

# **ELECTRO GENERADORA DEL ISTMO, S.A.**

## **CENTRAL HIDROELECTRICA MENDRE II**

### **PLAN DE ACCION DURANTE EMERGENCIAS (PADE) REVISIÓN N°1**

Preparado por:

Ambrosio Ramos

Aramos Hidro, S.A.

[aramos@aramoshidro.com](mailto:aramos@aramoshidro.com)

DICIEMBRE, 2012

actualización de diagramas de notificaciones 2021

# **ELECTRO GENERADORA DEL ISTMO S.A.**

## **CENTRAL HIDROELÉCTRICA MENDRE II**

### **PLAN DE ACCIÓN DURANTE EMERGENCIAS (PADE) REVISIÓN N°1**

Preparado por:  
Ambrosio Ramos

Aramos Hidro, S.A.  
aramos@aramoshidro.com

DICIEMBRE, 2012

## Contenido

<b>ABREVIATURAS .....</b>	<b>4</b>
<b>UNIDADES.....</b>	<b>4</b>
<b>1. PROPÓSITO DEL PADE.....</b>	<b>6</b>
<b>2. DESCRIPCION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA MENDRE II. ....</b>	<b>7</b>
2.1 Ubicación Regional. ....	7
2.2 Características de la Central Hidroeléctrica Mendre II.....	11
2.2.1 Obra de Toma .....	12
2.2.2 Canal de Conducción y Túnel.....	12
2.2.3 Cámara de Carga.....	13
2.2.4 Tubería Forzada. ....	14
2.2.5 Casa de Máquinas.....	14
2.2.6 Canal de Descarga. ....	14
2.2.7 Subestación. ....	15
2.2.8 Línea de Transmisión.....	15
2.2.9 Caminos de Accesos Permanentes. ....	15
2.3 Equipos Hidromecánicos. ....	15
2.4 Equipos Electromecánicos Principales. ....	15
<b>3. CRITERIOS Y PARAMETROS DE DISEÑO.....</b>	<b>17</b>
3.1 Datos Geológicos y Geotécnicos.....	17
3.2 Hidrológicos e Hidráulicos. ....	18
3.2.1 Diseño Hidráulico del Canal de Conducción .....	18
3.2.2 Diseño Hidráulico del Canal de Descarga .....	19
3.3 Sísmicos .....	20
<b>4. RESPONSABILIDADES GENERALES BAJO EL PADE.....</b>	<b>21</b>
4.1. Responsabilidades del Dueño.....	21
4.2. Responsabilidades de Notificación.....	21
4.3. Responsabilidades de Evacuación. ....	21
4.4. Responsabilidades de Terminación y Seguimiento. ....	21
4.5. Responsabilidad de Coordinador del PADE.....	21
<b>5. DETECCION DE LA EMERGENCIA, EVALUACIÓN Y CLASIFICACIÓN.....</b>	<b>22</b>
5.1. Definición de los Tipos de Alertas. ....	22

---

5.1.1. Alerta Blanca.....	23
5.1.2. Alerta Verde.....	23
5.1.3. Alerta Amarilla.....	23
5.1.4. Alerta Roja. ....	24
5.2. Descripción de la Amenaza de Falla en la Presa de CH Mendre I.....	24
5.3 Descripción de la Amenaza de Crecida.....	26
5.4. Causas de Declaración de la Emergencia. ....	26
5.5. Determinación del Nivel de Emergencia. ....	27
5.5.1. Umbrales Para los Distintos Sucesos.....	27
5.5.2. Umbrales Asociados a Avenidas.....	28
5.5.3. Umbrales Asociados a Sismos. ....	28
5.5.4. Umbrales Asociados a la Inspección y Pruebas.....	29
5.5.5. Umbrales Asociados a la Auscultación. ....	30
5.6. Evaluación de las Emergencias.....	31
5.6.1. Indicadores de Nivel del Embalse:.....	31
5.6.2. Indicadores de Actividad Sísmica: .....	31
5.6.3. Inspección a las Estructuras: .....	31
5.7. Conclusión de la Emergencia.....	31
<b>6. ACCIONES DURANTE EMERGENCIA.....</b>	<b>32</b>
6.1. Paso 1: Detección del Evento. ....	32
6.2. Paso 2: Determinación del Nivel de Emergencia.....	32
6.3. Paso 3: Niveles de Comunicación y Notificación.....	32
6.3.2. Flujo de Notificaciones. ....	34
6.4. Paso 4: Acciones Durante la Emergencia.....	39
6.4.1. Definición de las Acciones de Emergencia: .....	39
6.4.2. Formulario de Registro de Evento.....	40
6.5. Paso 5: Terminación. ....	40
<b>7. MAPA DE INUNDACION.....</b>	<b>41</b>
7.1. Estudio de Situaciones de emergencia.....	41
7.2. Estudio de Afectación de la ribera de embalse y valle .....	42
7.3 Análisis Hidráulico.....	43
7.4 Resultados. ....	43
7.5 Mapas de Inundación. ....	43
7.6 Descripción de la Zona Potencialmente Inundable.....	44
7.7 Recomendaciones para el Plan de Emergencia.....	44
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>45</b>

## ABREVIATURAS

ASEP	Autoridad de los Servicios Públicos
B	ancho
CH	Central Hidroeléctrica
CORP.	Corporación
E	Este
EI.	Elevación
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Centers River Analysis System
HIDROMET	Departamento de Hidrometeorología de ETESA
N	Norte
NMON	Nivel máximo de operación normal
PADE	Plan de Acción Durante Emergencias
PEAD	Polietileno de Alta Densidad
PGA	Aceleración pico de nivel de roca
PVC	Policloruro de Vinilo
Qfalla	Caudal de falla
REP	Reglamento Estructural Panameño
S.A.	Sociedad Anónima
SIN	Sistema Interconectado Nacional
SINAPROC	Sistema Nacional de Protección Civil
TR	Periodo de Retorno
UTESEP	Unidad Técnica de Seguridad de Presas
UTM	Universal Transverse de Mercator

## UNIDADES

g	aceleración de la gravedad de la tierra (9.81 m <sup>2</sup> /s)
Ha	Hectárea
Km	Kilómetro
Km <sup>2</sup>	Kilómetro cuadrado
Kv	Kilo voltio
m	metro
m/s	metro por segundo
m <sup>3</sup>	metro cúbico
m <sup>3</sup> /s	metro cúbico por segundo
m.c.a.	metro de Columna de Agua
mm	milímetro
msnm	metros sobre nivel del mar

MW	Mega Watt
MVA	Megavoltioamperio
rpm	Revoluciones por minuto
Hz	Hertz
t	Toneladas

## **1. PROPÓSITO DEL PADE.**

El plan de acción durante emergencias (PADE), define las responsabilidades y presenta los procedimientos para identificar, evaluar, clasificar y notificar a los organismos responsables sobre las emergencias que puedan ocurrir en las estructuras de la Central Hidroeléctrica Mendre II, ó las causadas por el fallo de la presa de la Central Hidroeléctrica Mendre I, de acuerdo a las Normas de Seguridad de Presas establecidas según Resolución AN N°. 3932-Elec del 22 de octubre de 2010, por la Autoridad de los Servicios Públicos de la República de Panamá (ASEP). Además, el PADE debe instruir sobre las acciones para mitigar los efectos de tales emergencias y salvaguardar la vida y bienes de la población que se encuentran aguas abajo de esta estructura.

El propósito fundamental del PADE es contribuir a eliminar ó reducir el riesgo de fallo de la presa Mendre I ó de las estructuras que conforman la Central Hidroeléctrica Mendre II, por lo que resulta esencial en cada caso identificar las situaciones que puedan suponer un peligro potencial para su seguridad, junto con la organización de las respuestas y acciones apropiadas.

Si a pesar de las actuaciones no fuera posible evitar la rotura o avería grave de las estructuras de la Central, el PADE, prevé la comunicación e información a través de los correspondientes sistemas de transmisión, de alertas a las autoridades competentes y en su caso a la población potencialmente afectada, para que se adopten las medidas oportunas con el fin de reducir o eliminar los daños e impactos aguas abajo.

El PADE de la Central Hidroeléctrica Mendre II, en resumen, sirve para identificar las emergencias, proveer los procedimientos para actuar en tales circunstancias y diseñar los diagramas de aviso.

## 2. DESCRIPCION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA MENDRE II.

### 2.1 Ubicación Regional.

La CH Mendre II, está localizada en el río Chiriquí en la Provincia de Chiriquí, aproximadamente 37 km al norte de la ciudad de David. El acceso a las estructuras principales de la Central Hidroeléctrica se describe: por la vía hacia Boquete, se desvía y continua sobre la calle principal que conduce hacia la comunidad de Caldera, luego de la iglesia del pueblo, se desvía hacia la derecha por el camino de material selecto, en dirección sureste aproximadamente a 5.2 km se encuentra la entrada a la CH Mendre II.

Las estructuras que conforman la CH Mendre II, se localizan entre las siguientes coordenadas:

**Cuadro N° 1 - Ubicación de las estructuras que conforman la CH Mendre II**

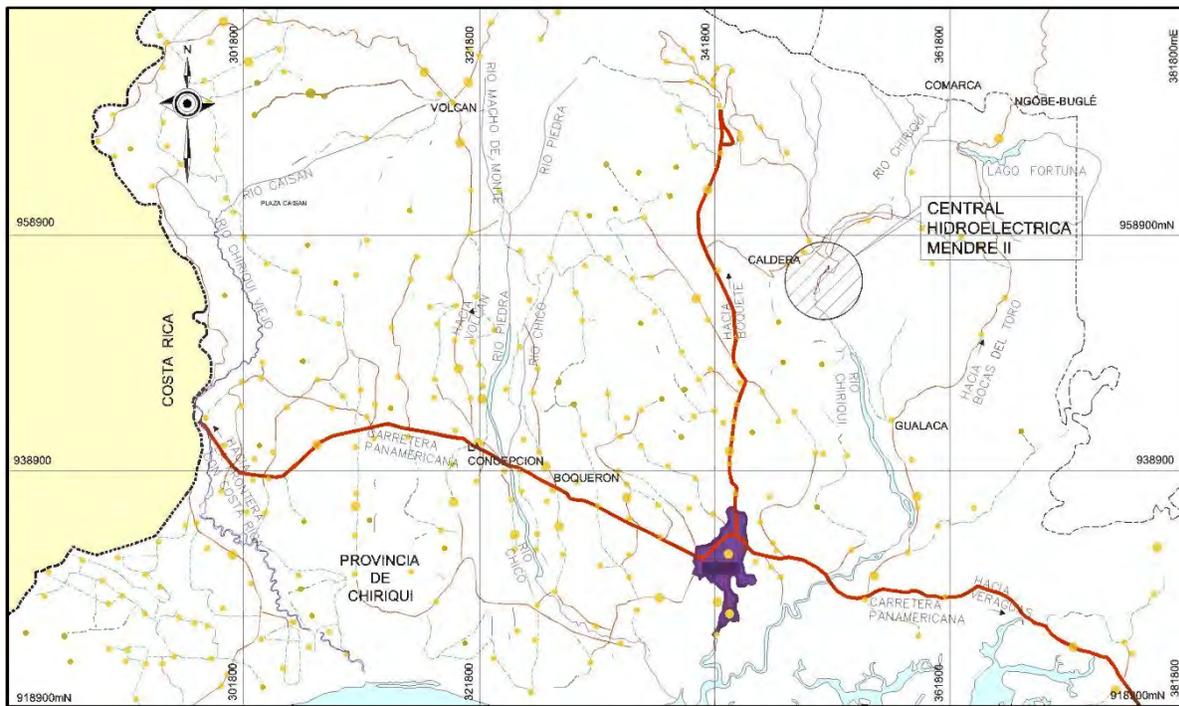
Nombre de la estructura		Coordenadas NAD 27		Coordenadas WGS	
		Este	Norte	Este	Norte
Estructura de toma		351197.4	955881.8	351203.8	956061.0
Canal de Aducción	Inicio	351191.1	955850.6	351209.3	956057.2
	Final	351065.9	955716.0	351084.1	955922.7
Canal y Túnel de conducción	Inicio	351065.9	955716.0	351084.1	955922.6
	Final	350269.8	954118.2	350287.9	954324.8
Cámara de Carga		350233.7	954089.3	350251.9	954295.9
Tubería a presión	Inicio	350231.1	954969.0	350252.4	954278.4
	Final	350441.9	953950.1	350259.9	954148.9
Casa de Máquinas		350233.9	953938.8	350252.2	954145.4
Canal de descarga	Inicio	350233.0	953884.6	350251.2	954091.2
	Final	350323.9	953621.7	350242.1	953828.4

En la figura N° 1 y N° 2 se muestra la ubicación regional de la Central Hidroeléctrica Mendre II.

Figura N° 1 – Localización Regional de la Central Hidroeléctrica Mendre II



Figura N° 2 – Localización Provincial de la Central Hidroeléctrica Mendre II



En el ANEXO B y la Figura N° 4 se presenta la localización general del proyecto y las características del sitio.

A continuación en la figura N°3 se presenta el camino de acceso hacia la Central Hidroeléctrica Mendre II.

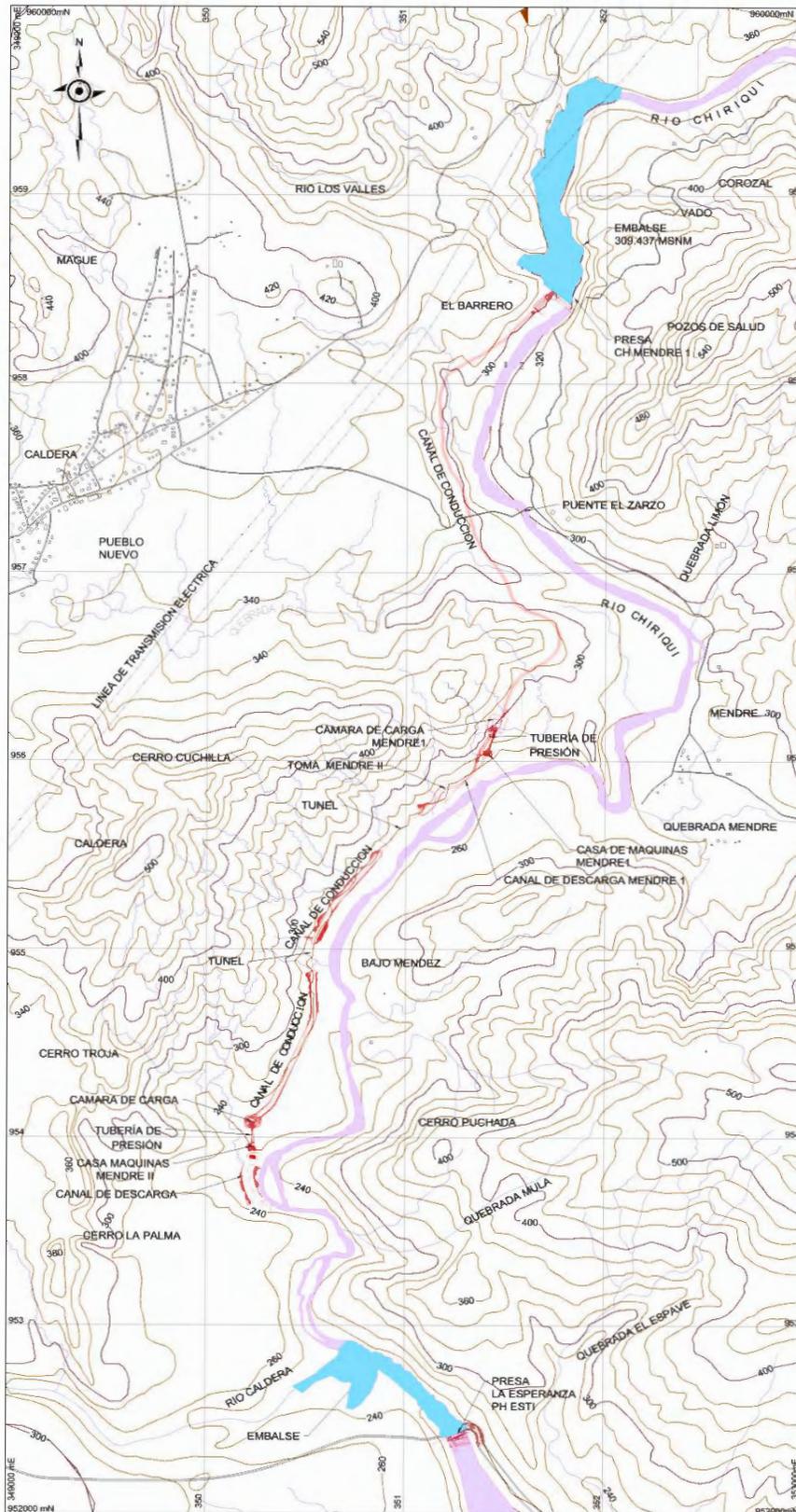
**Figura N° 3 – Camino de acceso a la Central Hidroeléctrica Mendre II**



**Cuadro N° 2 – Caminos de acceso a la CH Mendre II**

Punto	Recorrido	Longitud (Km)	Tipo de camino
P1	vía Boquete-Caldera	9.9	Asfaltado
P2	Caldera (P1)-Entrada de la Central	5.2	Material selecto

Figura N° 4 – Localización General de la Central Hidroeléctrica Mendre II



## 2.2 Características de la Central Hidroeléctrica Mendre II.

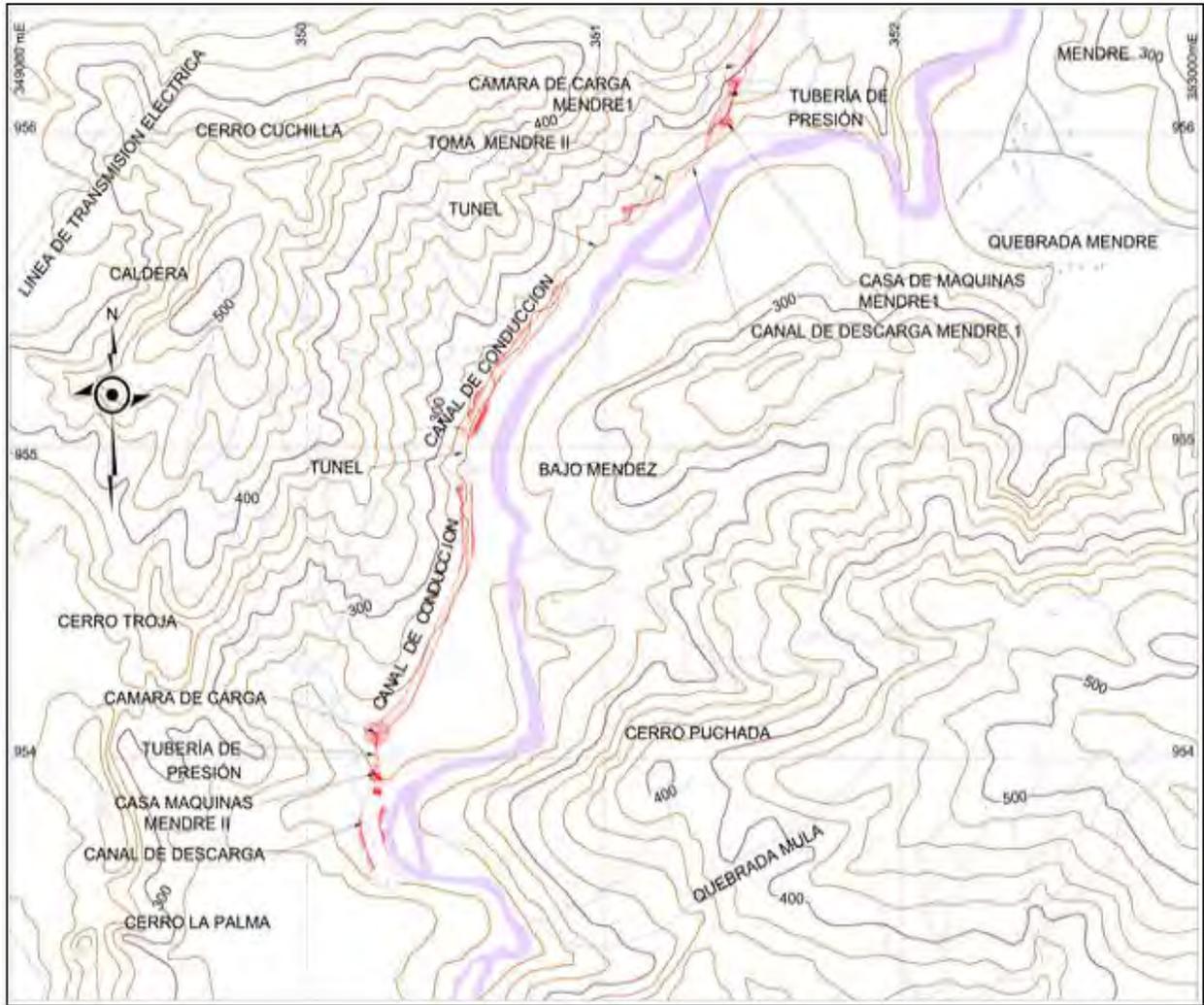
La Central Hidroeléctrica Mendre II utiliza las aguas turbinadas de la central Mendre I y está formada por las siguientes estructuras: obra de toma, canal de conducción y túnel, un vertedor de demasías, una cámara de carga, 2 líneas de tubería forzada, una casa de máquinas, un canal de descarga y sistema de transmisión asociado.

En el Cuadro N° 3 se presentan las características principales de la Central Hidroeléctrica Mendre II.

**Cuadro N° 3 - Características principales de la Central Hidroeléctrica Mendre II**

Descripción	Datos
Provincia	Chiriquí
Distrito	Boquete (Presa y Casa de Máquinas)
Ciudades cercanas	Caldera, Boquete
Recurso de agua	Río Chiriquí, Caudales turbinados de la Central Hidroeléctrica Mendre II.
Área de drenaje	346 km <sup>2</sup>
Caudal anual promedio	30.3 m <sup>3</sup> /s
Caudal de diseño del vertedero 1:1,000 años	1397 m <sup>3</sup> /s
Caudal de diseño -canal	43.5 m <sup>3</sup> /s
Tirante normal en el canal	2.47 m
Velocidad en el canal	1.92 m/s
Tipo de vertedero	Demasías
Canal de conducción, longitud, ancho, profundidad	2,065m, B=5.5 m, variable
Cámara de Carga, nivel normal de agua, profundidad	El. 249.50 msnm, 6.6 m
Tubería forzada, diámetro	2.8m
Tipo de casa de máquinas	Superficial
Canal de Descarga, longitud, ancho, (sección Trapezoidal)	258 m, 20 m
Tipo de turbina, número	Eje Vertical, Kaplan 2
Capacidad entregada en interconexión	7.1 MW
Línea de Transmisión, voltaje, circuitos, longitud	34.5kv, 1 , 5,400 m
Interconexión al SIN en	Subestación Caldera

**Figura N°5– Esquema General de la Central Hidroeléctrica Mendre II**



A continuación se describen las estructuras que conforman la CH Mendre II, de forma general:

### 2.2.1 Obra de Toma

La obra de toma consiste en una estructura de concreto de dos compartimientos de 4.50 metros de ancho por 7.30 metros de alto. La captación de las aguas provenientes de la descarga de la CH Mendre I inicia con una rampa de 34.31 metros de largo y pendiente 0.032 m/m, luego atraviesa la estructura de concreto provista de compuertas, para entones entrar en una zona de transición y luego entrar en un canal trapezoidal de 5.5 metros de ancho y pendiente 0.0002 m/m revestido con PEAD.

### 2.2.2 Canal de Conducción y Túnel

De acuerdo al plano de alineamiento del canal de conducción de la CH Mendre II y de tubería forzada, las características del canal de conducción son:

**Cuadro N° 4 – Características principales del canal de conducción**

P.K Inicial	P.K. Final	Tipo de Sección
<b>TRAMO 1</b>		
0	12	Transición
12	187	Canal trapecial revestido con lámina
187	187	Transición
187	475	Túnel rectangular revestido con lámina
475	490	Transición
490	1063	Canal trapecial revestido con lámina
<b>TRAMO 2</b>		
1063	1070	Transición
1070	1250	Túnel rectangular revestido con lámina
1250	1232	Transición
1232	2065	Canal trapecial revestido con lámina
<b>Descripción</b>		<b>Datos</b>
Total Canal trapecial		1602 m
Total sección rectangular		424 m
Total transiciones		60 m
Total		2065 m

✓ **Vertedero de Demasías**

El aliviadero está ubicado en la estación 0k+940 y presenta 100 metros de longitud. La corona del aliviadero se encuentra en la cota 250.10 msnm.

**2.2.3 Cámara de Carga.**

La cámara de carga es un reservorio formado con paredes perimetrales de diques de material de relleno, revestido de geo membrana impermeable de 2.5 mm de espesor. El nivel de operación normal (NMON) está en la cota 249.50 msnm, el piso de la cámara de carga se ubica en la cota 243.90 msnm y el nivel superior de la cámara en la cota 250.50 msnm.

La estructura de entrada a la cámara de carga al final del canal corresponde a una sección rectangular sin compuertas con escalonamiento descendiente. La estructura de salida está compuesta por dos cámaras (una para cada tubería forzada), las cuales poseen vanos de 2.8 metros de ancho por 2.80 metros de alto y compuertas planas deslizantes.

Esta estructura posee un desagüe de fondo, compuesto por un sumidero ubicado en la cota 243.90 msnm, una válvula y una tubería de 400 mm de diámetro PVC, la cual descarga directamente al río Chiriquí.

## 2.2.4 Tubería Forzada.

Las principales características de la tubería forzada de la Central Hidroeléctrica de Mendre II son las siguientes:

Dos tuberías forzadas de las siguientes características:

**Cuadro N°5 – Características principales de la tubería de presión**

Descripción de la Tubería	Unidad	Datos
<b>Tubería 1-Derecha (de cámara de carga hacia casa de máquinas)</b>		
Longitud total de tubería forzada (hasta muro de cimentación de turbina)	m	137.35
Longitud total de tubería de PRFV (hasta la pared de la casa de máquinas)	m	131.04
Diámetro Ø	mm	2800
<b>Tubería 2-Izquierda (de cámara de carga hacia casa de máquinas)</b>		
Longitud total de tubería forzada (hasta muro de cimentación de turbina)	m	138.17
Longitud total de tubería de PRFV (hasta la pared de la casa de máquinas)	m	131.04
Diámetro Ø	mm	2800
Cota máxima de agua en la cámara de carga	msnm	250.20
Cota mínima de agua en la cámara de carga	msnm	245.00
Cota más baja de la tubería forzada (eje)	msnm	224.59
Presión estática máxima en el punto de encuentro con la casa de máquinas	mca	2.61
Presión estática mínima en el punto de encuentro con la casa de máquinas	mca	20.41

## 2.2.5 Casa de Máquinas.

La casa de máquinas es parcialmente superficial. Soterrado se encuentran los muros principales de concreto que forman parte de la zona de maquinas y superficialmente se proyecta una galera de estructura de acero con cerramiento de paneles de acero galvanizado y núcleo de polietileno expandido.

Este edificio aloja a dos turbinas tipo Kaplan de eje vertical.

## 2.2.6 Canal de Descarga.

El canal de descarga tiene una sección rectangular de 20 m de ancho, a la salida de las turbinas y se construye con hormigón armado. Inmediatamente después se produce una transición a sección trapecial de 12 m de ancho y taludes 1H:1V. La longitud de la transición es 12 m.

El tramo de sección trapecial tiene 12 m de ancho y una longitud total de 18 m. Se reviste de escollera. A continuación se produce un ensanchamiento de 30 m de longitud hasta pasar a sección trapecial de 20 m de ancho en la base. Se mantienen los taludes. La longitud del tramo trapecial con 20 m de base es de 256 m.

El último tramo consiste en un ensanchamiento en planta hasta obtener una base de 40 m y una elevación progresiva del fondo del canal hasta conseguir la cota del cauce.

### **2.2.7 Subestación.**

La sub-estación se encuentra ubicada adyacente a la casa de máquinas con un transformador de potencia y panel de conmutación.

### **2.2.8 Línea de Transmisión.**

Línea de transmisión de circuito sencillo de 34.5kv y de 5,400 m de longitud a la subestación de Caldera.

### **2.2.9 Caminos de Accesos Permanentes.**

Caminos nuevos a la presa y toma, y hasta la cámara de carga, a través del recorrido del canal.

## **2.3 Equipos Hidromecánicos.**

En el siguiente cuadro se presenta una breve descripción de las compuertas que componen la CH Mendre II:

**Cuadro N° 6 - Condición normal de las compuertas**

<b>Descripción</b>	<b>Condiciones</b>	<b>Ubicación</b>
Compuerta de toma	Normalmente abierta	2 compuertas planas ubicada al inicio del canal.
Ataguías de cámara de carga	Normalmente abierta	2 compuertas planas ubicadas aguas abajo de la cámara de carga
Compuerta de cámara de carga	Normalmente abierta	2 compuertas planas ubicadas aguas abajo de las ataguías de cámara de carga
Compuerta de Descarga de Fondo	Normalmente abierta	2 compuertas planas ubicadas aguas abajo de la casa de máquinas

## **2.4 Equipos Electromecánicos Principales.**

El siguiente cuadro muestra una breve descripción de los equipos que componen la Central:

**Cuadro N° 7 - Partes principales de los equipos electromecánicos**

<b>Equipos Electromecánicos</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>	<b>Datos</b>
Diámetro	m	1.755
Turbina	tipo	Kaplan
Caída neta nominal	m	21.67
Caída neta máxima	m	21.67
Descarga máxima por unidad	m <sup>3</sup> /s	21.75
Capacidad máxima	MW	4.3
Velocidad	rpm	360
Número de unidades	UND	2
Regulador de velocidad o gobernador	Control	TC 1703
Sistema	Tipo	Electrónico
Generador	Generador	vertical
Capacidad nominal	MVA	4.830
Factor de potencia	-	0.9
Voltaje nominal	kv	13.8
Corriente nominal	A	202
Frecuencia	Hz	60

### **3. CRITERIOS Y PARAMETROS DE DISEÑO.**

#### **3.1 Datos Geológicos y Geotécnicos.**

A continuación se presenta un resumen de las características geológicas y geotécnicas en los sitios de emplazamiento de las obras de la Central Hidroeléctrica Mendre II.

##### **Obra de Toma**

El cauce del río Chiriquí se encuentra relleno de un depósito aluvial grueso, en el cual el componente de arena-grava, forma una minoría volumétrica que, a menudo, no sobrepasa el 10 % en volumen. Litológicamente se trata de fragmentos y bloques métricos y clastos de centímetros, mal clasificados. Los fragmentos se encuentran frescos, predominando las variedades de lavas ácidas y medias (dacitas, riolitas) intrusivos ácidos (granodioritas, granitos); rocas intermedias y básicas (basaltos, andesitas).

Se suponen los siguientes parámetros:

- ✓ Coeficiente del Módulo de reacción del subgrado del terreno de 4000 t/m<sup>3</sup>
- ✓ Parámetros del material de relleno: densidad de 2 t/m<sup>3</sup>, ángulo de rozamiento interno de 30° y cohesión nula.

##### **Conducción, Cámara de Carga y Tubería Forzada**

La conducción originalmente proyectada toda como un canal trapezoidal fue modificada a una combinación de canal (80%) y túnel (20%), debido a la presencia de roca volcánica de buena resistencia. También se detectó la presencia de suelo o roca meteorizada compuesta mayormente por arcilla.

##### **Casa de Máquinas y Canal de Descarga**

En esta zona se puede encontrar materiales aluvionales de granulometría muy heterogénea, donde el componente fino forma un bajo porcentaje de la fracción.

Para el diseño de la cimentación de la casa de maquinas se asumieron los siguientes parámetros:

- ✓ Coeficiente del Módulo de reacción del subgrado del terreno de 5000 t/m<sup>3</sup>
- ✓ Parámetros del material de relleno: densidad de 2 t/m<sup>3</sup>, ángulo de rozamiento interno de 30° y cohesión nula.
- ✓ Según observaciones realizadas en obra se ha supuesto la existencia de 4m de roca consistente sobre la cota de cimentación, que se ha considerado estable para esa altura con un talud vertical incluso con sismo.

### 3.2 Hidrológicos e Hidráulicos.

Los criterios hidrológicos e hidráulicos de diseño de las estructuras de la CH Mendre II se utilizaron datos provenientes del diseño de la CH Mendre I. En el siguiente cuadro se resumen caudales máximos estimados.

**Cuadro N° 8 – Caudales Máximos estimados mediante el Método Estadístico**

Periodo de Retorno (Años)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
2	249
5	375
10	485
25	645
100	908
1000	1,397
10000	2,003

#### 3.2.1 Diseño Hidráulico del Canal de Conducción

**Cuadro N° 9 - Partes Principales del Canal de Conducción**

Descripción	Unidades	Datos
<b>Datos principales del canal de conducción</b>		
Cota máxima agua en el inicio	msnm	250.53
Cota máxima agua en el final	msnm	249.50
Pérdida de carga máxima disponible	m	1.03
<b>La sección de canal de conducción</b>		
Tipo de sección	-	trapezoidal
Pendiente	m/m	0.0002
Ancho base de canal	m	5.5
Taludes	H:V	3:2
Tirante	m	2.47
Altura mínima	m	3.0
Velocidad	m/s	1.92
Número de Froude	-	0.46
Pérdida de carga en el tramo en canal $\Delta H_c = 0.0002 \times 1.602$	m	0.320
<b>Sección rectangular del canal de conducción</b>		
Descripción	Unidades	Datos
Pendiente	m/m	0.00072
Ancho base de canal	m	5.50

Revestimiento sección rectangular	-	Lámina plástica
Tipo de sección para túnel	-	baúl / herradura
Altura hastial para túnel (incluye resguardo sobre lámina de agua)	m	3.0
Radio interior de bóveda en túnel	m	2.75
Pérdida de carga en el tramo en túnel $\Delta H_{tu} = 0.00072 \times 424 \rightarrow$	m	0.305

### 3.2.2 Diseño Hidráulico del Canal de Descarga

**Cuadro N° 10 - Partes Principales del Canal de Descarga**

Sección del canal de Descarga		
Descripción	Unidades	Datos
Caudal de diseño con dos turbinas	m <sup>3</sup> /s	43.50
Caudal de diseño con una turbina	m <sup>3</sup> /s	21.75
Longitud del canal	m	358
Cota de fondo del canal a la salida de las turbinas	msnm	220.69
Cota del cauce en la unión con el canal	msnm	226.10
Nivel del agua en el cauce del río	msnm	226,85
Nivel máximo del agua a la salida de las turbinas - 2 turbinas en funcionando	msnm	227.39
Nivel máximo del agua a la salida de las turbinas - 1 turbina en funcionando	msnm	226,89

El siguiente cuadro indica los principales parámetros de diseño:

**Cuadro N°11 – Variables de diseño del canal de descarga**

SECCION	DESCRIPCIÓN	PK INICIAL	Longitud	PK FINAL	Coefficiente n	Ancho fondo	Pendiente	Cota Inicial	Cota Final
60	Salida Turbinas	0	12	12	0.015	20	-0.3917	220.6900	225.3900
51	Final Transición Inicial	12	0.5	12.5	0.015	12	0.0008	225.3900	225.3896
50	Inicio de Zona de Escollera	12.5	12	24.5	0.035	12	0.0008	225.3896	225.3800
41	Final Zona Escollera	24.5	0.5	25	0.035	12	0.0008	225.3800	225.3796
40	Sección Trapecial ancho 12	25	5	30	0.035	12	0.0008	225.3796	225.3756
30	Inicio de Transición a 18 m	30	16	46	0.03	12	0.0008	225.3756	225.3628
20	Inicio de Tramo 18 m	46	256	302	0.03	20	0.0008	225.3628	225.1580
11	Inicio Transición de salida	302	40	342	0.03	20	-0.0231	225.1580	226.100
10	Unión con río	342	16	358	-	36	-	226.100	0

### 3.3 Sísmicos

En la Central Hidroeléctrica de Mendre II, se utilizaron las siguientes aceleraciones para el diseño de las estructuras que componen la Central:

Según los requerimientos técnicos de la CH Mendre II:

**Cuadro N° 12 - Aceleración del terreno (PGA) a nivel del terreno obtenida para los sitios de la CH Mendre II**

<b>Sitio</b>	<b>Probabilidad anual 0.004 250 años</b>	<b>Probabilidad anual 0.002 500 años</b>	<b>Probabilidad anual 0.001 1000 años</b>
Toma de agua	0.37 g	0.42 g	0.50 g
Casa de Máquinas	0.36 g	0.41 g	0.47 g
Conducción	0.36 g	0.41 g	0.48 g

\*Desviación estándar de  $\pm 0.75$  para cada punto evaluado.

Para el diseño de las estructuras se recomienda utilizar una probabilidad anual de excedencia de 0.004 para un periodo de retorno de 250 años.

Se considera una aceleración pico horizontal de 0,37g y una aceleración pico vertical de 0,25g (2/3 de la anterior).

Para la comprobación de la estabilidad se utilizan las aceleraciones pseudo-estáticas de 0,25g en horizontal y 0,12g en vertical.

## **4. RESPONSABILIDADES GENERALES BAJO EL PADE.**

### **4.1. Responsabilidades del Dueño.**

Electro Generadora del Istmo, S.A., tiene la responsabilidad legal de desarrollar el Plan de Acción durante Emergencias (PADE). Serán asimismo parte de sus obligaciones la implantación, mantenimiento y actualización del Plan.

Electro Generadora del Istmo, S.A., como Responsable Primario de la presa, debe actualizar permanentemente el PADE, particularmente en lo relacionado a cambios de personas o entidades con responsabilidad específica, direcciones, números telefónicos, frecuencias e identificaciones de radio y toda otra información crítica para la eficacia de las acciones previstas. Asimismo se debe actualizar cualquier cambio significativo ocurrido aguas abajo o aguas arriba de la Central Hidroeléctrica Mendre II que pudiera alterar el área de riesgo o la localización de personas que deben ser alertadas. Tal actualización debe ser anual, como mínimo, debiendo remitirse a la ASEP quien por medio de la UTESEP gestionará su aprobación.

### **4.2. Responsabilidades de Notificación.**

Electro Generadora del Istmo, S.A., es el responsable de notificar cualquier alerta. Se ha preparado un cuadro N°17, donde se indican los organismos responsables de declarar la notificación en base a la alerta temprana de cada emergencia.

### **4.3. Responsabilidades de Evacuación.**

SINAPROC, es el encargado de realizar la evacuación aguas abajo de la Central Hidroeléctrica de Mendre II.

### **4.4. Responsabilidades de Terminación y Seguimiento.**

Electro Generadora del Istmo, S.A., es responsable por dar seguimiento, terminar y reportar los detalles relacionados a la emergencia.

### **4.5. Responsabilidad de Coordinador del PADE.**

Electro Generadora del Istmo, S.A., ha establecido como responsable para coordinar el Plan de Acción Durante Emergencias (PADE), al ingeniero Elvis Sands; quien también tendrá como parte de sus obligaciones la implantación, mantenimiento y actualización de dicho plan.

## **5. DETECCIÓN DE LA EMERGENCIA, EVALUACIÓN Y CLASIFICACIÓN.**

De acuerdo a los parámetros de diseño de las estructuras de la Central Hidroeléctrica Mendre II y a los requerimientos de las Normas de Seguridad de Presa de ASEP se establecen los criterios que deben advertir al Responsable de la Seguridad de la Central Mendre II sobre la aparición de situaciones que puedan considerarse emergencias y pongan en peligro las estructuras y la vida de personas aguas abajo. Las acciones a seguir serán de gran importancia para cumplir con el objetivo del PADE.

### **5.1. Definición de los Tipos de Alertas.**

La Central Hidroeléctrica Mendre II, ha sido diseñada y construida siguiendo normas internacionales que establecen factores de seguridad adecuados para el manejo de situaciones operacionales normales, inusuales y extremas. Las distintas condiciones de operación han sido combinadas para encontrar los esfuerzos críticos en sus estructuras y asegurar que serán resistidos con un adecuado margen de seguridad. En el ANEXO C se encuentran las referencias de los planos como construido de la central.

Las Normas de Seguridad de Presa aprobadas por ASEP requieren evaluar los efectos de una posible falla de la presa. En este caso, para la Central Hidroeléctrica de Mendre II, se tomará en consideración los efectos de la falla de la presa en la CH Mendre I. También se considera el fallo del canal de conducción específicamente la zona del relleno lateral al río Chiriquí y la falla de la cámara de carga.

Para que se dé el fallo de la presa en la CH Mendre I, ó del canal de conducción o cámara de carga de la CH Mendre II, primero deben darse situaciones, poco comunes, que pueden ser detectadas por el personal que labora en su operación, mediante la inspección y auscultación de la presa y de las estructuras de la CH Mendre II.

Una vez identificadas estas situaciones se debe determinar si la presa de la Central Hidroeléctrica de Mendre I, ó las estructuras de la CH Mendre II se encuentra en una emergencia. Dependiendo de la gravedad, se establecerán los procedimientos a seguir. En la mayoría de los casos se refuerza la vigilancia e implementan medidas para mitigar y controlar la situación. De no ser eficientes estas acciones y empeorar la situación, aumentará la amenaza de falla, ya que, no se contará con el tiempo suficiente para actuar.

Según el grado de la emergencia, se fijaran alertas, las cuales pueden ser de tipo blanca, verde, amarilla o roja. A medida que la situación va aumentando su riesgo de falla y las medidas implementadas no funcionen, se irá cambiando el tipo de alerta. Fijado el estado de alerta en la presa de la CH Mendre I, canal de conducción ó en la cámara de carga de la CH Mendre II, existe una amenaza de falla. Entendiéndose como amenaza de falla todas las situaciones que de no ser controladas a tiempo, den indicios de una inminente rotura.

Los operadores de la presa en la CH Mendre I, y oficial de seguridad de las estructuras de la CH Mendre II, deben estar preparados para identificar señales que indiquen el mal funcionamiento de la presa, canal de

conducción ó cámara de carga de la CH Mendre II y poder determinar la gravedad de la situación para dar las alarmas respectivas aguas abajo de estas estructuras (ver sección 5.4.).

### **5.1.1. Alerta Blanca.**

**Causas:**

Inicio de vertimiento, el nivel del embalse ha alcanzado la elevación 310.50 msnm y el sistema de alerta hidrológico indica que continúan las lluvias aguas arriba. Se está desarrollando una situación potencialmente peligrosa que implica la necesidad de un manejo controlado del embalse con vertimientos que no afecten la seguridad de las obras ni que puedan afectar la seguridad pública.

Se ha registrado en los instrumentos de la presa un sismo que ha ocasionado una aceleración horizontal del terreno de 0.1g ó menor.

Se ha detectado la presencia de filtraciones o grietas evidencias de desplazamientos en las estructuras debido a los rellenos de materiales a lo largo del canal de conducción y cámara de carga.

### **5.1.2. Alerta Verde.**

**Causas:**

El embalse se ha elevado por encima del nivel 312.20 msnm (avenida TR: 1:50). El sistema de alerta hidrológico indica que está lloviendo en la cuenca del embalse y se pronostica el aumento de nivel del embalse.

Se ha registrado en los instrumentos de la presa un sismo que ha ocasionado una aceleración horizontal del terreno entre 0.1g y 0.23g. Se han observado daños no estructurales en la presa.

Se ha detectado visualmente la presencia de filtraciones, aumento de filtraciones, aparición de grietas o evidencias de desplazamientos en las estructuras de concreto o rellenos de materiales.

### **5.1.3. Alerta Amarilla.**

**Causas:**

El embalse ha alcanzado el nivel 313.50 msnm. El sistema de alerta temprana indica que está lloviendo en la cuenca del embalse y se pronostica el aumento de nivel del embalse. Se ha iniciado una brecha en los diques de encauzamiento y se ha iniciado filtración por las mismas.

Se ha registrado en los instrumentos de la presa un sismo, que ha ocasionado una aceleración horizontal del terreno entre 0.23g y 0.37g. La inspección visual inmediata de la presa aprecia daños estructurales en la presa o filtraciones o desplazamientos. Potencial deslizamiento de laderas en el embalse.

Están en aumento o han aparecido nuevas filtraciones o han aparecido nuevas grietas o han aumentado los desplazamientos. Hay evidencias de principio de desarrollo de fallas. Han ocurrido actos significativos de vandalismo o sabotaje.

Se debe dar aviso a las instituciones públicas responsables para la evacuación de la población en las zonas inundables mostradas en los mapas de inundación del ANEXO B.

#### **5.1.4. Alerta Roja.**

##### **Causas:**

El embalse se ha elevado por encima del nivel de la cresta y está vertiendo por arriba del nivel 314.50 msnm. El sistema de alerta temprana indica que está lloviendo en la cuenca del embalse y se pronostica el aumento de nivel del embalse. La brecha ha aumentado y es inminente la falla de la presa de la CH Mendre I.

Se ha sentido en la presa ó en sus proximidades un terremoto, que ha ocasionado una aceleración sísmica igual o mayor a 0.37g. La inspección visual inmediata de la presa aprecia daños estructurales o grietas y filtraciones a presión.

Se aprecian filtraciones incontrolables y en aumento o se producen nuevas grietas o aumento de las existentes, hay rompimiento y arrastre de porciones de la presa.

La falla, el colapso parcial o total es inminente o ha ocurrido, con pérdida incontrolable de agua del embalse. Es un hecho incontrolable que conduce a la falla. No hay tiempo para evaluar ni controlar la situación.

Se ha dado la falla en el canal de conducción ó se ha producido la rotura de la cámara de carga.

Se debe dar aviso a las instituciones públicas responsables que ha ocurrido la falla y se debe proceder con las operaciones de protección, control y rescate de la población que no pudo ser evacuada de las zonas inundadas.

#### **5.2. Descripción de la Amenaza de Falla en la Presa de CH Mendre I.**

El pequeño embalse que produce la presa de desvío de la Central Hidroeléctrica Mendre I, de aproximadamente 87,000 m<sup>3</sup>, no representa una gran amenaza a la población aguas abajo de la presa.

La Foto N° 1 muestra el sitio de la presa y el embalse a la cota 309.50 msnm.



**Foto N° 1- Presa y Embalse CH Mendre I (Nivel 309.50 msnm)**

Para este análisis se ha considerado la condición más crítica, que sería la condición original: sin acumulación de sedimentos o después de una limpieza total de los sedimentos aguas arriba de la presa. De existir acumulación de sedimentos representaría un menor volumen de agua y una amenaza menor al público aguas abajo.

La falla potencial de la presa produciría la salida repentina del agua del embalse en un pequeño lapso de tiempo. El tiempo de la falla de una presa depende del tipo de presa y las características geométricas de los taludes.

Se ha tomado un valor conservador de tiempo promedio de 0.25 horas (900 segundos), para una presa de concreto que falla en múltiples bloques, obteniendo el caudal generado por esta falla el cual sería de:

$$Q_{falla} = (87,000 \text{ m}^3)/900 \text{ segs}$$
$$Q_{falla} = 97 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Este caudal representa una probabilidad de ocurrencia de menos de dos años según el estudio hidrológico realizado para el diseño de las estructuras.

Con esto se concluye que la rotura de la presa por cualquier motivo no ocasionaría una emergencia debido a que no aumentaría los niveles del río de manera notable con respecto a las crecidas ordinarias. Para los requerimientos de ASEP sobre escenarios de emergencia se descarta la rotura de presa por no presentar una emergencia adicional.

### 5.3 Descripción de la Amenaza de Crecida

La categorización de la presa de la CH Mendre I de acuerdo a sus características y a su riesgo hacia el público aguas abajo se considera “**categoría C**” de “**Bajo Riesgo**”. El criterio de verificación hidrológico establecido en la Norma de Seguridad de Presa de ASEP para esta categoría es la crecida de periodo de retorno 1 en 100 años.

Aunque el criterio de diseño de la Central Hidroeléctrica de Mendre I ha sido para una crecida de 1:1,000 años, la verificación de acuerdo a los criterios de ASEP se hará para las crecidas ordinaria y extraordinaria: 1: 50 y 1:100 años. Además, se hace la verificación para la crecida de 1:1,000 años.

### 5.4. Causas de Declaración de la Emergencia.

Los operadores de la presa en la Centrales Hidroeléctrica de Mendre I deben conocer, cuáles son las causas o factores determinantes para declarar una emergencia. Como se ha mencionado la Central Hidroeléctrica Mendre II no cuenta con una presa, por lo tanto, está sujeta a la alerta declarada por los operadores de la presa de la CH Mendre I, quienes deben estar preparados para detectar y declarar una emergencia. Las causas de emergencia pueden darse en conjunto ó individualmente. Un deterioro progresivo o rápido de estas situaciones pueden provocar hasta la rotura o fallo grave del funcionamiento de la presa.

El oficial de seguridad de la presa y de las estructuras de la Central Hidroeléctrica Mendre II, debe estar preparado para detectar anomalías en el canal de conducción ó en la cámara de carga.

Existen dos tipos de causas:

- ✓ Exógenas, o causas que tienen su origen fuera de la presa.
- ✓ Endógenas, o causas que tienen su origen en el comportamiento de la presa o el embalse y afectan a determinados elementos de los mismos.
- ✓ Atención Referente, son causas que conllevan mayor riesgo para la seguridad de la presa. En el presente Plan son todas las que puedan contribuir a la acentuación de los siguientes fenómenos:
  - a) Vertido por la coronación de la presa, en tanto que la presa queda sometida a solicitaciones mayores que las previstas y, además, pueden producirse erosiones al pie de la misma. (Aunque esta situación ocurre normalmente en la presa de Dolega en la época lluviosa sin dejar consecuencias).
  - b) Problemas de estabilidad de la presa o deterioro del terreno de cimentación.
  - c) Problemas de permeabilidad o drenaje del terreno de cimentación.Atenuación Normal, son causas que conllevan un menor riesgo para la seguridad de la presa.

Las causas que deben considerarse en este Plan de Acción durante Emergencia de acuerdo a su acción son las indicadas en el Cuadro N° 13 a continuación.

**Cuadro N° 13 - Causas de la emergencia**

<b>EXÓGENAS</b>	
<b>ATENCIÓN PREFERENTE</b>	<b>ATENCIÓN NORMAL</b>
Avenida	Sismo
	Precipitación local extrema
	Deslizamiento de laderas
	Fuego, vandalismo, sabotaje, guerra
<b>ENDÓGENAS</b>	
<b>ATENCIÓN PREFERENTE</b>	<b>ATENCIÓN NORMAL</b>
<b>CUERPO DE PRESA</b>	
Movimientos anómalos y sobretensiones	Permeabilidad de juntas
<b>ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL HORMIGÓN</b>	
	Deterioro y envejecimiento del hormigón
<b>CIMENTACIÓN Y ESTRIBOS</b>	
Fallos de permeabilidad o drenaje	
<b>TOMA HIDROELÉCTRICA</b>	
Toma hidroeléctrica no operativa	Otros problemas de operación
<b>INSTALACIONES Y ACCESOS</b>	
Fallos en la auscultación	Fallos en el suministro eléctrico
	Fallos en la iluminación
	Fallos en las telecomunicaciones
	Fallos en los accesos
<b>EXPLOTACIÓN</b>	
	Incumplimiento de las normas de explotación

## 5.5. Determinación del Nivel de Emergencia.

Para determinar el nivel de la emergencia ó el nivel de la alerta, se han establecido umbrales, que ayudaran al operador de la presa a clasificar una emergencia. A continuación se presentan los umbrales para las distintas situaciones en las que se puede presentar una emergencia, con estos datos el operador de la presa podrá determinar el nivel de una emergencia sin ningún problema.

### 5.5.1. Umbrales Para los Distintos Sucesos.

En este punto se incluyen, para cada suceso desencadenante, los umbrales correspondientes a las alertas sucesivas que se van desarrollando. Así, es más cómodo para seguir la evolución de un suceso dado una vez que se haya declarado una alerta concreta asociada a la misma.

Los sucesos desencadenantes se agrupan en las siguientes categorías:

- ✓ Avenidas
- ✓ Sismos
- ✓ Consecuencia de las inspecciones y pruebas

### 5.5.2. Umbrales Asociados a Avenidas.

Las alertas se declaran ante la entrada de una avenida al embalse, cuando se alcanzan niveles de acuerdo a los indicados en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 14 – Resumen de umbrales asociados a las avenidas**

Tipo de alerta	Indicador	Umbral	Observaciones
Blanca	Nivel del Embalse	310.50 msnm	Ante una avenida
Verde	Nivel del Embalse	312.20 msnm	Crecida TR: 1:50 años
Amarilla	Nivel del Embalse	313.50 msnm	Ante una avenida
Roja	Nivel del Embalse	314.50 msnm	Niveles mayores a la cotas indicada

### 5.5.3. Umbrales Asociados a Sismos.

Se ha registrado en los instrumentos de la presa un sismo que ha ocasionado las siguientes aceleraciones:

**Cuadro N° 15 - Resumen de umbrales asociados a sismos.**

Tipo de alerta	Indicador	Umbral	Observaciones
Blanca	<b>Aceleración horizontal del terreno</b>	$a < 0.1 \text{ g}$	No se observan daños no estructurales en la presa.
Verde	<b>Aceleración horizontal del terreno</b>	$0.1 \text{ g} < a < 0.23 \text{ g}$	Se han observado daños no estructurales en la presa.
Amarilla	<b>Aceleración horizontal del Terreno</b>	$0.23 \text{ g} < a < 0.37 \text{ g}$	Se aprecian daños estructurales en la presa o filtraciones o desplazamientos. Potencial deslizamiento de laderas en el embalse.
Roja	<b>Aceleración en la presa o en sus proximidades</b>	$a > 0.37 \text{ g}$	Se aprecian daños estructurales o grietas y filtraciones a presión en la presa.

### 5.5.4. Umbrales Asociados a la Inspección y Pruebas.

El establecimiento de los umbrales asociados a las diferentes causas endógenas, será resultado de las inspecciones y pruebas llevadas a cabo, y tendrán, lógicamente, un marcado carácter cualitativo.

✓ **Alerta Blanca:**

Se procederá la declaración de esta alerta cuando se observen los indicadores mencionados en el Cuadro N° 16, y se aprecie una evolución rápida de los mismos. Igualmente, procederá la declaración de esta alerta cuando el Coordinador del Plan de Actuación durante Emergencias, lo estime oportuno por el resultado de la inspección que debe llevarse a cabo como consecuencia de la presencia de alguno de los indicadores presentados en el Cuadro N° 16, y el análisis específico de la situación.

✓ **Alerta Verde:**

Se declarará esta alerta cuando los indicadores detectados en la alerta blanca continúan en aumento.

✓ **Alerta Amarilla:**

Esta alerta se declarará a juicio del Coordinador del Plan de actuación durante Emergencias, por el resultado de la inspección que debe llevarse a cabo como consecuencia de la declaración de las alertas blanca y verde, y el análisis específico de la situación.

✓ **Alerta Roja:**

Esta alerta se declarará a juicio del Coordinador del Plan de actuación durante Emergencias, por el resultado de la inspección que debe llevarse a cabo como consecuencia de la declaración de las alertas blanca y verde, y el análisis específico de la situación.

**Cuadro N° 16 - Indicadores asociados a tareas de inspección y prueba**

<b>INSPECCIÓN DEL EMBALSE</b>
Descenso anómalo del nivel de embalse
<b>INSPECCIÓN DE PRESA VERTEDORA</b>
Movimientos o roturas del aliviadero o en el cuenco amortiguador
Pérdida de alineaciones en coronación
Agrietamiento profundo del hormigón
Fisuración o irregularidades superficiales del hormigón
<b>INSPECCIÓN DE PARAMENTOS</b>
Humedades superficiales en el hormigón
Turbidez de las filtraciones
Agrietamiento profundo del hormigón
Fisuración o irregularidades superficiales del hormigón
<b>INSPECCIÓN DEL PIE DE PRESA</b>

Humedades superficiales en el hormigón
Concentración de filtraciones al pie de la presa
Burbujeo en el contacto del pie de presa con el terreno
Turbidez de las filtraciones
Dolinas al pie de la presa o aguas abajo
Agrietamiento profundo del hormigón
Fisuración o irregularidades superficiales del hormigón
Levantamiento relativo del terreno al pie de la presa
<b>INSPECCIÓN AGUAS ABAJO DE LA PRESA</b>
Filtraciones aguas abajo de la presa
Turbidez de las filtraciones
Movimientos o roturas en el cuenco amortiguador
<b>INSPECCIÓN Y PRUEBA DE LA TOMA HIDROELÉCTRICA</b>
Mal estado de conservación de la toma hidroeléctrica sin afección inicial a la capacidad de evacuación
Mal funcionamiento de indicadores de la toma hidroeléctrica
<b>INSPECCIÓN Y PRUEBAS DE ÁMBITO GENERAL EN INSTALACIONES Y ACCESOS</b>
Fallos en la línea eléctrica de suministro
Fallos en la distribución eléctrica
Fallos en la iluminación
Fallos en las telecomunicaciones
Deterioro de los accesos a la presa
Interrupción de los accesos a la presa por inundación u obras
<b>INSPECCIÓN DEL CANAL DE CONDUCCIÓN</b>
Filtraciones en el talud del canal
Rotura de la geomembrana
Fisuración en la parte superior del relleno.
Hundimiento de la parte superior del relleno
Deslizamiento del talud del canal
<b>INSPECCIÓN DE LA CÁMARA DE CARGA</b>
Filtraciones en los taludes de la cámara de carga
Rotura de la geomembrana
Rotura de la geomembrana en la zona de contacto entre con los bloques de concreto en la obra de entrada y salida a la cámara de carga.
Fisuración, agrietamiento o hundimiento en alguna zona del relleno.
Deslizamiento de los taludes ó evidencia de asentamiento de la estructura.

### 5.5.5. Umbrales Asociados a la Auscultación.

La presa de la CH Mendre I no cuenta con equipos de auscultación por lo tanto, no se pueden asociar umbrales. Se recomienda contar con piezómetros para llevar control de la sub-presión, de caudalímetros, para llevar control de las filtraciones, péndulos para llevar control de los desplazamientos y la instalación de un acelerógrafo para llevar registro y control de los sismos. También se recomienda llevar un control topográfico anual, con la finalidad de observar movimientos en la presa.

## **5.6. Evaluación de las Emergencias.**

La evaluación de la emergencia debe ser realizada en cuanto se tenga conocimiento de la ocurrencia de algún evento en la presa o cercanías, se deberán realizar las siguientes acciones:

### **5.6.1. Indicadores de Nivel del Embalse:**

- ✓ Comprobar los niveles del embalse con lecturas de instrumentos de respaldo o redundantes.
- ✓ Verificar el evento mediante vigilancia directa (cámaras de video).
- ✓ Verificar los niveles mediante lectura directa en la presa.

### **5.6.2. Indicadores de Actividad Sísmica:**

- ✓ Verificación del evento mediante sistemas de respaldo.

### **5.6.3. Inspección a las Estructuras:**

- ✓ Verificación de la existencia de anomalías estructurales (grieta, movimiento, filtración, etc.) o mal funcionamiento de equipos (filtraciones, inoperativos, fallas) no detectado por los instrumentos y no reportado previamente por otros operadores.
- ✓ Verificación mediante contacto con los especialistas sobre la gravedad de la anomalía.
- ✓ Verificación de asentamientos en el relleno en la presa de Mendre I, canal de conducción o cámara de carga de la CH Mendre II.

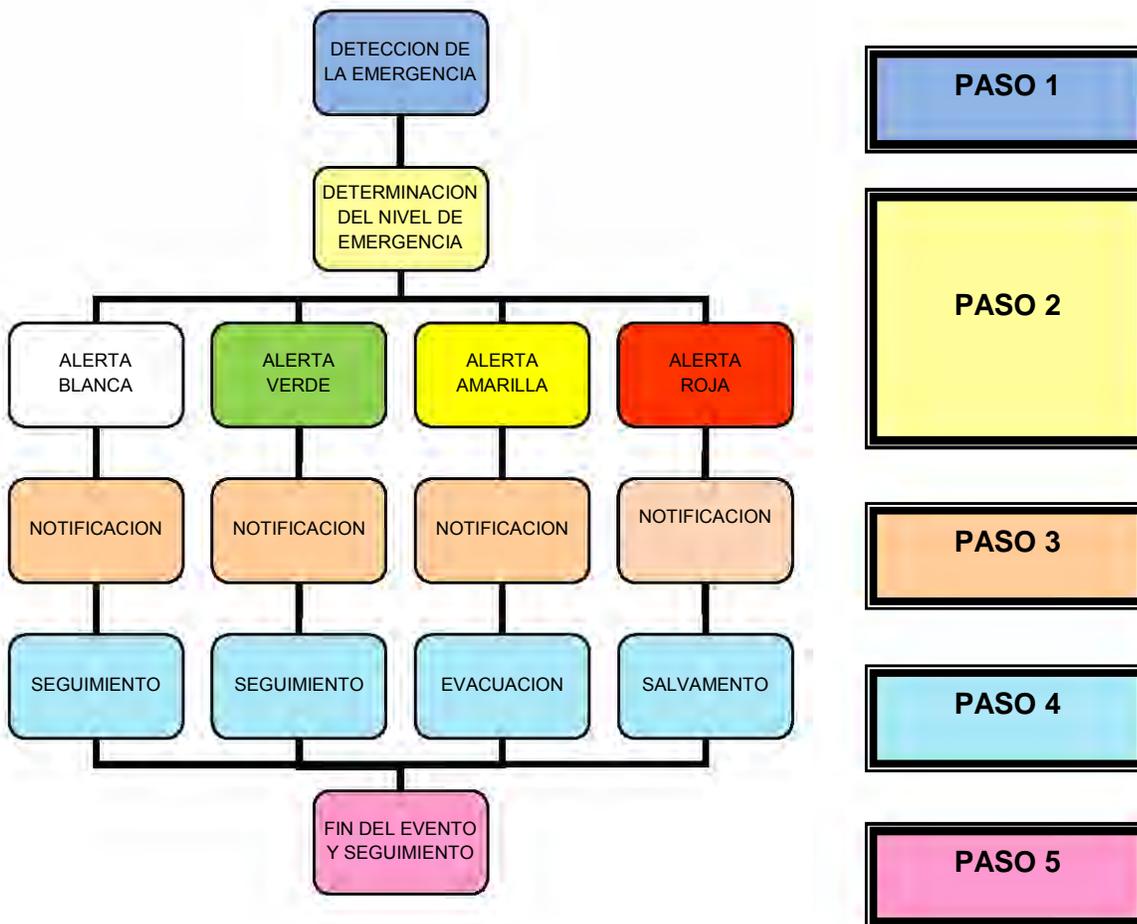
## **5.7. Conclusión de la Emergencia.**

Una vez verificado, con razonable seguridad, que los indicadores que declararon la emergencia han desaparecido se podrá dar por terminada la amenaza de falla.

Cada emergencia será finalizada mediante un reporte elaborado por los responsables de la seguridad de la presa de Mendre I y la central Mendre II.

## 6. ACCIONES DURANTE EMERGENCIA.

Durante el desarrollo de una emergencia en la presa de la CH Mendre II se tendrán en cuenta los siguientes pasos a seguir:



### 6.1. Paso 1: Detección del Evento.

La vigilancia de los eventos estará en primera instancia bajo la responsabilidad del operador de la presa de la Central Hidroeléctrica Mendre I, quien dará aviso al operador y al oficial de seguridad y mantenimiento de la Central Hidroeléctrica Mendre II. Tan pronto como un evento es observado o reportado, inmediatamente se debe determinar el nivel del evento:

### 6.2. Paso 2: Determinación del Nivel de Emergencia.

El nivel de la emergencia será fijado según lo establecido en la sección 5.1 de este documento.

### 6.3. Paso 3: Niveles de Comunicación y Notificación.

### 6.3.1. Modelos de Notificación.

Una vez clasificada la alarma, ELECTROGENERADORA DEL ISTMO, S.A., procederá a notificar y alertar a la población, a las entidades responsables de manejo del agua y a los organismos de protección pública.

ELECTROGENERADORA DEL ISTMO, S.A., notificará el nivel de alerta de acuerdo a la lista presentada en el siguiente cuadro:

**Cuadro Nº 12 - Modelos de Notificaciones**

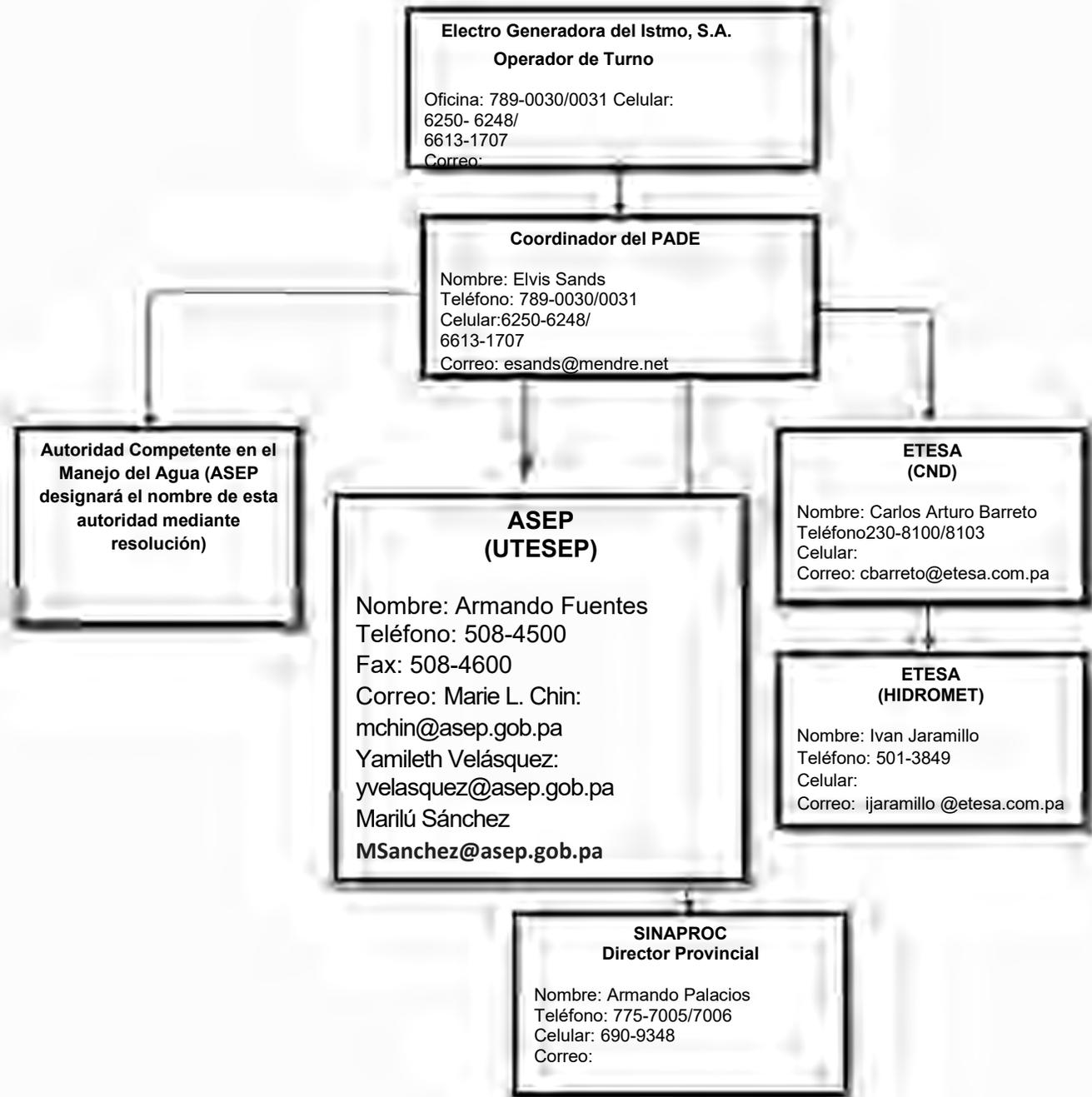
ALERTA	MODELO DE NOTIFICACIÓN
Blanca	<p>Soy el (Operador o El Coordinador del PADE) de “la Central Hidroeléctrica Mendre II, localizada sobre el río Chiriquí, Provincia de Chiriquí, la cual tiene una situación de emergencia y se activa el nivel de Alerta Blanca. El motivo de la emergencia es el siguiente: (* Especificar la causa)</p> <p>Se están tomando las medidas necesarias de vigilancia y control. Manténgase en contacto e informado sobre las siguientes notificaciones y terminación de la emergencia. El coordinador del plan de emergencias puede ser contactado a los Teléfonos: 789-0030/789-0031/6250- 6248/ 6613-1707.</p>
Verde	<p>Soy el (Operador o El Coordinador del PADE) de “la Central Hidroeléctrica Mendre II, localizada sobre el río Chiriquí, Provincia de Chiriquí, la cual tiene una situación de emergencia y se activa el nivel de Alerta Verde. El motivo de la emergencia es el siguiente: (* Especificar la causa)</p> <p>Se están tomando las medidas necesarias de vigilancia y control. Manténgase en contacto e informado sobre las siguientes notificaciones y terminación de la emergencia. El coordinador del plan de emergencias puede ser contactado a los Teléfonos: 789-0030/789-0031/6250- 6248/ 6613-1707.</p>
Amarilla	<p>Soy el (Operador o El Coordinador del PADE) de “la Central Hidroeléctrica Mendre II, localizada sobre el río Chiriquí, Provincia de Chiriquí, la cual tiene una situación de emergencia y se activa el nivel de Alerta Amarilla.</p> <p>Los eventos ocurridos recomiendan la evacuación de los poblados aguas abajo de la presa Mendre I, del acuerdo al Mapa de Inundación.</p> <p>Manténgase en contacto e informado sobre la siguiente notificación y/o terminación de la emergencia. El coordinador del plan de emergencias puede ser contactado a los teléfonos: 789-0030/789-0031/6250- 6248/ 6613-1707.</p>
Roja	<p>Soy el (Operador o El Coordinador del PADE) de “la Central Hidroeléctrica Mendre II, localizada sobre el río Chiriquí, Provincia de Chiriquí, la cual tiene una situación de emergencia y se activa el nivel de Alerta Roja.</p> <p>La falla de la presa es inminente o a iniciado o la crecida por motivos hidrológicos se estima será como lo indica el Mapa de Inundación. Se recomienda a las</p>

	<p>instituciones públicas responsables iniciar las tareas de protección, control y rescate o salvamento del público que no haya sido evacuado.</p> <p>Manténgase en contacto e informado sobre la terminación de la emergencia. El coordinador del plan de emergencias puede ser contactado a los teléfonos: 789-0030/789-0031/6250- 6248/ 6613-1707.</p>
--	---

(\*) Se indicará la causa específica que dio motivo a la alerta

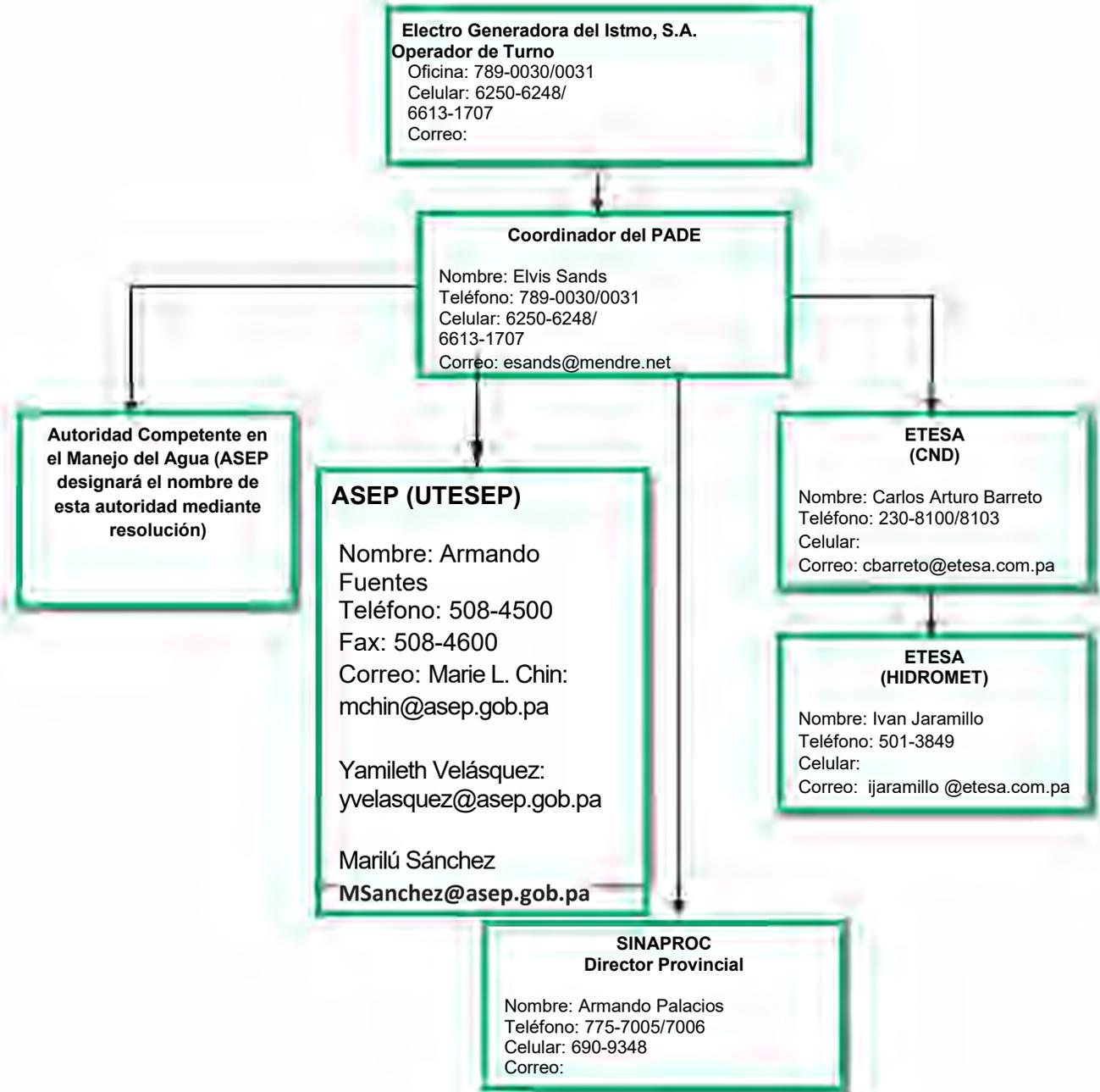
### 6.3.2. Flujo de Notificaciones.

### ALERTA BLANCA Directorio de Notificaciones



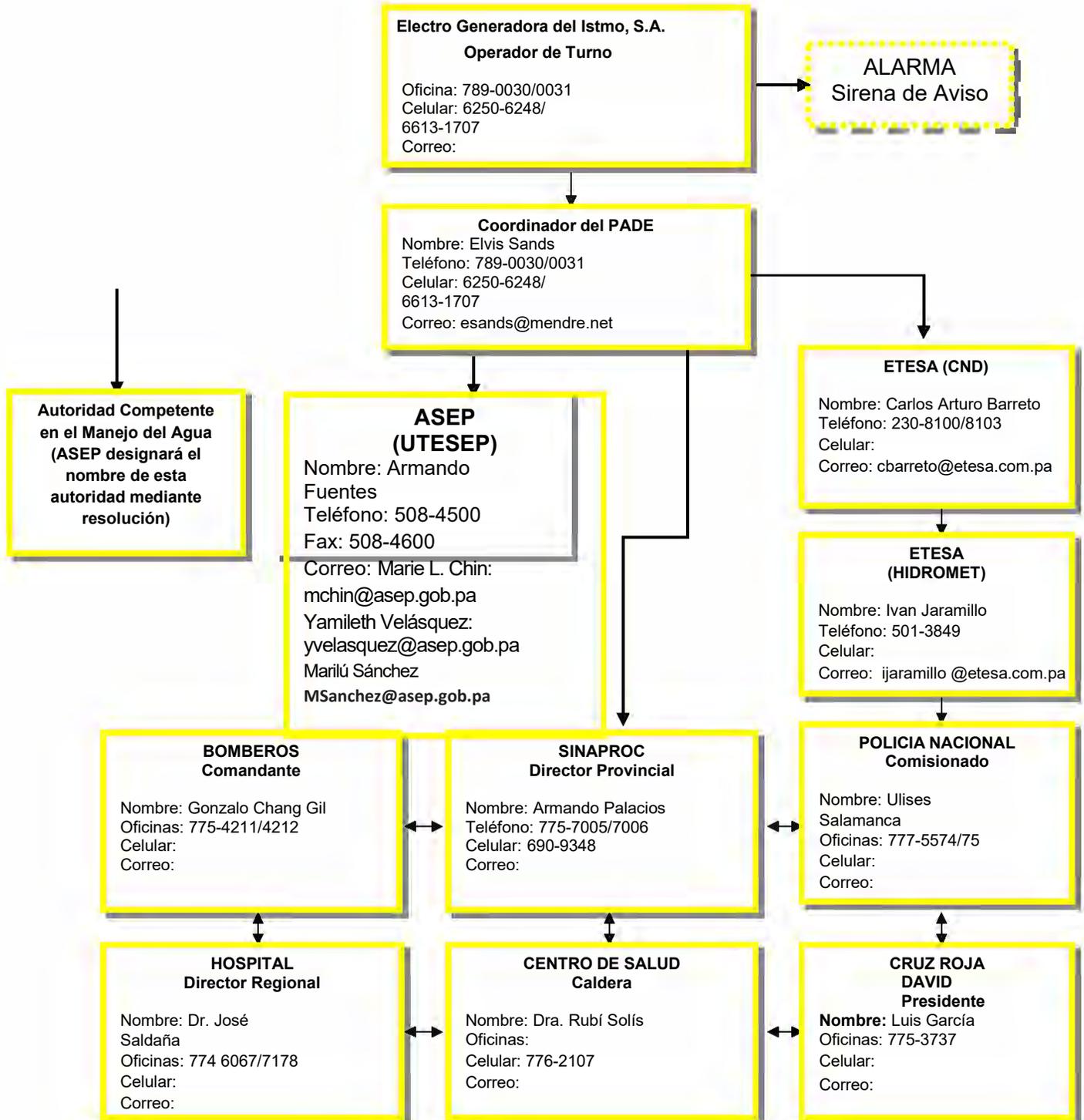
**NOTA: EN EL ANEXO E SE PRESENTA UN DIRECTORIO DE CONTACTOS ALTERNATIVO.**

## ALERTA VERDE Directorio de Notificaciones



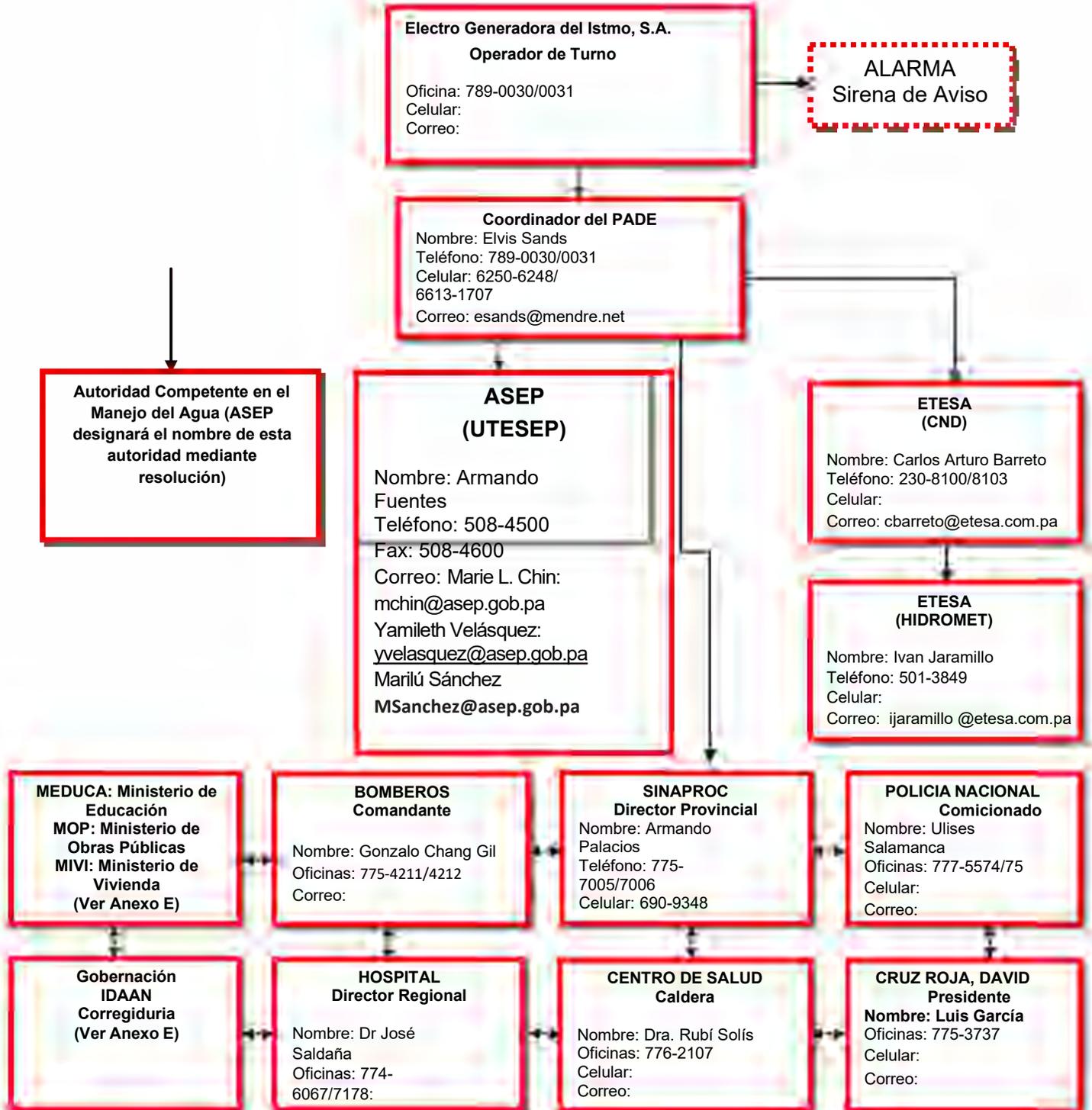
**NOTA: EN EL ANEXO E SE PRESENTA UN DIRECTORIO DE CONTACTOS ALTERNATIVO.**

### ALERTA AMARILLA Directorio de Notificaciones



**NOTA: EN EL ANEXO E SE PRESENTA UN DIRECTORIO DE CONTACTOS ALTERNATIVO.**

### ALERTA ROJA Directorio de Notificaciones para el Nivel 4



**NOTA: EN EL ANEXO E SE PRESENTA UN DIRECTORIO DE CONTACTOS ALTERNATIVO**

## 6.4. Paso 4: Acciones Durante la Emergencia.

Durante el tiempo que tome la emergencia se realizaran las siguientes acciones de vigilancia y control hasta finalizar el evento según el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 18 - Acciones de emergencia**

ALERTA	VIGILANCIA Y CONTROL	RESPONSABLE
<b>Blanca</b>	Nivel del Embalse. Inspección general de la presa de Mendre I. Inspección general de las estructuras de la CH Mendre II.	Coordinador del PADE
<b>Verde</b>	Nivel del Embalse. Inspección General de la presa de Mendre I. Inspección general de las estructuras de la CH Mendre II.	Coordinador del PADE
<b>Amarilla</b>	Nivel del Embalse. Inspección General de la presa de Mendre I. Inspección general de las estructuras de la CH Mendre II. Aviso de Sirenas para operaciones de protección, control y rescate.	Coordinador del PADE
<b>Roja</b>	Aviso de Sirenas para operaciones de protección, control y rescate. aguas abajo de la Presa Mendre I.	Coordinador del PADE

### 6.4.1. Definición de las Acciones de Emergencia:

- ✓ **Nivel del Embalse:** seguimiento y control de la variación del nivel del embalse y, considerando los aportes del río, pronosticar los niveles según las condiciones hidrológicas.
- ✓ **Monitoreo de Sistemas de Instrumentación:** Verificar la Validez de las lecturas y confirmar mediante otros instrumentos, pronosticar las lecturas siguientes mediante un modelo de comportamiento.
- ✓ **Inspección General de la Presa de Mendre I:** revisión de la presa para confirmar anomalías en la estructura de presa: grietas, fisuras, filtraciones, desplazamientos, etc. Y evaluar el nivel de anomalía.
- ✓ **Inspección General de las Estructuras de la CH Mendre II.** revisión de la estructura de cámara de carga y canal de conducción - tramo 1 para confirmar anomalías tales como vertido, grietas, fisuras, filtraciones, desplazamientos, etc. Y evaluar el nivel de anomalía.
- ✓ **Aviso de Sirena Aguas Abajo de la Presa de Mendre I:** avisar a los pobladores aguas abajo en el río Chiriquí el vertimiento de una crecida extraordinaria que obliga a la evacuación inmediata de las orillas del río y la búsqueda de refugio en lugares altos.

## **6.4.2. Formulario de Registro de Evento.**

Cada vez que sea declarada una alarma serán registrados los datos durante el evento en un formulario que permita conocer la efectividad y las deficiencias del procedimiento y hacer las correcciones correspondientes. En el ANEXO A se presenta un modelo de este formulario.

## **6.5. Paso 5: Terminación.**

Una vez que la emergencia fue activada, los procedimientos realizados y la emergencia ha finalizado, las operaciones del PADE serán finalizadas.

### ✓ **Responsabilidades de la Terminación**

El operador comunicará al Gerente de Operaciones y este a las autoridades y a las oficinas de manejo de emergencias la finalización de la condición de emergencia.

El oficial de seguridad de presa inspeccionará la presa y realizará un reporte de daños y acciones correctivas inmediatas.

El operador de la presa elaborará un reporte sobre la terminación del evento y sobre las consecuencias o experiencias del mismo. En el ANEXO A se presenta un modelo de este formulario.

## 7. MAPA DE INUNDACION.

La confección de los mapas de inundación de la CH Mendre II, se realizaron tomando en cuenta los escenarios recomendados por las Normas de Seguridad de Presas de la ASEP. Además se realizó la verificación de las estructuras por falla de la cámara de carga y el tramo 1 del canal de conducción de la CH Mendre II.

### 7.1. Estudio de Situaciones de Emergencia

En el siguiente cuadro se presentan las situaciones de emergencias analizadas.

**Cuadro N° 19 - Escenario de Análisis para Emergencias**

Caso	Descripción	Escenarios
<b>Análisis en la Presa de la CH Mendre I</b>		
1	Crecida Ordinaria 1:50 años	Norma ASEP
2	Crecida Extraordinaria 1:100 años	Norma ASEP
3	Colapso en Condición Operación Normal	Norma ASEP
4	Colapso durante Crecida Extraordinaria	Norma ASEP
5	Apertura Súbita de Compuertas	Norma ASEP
6	Falla de Operación de las Estructuras de Descarga	Norma ASEP
7	Vaciado Controlado o Vaciado Rápido en la presa	Norma ASEP
8	Falla del relleno del lado izquierdo del canal de conducción	Adicionales
9	Falla de la estructura de la cámara de carga	Adicionales

- ✓ **Bajo condiciones de crecida ordinaria y extraordinaria:** En este caso se analiza los efectos del paso de las crecidas de periodo de retorno 1:50 y 1:100 . Los resultados se presentan en las mapas de inundación.
- ✓ **Por colapso estructural en condición de operación normal:** este escenario no aplica, ya que, el volumen del embalse no es considerable. Los efectos de la rotura de la presa no causarían variación en el área afectada.
- ✓ **Por colapso estructural durante crecida ordinaria o extraordinaria:** este escenario no aplica, ya que, el volumen del embalse es poco considerable. El área inundada no variará por el incremento del volumen represado. El área inundada será similar a la obtenida por el paso de una crecida extraordinaria sin la rotura de la presa.
- ✓ **Por apertura súbita de compuertas:** No aplica, ya que esta presa no tiene compuertas.
- ✓ **Por falla de operación de las estructuras hidráulicas de descarga:** No aplica porque no tiene estructuras hidráulicas de descarga.

- ✓ **Por vaciado controlado ó vaciado rápido a causa de un problema en la presa:** No aplica, ya que, no existen estructuras como desagües de fondo para realizar un vaciado rápido o controlado de la presa.

Adicionalmente se ha analizado dos escenarios posibles que pudieran darse debido a cualquier evento en las estructuras de la Central Hidroeléctrica de Mendre II.

- ✓ **Falla del relleno del lado izquierdo del canal de conducción:** Si aplica, la estructura podría sufrir falla por rompimiento del canal ante cualquier evento, ocasionando el deslizamiento del relleno del lado izquierdo del canal.
- ✓ **Falla de la estructura de cámara de carga:** Si aplica, la estructura podría sufrir daño debido a la entrada incontrolada de agua almacenando un caudal de 24 m<sup>3</sup>/s en un tiempo de 30 min.

El análisis hidráulico del río determinará las áreas de inundación, la velocidad del agua, los niveles y el tiempo en que transita la crecida aguas abajo de la presa Mendre I.

## 7.2. Estudio de Afectación de la Ribera de Embalse y Valle

Este estudio se realiza para determinar las zonas inundables aguas abajo de la presa, debido al fallo o colapso de la misma. De acuerdo a las Normas de Seguridad de Presas se analizan los siguientes escenarios:

- ✓ **Por la ocurrencia de diferentes ondas de Crecidas:** este escenario corresponde con los tres primeros casos o escenarios de emergencias analizados. En este escenario se debe obtener la mancha de inundación en caso de darse crecidas ordinarias y extraordinarias (Crecida de 1:50 ó de 1:100 años de recurrencia), ó en el caso de darse la rotura de la presa con buen tiempo o rotura de la presa con crecida extraordinaria.
- ✓ **Por probables usos de la estructura de evacuación:** Este escenario no aplica, ya que, la presa Mendre I, no cuenta con desagües de fondo, y su única estructura de evacuación es su vertedero libre. El uso del vertedero libre está condicionado a las crecidas que se den en el río Chiriquí, por lo tanto su uso no podrá ser más frecuente de lo originalmente previsto.
- ✓ **Por cambios en las funciones de la presa:** Este escenario no aplica, ya que, la presa Mendre I y las estructuras de la Central Hidroeléctrica Mendre II, han sido diseñadas para el uso de la generación hidroeléctrico. No se tiene previsto utilizar estas estructuras para otro tipo de uso. De darse cambios o restricciones en el uso del agua, esto afectaría la operación de la Central y su producción, pero no habría consecuencias perjudiciales a la comunidad ubicada aguas abajo de la presa.

- ✓ **Por transporte de sedimentos:** Este escenario no aplica, ya que, la presa Mendre I se encuentra en constante mantenimiento, no existe riesgo de que esta estructura provoque la erosión general.
- ✓ **Por inundación súbita:** esta situación no se puede dar, ya que, la CH Mendre II utiliza solamente las aguas turbinadas por la Central Mendre I, es decir, que el efecto de las crecidas no representa un riesgo de inundación súbita.

### 7.3 Análisis Hidráulico.

El método usado para realizar el análisis hidráulico del río ha sido el HEC-RAS, desarrollado por el Hydrologic Engineering Center (HEC) del United States Army Corps of Engineers, es un modelo unidimensional que modela el comportamiento del río a partir de la topografía, las características hidráulicas del lecho del río y los caudales de estudio.

- ✓ **Crecidas Extraordinarias.**

Se ha incluido como datos hidráulicos en el HEC- RAS, los caudales de crecidas ordinarias TR: 1:50 y extraordinarias TR: 1:100 años, que se presentan en el siguiente cuadro.

**Cuadro N° 20 - Descarga para Crecidas de Diseño**

<b>Período de retorno (Años)</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/s)</b>
50	773
100	908
1,000	1,397
10,000	2,003

### 7.4 Resultados.

El resultado de los cálculos hidráulicos con el programa HEC-RAS, así como los datos de entrada, se presentan en el Anexo Digital D.

### 7.5 Mapas de Inundación.

Los Mapas de inundación de Mendre II han sido preparados, utilizando la siguiente información base:

- ✓ Mapa de Inundación de la Central Hidroeléctrica Mendre I, año 2012.
- ✓ Cartografía de los mapas 1:50,000 de la Provincia de Chiriquí (mosaicos de Boquete - Gualaca) del Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia (IGNTG).
- ✓ Planos como construido de presa de la CH Mendre I.
- ✓ Planos como construido de las estructuras de la CH Mendre II.

- ✓ Archivos ACAD utilizado por la Contraloría Nacional de la República, para la realización del censo del año 2010, donde se encuentra la ubicación de las casitas, calles, ríos y poblados del área en estudio.
- ✓ Punto de Control UTM en NAD 27 CANAL ZONE del puente Zarzo y las casitas ubicadas cercanas a esta estructura.
- ✓ Uso del Google Earth, para obtener información de Fotografías Aéreas.
- ✓ Planos como contruidos de la presa La Esperanza CH Estí.

## **7.6 Descripción de la Zona Potencialmente Inundable.**

Según los escenarios incluyendo falla en las estructuras hidráulicas desde la presa de la CH Mendre I, CH Mendre II hasta la presa la Esperanza de la CH Estí, no se afectan residencias ni estructuras en las riberas del río Chiriquí.

De darse el rompimiento por falla de la cámara de carga esto ocasionaría que la casa de máquinas quede inundada 54 cm sobre el nivel del terreno.

Con relación a la presa La Esperanza, no se produce ningún daño sobre ella, ya que la crecida milenaria pasa por el vertedero sin necesidad de usar la compuerta radial.

## **7.7 Recomendaciones para el Plan de Emergencia.**

Se recomienda actualizar el Plan de Emergencias con respecto a los datos del flujo de comunicación y la demografía ubicada cercana a la mancha de inundación cada vez que ocurran cambios importantes.

Electro Generadora del Istmo, S.A. deberá tener un plan de contingencia interno para los escenarios analizados en este PADE y de otras situaciones menores que pudieran darse en la Central Hidroeléctrica de Mendre II para salvaguardar la vida de las personas que se encuentren en las zonas potencialmente inundables.

## **8. ANEXOS.**

**ANEXO A** - Formulario para Registro de Eventos.

**ANEXO B** - Mapas de Inundación CH Mendre II.

**ANEXO C** - Planos Como Construidos de la Presa Mendre I y las Estructuras de la Central Hidroeléctrica Mendre II.

**ANEXO D** - Análisis Hidráulico del Río Chiriquí.

**ANEXO E** - Directorio de Contactos Alternativos.

**ANEXO F** - Plan de Simulacro para Emergencias.

## **ANEXO A – FORMULARIO PARA REGISTROS DE EVENTOS**

## A. FORMULARIO PARA REGISTRO DE EVENTOS

### Preliminares

Fecha: \_\_\_\_\_

Registro de causas y efectos inmediatamente después de la emergencia. La persona del contacto inicial debe recoger todos los datos para poder enfrentar otra posible situación de emergencia.

#### Notificación: Alerta Blanca

Contacto	Contactado (si/no)	Tiempo de Contacto (min)	Contactado por
Gerente			
Gerente de Operaciones			
UTESEP			
ETESA (CND)			
ETESA (HIDROMET)			
SINAPROC			

#### Notificación: Alerta Verde

Contacto	Contactado (si/no)	Tiempo de Contacto (min)	Contactado por
Gerente			
Gerente de Operaciones			
UTESEP			
ETESA (CND)			
ETESA (HIDROMET)			
SINAPROC			

#### Notificación: Alerta Amarilla

Contacto	Contactado (si/no)	Tiempo de Contacto (min)	Contactado por
Gerente General			
Gerente de Operaciones			
UTESEP			
ETESA (CND)			
ETESA (HIDROMET)			
Bomberos			
SINAPROC			
Policía Nacional			
Hospitales			
Centro de Salud			
Cruz Roja			

**Notificación: Alerta Roja**

<b>Contacto</b>	<b>Contactado (si/no)</b>	<b>Tiempo de Contacto (min)</b>	<b>Contactado por</b>
Gerente General			
Gerente de Operaciones			
UTESEP			
ETESA (CND)			
ETESA (HIDROMET)			
Bomberos			
SINAPROC			
Policía Nacional			
Hospitales			
Centro de Salud			
Cruz Roja			

NOTA: En el ANEXO E se presentan los contactos alternativos que participan en el nivel de emergencia de la alerta roja.

### Reporte durante el evento

¿Cómo y dónde se detectó el evento? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Condiciones del clima: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Descripción General de Situación de Emergencia: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Nivel de Emergencia: \_\_\_\_\_

### Medidas y Progresión del Evento

Fecha	Hora	Medidas / progresión del evento	Anotado por

Reporte preparado por: \_\_\_\_\_ fecha: \_\_\_\_\_

### Reporte después del evento

Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Condiciones del Clima: \_\_\_\_\_

Descripción General de la Situación de Emergencia: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Áreas afectadas: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Daños de las Estructuras que conforman la CH Mendre II: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Posibles Causas: \_\_\_\_\_

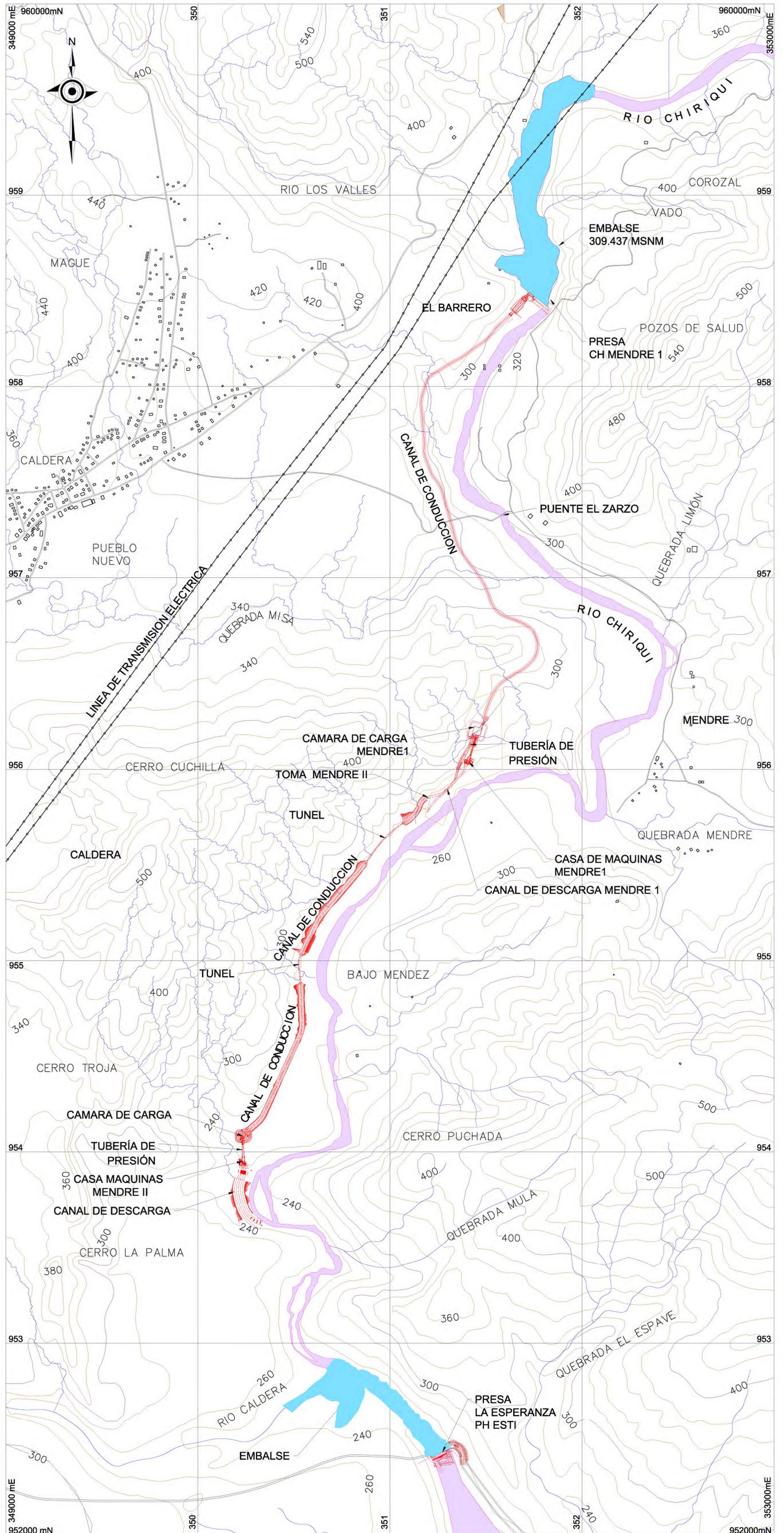
Efectos en la Operación de la CH Mendre II: \_\_\_\_\_

Elevación inicial del Embalse: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Máxima Elevación del Embalse: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Elevación final del Embalse: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

## **ANEXO B – MAPAS DE INUNDACION CH MENDRE II**

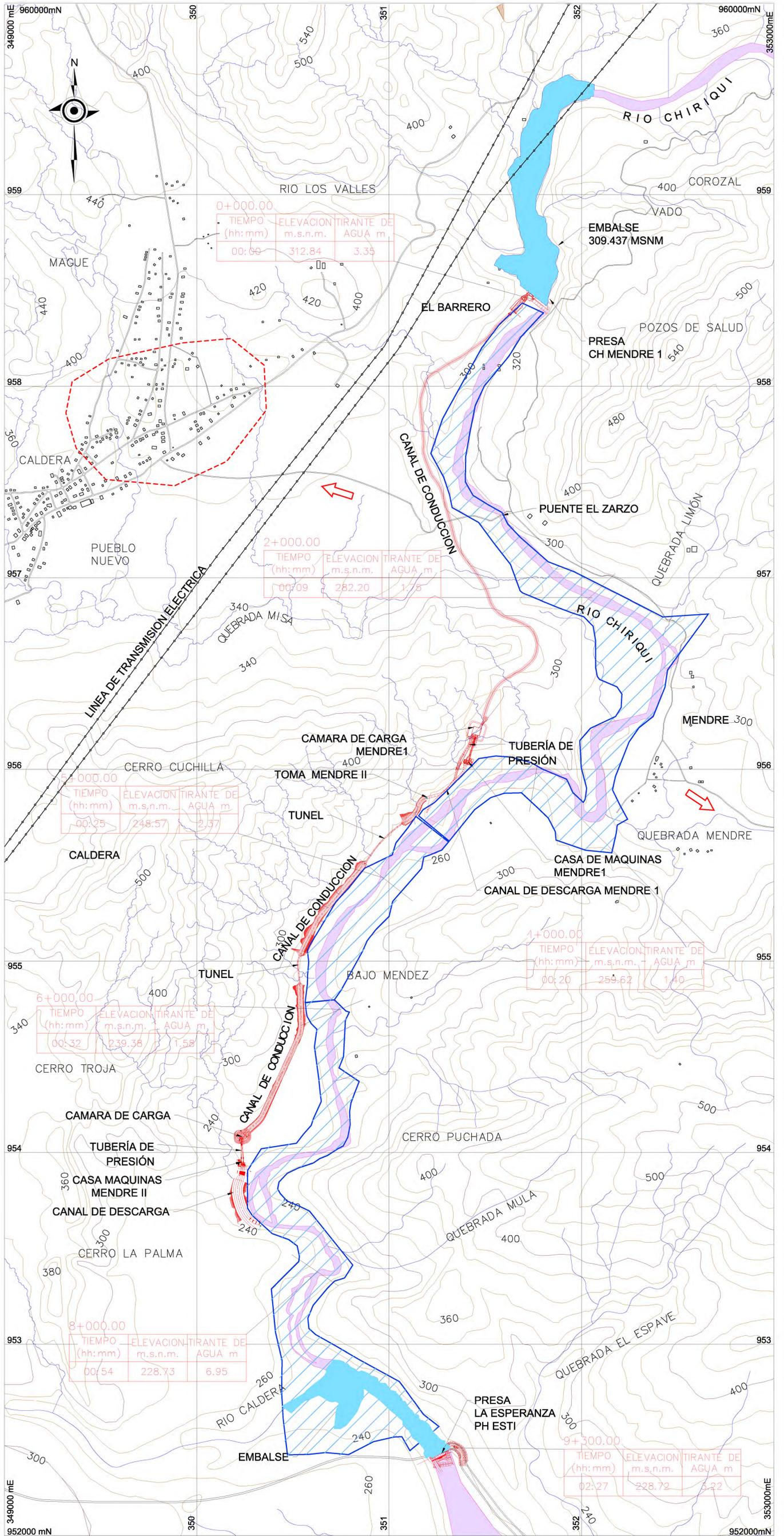


**LEYENDA:**

	RÍO CHIRIQUI
	CALLES
	LINEA DE TRANSMISIÓN
	EMBALSE

<b>REPUBLICA DE PANAMA</b>	
CENTRAL HIDROELECTRICA MENDRE II	
<b>PLAN DE ACCION DURANTE EMERGENCIA</b>	
MAPA DE LOCALIZACION GENERAL	
ELECTRO GENERADORA DEL ISTMO S.A.	FECHA: DIC-2012
	DATUM: NAD 27
	ESCALA: 1:10000
	PLANO N°: ANEXO B





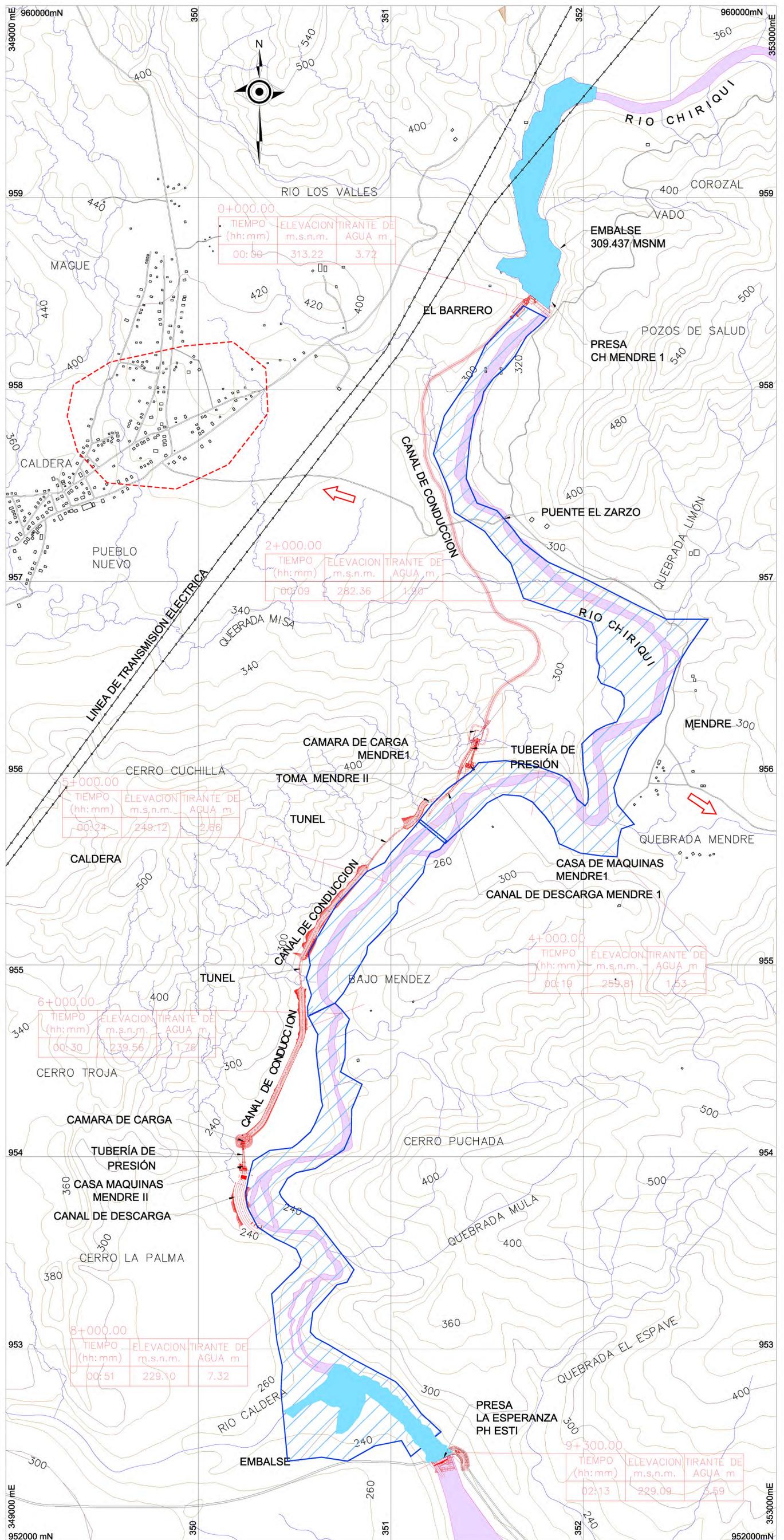
LEYENDA:

- RÍO CHIRIQUI
- CALLES
- LINEA DE TRANSMISIÓN
- EMBALSE
- AREA DE INUNDACION
- RUTA DE EVACUACION
- AREA SEGURA

**REPUBLICA DE PANAMA**  
**CENTRAL HIDROELECTRICA MENDRE II**  
**PLAN DE ACCION DURANTE EMERGENCIA**  
 MAPA DE INUNDACION CRECIDA 1:50 AÑOS

ELECTRO GENERADORA DEL ISTMO S.A.	FECHA: DIC-2012
	DATUM: NAD 27
	ESCALA: 1:10000
	PLANO N°: ANEXO B.1





TIEMPO (hh:mm)	ELEVACION m.s.n.m.	TIRANTE DE AGUA m
00:00	313.22	3.72

TIEMPO (hh:mm)	ELEVACION m.s.n.m.	TIRANTE DE AGUA m
00:09	282.36	1.90

TIEMPO (hh:mm)	ELEVACION m.s.n.m.	TIRANTE DE AGUA m
00:24	248.12	2.66

TIEMPO (hh:mm)	ELEVACION m.s.n.m.	TIRANTE DE AGUA m
00:30	239.56	1.78

TIEMPO (hh:mm)	ELEVACION m.s.n.m.	TIRANTE DE AGUA m
00:19	259.81	1.53

TIEMPO (hh:mm)	ELEVACION m.s.n.m.	TIRANTE DE AGUA m
00:51	229.10	7.32

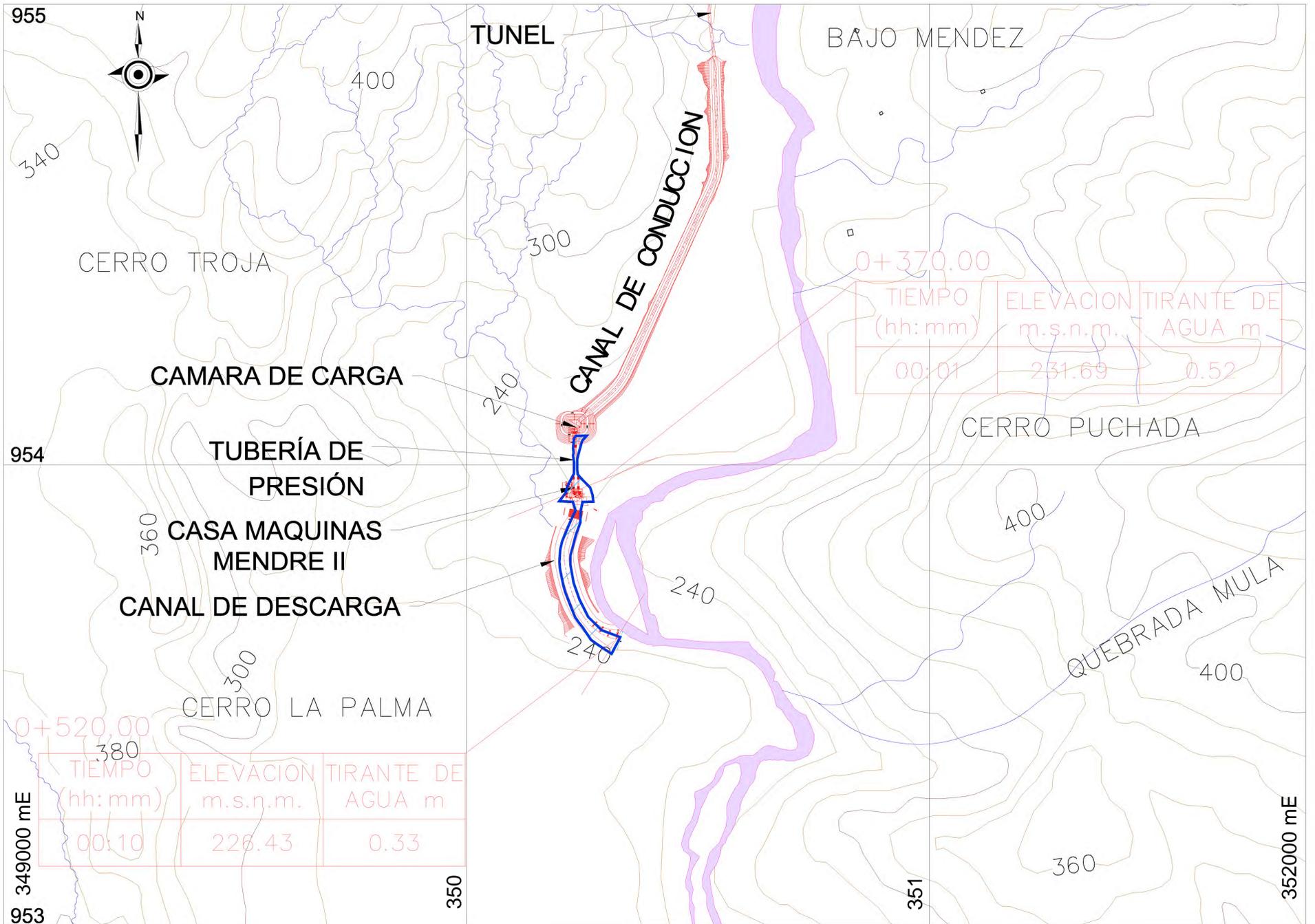
TIEMPO (hh:mm)	ELEVACION m.s.n.m.	TIRANTE DE AGUA m
02:13	229.09	3.59

**LEYENDA:**

- RÍO CHIRIQUI
- CALLES
- LINEA DE TRANSMISIÓN
- EMBALSE
- AREA DE INUNDACION
- RUTA DE EVACUACION
- AREA SEGURA

<b>REPUBLICA DE PANAMA</b>	
<b>CENTRAL HIDROELECTRICA MENDRE II</b>	
<b>PLAN DE ACCION DURANTE EMERGENCIA</b>	
<b>MAPA DE INUNDACION CRECIDA 1:100 AÑOS</b>	
ELECTRO GENERADORA DEL ISTMO S.A.	FECHA: DIC-2012
	DATUM: NAD 27
	ESCALA: 1:10000
	PLANO N°: ANEXO B.2





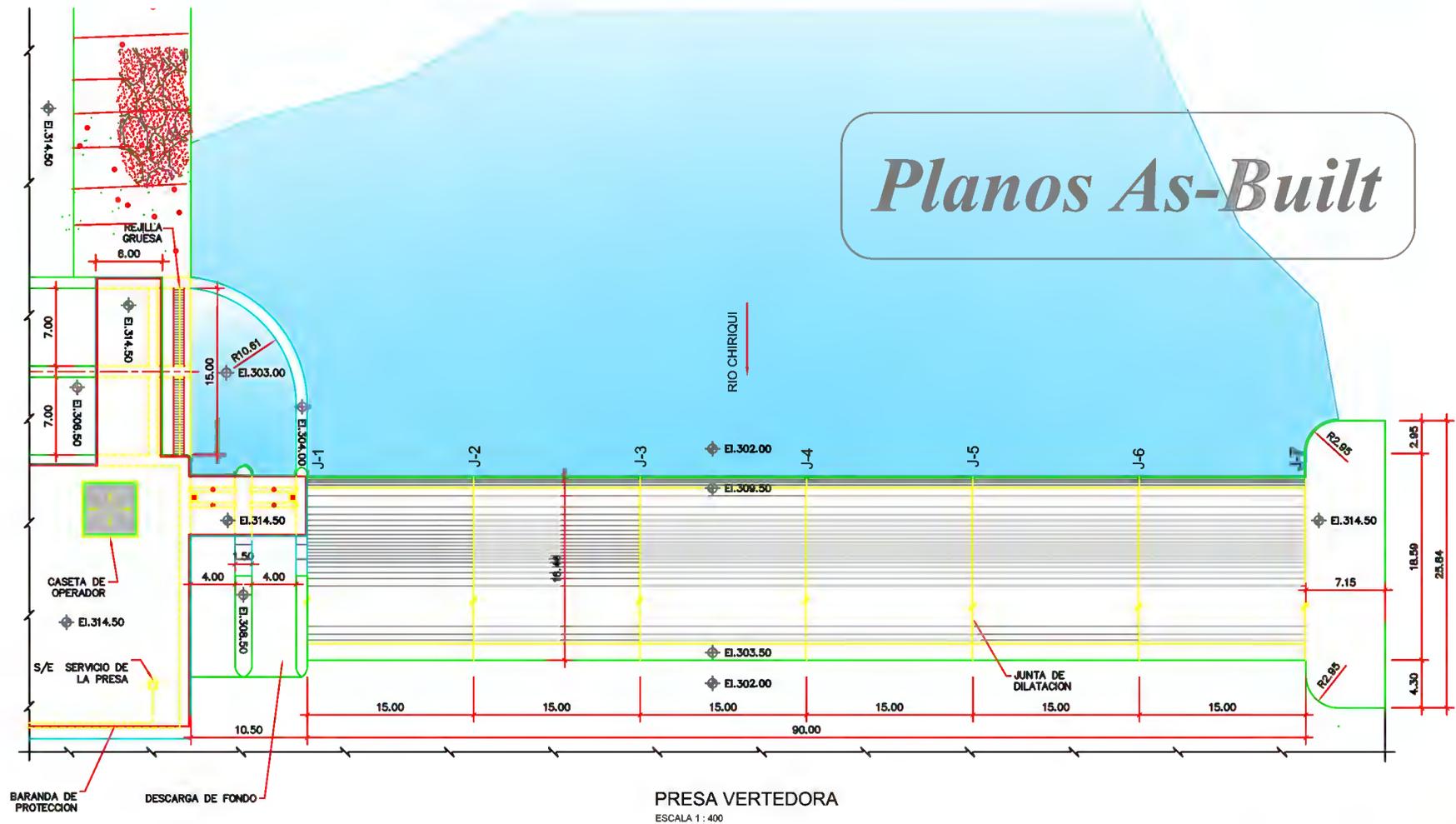
LEYENDA:

	RÍO CHIRIQUI
	CALLES
	LÍNEA DE TRANSMISIÓN
	EMBALSE
	ÁREA DE INUNDACION

<b>REPUBLICA DE PANAMA</b>	
CENTRAL HIDROELECTRICA MENDRE II	
<b>PLAN DE ACCION DURANTE EMERGENCIA</b>	
MAPA DE INUNDACION FALLA DE CAMARA DE CARGA	
ELECTRO GENERADORA DEL ISTMO S.A.	FECHA: DIC-2012
	DATUM: NAD 27
	ESCALA: 1:5000
	PLANO: ANEXO B.3

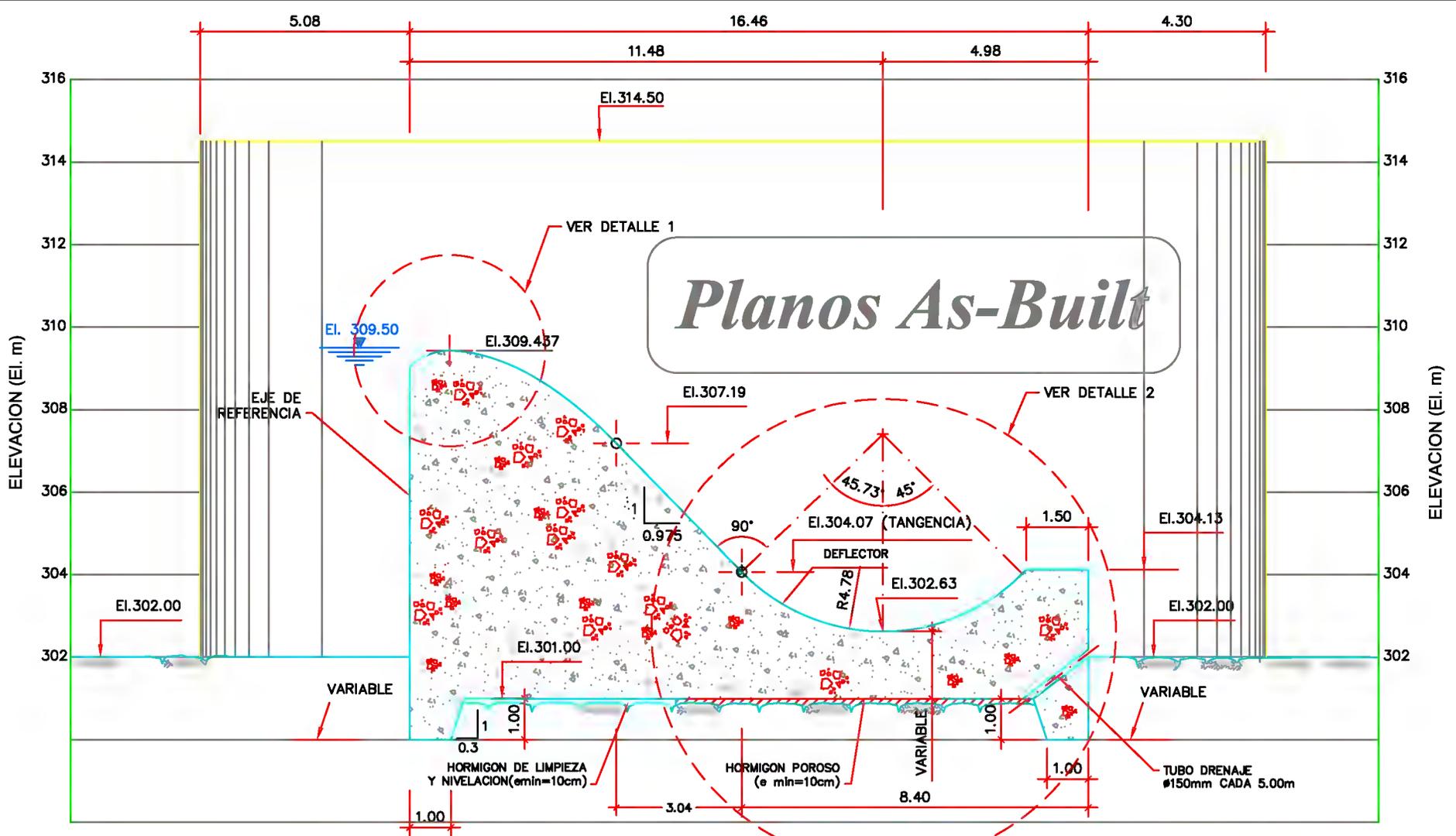
**ANEXO C – PLANOS COMO CONSTRUIDO DE LA PRESA DE MENDRE I Y  
LAS ESTRUCTURAS DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA  
MENDRE II**

# Planos As-Built



ANEXO 6.1.1.a

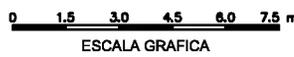
PROPIEDAD: <b>CALDERA ENERGY CORP, S.A.</b>	EMPRESA CONSTRUCTORA: <b>HIDRAULICA DE MENDRE, S.A.</b>	EMPRESA CONSULTORA: <b>MARIN INGENIERIA, S.L.</b>	TITULO DEL PROYECTO: <b>CENTRAL HIDROELECTRICA MENDRE</b>	FECHA: DICIEMBRE 2009	ESCALA: 1 : 400	NOMBRE DEL PLANO: <b>PRESA VERTEDEDORA PLANTA</b>	N° PLANO: <b>ME-PR-002</b> ME-PR-002-NC.DWG HOJA 1 DE 1
--	--	--	--	--------------------------	--------------------	--	--



# Planos As-Built

## SECCION TIPO

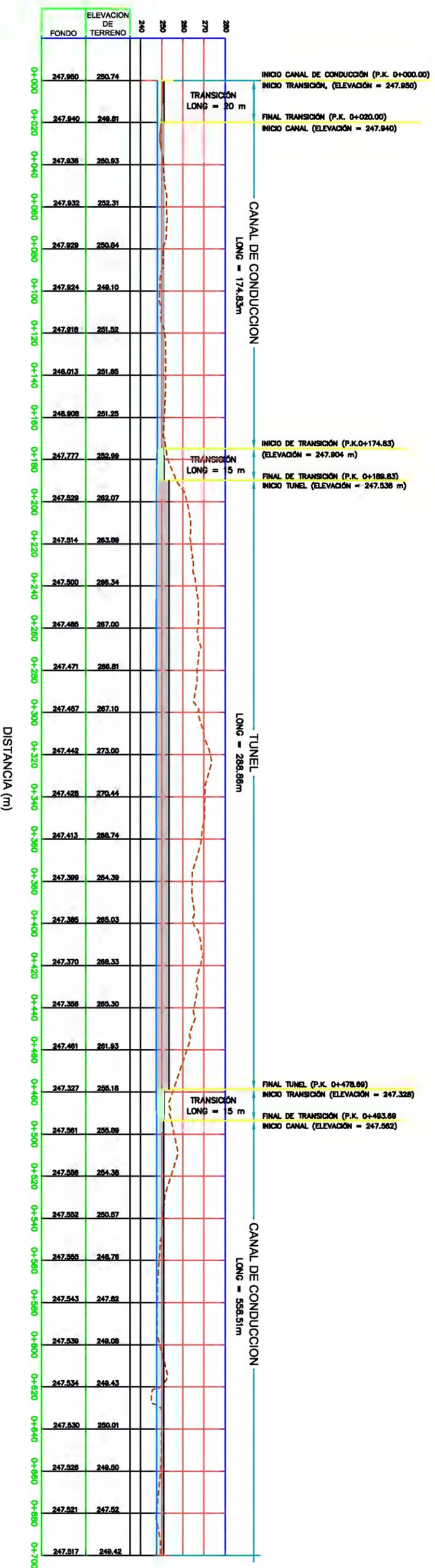
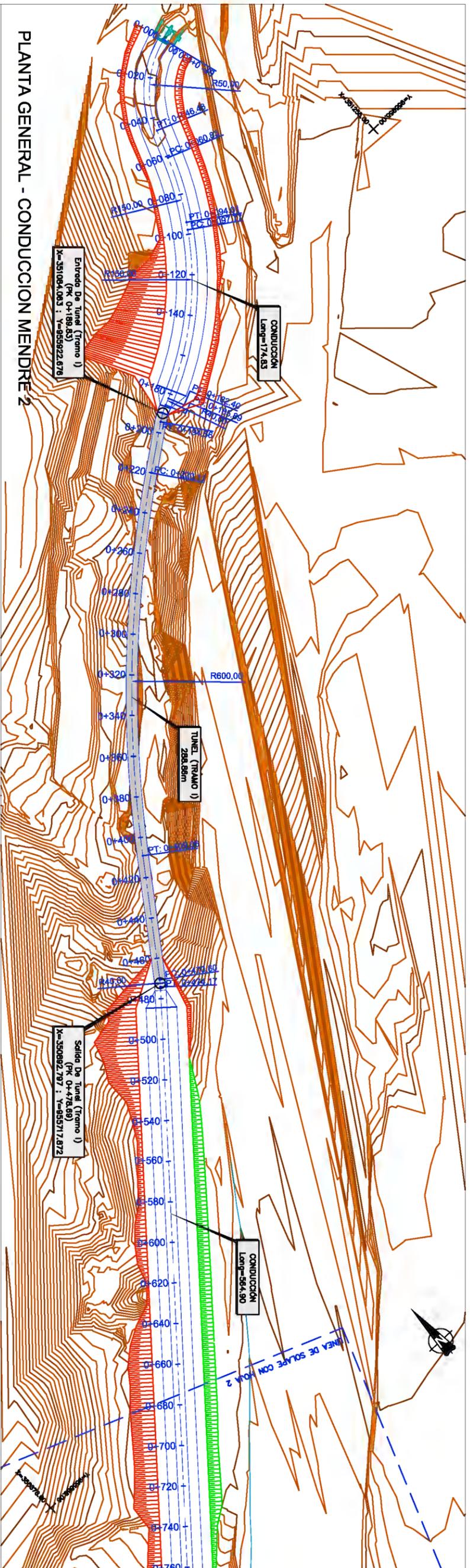
ESCALA 1 : 100



- NOTAS:
- LA PRESA SE CIMENTARA EN LA ROCA SANA, CON DOS DIENTES BAJO EL TECHO DE LA MISMA
  - SE ASUME QUE LA ROCA SANA ALCANZA LA COTA 301.00m.s.n.m.

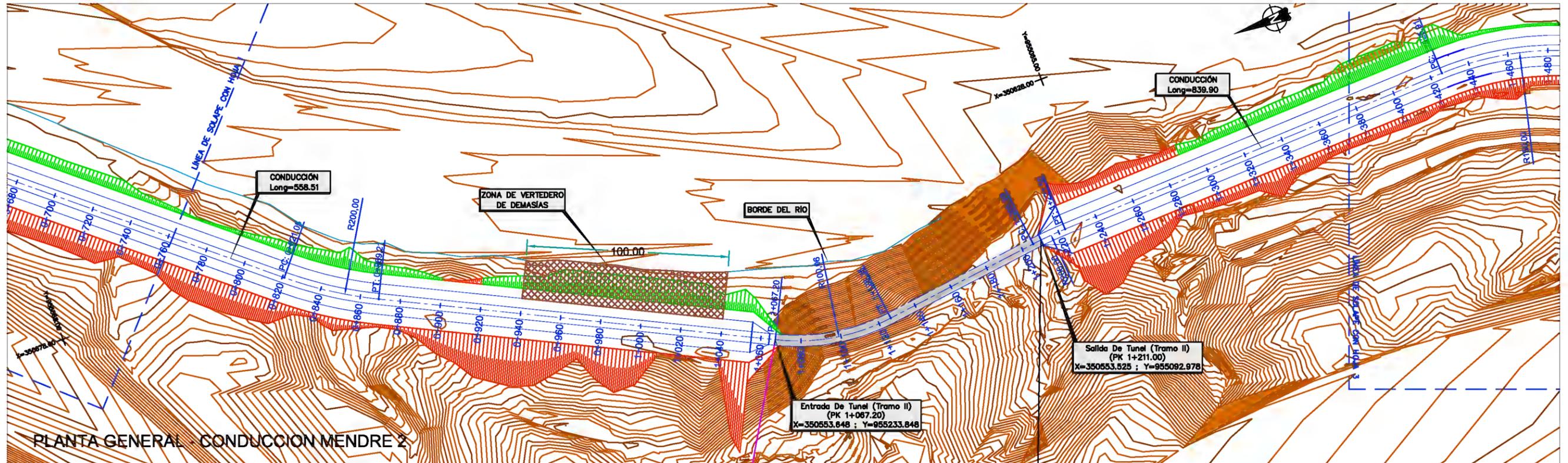
- NOTAS:
- LOS HORMIGONES DE LA PRESA SERAN DE TIPO B 17 Mpa ( $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ ).
  - LOS HORMIGONES DE LIMPIEZA SERAN DE TIPO B 15 Mpa ( $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$ ).

PROPIEDAD: <b>CALDERA ENERGY CORP, S.A.</b>	EMPRESA CONSTRUCTORA: <b>HIDRAULICA DE MENDRE, S.A.</b>	EMPRESA CONSULTORA: <b>HDM</b>	TITULO DEL PROYECTO: <b>CENTRAL HIDROELECTRICA MENDRE</b>	FECHA: diciembre 2009	ESCALA: 1 : 100	NOMBRE DEL PLANO: <b>PRESA VERTEDORA SECCION TIPO GEOMETRIA</b>	Nº PLANO: <b>ME-PR-004</b> ME-PR-004-INC.DWG HOJA 1 DE 3
--	--	-----------------------------------	--	--------------------------	--------------------	--	---

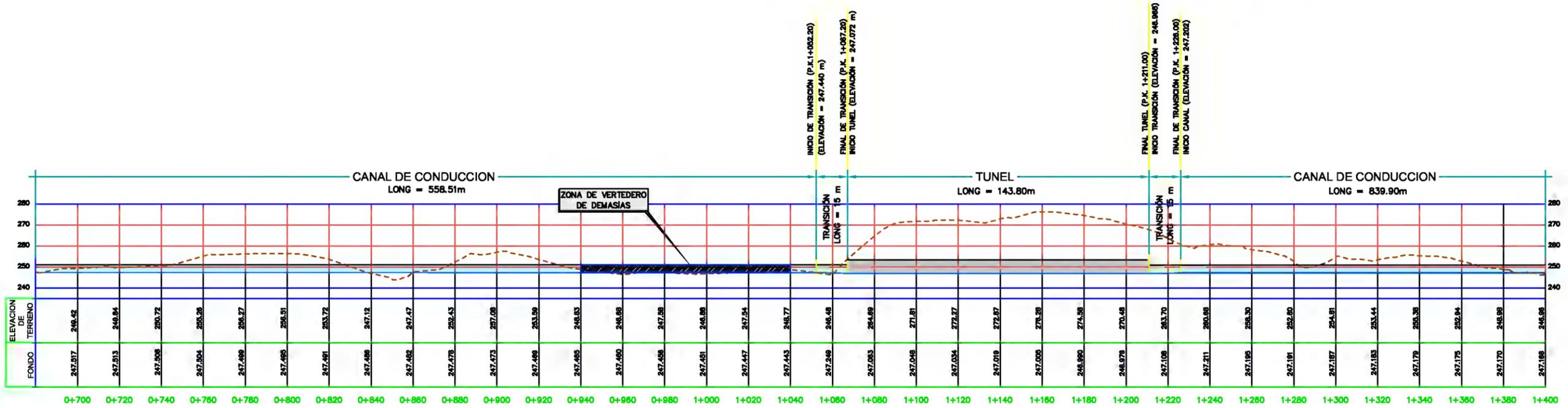


PERFIL GENERAL - CONDUCCION MENDRE 2

1 27/09/11

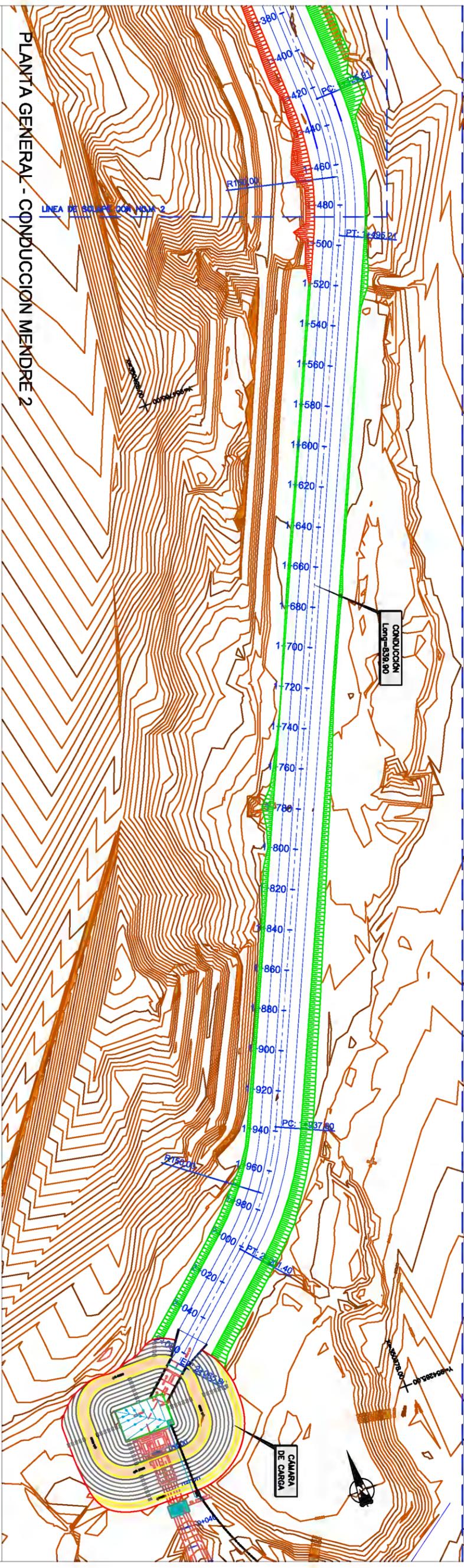


PLANTA GENERAL - CONDUCCION MENDRE 2

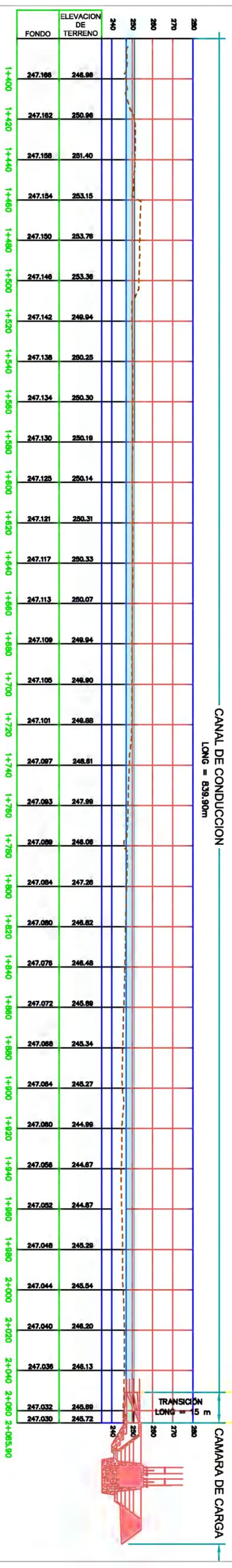


PERFIL GENERAL - CONDUCCION MENDRE 2

1 23/09/11



PLANTA GENERAL - CONDUCCION MENDRE 2



PERFIL GENERAL - CONDUCCION MENDRE 2

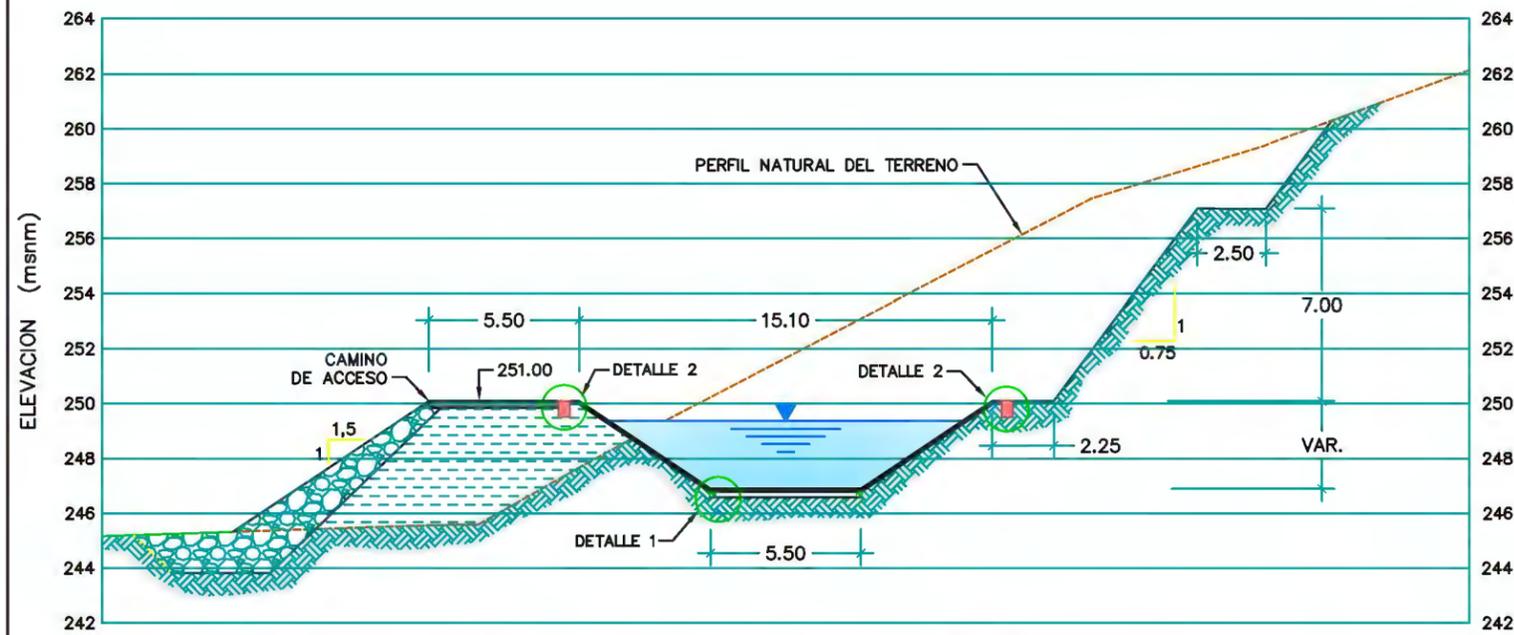
CANAL DE CONDUCCION  
LONG = 839.90m

INICIO TRANSICION (ELEVACION = 247.034)  
FINAL CANAL DE CONDUCCION (P.K. 2+085.90)  
ELEVACION = 247.030

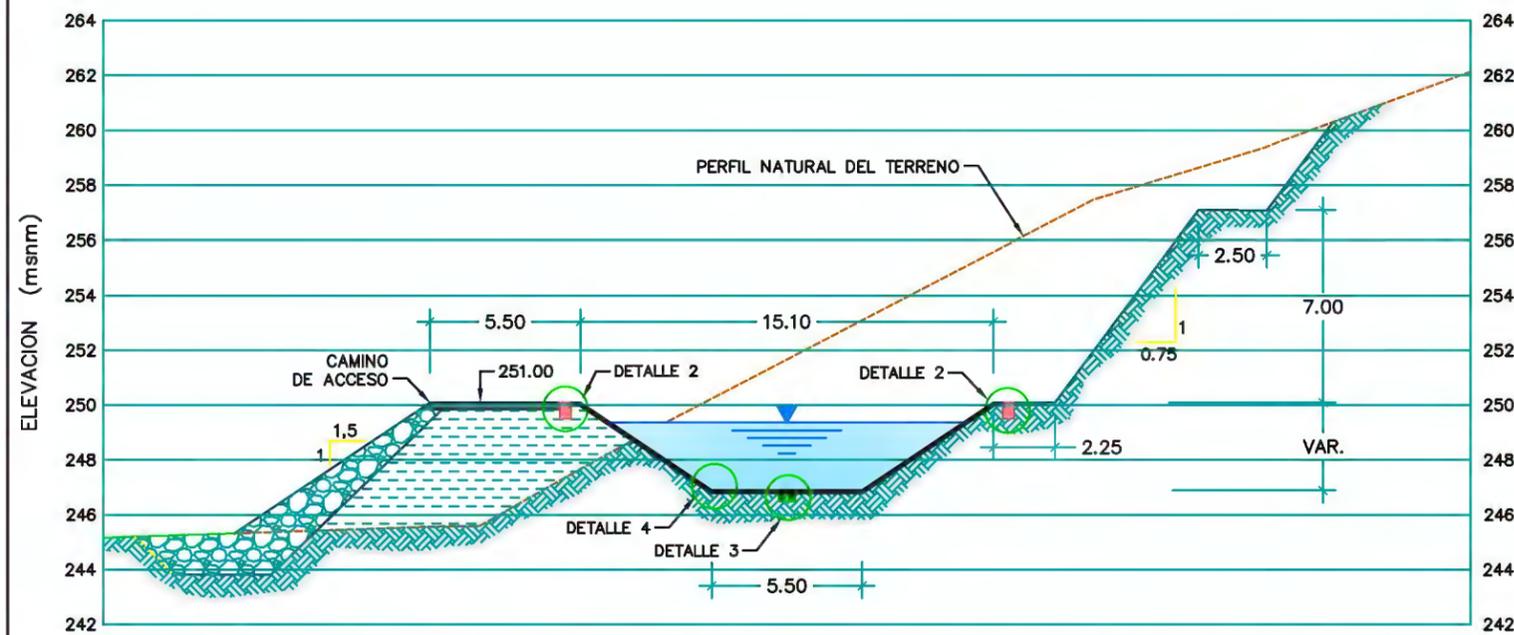
TRANSICION  
LONG = 5

CAMARA DE CARGA

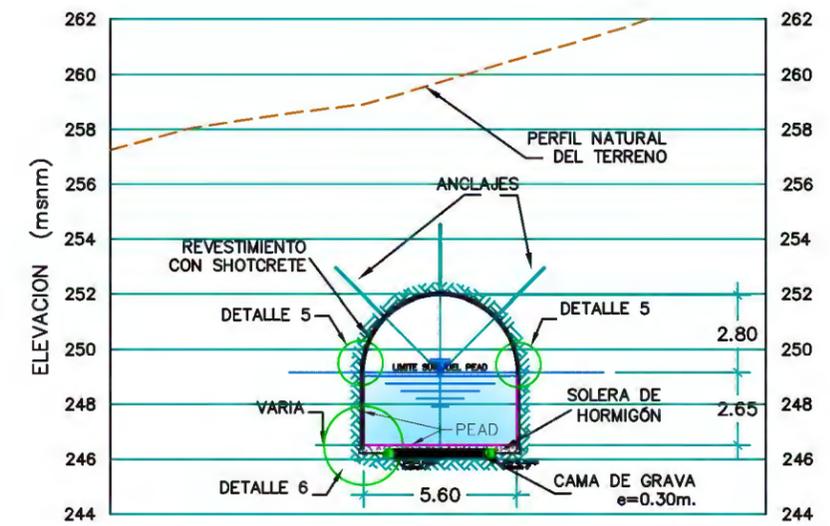
1 23/09/11



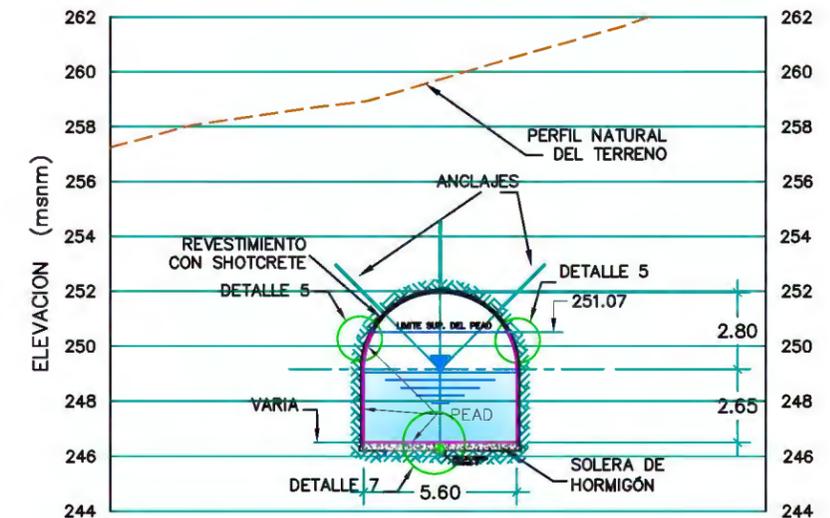
**SECCION TIPO 1 DEL CANAL: REVESTIMIENTO DE PEAD**  
desde Pk.0+000.00 a 0+750.00



**SECCION TIPO 2 DEL CANAL: REVESTIMIENTO DE LAMINA PEAD**  
a partir del Pk.0+750.00 hasta cámara de carga



**SECCION TIPO DEL TUNEL TRAMO 1**



**SECCION TIPO DEL TUNEL TRAMO 2**

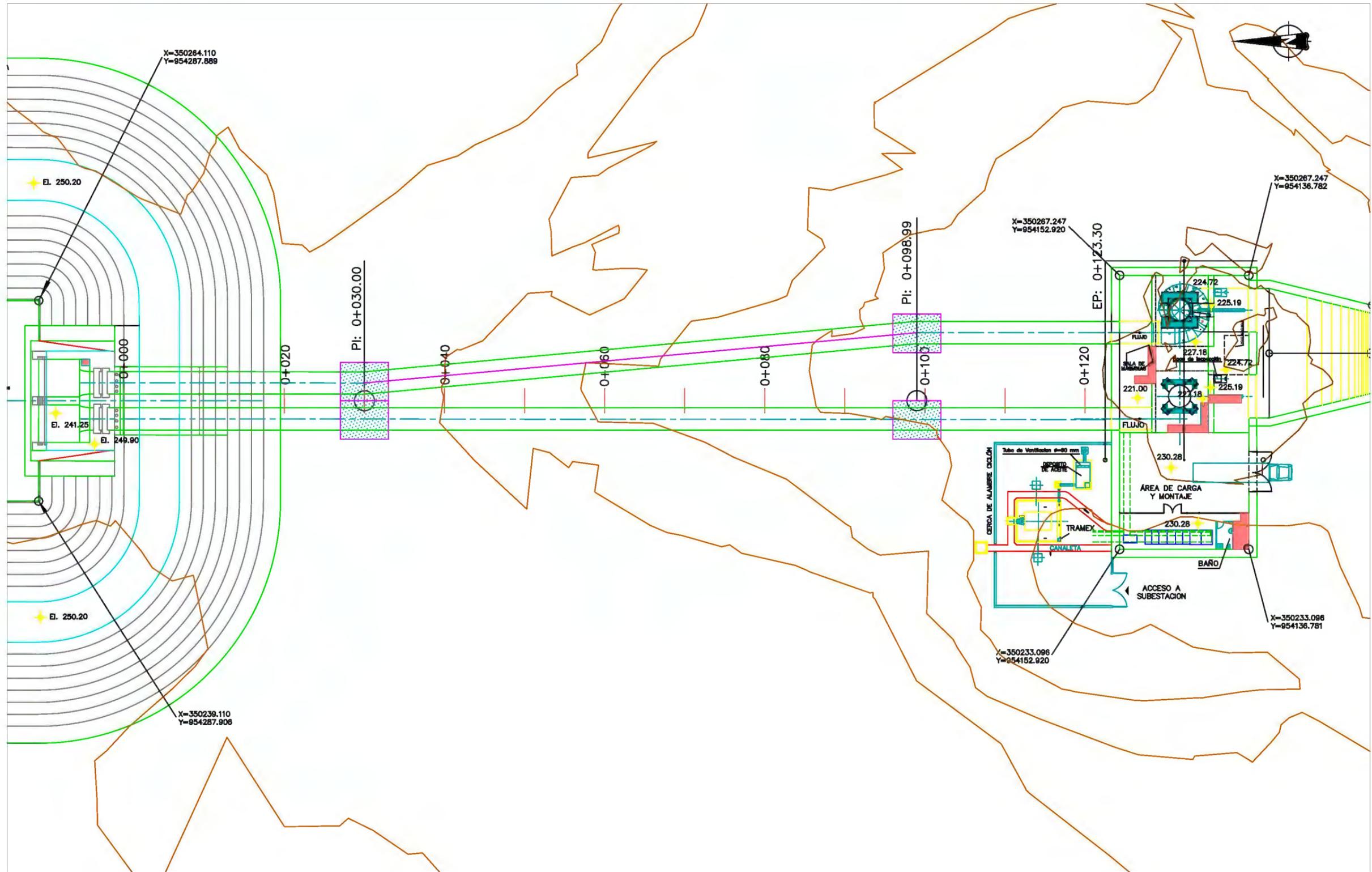
**DRENAJES LONGITUDINALES PENDIENTES MÍNIMAS**

Pendiente mínima a utilizar en el drenaje entre los pks 0+020 @ 0+185  $j=0.0002$  (2 tubos de 6")  
 Pendiente mínima a utilizar en el drenaje de los túneles  $j=0.00072$   
 Pendiente mínima a utilizar en el drenaje del canal  $j=0.01$  entre los Pks 0+750 @ 1+067 y 1+240 @ 2+060 con una tubería de 6".  
 Pendiente mínima a utilizar entre los pks 0+480 a 0+750  $j=0.01$  con dos tuberías de 6" y 4 tuberías de 6" con pendientes menores a 0.01 hasta 0.0002

DATOS HIDRAULICOS EN CANAL	DATOS HIDRAULICOS EN TUNEL
Q(m <sup>3</sup> /s)=43.5	Q(m <sup>3</sup> /s)=43.5
Tirante(m)=2.47	Tirante(m)=2.47
Rugosidad(n)=0.01	Rugosidad(n)=0.014
Radio hidráulico(m)=1.58	Radio hidráulico(m)=1.30
Velocidad(m/s)=1.92	Velocidad(m/s)=3.20
Ancho lámina libre(m)=12.90	Ancho lámina libre(m)=5.50

4	17/07/12
3	16/02/11
2	22/12/11
1	23/09/11

COTA CAMINO; DEF.DRENAJE



PROPIEDAD:  
CALDERA ENERGY CORP, S.A.

EMPRESA CONSTRUCTORA:  
HIDRAULICA DE MENDRE, S.A.

EMPRESA CONSULTORA:  
**INCISA**  
INGENIERIA CIVIL INTERNACIONAL, S.A.

TITULO DEL PROYECTO:  
CENTRAL HIDROELECTRICA MENDRE 2

FECHA:  
29/08/11

ESCALA:  
1:500  
ORIGINALES UNE A3

NOMBRE DEL PLANO:  
TUBERIA FORZADA  
PLANTA

EDIC	FECHA	RL	DP	TP	JP	EDITADO PARA

N° PLANO:  
TF-001  
HOJA 1 DE 1

## **ANEXO D – ANALISIS HIDRAULICO DEL RIO CHIRIQUI**

## D. ANALISIS HIDRAULICO DEL RÍO CHIRIQUÍ

### CONTENIDO

<b>D.1 DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS HIDRÁULICO.....</b>	<b>3</b>
D.1.1 Modelación de las crecidas del río (HEC-RAS).....	3
D.1.2 Método de cálculo.....	3
D.1.3 Sección hidráulica.....	5
D.1.4 Coeficiente de rugosidad manning.....	5
D.2.1. Análisis de crecidas en sitio de presa.....	8
D.2.2. Análisis de las estructuras.....	8
<b>D.3. ANÁLISIS HIDRÁULICO DE LA PRESA DE LA CH MENDRE I.....</b>	<b>9</b>
D.3.1. Escenario 1.....	9
D.3.2. Escenario 2.....	9
D.3.3. Datos de Partida.....	9
<b>D.4. ANÁLISIS HIDRÁULICO DE LAS ESTRUCTURAS DE LA CH MENDRE II.....</b>	<b>10</b>
D.4.1. Escenario 3.....	10
D.4.2. Escenario 4.....	10
D.4.3. Datos de Partida.....	10
<b>D.5. RESULTADOS DEL ANÁLISIS HIDRÁULICO.....</b>	<b>11</b>
D.5.1. Resultados Crecida Extraordinaria 1:00 años.....	11
D.5.2. Verificación de las secciones de control.....	12
D.5.3 Cuadros con Resultados de la Onda de las Crecidas.....	14
<b>D.6 MAPAS DE INUNDACION.....</b>	<b>15</b>
<b>D.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>16</b>
<b>D.8 REFERENCIAS.....</b>	<b>17</b>
<b>D.9. ANEXO DIGITAL D.....</b>	<b>18</b>

## **D.1 DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS HIDRÁULICO.**

El análisis estará basado en la modelación de las crecidas en el río Chiriquí para los diferentes escenarios de una inundación aguas abajo de la presa de la CH Mendre I, de acuerdo a los requerimientos de las Normas de Seguridad de Presa de la ASEP. Los escenarios analizados son los siguientes:

- ✓ Escenario 1: Crecida extraordinaria con período de retorno de 1:50 años.
- ✓ Escenario 2: Crecida extraordinaria con período de retorno de 1:100 años.
- ✓ Escenario 3: Falla por rompimiento de la cámara de carga.
- ✓ Escenario 4: Falla por rompimiento del canal de conducción.

El Análisis Hidráulico del río determinará los niveles de la crecida en el río Chiriquí y las áreas de inundación aguas abajo de la presa en la CH Mendre I. Con los resultados de este análisis se logra la confección de los mapas de inundación de la Central Hidroeléctrica Mendre II, lo que permitirá establecer los procedimientos de evacuación ante la eventualidad de alguno de los eventos anteriormente establecidos.

### **D.1.1 Modelación de las crecidas del río (HEC-RAS).**

Para el análisis de la hidráulica del río, se usará el modelo HEC-RAS, el cual fue desarrollado por, el Hydrologic Engineering Center (HEC), River Analysis System (RAS), del United States Army Corps of Engineers (USACE).

Con HEC-RAS se resuelve el régimen permanente unidimensional gradualmente variado (caudal constante en cada sección, y variación gradual de velocidades entre secciones), obteniéndose la curva de remanso correspondiente.

El procedimiento del cálculo se basa en la resolución de la ecuación de la energía unidimensional y permanente (Ecuación de Bernoulli), evaluando las pérdidas por fricción mediante la fórmula de Manning, y las pérdidas de contracción-expansión mediante coeficientes que multiplican la variación del término de velocidad. En las secciones en que se produce un régimen rápidamente variado (resalto hidráulico, confluencias, etc.) se emplea para su resolución, la ecuación de la conservación de la cantidad de movimiento.

El modelo HEC-RAS también nos permitirá conocer los tiempos en que demora en llegar el agua de un lugar a otro.

### **D.1.2 Método de cálculo.**

Se utilizó para definir el modelo de simulación hidráulica la siguiente información:

- ✓ Mapa de Inundación de la Central Hidroeléctrica Mendre I.

- ✓ Cartografía de los mapas 1:50,000 de la Provincia de Chiriquí (mosaicos de Boquete - Gualaca) del Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia (IGNTG).
- ✓ Planos como construido de presa de la CH Mendre I.
- ✓ Planos como construido de las estructuras de la CH Mendre II.
- ✓ Archivos ACAD utilizado por la Contraloría Nacional de la República, para la realización del censo del año 2010, donde se encuentra la ubicación de las casitas, calles, ríos y poblados del área en estudio.
- ✓ Punto de Control UTM en NAD 27 CANAL ZONE del puente Zarzo y las casitas ubicadas cercanas a esta estructura.
- ✓ Uso del Google Earth, para obtener información de Fotografías Aéreas.
- ✓ Planos como construidos de la presa La Esperanza CH Estí.

Para calcular el caudal que pasa por una sección transversal de un río se asume que el flujo es uniforme y que por lo tanto se puede utilizar la ecuación del flujo uniforme (lo asumido por el HEC-RAS). Para el caso de un río, a este se le considera como un canal natural cuyo coeficiente de rugosidad de Manning (n) se ve afectado por varios factores los cuales son: la rugosidad superficial, la vegetación, la irregularidad del canal, el alineamiento del canal, la sedimentación y socavación, las obstrucciones, el nivel y el caudal, los cambios estacionales, y el material en suspensión y la carga de lecho. Para el caso de planicies de inundación también se puede evaluar de manera similar.

Se han tenido en cuenta en el modelo las características hidráulicas de los puentes que pudieran presentar alguna influencia sobre el régimen hidráulico aguas abajo. Una vez obtenidos los valores de la cota de agua correspondientes a los distintos caudales máximos, esta información se ha representado cartográficamente, deduciendo, en consecuencia, a la extensión de las zonas inundables en cada tramo.

Los datos necesarios para la caracterización hidráulica de cada tramo de estudio se han agrupado en los siguientes tipos:

Geométricos: trazaron secciones transversales sobre el Modelo Digital de Terreno de trabajo, a cada 100 m.

Coefficiente de pérdidas: se han obtenido de la cobertura, visita al área para caracterizar los tramos del río, fotos y documentación especializada.

Condiciones del contorno: El programa requiere de la caracterización del cauce modelado a través de los perfiles transversales y del coeficiente de rugosidad de Manning. HEC-RAS permite la modelación del caudal en el cauce deseado entregando resultados tales como velocidades y alturas de escurrimiento.

En el Cuadro N° D1, se indican las siguientes condiciones para la modelación:

**Cuadro N° D1 - Características hidráulicas de análisis**

Condición	Descripción
Geometría	Levantamiento Topográfico
Coefficiente de Rugosidad de Manning	Ver Cuadro N° D3 y D4
Tipo de Modelación	Flujo Permanente en Escurrimiento Mixto
Condición de Borde	Canal: Altura Normal S: pendiente promedio 0.0094%

Caudales Regulados: Los caudales que se introducen en el programa corresponden a los caudales vertidos por la presa ver Cuadro N° D2.

**Cuadro N° D2 - Crecidas de Diseño**

Intervalo de Recurrencia (años)	Caudal Descarga del Vertedero (m <sup>3</sup> /s)	Máximo Nivel de Agua HEC-RAS (msmn)
50	773	312.84
100	908	313.22
1,000	1,397	314.44
10,000	2,003	315.48

### D.1.3 Sección hidráulica.

Para obtener los máximos niveles de agua para cada sección, se siguieron los siguientes procedimientos:

Datos de partida:

- Caudal máximo de las crecidas.
- Pendiente por cada tramo del río.
- Topografía (Secciones transversales)

La metodología de análisis y cálculo hidrológico en que se basa el programa HEC-RAS se puede encontrar en el Manual de Referencia Hidráulica de USACE.

Se obtuvieron secciones transversales a lo largo del río y otras adicionales en los meandros, a cada una de las secciones se le determinó la pendiente por cada tramo ver en Anexo Digital D.

### D.1.4 Coeficiente de rugosidad manning.

Para calcular el caudal que pasa por una sección transversal de un río se asume que el flujo es uniforme y que por lo tanto se puede utilizar la ecuación del flujo uniforme (lo asumido por el HEC-RAS). Para el caso de un río, a este se le considera como un canal natural cuyo coeficiente de rugosidad de Manning

(n) se ve afectado por varios factores los cuales son: la rugosidad superficial, la vegetación, la irregularidad del canal, el alineamiento del canal, la sedimentación y socavación, las obstrucciones, el nivel y el caudal, los cambios estacionales, y el material en suspensión y la carga de lecho. Para el caso de planicies de inundación también se puede evaluar de manera similar.

Al haber tantos parámetros que influyen en el valor final del coeficiente de rugosidad (n) del cauce del río, se desarrolló la siguiente ecuación para estimar su valor:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5 \quad \text{ecuación (1)}$$

En el Cuadro N° D3 se indican los valores que pueden tomar cada parámetro, según las condiciones. Sin embargo el valor escogido para el diseño dependerá de las condiciones que se observen en campo y de acuerdo al criterio del diseñador.

**Cuadro N° D3 - Coeficientes para la fórmula de manning**

Condiciones del Canal		Valores	
Material involucrado	Tierra	n <sub>0</sub>	0.020
	Corte en Roca		0.025
	Grava Fina		0.024
	Grava Gruesa		0.028
Grado de irregularidad	Suave	n <sub>1</sub>	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la sección transversal	Gradual	n <sub>2</sub>	0.000
	Ocasionalmente Alterada		0.005
	Frecuentemente Alterada		0.010-0.015
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificantes	n <sub>3</sub>	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	n <sub>4</sub>	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy alta		0.050-.100
Grado de los efectos por meandros	Menor	m <sub>5</sub>	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

De acuerdo a la configuración del río, se han establecido los coeficientes de rugosidad para la zonas de los márgenes izquierdo y derecho una  $n = 0.095$  y para la zonas del cauce una  $n = 0.0285$ , ver cuadro N° 4).

**Cuadro N° D 4 - Coeficientes de rugosidad corresponde al lecho y a las planicies**

Descripción	n0	n1	n2	n3	n4	m	n
En el Lecho	0.028	0.000	0.000	0	0.005	1	0.0285
En las planicies	0.020	0.010	0.020	0	0.025	1	0.095

## **D.2. ANÁLISIS HIDRÁULICO**

### **D.2.1. Análisis de crecidas en sitio de presa**

Los resultados de los cálculos hidráulicos con el programa HEC-RAS para los escenarios analizados se presentan en los archivos incluidos en el Anexo Digital D.

El análisis hidráulico de las crecidas se ha realizado para 1:50 años y 1:100 años, comienza con el paso de dichas crecidas por la presa vertedora. No existe tránsito de caudales debido a que no hay ninguna regulación. Por lo tanto la crecida se recibe tal cual en las estructuras de evacuación.

En el Escenario 2 la crecida de inundación, tiene particular interés: la reducción del caudal pico mientras se dirige aguas abajo (atenuación), el tiempo máximo en el que el flujo de agua llega hacia los puntos de importancia, y la altura máxima de agua que se puede acumular en puntos de importancia y de qué manera cambia la hidrografía del lugar mientras se mueve aguas abajo.

Estos efectos están regidos por factores como: la geometría del canal principal y áreas aledañas; la rugosidad del canal y zonas continuas, la existencia de áreas en las que se pueda acumular agua fuera del canal principal, y la forma del hidrograma de creciente cuando llega al cauce.

### **D.2.2. Análisis de las estructuras**

Los resultados de los cálculos hidráulicos con el programa HEC-RAS para los escenarios analizados se presentan en los archivos incluidos en el Anexo Digital D.

El análisis hidráulico por falla de las estructuras de cámara de carga, se da cuando por cualquier motivo el agua en la cámara de carga llega hasta alcanzar un caudal de 24 m<sup>3</sup>/s. El agua entra sin control en un tiempo de 30 min. Por lo tanto las paredes de la estructura de cámara de carga no soportan las presiones del volumen de agua que se está almacenado hasta que uno de los lados falle.

El análisis por falla del canal de conducción, se da cuando por cualquier motivo se produce un desplazamiento en el talud de relleno del lado izquierdo del canal. Las paredes del canal pierden estabilidad ante el paso de las crecidas.

### **D.3. ANÁLISIS HIDRÁULICO DE LA PRESA DE LA CH MENDRE I.**

Los escenarios analizados de acuerdo a las Normas de Seguridad de Presas de ASEP son las siguientes:

#### **D.3.1. Escenario 1**

- ✓ Crecida 1: 50 años sin rotura de presa de la CH Mendre I.

En esta condición la crecida 1:50 años debe pasar por el vertedor

#### **D.3.2. Escenario 2**

- ✓ Crecida 1:100 años sin rotura de presa de la CH Mendre I.

En esta condición la crecida 1:100 años debe pasar por el vertedor.

#### **D.3.3. Datos de Partida**

- ✓ Las secciones de topografía y la rugosidad serán las mismas utilizadas en el análisis hidráulico del río para las crecidas extraordinarias.
- ✓ Datos de las estructuras de contención y de control, las cuales son introducidas al programa HEC-RAS.
- ✓ Al ser una estructura de poca altura, su rotura no aporta un volumen de riesgo, ya que el volumen que acompaña a la crecida es muy superior (el almacenamiento es muy pequeño comparado con la crecida)

## **D.4. ANÁLISIS HIDRÁULICO DE LAS ESTRUCTURAS DE LA CH MENDRE II**

Los escenarios analizados de acuerdo a la posibilidad de un evento inusual:

### **D.4.1. Escenario 3**

En esta condición la cámara de carga fue diseñada con una capacidad que no considera caudales de almacenamiento que sobrepasen los niveles de la estructura, el colapso de esta estructura ocasionaría que la casa de máquinas se inundara unos 54 cm a partir del terreno.

### **D.4.2. Escenario 4**

En esta condición se analizan los tramos de relleno por donde pasa el canal de conducción. Los daños ocasionarían que dejara de operar la Central Hidroeléctrica de Mendre II, no se dan afectaciones a poblados cercanos ya que el agua iría en dirección al río.

### **D.4.3. Datos de Partida**

- ✓ Datos geométricos de cada una de las estructuras que conforman ambas centrales hidroeléctricas, las cuales son introducidas al programa HEC-RAS.
- ✓ La topografía a lo largo de las estructuras de la Central Hidroeléctrica Mendre I y Mendre II.
- ✓ Secciones de las topografía del área en estudio a lo largo del río Chiriquí.

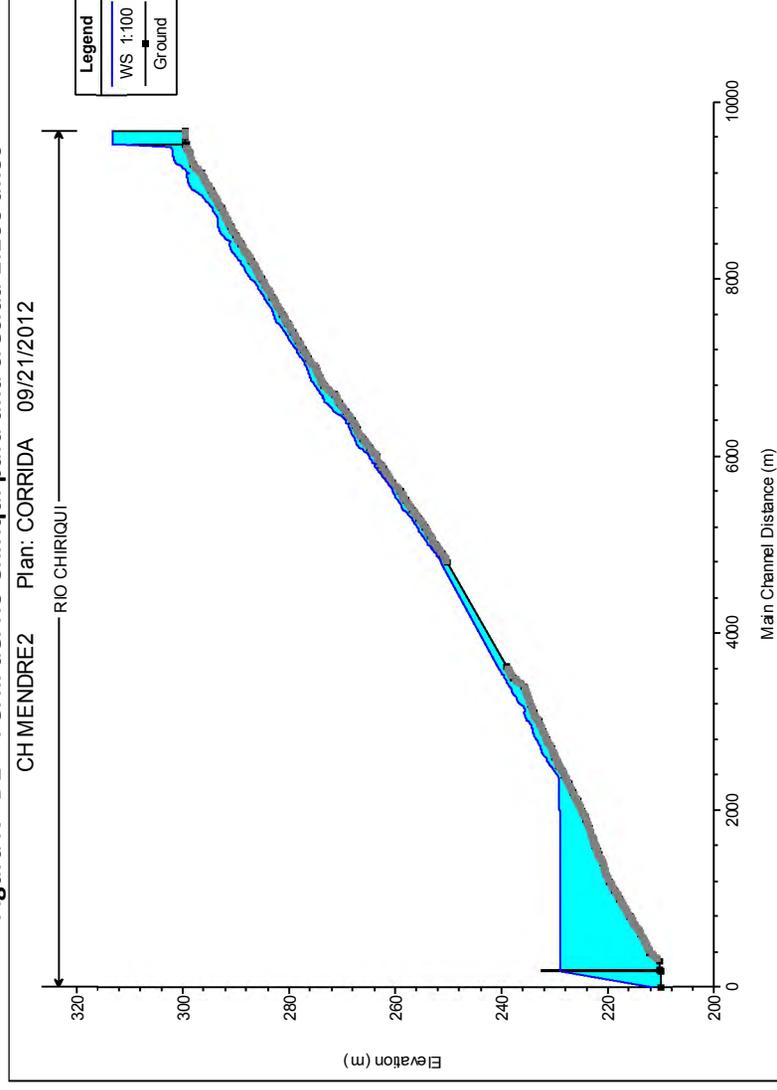
## D.5. RESULTADOS DEL ANÁLISIS HIDRÁULICO.

Los archivos de datos y los archivos de resultados del análisis hidráulico completo para los dos escenarios analizados se presentan en el Anexo Digital D. Se realizaron las corridas de HEC-RAS para los escenarios analizados.

### D.5.1. Resultados Crecida Extraordinaria 1:00 años.

HEC RAS genera los resultados en diferentes formatos, en forma gráfica y en tablas. En la Figura N° D1 se presenta el perfil generado gráficamente para la crecida extraordinaria de 1:100 años. (Escenario 2). Se

**Figura N° D1 - Perfil del río Chiriquí para una crecida 1:100 años**



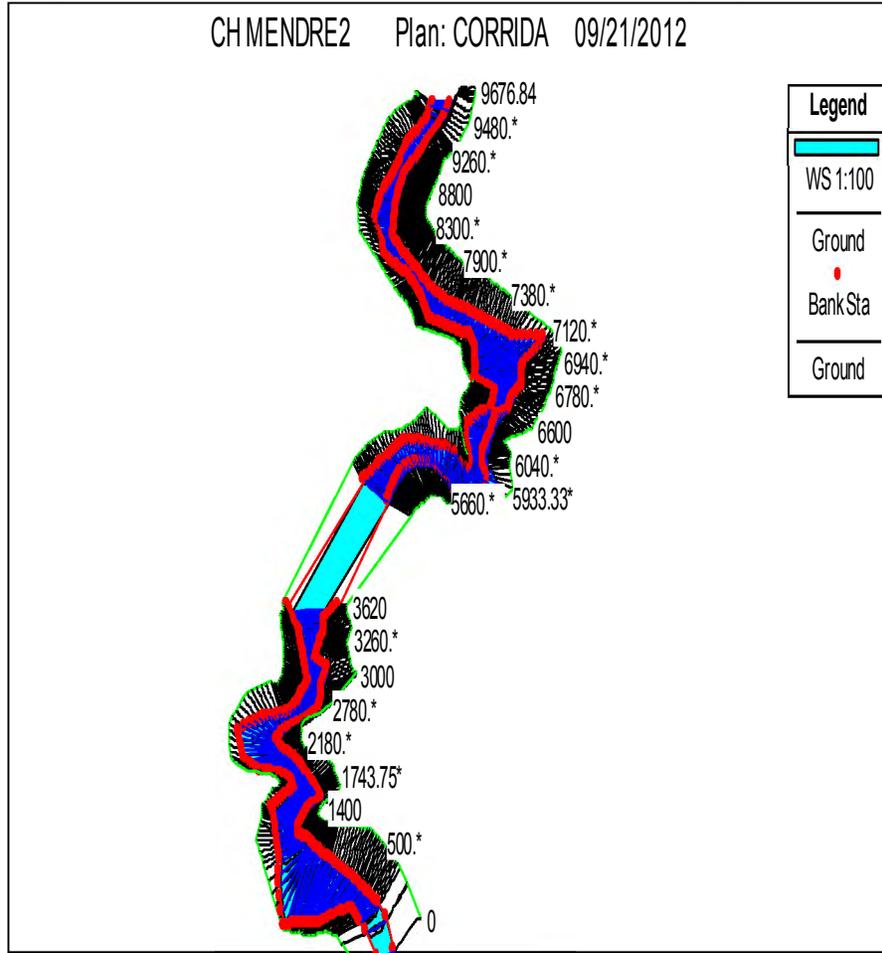
A continuación se presenta la salida del programa donde se muestra el isométrico de niveles de aguas y secciones. El programa permite exportar la información de la crecida referenciado a coordenadas y cotas reales.

Se ha separado en tres tramos el río analizado, debido a la información con las que se cuenta para llevar este trabajo:

- ✓ El tramo 1: está conformado por las secciones de topografía a partir de la presa de la CH Mendre I hasta la toma de Mendre II.
- ✓ El tramo 2: está conformado por las secciones de topografía a partir de la toma hasta la estación 1k+400 de la conducción de CH Mendre II.

- ✓ El tramo 3: está conformado por las secciones de topografía a partir de la estación 1k+400 hasta la presa de Estí.

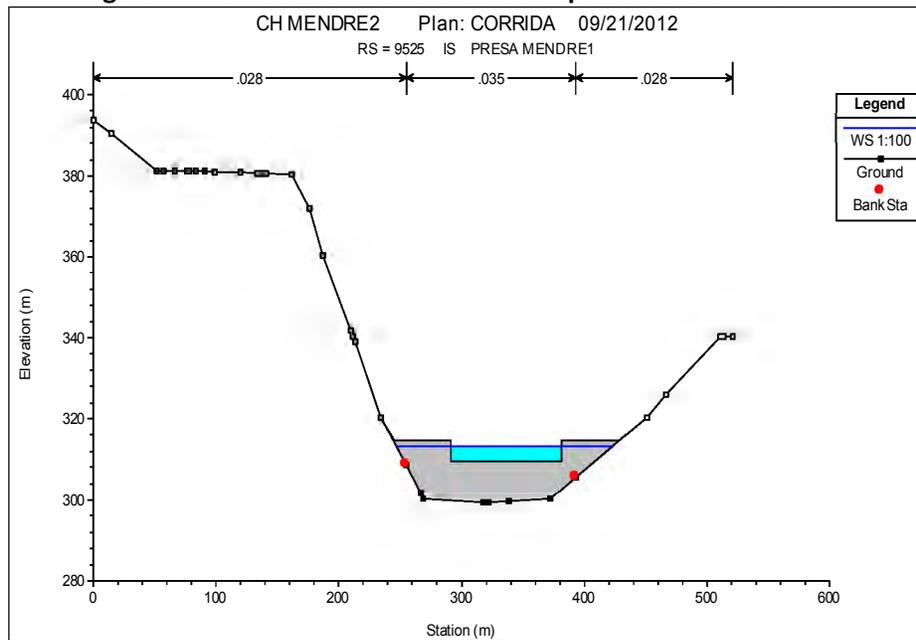
**Figura N° D2 - Escenario 2: Isométrico de Niveles de Agua y Secciones**



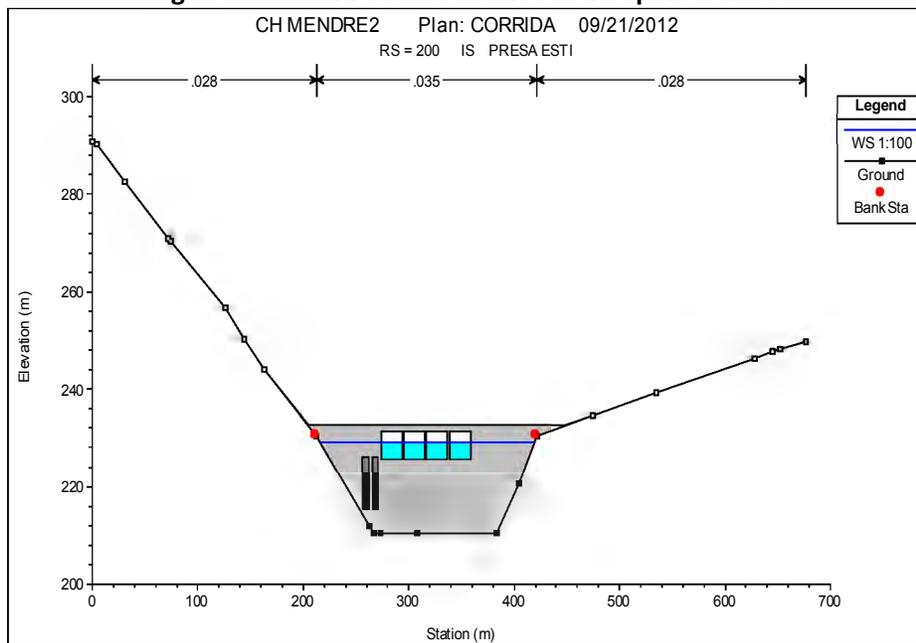
### D.5.2. Verificación de las secciones de control

En el programa se incluyen las estructuras de control y retención para realizar el análisis en la descarga de las crecidas.

**Figura N° D3 – Sección transversal de la presa de la CH Mendre I**



**Figura N° D4 – Sección transversal de la presa de Estí**



En el Anexo Digital D, se presentan los resultados del programa HEC-RAS y un cuadro resumen en Excel que permite analizar todos los resultados obtenidos.

### D.5.3 Cuadros con Resultados de la Onda de las Crecidas.

Con los datos obtenidos de HEC-RAS procedemos a calcular en los cuadros siguientes la onda de crecida hasta la presa La Esperanza CH Estí a manera de comparación.

**Cuadro N° D5 - Tiempo de Llegada y Tirante de la Onda para Crecida 1:50**

Tabla de tiempo				
Estación	Tiempo		Tirante	Elevación
kms	hora	minuto	metros	msnm
0	0	0	3.35	312.84
2	0	9	1.75	282.2
4	0	20	1.40	259.62
5	0	25	2.37	248.57
6	0	32	1.58	239.38
8	0	54	6.95	228.73
9.33	2	27	3.22	228.72

**Cuadro N° D6 - Tiempo de Llegada y Tirante de la Onda para Crecida 1:100**

Tabla de tiempo				
Estación	Tiempo		Tirante	Elevación
kms	hora	minuto	metros	msnm
0	0	0	3.72	313.22
2	0	9	1.90	282.36
4	0	19	1.53	259.81
5	0	24	2.66	249.12
6	0	30	1.76	239.56
8	0	51	7.32	229.1
9.3	2	13	3.59	229.09

**Cuadro N° D7 – Verificación de Niveles en Presas**

Estructura de Presa	Nivel de crecida (msnm)		Borde Libre (m)		Tirante (m)	
	1 en 50	1 en 100	1 en 50	1 en 100	1 en 50	1 en 100
MENDREI	312.84	313.22	1.66	1.28	3.35	3.72
LA ESPERANZA	228.72	229.09	2.58	2.21	3.22	3.59

## **D.6 MAPAS DE INUNDACION.**

Para la confección y presentación de los mapas de inundación para los diferentes escenarios se seguirán los siguientes procedimientos:

- ✓ Sobre la base cartográfica preparada con la documentación recolectada, según se indica en la sección D.1.2, se ha representado las cotas de las crecidas para los distintos escenarios analizados.
- ✓ Se han preparado mapas de inundación de crecidas correspondiente a los dos escenarios analizados que aplican a la norma de la ASEP. Se incluyó el escenario de la falla de la cámara de carga.
- ✓ Se han colocado de manera espaciada el tiempo y el tirante de la crecida a lo largo del río Chiriquí.
- ✓ Sobre los mapas de inundación se han indicado las rutas de evacuación en caso de emergencia de crecidas y las zonas seguras como lugares de refugio.

En el Anexo B se presentan copias impresas de los Mapas de Inundación y en el Anexo Digital D se presentan copias digitales en formato PDF y ACAD los cuales pueden ser impreso en la escala más conveniente para su uso.

## **D.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

El análisis de los resultados nos permite concluir lo siguiente:

- ✓ Los escenarios analizados transitan adecuadamente por el río Chiriquí sin ocasionar inundaciones en áreas pobladas, estructuras o áreas de producción agrícola.
- ✓ La falla de la presa Mendre I no provoca ningún impacto sobre las estructuras de la Central Hidroeléctrica Mendre I ni la presa La Esperanza de la Central Hidroeléctrica Estí.
- ✓ La crecida de 1:1000 años no provoca ningún impacto sobre las estructuras de la Central Hidroeléctrica Mendre I ni la presa La Esperanza de la Central Hidroeléctrica Estí.

Como recomendaciones se sugiere:

- ✓ Se requiere actualización, solo de los datos de las personas de contacto en el Flujo de Comunicación y la demográfica actualizada que utiliza la Contraloría Nacional de la República de Panamá.
- ✓ Realizar estudios especiales para determinar las características del suelo en el sitio de cámara de carga y conducción, de forma que se puedan colocar mecanismos de protección.

## D.8 REFERENCIAS.

### Textos y manuales

1. USA Geological Survey Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients.
2. Clasificación de presas y evaluación del riesgo con el modelo HEC-RAS, España.
3. Hidráulica de Canales, Ven Te Chow.
4. Clasificación de presas y evaluación del riesgo con el modelo HEC-RAS, España.
5. Norma Para la Seguridad de Presas. Autoridad de los Servicios Públicos de la República de Panamá (ASEP) septiembre 2010.
6. Victor M. Ponce, M.ASCE<sup>1</sup>; Ahmad Taher-shamsi<sup>2</sup>; and Ampar V. Shetty<sup>3</sup>
7. Dam-Breach Flood Wave Propagation Using Dimensionless Parameters
8. Bruce W. Harrington, P.E. MD Dept. of The Environment Dam Safety Division
9. HAZARD CLASSIFICATIONS & DANGER REACH STUDIES FOR DAMS By
10. Utah State University and RAC Engineers & Economists.
11. Sanjay S. Chauhan<sup>1</sup>, David S. Bowles<sup>2</sup> and Loren R. Anderson<sup>3</sup>
12. REASONABLE ESTIMATES FOR USE IN BREACH MODELING
13. DO CURRENT BREACH PARAMETER ESTIMATION TECHNIQUES PROVIDE
14. ManualBasico\_HEC-RAS313\_HEC-GeoRAS311\_Español
15. CLASIFICACIÓN DE PRESAS Y EVALUCIÓN DEL RIESGO  
CON EL PROGRAMA HEC-RAS.
16. HEC-GeoRAS42\_UsersManual
17. Programa HEC\_RAS. Hidrologic Engineering Center River analysis system 4.1.0 Jan 2010 HEC-RAS. Devoleped by the U.S. Army Corps Engineers
18. Programa HEC\_RAS. Hidrologic Engineering Center River analysis system 4.1.0 Jan 2010 HEC-RAS. Devoleped by the U.S. Army Corps Engineers
19. Dam Break Flood Analysisi Bulletin 111
20. Open Channel Hydraulics, Vente Chow.
21. Guía Técnica de Seguridad de Presas No. 4 – Avenida de proyecto. Comité Nacional Español del Grandes Presas.
22. HEC-RAS, River Analysis System. User's Manual. US Army Corps of Engineers.
23. Manual de Requisitos para Revisión de Planos. Ministerio de Obras Públicas.
24. Manual de Hidráulica. Horace William King.

## D.9. ANEXO DIGITAL D.

### ANEXO DIGITAL (en CD)

Nombre del Archivo	Descripción	Tipo de Archivo
Directorio: Mapa de Inundación	Mapas de Inundación	
- Mapa General Mendre II	- ANEXO B: Mapa de Localización General.	PDF
- Mapa de Inundación 1:50 años	- ANEXO B.1: Mapa de Inundación de 1:50 años.	PDF
- Mapa de Inundación 1:100 años	- ANEXO B.2: Mapa de Inundación de 1:100 años.	PDF
- Mapa de Inundación Cámara de Carga	- ANEXO B.3: Mapa de Inundación de la Casa de Máquinas.	PDF
- Mapas Mendre II	- Mapa General y de Inundación	ACAD
Directorio: Registro Fotográfico	- Presa Mendre I - Cámara de Carga - Canal de Conducción - Canal de descarga de CM - Casa de Maquinas - Drenajes	JPG JPG JPG JPG JPG JPG
Directorio: Memoria de Cálculo HEC-RAS	- Perfiles y secciones 1-50 - Perfiles y secciones 1-100 - Perfiles y secciones por falla Cámara de Carga - Perfiles y secciones por falla del Canal de Conducción - Resultados HEC-RAS	PDF PDF PDF PDF EXCEL
Directorio: Documento Suministrados por Electro Generadora del Istmo, S.A.	- GE-000_Indice - Datos adjuntos sin título 00143 - Datos adjuntos sin título 00125 - 2012-07-03 REJA CAMARA DE CARGA MENDRE II - 2012-06-27 FILTRACION DE RIO CHIRIQUI MENDRE II - 2012-06-27 DRENAJE LONGITUDINAL HASTA 0k+750 MENDRE II - 2012-04-26 ESTABILIDAD DE ATAGUIA MENDRE II - 2012-02-06 TUBERIA FORZADA AIREACION MENDRE II - 2012-01-12 TUBERIA FORZADA CONDUCCION MENDER II	PDF PDF PDF PDF PDF PDF PDF PDF PDF

	- 2011-12-13 GENERADOR DE EMERGENCIA MENDRE II	PDF
	- 2011-09-29 CALCULO OBRA TOMA MENDRE II	PDF
	- 2011-09-19 CANAL DESCARGA MENDRE II	PDF
	- 2011-08-30 CANAL DE CONDUCCION MENDRE II	PDF
	- 2011-07-18 TRANSICIONES CANAL MENDRE II	PDF
	- 2011-07-05 VERTEDERO DE DEMASIAS MENDRE II	PDF
	- CC_003-Seccion Típica Canal	ACAD
	- CC_004-Transicion Canal Túnel	ACAD
	- CC_005-Aliviadero de Demasias	ACAD
	- CC_002-Secciones Transversales	ACAD
	- CC_001-Planta y Perfil_Long	ACAD
Directorio: Reporte - Reporte PADE Mendre II Rev. 1, 2012	- Reporte y sus Anexos	PDF

## **ANEXO E – DIRECTORIO DE CONTACTOS ALTERNATIVOS**

## E. DIRECTORIO DE CONTACTOS ALTERNATIVO

En caso de no poderse contactar a la persona responsable en el flujo de comunicación para la respectiva alerta se debe proceder a comunicar con el superior jerárquico.

INSTITUCION O EMPRESA	NOMBRE	CARGO	CONTACTO
ELECTRO GENERADORA DEL ISTMO, S.A.	Ing. Juan Ramón Brenes	Gerente General	Oficina: 834-0171/0172 Celular: 6612-1868 Correo: jrbrenes@grbmanagement.com
ELECTRO GENERADORA DEL ISTMO, S.A.	Mario Herrera	Gerente de Operaciones	Teléfono: 834-0171/0172 Celular: 6450-7303 Correo: mherrera@panamapower.net
ELECTRO GENERADORA DEL ISTMO, S.A.	Ing. Oriel Ortega	Jefe de Mantenimiento	Oficina: 834-0171/0172 Celular: 6613-1707 Correo: oortega@mendre.net
ELECTRO GENERADORA DEL ISTMO, S.A.	Lic. Alexis Ortis	Operador	Oficina:834-0171/0172 Celular:6669-1816 Correo: aortiz@mendre.net
ELECTRO GENERADORA DEL ISTMO, S.A.	Lic. Jonny Serracin	Operador	Oficina:834-0171/0172 Celular:6453-6075 Correo: jserracin@mendre.net
ELECTRO GENERADORA DEL ISTMO, S.A.	Viznnee Rivera	Operador	Oficina:834-0171/0172 Celular:6649-6149 Correo: vrivera@mendre.net
<b>ETESA</b>			
ETESA – CND PANAMA	Carlos A. Barreto	Gerente	Oficina: 230-8100/8103 Celular: Correo: cbarreti@etesa.com.pa cnd@etesa.com.pa
ETESA – HIDROMET PANAMA	Ivan Jaramillo	Gerencia de Hidrometeorología	Oficina: 501 3846/ 66436394 Celular: Correo: ljaramillo@etesa.com.pa
<b>SINAPROC</b>			
SINAPROC CHIRIQUI	Abelardo Serrano	Director Provincial	Oficina:774-7325/775-9071/774-3944 Celular: Correo:
SINAPROC PANAMA	Arturo Alvarado	Director Nacional	Oficina:316-3200 Celular: Correo: lcampillo_02@hotmail.com
<b>POLICIA NACIONAL</b>			
POLICIA NACIONAL DE	Rodolfo Jiménez	Mayor	Oficina: 722-4036/722-7027 Celular:

<b>INSTITUCION O EMPRESA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>CARGO</b>	<b>CONTACTO</b>
DAVID			Correo:
<b>BOMBEROS</b>			
BOMBERO DE DAVID	Dr. Manuel De La Cruz	Comandante	Oficina: 775-4211 Celular: Correo:
BOMBEROS DE BOQUETE	Jorge E. Gonzalez	Mayor	Oficina: 720-1277 Celular: Correo:
BOMBEROS PANAMA	Edgar Salazar	Capitán	Oficina: 512-6160 Celular: Correo:
<b>HOSPITALES Y CENTROS DE SALUD</b>			
HOSPITAL REGIONAL CSS Dr. RAFAEL HERNANDEZ DE CHIRIQUÍ	Erick Miranda	Director Regional	Oficina: 774-6067 Celular: Correo:
POLICLINICA ESPECIALIZADA Dr. PABLO ESPINOZA	Elián Calvo	Director Regional	Oficina: 770-6217 Celular: Correo:
HOSPITAL DE CHIRIQUÍ	Rigoberto Martinez	Director Regional	Oficina: 774-0128 Celular: Correo:
HOSPITAL CSS PANAMA	Guillermo Sáez Llorens	Director	Oficina: 503-60-32/2532 Celular: Correo: <a href="http://www.css.gob.pa">www.css.gob.pa</a>
HOSPITAL SANTO TOMAS PANAMA	José Terán	Director	Oficina: 507-4122/5600 Celular: Correo: <a href="http://www.hst.gob.pa">www.hst.gob.pa</a>
CENTRO DE SALUD DAVID	Dr. Agustin Saldaña	Director Regional	Oficina: 775-3794 Celular: Correo: <a href="http://www.minsa.gob.pa">www.minsa.gob.pa</a>
CENTRO DE SALUD DE BOQUETE	Dr. Pedro Honnings	Director Regional	Oficina: 776-2107 Celular: Correo: <a href="http://www.minsa.gob.pa">www.minsa.gob.pa</a>
<b>CRUZ ROJA</b>			
CRUZ ROJA DE DAVID CHIRIQUÍ	Erick Pittí	Directora Regional	Oficina: 775-3737 Celular: Correo:
CRUZ ROJA DE	Prof. Darmando	Presidente de	Oficina: 775-8456

<b>INSTITUCION O EMPRESA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>CARGO</b>	<b>CONTACTO</b>
BOQUETE	Ríos	Comité	Celular: Correo:
CRUZ ROJA PANAMA	Jaime Fernández	Director	Oficina: 315-1429/1401 Celular: Correo: cruzroja@pa.gbnet.cc
<b>OTRAS INSTITUCIONES</b>			
MUNICIPIO DAVID	Licdo. Francisco Vigil	Alcalde	Oficina: 775-1013 Celular: Correo:
MUNICIPIO BOQUETE	Licdo. Manolo Ruíz	Alcaldesa	Oficina: 772-7001 Celular: Correo:
MIVI CHIRIQUI	Jorge O. Montenegro	Director Regional	Oficina: 775-3651/775-1372 Celular: Correo: www.mivi.gob.pa
MIVI PANAMA	Carlos Duboy	Director	Oficina: 579-9230/9202/0000 Celular: Correo: www.mivi.gob.pa
MEDUCA CHIRIQUÍ	Gertrudis Rodríguez	Director Regional	Oficina: 775-4102/775-7517 Celular: Correo: meduca@meduca.gob.pa
MEDUCA PANAMÁ	Lucynda Molinar	Ministra de Educación	Oficina: 511-4400/515-7300 Celular: Correo: meduca@meduca.gob.pa
MOP CHIRIQUÍ	Roberto Lezcano	Directora Regional	Oficina: 775-4101 Celular: Correo: www.mop.gob.pa
MOP PANAMÁ	Federico Suarez	Director	Oficina: 507-9400/9481 Celular: Correo: www.mop.gob.pa
IDAAN CHIRIQUÍ	Zenón Gonzalez	Director Regional	Oficina: 7775-5280 Celular: Correo: www.idaan.gob.pa
IDAAN PANAMÁ	Manuel González Ruiz	Director	Oficina: 523-8570/8567 Celular: Correo: www.idaan.gob.pa
CORREGIDURÍA DE DAVID CENTRO	Porfirio Miranda	Corregidor	Oficina: 775-1012 Celular: Correo:
CORREGIDOR DE BOQUETE	Walkiria Castillo	Corregidora	Oficina: 720-1182 Celular: Correo:
HONORABLE REPRESENTANTE DAVID CENTRO	Miguel Medina	Representante	Oficina: 772-0647 Celular: Correo:

<b>INSTITUCION O EMPRESA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>CARGO</b>	<b>CONTACTO</b>
HONORABLE REPRESENTANTE BOQUETE	Marcial Suarez	Representante	Oficina: 720-1221 Celular: Correo:
SERVICIO AEREO NACIONAL	Belsio Giolis	Director General	Oficina: 211-6000/238-1000 Celular: Correo:
SERVICIO MARITIMO NACIONAL	Alfonso Castillero	Director General de Marina Mercante	Oficina: 501-5033 Celular: Correo:
INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL.	Arquin Tapia	Jefe de la Red Sismológica del Instituto de Geociencias	Oficina: 523-5571/5560 (8am-9pm) Celular: 6911-3023 Correo: aalaint@hotmail.com <a href="http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/epic/">http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/epic/</a>

## **ANEXO F – PLAN DE SIMULACRO PARA EMERGENCIAS**

## F. Plan de Simulacro para Emergencias

### CONTENIDO

F.1 Objetivo .....	2
F.2 Frecuencia y duración del simulacro.....	2
F.3 Personal Implicado en el Simulacro .....	2
F.4 Fases del simulacro .....	3
F.5 Limitaciones y alcances del simulacro.....	3
F.6 Informe Final del Simulacro .....	4
F.7. Sistema de Aviso para Simulacros.....	4
F.7.1 Sirena Acústica .....	4
F.7.2 Comunicación.....	5

## **F.1 Objetivo**

El objetivo que se quiere con la capacitación del operador de la presa de la Central Hidroeléctrica Mendre I y del operador de la Central Hidroeléctrica Mendre II es adquirir los conocimientos y la experiencia necesaria bajo una acción inmediata, ante situaciones que ponga en peligro la seguridad de las estructuras que conforman ambas centrales, de manera que puedan actuar en el momento necesario, activar y dar seguimiento cuando ocurra la emergencia.

Para alcanzar los objetivos de este plan se deberá seguir los siguientes pasos:

- ✓ Asegurar que todo el personal forme parte del plan, lo haya estudiado y tenga conocimiento del mismo desde el momento de su incorporación a la organización de la operación de la CH Mendre II.
- ✓ Realizar actividades de simulacro de las emergencias establecidas en el PADE de la CH Mendre II.

En el capítulo 6 de este PADE, se definen los procedimientos de actuación, estableciendo las circunstancias que permiten detectar el incidente que causa la situación y su clasificación en los cuatro posibles niveles de emergencia según la importancia del suceso.

El simulacro se llevará a cabo mediante un ejercicio donde se ensayaran las medidas a seguir ante una situación hipotética de emergencia. Donde se deberá abarcar todos los pasos contemplados para una situación de emergencia real.

## **F.2 Frecuencia y duración del simulacro**

Para habitar y disciplinar el comportamiento del equipo involucrado, se realizará el simulacro de algunas de las situaciones contempladas en el capítulo 6, del presente plan de emergencia al menos una vez cada tres años.

Los ejercicios de simulacro se realizan cuando la central hidroeléctrica este en situación normal y en una época del año en que las circunstancias permitan prever, con cierta garantía que no va acontecer un incidente que genere una situación extraordinaria o de emergencia real.

La duración del ejercicio del simulacro será como mínimo de 24 horas.

El ejercicio se interrumpirá cuando su desarrollo acontezca con situación extraordinaria o de emergencia real o sea imprescindible la atención del personal para garantizar la operación normal de la central.

## **F.3 Personal Implicado en el Simulacro**

El Coordinador del PADE, serán los encargados de programar, coordinar y dirigir el simulacro de la

situación de emergencia.

El ejercicio participará todo el personal necesario, para llevar a cabo las tareas de acuerdo a la situación de emergencia del simulacro.

Se excluirá a participar del ejercicio de forma total y parcial, al personal que sea necesario para mantener la central en operación normal durante el simulacro.

Se implicará en el ejercicio a las personas y organismos externos que el PADE establezca.

#### **F.4 Fases del simulacro**

El simulacro de las situaciones de emergencia se realizará en cinco pasos, paralelas a las establecidas en una situación normal, llevando una bitácora de todas las acciones ejecutadas:

- ✓ Paso 1: Detección del Evento
- ✓ Paso 2: Determinación del Nivel de Emergencia
- ✓ Paso 3: Niveles de Comunicación y Notificación
- ✓ Paso 4: Acciones Durante la Emergencia
- ✓ Paso 5: Terminación

Durante el desarrollo del ejercicio del simulacro durante la emergencia, el equipo controlará y registrará en la bitácora todas las acciones que se desarrollen y se pondrá mayor interés en los siguientes aspectos:

- ✓ Utilización de los sistemas de comunicación.
- ✓ Tiempo de respuesta del personal.
- ✓ Comprobación de los sistemas básicos de comunicación y energía.
- ✓ Medidas de seguridad y protección personal.
- ✓ Adquisición de datos de auscultación.
- ✓ Seguimiento y control de los equipos de instrumentación del embalse.

#### **F.5 Limitaciones y alcances del simulacro**

No se permitirá el tráfico de personas o vehículos salvo que sean imprescindibles dentro del ejercicio del simulacro.

Las comunicaciones deberán estar disponibles para el ejercicio.

En particular el Coordinador del PADE deberá:

- ✓ Elaborar la ficha descriptiva estableciendo el tipo de alerta a simular y las instrucciones generales

- sobre el simulacro.
- ✓ Plantear con el operador de la presa de CH Mendre I y el operador de la CH Mendre II hipotéticas circunstancias especiales que pudieran surgir durante el desarrollo del ejercicio.
  - ✓ Programar una reunión informativa con el personal de la presa de CH Mendre II donde se revisen los métodos de actuación frente a situaciones de emergencia.
  - ✓ Redactar un informe final del ejercicio.

## **F.6 Informe Final del Simulacro**

Electro Generadora del Istmo, S.A. realizará un informe sobre el desarrollo del ejercicio del simulacro, que será remitido a la ASEP. En el mismo se reportarán todas las incidencias, observaciones, conclusiones y recomendaciones que permitan introducir mejoras en los procedimientos de actuación.

El contenido mínimo el informe será el siguiente:

1. Descripción
2. Comentarios
3. Fecha y hora de comienzo y final del ejercicio
4. Emergencia Simulada (La que corresponda)
5. Tipos de Alertas a establecer (Blanca, Verde, Amarilla y Roja)
6. Personal Implicado
7. Acciones Realizadas
8. Comunicaciones,
9. Comprobaciones y tiempos de respuesta
10. Anomalías e incidencias
11. Descripción de las dificultades y carencias que se hayan podido presentar
12. Valoración del Ejercicio
13. Evaluación General

## **F.7 Sistema de Aviso para Simulacros**

### **F.7.1 Sirena Acústica**

Las sirenas acústicas instaladas permitirán dar la alerta a los poblados que se encuentren ubicados en las zonas inundables.

La sirena de aviso será utilizada exclusivamente para notificar señales de alerta amarilla y roja. Los sonidos en decibeles que se dispongan para cada caso serán establecidos por el Cuerpo de Bomberos Local, de forma tal que cubra un nivel sonoro en zonas urbanas y en zonas rurales.

La sirena durante simulacros será avisada con anticipación a las entidades públicas y de protección civil que esté relacionada con los niveles de emergencia alertados.

### **F.7.2 Comunicación**

Durante el simulacro, el sistema de comunicación que se utilizara para notificar la alerta deberá mantener comunicación redundante con la sala de emergencia de la presa de la Central Hidroeléctrica Mendre I y los puntos donde están ubicadas las sirenas de aviso.

Durante el simulacro se verificará la eficacia de los medios primarios de comunicación, con los organismos que en cada caso corresponda. También se verificará el funcionamiento de otros medios de comunicación disponibles en la actualidad que presenten una garantía y fiabilidad en dicha comunicación.

En caso de falla de cualquiera de los sistemas de comunicación se deberá implementar los sistemas alternos de comunicación.