un collado (perforación CDB-5) se consiguió un resultado que indicaba una permeabilidad de más de 20 Lu desde el nivel superficial hasta un nivel aproximado de 70 metros de profundidad, lo cual indica que el nivel freático se encuentra muy bajo.

Dentro del plan de mejoramiento de las condiciones del lecho rocoso, con el fin de evitar la filtración del agua embalsada, se ha preparado un plan de realizar cortina de inyecciones para formar una zona impermeable dentro del lecho rocoso a lo largo del eje de la presa e inyecciones de consolidación para mejorar el lecho rocoso bidimensionalmente, elevando el grado de impermeabilidad del lecho rocoso que tiene

contacto con la parte inferior de la presa y asegurar los efectos de la cortina de inyecciones.

(a) Inyecciones de consolidación

Las inyecciones de consolidación se realizarán mediante pozos de 5 metros de profundidad, colocados en forma cuadriculada de 5 metros. A dicha forma de colocación estandarizada, se agregarán pozos necesarios según condiciones de grietas que se encuentren en el lecho rocoso.

(b) Cortina de inyecciones

Como se ha descrito anteriormente, el lecho rocoso de la presa tiene una permeabilidad relativamente alta y además el nivel freático está muy bajo en los cerros de ambas márgenes, lo cual obliga a tener mucho cuidado para tomar la decisión respecto a las áreas y niveles de la cortina de inyecciones. Por lo tanto, se ha realizado un análisis bidimensional de filtración para verificar las áreas y niveles de la cortina de inyecciones y sus efectos de impermeabilización (efectos de reducción de fuga de agua). Como resultado del análisis, se ha considerado pertinente realizar las inyecciones a la profundidad de $H/2$ (H: altura de la presa) en zonas en las que es corta la longitud de infiltración y el gradiente hidráulico es grande. En la Figura 11.6, se indica el plano de inyecciones.

En el estribo de la margen derecha donde se suponía problemas de fuga por la alta permeabilidad, el gradiente hidráulico es pequeño y el volumen de fuga quedó menos de la mitad que tiene la zona de cimentación de la presa. Su valor absoluto era de nivel despreciable para el plan de generación hidroeléctrica.

La velocidad de infiltración es del orden de 10^{-4} cm/s, a la cual falta tanto para la velocidad limitada de flujo que se considera no habrá problemas de socavación.

(2) Vertedero

El tipo de vertedero será derramadero superficial con compuertas en la parte central de la presa y la dirección de la caída de agua coincidirá con la del curso aguas abajo. Para fijar el caudal de diseño del vertedero hay dos conceptos: el primero es aplicar directamente la crecida máxima probable (CMP) de $6,484 \text{ m}^3/\text{s}$ y el segundo es reducir el pico de la crecida de diseño por los efectos de sobrealmacenamiento y aplicar un caudal menor que la crecida de diseño. En este caso, podría reducir el tamaño de las compuertas del vertedero, sin embargo, se necesitaría incrementar la altura de la presa para establecer el nivel de sobrealmacenamiento.

En el sitio del proyecto, se encuentra un collado en una línea extendida del eje de la presa sobre la margen derecha y una quebrada en la parte superior derecha del embalse, la que está en contacto con la frontera con Honduras. Dichas condiciones no permiten elevar el nivel máximo de operación, sin embargo, lo más económico será fijar el nivel máximo normal más elevado posible para el plan de generación hidroeléctrica. Por consiguiente, se ha determinado descargar el agua al nivel máximo normal con el caudal de diseño del vertedero de $6,484 \text{ m}^3/\text{s}$ sin establecer el nivel de sobrealmacenamiento.

Para asegurar la descarga de la crecida de diseño al nivel máximo normal, el vertedero poseerá 5 compuertas radiales de 13.2 metros de ancho por 15.2 metros de altura. El vertedero tendrá 82.0 metros de ancho y un canal pared que reduzca el ancho de la caída de agua para que se coincida con el estrechamiento del curso de aguas abajo. Para disipar la energía del agua vertida, el extremo del canal del vertedero tendrá una estructura deflectora que permita saltar el agua respecto al nivel del curso de agua aguas abajo de la presa.

(3) Cambio del curso de agua

El cambio del curso de agua se hará, construyendo ataguías en los tramos aguas arriba y aguas abajo del eje de presa y un túnel de desviación, antes de iniciarse la excavación de fundación para la presa y la casa de máquinas. Considerando la construcción de presa de concreto, se ha aplicado una crecida con el período de retorno de un año ($728 \text{ m}^3/\text{s}$) al caudal para el cambio del curso de agua. En base a dicho caudal se han estudiado las dimensiones óptimas de la ataguía aguas arriba y altura interna del túnel de desviación. La altura interna óptima del túnel se conseguirá, minimizando la suma del costo de construcción de la ataguía y el túnel. La siguiente tabla indica el resultado, donde se ve la mejor combinación económica de una ataguía de 18 metros de altura (H) con un túnel de 8 metros de altura interna (H). En el túnel de desviación, se colocará el concreto en el fondo de todas las secciones, el concreto de revestimiento en las secciones de 40 metros de largo en la entrada y la salida, y el concreto lanzado en todo el resto del túnel.

Tabla 11.2 Comparación de la Altura Interna del Túnel de Desviación

Dimensión				Nota
Altura de la Ataguía (m)	30	18	9	
Altura Interna del Túnel de Desviación (m)	7	8	10	
Costo de Construcción	Cantidad de obras civiles			Precio unitario
(Ataguía aguas arriba)				
Excavación Común (m ³)	3,800	3,800	3,800	4 US\$/m ³
Excavación de Rocas (m ³)	1,600	1,600	1,600	10 US\$/m ³
Concreto para Ataguía (RCC : m ³)	39,800	14,400	4,000	55 US\$/m ³
Otros (SG)	40	40	40	10 ³ US\$/m ³
(Ataguía aguas abajo)				
Excavación Común (m ³)	3,500	3,500	3,500	4 US\$/m ³
Excavación de Rocas (m ³)	1,500	1,500	1,500	10 US\$/m ³
Apilado de la Ataguía (m ³)	3,000	3,000	3,000	7 US\$/m ³
Otros (SG)	40	40	40	10 ³ US\$/m ³
(Túnel de Desviación)				
Excavación Común (m ³)	8,200	8,200	8,200	4 US\$/m ³
Excavación del Túnel (m ³)	18,800	24,000	37,600	150 US\$/m ³
Concreto de Revestimiento de Túnel (m ³)	1,900	2,100	3,200	230 US\$/m ³
Varillas de Refuerzo (t)	54	60	91	1,500 US\$/t
Otros (25%)	843	1,051	1,636	10 ³ US\$
Costo Total	6,564	6,210	8,563	10³ US\$

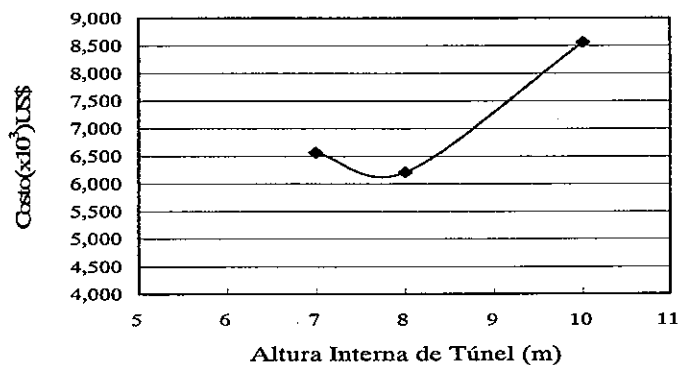


Fig. 11.1 Altura Interna del Túnel de Desviación

(4) Instalaciones de descarga

Se instalará un sistema de descarga con el objetivo de hacer una descarga aguas abajo y una descarga de emergencia en el momento del relleno inicial del embalse. Dicho sistema consistirá en tuberías de descarga, una compuerta de flujo de chorro y una compuerta deslizante de alta presión. La sala de compuertas estará ubicada dentro del cuerpo de la presa. El caudal ecológico mínimo ($2.0 \text{ m}^3/\text{s}$) pasará por una tubería bifurcada en el extremo de la tubería forzada principal y se descargará por la pequeña unidad turbogeneradora.

11.3 Canales y Obra de Toma

11.3.1 Obra de Toma y Tubería Forzada

(1) Obra de toma

La obra de toma estará ubicada en la margen izquierda aguas arriba de la presa. La forma de bocatoma será de tipo campana con una estructura que permite tener una velocidad de agua de 1 metro por segundo en las rejillas en el momento del caudal máximo. Además la bocatoma estará equipada con compuerta de desagüe (compuerta de rodillos).

(2) Tubería forzada

La tubería forzada inicia en la obra de toma y atraviesa de forma horizontal el cuerpo de la presa, después baja hasta la elevación del centro de la turbina y finalmente llega a ésta en sentido horizontal. La tubería forzada tendrá una longitud aproximada de 144.5 metros. Antes de llegar a la válvula de admisión, tiene una bifurcación para conducir el agua hacia el turbogenerador pequeño mediante una tubería forzada de 0.7 metros de diámetro interior (D). Con respecto al diámetro interior de la tubería principal, se realizó un análisis para minimizar la suma de los gastos anuales calculados del costo de construcción y la pérdida anual del beneficio calculada de la pérdida de caída. La tabla mostrada a continuación representa el resultado de dicho análisis y el diámetro óptimo llegó a ser 5.0 metros.

Tabla 11.3 Diámetro Óptimo de la Tubería Forzada

		(Q = 100 m ³ /s)		
D	(m)	4.8	5.0	5.2
V	(m/s)	5.5	5.1	4.7
$dP = 9.8 \times \eta_t \times \eta_g \times Q_{max} \times h_l$	(kW)	3	2	2
$dE = 9.8 \times \eta_t \times \eta_g \times Q_{max} \times h_l \times T$	(kWh)	10,863	8,737	7,088
$B1 = dp \times 171 \text{ US\$ / kW}$	(US\$)	522	420	341
$B2 = dE \times 0.046 \text{ US\$ / kWh}$	(US\$)	500	402	326
$B = B1 + B2$	(US\$)	1,022	822	667
Costo de construcción para tubería forzada	(US\$)	17,826	19,343	20,921
C: Costo anual	(US\$)	1,943	2,108	2,280
B+C	(US\$)	2,965	2,930	2,947

- dp: Decremento de la potencia firme correspondiente a la pérdida de caída (kW)
- dE: Generación anual de energía correspondiente a la pérdida de caída (kWh)
- 171 US\$ / kW: Precio unitario de kW de la alternativa térmica
- 0.046 US\$ / kWh: Precio unitario de kWh de la alternativa térmica
- B: Pérdida anual de beneficio por la pérdida de caída (por cada metro de tubería forzada)
- C: Costo anual (por cada metro de tubería forzada)

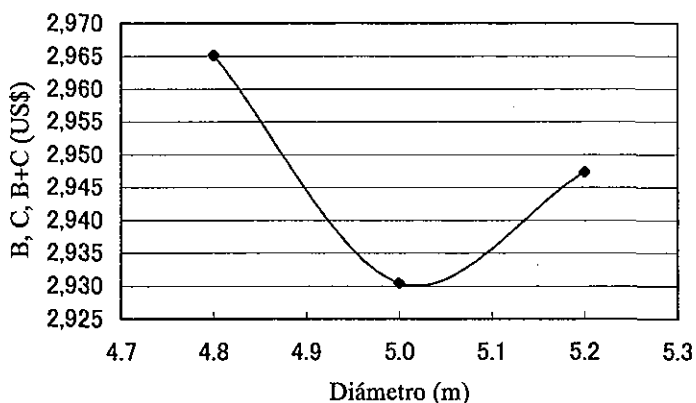


Fig. 11.2 Diámetro Óptimo de la Tubería Forzada

11.3.2 Casa de Máquinas y Canal de Descarga

(1) Casa de máquinas y canal de descarga

La casa de máquinas se ubicará en la margen izquierda que tiene una distribución geológica relativamente favorable y facilidad de acceso. En el estudio de prefactibilidad se propuso una caverna vertical para la instalación de la casa de máquinas, sin embargo, se ha seleccionado un tipo

semi enterrado, considerando la facilidad de trabajo y aspectos económicos, debido al bajo nivel del centro de la turbina principal (130 msnm). Seleccionando este tipo, se ha eliminado el túnel de descarga. La Figura 11.11 indica la disposición de ambas propuestas y la siguiente tabla representa la comparación de costos de construcción.

El transformador de potencia estará instalado fuera, pero al lado de la casa de máquinas en el lado de cerros.

La salida de descarga estará instalada dentro de la casa de máquinas y estará equipada con dos compuertas deslizantes.

Tabla 11.4 Comparación de Costos de Construcción para los Tipos de Casa de Máquinas

(Unidad: US\$)

Item	Tipo Excavación Abierta	Tipo Eje Vertical	Precio Unitario
Costo de Construcción	Cantidad		
Obras Civiles			
(Tubería Forzada)			
Excavación del Túnel inclinado (m ³)	2,400	1,600	200 US\$/m ³
Concreto de Relleno (m ³)	800	600	190 US\$/m ³
Concreto de Estructura (m ³)	500	500	130 US\$/m ³
Varillas de Refuerzo (t)	20	20	1,500 US\$/t
Otros (10 %)	72,700	52,900	US\$
(Casa de Máquinas)			
Excavación Común (m ³)	35,900	14,000	4 US\$/m ³
Excavación de Roca (m ³)	143,500	56,000	10 US\$/m ³
Excavación de Túnel (m ³)	—	25,700	200 US\$/m ³
Concreto de Revestimiento del Túnel (m ³)	—	4,800	230 US\$/m ³
Concreto de Estructura (m ³)	11,700	9,800	130 US\$/m ³
Varillas de Refuerzo (t)	740	920	1,500 US\$/t
Otros (20 %)	841,920	1,902,800	US\$
(Edificio de Control)			
Edificio de Control (m ³)	12,300	17,400	40 US\$/m ³
(Túnel de Salida / Descarga)			
Excavación Común (m ³)	4,900	4,800	4 US\$/m ³
Excavación de Roca (m ³)	11,300	11,200	10 US\$/m ³
Excavación de Túnel (m ³)	—	5,600	150 US\$/m ³
Concreto de Revestimiento del Túnel (m ³)	—	2,000	230 US\$/m ³
Varillas de Refuerzo (t)	—	120	1,500 US\$/t
Otros (20 %)	26,520	322,240	US\$
Equipo Hidromecánico			
Tubo de Tubería Forzada (t)	350	290	5,000 US\$/t
Total	8,252,340	16,078,140	US\$

(2) Patio de llave

El patio de llave estará ubicado en una zona excavada hasta la elevación de 175.0 msnm en la margen izquierda y aguas abajo de la casa de máquinas.

11.4 Equipos Eléctricos y Mecánicos

Para la unidad principal de generación eléctrica se instalarán los equipos siguientes:

- (1) Turbina hidráulica
- (2) Generador
- (3) Transformador principal
- (4) Equipos del patio de llave

Además se instalará una unidad turbogeneradora de menor potencia, y se conectará con un transformador que recibe la energía para el servicio interno.

11.4.1 Generalidades

La casa de máquinas de El Chaparral estará ubicada al pie de la presa y estará equipada con un generador principal de 64.4 MW de potencia máxima y otro pequeño de 1.3 MW con caída máxima de 78.05 metros. Podrá ser una central de punta que entre en operación con una duración de tres (3) a cuatro (4) horas. La turbina pequeña aprovechará el caudal ecológico mínimo para su funcionamiento. La turbina hidráulica principal a ser instalada en la casa de máquinas semi enterrada será de tipo Francis con el eje vertical y un generador de 71.6 MVA de capacidad (con 90 % de factor de potencia en retraso) y fuera de la casa de máquinas, un transformador, interruptores y seccionadores para tender las acometidas. Además, dentro de la misma casa de máquinas, estará instalado un turbogenerador de Francis con el eje horizontal con 1.4 MW (capacidad de generación: 1.5 MVA con 90 % de factor de potencia en retraso).

Los criterios de diseño para equipos electromecánicos fueron determinados por un programa de computación "HDWiz" desarrollado por J-POWER (EPDC), de acuerdo a los datos de las centrales existentes del mundo.

11.4.2 Potencia Unitaria y Número de Unidades

Generalmente se determina la potencia unitaria óptima de turbinas y generadores, considerando el porcentaje de su capacidad dentro del sistema, la fecha de puesta en marcha, sus condiciones limitadas del transporte, etc., sin embargo, cuanto sea mayor la potencia unitaria, tendrá más ventajas económicas. Por otro lado, para aprovechar el caudal ecológico mínimo, se instalará la turbina de pequeña potencia.

En el diseño del presente proyecto, se han analizado y determinado los puntos siguientes:

- a) Condiciones limitadas del peso y volumen en las rutas de transporte dentro de El Salvador
- b) Nivel tecnológico de fabricación
- c) Fiabilidad y flexibilidad en la operación y mantenimiento
- d) Relación entre la capacidad de la unidad proyectada y la del sistema de transmisión eléctrica, y su confiabilidad
- e) Costo de construcción
- f) Costo de generación eléctrica

A continuación se describen las observaciones sobre los puntos arriba mencionados:

- a) Según el resultado de estudios del transporte realizados en El Salvador, el peso limitado en la zona montañosa es menos de 100 toneladas, el ancho del volumen deberá ser de menos de 3 metros y la altura de menos de 3.8 metros.

Con respecto a las condiciones limitadas de transporte en camión trailer, el ángulo de doblamiento en curvas de horquilla es de 180 grados y el radio de viraje es de 6 metros. En la fase de diseño detallado, se deberá estudiar la ubicación de puentes que necesiten refuerzo o reemplazo, considerando el plan nacional de desarrollo vial del país.

El equipo eléctrico más pesado será el transformador principal en caso de la propuesta con una unidad y cuyo peso será aproximadamente 70 toneladas (sin incluir el aceite de aislamiento). Esta clase de transformador (73 MVA de capacidad, de instalación a la intemperie, tipo OFAF) es transportable como una sola unidad de transformador trifásico. La propuesta con una unidad u otra de dos unidades no tendrá ningún problema para el transporte de turbogeneradores, equipos y sistemas auxiliares, etc.

- b) El presente proyecto es para la generación de energía eléctrica con una capacidad común y una propuesta de instalar una unidad u otra de instalar dos unidades no causaría ningún problema técnico a los fabricantes principales del mundo.

c) La propuesta con dos unidades tendrá ventajas respecto a la confiabilidad y flexibilidad en mantenimiento. Sin embargo, la capacidad dada por la propuesta de una unidad no causará problemas en operación de la red y en mantenimiento, como se entiende bien en el análisis del sistema eléctrico en el Capítulo 10. Además, la instalación del turbogenerador pequeño que funciona con el flujo ecológico mínimo dará mayor confiabilidad para asegurar la energía de servicio interno.

d) Según el resultado del análisis y cálculo del sistema eléctrico del país, es permisible desconectar de la red de transmisión una unidad que tenga la potencia propuesta de 70 MW, que corresponde a menos de 6 % de 1,120 MW, potencia máxima prevista para el año 2010, cuando iniciará la operación.

e) En cuanto al costo de los equipos eléctricos, la propuesta con dos unidades es unos 20% más costosa que la de una unidad por falta de ventajas por la mayor cantidad de unidades. Por otro lado, referente al diseño de obras civiles, ambas propuestas tendrán una tubería forzada, pero la de dos unidades deberá tener un tramo de bifurcación, otro tubo de aspiración y otra compuerta de aspiración. Además, la casa de máquinas de dicha propuesta ocupará un área mayor y requerirá el mayor volumen de excavación para la fundación. Por lo tanto, comparado con la propuesta con dos unidades, la de una unidad tendrá ventajas económicas con respecto al costo de equipos eléctricos y también el costo de obras civiles. En la Figura 11.12 se muestran los planos de ambas propuestas y en la Tabla 11.5 la comparación del costo de construcción.

f) Entre ambas propuestas, habrá una diferencia respecto a la tasa de operación. Sin embargo, es una central con embalse de almacenamiento de un volumen definido de agua, lo cual hará generar la energía efectiva anual casi igual para ambas propuestas. Sin embargo, si se considera que la propuesta con dos unidades requerirá el mayor costo para la operación y mantenimiento, la propuesta de una unidad tendrá menor costo de generación eléctrica en 7 %, siendo un plan más rentable.

Tabla 11.5 Comparación del Costo para las Alternativas de Unidad

Item	1 Unidad (1 × 64.4MW)	2 Unidades (2 × 32.2MW)
Costo de Construcción (US\$)		
Obras Preparatorias	4,471,800	4,471,800
Obras Civil (Desvío del río)	6,210,450	6,210,450
Obras Civiles (Presa)	44,048,400	44,048,400
Obras Civiles (Canal de agua)	1,070,300	1,157,200
Obras Civiles (Casa de máquinas)	5,784,960	7,839,440
Obras Hidromecánicas	11,720,000	12,040,000

Item	1 Unidad (1 × 64.4MW)	2 Unidades (2 × 32.2MW)
Equipos Eléctricos	17,786,000	21,127,000
Instalaciones de Transmisión	2,597,000	2,597,000
Costo Medioambiental	7,420,000	7,420,000
Adquisición de Tierra y Reubicación	9,823,700	9,823,700
Costo Directo Total	110,932,610	116,734,990
Contingencia	7,763,750	11,951,770
Costo de Administración e Ingeniería	16,639,900	17,510,250
Costo Indirecto Total	24,403,650	29,462,020
Costo Total del Proyecto	135,336,260	146,197,010
Energía Anual (GWh)	233.2	233.2
Energía Anual Efectiva (GWh)	228.1	228.1
Tasa de consumo propio	0.3%	0.3%
Pérdida de línea de transmisión	1.9%	1.9%
Factor de Recuperación de Capital		
Obras civiles	10.09%	10.09%
Equipos hidromecánicos	10.37%	10.37%
Equipos eléctricos	10.37%	10.37%
Costo de Operación & Mantenimiento		
Obras civiles	0.5%	0.5%
Equipos hidromecánicos	1.5%	1.5%
Equipos eléctricos	1.5%	2.25%
Factor del Costo Anual	10.9% ^{*2}	11.0% ^{*3}
Costo de Energía (US\$/kWh)	0.065	0.070

*1: % contra costo del proyecto

*2: Factor del costo anual = $(10.09+0.5) \times 75\% + (10.37+1.5) \times 15\% + (10.37+1.5) \times 10\% = 10.9\%$

*3: Factor del costo anual = $(10.09+0.5) \times 75\% + (10.37+1.5) \times 15\% + (10.37+2.25) \times 10\% = 11.0\%$

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, se ha seleccionado la propuesta de una unidad para el presente proyecto. Para la turbina pequeña del caudal mínimo ecológico, se extraerá el agua por una tubería forzada bifurcada de la tubería forzada principal en una posición antes de entrar en la válvula principal de admisión.

11.4.3 Turbina y Generador

(1) Turbina

1) Potencia de turbina

La turbina tendrá una potencia de 65.9 MW con 72.8 metros de caída efectiva nominal y 100 % de apertura. Con más de la caída efectiva nominal, la potencia se mantendrá constante.

$$\begin{aligned} P_t &= 9.8 \times H_n \times Q_t \times \eta_t \\ &= 9.8 \times 72.8 \times 100 \times 0.923 \\ &\doteq 65,900 \text{ kW} \end{aligned}$$

En donde	P _t	: Potencia nominal de turbina (kW)
	H _n	: Caída efectiva nominal(m)
	Q _t	: Caudal nominal (m ³ /s)
	η _t	: Eficiencia de turbina (%)

2) Tipo de turbina

En general, el tipo de turbina se determina, dependiendo de la relación entre el desnivel de agua y el volumen de agua o entre el desnivel de agua y la potencia de turbina. Para el presente proyecto, se ha seleccionado una turbina de Francis con eje vertical, teniendo en cuenta el desnivel de agua y la potencia de turbina.

3) Material de rodete y repuestos

Con respecto al material del rodete, para tener alta resistencia a rozamiento se utilizará el acero inoxidable de 13Cr·4Ni. El rodete y el anillo móvil tendrán un revestimiento (blando o duro) en su superficie, según la calidad de agua. Las especificaciones del revestimiento se determinarán en la fase de diseño detallado.

4) Nivel del montaje de turbina

La turbina se instalará de modo que el nivel central del rodete tenga la elevación de 130 msnm. Esta instalación se debe al nivel del canal de desagüe (H_s). El nivel H_s se determina por el coeficiente de cavitación, el cual está relacionado con la velocidad específica aplicada. Analizando estas relaciones, se consiguió unos (-) 3 metros como

valor Hs. El nivel mínimo de descarga final es la elevación 133 msnm. Por lo tanto, el nivel de la turbina estará a 130 metros de elevación.

5) *Caída efectiva*

La caída efectiva se puede conseguir, restando las pérdidas por rozamiento en tubería de la caída bruta (74.0 metros). El resultado de cálculo ha indicado que es 1.2 metros la pérdida de carga que incluye las pérdidas por rozamiento. Por consiguiente, la caída efectiva es de 72.8 metros (= 74.0 m – 1.2 m).

6) *Dimensiones del rodete principal*

El diseño de dimensiones del rodete principal es necesario para saber el tamaño y peso de la turbina. El resultado de análisis indica que el rodete tendrá unos 2.7 metros de diámetro a la entrada del rodete con el peso aproximado de 26 toneladas, sin embargo, en la fase de diseño de fábrica se aceptarán datos de diseño propuestos por el fabricante de turbina.

7) *Revoluciones y velocidad sin restricción*

Generalmente la velocidad específica de la turbina Francis es de 70 a 300 m-kW (Ns). Se ha conseguido 241 m-kW (Ns) a través del cálculo computarizado hecho para ver la relación entre la caída efectiva estandarizada y la velocidad específica de acuerdo a los datos de experiencias. De este valor de la velocidad específica se ha conseguido 200 rpm de revolución nominal. (Para mencionar como referencia, en el diseño de esta fase, la velocidad sin restricción es 1.94 veces mayor que la revolución nominal.)

8) *Equipos de aspiración de turbina*

Se estudiará la necesidad del sistema de tubería para la absorción de aire para el rodete de turbina y el tubo de aspiración en el diseño detallado.

9) *Tubería forzada y válvula de admisión*

Una línea de tubería de acero forzada estará acoplada con una válvula principal de admisión. Dicha válvula será de tipo biplano con unos 4.3 metros de diámetro. Otra tubería forzada para la pequeña turbina estará acoplada con la tubería principal en un tramo antes de la válvula mencionada de admisión.

(2) Generador

El generador será de tipo síncrono trifásico con eje vertical, 71.6 MVA de potencia nominal y 90 % de factor de potencia en retraso. El devanado del rotor y el del estator tendrán el aislamiento epóxico clase F. El sistema de enfriamiento será de tipo circulación cerrada de aire con intercambiador de calor por agua y ventiladores. A continuación se indican unos datos principales de las especificaciones:

- Dirección de rotación : sentido de reloj
- Velocidad nominal : 200 rpm
- Potencia nominal : 71.6 MVA
- Corriente nominal : 3,000 A
- Factor de potencia : 0.9 (en retraso)
- Tensión nominal : 13.8 kV
- Frecuencia nominal : 60 Hz

La potencia del generador se calcula por la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} P_g &= P_t \times \eta_g / \text{p.f. (kVA)} \\ &= 65,900 \times 0.977 / 0.9 \\ &\doteq 71,600 \text{ kVA} \end{aligned}$$

En donde

P_g	:	Potencia nominal de generador (kVA)
P_t	:	Potencia nominal de turbina (kW)
η_g	:	Eficiencia de generador (%)
p.f.	:	Factor de potencia (%), en retraso

(3) Turbogenerador pequeño

El turbogenerador pequeño tendrá un eje horizontal y para su turbina una tubería forzada de pequeño diámetro será bifurcada de la tubería forzada principal en una posición antes de llegar a la válvula de admisión y estará acoplada con otra válvula de admisión para el turbogenerador.

1) Especificaciones de la turbina

La turbina tendrá una potencia de 1.42 MW con 2 m³ por segundo de caudal, 78.13 metros de caída efectiva nominal y 100 % de apertura. Se montará una unidad. A continuación se indica el cálculo de potencia:

$$\begin{aligned}
 P_t &= 9.8 \times H_h \times Q_t \times \eta_t \\
 &= 9.8 \times 78.13 \times 2.0 \times 0.925 \\
 &\doteq 1,420 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

En donde	P_t	:	Potencia nominal de turbina (kW)
	H_h	:	Caída efectiva máxima (m)
	Q_t	:	Caudal nominal (m ³ /s)
	η_t	:	Eficiencia de turbina (%)

2) Especificaciones del generador

El generador será de tipo síncrono trifásico con 1.51 MVA de potencia nominal y 90 % de factor de potencia en retraso. El devanado del rotor y el del estator tendrán el aislamiento epóxico clase F. El sistema de enfriamiento será de tipo circulación libre de aire por ventiladores. A continuación se indican unos datos principales de las especificaciones:

- Dirección de rotación : sentido de reloj
- Velocidad nominal : 900 rpm
- Potencia nominal : 1.51 MVA
- Corriente nominal : 1,820 A
- Factor de potencia : 0.9 (en retraso)
- Tensión nominal : 0.48 kV
- Frecuencia nominal : 60 Hz

La potencia del generador se calcula por la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned}
 P_g &= P_t \times \eta_g / \text{p.f. (kVA)} \\
 &= 1,420 \times 0.958 / 0.9 \\
 &\doteq 1,510 \text{ kVA}
 \end{aligned}$$

En donde	P_g	:	Potencia nominal de generador (kVA)
	P_t	:	Potencia nominal de turbina (kW)
	η_g	:	Eficiencia de generador (%)
	p.f.	:	Factor de potencia (%), en retraso

11.4.4 Transformador Principal

Se instalará un transformador principal a la intemperie a lado de la casa de máquinas. El tipo del transformador será trifásico y se diseñará, considerando las condiciones limitadas de transporte, eficiencia y espacio de instalación. El peso máximo permisible en el transporte terrestre para el

sitio del proyecto es 100 toneladas incluyendo el peso del vehículo transportador (*trailer*), por lo tanto, no tendrá problemas el transporte del transformador trifásico para el presente proyecto.

Especificaciones del transformador principal

- Capacidad nominal : 73 MVA
- Tensión nominal : Primaria 13.8 kV
: Secundaria 115 kV
- Corriente nominal : Primaria 3,063 A
: Secundaria 368 A
- Frecuencia nominal : 60 Hz
- Enfriamiento : Instalación a la intemperie, OFAF (aceite forzado, y aire forzado)

La línea de 115 kV saldrá del lado secundario del transformador y llegará al patio de la subestación que dista unos 100 metros. El sistema de extinción será de tipo regadero con “*spray nozzle*” y estará instalado alrededor del transformador.

11.4.5 Sistema de Transmisión de Información

El sistema de transmisión de información es un conjunto de equipos que permiten transmitir información necesaria para abastecer de la energía eléctrica en forma estable. Se introducirá un sistema de radio multicanal vía microondas o un sistema de onda portadora de línea de transmisión (PLC) para la protección y operación de la línea de transmisión a 115 kV (aprox. 43 km) y mantenimiento de equipos. Con el objetivo de desarrollar la gestión operacional de generación eléctrica en forma fluida, se transmitirán al centro de UT y la sede de CEL datos de las distintas instalaciones mediante el sistema de radio multicanal vía microondas por un repetidor existente en la cercanía de la Subestación 15 de Septiembre. En el diseño detallado, se analizarán y decidirán tipos de datos que deberán transmitirse.

11.4.6 Puertos y Rutas Terrestres de Transporte

En el estudio de rutas de transporte para las máquinas eléctricas y otros materiales, se analizaron las condiciones de las rutas desde el Puerto La Unión y el Puerto de Acajutla hasta el área del proyecto. El camino desde San Miguel hasta el área del proyecto será común muy probablemente para ambas rutas. Recientemente han sido mejorados la mayoría de los tramos en la ruta desde El Triunfo en la Carretera Panamericana hasta El Chaparral por un caserío Sesori y San Luis de la Reina. Esta ruta será utilizable, si se mejoran dos o tres puentes de concreto, ensanchando unos

tramos cerca del área del proyecto. Será necesario un estudio complementario en la fase del diseño detallado.

(1) Ruta por el Puerto de La Unión

El Puerto de La Unión es un puerto pesquero ubicado a unos 50 kilómetros hacia el este de San Miguel y la infraestructura portuaria se mejorará mediante una cooperación financiera del Japón. Si se puede utilizar la infraestructura mejorada del puerto para el presente proyecto, la distancia de transporte terrestre será unos 100 kilómetros y se permitirá tener varias ventajas respecto al período, costo y seguridad del transporte.

Las condiciones viales, excepto las vías internas de la ciudad de La Unión, no tendrán problemas hasta San Miguel, incluyendo un tramo de la Carretera Panamericana, a pesar de cinco puentes que existen (el más largo será unos 15 metros).

(2) Ruta por el Puerto de Acajutla

El Puerto de Acajutla está ubicado en el Departamento de Sonsonate y a 85 kilómetros hacia el oeste de la capital, San Salvador. Es un puerto internacional único que tiene El Salvador actualmente. Las mercancías que llegan por la ruta marítima y se desembarcan por las instalaciones portuarias, se transportan por vía terrestre. En el puerto se encuentran tres muelles, A, B y C. Los muelles A y C que sirven de rompeolas son para las embarcaciones generales y grandes, respectivamente. El muelle B tiene una banda transportadora para cereales a granel, con la capacidad de 350 toneladas por hora, y tiene instalado un descargador de 10 m³. En los muelles, se encuentran tres grúas de 30, 45 y 60 toneladas de capacidad y cuatro grúas de 40 toneladas para contenedores, 90 montacargas, seis camiones de remolque para contenedores y mercancías a granel, 41 vagones de carga, un depósito de 4,500 m² en el muelle A, un patio de contenedores con 30,000 m² de área superficial y espacio entre depósitos con 24,000 m², etc.

Como “*record*” de la pieza más pesada que han manejado, está registrado el desembarque de una pieza de 235 toneladas. Además, aquí se desembarcó también un transformador (112 toneladas) para la ampliación de la Central y la Subestación 15 de Septiembre que estaba en ampliación y después lo transportaron en vía terrestre a una distancia de 250 kilómetros aproximadamente.

Con respecto a las condiciones viales, está completamente pavimentado el tramo entre Acajutla y San Salvador, que forma parte de la Carretera Panamericana. Se encuentran tres puentes, pero pasan vehículos pesados sin tener problemas. Desde San Salvador hasta San Miguel existen dos rutas. Para el transporte del transformador de la subestación 15 de Septiembre, se utilizó la ruta que

está cerca de la costa, por razón de sus mejores condiciones actuales que las de la Carretera Panamericana.

Como rutas de transporte terrestre desde el Puerto de Acajutla hasta el sitio del proyecto, actualmente se están examinando las cuatro rutas indicadas abajo, teniendo en cuenta las condiciones siguientes: (las ciudades principales por las que pasa cada ruta se indican en la Figura 11.15)

- 1) Dimensiones máximas (metros): (ancho) 3.0 × (altura) 3.8 × (largo) 30.43
- 2) Peso máximo tolerante (toneladas): 100 toneladas

Nota:

Ruta No.1 (distancia aproximada: 360 km) < Recomendada por CEL >

Acajutla ~ Sonsonate ~ San Salvador ~ Comalapa ~ Delirio ~ San Miguel ~ El Triunfo ~ Sesori ~ San Luis de La Reina ~ El Chaparral.

Ruta No.2 (distancia aproximada: 345 km)

Acajutla ~ Sonsonate ~ San Salvador ~ Comalapa ~ Zacatecoluca ~ San Vicente ~ El Triunfo ~ Sesori ~ San Luis de La Reina ~ El Chaparral.

Ruta No.3 (distancia aproximada: 335 km)

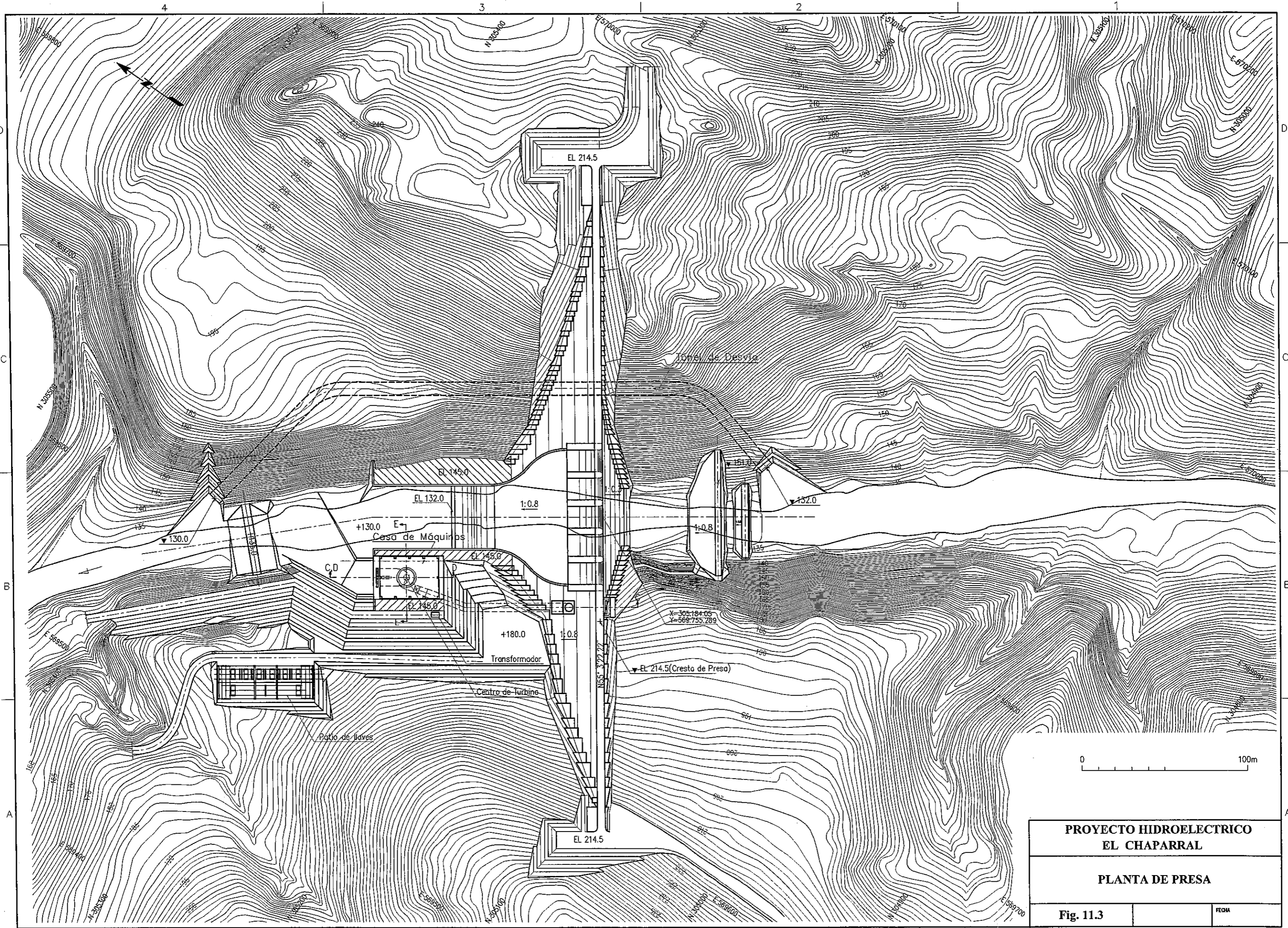
Acajutla ~ Comalapa ~ Usulután ~ San Miguel ~ El Triunfo ~ Sesori ~ San Luis de La Reina ~ El Chaparral.

Ruta No.4 (distancia aproximada: 320 km)

Acajutla ~ Sonsonate ~ San Salvador ~ Puente Cuscatlán ~ El Triunfo ~ Sesori ~ San Luis de La Reina ~ El Chaparral.

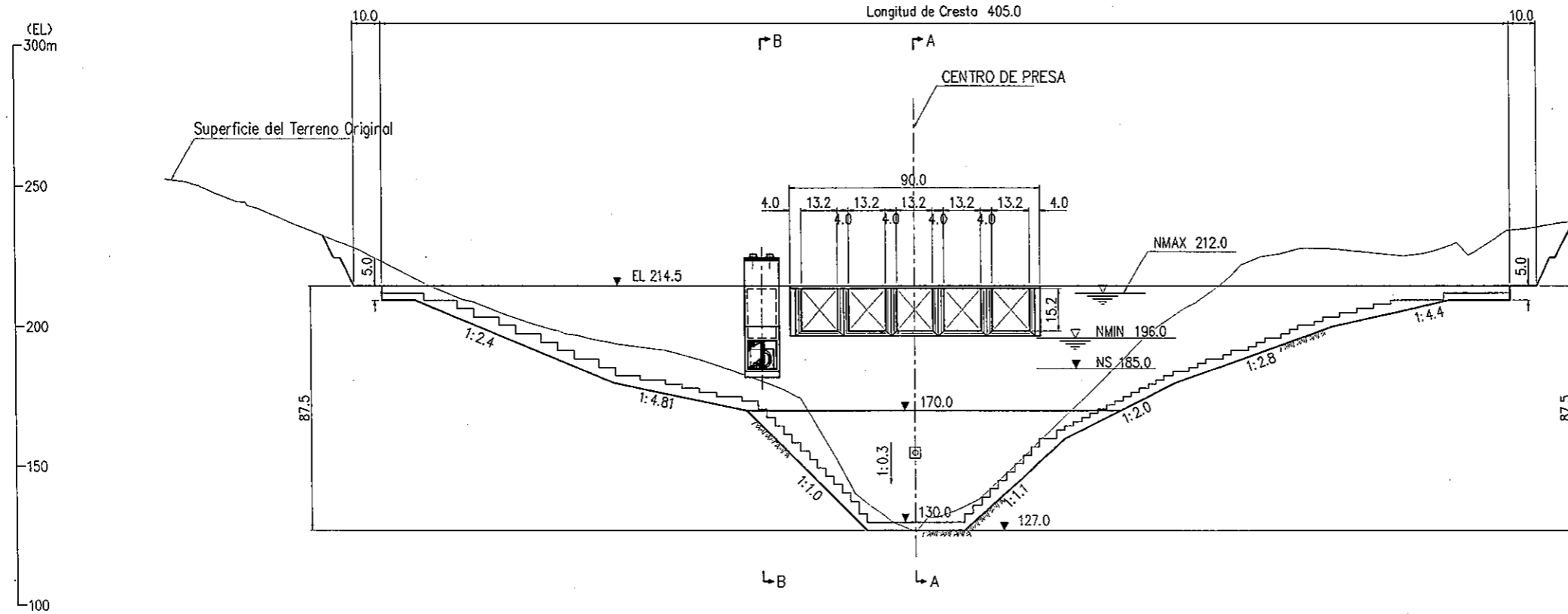
Tabla 11.1 Características del Plan de Desarrollo de El Chaparral

Tipo de generación	Presa (con la casa de máquinas localizada inmediatamente aguas abajo de la presa)		
		Turbina Principal	Sub Turbina
Capacidad instalada	kW	644,000	1,300
Máxima descarga	m ³ /s	100.0	2.0
Caída neta	m	72.8	78.1
Energía promedio anual	GWh	220.6	10.6
Embalse			
Area de drenaje	km ²	1,233	
Volumen total de almacenamiento	m ³	189 × 10 ⁶	
Volumen útil de almacenamiento	m ³	106 × 10 ⁶	
Variación del embalse	m	16	
Area de embalse (al NMAX)	km ²	8.6	
Crecida de diseño	m ³ /s	6,484 (CMP)	
Presa			
Tipo		Concreto Gravedad (RCC)	
Longitud (L) y altura (H) de cresta	m	L: 405.0 × H: 87.5	
Volumen (V)	m ³	370,000	
Tipo y número de compuerta ancho (W) y altura (H)	m	Compuerta radial W: 13.2 × H: 15.2 5 compuertas	
Obra de toma			
Tipo		Incorporada en presa	
Tipo y número de compuerta ancho (W) y altura (H)	m	Compuerta de wagón W: 7.0 × H: 7.0 1 compuerta	
Tubería forzada			
Número de línea		1 línea	
Longitud (L)	m	144.5	
Diámetro interno (D)	m	5.0	
Casa de máquinas			
Tipo		Semi-enterrada,	
Salida			
Tipo y número de compuerta ancho (W) y altura (H)	m	Compuerta deslizante W: 5.8 × H: 5.2	



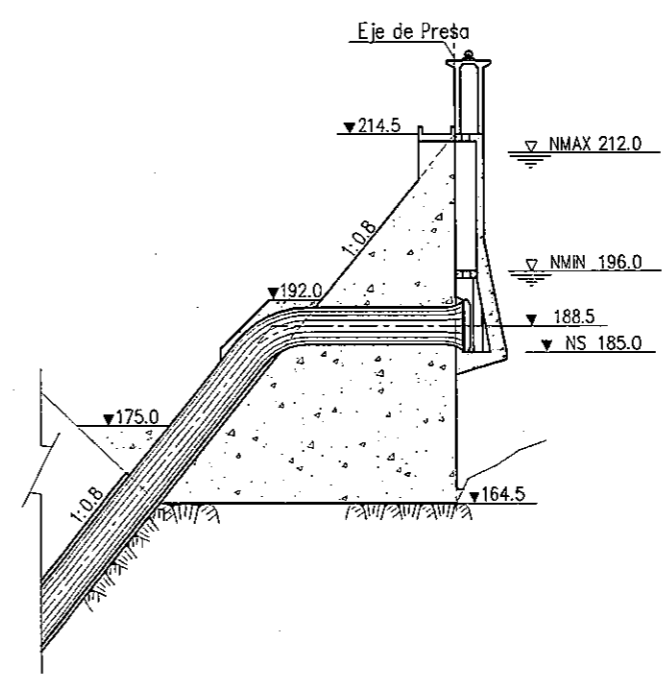
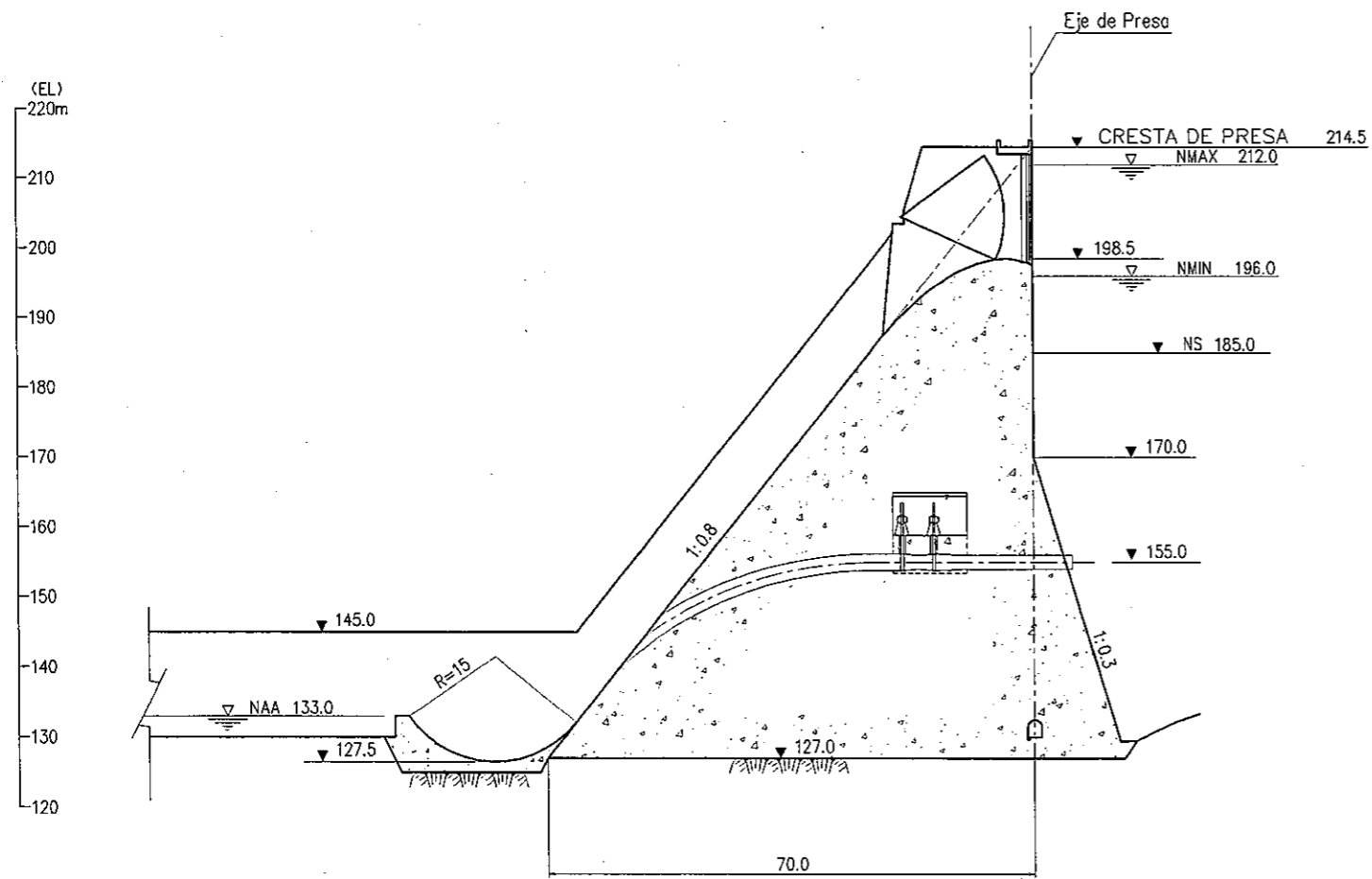
PROYECTO HIDROELECTRICO EL CHAPARRAL	
PLANTA DE PRESA	
Fig. 11.3	FECHA

ELEVACION DE PRESA



SECTION TIPICA A

SECTION TIPICA B

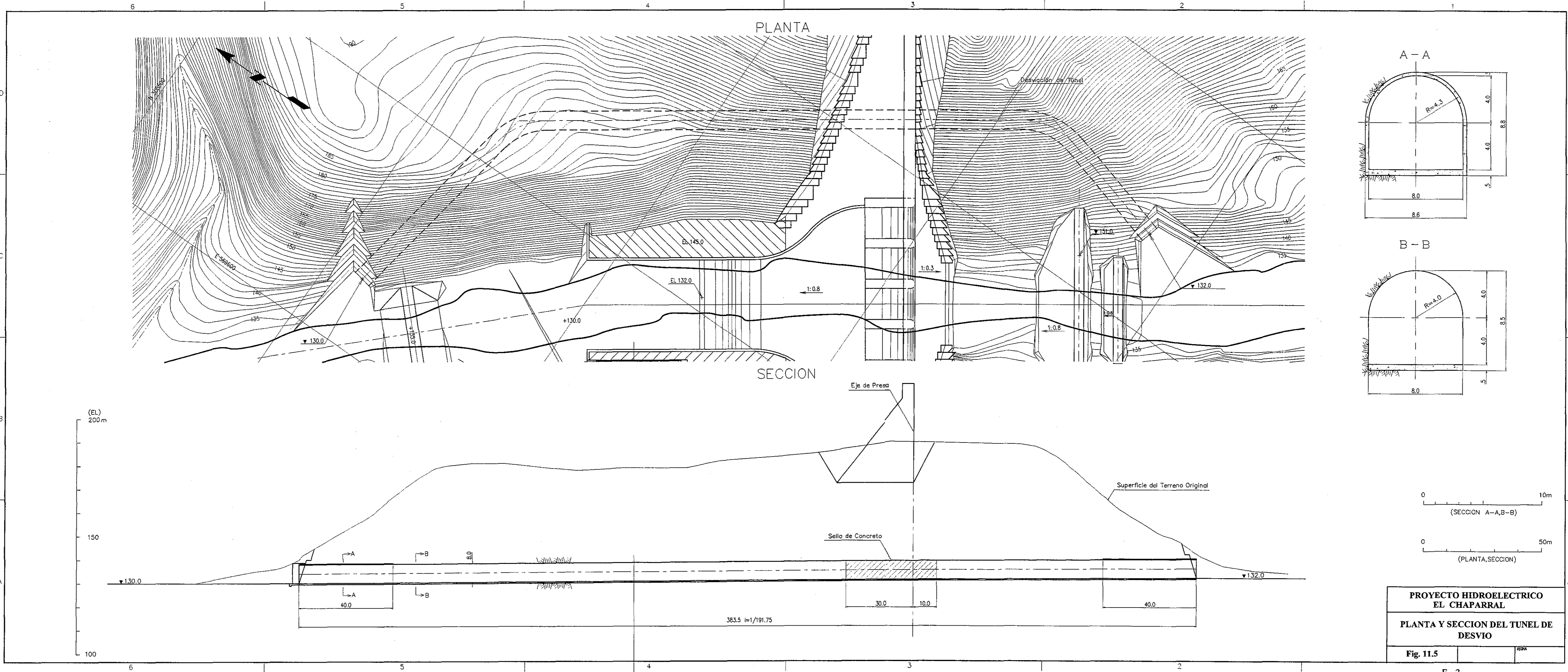


PROYECTO HIDROELECTRICO
EL CHAPARRAL

ELEVACION DE PRESA Y SECCIONES
TIPICAS

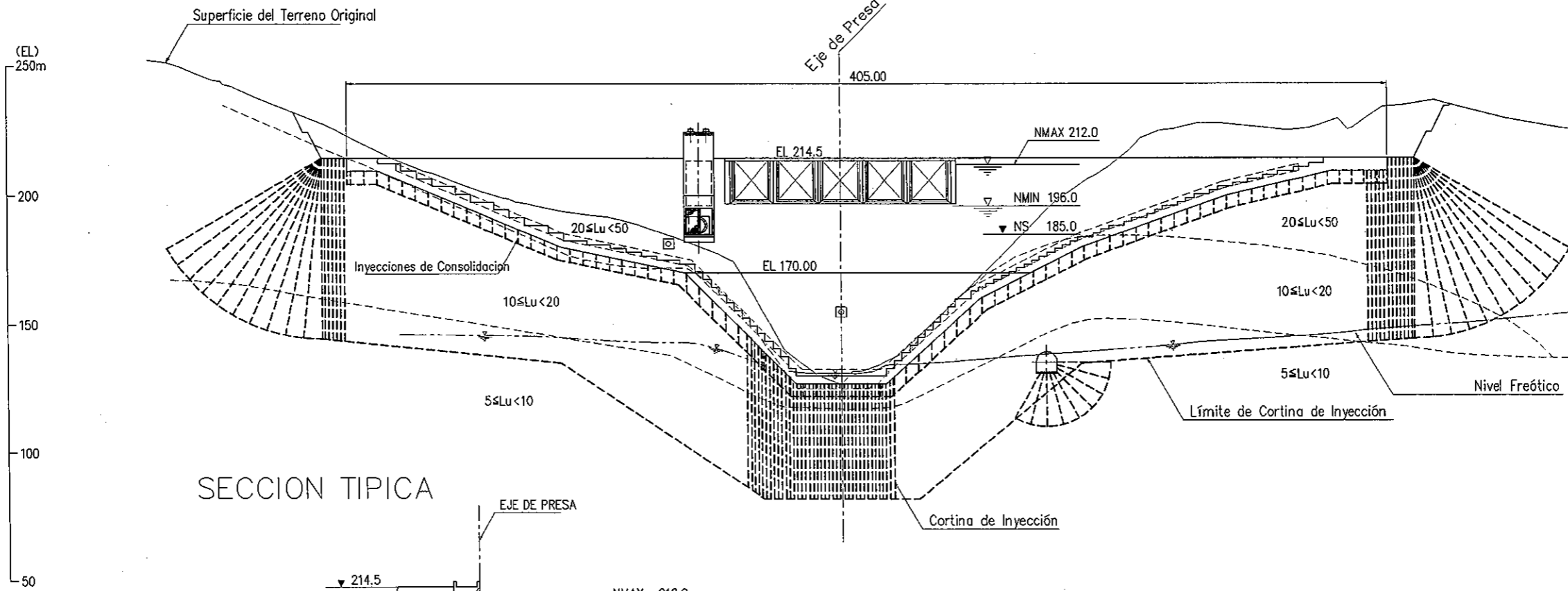
Fig. 11.4

REGIA

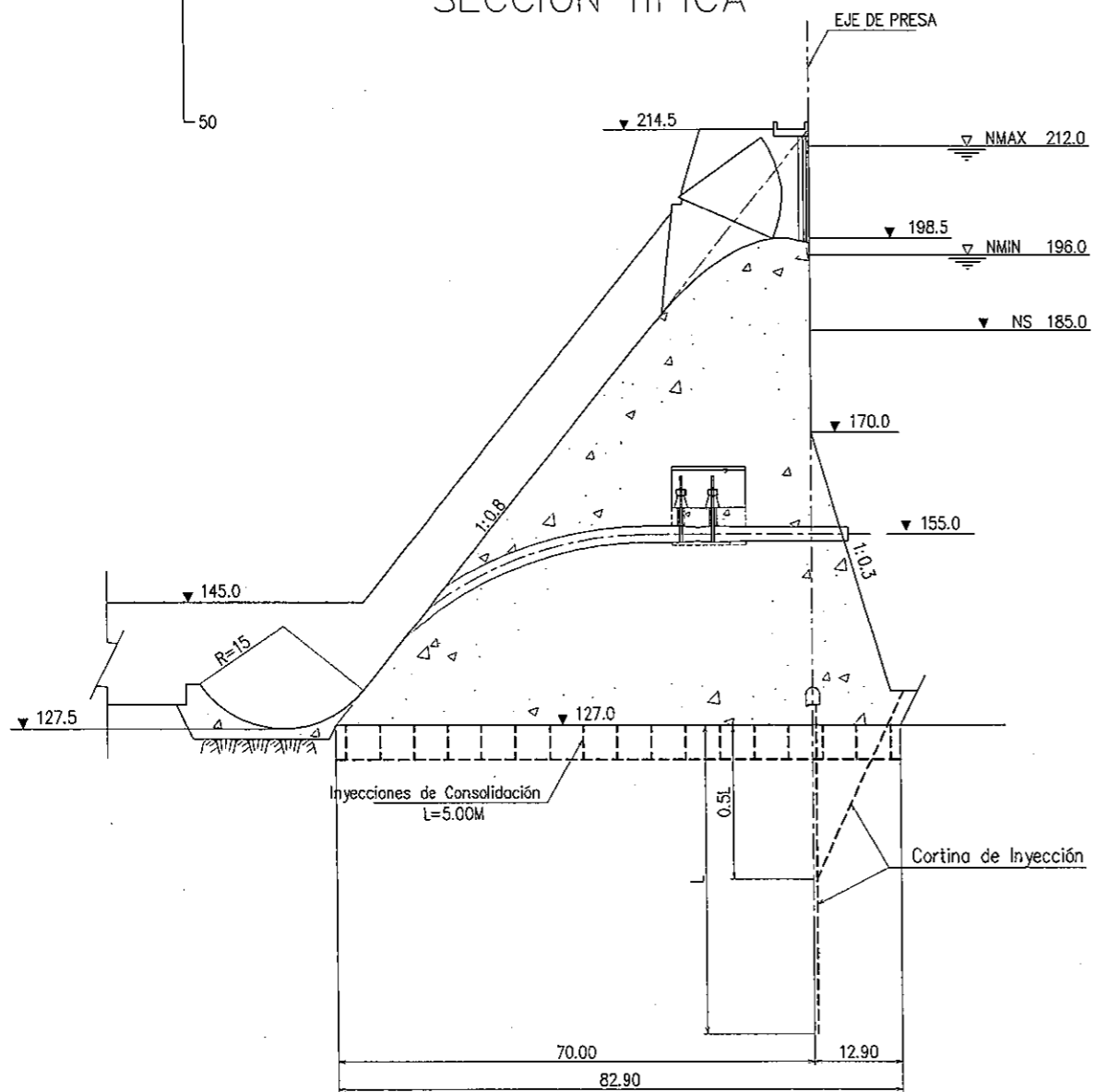


PROYECTO HIDROELECTRICO EL CHAPARRAL
PLANTA Y SECCION DEL TUNEL DE DESVIO
Fig. 11.5

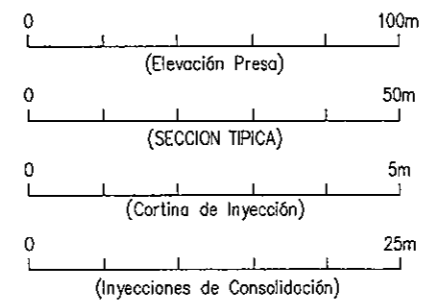
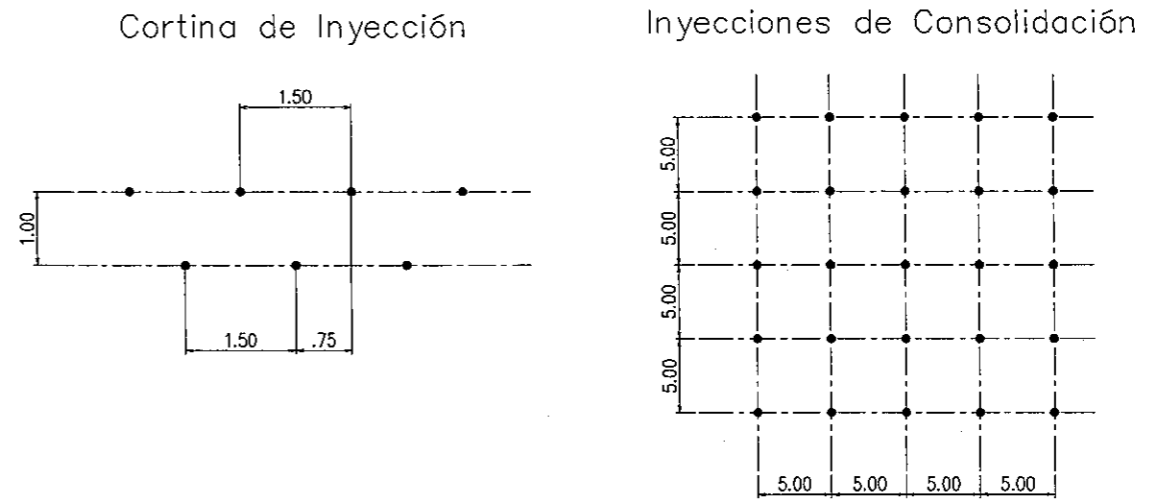
ELEVACION DE PRESA



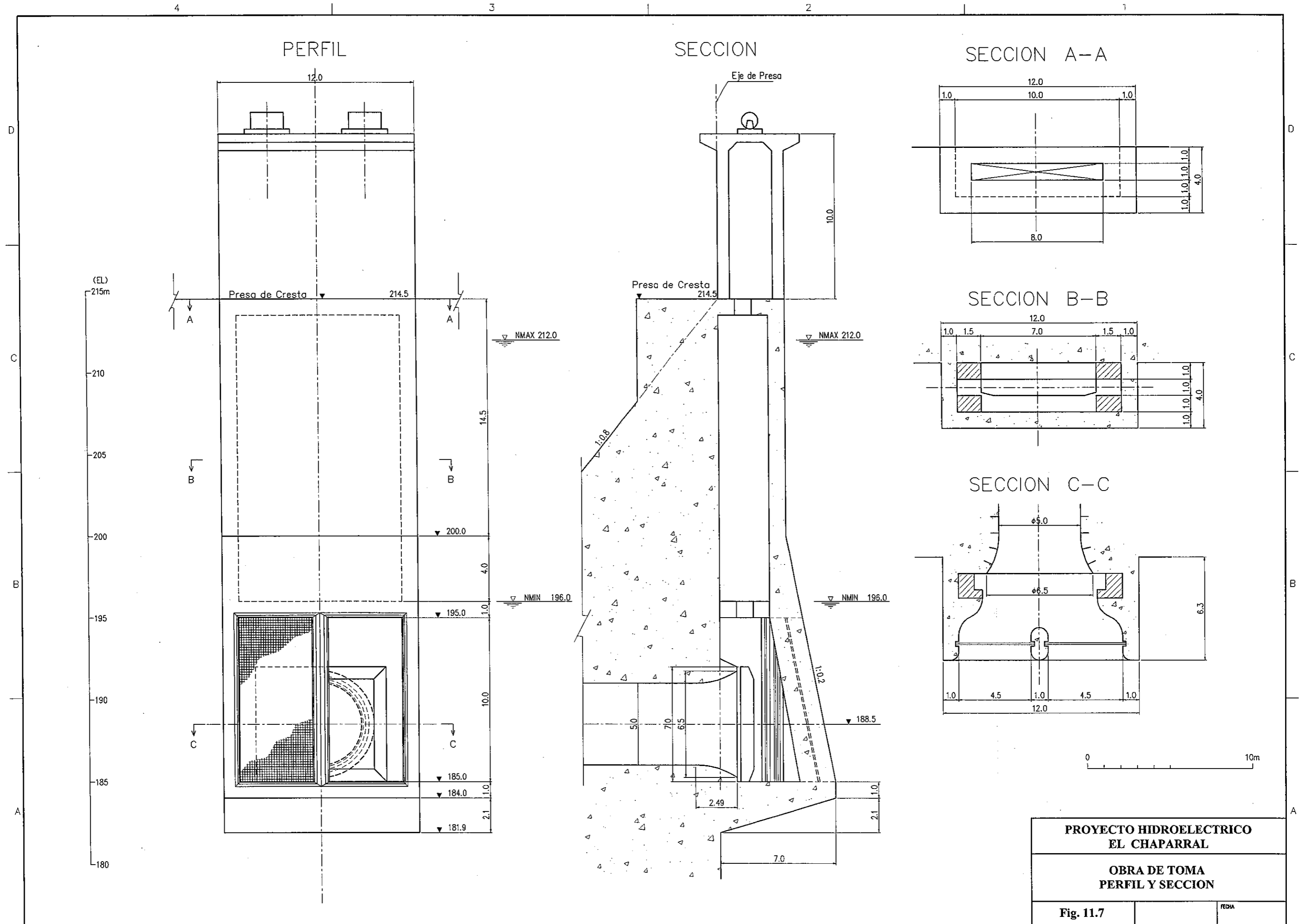
SECCION TIPICA



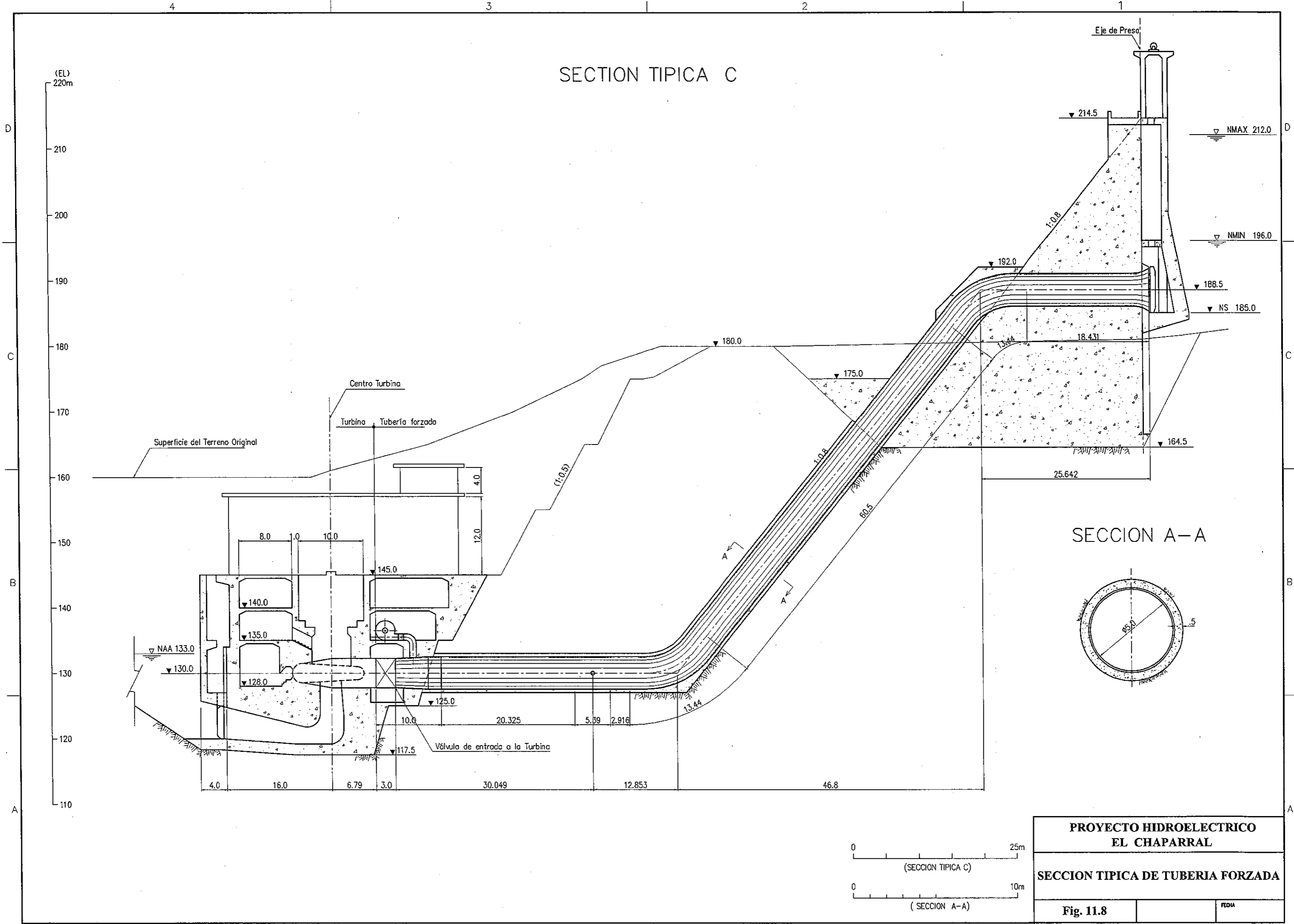
PATRON



PROYECTO HIDROELECTRICO EL CHAPARRAL	
PLANO DE PERFORACIONES EN LA PRESA	
Fig. 11.6	FECHA



PROYECTO HIDROELECTRICO EL CHAPARRAL
OBRA DE TOMA PERFIL Y SECCION
Fig. 11.7 FECHA

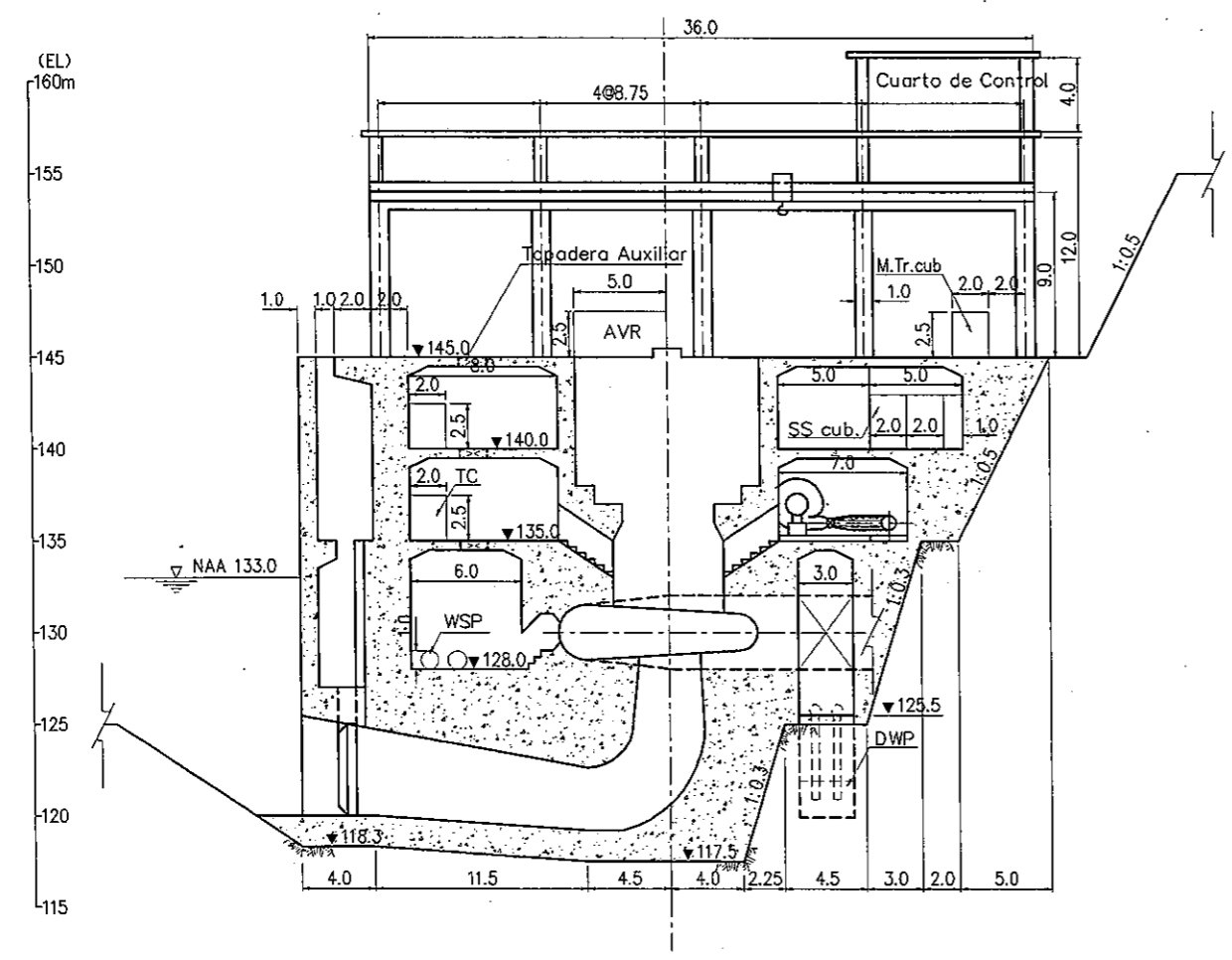


SECTION TIPICA C

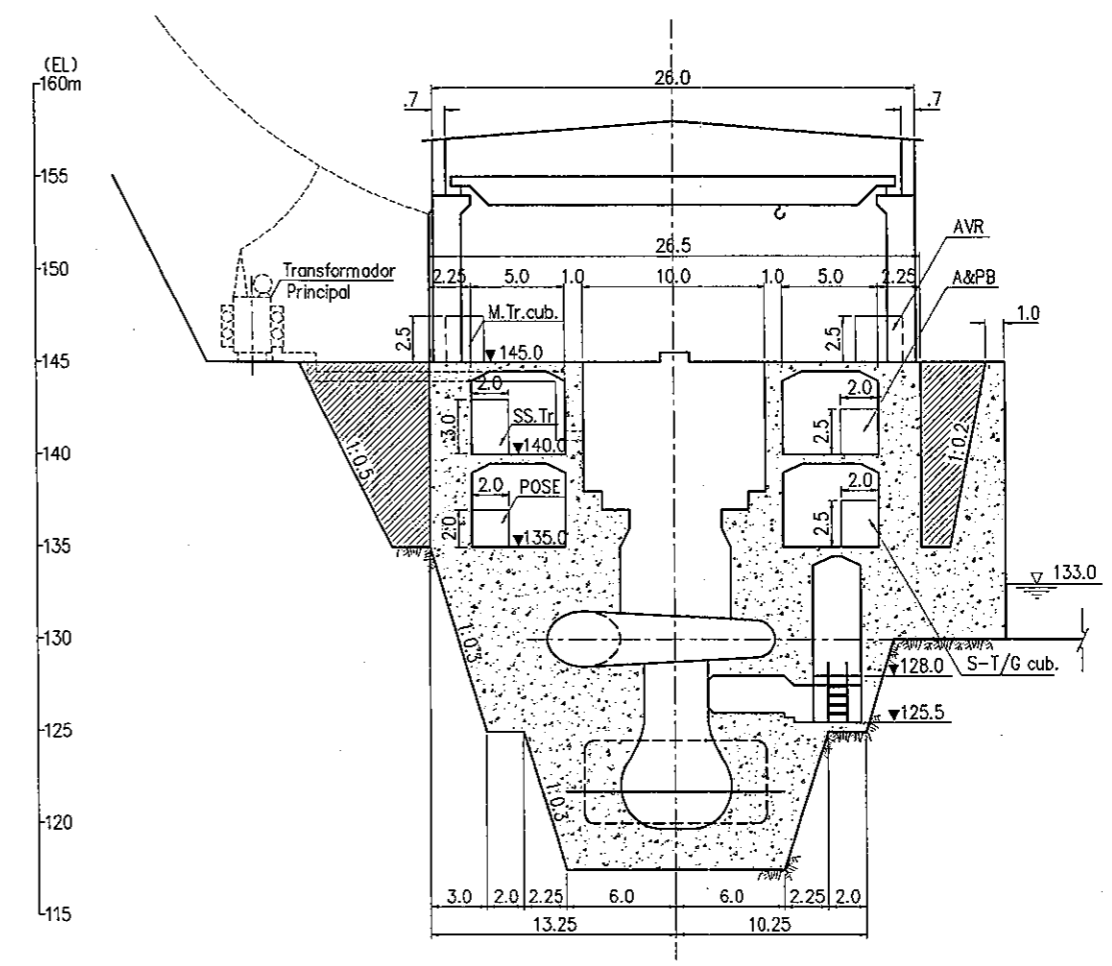
SECCION A-A

PROYECTO HIDROELECTRICO EL CHAPARRAL	
SECCION TIPICA DE TUBERIA FORZADA	
Fig. 11.8	FECHA

SECCION TIPICA D

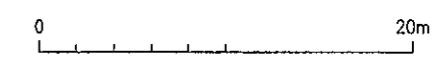


SECCION TIPICA E

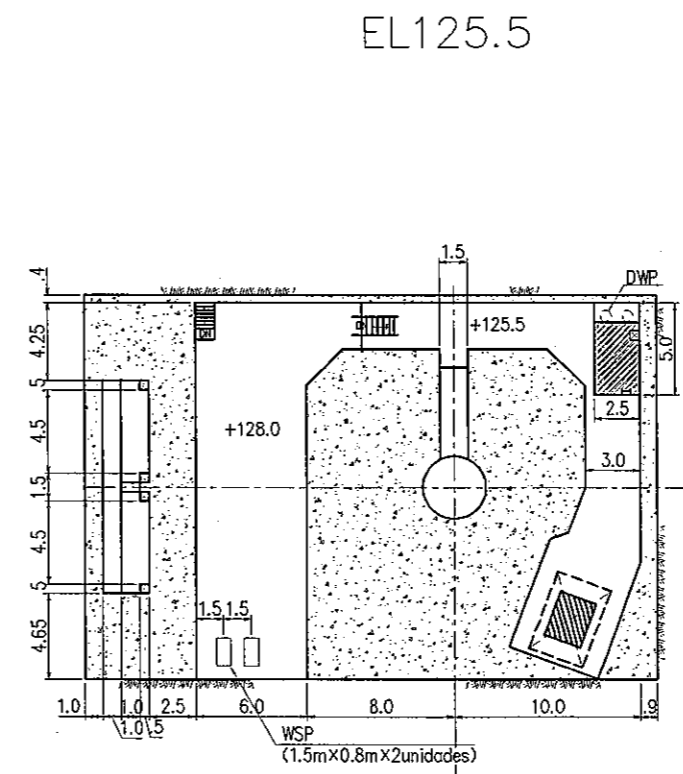
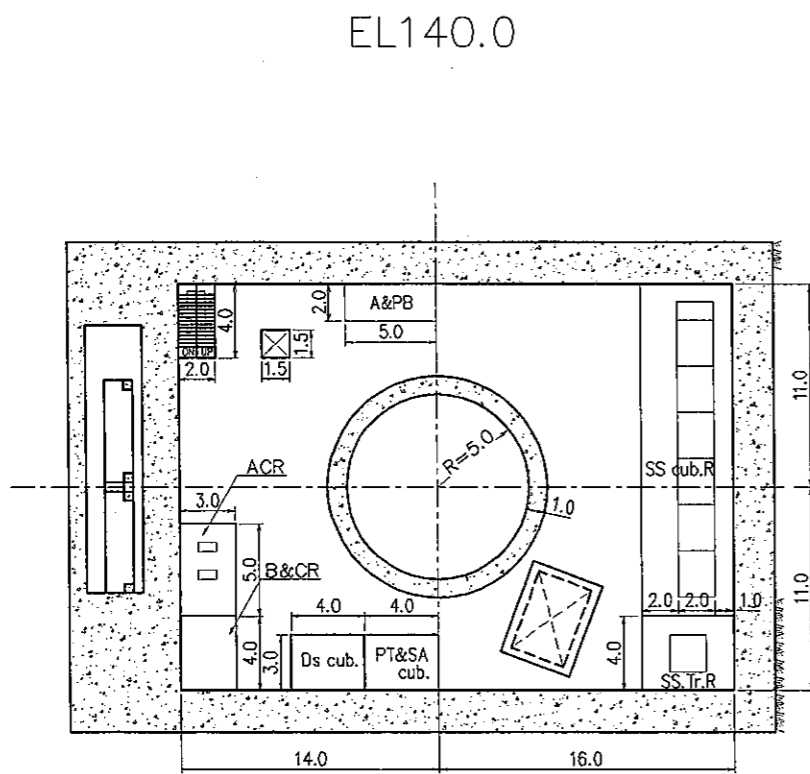
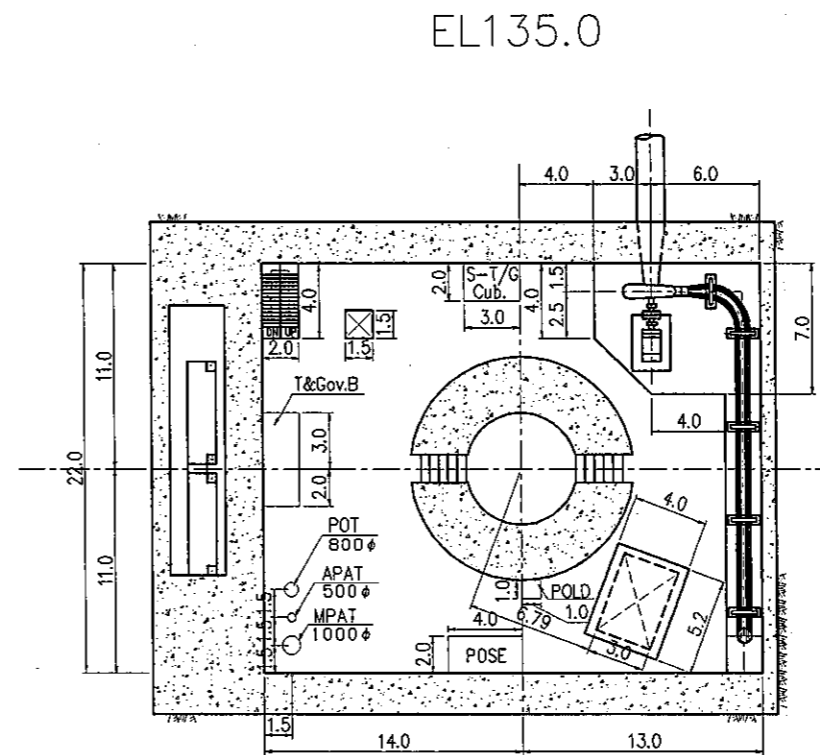
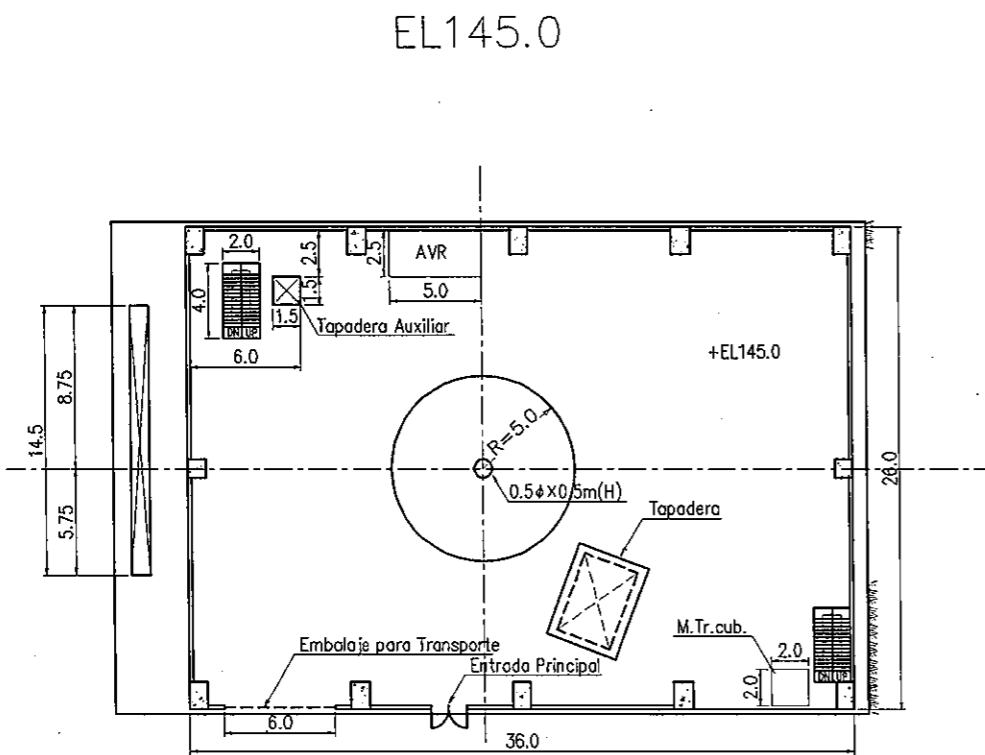


Leyenda :

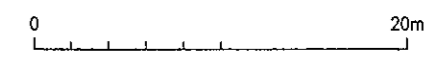
- (Sección Típica D)
- M.Tr.cub. : Cubículo para el Control del Transformador Principal
- AVR : Cubículo para el Regulador del Excitador (con AVR)
- SS cub. : Cubículo para la Estación de Servicio
- TC : Tablero para Control de la Turbina
- WSP : Bomba para Suministro de Agua
- DWP : Foso para Drenaje de Agua
- (Sección Típica E)
- M.Tr.cub. : Cubículo para el Control del Transformador Principal
- AVR : Cubículo para el Regulador del Excitador (con AVR)
- SS.Tr. : Transformador para el Servicio Interno
- A&PB : Tablero para el Control Automático y Relé de Protección
- POSE : Equipo para el Suministro de Aceite a Presión
- S-T/G cub. : Cubículo para el Subcontrol de la Turbina/Generador



PROYECTO HIDROELECTRICO EL CHAPARRAL	
CASA DE MAQUINAS SECCION TIPICA	
Fig. 11.9	FECHA

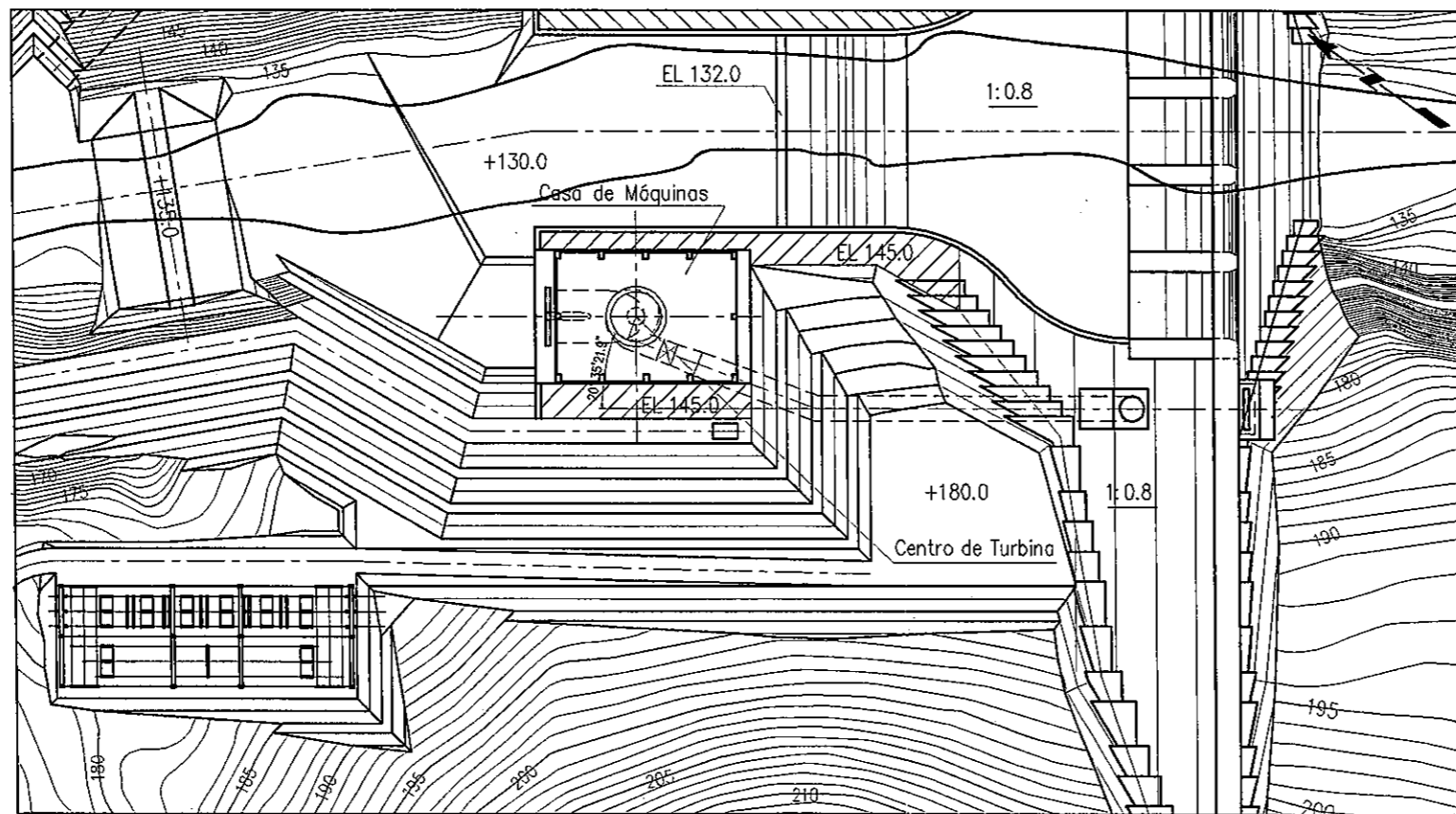


- Leyenda :**
- (EL145.0)
 - M.Tr.cub. : Cubículo para el Control del Transformador Principal
 - AVR : Cubículo para el Regulador del Excitador
 - (EL140.0)
 - SS.Tr.R : Cuatro de Transformador para el Servicio Interno
 - A&PB : Tablero para el Control automática y el Relé de Protección
 - SS.cub.R : Cuarto del Cubículo para el Servicio Interno
 - ACR : Cuarto para el Compresor de Aire
 - B&CR : Cuarto para Batería y Cargador
 - DS cub. : Cubículo para Desconectar el Interruptor
 - PT&SA cub. : Cubículo para el Transformador y Amortiguador de Potencia
 - (EL135.0)
 - S-T/G cub. : Cubículo para el Subcontrol de la Turbina/Generador
 - T&Gov.B : Tablero de Control para la Turbina y el Gobernador
 - POT : Tanque de Aceite a Presión
 - APAT : Tanque para la Presión de Aire Auxiliar
 - MPAT : Tanque para la Presión de Aire Principal
 - POSE : Equipo para el Suministro de Aceite a Presión
 - POLD : Sistema para Subir la Presión de Aceite
 - (EL125.5)
 - WSP : Bomba para el Suministro de Agua
 - DWP : Foso para Drenaje de Agua

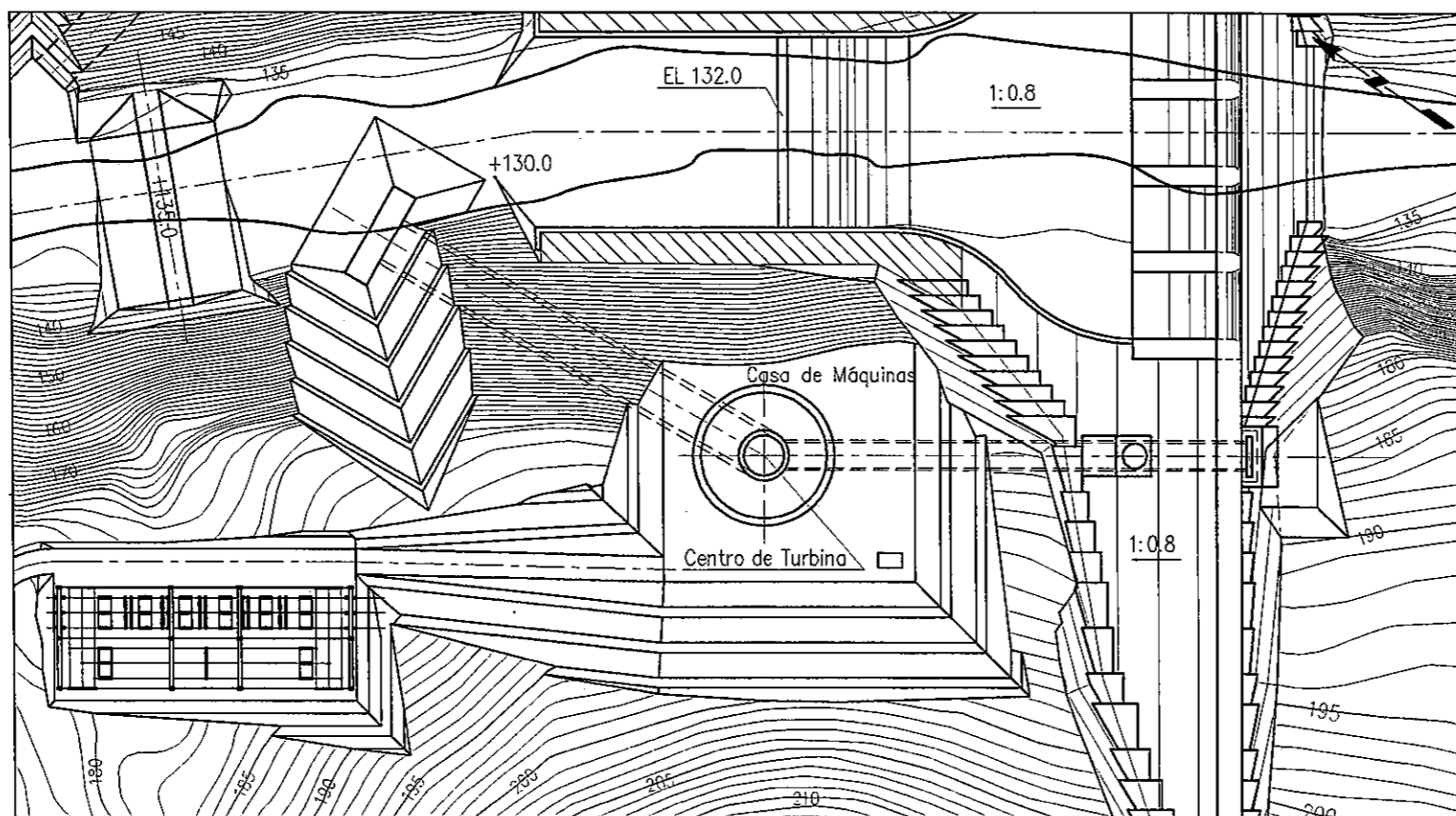


PROYECTO HIDROELECTRICO EL CHAPARRAL	
CASA DE MAQUINAS PLANTA	
Fig. 11.10	FECHA

Plan Propuesto (Tipo de Excavación Abierta)



Plan Alternativo (Tipo Eje Vertical)



PROYECTO HIDROELECTRICO
EL CHAPARRAL

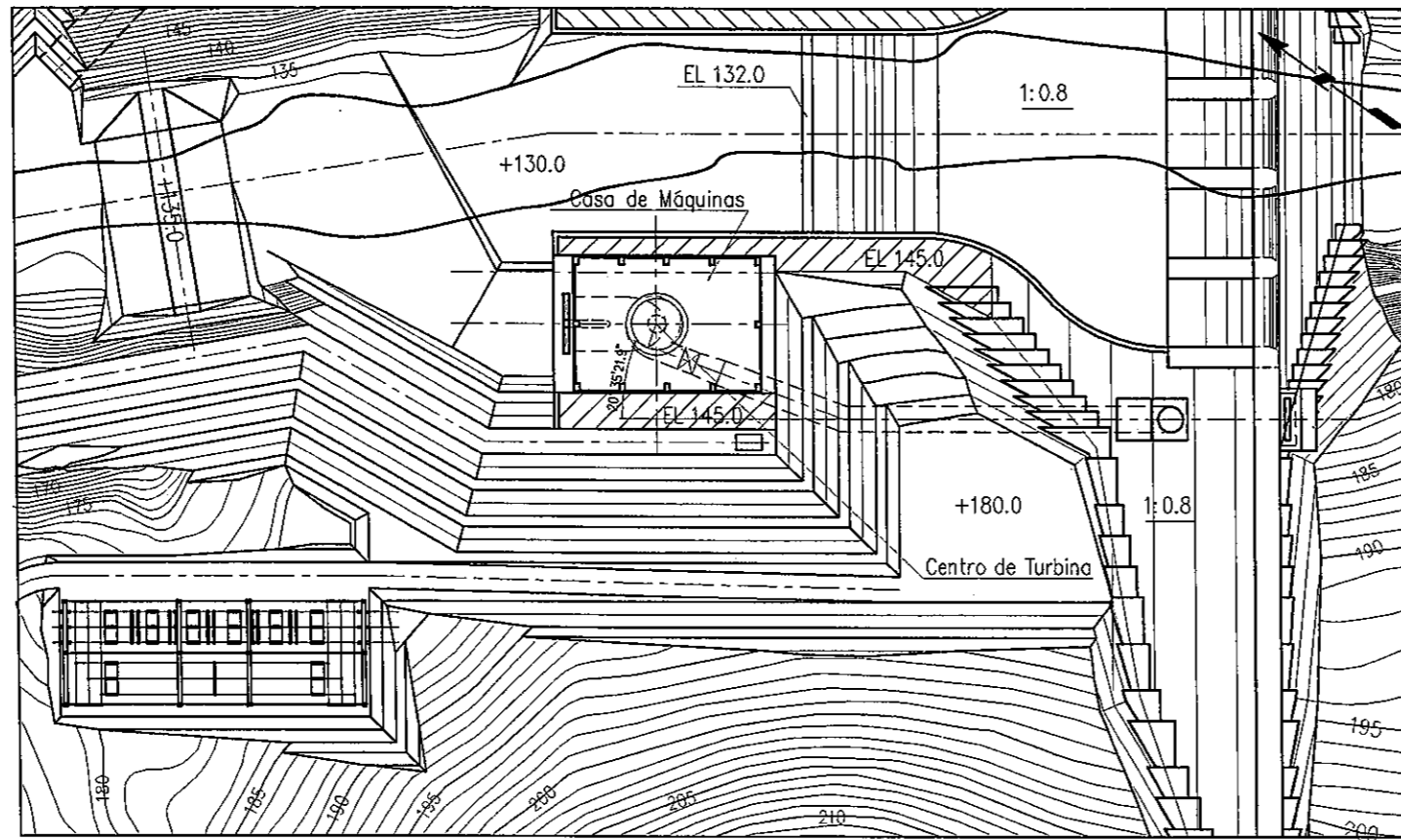
CASA DE MAQUINAS
PLAN ALTERNATIVO 1

Fig. 11.11

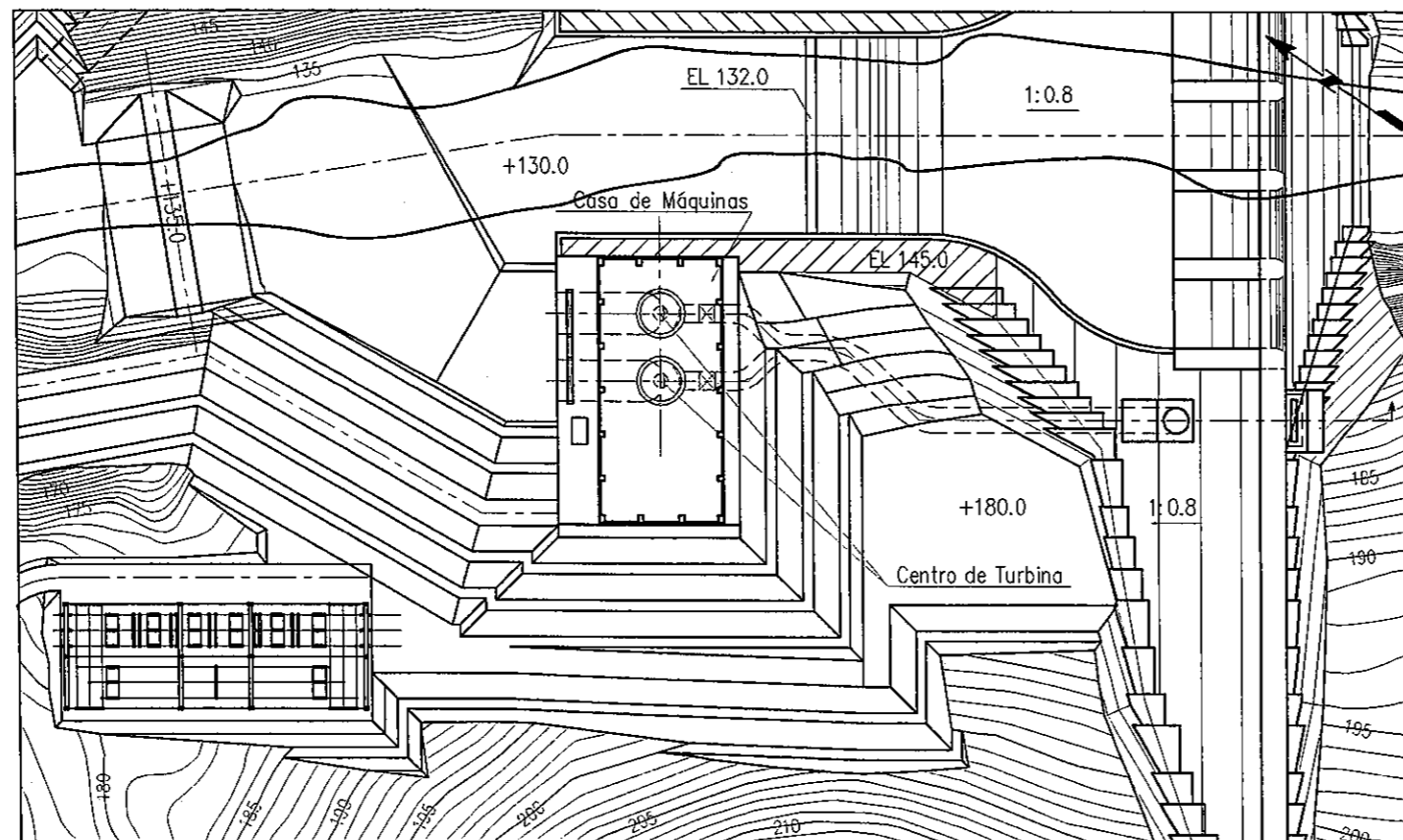
DATE

F - 9 SHEET NO. OF

Plan Propuesto (1 unidad)



Plan Alternativo (2 unidades)



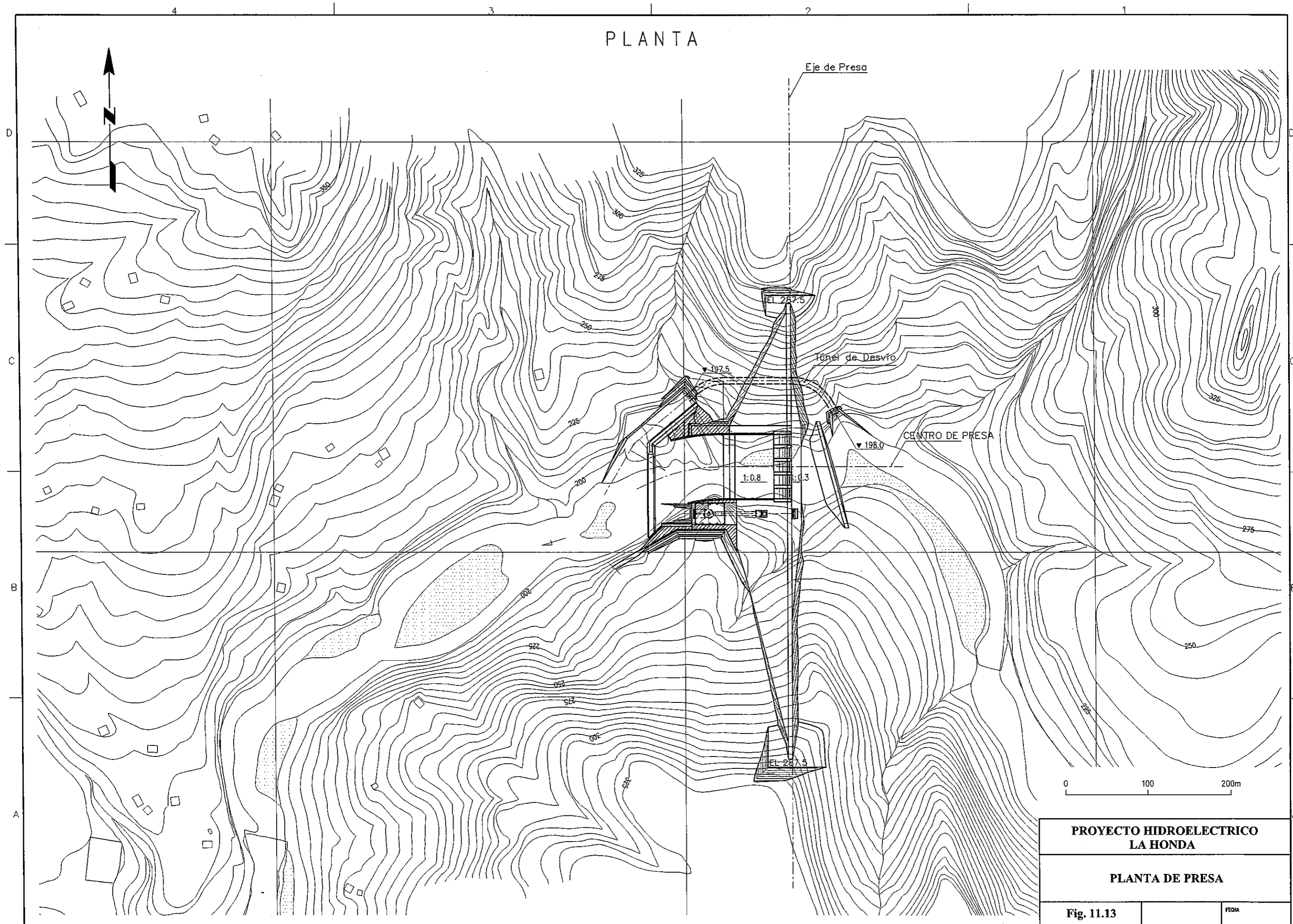
PROYECTO HIDROELECTRICO
EL CHAPARRAL

CASA DE MAQUINAS
PLAN ALTERNATIVO 2

Fig. 11.12

DATE

PLANTA



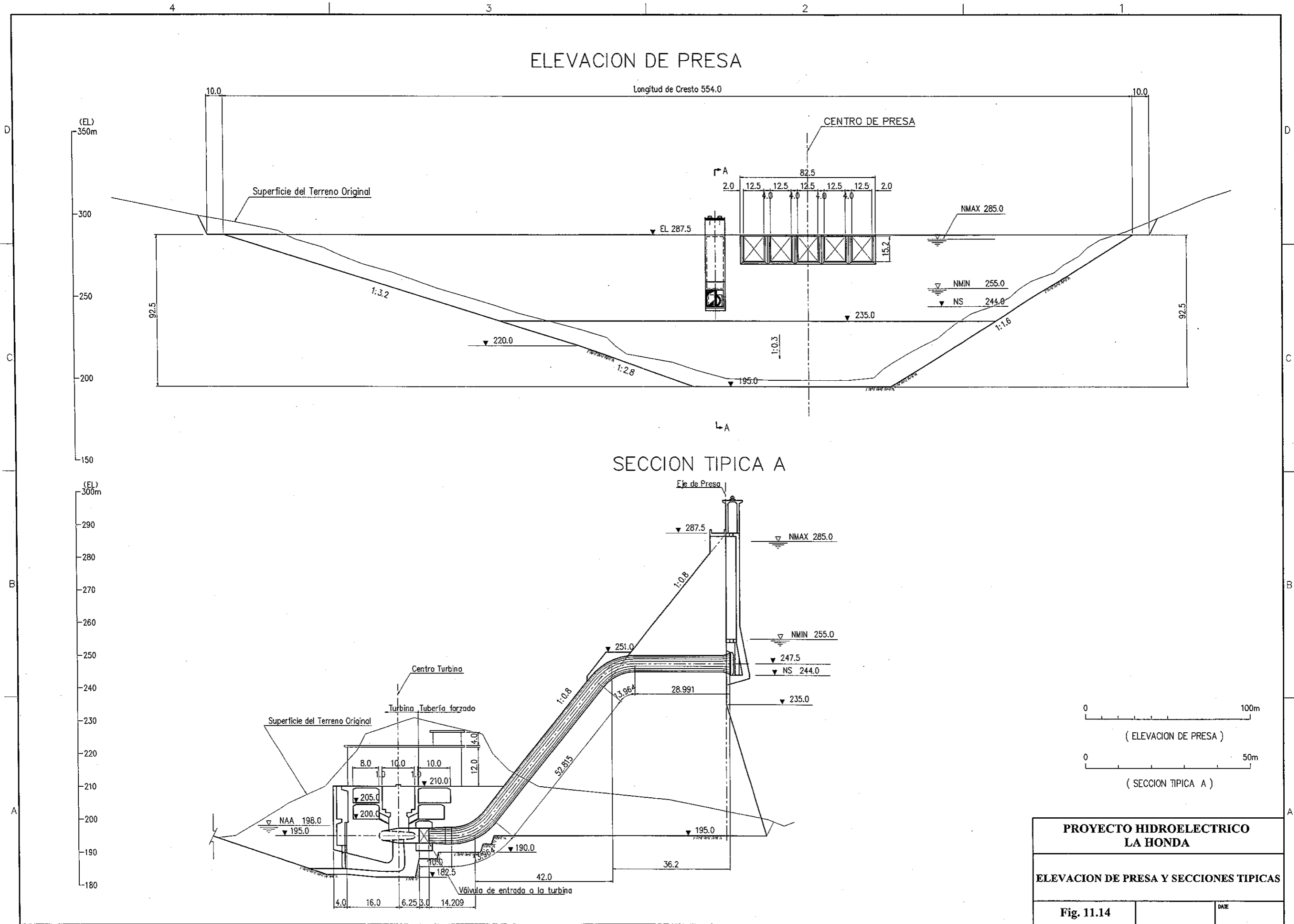
**PROYECTO HIDROELECTRICO
LA HONDA**

PLANTA DE PRESA

Fig. 11.13

FECHA

F - 11



ELEVACION DE PRESA

Longitud de Cresto 554.0

CENTRO DE PRESA

Superficie del Terreno Original

NMAX 285.0

NMIN 255.0

NS 244.0

SECCION TIPICA A

Eje de Presa

Centro Turbina

Turbina Tuberia forzada

Superficie del Terreno Original

NMAX 285.0

NMIN 255.0

247.5

NS 244.0

235.0

0 100m

(ELEVACION DE PRESA)

0 50m

(SECCION TIPICA A)

**PROYECTO HIDROELECTRICO
LA HONDA**

ELEVACION DE PRESA Y SECCIONES TIPICAS

Fig. 11.14

DATE

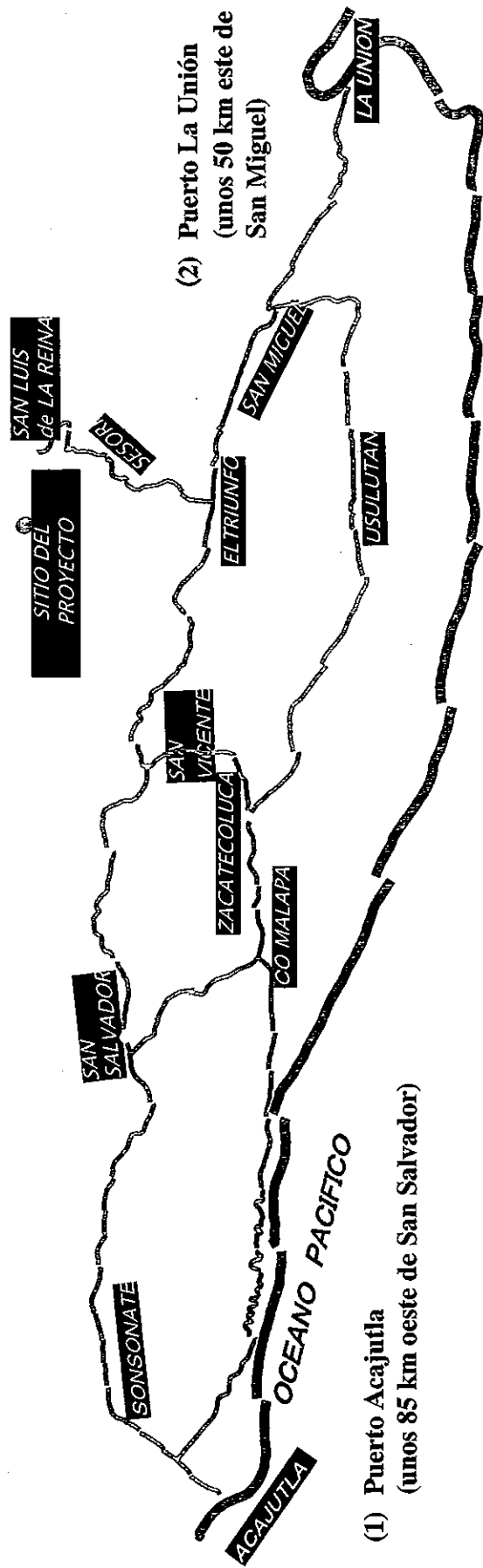


Fig.11.15 Puertos y Ruta de Transporte Terrestre

12. PLAN DE OBRAS Y COSTO DE CONSTRUCCIÓN

CONTENIDO

12.	Plan de Obras y Costo de Construcción	12-1
12.1	Generalidades	12-1
12.1.1	Acceso al Area del Proyecto	12-1
12.1.2	Energía Eléctrica para las Obras.....	12-1
12.2	Plan y Cronograma de Obras.....	12-2
12.2.1	Condiciones Básicas	12-2
12.2.2	Plan de Obras.....	12-4
12.2.3	Cronograma de Obras.....	12-9
12.3	Costo de Construcción.....	12-12
12.3.1	Condiciones Básicas	12-13
12.3.2	Componentes del Costo de Construcción	12-13
12.3.3	Costo de Construcción del Proyecto.....	12-14
12.3.4	Fondo Necesario para Cada Año	12-16

12. Plan de Obras y Costo de Construcción

12.1 Generalidades

12.1.1 Acceso al Area del Proyecto

(1) Aeropuertos

El Aeropuerto Internacional de Comalapa está ubicado a 44 kilómetros hacia el sur de la capital, San Salvador y cerca de la costa del Océano Pacífico. Tarda aproximadamente una hora el viaje en vehículo de San Salvador al aeropuerto. No hay vuelos domésticos de servicio regular.

(2) Infraestructura vial

El área del proyecto El Chaparral está ubicada a unos 300 metros aguas arriba de un tramo del río Torola que corresponde a la frontera con Honduras y dista unos 90 kilómetros de la capital San Salvador en línea recta. San Luis de la Reina, una ciudad cercana al área del proyecto, dista unos 130 kilómetros de San Salvador y es posible el acceso vehicular.

Para el transporte de máquinas, equipos y materiales de construcción importados, se puede considerar las rutas marítimas por los puertos de Acajutla y La Unión y las rutas terrestres por la Carretera Panamericana. La ruta recomendada para el transporte doméstico es una de unos 47 kilómetros desde El Triunfo, donde sale de la Carretera Panamericana, hasta el área de construcción, pasando por Sesori y San Luis de la Reina. Sobre el tramo de esta ruta entre El Triunfo y San Luis de la Reina, se encuentran 10 puentes de diferentes longitudes, pero todos tienen más de 6 metros de ancho. Además, existe un plan de pavimentación asfáltica hasta San Luis de la Reina en un futuro cercano. Por consiguiente, el transporte de cargas pesadas por este camino no tendrá problemas. En cuanto al camino existente de unos 6 kilómetros de San Luis de la Reina hasta el área de construcción, será necesario rehabilitar dicho tramo debido a sus condiciones no favorables, tales como sus anchos angostos y superficies muy accidentadas.

Además, para entrar en el área de construcción, es necesario construir un camino nuevo.

12.1.2 Energía Eléctrica para las Obras

Existe una subestación de distribución con 46 / 13.2 kV y 2 MVA en Ciudad Barrios que dista unos 5 kilómetros del área del proyecto y pertenece a una empresa distribuidora EEO (Empresa Eléctrica de Oriente S.A. de C.V.).

12.2 Plan y Cronograma de Obras

12.2.1 Condiciones Básicas

(1) Clima

La cuenca del río Torola está ubicada en una zona que tiene mucha precipitación anual dentro del territorio salvadoreño. Hay dos estaciones de clima: la estación seca de noviembre a abril y la estación lluviosa de mayo a octubre. Los meses de menor precipitación son de diciembre, enero y febrero, cuando no se registra casi ninguna lluvia y los meses de mucha lluvia son junio y septiembre cuando se alcanza la precipitación mensual de 300 a 500 milímetros. No hay mucha variación de temperatura a lo largo del año y el promedio diario de temperatura en una zona plana (250 msnm) es de 25°C a 30°C.

A continuación se indican unos datos meteorológicos de los últimos 10 años (período de 1991 a 2000), registrados en la estación hidrométrica Osicala que dista unos 20 kilómetros del área del proyecto.

Temperatura media anual	24.6 °C
Temperatura máxima	42.2 °C
Temperatura mínima	12.5 °C
Precipitación media anual	2,090 mm
Precipitación máxima mensual	544 mm (octubre de 1999)
Días de precipitación por año	90 días aproximadamente (más de 1 mm / día)

Con respecto a las obras de construcción, se elaboró el cronograma de ejecución de obras, suponiendo que las construcciones se pueden desarrollar a lo largo de todo el año (unos 280 días laborables). Sin embargo, se han descontado cierta cantidad de días para las obras que se afectarán por pequeña precipitación tal como trabajos de concreto de presa (20 días por mes).

(2) Caudal de diseño para la facilidad de desviación

Se ha planeado un túnel de desviación para la construcción de la presa. Para la capacidad del túnel, se ha seleccionado un caudal de 728 m³/s que corresponde a la crecida con el período de retorno de un año.

(3) Materiales de construcción

A pesar de que en El Salvador existe una planta de cemento (4,500 toneladas por día de capacidad de producción), se importará el cemento (incluyendo "fly ash"), incluyendo varillas de acero y

otros materiales de acero, debido a que se requerirá conseguir una cantidad enorme durante un corto período.

Como agregados de concreto, se aprovecharán gravas del lecho de río, sedimentos de las terrazas y detritos de excavación en las áreas de presa y de casa de máquinas. En cuanto al volumen de *concreto necesario*, la presa (incluyendo la ataguía aguas arriba) requerirá unos 390,000 m³ y otras estructuras unos 40,000 m³, siendo el volumen total de unos 430,000 m³. Dicho volumen de concreto necesitará unos 520,000 m³ de materiales originales, es decir, 380,000 m³ para agregados gruesos y 140,000 m³ para agregados finos.

Volumen unitario de agregados

Para el concreto de presa: 0.8 m³ / m³

Para el concreto de estructuras generales: 0.7 m³ / m³

Porcentaje de agregados finos

Para el concreto de presa: 25 %

Para el concreto de estructuras generales: 45 %

Razón de materiales originales – agregados 1.5

Agregados gruesos requeridos

$$(390,000 \times 0.8 \times 0.75 + 40,000 \times 0.7 \times 0.55) \times 1.5 = \text{unos } 380,000 \text{ m}^3$$

Agregados finos requeridos

$$\frac{(390,000 \times 0.8 \times 0.25 + 40,000 \times 0.7 \times 0.45) \times 1.5 = \text{unos } 140,000 \text{ m}^3}{}$$

Total unos 520,000 m³

Para conseguir este volumen necesario, se puede aprovechar la reserva de unos 320,000 m³ de gravas en el lecho de río (refiérase al Capítulo 7 “Geología”) a unos dos kilómetros aguas arriba de la presa y el resto de unos 200,000 m³ se obtendrá aprovechando detritos de excavación.

El volumen de rocas a ser excavadas (en las áreas de presa y casa de máquinas) será de unos 370,000 m³. Si se supone que la razón de materiales originales - agregados es 2.0, el volumen disponible para agregados será 185,000 m³ (370,000 × (1/2)). Debido a que dicho volumen no es suficiente, se necesitará ampliar el área de estudio de materiales para localizar otras reservas y satisfacer el volumen que falta.

(4) Energía eléctrica para las obras

Por el presente proyecto, se instalará un sistema de recepción eléctrica dentro del área de construcción (un terreno provisional a dos kilómetros aguas arriba de la presa) para recibir la energía eléctrica necesaria para las obras desde una subestación cercana de la empresa distribuidora EEO. Dicho sistema de recepción eléctrica estará instalado antes del inicio de construcción de las

obras principales. Desde el sistema de recepción, se tenderán cables de 4.16 kV ó 480 V para suministrar la energía a diferentes instalaciones provisionales.

(5) Caminos de acceso y terrenos de obras temporales

Como obras preparativas, se realizarán: la mejora de los caminos de acceso existentes hasta la cercanía del área de construcción; la construcción de nuevos caminos de acceso a diferentes áreas de construcción y la nivelación de terrenos para las obras temporales.

12.2.2 Plan de Obras

En base a las condiciones básicas arriba mencionadas y cantidad de las obras, se han elaborado el plan de obras y el cronograma. El paso crítico del cronograma del presente proyecto está en las obras relacionadas con la casa de máquinas. La Tabla 12.1 indica el cronograma de las obras.

A continuación se indican las estructuras principales que se construirán en el proyecto:

- Túnel de desviación : altura interna H = 8.0 m, longitud de 360 m
- Presa : tipo concreto de gravedad, altura H = 87.5 m, longitud de coronamiento 405.0 m
- Obra de toma : tipo incorporado en la presa
- Tubería forzada : tipo enterrado, diámetro interior de 4.2 m a 5.0 m, longitud de 144.5 m
- Casa de máquinas : tipo semi enterrado, longitud de 36.0 m, ancho de 26.0 m, altura de 16.0 m
- Patio de llaves : 25.0 m x 65.0 m

En la tabla siguiente, se indican volúmenes de las obras civiles principales:

Estructuras	Unidad	Volumen de excavación	Volumen de concreto
Cambio del curso de agua	m ³	42,600	16,500
Presa	m ³	311,200	392,200
Tubería	m ³	2,400	2,500
Casa de máquinas	m ³	209,500	11,800
Total	m³	565,700	423,000

(1) Obras preparativas

Las obras preparativas se refieren a obras necesarias para construir las estructuras principales y consisten en las siguientes obras:

- 1) Mejoramiento de caminos públicos existentes
- 2) Construcción de nuevos caminos de acceso al área de construcción
- 3) Preparación de terrenos para las obras temporales
- 4) Construcción del sistema de la energía eléctrica, oficinas, campamentos, etc.

Estas obras preparativas estarán incluidas y ejecutadas dentro del alcance de trabajo del contratista encargado de construcción de las principales obras civiles. A continuación se indica el perfil de las obras preparativas y la Figura 12.1 indica el plano de ubicación:

- 1) Mejoramiento de caminos públicos existentes
- 2) *Construcción de nuevos caminos de acceso al área de construcción*
 - (a) Camino de acceso a la presa
 - (b) Camino de acceso a la casa de máquinas
 - (c) Camino de acceso al patio de llaves
 - (d) Camino de acarreo de agregados
- 3) Terrenos para las obras temporales
 - (a) Depósito de materiales
 - (b) Planta de concreto, depósito de agregados
 - (c) Planta de agregados
 - (d) Terreno para ensamble de varillas de acero y tubería forzada
 - (e) Estacionamiento de vehículos
- 4) Energía eléctrica para las obras
 - (a) Sistema de recepción eléctrica
 - (b) Cables de distribución dentro del área de construcción
- 5) Oficinas y campamentos
- 6) Instalaciones provisionales

A continuación se indican las instalaciones provisionales necesarias para la construcción de las obras principales:

- Dos unidades de grúa fija de cable
- Una unidad de grúa fija de torre
- Un juego de plantas de agregados
- Un juego de depósitos para agregados y cemento
- Dos unidades de plantas de tratamiento de aguas fangosas
- Una unidad de puente provisional

(2) Obras Civiles

1) Túnel de desviación

Para la construcción del túnel de desviación, se iniciará la excavación en la salida del túnel en la margen derecha, adonde se llega cruzando un puente provisional instalado sobre el río desde el camino de acceso a la casa de máquinas. En la época seca, se iniciará la excavación en el lado de entrada. La excavación se realizará de día y de noche con el avance de 6.0 metros por día (1.5 m por voladura \times 3 ó 4 ciclos por día) y 144 metros por mes. El concreto de revestimiento se colocará por cada dos días con el avance mensual de 120 metros (24 días / mes \div 2 días / ciclo \times 10 m / ciclo). En el fondo se colocará el concreto por cada dos días con el avance mensual de 360 metros (24 días / mes \div 2 días / ciclo \times 30 m / ciclo).

Después de completar la construcción del túnel de desviación, se iniciará la construcción de la primera ataguía y de la segunda (método RCC: Concreto Compactado con Rodillos) aguas arriba de la presa, junto con otra de aguas abajo en la época seca. El cambio del curso de agua se hará después de finalizar toda la construcción.

2) Presa

En la margen derecha, donde se encuentra una zona meteorizada muy profunda, el volumen de excavación será muy grande.

(a) Excavación en la fundación

Con respecto a la excavación de fundación, será necesario iniciar la excavación de la zona elevada en la margen izquierda antes de complementar el cambio del curso de agua. Después de cambiar el curso de agua, la tierra excavada se hace caer hacia el cauce del río por tractores y posteriormente se transportará en camión desde el cauce hasta un botadero de tierra aguas arriba.

La excavación se realizará sólo de día con el volumen diario estimado de 2,500 m³ y el volumen mensual de 50,000 m³ (2,500 m³ / día \times 20 días / mes).

(b) Colocación de concreto

El volumen de concreto será aproximadamente de 390,000 m³ (incluyendo el de la ataguía aguas arriba). La técnica RCC se aplicará a la colocación de concreto en la presa. Como sistema de transporte de concreto para la técnica RCC, se utilizan los siguientes equipos:

- a) Camiones volquete
- b) Grúa de cable tipo fijo
- c) Grúa tipo torre
- d) Vagones en vías férreas pendientes
- e) Banda transportadora tipo torre

En el área del presente proyecto, se seleccionará el uso de grúa de cable tipo fijo para transportar el concreto, considerando las condiciones siguientes: el coronamiento de la presa es muy largo para el volumen del cuerpo de presa (volumen de concreto a ser colocado) y el área de traslado para la colocación de concreto será muy extensa; se formarán dos áreas separadas después de colocar las pilas del vertedero de 5 compuertas en la parte central de la presa; y la necesidad de transportar el RCC y el concreto convencional.

Si se instalan dos grúas de cable tipo fijo con 20 toneladas de capacidad (tolva de 6.0 m³) y se trabaja de día y de noche, el volumen mensual que se transporta será de 57,600 m³ / mes (20 días / mes × 20 horas / día × 20 veces / hora × 6.0 m³ × 0.8 (factor de eficiencia) × 1.5) y el proceso de colocación necesitará un período aproximado de 8 meses (390,000 m³ ÷ 57,600 m³ / mes × 1.15 (coeficiente de incremento adicional)).

La planta de concreto se instalará en una posición del extremo del coronamiento en la margen izquierda y estará equipada con dos mezcladores de 3.0 m³ de capacidad. Además, los agregados transportados en camión volquete desde la planta de agregados se guardarán en el depósito colocado al lado de la planta.

3) Obra de toma

La construcción de la obra de toma se realizará paralelamente a la colocación de concreto en la presa.

4) Tubería forzada

La tubería forzada consistirá en tres tramos: tramo horizontal superior que atraviesa el cuerpo de la presa, tramo inclinado expuesto y enterrado y tramo horizontal inferior en la casa de máquinas. La tubería se armará en los terrenos destinados para las obras temporales cerca del botadero de tierras y se transportará a la casa de máquinas.

Se iniciará la excavación desde la parte superior del tramo inclinado hacia abajo y los escombros de excavación se sacarán hacia arriba en uso de "winch" y se transportarán hasta el botadero de tierras, igual que los de excavación en la fundación de presa.

Para la instalación de la tubería forzada, se introducirán los tubos por la parte superior del tramo inclinado, utilizando la grúa de torre instalada en el terreno de obras temporales a la elevación de 180 msnm y se instalarán consecutivamente desde el lado de la casa de máquinas. Para la parte expuesta del tramo inclinado y el tramo horizontal superior en la presa, la instalación se realizará de acuerdo al avance de colocación del concreto en la presa.

5) Casa de máquinas

Se realizará la excavación para la casa de máquinas mediante el método de escalonado (*bench cut*). Después de que la excavación alcance la elevación de 125 msnm, se complementará la construcción de un túnel para la instalación de tubería forzada. Si se finaliza dicha construcción, volverá a excavar hasta el nivel del fondo de la casa de máquinas.

Se llevará a cabo la colocación de concreto para la fundación consecutivamente desde abajo de acuerdo al avance de la instalación de equipos de generación eléctrica.

(3) Obras electromecánicas

1) Turbina y equipos de generación eléctrica

El montaje de los equipos eléctricos se iniciará, instalando el tubo de aspiración a los 9 meses después del comienzo de las obras civiles y finalizará a los 30 meses. La operación comercial se iniciará después de las pruebas sin agua y con agua y a los 34 meses del comienzo de las obras civiles (a los 41 meses del comienzo de las obras preparativas).

El montaje del tubo de aspiración se iniciará después de completar la excavación en la casa de máquinas. El montaje de la caja espiral, turbina, generador, etc. se completará durante un período de un año, utilizando la grúa tipo puente.

2) Línea de transmisión a 115 kV

Se iniciará la instalación un circuito de la línea de transmisión a 115 kV con la longitud de 43 km y terminará en el tercer año del comienzo de las obras civiles.

12.2.3 Cronograma de Obras

La duración de la construcción del presente proyecto se estimó 3 años y 4 meses, considerando la magnitud de las obras, etc. Los pasos críticos del proceso de construcción son las obras relacionadas con la casa de máquinas. En la Tabla 12.1, se ilustra el cronograma de obras y a continuación se indica el perfil de las obras de cada año:

Primer año (época de lluvia de mayo a octubre)

(1) Obras preparativas

- Oficinas y campamentos
- Caminos de acceso a las áreas de cada obra (mejora de los caminos públicos existentes y construcción de nuevos caminos para las obras)
- Preparativos de terrenos para las obras temporales e instalación de planta de concreto, planta de agregados, instalaciones eléctricas, etc.

Primer año (época seca de noviembre a abril)

(2) Cambio del curso de agua

- Túnel de desviación (excavación, concreto de revestimiento, etc.)
- Ataguía aguas arriba (bombeo de agua, excavación de fundación, colocación de concreto, etc.)
- Ataguía aguas abajo (bombeo de agua, excavación de fundación, apilado de ataguía, etc.)

(3) Presa

- Excavación (zonas elevadas)

(4) Tubería forzada

- Excavación del túnel inclinado

(5) Casa de máquinas

- Excavación (zonas elevadas)

Segundo año (época de lluvia)

(6) Presa

- Excavación de la fundación

(7) Tubería forzada

- Excavación del túnel inclinado
- Instalación de la tubería
- Relleno de concreto

(8) Casa de máquinas

- Excavación de la fundación (zonas bajas)
- Colocación de concreto (fundación, paredes, losas, etc.)

(9) Desaguadero

- Excavación del lecho de río

(10) Obras eléctricas

- Instalación del tubo de aspiración
- Instalación de equipos auxiliares de la turbina, etc.

Segundo año (época seca)

(11) Presa

- Colocación de concreto RCC (concreto del interior)
- Colocación de concreto (concreto del exterior)
- Inyecciones de consolidación (perforación, inyección de cemento lechoso)
- Cortina de inyecciones (perforación, inyección de cemento lechoso)
- Construcción de galerías

(12) Vertedero

- Colocación de concreto (columnas, paredes de canal, paredes de dissipador, etc.)

(13) Obra de toma

- Colocación de concreto (columnas, etc.)

(14) Tubería forzada

- Instalación de tubería

(15) Casa de máquinas

- Colocación de concreto (fundación, losas, etc.)
- Construcción del edificio (instalación de grúa puente, paredes, techo, etc.)

(16) Obras eléctricas

- Instalación de equipos relacionados con la turbina, etc.

Tercer año (época de lluvia)

(17) Presa

- Colocación de concreto RCC (concreto del interior)
- Colocación de concreto (concreto del exterior)
- Inyecciones para consolidación (perforación, inyección de cemento lechoso)
- Cortina de inyecciones (perforación, inyección de cemento lechoso)
- Construcción de galerías

(18) Vertedero

- Colocación de concreto (columnas, paredes de canal, paredes de dissipador, etc.)
- Instalación de compuertas

(19) Obra de toma

- Colocación de concreto (columnas, etc.)
- Instalación de compuerta y rejillas

(20) Casa de máquinas

- Colocación de concreto (fundación, losas, etc.)
- Construcción del edificio (decoración interior, etc.)

(21) Patio de llaves

- Excavación, colocación de concreto de fundación

(22) Obras eléctricas

- Instalación de equipos relacionados con la turbina, etc.
- Instalación de equipos relacionados con el generador

Tercer año (época seca)

(23) Cambio del curso de agua

- Cierre del túnel de desviación (concreto de obturación, inyecciones para consolidación, etc.)

(24) Vertedero

- Instalación de compuertas

(25) Casa de máquinas

- Colocación de concreto (losas, etc.)

(26) Obras eléctricas

- Instalación de equipos relacionados con la turbina, etc.
- Instalación de equipos relacionados con el generador
- Instalación del transformador principal y equipos del patio de la subestación
- Instalación del turbogenerador pequeño y sus equipos relacionados
- Instalación de equipos de interrupción, sistema de transmisión de información y equipos auxiliares, y otros
- Pruebas sin agua y con agua

(27) Obras de líneas de transmisión

- Período entre el primer año (época seca) y el tercer año (época seca)

12.3 Costo de Construcción

Se calculó el costo de construcción, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas, geológicas, sociales, la magnitud de las obras de construcción y también de acuerdo a las condiciones básicas que se describen a continuación:

12.3.1 Condiciones Básicas

- (1) Es en 2003 cuando se realizó la estimación del costo de mano de obra, costo de máquinas, costo de materiales que constituyen el costo unitario de construcción.
- (2) Todos los costos se expresan en US\$ y se han estimado divididos en monedas nacionales y extranjeras.
- (3) No están considerados los impuestos ni derechos arancelarios para máquinas y materiales importados.
- (4) No está considerado el incremento por la inflación.
- (5) No está estimado el interés durante el período de construcción.

12.3.2 Componentes del Costo de Construcción

El costo de construcción está compuesto por las siguientes partidas:

- (1) Costo de preparativos: reparación de carreteras y caminos existentes, construcción de caminos nuevos para el proyecto, preparación de terrenos para obras temporales, instalación del sistema de recepción de energía eléctrica para la construcción, oficinas y campamentos
- (2) Costo de obras civiles:
 - Cambio del curso de agua : túnel de desviación y ataguías aguas arriba y aguas abajo
 - Presa : presa misma, obras en fundación, vertedero mismo, paredes de disipador
 - Tubería forzada : obra de toma, tramo inclinado de la tubería, concreto de relleno
 - Casa de máquinas : fundación, edificio, sala de control, desagadero, fundación del patio de llaves
- (3) Equipos hidráulicos: compuertas, tubería forzada, rejillas, facilidades de descarga
- (4) Equipos electromecánicos: turbina y válvula de admisión, gobernador de velocidad y sus equipos auxiliares, generador, sistema de excitación y sus equipos auxiliares, grúa puente, transformador y sistema de extinción, barras del circuito principal del generador, sistema de protección con relés, incluyendo equipos interruptores, sistema de transmisión de información, equipos y sistemas auxiliares de la casa de máquinas

- (5) Equipos de transmisión: cables eléctricos y equipos eléctricos y mecánicos de la línea de transmisión (incluyendo equipos de la ampliación de la Subestación 15 de Septiembre
- (6) Costo de medidas para la protección medioambiental: mejora y construcción de caminos de alrededores, puentes (véase la Figura 12.2), costo de medidas para la protección medioambiental
- (7) Costo de adquisición de terrenos e indemnización: costo de adquisición de terrenos e indemnización por la inundación en el embalse, incluyendo la servidumbre de la línea de transmisión
- (8) Contingencia: 10 %, 5 % y 5 % de: costo de obras preparativas, costo de obras civiles y costo de mejora de caminos de alrededores; equipos hidráulicos; y equipos electromecánicos y líneas de transmisión, respectivamente
- (9) Costo de administración e ingeniería: costo de administración e ingeniería (diseño y supervisión), relacionado con la construcción. Corresponderá al 15 % del costo directo de construcción

El costo directo de construcción está constituido por los incisos mencionados de (1) a (7). El costo total del proyecto es la suma del costo directo y el costo indirecto compuesto por los incisos anteriores de (8) a (9).

12.3.3 Costo de Construcción del Proyecto

(1) Costo de obras preparativas

Acerca de los caminos de acceso a las obras (mejora de los existentes y construcción nueva), se utilizó el precio unitario presentado por CEL. Para las obras temporales, tales como instalaciones de recepción eléctrica, oficinas, campamentos, etc., sus costos se estimaron de acuerdo a los valores reales de proyectos en los países vecinos. (90 % de monedas nacionales y 10 % de monedas extranjeras)

(2) Costo de obras civiles

Se fijaron el precio unitario y su división en las monedas nacionales y extranjeras, tomando como referencia el precio unitario de otros proyectos que están en ejecución actualmente en los países vecinos y considerando también la diferencia de salario de obreros y precio unitario de materiales entre los países.

(3) Equipos hidráulicos

Se importarán todos los equipos hidráulicos, tales como compuertas y tubería forzada. Igual que el caso del costo de obras civiles, se fijaron el precio unitario y su división en las monedas nacionales y extranjeras, tomando como referencia el precio unitario de otros proyectos que están en ejecución actualmente en los países vecinos.

(4) Equipos eléctricos

Se importarán todos los equipos eléctricos. El precio unitario de las obras se fijó, tomando como referencia los valores reales internacionales. Sobre la división en las monedas nacionales y extranjeras, se pusieron el costo de transporte y el costo de instalación (porción de 16 %) en las monedas nacionales.

(5) Equipos de transmisión

El costo de construcción para las líneas de transmisión se estableció teniendo en cuenta los valores reales del precio internacional. Sobre la división en las monedas nacionales y extranjeras, se puso el costo de construcción en las monedas nacionales y el costo de materiales en las monedas extranjeras.

(6) Costo de medidas para la protección medioambiental

Se fijó según el resultado del estudio de medio ambiente realizado en campo. Sobre la división en las monedas nacionales y extranjeras, se pusieron el 90 % en las monedas nacionales y el 10 % en las monedas extranjeras para todos los costos, excepto el de puentes (90 % en las monedas extranjeras).

(7) Costo de adquisición de terrenos e indemnización

Se utilizó el precio unitario de obras presentado por CEL. Sobre la división en las monedas nacionales y extranjeras, se pusieron el 100 % en las monedas nacionales.

(8) Costo de contingencia

Como costo de contingencia, se fijaron el 10 %, 5 % y 5 % para: el costo de obras preparativas, costo de obras civiles y costo de mejora de caminos de alrededores; equipos hidráulicos; y equipos electromecánicos y líneas de transmisión, respectivamente.

(9) Costo de administración y costo de ingeniería

Corresponderán al 15 % del costo directo de construcción (2 % para la administración y 13 % para la ingeniería), de acuerdo a otros proyectos ejecutados por J-POWER (EPDC).

La Tabla 12.2 indica el costo desglosado de construcción del proyecto para el plan propuesto de generación hidroeléctrica optimizado y seleccionado en “9.3 Selección del Plan de Desarrollo”.

12.3.4 Fondo Necesario para Cada Año

La Tabla 12.3 indica el fondo necesario para cada año del período del proyecto.

Se pagará el anticipo a los contratistas según tipo de obras. En el último año del proyecto, después de la aceptación de las obras inspeccionadas, se cancelará el pago suspendido.