

# 2020

## PLAN DE ACCIÓN DURANTE EMERGENCIAS CENTRAL HIDROELÉCTRICA PRUDENCIA



HIDRO CONSULT S.A.

ALTERNEGY S.A.



REVISIÓN No. 4

MARZO 2020

2024 Actualización de Diagramas de aviso

**CONTENIDO**

1	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.	Objetivo General .....	1
1.2.	Objetivos Específicos .....	1
1.3.	Alcance .....	2
1.4.	Organigrama .....	2
1.5.	Siglas .....	5
2	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA PRUDENCIA 7	
2.1.	Ubicación Regional de la Central Hidroeléctrica Prudencia .....	7
2.2.	Características de la Central Hidroeléctrica Prudencia .....	7
2.3.	Instrumentación de la Presa, Canales, Bocatoma y Casa de Máquinas. 15	
2.4.	Niveles de Operación del Embalse El Corro: .....	22
2.5.	Sismicidad.....	22
2.6.	Categorización de la Presa El Corro .....	23
3	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO.....	25
4	SITUACIONES DE EMERGENCIA.....	26
4.1.	Condiciones de Crecidas Ordinaria y Extraordinaria.....	29
4.2.	Por Colapso Estructural .....	42
4.2.1	En Condición de Operación Normal .....	43
4.2.2	En Condición de Operación Extraordinaria .....	48
4.2.3	Colapso Estructural del Canal de Aducción en Estación 2k+800 .....	53
4.3.	Por Apertura Súbita de Compuerta .....	55
4.4.	Por Falla de Operación de las Estructuras Hidráulicas de Descarga .....	62
4.5.	Por Vaciado Controlado o Vaciado Rápido a causa de un Problema en la presa 63	
5	ESTUDIO DE AFECTACIÓN DE LA RIBERA DE EMBALSE Y VALLE .....	63
6	SIMULACROS DE EMERGENCIA .....	65
7	PLANIFICACIÓN DE LAS ACCIONES DURANTE EMERGENCIAS (PADE) 68	

7.1.	Prevención .....	70
7.2.	Identificación de las Emergencias.....	71
7.2.1	Detección de la Anomalía.....	71
7.2.2	Tipos de Alerta .....	72
7.3.	Diseño de Diagramas de Aviso .....	74
7.3.1	Entidades a Ser Notificadas .....	75
7.4.	Procedimiento para Declarar, Manejar y Finalizar la Emergencia .....	83
7.4.1	Procedimiento para Declarar la Emergencia .....	83
7.4.2	Procedimiento para el Manejo y Finalización de las Emergencias .....	84
8	VINCULACIÓN CON EL SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL. PLANES DE EVACUACIÓN.....	90
8.1.	ACTUALIZACIÓN DEL PADE.....	92
10.	APÉNDICES:.....	95
•	APÉNDICE A.1. ORGANIGRAMA.....	96
	APÉNDICE A.2. MAPAS DE PLANICIES DE INUNDACIÓN .....	97
A.2.1.	MAPA DE LOCALIZACIÓN GENERAL DEL COMPLEJO HIDROELÉCTRICO PRUDENCIA .....	97
A.2.2.	MAPA DE ESCENARIO “CRECIDA ORDINARIA” (CON PERIODO DE RETORNO 1 EN 100 AÑOS) .....	97
A.2.3.	MAPA DE ESCENARIO “CRECIDA EXTRAORDINARIA” (CON PERIODO DE RETORNO 1 EN 1000 AÑOS) .....	97
A.2.4.	MAPA DE ESCENARIO “COLAPSO ESTRUCTURAL DE LA PRESA EL CORRO EN CONDICIÓN DE OPERACIÓN NORMAL” .....	97
A.2.5.	MAPA DE ESCENARIO “COLAPSO ESTRUCTURAL DE LA PRESA EL CORRO EN CONDICIÓN DE OPERACIÓN EXTRAORDINARIA” .....	97
	APÉNDICE A.3. REGLAS DE OPERACIÓN DEL VERTEDERO.....	97

**LISTADO DE TABLAS**

Tabla N° 1 – Características Hidro-Energéticas de la CH Prudencia .....	8
Tabla N° 2: Coordenadas de las Estructuras de la CH Prudencia .....	8
Tabla N° 3 – Características del Equipo Electromecánico .....	15
Tabla N° 4 – Instrumentación de la Presa, Canales, Boca Toma y Casa de Máquinas de CH Prudencia .....	15
Tabla N° 5. Ubicación de los Piezómetros en el Canal de Aducción.....	22
Tabla N° 6. Niveles de Operación del Embalse El Corro de la Central Hidroeléctrica Prudencia .....	22
Tabla N° 7: Categorización según el Riesgo Potencial de la Presa El Corro. ....	24
Tabla N°8: Análisis de afectaciones por inundaciones aguas abajo de la Presa El Corro. ....	24
Tabla N° 9: Descarga para Crecidas de Diseño.....	29
Tabla N° 10. Hidrograma de entrada con Periodo de Recurrencia 1 en 100 años.	30
Tabla N° 11. Resumen Hidráulico de la Salida de la Crecida Ordinaria (Tr=100 años). ....	32
Tabla N° 12. Hidrograma de entrada con Periodo de Recurrencia 1 en 1000 años. ....	36
Tabla N° 13. Resumen Hidráulico de la Salida de la Crecida Extraordinaria (Tr=1000 años). ....	38
Tabla N° 14: Rango de Posibles Valores de las Características de la Falla.....	42
Tabla N° 15. Descarga para Rotura de Aliviadero no Controlado .....	43
Tabla N° 16 Resumen Hidráulico de la Salida de Colapso Estructural de la Presa El Corro en Condición de Operación Normal. ....	45
Tabla N° 17 Resumen Hidráulico de Escenario de Colapso Estructural de la Presa El Corro en Condición de Operación Extraordinaria.....	50
Tabla N° 18 Resumen Hidráulico de Escenario de Colapso Estructural del Canal de Aducción en Estación 2k+800 .....	55
Tabla N° 19. Hidrograma de entrada con Periodo de Recurrencia 1 en 50 años. .	56
Tabla N° 20. Resumen Hidráulico de Escenario de Apertura Súbita de Compuertas. ....	58
Tabla N° 21. Descarga por Apertura Súbita de las Compuertas .....	62

Tabla N° 22 Descarga máxima por Falla de Operación de las Estructuras Hidráulicas de Descarga.....	63
Tabla N° 23: Distrito y corregimiento influenciados negativamente por los escenarios de afectaciones de ribera de embalse y valles.....	65
Tabla N° 25: Tipo de Alerta, Identificación y Características de la Emergencia....	73
Tabla N° 26. Definición de Alertas para cada Situación de Emergencia en Prudencia .....	75
Tabla N° 27: Ubicación de los Centros de Operación de Emergencias .....	84

**LISTADO DE FIGURAS**

Figura N° 1 Esquema Hidráulico del Complejo Hidroeléctrico Dos Mares. ....	7
Figura N° 2: Esquema General de la Central Hidroeléctrica Prudencia. Fuente: Google Earth. ....	9
Figura N° 3: Vista de planta de la Presa El Corro y sus componentes principales. Fuente Google Earth. ....	10
Figura N° 4: Descarga del río Papayal y Cochea en el vertedero libre. Fuente: Alternegy, S.A. ....	11
Figura N° 5. Canal de aducción hacia la Central Hidroeléctrica Prudencia y su barrera de contención. Fuente: Alternegy, S.A. ....	12
Figura N° 6: Vista de la limpieza y mantenimiento del pasto sobre los diques y canales. Fuente: Alternegy, S.A. ....	13
Figura N° 7: Extensómetros de varilla. Fuente: Alternegy, S.A. ....	17
Figura N° 8: Medidores tri-ortogonales de junta de galerías y cresta de Boca de Toma de Prudencia. Fuente: Alternegy, S.A. ....	17
Figura N° 9: Vertederos rectangulares para medición de volumen de agua. Fuente: Alternegy, S.A. ....	18
Figura N°10: Inclinómetro instalado en el canal de Aducción de Prudencia. ....	19
Figura N° 11: Ubicación de los marcos superficiales y piezómetros en la presa El Corro – sección A-A. ....	20
Figura N° 12: Ubicación de los marcos superficiales y piezómetros en la presa El Corro- Sección B-B. ....	21
Figura N° 13: Medición de piezómetros en el Canal de aducción CH Prudencia. .	21
Figura N°14. Estación Meteorológica de la CH Prudencia. Fuente. Alternegy. ....	26
Figura N° 15. Esquema de la Sección Transversal de la Presa El Corro. ....	28
Figura N° 16. Perfil de la Corrida de Crecida Ordinaria en la Presa El Corro. ....	28
Figura N° 18. Vista en tres dimensiones del modelo de la Presa El Corro, con las secciones transversales del Canal de Aducción. ....	29
Figura N° 18. Hidrograma de Crecida Ordinaria para un periodo de retorno 1 en 100 años ....	31
Figura N° 19. Hidrograma de Crecida Extraordinaria para un periodo de retorno 1 en 1000 años. ....	37
Figura N° 20 Esquema de Rompimiento de Presa El Corro. ....	43

Figura N° 21. Hidrograma de Salida de la Rotura de Presa El Corro en Condición de Operación Normal .....	44
Figura N° 22. Hidrograma de Salida de la Rotura de Presa El Corro en Condición de Operación Extraordinaria .....	49
Figura N° 2 Secciones Transversales del Canal y la Estructural Lateral por donde se va romper el Canal .....	54
Figura N° 3 Esquema del Modelo HEC-Ras aguas debajo del rompimiento del Canal .....	54
Figura N° 25. Hidrograma para la Apertura Súbita de Compuertas con periodo de retorno 1 en 50 años. ....	57
Figura N° 26. Diagrama de aviso para Alerta Blanca.....	79
Figura N° 27. Diagrama de aviso para Alerta Verde. ....	80
Figura N° 28. Diagrama de aviso para Alerta Amarilla.....	81
Figura N° 29. Diagrama de aviso para Alerta Roja.....	82

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene la adecuación del Plan de Acción Durante Emergencias (PADE) para la Central Hidroeléctrica Prudencia de la empresa de generación Alternegy, S.A., la cual forma parte de la empresa CELSIA Centroamérica, para cumplir con la resolución AN No. 3932-ELEC del 22 de octubre de 2010, “Por la cual se aprueban las Normas para la Seguridad de Presas del Sector Eléctrico.”

El Plan de Acción Durante Emergencia (PADE) es el documento formal que describe los procedimientos que los colaboradores de la Central de Generación Hidroeléctrica Prudencia deben seguir antes, durante y después de una situación de emergencia, y su interacción con los diferentes organismos nacionales de atención a emergencias (Cruz Roja, Bomberos, SINAPROC) según corresponda.

### 1.1. Objetivo General

- Salvaguardar la vida de los colaboradores de la empresa y de los habitantes localizados aguas abajo de la presa y embalse para mitigar los daños de las propiedades y del ambiente aguas abajo.
- Proteger la vida tanto de colaboradores de la Empresa como la de terceros en el caso de situaciones de emergencia o siniestros que involucren la Presa El Corro de la Central de Generación Hidroeléctrica Prudencia y mitigar los daños que estos puedan ocasionar aguas abajo de la presa, las instalaciones de la Central, poblaciones vecinas y/o al ambiente.

### 1.2. Objetivos Específicos

- Identificar y atender de forma efectiva y ordenada las situaciones de emergencia.
- Identificar grupos que puedan verse afectados y las zonas inundables en caso de emergencia hidráulica y/o rotura de la presa y canales.
- Establecer las medidas técnicas y de seguridad que se implementarán para prevenir y afrontar situaciones de casos de emergencia que puedan ocurrir en relación con la operación de la presa, el embalse y canales para evitar daños personales, de bienes y del ambiente.
- Proveer los procedimientos para actuar en casos de emergencia identificando las situaciones de emergencia para realizar los análisis de seguridad.



- Definir los roles y responsabilidades de cada uno de los integrantes del Comité de Emergencia de la organización para su adecuado funcionamiento.
- Orientar y desarrollar la organización y medios adecuados para difundir una estrategia de acción entre los posibles protagonistas de la emergencia para comunicar la información sobre incidentes.
- Notificar oportunamente las situaciones de emergencia, a los diferentes Organismos de Atención de Emergencias (SINAPROC, Bomberos, Cruz Roja) y entidades pertinentes.
- Establecer una coordinación eficaz con los diferentes grupos y entidades conexas para la atención de situaciones de Emergencia.
- Orientar a los colaboradores de la Central Hidroeléctrica Prudencia para la identificación, evaluación y clasificación oportuna de una situación de emergencia que se pueda generar dentro de la Central y sus entornos.

### **1.3. Alcance**

Este plan es aplicable a la presa, al embalse El Corro y sus obras auxiliares, el cual incluye equipo técnico de control y la organización para mitigar cualquier condición o causa que pueda llevar a un deterioro o afectación de la presa o del embalse estableciendo normas de seguridad en cada una de las acciones contempladas en este documento.

Es fundamental que las propias organizaciones y las agencias gubernamentales sean notificadas oportunamente, de manera que su personal adecuadamente entrenado, pueda realizar las funciones para las que están más calificados. Por lo que este documento permite a los organismos de protección civil involucrados establecer sus propios programas o adaptar programas existentes, con el objetivo de lograr una coordinación adecuada de las acciones de respuestas y de forma ordenada, además de optimizar los recursos.

### **1.4. Organigrama**

En el APÉNDICE A.1 ORGANIGRAMA se encuentra la estructura organizacional del Complejo Hidroeléctrico Dos Mares, cuyos miembros a nivel técnico y operativo están involucrados con las actividades que se describirán en el PADE.

## Definiciones

Aguas Abajo	Con relación a una sección de un curso de agua, se dice que un punto está aguas abajo, si se sitúa después de la sección considerada, avanzando en el sentido de la corriente.
Aguas Arriba	Sentido opuesto al flujo normal del agua.
Cámara de carga o Bocatoma	Es la estructura en la parte terminal del canal de aducción mediante la cual se capta el recurso hídrico necesario para el funcionamiento de los equipos electromecánicos para la generación de la energía.
Canal de Aducción	Permite conducir de manera segura y permanente el caudal requerido por las turbinas alojadas en la casa de máquinas y está diseñado para las condiciones del máximo caudal de tales equipos.
Canal de Descarga	Se constituye en el último componente de la obra civil, y cuya característica más importante es la de servir de desfogue o conducción de las aguas turbinadas hacia el punto de descarga.
Caudal	Volumen de agua que pasa por unidad de tiempo a través de una sección dada de un curso o conducción de agua; también se dice del curso de agua, sin referencia a la sección.
Caudal Ecológico	Es el volumen de agua necesaria para preservar los valores ecológicos en el cauce aguas abajo de la presa para conservar: los hábitats naturales que cobijan una riqueza de flora y fauna, las funciones ambientales como dilución de contaminantes, amortiguación de los extremos climatológicos e hidrológicos y preservación del paisaje.
Compuertas	Son los dispositivos mecánicos destinados a regular el caudal de agua a través de la bocatoma. Se denominan así a elementos metálicos que son izados, ya sea en forma manual o a través de energía. Las formas más comunes son radiales y planas.
Descarga	Sistema por el cual un cuerpo de agua retorna a un lecho natural.
Emergencia	Como lo establece la Cláusula 18ª. en el Contrato de Concesión para la Generación Hidroeléctrica se entenderá por emergencia cualquier situación presente o próxima con razonable probabilidad de ocurrencia, de anomalía, falla o colapso en las estructuras de la CENTRAL HIDROELÉCTRICA, producida por cualquier causa (incluyendo fenómenos naturales extraordinarios como terremotos, deslizamiento de laderas, grandes crecidas con riesgo de sobrepaso) susceptible de

	generar caudales, aguas abajo de tales estructuras, que pongan en peligro la seguridad de personas, recursos naturales o bienes.
Periodo de retorno	Número de años al cabo de los cuales un evento puede ser igualado o excedido, por ejemplo, caudal máximo de crecida.
Plan de Gestión de Riesgos Profesionales	Procedimientos donde se presentan las acciones que el personal deberá ejecutar durante y después de una emergencia, con el propósito de asegurar la calidad y disminuir los riesgos en la central.
Preparación	Actividades, tareas, programas y sistemas desarrollados e implementados antes de una emergencia y que son utilizados para apoyar la prevención, mitigación, respuesta y recuperación.
Prevención	Actividades para evitar o detener la ocurrencia de un incidente.
Riesgo	Es la probabilidad de ocurrencia de efectos adversos sobre el medio natural y humano en su área de influencia con características negativas.
Sección rectangular	Tubo o canal de hormigón armado de sección transversal rectangular.
Sismo	Temblor o sacudida de la corteza terrestre, ocasionado por desplazamientos internos, que se transmite a grandes distancias en forma de ondas.
Talud	Inclinación de la cara de una excavación o de un relleno.
Tubería Presurizada	Es la tubería que lleva el agua desde el canal o el embalse hasta la entrada de la turbina
Vertedero	También denominado aliviadero es una estructura hidráulica destinada para evacuar el agua excedente o de una avenida, de forma libre o controlada, que no cabe en el espacio destinado para el almacenamiento.

**1.5. Siglas**

ASEP	Autoridad de los Servicios Públicos
CELSIA	Responsable Primario de la Central Prudencia
CH	Central Hidroeléctrica
CND	Centro nacional de despacho
COE	Centro de Operaciones de Emergencia
ETESA.	Empresa de Transmisión Eléctrica S. A.
g	aceleración de la gravedad de la tierra (9.81 m/seg <sup>2</sup> )
Ha	Hectárea
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Center River Analysis System
Km <sup>2</sup>	Kilómetro cuadrado
m	metro
m <sup>3</sup> /s	metro cúbico por segundo
mm	milímetro
msnm	metros sobre el nivel del mar
MVA	Megavoltioamperio: unidad de potencia utilizada en centrales de generación de energía...
MW	Mega Watt
NMCE	Nivel Máximo del embalse para la Condición de Emergencia
NmiON	Nivel Mínimo de Operación Normal del embalse
NMOE	Nivel Máximo de Operación Extraordinaria del embalse
NMON	Nivel Máximo de Operación Normal del embalse
PADE	Plan de Acción Durante Emergencias

SINAPROC	Sistema Nacional de Protección Civil
SMV	Sismo Máximo de Verificación
SON	Sismo de Operación Normal
TR	Periodo de Retorno en años
UTESEP	Unidad Técnica de Seguridad de Presas de la ASEP. En ocasiones denominada DESEP en la Norma de Seguridad de Presas.
V:H	Vertical: Horizontal

## 2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA PRUDENCIA

### 2.1. Ubicación Regional de la Central Hidroeléctrica Prudencia

La Central Hidroeléctrica Prudencia forma parte del Complejo Hidroeléctrico Dos Mares (DMA). La Central Hidroeléctrica Prudencia se encuentra localizada, específicamente, en la planicie existente entre los ríos Chiriquí, Papayal y Cochea ubicada entre las comunidades de Zambrano y El Valle. La Figura N° 1 presenta el esquema hidráulico del antes mencionado complejo.

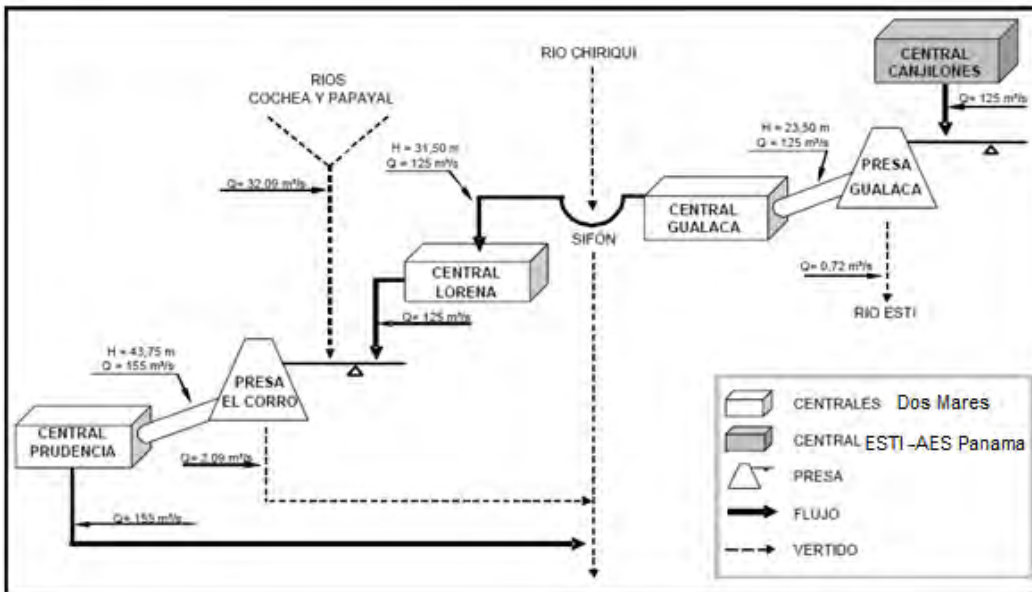


Figura N° 4 Esquema Hidráulico del Complejo Hidroeléctrico Dos Mares. Fuente Consultor

### 2.2. Características de la Central Hidroeléctrica Prudencia

La última central hidroeléctrica del Complejo Hidroeléctrico Dos Mares se denomina Prudencia. La misma se localiza aguas abajo de Lorena. Los caminos de acceso permanente, se encuentran en buen estado, el camino principal se encuentra asfaltado hasta donde termina el poblado de El Valle.

Para su construcción y operación fue necesario construir una presa de enrocado denominada El Corro y un vertedero híbrido (libre y controlado) sobre el cauce del río Cochea. Estas estructuras se localizan a la entrada del canal de aducción de 2834.28 m que transporta las aguas hacia la bocatoma de la central. De ahí son turbinadas y descargadas al canal de descarga de Prudencia y devueltas otra vez al río Chiriquí. En la Figura N° 2 se observa el esquema general de la central hidroeléctrica Prudencia.

En la Tabla N° 1 se presentan las características Hidro-energéticas de la Central Hidroeléctrica Prudencia.

Tabla N° 1 – Características Hidro-Energéticas de la CH Prudencia

Fuentes Hídricas Utilizadas	Aspectos Hidro-Energéticos	Características de la Obra de Contención y Embalse
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aguas turbinadas por la Central Lorena,</li> <li>• Aguas del río Cochea</li> <li>• Aguas del río Papayal.</li> </ul>	<p><b>NMON:</b> 45.75 msnm  <b>Descarga:</b> 4.38 msnm  <b>Caída Bruta:</b> 40.49m  <b>Caída Neta:</b> 39.83 m  <b>Caudal de Diseño:</b> 155 m<sup>3</sup>/s  <b>Potencia Eléctrica:</b> 60 MW</p>	<p><b>Tipo:</b> mixta (homogénea y espaldones de enrocado y núcleo arcilloso)  <b>Altura de la presa</b> = 20.0 m  <b>Vertederos:</b> libre y controlado de hormigón  <b>Caudal de diseño:</b> 1,804 m<sup>3</sup>/s con un TR = 10,000 años  <b>Volumen del embalse</b>=6,173,000 m<sup>3</sup></p>

La Tabla N° 2 presenta la ubicación de las estructuras que conforman la Central Hidroeléctrica Prudencia.

Tabla N° 2: Coordenadas de las Estructuras de la CH Prudencia

Nombre de la Estructura		Coordenadas WGS 84	
		Este	Norte
Presa		353909	933517
Canal de aducción	inicio	353966	933355
	final	352098	931523
Tubería Forzada		352069	931423
Casa de Máquina		352062	931400
Canal de Descarga		347834	927860



Figura N° 5: Esquema General de la Central Hidroeléctrica Prudencia. Fuente. Google Earth.

**Dicha central está conformada por las siguientes estructuras:**

### **Presa El Corro**

La Presa El Corro, está ubicada a la entrada del canal de aducción, construida para utilizar las aguas turbinadas de la Central Hidroeléctrica Lorena y aguas de los ríos Cochea y Papayal, es una presa de gravedad mixta (homogénea y espaldones de enrocado con núcleo impermeable de arcilla) en forma de arco, de 20.0 m de alto. Los taludes de aguas abajo y aguas arriba presentan inclinación 1V:2H. La corona de la presa se encuentra en la cota 48.50 msnm, la cual presenta un ancho de 7.0 metros. Sobre el estribo izquierdo se ha construido un vertedor libre de concreto y un vertedor controlado con compuerta. En la Figura N° 3 se presenta la vista de planta de la Presa El Corro y sus componentes principales.



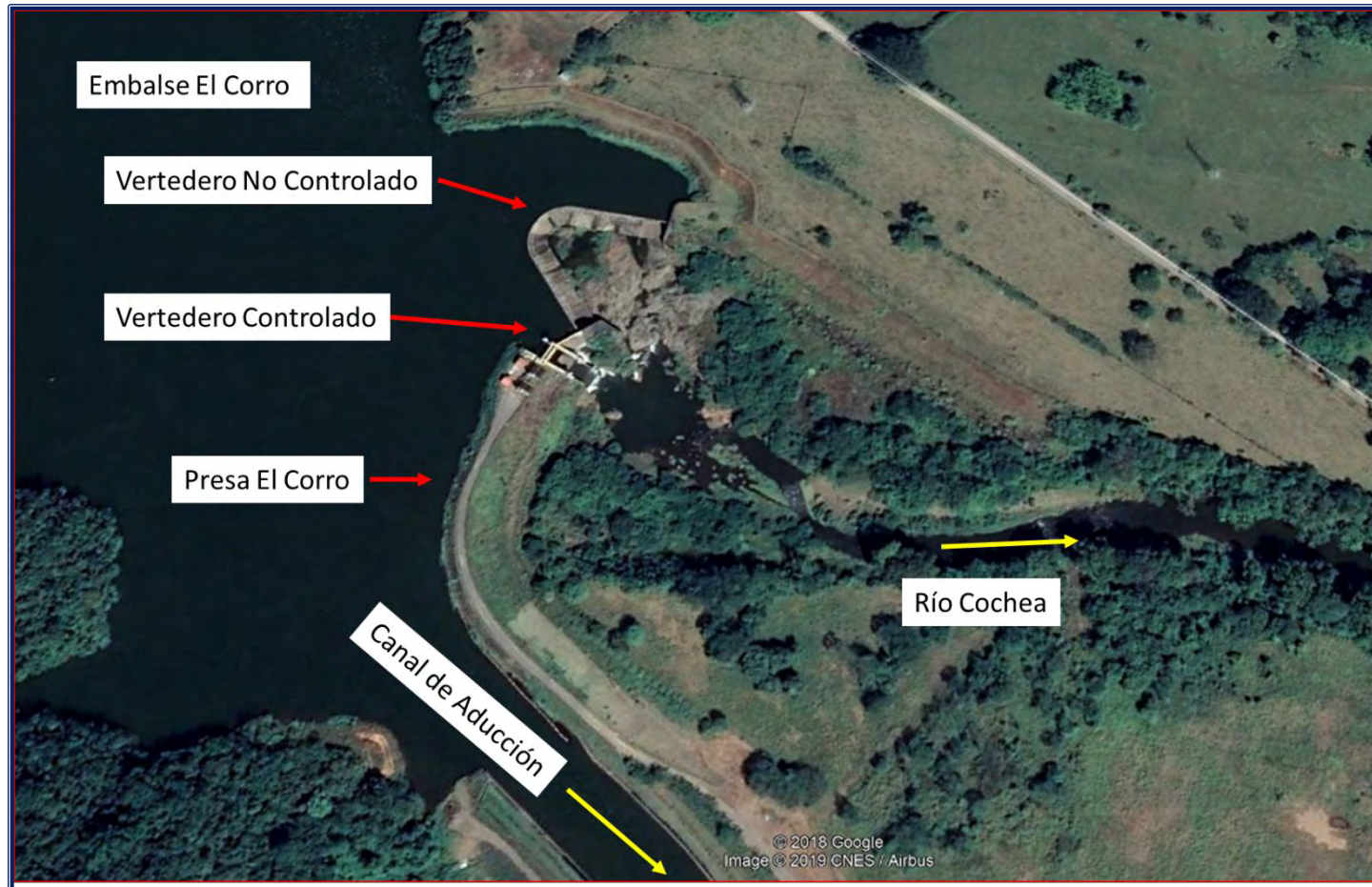


Figura N° 6: Vista de planta de la Presa El Corro y sus componentes principales. Fuente Google Earth.

### Vertederos de la Presa El Corro

Para controlar los niveles del embalse y garantizar la seguridad de las estructuras hidráulicas, se han dispuestos dos vertederos de hormigón cuya capacidad de diseño alcanza los  $1,804 \text{ m}^3/\text{s}$ . Los vertederos no solo regulan las aguas turbinadas provenientes de la central hidroeléctrica Lorena, sino también aquellas que llegan de los ríos Papayal y Cochea, ver Figura N° 4.



Figura N° 7: Descarga del río Papayal y Cochea en el vertedero libre. Fuente: Alternegy, S.A.

El primero es un vertedero libre de concreto con forma de pico de pato. Tiene una longitud de 170.00 m. Se encargará de desalojar en mayor proporción la crecida de diseño. El caudal de diseño es de  $1,220 \text{ m}^3/\text{s}$ , y fue diseñado para una carga máxima de 2.25 m.

El segundo, es un vertedero controlado que maneja el resto de la avenida de diseño y cuyo caudal de diseño es de  $584 \text{ m}^3/\text{s}$ . Este vertedero consiste en un conducto rectangular de 10 metros de ancho, provisto de una compuerta radial que funcionará para controlar los niveles del embalse y adicionalmente funcionará como desagüe de fondo. Para el mantenimiento del mecanismo de izamiento de esta compuerta

radial se cuenta con un tablero de cierre para aislar la zona al momento de los mantenimientos.

Para la operación de la presa se tienen a disposición, dos tipos de compuertas. En la entrada del conducto de desagüe de fondo se encuentran una compuerta plana provista de su viga pescadora y posterior a la misma se encuentra una compuerta radial.

### **Toma de Caudal Ecológico**

Esta estructura consiste en una toma con rejillas, una bocatoma abocinada y canal de conducción de tubería de acero, la cual está ubicada hacia el estribo derecho del vertedero libre. El caudal que transporta dicha estructura es de  $2.10 \text{ m}^3/\text{s}$  correspondiente al 10 % del caudal medio anual, con la finalidad de mantener las condiciones húmedas aguas abajo de la presa.

### **Canal de Aducción**

Al inicio del canal de aducción se cuenta con un sistema de retención o barreras contra troncos y detritos tipo Tuffboom para retener los escombros que arrastran los ríos Cochea y Papayal, especialmente durante las crecidas que se producen por las lluvias. La Figura N° 5 presenta el Canal de aducción hacia la Central Hidroeléctrica Prudencia y su barrera de contención.



Figura N° 8. Canal de aducción hacia la Central Hidroeléctrica Prudencia y su barrera de contención. Fuente: Alternegy, S.A.

Los diques de sobreelevación y los canales de conducción están cubiertos por una capa vegetal sembrada específicamente para proteger esta estructura de la erosión

que pudiera provocar la escorrentía superficial. Dicha vegetación recibe un mantenimiento regular para evitar que crezca excesivamente, ver Figura N° 6.



Figura N° 9: Vista de la limpieza y mantenimiento del pasto sobre los diques y canales.  
Fuente: Alternegy, S.A.

En el margen derecho hay instalados pozos de medición del caudal que se infiltra a través de los diques. Estas mediciones regulares son de gran importancia porque un cambio en su patrón es indicativo de un mal funcionamiento de los diques y el canal.

El canal de aducción de la central Prudencia se diseñó y construyó en forma trapezoidal con taludes 2H:1V y un ancho en el fondo de 11.00 metros. La cota inferior del canal se encuentra a una elevación de 37.50 metros mientras que el nivel superior del canal (elevación máxima del agua) se diseñó a una cota de 46.25 metros. El diseño del canal incluye una sobreelevación mínima de 2.25 metros sobre el nivel superior del canal para evitar desbordamientos. En aquellos puntos donde el nivel del terreno natural era inferior a la elevación superior del canal, esta sobreelevación se logró mediante la construcción de un dique de material impermeable con taludes de 1.5H:1V separados del borde del canal aproximadamente 5.00 metros. La longitud total de este canal es de aproximadamente 2,834.28 metros.

En algunos lugares a lo largo del alineamiento, el terreno natural hacia el margen derecho estaba limitado por pequeños cerros, y allí las laderas se excavaron y

estabilizaron mediante la conformación de taludes con pendientes 1.5H:1V y banquetas de 3.00 metros.

A lo largo del alineamiento también existían muchos lugares donde la topografía del terreno era inferior a los niveles requeridos para la construcción del canal de aducción y del dique para la sobreelevación. En estos puntos fue necesario construir parte del canal de aducción y los diques con rellenos de material impermeable de hasta 15.00 metros de altura. Los taludes externos de estos rellenos se construyeron con taludes 1.5H:1V. Posteriormente, estos diques fueron reforzados con un relleno adicional colocado en el talud externo para aumentar su factor de seguridad en el caso de eventos sísmicos.

Adicional a esto, el canal fue revestido con una geomembrana impermeable PEAD (polietileno de alta densidad) de 1.5 mm de espesor. Esta membrana se encuentra anclada al canal mediante vigas de concreto transversales espaciadas aproximadamente a unos 300 metros unas de otras y en zanjas longitudinales ubicadas en la parte superior del canal y rellenas de concreto. La geomembrana solo cubre el canal de aducción y no los diques para la sobreelevación.

A lo largo de todo el canal de aducción, se construyeron drenajes de concreto longitudinales y transversales para evacuar las aguas que potencialmente pudieran afectar el funcionamiento del canal y de los diques para sobreelevación. Estos drenajes también sirven para permitir el paso libre de las quebradas y fuentes de agua que no forman parte de la concesión.

### **Boca Toma**

La bocatoma se encuentra revestida con geomembrana de polietileno de alta densidad (PEAD) y esta descansa sobre una losa de concreto en sus paredes laterales, el fondo está recubierto con polietileno de alta densidad (PEAD) y descansa sobre un lecho de capa filtrante, este PEAD en el fondo se encuentra anclado a través de vigas transversales de concreto. La bocatoma inicia en la estación 2k+824.30. Esta estructura se proyecta entre la cota 37.5 msnm y la cota 27.8 msnm, con un largo aproximado de 80 metros. La cámara de carga tiene una capacidad estimada de 70,000 m<sup>3</sup>.

### **Tuberías Forzadas.**

De la cámara de carga hasta la casa de máquinas se ha colocado dos tuberías forzadas de acero, 4.50 metros de diámetro y 100 metros de largo, con 37 grados de inclinación. Cada tubería alimenta una unidad de generación.

### Casa de Máquinas

La casa de máquinas consiste de un edificio de concreto y estructura exterior metálica, alojando dos (2) turbinas Kaplan, de eje vertical y a los equipos de generación y transformación.

En la Tabla N° 3 se presentan los equipos electromecánicos encontrados en la casa de máquinas.

Tabla N° 3 – Características del Equipo Electromecánico

Nombre	Características
Tipo de turbina	Kaplan de eje vertical
Cantidad	2 (dos)
Potencia nominal de la turbina	30.08 MW
Capacidad de generador	33 MVA
Transformador	Tres arrollamientos 13.8/13.8/230kV-33/33/66 MVA

### Canal de Descarga

Una vez el agua es utilizada en la hidrogenación, la misma se devuelve al río Chiriquí por medio de un Canal de Descarga que tiene una longitud aproximada de 6 Km y de ahí las aguas fluyen libremente hacia el mar.

### 2.3. Instrumentación de la Presa, Canales, Bocatoma y Casa de Máquinas

La presa El Corro, sus canales, bocatoma y casa de máquinas tienen la siguiente instrumentación: extensores (figura N° 7) mediciones tri-ortogonales de junta de galerías y de cresta de Boca de Toma, (figura N° 8), drenajes de fondo, puntos de control, piezómetros, inclinómetros, marcos superficiales y vertederos rectangulares (figura N° 9). De acuerdo a la Tabla N° 4 que presenta la cantidad y tipo de instrumentación, así como su ubicación general y su periodicidad de lecturas.

Tabla N° 4 – Instrumentación de la Presa, Canales, Boca Toma y Casa de Máquinas de CH Prudencia

Instrumento	Cantidad	Lugar	Periodicidad de lectura (semanal)
Drenaje de fondo	1	Boca Toma Prudencia	3
Puntos de control	13	Canal de descarga MI	1
Mediciones Tri-ortogonales	12	Tubería forzada	2
Piezómetros	10	Canal Aducción	3

Tabla N° 4 – Instrumentación de la Presa, Canales, Boca Toma y Casa de Máquinas de CH Prudencia

Instrumento	Cantidad	Lugar	Periodicidad de lectura (semanal)
Piezómetros	18	Galería Derecha Boca Toma Prudencia	3
Piezómetros (nuevos 2017)	3	Canal de descarga	3
Puntos de Control	10	Área de falla Canal de Descarga Prudencia MD	1
Piezómetros	18	en la galería Izquierda de Boca Toma Prudencia	3
Piezómetros	4	Presa EL Corro	3
Extensómetros	3	Cresta de Boca Toma	1
Extensómetro	3	Galería Derecha de Boca Toma Prudencia	1
Extensómetro	3	Galería Izquierda Boca Toma Prudencia	1
Marco superficiales	9	Cresta Boca Toma	1
Marco superficiales	2	Sobre la base de Casa máquina Prudencia	1
Marco superficiales	7	Tubería forzada	1
Medidores tri-ortogonales	4	Cresta de Boca Toma	1
Medidores tri-ortogonales	4	Galerías de Boca Toma	1
Marcos superficiales	6	Presa El Corro	1
Inclinómetros	4	Canal de Aducción	1
Inclinómetros	2	Canal de Descarga M.Izq.	1



Figura N° 10: Extensómetros de varilla. Fuente: Alternegy, S.A.

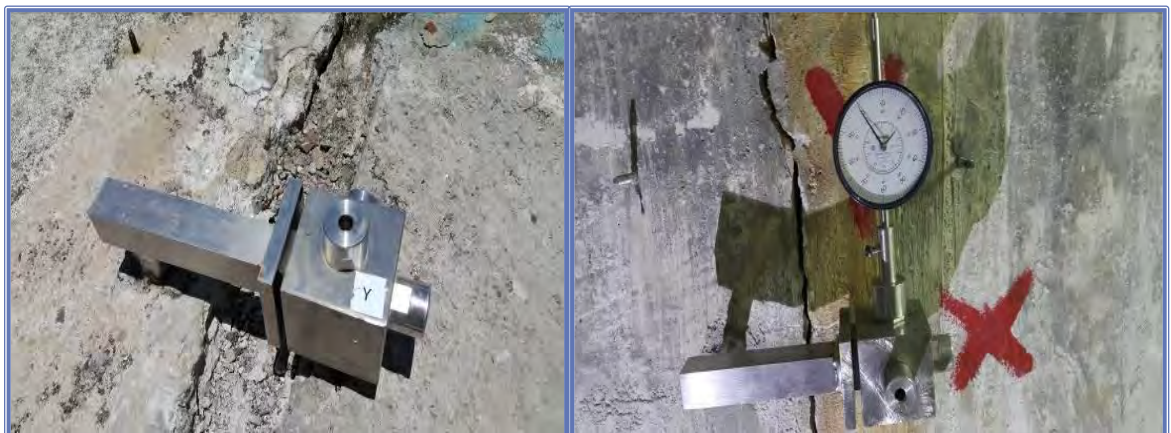


Figura N° 11: Medidores tri-ortogonales de junta de galerías y cresta de Boca de Toma de Prudencia. Fuente: Alternegy, S.A.





Figura N° 12: Vertederos rectangulares para medición de volumen de agua. Fuente: Alternegy, S.A.

### Inclinómetros

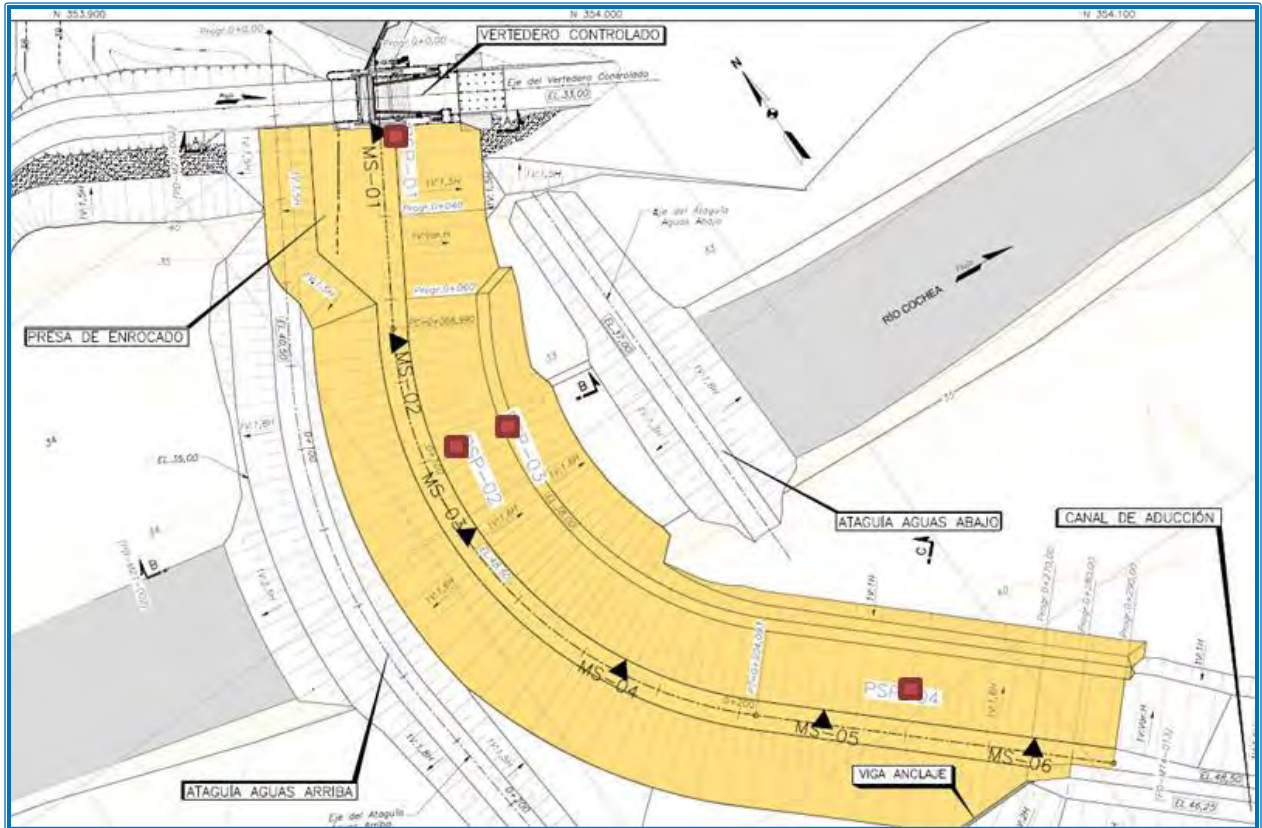
Los cuatro (4) inclinómetros ubicados en el canal de aducción de Prudencia, de la marca Campbell Scientific modelo TDR 100, ver Figura N° 10, tres (3) están instalados en la margen derecha en las estaciones 0k+940, 1k+640 y 2k+560. El otro Inclinómetro, ubicado en la margen izquierda está instalado en la 0K+340.



Figura N°13: Inclinómetro instalado en el canal de Aducción de Prudencia.

## Piezómetros

En la Tabla N° 5 se indica la ubicación de los diez y seis (16) piezómetros ubicados en el canal de aducción de la Central Hidroeléctrica Prudencia. Estos piezómetros son de tipo abierto y se leen semanalmente. Las Figuras N° 11 y N° 12 presentan la ubicación de los piezómetros y marcos superficiales en la presa El Corro en la sección A-A y B-B. La Figura N° 13 presenta foto de la medición por parte de un contratista de uno de los piezómetros instalados en el canal de aducción de la CH



Prudencia.

Figura N° 14: Ubicación de los marcos superficiales y piezómetros en la presa El Corro – sección A-A.

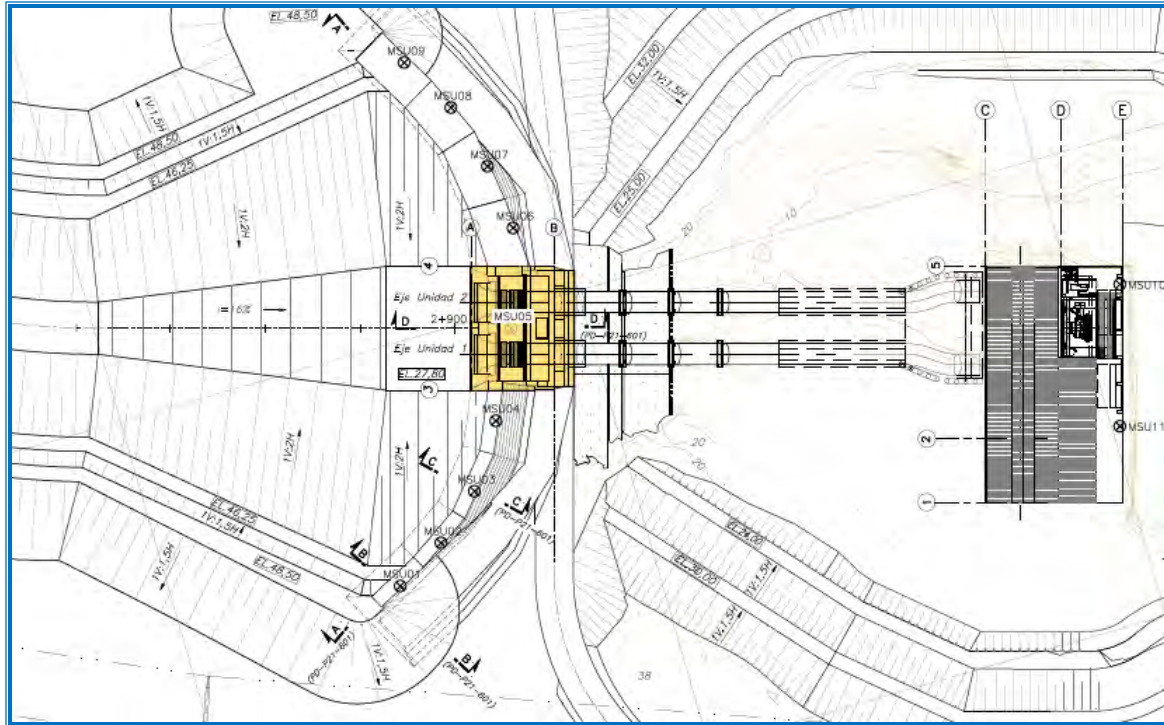


Figura N° 15: Ubicación de los marcos superficiales y piezómetros en la presa El Corro- Sección B-B.



Figura N° 16: Medición de piezómetros en el Canal de aducción CH Prudencia.

Tabla N° 5. Ubicación de los Piezómetros en el Canal de Aducción

Piezómetros	Estación	Margen
PZ01 simple	0K+380	Izquierda
PZ02 simple	1k+160	derecha
PZ03 simple	1k+640	derecha
PZ04 simple	2k+020	derecha
PZ05 simple	2k+560	derecha
PZ06 simple	2k+560	izquierda
PZ07 doble	0k+340	izquierda
PZ08 doble	0k+940	derecha
PZ09 doble	1k+640	derecha
PZ10 doble	2K + 560	derecha

#### 2.4. Niveles de Operación del Embalse El Corro:

En el Tabla N°.6 se presentan los niveles de operación del embalse de la Central Hidroeléctrica Prudencia.

Tabla N° 6. Niveles de Operación del Embalse El Corro de la Central Hidroeléctrica Prudencia

Franjas de normas de operación	Presa El Corro Elevación (msnm)
NmiON	45.00
NMON	45.75
NMOE	46.25
NMCE	47.40

#### 2.5. Sismicidad

Según las normas para la seguridad de presas de la Autoridad Nacional de los Servicios Públicos de Panamá, todas las presas deben ser diseñadas o evaluadas para dos tipos de sismos:

- Sismo de operación Normal (SON), el cual tiene una probabilidad del 50% de ocurrir, al menos una vez durante la vida útil de la presa; y
- Sismo Máximo de Verificación (SMV), el cual es el evento máximo aceptado que la presa debe resistir.

El sismo horizontal fue considerado para los siguientes casos, pero **No** se consideraron los efectos verticales del sismo.

### **Sismo de Operación Normal (SON)**

Este sismo tiene una probabilidad del 50% de ocurrencia durante la vida útil de la presa. Para la presa El Corro se asumió que la vida útil es de 100 años, lo cual indicaría que el SON debe ser aquel cuyas aceleraciones tengan un periodo de retorno igual a 100 años y una magnitud de 0.16g.

### **Sismo Máximo de Verificación (SMV)**

Este sismo se conoce como el máximo sismo posible al que la presa pudiera ser sometida. Normalmente, las aceleraciones para este sismo se obtienen a través de un análisis determinístico y se puede correlacionar con un periodo de retorno dado, siempre y cuando para el sitio también se hubiese realizado un análisis probabilístico. Para la Central hidroeléctrica Prudencia este sismo máximo de verificación se ha determinado que tiene un periodo de retorno de 2,500 años y una magnitud de 0.46g.

## **2.6. Categorización de la Presa El Corro**

Según la normativa de ASEP aprobada por la Resolución AN No. 3932-Elec del 22 de octubre de 2010, la categorización de la presa se analiza con base en el riesgo de potenciales impactos basados en las pérdidas incrementales que una falla de presa pudiera dar lugar, tal como se indica en el Tabla No. 7 Categorización según el Riesgo Potencial de la Presa El Corro.

Los daños o consecuencias asociadas son: aislamiento de comunidades por daños en puentes y carreteras, daños a la propiedad privada; daños de servicios básicos; daños de las viviendas de comunidades cercanas a las áreas de inundación; e incluso la pérdida de vidas humanas. Estas consecuencias varían de los lugares poblados, en función de su cercanía a las zonas probables a ser inundadas, según los escenarios de emergencias que se evalúan.

El análisis de afectaciones del vertimiento de agua por rotura de Presa El Corro se describe en la Tabla N° 8.

Tabla N° 7: Categorización según el Riesgo Potencial de la Presa El Corro.

Categoría	A		B		C	
Riesgo	Alto		Significativo		Bajo	
		cumple		cumple		cumple
Pérdida directa de vidas	Seguro (en uno o más desarrollos residenciales, comerciales o industriales)		Incierto (localización rural con pocas residencias y solamente desarrollo transitorio o industrial)		No se esperan (debido a la localización rural sin viviendas)	√
Pérdida de servicios esenciales	Interrupción de instalaciones esenciales y de vías de comunicación a niveles críticos		Interrupción de instalaciones esenciales y de vías de comunicación		Ninguna interrupción de servicios, las reparaciones de los daños son simples o son rápidamente reparable	√
Pérdidas en Propiedades	Extensa sobre instalaciones públicas y privadas		Mayor afectación pública y en instalaciones privadas		Tierras agrícolas privadas, equipos y edificios aislados	√
Pérdidas Ambientales	Alto costo de mitigación o imposible de mitigar		Se requiere una mitigación importante		Daño incremental mínimo	√

Tabla N°8: Análisis de afectaciones por inundaciones aguas abajo de la Presa El Corro.

Componente	Daños	Descripción
Infraestructura	Daños de puentes y caminos	No Aplica
Ambiental	Pérdida de cobertura vegetal y de especies acuáticas	No Aplica
Agrícola	Pérdida de cultivos y de animales de crianza	No Aplica

Se entiende que esta tipificación en categorías, ampliamente adoptada y justificada, es más realista en virtud de representar los potenciales riesgos demográficos de frecuente aparición.

Debido al tamaño del embalse y que no se identificaron estructuras, residencias y actividad económica aguas abajo de la presa, el riesgo del impacto sobre vidas, pérdidas económicas y ambientales se categoriza como **“Potencialmente Bajo”** ó **“Categoría C”**.

Las Normas de Seguridad de Presas de la ASEP establece, que para tales tipos de presa la crecida de diseño y verificación debe estar entre la crecida de 1:100 años y la crecida de 1:1,000 años.

### 3 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO

Para satisfacer los requerimientos de la implementación de un sistema de alerta hidrológico, que tiene la finalidad de mitigar las posibles consecuencias que sobre la explotación del embalse El Corro puedan ocasionar las crecidas extraordinarias y otros eventos naturales, actualmente el Complejo Hidroeléctricos Dos Mares se encuentra fortaleciendo el sistema de telemetría vía radio el cual consiste de una (1) estación de niveles del embalse, dos (2) estaciones meteorológicas tipo “A” instaladas y una sirena para alertar cuando se va a realizar cualquier operación de apertura de compuerta.

La utilización del sistema de alerta hidrológico puede prever de forma acertada el hidrograma de las avenidas que entrarán a la presa, si a esto sumamos el conocimiento del nivel actual del embalse, se puede contar con un amplio panorama que permitirá realizar simulaciones rápidas para predecir el nivel al que puede ascender el embalse y la toma de decisiones oportunas, ya sea, la declaración de las alertas y las acciones que esto conlleve aguas abajo de la presa.

La combinación de estas dos herramientas conjuntamente con los datos que arroje el resto de la instrumentación de la presa es fundamental para activar algún sistema de alerta e iniciar el nivel de comunicación que corresponda.

Además de que los operadores siempre tienen conocimiento del nivel en tiempo real del embalse y pueden identificar si el embalse está subiendo con una velocidad fuera de lo normal, se monitorea también las siguientes páginas web: [www.hidromet.com](http://www.hidromet.com), [www.servir.net](http://www.servir.net), [www.weatherchannel.com](http://www.weatherchannel.com).

En la Figura N°14 se muestra la estación meteorológica ubicada en la CH Prudencia.



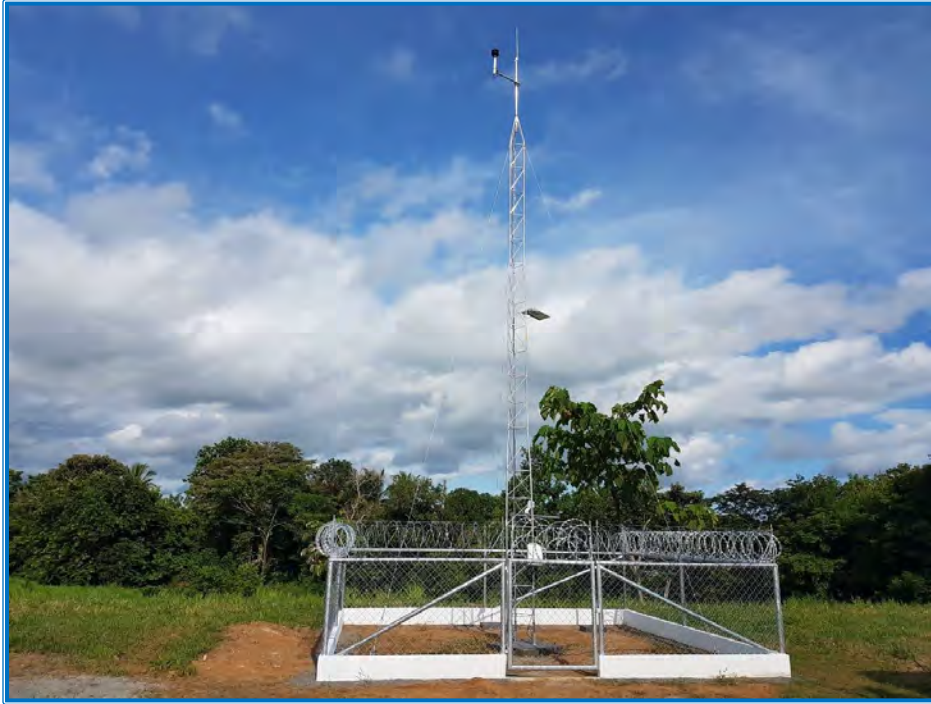


Figura N°17. Estación Meteorológica de la CH Prudencia. Fuente. Alternegy.

#### 4 SITUACIONES DE EMERGENCIA

Para todas las emergencias puntualizadas, en las Normas para la Seguridad de Presas, se analizará y evaluará la incidencia de los caudales evacuados por el embalse y su laminación respectiva. Para el caso de Alternegy, S.A., se estimó el hidrograma de la onda de crecida y los efectos de su propagación aguas abajo, tanto en niveles como en daño.

La detección precoz y evaluación de la situación o hecho determinante que inicia o requiere una acción de urgencia, son cruciales para las siguientes situaciones de emergencia: Las normas de seguridad de presas de la ASEP, establecen las situaciones de emergencia que deben ser completados para las presas en operación. Estas situaciones de emergencia o escenarios contemplan eventos ordinarios y extraordinarios como crecidas y además eventos anormales como la falla en operación de estructuras y equipos electromecánicos.

Para todas situaciones de emergencia de la Central Hidroeléctrica Prudencia, se realizaron las corridas del modelo hidráulico HEC-RAS, donde se obtuvieron los resultados, los cuales se presentarán en detalle para en cada una de las situaciones de emergencia analizadas:

- Bajo condiciones de crecidas ordinarias y extraordinarias

- Por Colapso Estructural, no solo de la presa si no de los canales de aducción, en Condición de Operación Normal y durante Crecidas Extraordinarias
- Por Apertura Súbita de Compuertas
- Por Falla de Operación de las Estructuras Hidráulicas de Descarga
- Por Vaciado Controlado o Vaciado Rápido a causa de un problema en la presa

Cabe resaltar que se incorporaron los escenarios inherentes a los canales de aducción en una zona de relleno bajo operación normal y crecidas extraordinarias.

### **Metodología General del Análisis Hidráulico**

El modelo usado para realizar el análisis hidráulico es HEC-RAS, desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC, por sus siglas en inglés) del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América. HEC-RAS 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.

La geometría del modelo se determinó del levantamiento topográfico de las secciones transversales y los planos de las diferentes estructuras. Las secciones se han obtenido del levantamiento topográfico por el Lic. José Enrique González desde la Presa el Corro, confluencia del Río Cochea con el Río Chiriquí hasta el Puente sobre el Río Chiriquí en la vía interamericana. Estas secciones se introducen en el programa HEC-RAS. También se ingresó secciones transversales del embalse en aproximadamente 80 metros aguas arriba de la Presa El Corro.

Luego de cargar la información de la geometría con sus respectivas secciones y rugosidad, el paso siguiente es cargar la información de caudales. Para la modelación hidráulica se usó el modulo hidrodinámico del HEC-RAS.

Los resultados de la modelación están regidos por factores como: la geometría del canal principal y áreas aledañas; la rugosidad del canal y zonas contiguas, 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.

Para establecer la rugosidad del cauce y las riberas del río Cochea, se realizó una inspección de campo donde se evaluaron sus características y posteriormente se procedió a compararlas con las características de diferentes cauces que contiene la Guía en línea del HEC-Ras (USGS Water Supply Paper 1849, por H.H. Barnes, Jr).

- Cauce Principal: 0.035
- Márgenes: 0.039

La Figura N° 15 presenta el esquema de la sección transversal de la Presa El Corro el cual se utilizó en los escenarios de rotura de presa.

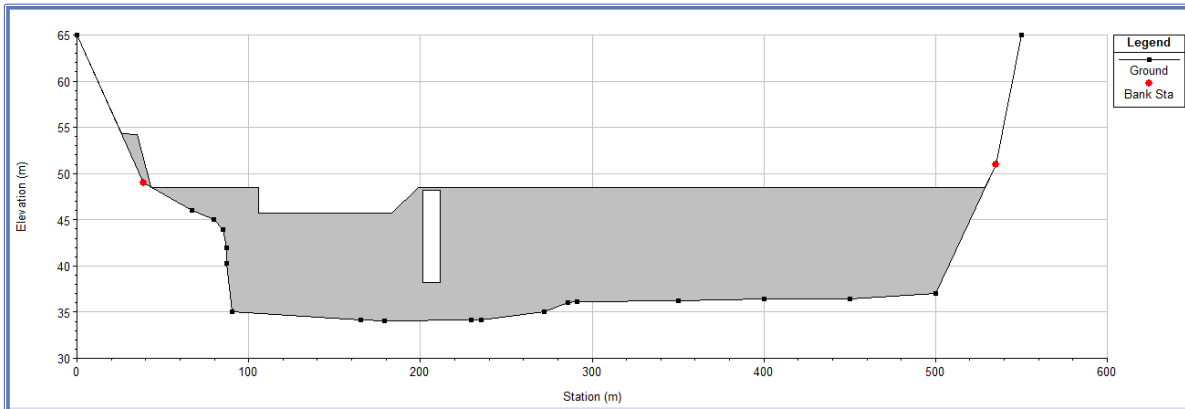


Figura N° 18. Esquema de la Sección Transversal de la Presa El Corro.

La Figura N° 16 presenta uno de los formatos generados por HEC-RAS, el Perfil de la Corrida de Crecida Ordinaria en la Presa El Corro.

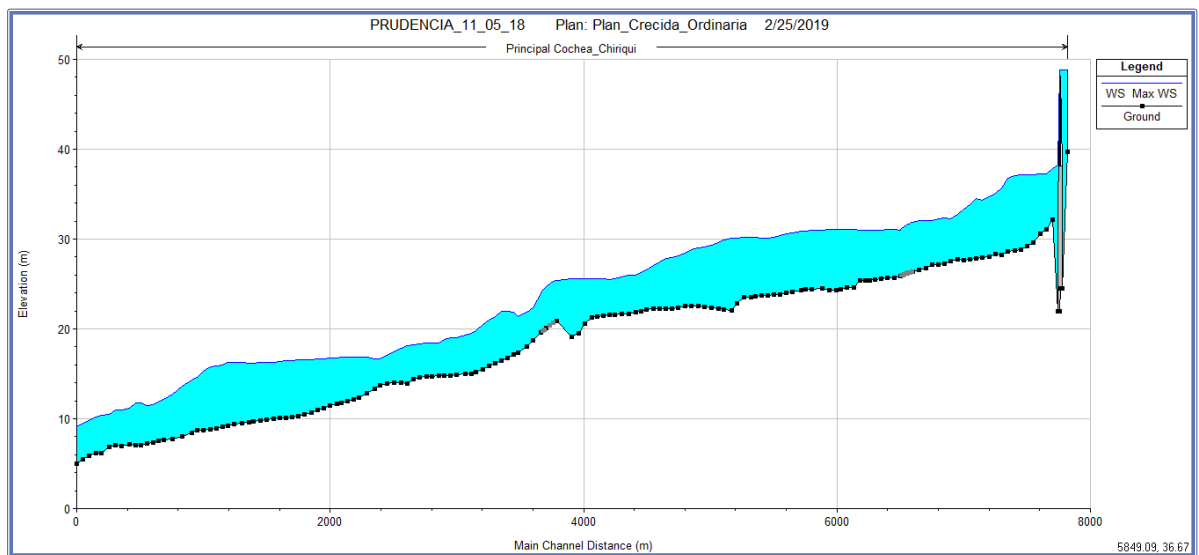


Figura N° 19. Perfil de la Corrida de Crecida Ordinaria en la Presa El Corro.

La Figura N° 17 muestra los isométricos de los niveles de agua y las secciones transversales, de la Presa El Corro hasta el puente sobre el Río Chiriquí (vía interamericana), la cual es la salida de la modelación hidráulica.

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 El Corro para cada una de las situaciones de emergencia.

La elaboración de los mapas de inundación de la CH Prudencia se realizó tomando en cuenta los escenarios listados en las Normas de Seguridad de Presas de ASEP.

Las situaciones de emergencia son analizadas para determinar cuáles aplican a la CH Prudencia.

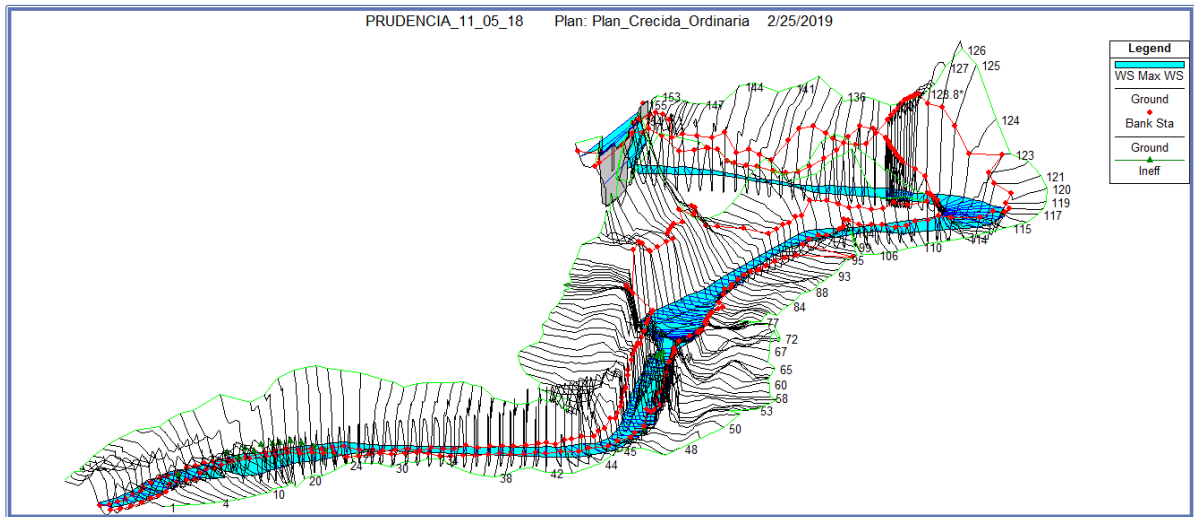


Figura N° 20. Vista en tres dimensiones del modelo de la Presa El Corro, con las secciones transversales del Canal de Aducción.

#### 4.1. Condiciones de Crecidas Ordinaria y Extraordinaria

Para el análisis de las crecidas ordinaria y extraordinaria se utilizaron los hidrogramas desarrollados por Tractebel Engineering Suez denominado “ESTUDIOS DE CAUDALES MÁXIMOS - PRESA EL CORRO – METODO ESTADÍSTICO” en abril de 2009 y los cuales fueron revisados por el Consultor en enero de 2019. En la Tabla N° 9 se presentan los caudales máximos instantáneos para las distintas crecidas analizadas.

Tabla N° 9: Descarga para Crecidas de Diseño

Intervalo de Recurrencia (años)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Afectaciones
100	1246	No se identificaron afectaciones.
1,000	1485	No se identificaron afectaciones.

Los escenarios de crecidas ordinarias y extraordinarias no tendrían consecuencias en daños materiales, puentes y vidas humanas, tal como se observa en la Tabla N° 9 Descarga para Crecidas de Diseño.

#### Resultados de Crecida Ordinarias y Extraordinarias

El análisis hidráulico de las crecidas se ha realizado para periodos de retorno de 1:100 y 1:1000 años, donde se comienza con el tránsito de dichas crecidas por el embalse, el cual dependiendo del volumen o capacidad de almacenamiento crea un

efecto de regulación o amortiguamiento de la crecida. Por lo tanto, el caudal pico de la crecida se logra atenuar y el caudal total que se descarga por las estructuras de vertidos, dependiendo de las operaciones realizadas, suele ser mucho menor que el caudal máximo que entra al embalse.

#### Escenario de Crecida Ordinaria:

Para el análisis hidráulico del escenario de crecidas ordinarias se utilizó el hidrograma de entrada establecido en la Tabla N° 10. A la Crecida de diseño se le suma el caudal del diseño del canal de aducción en 125 m<sup>3</sup>/s.

Tabla N° 10. Hidrograma de entrada con Periodo de Recurrencia 1 en 100 años.

Hora	Caudal	Hora	Caudal	Hora	Caudal	Hora	Caudal
0:00	125	13:30	382	3:00	135.4	16:30	127.17
0:30	155.5	14:00	350.2	3:30	134.3	17:00	127.05
1:00	186.1	14:30	323.8	4:00	133.2	17:30	126.93
1:30	266.5	15:00	297.3	4:30	132.2	18:00	126.81
2:00	347	15:30	279.1	5:00	131.2	18:30	126.69
2:30	474.9	16:00	260.8	5:30	130.4	19:00	126.57
3:00	602.8	16:30	246.6	6:00	129.7	19:30	126.45
3:30	760.5	17:00	232.4	6:30	129.58	20:00	126.33
4:00	918.3	17:30	221.7	7:00	129.46	20:30	126.21
4:30	1033.6	18:00	211	7:30	129.34	21:00	126.08
5:00	1148.9	18:30	202.6	8:00	129.22	21:30	125.96
5:30	1197.5	19:00	194.2	8:30	129.1	22:00	125.84
<b>6:00</b>	<b>1246</b>	19:30	186.7	9:00	128.98	22:30	125.72
6:30	1214.3	20:00	179.3	9:30	128.86	23:00	125.6
7:00	1182.6	20:30	173	10:00	128.74	23:30	125.48
7:30	1111.1	21:00	166.7	10:30	128.62	0:00	125.36
8:00	1039.7	21:30	162.7	11:00	128.49	0:30	125.24
8:30	956.1	22:00	158.7	11:30	128.37	1:00	125.12
9:00	872.4	22:30	155.3	12:00	128.25	1:30	125
9:30	788.6	23:00	151.8	12:30	128.13		
10:00	704.8	23:30	148.8	13:00	128.01		
10:30	643.5	0:00	145.9	13:30	127.89		
11:00	582.2	0:30	143.6	14:00	127.77		
11:30	535.8	1:00	141.3	14:30	127.65		
12:00	489.3	1:30	139.4	15:00	127.53		
12:30	451.5	2:00	137.6	15:30	127.41		
13:00	413.8	2:30	136.5	16:00	127.29		

A continuación, en la Figura N° 18 se muestra el hidrograma de entrada de Crecida Ordinaria donde se evidencia un caudal máximo de 1246 m<sup>3</sup>/s.

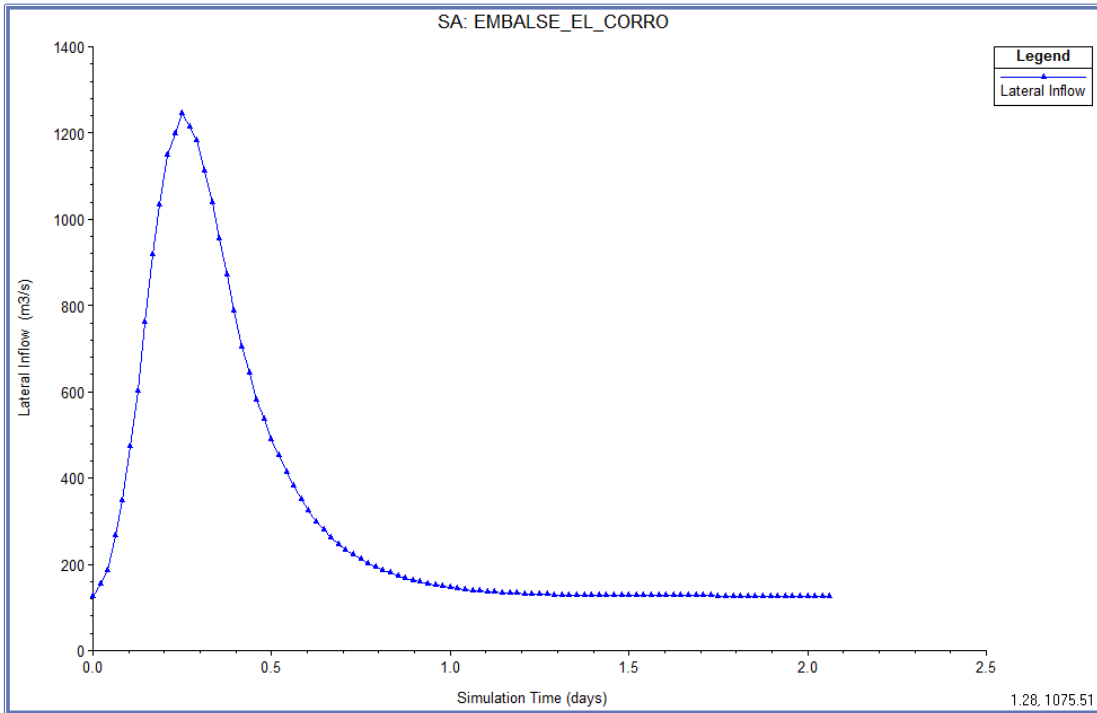


Figura N° 21. Hidrograma de Crecida Ordinaria para un periodo de retorno 1 en 100 años  
Los resultados de la modelación para la crecida ordinaria se presentan en la Tabla N° 11.

De acuerdo con la Regla de Operación del Vertedero Controlado de Julio 2010 hecho por Tractebel Engineering GDF Suez pág. 2: "1. Para el nivel de agua del embalse –  $NA_{EMB} \leq 45.75$  msnm –Vertedero controlado no opera". Por lo tanto las compuertas estarán cerradas para este escenario.

Tabla N° 11. Resumen Hidráulico de la Salida de la Crecida Ordinaria (Tr=100 años).

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m <sup>3</sup> /s)	(msnm)	(m/s)	(m)	(horas)	
155	1207.49	48.86	0.36	9.11	0.00	
154	1207.41	48.86	0.21	14.84	0.00	
153.5	Inl Struct				0.01	
153	1207.30	38.48	1.54	6.48	0.01	
152	1207.23	38.08	8.55	5.90	0.01	
151	1207.18	37.59	2.36	6.49	0.02	
150	1207.19	37.61	2.11	7.02	0.02	
149	1207.17	37.45	2.55	7.87	0.02	
148	1207.17	37.48	2.24	8.31	0.03	
147	1207.17	37.50	1.99	8.68	0.03	
146	1207.16	37.34	2.54	8.61	0.04	
145	1207.16	37.08	3.22	8.45	0.04	
144	1207.06	35.94	5.71	7.73	0.04	
143	1207.16	35.37	6.91	7.06	0.05	
142	1207.15	34.93	7.27	6.90	0.05	
141	1207.14	34.55	5.73	6.58	0.05	
140	1207.13	34.75	4.76	6.94	0.05	
139	1207.10	34.02	5.79	6.26	0.06	No rebasa puente
138	1207.08	33.51	6.26	5.91	0.06	
137	1206.99	32.95	7.09	5.24	0.06	
136	1206.77	32.42	4.29	4.86	0.06	
135	1206.63	32.54	3.30	5.26	0.07	
134	1206.47	32.37	3.33	5.21	0.07	
133	1206.27	32.27	3.18	5.14	0.08	
132	1206.26	32.24	2.87	5.46	0.09	
131	1206.28	32.24	2.56	5.67	0.09	
130	1206.00	32.06	2.87	5.66	0.10	
129	1205.93	32.01	3.34	5.65	0.11	
128	1205.82	31.96	4.20	5.64	0.11	
127	1205.69	31.90	2.99	5.62	0.12	
126	1205.53	31.84	2.80	5.60	0.12	
125	1205.36	31.77	2.52	5.57	0.13	
124	1205.17	31.70	2.38	5.56	0.13	
123	1204.91	31.62	2.12	5.54	0.14	
122	1204.48	31.52	1.70	5.49	0.14	
121	1204.04	31.40	1.46	5.42	0.15	
120	1203.82	31.24	1.09	5.33	0.16	

Tabla N° 11. Resumen Hidráulico de la Salida de la Crecida Ordinaria (Tr=100 años).

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m <sup>3</sup> /s)	(msnm)	(m/s)	(m)	(horas)	
119	1202.73	31.36	1.13	5.72	0.16	
118	1202.59	31.30	0.99	5.64	0.17	
117	1202.57	31.28	0.96	5.74	0.18	
116	1202.41	31.23	0.90	5.75	0.18	
115	1202.52	31.24	1.01	5.81	0.19	
114	1202.62	31.28	1.35	5.87	0.20	
113	1202.69	31.30	1.46	5.89	0.21	
112	1202.78	31.33	1.62	6.76	0.21	
111	1202.69	31.32	2.19	6.70	0.22	
110	1202.77	31.32	2.32	6.90	0.23	
109	1202.74	31.32	2.67	7.03	0.23	
108	1202.77	31.32	2.95	7.05	0.23	
107	1202.76	31.30	3.24	6.78	0.23	
106	1202.70	31.24	2.83	6.83	0.24	
105	1202.69	31.21	2.40	6.84	0.24	
104	1202.67	31.17	2.15	6.88	0.25	
103	1202.61	31.00	1.87	6.91	0.25	No se afecta galera en Finca Guardia ubicada en el margen izquierdo del Río Cochea
102	1202.59	30.90	2.12	6.91	0.26	
101	1202.57	30.81	2.09	6.87	0.26	
100	1202.54	30.72	2.73	6.85	0.26	
99	1202.51	30.55	3.48	6.75	0.27	
98	1202.47	30.36	3.91	6.62	0.27	
97	1202.50	30.40	4.09	6.68	0.27	
96	1202.50	30.46	4.12	6.87	0.28	
95	1202.50	30.49	4.35	6.92	0.28	
94	1202.52	30.51	4.73	6.94	0.28	
93	1202.51	30.42	4.94	7.55	0.28	
92	1202.51	30.40	4.83	8.34	0.29	
91	1202.51	30.19	4.75	8.02	0.29	
90	1202.50	29.88	4.75	7.65	0.29	
89	1202.50	29.60	4.91	7.26	0.30	
88	1202.50	29.40	4.84	6.93	0.30	
87	1202.50	29.26	4.56	6.76	0.30	
86	1202.49	29.03	4.25	6.53	0.31	
85	1202.49	28.69	3.40	6.19	0.31	
84	1202.49	28.36	3.41	5.98	0.31	
83	1202.49	28.18	3.26	5.88	0.31	



Tabla N° 11. Resumen Hidráulico de la Salida de la Crecida Ordinaria (Tr=100 años).

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m <sup>3</sup> /s)	(msnm)	(m/s)	(m)	(horas)	
82	1202.49	28.01	2.70	5.77	0.32	
81	1202.49	27.65	2.14	5.43	0.35	
80	1202.48	27.19	1.70	4.93	0.36	
79	1202.48	26.69	1.43	4.51	0.37	
78	1202.48	26.37	1.25	4.40	0.38	
77	1202.47	26.14	1.16	4.28	0.39	
76	1202.47	26.13	1.11	4.44	0.40	
75	1202.45	25.89	1.70	4.25	0.40	
74	1202.39	25.71	4.10	4.13	0.41	
73	1202.35	25.70	6.95	4.15	0.41	
72	1202.38	25.73	5.72	4.30	0.42	
71	1202.36	25.76	5.85	4.38	0.42	
70	1202.33	25.78	4.84	4.48	0.42	
69	1202.29	25.78	3.08	5.22	0.43	
68	1202.18	25.78	2.48	6.27	0.43	
67	1202.12	25.77	2.43	6.63	0.43	
66	1202.11	25.62	6.32	4.71	0.43	
65	1202.01	25.51	6.88	4.87	0.44	
64	1201.90	25.23	6.92	4.85	0.44	
63	1203.48	24.93	7.90	4.82	0.44	
62	1202.96	24.00	5.18	4.40	0.45	
61	1328.24	22.54	4.83	3.79	0.45	
60	1323.61	22.00	4.72	3.90	0.45	
59	1314.58	21.53	4.02	4.07	0.46	
58	1290.31	21.95	3.88	4.66	0.46	
57	1271.23	22.13	4.39	5.12	0.47	
56	1252.20	22.08	3.61	5.36	0.47	
55	1435.42	21.56	3.27	5.39	0.48	
54	1376.48	21.14	3.03	5.20	0.49	
53	1370.77	20.61	2.88	5.05	0.49	
52	1365.27	20.00	3.02	4.75	0.50	
51	1364.72	19.63	3.50	4.60	0.50	
50	1362.57	19.47	3.90	4.49	0.51	
49	1359.55	19.12	4.99	4.20	0.51	
48	1356.81	19.11	4.35	4.25	0.52	
47	1354.13	18.97	3.73	4.15	0.52	
46	1352.12	18.58	2.33	3.81	0.53	
45	1349.78	18.60	1.95	3.88	0.54	

Tabla N° 11. Resumen Hidráulico de la Salida de la Crecida Ordinaria (Tr=100 años).

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m³/s)	(msnm)	(m/s)	(m)	(horas)	
44	1347.83	18.56	1.65	3.89	0.54	
43	1346.03	18.49	1.92	3.87	0.55	
42	1343.95	18.43	1.88	3.98	0.57	
41	1342.17	18.28	1.95	4.31	0.59	
40	1338.53	18.00	1.97	3.95	0.61	
39	1336.54	17.64	2.05	3.64	0.62	
38	1335.97	17.23	2.03	3.26	0.63	
37	1334.67	16.83	2.26	3.10	0.64	
36	1333.35	16.82	2.25	3.46	0.65	
35	1333.79	17.05	2.17	4.19	0.66	
34	1333.49	17.08	2.24	4.68	0.67	
33	1333.09	17.11	2.28	4.96	0.67	
32	1332.54	17.03	2.43	5.10	0.68	
31	1332.12	17.01	2.74	5.22	0.68	
30	1331.82	16.98	2.71	5.29	0.69	
29	1331.37	16.94	2.70	5.46	0.69	
28	1331.10	16.90	2.82	5.69	0.69	
27	1330.87	16.87	2.61	5.86	0.70	
26	1330.64	16.79	2.18	6.06	0.70	
25	1329.55	16.76	1.60	6.23	0.71	
24	1329.44	16.74	2.11	6.49	0.71	
23	1330.04	16.70	3.18	6.50	0.72	
22	1329.31	16.66	3.23	6.51	0.72	
21	1329.12	16.59	3.16	6.52	0.73	
20	1329.40	16.47	4.40	6.49	0.73	
19	1327.91	16.44	6.75	6.54	0.73	
18	1328.07	16.40	6.70	6.58	0.73	
17	1327.04	16.32	7.58	6.59	0.74	
16	1326.14	16.34	7.99	6.68	0.74	
15	1324.61	16.40	5.84	6.84	0.74	
14	1322.35	16.48	5.61	7.07	0.74	
13	1319.46	16.42	5.29	7.17	0.74	
12	1319.40	16.09	4.50	6.97	0.75	
11	1313.54	16.02	2.96	7.01	0.75	
10	1287.42	15.99	2.91	7.08	0.76	
9	1307.41	15.42	4.07	6.52	0.76	No se afecta la cantera en el margen izquierdo del Río Chiriquí
8	1482.19	14.87	4.14	6.11	0.77	
7	1381.41	14.55	3.44	6.02	0.78	

Tabla N° 11. Resumen Hidráulico de la Salida de la Crecida Ordinaria (Tr=100 años).

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m <sup>3</sup> /s)	(msnm)	(m/s)	(m)	(horas)	
6	1360.25	13.83	4.35	5.71	0.78	No se afecta la cantera en el margen izquierdo del Río Chiriquí
5	1348.85	12.97	3.93	5.17	0.79	
4	1340.94	12.33	4.09	4.67	0.79	
3	1337.74	12.01	4.59	4.47	0.79	
2	1335.62	11.72	4.89	4.33	0.91	
1	1334.74	11.61	5.43	4.36	1.40	

### Escenario de Crecidas Extraordinaria

Para el escenario de las crecida extraordinaria (TR= 1: 1000) se utilizó el hidrograma de entrada establecido en la Tabla N° 12.

Tabla N° 12. Hidrograma de entrada con Periodo de Recurrencia 1 en 1000 años.

Hora	Caudal	Hora	Caudal	Hora	Caudal	Hora	Caudal
0:00	125	13:30	436.8	3:00	137.6	16:30	127.63
0:30	162	14:00	398.2	3:30	136.3	17:00	127.48
1:00	199.1	14:30	366.2	4:00	134.9	17:30	127.34
1:30	296.7	15:00	334.1	4:30	133.7	18:00	127.19
2:00	394.3	15:30	311.9	5:00	132.5	18:30	127.05
2:30	549.5	16:00	289.7	5:30	131.6	19:00	126.9
3:00	704.7	16:30	272.5	6:00	130.7	19:30	126.75
3:30	896.1	17:00	255.3	6:30	130.55	20:00	126.61
4:00	1087.5	17:30	242.3	7:00	130.41	20:30	126.46
4:30	1227.3	18:00	229.3	7:30	130.26	21:00	126.32
5:00	1367.2	18:30	219.1	8:00	130.12	21:30	126.17
5:30	1426.1	19:00	208.9	8:30	129.97	22:00	126.02
6:00	1485	19:30	199.9	9:00	129.82	22:30	125.88
6:30	1446.5	20:00	190.9	9:30	129.68	23:00	125.73
7:00	1408.1	20:30	183.3	10:00	129.53	23:30	125.58
7:30	1321.4	21:00	175.6	10:30	129.38	0:00	125.44
8:00	1234.7	21:30	170.8	11:00	129.24	0:30	125.29
8:30	1133.2	22:00	165.9	11:30	129.09	1:00	125.15
9:00	1031.7	22:30	161.8	12:00	128.95	1:30	125
9:30	930.1	23:00	157.6	12:30	128.8		
10:00	828.4	23:30	153.9	13:00	128.65		
10:30	754.1	0:00	150.3	13:30	128.51		
11:00	679.7	0:30	147.5	14:00	128.36		

Tabla N° 12. Hidrograma de entrada con Periodo de Recurrencia 1 en 1000 años.

Hora	Caudal	Hora	Caudal	Hora	Caudal	Hora	Caudal
11:30	623.4	1:00	144.7	14:30	128.22		
12:00	567	1:30	142.5	15:00	128.07		
12:30	521.2	2:00	140.3	15:30	127.92		
13:00	475.4	2:30	139	16:00	127.78		

A continuación, en la Figura N° 19 se muestra el hidrograma de entrada de crecida extraordinaria donde se evidencia un caudal máximo de 1485 m<sup>3</sup>/s.

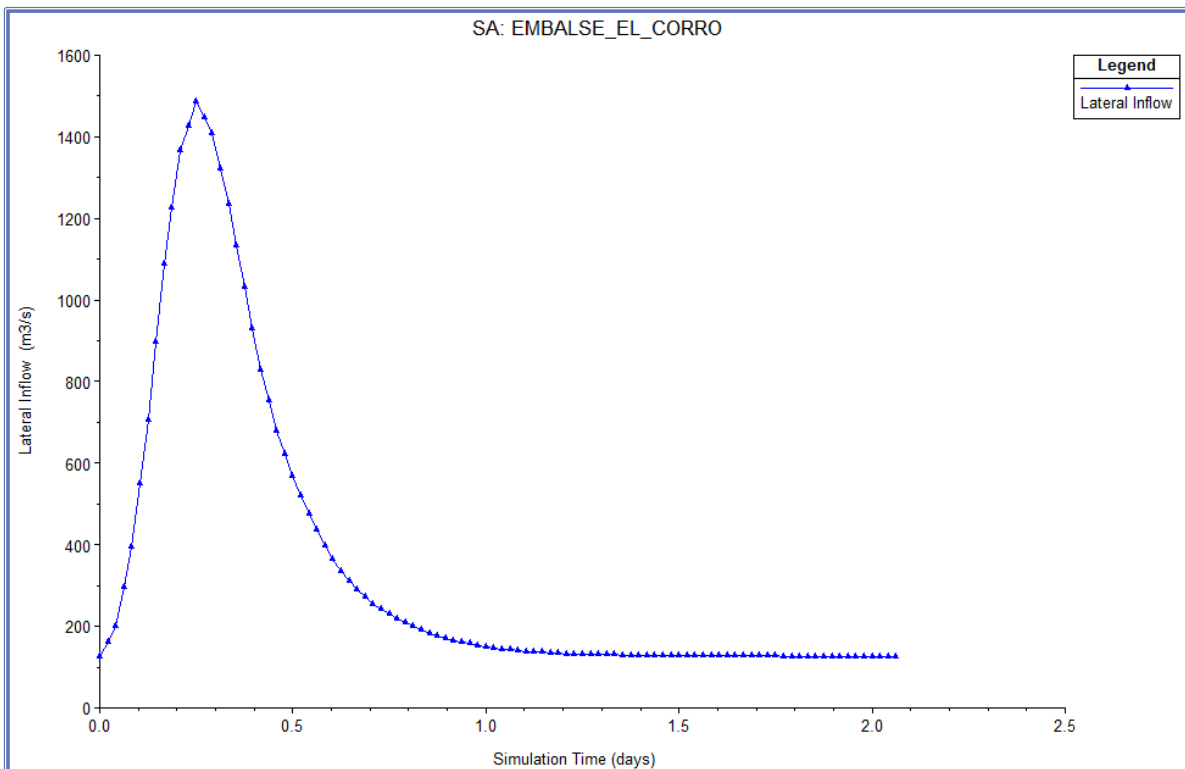


Figura N° 22. Hidrograma de Crecida Extraordinaria para un periodo de retorno 1 en 1000 años

Los resultados de la modelación para el primer escenario para la crecida extraordinaria se presentan en la Tabla N° 13.

De acuerdo con la Regla de Operación del Vertedero Controlado de Julio 2010 hecho por Tractebel Engineering GDF Suez pág. 2:

Para  $NA_{EMB} > 47.40$  msnm – Operación del vertedero controlado en apertura total. Por lo tanto se introdujo una altura de 9 metros, que es la altura donde la compuerta está abierta en su totalidad.

Tabla N° 13. Resumen Hidráulico de la Salida de la Crecida Extraordinaria (Tr=1000 años).

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m <sup>3</sup> /s)	(msnm)	(m/s)	(m)	(horas)	
155	1395.13	48.02	0.47	8.27	0.00	
154	2723.09	49.24	0.45	15.22	0.00	
153.5	Inl Struct			0	0.01	
153	2639.38	39.53	2.11	7.53	0.01	
152	1394.86	38.59	8.55	6.41	0.01	
151	1394.8	38.15	2.4	7.05	0.02	
150	1394.79	38.16	2.16	7.58	0.02	
149	1394.76	38.01	2.62	8.43	0.02	
148	1394.76	38.04	2.32	8.87	0.03	
147	1394.76	38.06	2.06	9.24	0.03	
146	1394.76	37.88	2.67	9.15	0.04	
145	1394.74	37.61	3.37	8.98	0.04	
144	1394.6	36.29	6.23	8.08	0.04	
143	1394.77	35.86	7.29	7.55	0.04	
142	1394.76	35.41	7.58	7.38	0.05	
141	1394.75	35.03	6.03	7.06	0.05	
140	1394.72	35.27	4.95	7.46	0.05	
139	1394.7	34.4	6.26	6.64	0.05	No rebasa puente
138	1394.7	33.9	6.73	6.3	0.06	
137	1394.63	33.29	7.28	5.58	0.06	
136	1394.44	32.72	4.47	5.16	0.06	
135	1394.3	32.85	3.45	5.57	0.07	
134	1394.07	32.7	3.46	5.54	0.07	
133	1393.87	32.61	3.31	5.48	0.07	
132	1393.87	32.59	2.98	5.81	0.08	
131	1393.87	32.59	2.69	6.02	0.09	
130	1393.59	32.42	2.97	6.02	0.10	
129	1393	32.16	3.36	5.96	0.10	
128	1390.89	31.72	4.03	5.81	0.10	
127	1390.89	31.87	2.94	6.23	0.11	
126	1390.61	31.82	2.75	6.16	0.11	
125	1390.61	31.81	2.47	6.27	0.12	
124	1390.61	31.78	2.32	6.3	0.13	
123	1390.73	31.8	2.07	6.37	0.13	
122	1390.85	31.83	1.71	6.42	0.14	
121	1390.84	31.85	1.48	6.44	0.14	
120	1390.95	31.88	1.12	7.31	0.15	
119	1390.84	31.87	1.16	7.26	0.15	
118	1390.94	31.87	1.02	7.45	0.16	
117	1390.93	31.87	1	7.58	0.17	
116	1390.93	31.87	0.94	7.6	0.17	

Tabla N° 13. Resumen Hidráulico de la Salida de la Crecida Extraordinaria (Tr=1000 años).

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m <sup>3</sup> /s)	(msnm)	(m/s)	(m)	(horas)	
115	1390.92	31.85	1.05	7.33	0.18	
114	1390.85	31.79	1.38	7.38	0.19	
113	1390.84	31.76	1.48	7.39	0.19	
112	1390.84	31.72	1.63	7.43	0.20	
111	1390.73	31.57	2.16	7.48	0.21	
110	1390.72	31.51	2.19	7.52	0.21	
109	1390.67	31.36	2.54	7.49	0.22	
108	1390.63	31.2	2.82	7.41	0.22	
107	1390.54	30.99	3.19	7.25	0.22	
106	1390.58	31	2.87	7.28	0.23	
105	1390.57	31.06	2.44	7.47	0.23	
104	1390.6	31.09	2.2	7.52	0.24	
103	1390.6	31.11	1.92	7.54	0.24	No se afecta galera en Finca Guardia ubicada en el margen izquierdo del Río Cochea
102	1390.59	31.03	2.14	8.16	0.24	
101	1390.59	30.99	2.15	8.93	0.25	
100	1390.59	30.78	2.8	8.61	0.25	
99	1390.57	30.47	3.52	8.24	0.25	
98	1390.56	30.15	4.06	7.81	0.26	
97	1390.56	29.9	4.32	7.44	0.26	
96	1390.56	29.76	4.36	7.26	0.26	
95	1390.55	29.51	4.58	7.01	0.27	
94	1390.54	29.18	4.92	6.68	0.27	
93	1390.54	28.86	5.09	6.48	0.27	
92	1390.54	28.69	4.91	6.39	0.27	
91	1390.54	28.36	4.84	6.12	0.27	
90	1390.54	27.9	4.98	5.68	0.28	
89	1390.54	27.43	5.13	5.17	0.28	
88	1390.54	26.94	5.09	4.76	0.29	
87	1390.53	26.61	4.79	4.65	0.29	
86	1390.53	26.37	4.5	4.52	0.29	
85	1390.52	26.33	3.67	4.64	0.29	
84	1390.49	26.05	3.7	4.41	0.30	
83	1390.42	25.86	3.53	4.27	0.30	
82	1390.4	25.85	2.93	4.3	0.31	
81	1390.4	25.89	2.33	4.46	0.33	
80	1390.41	25.93	1.86	4.55	0.34	
79	1390.41	25.95	1.57	4.65	0.35	
78	1390.42	25.96	1.38	5.4	0.36	
77	1390.41	25.95	1.28	6.44	0.37	
76	1390.4	25.94	1.23	6.8	0.37	
75	1390.39	25.77	1.86	4.86	0.38	

Tabla N° 13. Resumen Hidráulico de la Salida de la Crecida Extraordinaria (Tr=1000 años).

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m <sup>3</sup> /s)	(msnm)	(m/s)	(m)	(horas)	
74	1390.39	25.08	4.38	4.97	0.38	
73	1390.39	24.19	7.11	4.59	0.39	
72	1517.44	22.78	5.96	4.06	0.39	
71	1517.44	22.21	6.31	4.16	0.39	
70	1517.43	21.69	5.34	4.32	0.40	
69	1517.42	22.04	3.56	4.87	0.40	
68	1517.42	22.15	2.95	5.35	0.40	
67	1517.42	22.07	2.95	5.57	0.41	
66	1517.42	21.82	6.28	5.69	0.41	
65	1517.42	21.41	7.1	5.5	0.41	
64	1517.42	20.87	7.19	5.34	0.41	
63	1517.42	20.24	8.28	5.02	0.42	
62	1517.42	19.86	5.41	4.85	0.42	
61	1517.41	19.69	5.08	4.72	0.42	
60	1517.39	19.35	4.92	4.45	0.43	
59	1517.36	19.34	4.23	4.49	0.43	
58	1517.32	19.21	4.06	4.4	0.43	
57	1517.25	18.82	4.54	4.06	0.44	
56	1517.19	18.87	3.74	4.16	0.44	
55	1517.16	18.85	3.36	4.19	0.45	
54	1517.16	18.8	3.09	4.19	0.46	
53	1517.15	18.74	2.97	4.3	0.47	
52	1517.09	18.58	3.15	4.61	0.47	
51	1516.95	18.27	3.68	4.23	0.47	
50	1516.47	17.94	4	3.95	0.48	
49	1517.05	17.5	5.12	3.54	0.48	
48	1516.22	17.17	4.35	3.45	0.49	
47	1515.99	17.2	3.76	3.85	0.49	
46	1516.34	17.46	2.38	4.61	0.50	
45	1516.33	17.49	2.03	5.1	0.51	
44	1516.33	17.52	1.72	5.38	0.52	
43	1516.33	17.44	2.01	5.51	0.53	
42	1516.28	17.42	1.98	5.63	0.54	
41	1516.28	17.38	2.05	5.7	0.56	
40	1516.28	17.35	2.08	5.87	0.58	
39	1516.23	17.3	2.17	6.1	0.59	
38	1516.23	17.28	2.14	6.27	0.60	
37	1516.23	17.19	2.39	6.47	0.61	
36	1516.19	17.15	2.4	6.63	0.62	
35	1516.19	17.13	2.32	6.88	0.63	
34	1516.19	17.08	2.41	6.89	0.64	

Tabla N° 13. Resumen Hidráulico de la Salida de la Crecida Extraordinaria (Tr=1000 años).

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m <sup>3</sup> /s)	(msnm)	(m/s)	(m)	(horas)	
33	1516.15	17.04	2.45	6.9	0.64	
32	1516.15	16.97	2.6	6.9	0.65	
31	1516.11	16.83	2.96	6.86	0.65	
30	1516.08	16.79	2.92	6.9	0.66	
29	1516.08	16.75	2.91	6.94	0.66	
28	1516.04	16.66	3.03	6.94	0.66	
27	1516.04	16.69	2.8	7.04	0.67	
26	1516.07	16.77	2.33	7.22	0.67	
25	1516.09	16.86	1.7	7.46	0.68	
24	1516.09	16.8	2.2	7.56	0.68	
23	1516.05	16.39	3.47	7.3	0.69	
22	1516.05	16.29	3.57	7.33	0.69	
21	1516.06	16.21	3.6	7.39	0.69	
20	1516.02	15.49	5.03	6.72	0.70	
19	1516.06	15.14	6.51	6.46	0.70	
18	1516.06	14.84	6.9	6.37	0.70	
17	1516.05	14.14	7.87	6.06	0.70	
16	1516.05	13.28	8.38	5.5	0.71	
15	1516.05	12.65	6.07	5	0.71	
14	1516.05	12.34	5.8	4.81	0.71	
13	1516.05	12.06	5.44	4.68	0.71	
12	1516.04	11.93	4.64	4.69	0.71	
11	1516.03	12.22	3.1	5.12	0.72	
10	1516.03	12.17	3.08	5.1	0.72	
9	1516.03	11.55	4.38	4.36	0.73	
8	1516.01	11.4	4.3	4.45	0.74	
7	1516.01	11.44	3.58	4.42	0.74	
6	1516	10.97	4.48	4.12	0.75	
5	1516	10.83	4.14	4.67	0.75	
4	1516	10.63	4.29	4.5	0.75	
3	1516	10.23	4.8	4.34	0.75	
2	1516	9.85	5.17	4.38	0.84	
1	1516	9.5	5.72	4.53	1.14	

No se afecta la cantera en el margen izquierdo del Río Chiriquí

Los caudales de las crecidas ordinaria y extraordinaria no representa riesgos para las comunidades aguas abajo ya que el cauce tiene la capacidad de absorber el volumen de agua. Por lo tanto, no se espera desbordamientos y el Coordinador del PADE solo activará la alerta Blanca en la Central Hidroeléctrica Prudencia.

De estos análisis realizados (tanto de Crecida Ordinaria como Extraordinaria), hay que resaltar que las Comunidades localizadas aguas abajo de la Presa El Corro, se



encuentran fuera de las planicies de inundación del Río Cochea y Chiriquí como se indica en el mapa del Apéndice B.2 y B.3.

#### 4.2. Por Colapso Estructural

De acuerdo a la condición establecida en la sección se debe investigar los efectos de la rotura de la presa y de las estructuras de contención durante la operación normal en día soleado y durante la condición de crecida máxima.

Para este análisis se utiliza el módulo de rompimiento de presa de HEC-RAS, evaluando la peor condición entre falla de la presa de tierra o falla del vertedero de concreto.

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

Las agencias federales de los Estados Unidos han publicado guías sobre la forma y los posibles rangos de valores para el ancho de la grieta y el tiempo de desarrollo de las fallas.

La Tabla N° 14 muestra un resumen de estos valores.

Tabla N° 14: Rango de Posibles Valores de las Características de la Falla

Tipo de Presa	Ancho promedio de la Grieta	Componente Horizontal de la Grieta	Tiempo de la falla (hrs)	Agencia
Tierra/Enrocado	(0.5 a 3.0) X HD	0 a 1.0	0.5 a 4.0	USACE <sup>1</sup>
	(1.0 a 5.0) X HD	0 a 1.0	0.1 a 1.0	FERC <sup>2</sup>
	(2.0 a 5.0) X HD	0 a 1.0	0.1 a 1.0	NWS <sup>3</sup>

Dónde:

HD = Altura de la presa

L = Largo de la cresta

<sup>1</sup> U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, "Flood Emergency Plans – Guidelines for Corps Dams," RD-13, June 1980.

<sup>2</sup> FERC (1988), USA Federal Regulatory Commission – Notice of Revised Emergency Action Plan Guidelines, February 22, 1988.

<sup>3</sup> Fread, D.L., ASDSO Advanced Technical Seminar, "Dam Failure Analysis," 2006.

### 4.2.1 En Condición de Operación Normal

Para los escenarios de rotura en la presa, en este caso por sismo, se consideró que la falla más probable ocurriría del lado de la estructura de enrocado de la presa (lado derecho observando de aguas arriba hacia aguas abajo) ya que es más alta que la estructura de concreto y además el área de la brecha cubre mayor área. (Figura N° 22).

Para este escenario, el embalse se encuentra a una elevación igual o mayor a 45.75 msnm.

Tabla N° 15. Descarga para Rotura de Aliviadero no Controlado

Descripción	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Afectaciones
Colapso Estructural de la Presa El Corro en Condición de Operación Normal	1957.65	No hay afectaciones evidentes

La Figura N° 20 presenta el esquema de la sección transversal de la Presa El Corro.

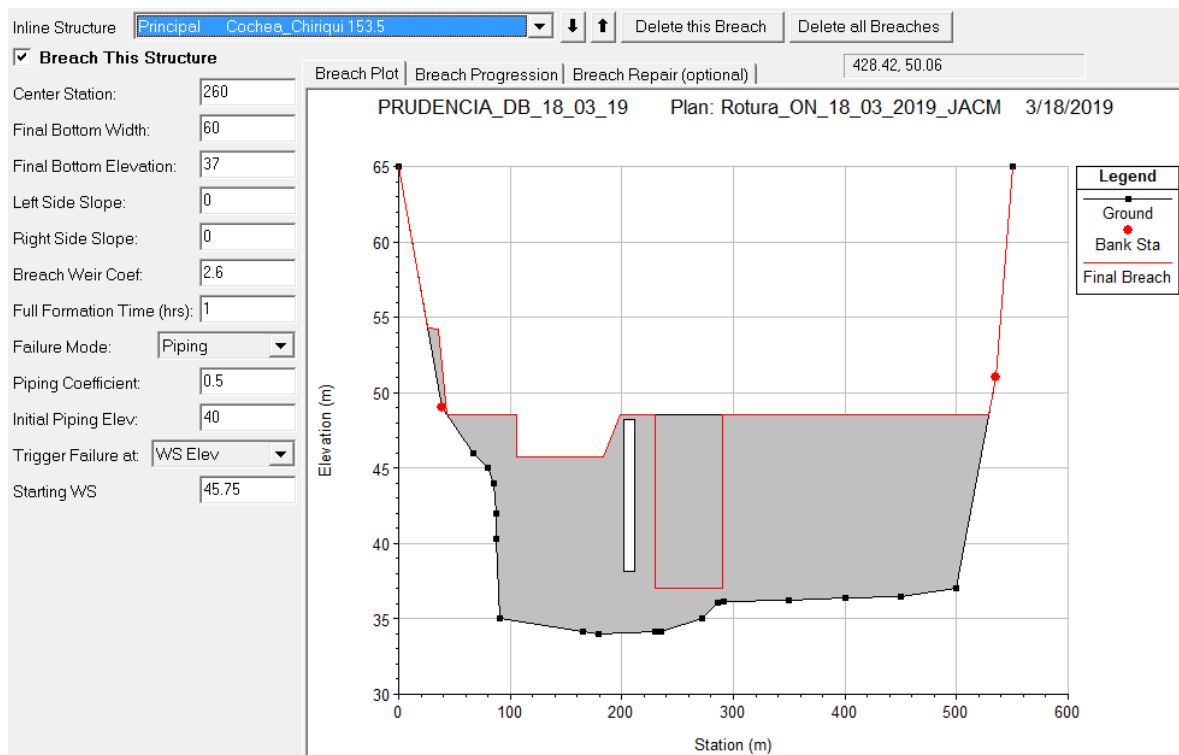


Figura N° 23 Esquema de Rompimiento de Presa El Corro

A continuación, la Figura N° 21 muestra el hidrograma de salida del escenario de Rotura de Presa bajo operación normal, se evidencia un caudal máximo de 1957.65 m<sup>3</sup>/s.

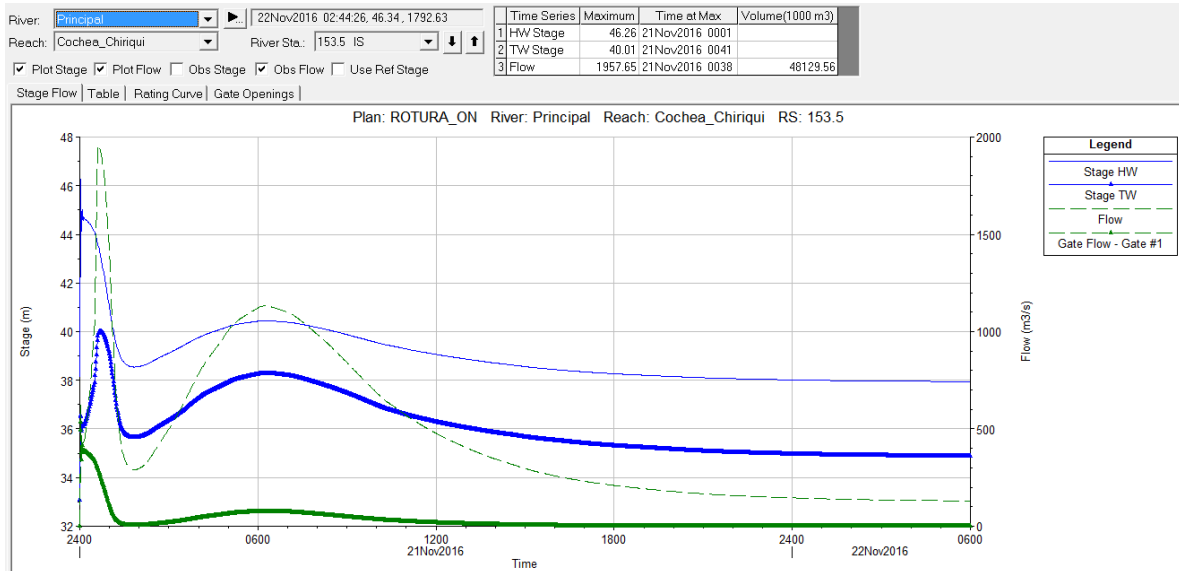


Figura N° 24. Hidrograma de Salida de la Rotura de Presa El Corro en Condición de Operación Normal

De acuerdo con la Regla de Operación del Vertedero Controlado de Julio 2010 hecho por Tractebel Engineering GDF Suez pág. 2:

“I. Para el nivel de agua del embalse –  $NA_{EMB} \leq 45.75$  msnm –Vertedero controlado no opera”. Por lo tanto las compuertas estarán cerradas para este escenario.

La Tabla N° 16 presenta el resumen hidráulico de la salida del programa HEC-RAS de colapso estructural bajo condiciones de operación normal.

Tabla N° 16 Resumen Hidráulico de la Salida de Colapso Estructural de la Presa El Corro en Condición de Operación Normal.

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m <sup>3</sup> /s)	(msnm)	(m/s)	(m)	(horas)	
155	34113.13	45.33	18.65	5.58	0.00	
154	759.49	46.80	0.16	12.78	0.00	
153.5	Inl Struct			0	0.01	
153	1930.25	40.01	1.32	8.01	0.01	
152	1926.43	39.70	8.91	7.52	0.01	
151	1924.47	39.29	2.62	8.19	0.02	
150	1924.41	39.31	2.37	8.73	0.02	
149	1924.34	39.12	2.91	9.54	0.02	
148	1924.25	39.16	2.61	9.99	0.03	
147	1924.20	39.19	2.34	10.37	0.03	
146	1924.13	38.95	3.07	10.22	0.03	
145	1922.07	38.59	3.90	9.96	0.04	
144	1923.90	37.26	7.41	9.05	0.04	
143	1923.86	36.85	8.49	8.54	0.04	
142	1923.23	36.31	8.78	8.28	0.04	
141	1923.19	35.85	7.14	7.88	0.05	
140	1805.44	35.73	5.85	7.92	0.05	
139	1922.69	35.12	7.68	7.36	0.05	No rebasa puente
138	1921.93	34.67	8.09	7.07	0.05	
137	1919.88	33.97	7.92	6.26	0.06	
136	1917.16	33.34	5.06	5.78	0.06	
135	1912.07	33.43	4.03	6.15	0.06	
134	1908.11	33.24	4.06	6.08	0.07	
133	1905.83	33.12	3.92	5.99	0.07	
132	1905.76	33.13	3.52	6.35	0.08	
131	1905.62	33.13	3.22	6.56	0.09	
130	1890.96	32.90	3.53	6.50	0.09	
129	1802.54	32.59	3.79	6.39	0.10	
128	1550.60	32.17	3.82	6.26	0.10	
127	1585.57	32.34	2.91	6.70	0.11	
126	1585.45	32.30	2.73	6.64	0.11	
125	1585.33	32.31	2.47	6.77	0.12	
124	1585.26	32.29	2.31	6.81	0.12	
123	1592.74	32.32	2.03	6.89	0.13	
122	1599.85	32.35	1.74	6.94	0.13	
121	1606.57	32.37	1.53	6.96	0.14	
120	1606.40	32.41	1.16	7.84	0.14	
119	1606.30	32.40	1.20	7.79	0.15	
118	1606.23	32.41	1.06	7.99	0.16	
117	1606.22	32.40	1.05	8.11	0.16	
116	1610.89	32.40	0.99	8.13	0.17	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m <sup>3</sup> /s)	(msnm)	(m/s)	(m)	(horas)	
115	1606.20	32.39	1.10	7.87	0.17	
114	1605.98	32.33	1.43	7.92	0.18	
113	1605.78	32.30	1.53	7.93	0.19	
112	1602.36	32.26	1.66	7.97	0.19	
111	1599.21	32.12	2.16	8.03	0.20	
110	1599.17	32.08	2.14	8.09	0.21	
109	1599.00	31.95	2.47	8.08	0.21	
108	1596.47	31.80	2.77	8.01	0.21	
107	1594.09	31.61	3.12	7.87	0.22	
106	1594.00	31.61	2.87	7.89	0.22	
105	1595.76	31.66	2.48	8.07	0.22	
104	1595.68	31.70	2.20	8.13	0.23	
103	1595.59	31.72	1.95	8.15	0.23	Afectación parcial de galera en Finca Guardia ubicada en el margen izquierdo del Río Cochea
102	1595.54	31.64	2.16	8.77	0.24	
101	1595.50	31.61	2.19	9.55	0.24	
100	1595.43	31.39	2.85	9.22	0.24	
99	1595.33	31.10	3.53	8.87	0.25	
98	1594.77	30.74	4.15	8.40	0.25	
97	1594.74	30.43	4.53	7.97	0.25	
96	1594.70	30.29	4.54	7.79	0.26	
95	1594.65	30.05	4.74	7.55	0.26	
94	1594.31	29.75	5.01	7.25	0.26	
93	1594.29	29.41	5.04	7.03	0.26	
92	1594.26	29.07	4.92	6.77	0.26	
91	1594.03	28.69	4.83	6.45	0.27	
90	1593.98	28.20	5.08	5.98	0.27	
89	1593.77	27.70	5.30	5.44	0.27	
88	1593.75	27.20	5.33	5.02	0.28	
87	1593.56	26.86	5.01	4.90	0.28	
86	1593.28	26.60	4.75	4.75	0.28	
85	1592.89	26.53	3.90	4.84	0.28	
84	1591.12	26.23	3.95	4.59	0.29	
83	1585.40	26.03	3.75	4.44	0.29	
82	1583.84	26.04	3.11	4.49	0.30	
81	1585.21	26.09	2.48	4.66	0.32	
80	1585.17	26.14	2.00	4.76	0.33	
79	1586.12	26.16	1.69	4.86	0.34	
78	1585.97	26.17	1.49	5.61	0.35	
77	1585.18	26.16	1.39	6.65	0.35	
76	1585.17	26.16	1.33	7.02	0.36	
75	1585.06	25.97	1.99	5.06	0.36	
74	1584.91	25.23	4.61	5.12	0.37	
73	1584.69	24.39	7.16	4.79	0.37	
72	1711.45	23.08	6.03	4.36	0.38	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m <sup>3</sup> /s)	(msnm)	(m/s)	(m)	(horas)	
71	1711.41	22.53	6.54	4.48	0.38	
70	1711.10	22.01	5.51	4.64	0.38	
69	1710.72	22.34	3.76	5.17	0.38	
68	1710.66	22.47	3.12	5.67	0.39	
67	1710.61	22.40	3.08	5.90	0.39	
66	1710.56	22.15	6.54	6.02	0.39	
65	1710.53	21.73	7.42	5.82	0.39	
64	1710.38	21.18	7.54	5.65	0.40	
63	1710.37	20.53	8.76	5.31	0.40	
62	1710.35	20.13	5.70	5.12	0.40	
61	1710.16	19.93	5.38	4.96	0.41	
60	1709.84	19.58	5.18	4.68	0.41	
59	1708.89	19.56	4.49	4.71	0.41	
58	1708.22	19.43	4.30	4.62	0.42	
57	1706.55	19.04	4.78	4.28	0.42	
56	1704.34	19.08	3.95	4.37	0.43	
55	1704.30	19.08	3.53	4.42	0.43	
54	1704.25	19.05	3.24	4.44	0.44	
53	1704.18	18.97	3.14	4.53	0.45	
52	1703.14	18.80	3.34	4.83	0.45	
51	1686.61	18.44	3.92	4.40	0.46	
50	1641.73	18.09	4.14	4.10	0.46	
49	1693.13	17.69	5.35	3.73	0.47	
48	1615.96	17.34	4.38	3.62	0.47	
47	1602.37	17.38	3.79	4.03	0.48	
46	1628.32	17.65	2.44	4.80	0.48	
45	1632.15	17.68	2.10	5.29	0.49	
44	1632.08	17.72	1.78	5.58	0.50	
43	1631.98	17.64	2.09	5.71	0.51	
42	1628.47	17.62	2.05	5.83	0.53	
41	1628.44	17.58	2.12	5.90	0.54	
40	1628.35	17.55	2.16	6.07	0.56	
39	1625.27	17.50	2.24	6.30	0.57	
38	1625.25	17.48	2.22	6.47	0.58	
37	1625.16	17.38	2.47	6.66	0.59	
36	1622.46	17.34	2.49	6.82	0.60	
35	1622.45	17.33	2.41	7.08	0.61	
34	1622.41	17.27	2.50	7.08	0.61	
33	1622.33	17.23	2.55	7.09	0.62	
32	1620.02	17.16	2.70	7.09	0.62	
31	1617.72	17.01	3.07	7.04	0.63	
30	1617.65	16.97	3.03	7.08	0.63	
29	1615.44	16.93	3.01	7.12	0.64	
28	1615.39	16.85	3.13	7.13	0.64	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m <sup>3</sup> /s)	(msnm)	(m/s)	(m)	(horas)	
27	1615.35	16.88	2.88	7.23	0.65	
26	1617.10	16.97	2.40	7.42	0.65	
25	1618.44	17.06	1.74	7.66	0.65	
24	1618.22	17.01	2.24	7.77	0.66	
23	1616.03	16.57	3.59	7.48	0.66	
22	1616.84	16.46	3.70	7.50	0.66	
21	1617.20	16.37	3.74	7.55	0.67	
20	1616.98	15.61	5.23	6.84	0.67	
19	1616.72	15.32	6.68	6.64	0.67	
18	1616.48	15.02	7.09	6.55	0.67	
17	1615.38	14.32	8.06	6.24	0.68	
16	1611.72	13.47	8.56	5.69	0.68	
15	1600.72	12.86	6.08	5.21	0.68	
14	1587.71	12.56	5.74	5.03	0.68	
13	1591.14	12.31	5.33	4.93	0.68	
12	1642.03	12.18	4.67	4.94	0.69	
11	1628.92	12.38	3.20	5.28	0.69	
10	1621.91	12.32	3.18	5.25	0.69	
9	1618.08	11.65	4.56	4.46	0.70	
8	1613.01	11.54	4.39	4.59	0.70	
7	1615.33	11.58	3.66	4.56	0.71	
6	1613.88	11.11	4.56	4.26	0.72	
5	1613.84	10.96	4.25	4.80	0.72	
4	1613.82	10.76	4.40	4.63	0.72	
3	1613.76	10.36	4.93	4.47	0.72	
2	1613.69	9.97	5.30	4.50	0.87	
1	1613.61	9.63	5.85	4.66	0.89	

No se afecta la cantera en el margen izquierdo del Río Chiriquí

Esta situación de emergencia **no aplica** debido a que una rotura de Presa El Corro con una crecida con periodo de retorno de 1:50 años no representa un peligro para las poblaciones aguas abajo de la Presa El Corro, ya que de acuerdo con el análisis hidráulico, las elevaciones del nivel de agua de los Ríos Cochea y Chiriquí no afectarían a las Comunidades aguas abajo de la Presa El Corro según el mapa de planicie de inundación en los Apéndice A.4. y A.5.

#### 4.2.2 En Condición de Operación Extraordinaria

Al igual que el escenario anterior, también se asumió la falla en la estructura de enrocado, por tener mayor altura y área de la brecha que la estructura de concreto. En los parámetros de flujo se introdujo en la modelación un hidrograma de entrada de 1 en 1000 años.

La Figura N° 22 muestra el hidrograma de salida del escenario de Rotura de Presa durante Crecida Extraordinaria, se evidencia un caudal máximo de **2987.42 m<sup>3</sup>/s**.

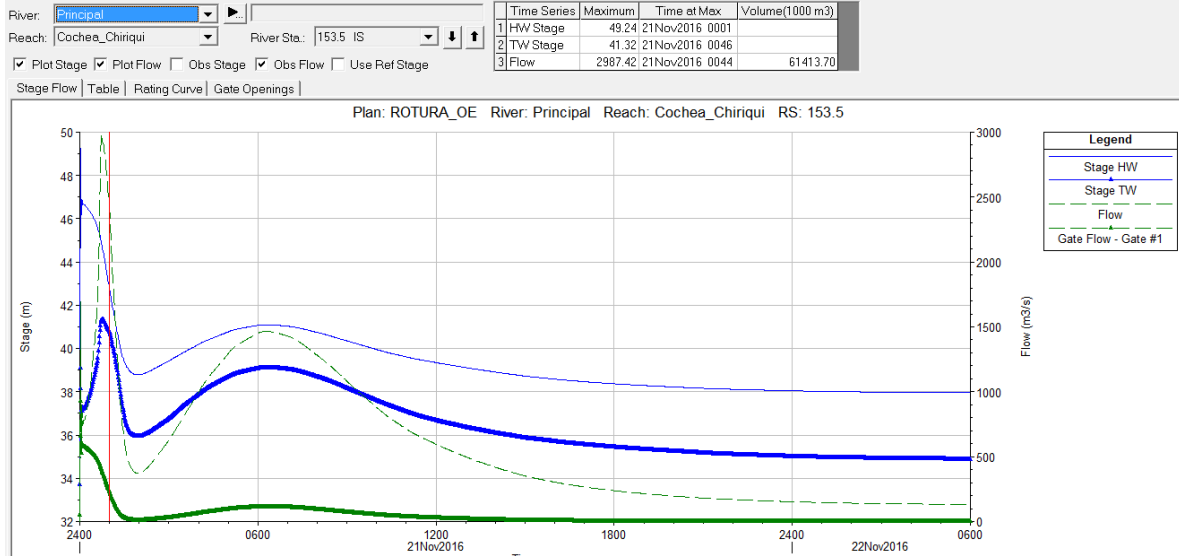


Figura N° 25. Hidrograma de Salida de la Rotura de Presa El Corro en Condición de Operación Extraordinaria

De acuerdo con la Regla de Operación del Vertedero Controlado de Julio 2010 hecho por Tractebel Engineering GDF Suez pág. 2:

Para  $NA_{EMB} > 47.40$  msnm – Operación del vertedero controlado en apertura total. Por lo tanto se introdujo una altura de 9 metros, que es la altura donde la compuerta está abierta en su totalidad.

La Tabla N° 17 presenta el resumen hidráulico del escenario de colapso estructural bajo condiciones de crecidas extraordinarias.



Tabla N° 17 Resumen Hidráulico de Escenario de Colapso Estructural de la Presa El Corro en Condición de Operación Extraordinaria

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m <sup>3</sup> /s)	(msnm)	(m/s)	(m)	(horas)	
155	63095.94	47.39	23.59	7.64	0.00	
154	2723.15	49.24	0.45	15.22	0.00	
153.5	Inl Struct				0.00	
153	2924.44	41.32	1.42	9.32	0.01	
152	2917.50	40.98	10.15	8.80	0.01	
151	2914.57	40.54	3.18	9.44	0.01	
150	2916.88	40.59	2.89	10.01	0.02	
149	2916.68	40.29	3.60	10.71	0.02	
148	2918.17	40.34	3.27	11.17	0.02	
147	2919.58	40.39	2.97	11.57	0.03	
146	2919.42	39.98	3.99	11.25	0.03	
145	2919.25	39.27	5.29	10.64	0.03	
144	2918.33	38.99	8.84	10.78	0.04	
143	2918.31	38.50	9.99	10.19	0.04	
142	2917.53	37.89	10.18	9.86	0.04	
141	2917.48	37.36	8.41	9.39	0.04	
140	2916.70	36.94	7.49	9.13	0.04	
139	2915.85	36.47	9.49	8.71	0.05	No rebasa puente
138	2914.83	35.85	10.28	8.25	0.05	
137	2911.89	35.05	8.37	7.34	0.05	
136	2909.73	34.43	5.68	6.87	0.05	
135	2891.26	34.49	4.71	7.21	0.06	
134	2803.36	34.31	4.58	7.15	0.06	
133	2438.24	34.22	3.87	7.09	0.07	
132	2739.82	34.27	3.90	7.49	0.07	
131	2739.47	34.27	3.65	7.70	0.08	
130	2427.63	34.12	3.44	7.72	0.09	
129	2404.96	33.97	3.57	7.77	0.09	
128	2356.04	33.78	3.72	7.87	0.09	
127	2403.03	33.96	3.00	8.32	0.10	
126	2402.69	33.94	2.86	8.28	0.10	
125	2402.41	33.97	2.58	8.43	0.11	
124	2402.26	33.98	2.39	8.50	0.11	
123	2411.17	34.03	2.05	8.60	0.11	
122	2411.04	34.05	1.88	8.64	0.12	
121	2418.89	34.07	1.68	8.66	0.12	
120	2418.73	34.12	1.30	9.55	0.13	
119	2418.66	34.10	1.35	9.49	0.14	
118	2425.20	34.11	1.21	9.69	0.14	
117	2424.99	34.11	1.20	9.82	0.15	
116	2424.78	34.11	1.16	9.84	0.15	
115	2424.62	34.09	1.26	9.57	0.16	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m <sup>3</sup> /s)	(msnm)	(m/s)	(m)	(horas)	
114	2418.95	34.03	1.59	9.62	0.16	
113	2424.09	34.01	1.67	9.64	0.17	
112	2418.93	33.98	1.77	9.69	0.18	
111	2418.72	33.86	2.22	9.77	0.18	
110	2422.73	33.86	2.05	9.87	0.19	
109	2418.65	33.77	2.32	9.90	0.19	
108	2418.51	33.64	2.71	9.85	0.19	
107	2418.25	33.52	2.90	9.78	0.20	
106	2418.02	33.42	3.01	9.70	0.20	
105	2420.11	33.44	2.76	9.85	0.20	
104	2420.00	33.50	2.38	9.93	0.21	
103	2419.90	33.52	2.15	9.95	0.21	Se afecta totalmente la galera en Finca Guardia ubicada en el margen izquierdo del Río Cochea
102	2419.77	33.47	2.25	10.60	0.22	
101	2419.63	33.42	2.32	11.36	0.22	
100	2419.37	33.22	2.87	11.05	0.22	
99	2418.63	32.91	3.60	10.68	0.22	
98	2418.55	32.51	4.24	10.17	0.23	
97	2417.87	31.88	5.17	9.42	0.23	
96	2417.79	31.52	5.25	9.02	0.23	
95	2417.13	31.14	5.43	8.64	0.23	
94	2417.00	30.77	5.32	8.27	0.24	
93	2416.36	30.37	5.53	7.99	0.24	
92	2416.22	29.94	5.42	7.64	0.24	
91	2415.86	29.54	5.29	7.30	0.24	
90	2415.78	29.09	5.50	6.87	0.24	
89	2415.44	28.65	5.60	6.39	0.25	
88	2415.39	28.17	5.79	5.99	0.25	
87	2415.31	27.81	5.43	5.85	0.25	
86	2415.02	27.49	5.31	5.64	0.25	
85	2413.99	27.26	4.64	5.57	0.26	
84	2411.20	26.89	4.74	5.25	0.26	
83	2404.78	26.67	4.51	5.08	0.26	
82	2400.14	26.74	3.70	5.19	0.27	
81	2402.33	26.83	3.01	5.40	0.28	
80	2403.99	26.91	2.46	5.53	0.29	
79	2403.85	26.95	2.11	5.65	0.30	
78	2403.72	26.97	1.89	6.41	0.31	
77	2403.57	26.96	1.77	7.45	0.31	
76	2403.41	26.95	1.70	7.81	0.32	
75	2402.70	26.70	2.44	5.79	0.32	
74	2402.60	25.87	5.20	5.76	0.32	
73	2402.32	25.17	7.15	5.57	0.33	
72	2528.96	24.15	6.26	5.43	0.33	
71	2528.92	23.64	7.53	5.59	0.33	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m <sup>3</sup> /s)	(msnm)	(m/s)	(m)	(horas)	
70	2528.48	23.13	6.17	5.76	0.34	
69	2527.88	23.44	4.49	6.27	0.34	
68	2527.82	23.65	3.74	6.85	0.34	
67	2527.77	23.62	3.59	7.12	0.34	
66	2527.73	23.37	7.44	7.24	0.35	
65	2527.69	22.94	8.53	7.03	0.35	
64	2527.63	22.35	8.76	6.82	0.35	
63	2527.35	21.63	10.39	6.41	0.35	
62	2527.33	21.18	6.66	6.17	0.36	
61	2526.88	20.89	6.39	5.92	0.36	
60	2525.31	20.54	6.02	5.64	0.36	
59	2519.03	20.45	5.37	5.60	0.37	
58	2511.31	20.35	5.06	5.54	0.37	
57	2500.98	19.98	5.41	5.22	0.37	
56	2466.00	20.10	4.42	5.39	0.38	
55	2471.76	20.18	3.89	5.52	0.38	
54	2477.01	20.21	3.53	5.60	0.39	
53	2471.81	20.11	3.53	5.67	0.40	
52	2461.30	19.93	3.74	5.96	0.40	
51	2438.03	19.67	4.07	5.63	0.41	
50	2403.81	19.37	4.30	5.38	0.41	
49	2457.82	18.72	5.72	4.76	0.42	
48	2349.32	18.87	4.09	5.15	0.42	
47	2349.23	18.84	3.92	5.49	0.43	
46	2387.63	19.17	2.59	6.32	0.44	
45	2394.04	19.19	2.37	6.80	0.45	
44	2393.91	19.24	2.03	7.10	0.45	
43	2387.74	19.14	2.39	7.21	0.46	
42	2387.64	19.12	2.35	7.33	0.48	
41	2387.52	19.08	2.45	7.40	0.49	
40	2381.79	19.04	2.50	7.56	0.50	
39	2381.67	19.00	2.56	7.80	0.51	
38	2386.16	19.01	2.46	8.00	0.52	
37	2381.52	18.93	2.71	8.21	0.53	
36	2381.31	18.81	2.94	8.29	0.54	
35	2381.13	18.78	2.90	8.53	0.55	
34	2377.52	18.71	3.02	8.52	0.55	
33	2377.46	18.66	3.08	8.52	0.56	
32	2373.93	18.57	3.24	8.50	0.56	
31	2370.28	18.35	3.72	8.38	0.57	
30	2366.52	18.31	3.68	8.42	0.57	
29	2366.49	18.28	3.64	8.47	0.58	
28	2366.41	18.21	3.71	8.49	0.58	
27	2369.52	18.29	3.37	8.64	0.59	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m <sup>3</sup> /s)	(msnm)	(m/s)	(m)	(horas)	
26	2369.39	18.42	2.78	8.87	0.59	
25	2371.78	18.56	1.97	9.16	0.59	
24	2371.62	18.53	2.41	9.29	0.60	
23	2371.46	18.50	2.51	9.41	0.60	
22	2370.05	17.81	4.47	8.85	0.60	
21	2370.82	17.67	4.58	8.85	0.61	
20	2370.00	16.78	6.20	8.01	0.61	
19	2369.91	16.47	7.84	7.79	0.61	
18	2369.78	16.17	8.30	7.70	0.61	
17	2369.09	15.44	9.47	7.36	0.61	
16	2366.70	14.54	10.25	6.76	0.61	
15	2359.85	13.88	7.13	6.23	0.62	
14	2353.12	13.58	6.71	6.05	0.62	
13	2339.92	13.30	6.13	5.92	0.62	
12	2395.98	13.09	5.27	5.85	0.62	
11	2379.55	13.35	3.73	6.25	0.62	
10	2372.83	13.27	3.77	6.20	0.63	No se afecta la cantera en el margen izquierdo del Río Chiriquí
9	2369.48	12.38	5.63	5.19	0.63	
8	2368.04	12.49	4.94	5.54	0.64	
7	2367.42	12.58	4.15	5.56	0.64	
6	2367.10	12.12	5.03	5.27	0.65	
5	2366.64	11.86	4.98	5.70	0.65	
4	2366.29	11.67	5.11	5.54	0.65	
3	2346.97	11.21	5.71	5.32	0.65	
2	2366.37	10.83	6.18	5.36	0.77	
1	2366.28	10.48	6.77	5.51	0.78	

Las características de la brecha utilizadas fueron las típicas para fallas por sobrevertido en presas de gravedad, donde se consideran taludes verticales y tiempos de rotura muy pequeños menores a 15 min.

Esta situación de emergencia **no aplica** debido a que al analizar los resultados de la Modelación Hidráulica en HEC-RAS y el desarrollo de los mapas de las planicies de inundación aguas abajo de la Presa El Corro muestran que el cauce del Río Cochea y Chiriquí tienen capacidad suficiente para transitar la avenida de 1:1000 años.

#### 4.2.3 Colapso Estructural del Canal de Aducción en Estación 2k+800

Para el análisis hidráulico del rompimiento del Canal de Aducción se realizó en 2 etapas. La primera etapa fue el rompimiento lateral del canal como dique lo cual generó un hidrograma de salida. Y la segunda etapa que fue transitar este

hidrograma de salida por las secciones transversales aguas abajo del relleno del canal de aducción ubicado en la estación 2k+800

Para la primera etapa del rompimiento lateral del canal con la estructura lateral, se utilizaron 5 secciones transversales del Canal de Aducción separadas en 20 metros cada una que suman un total de 100 metros (ver Figura N° 23).

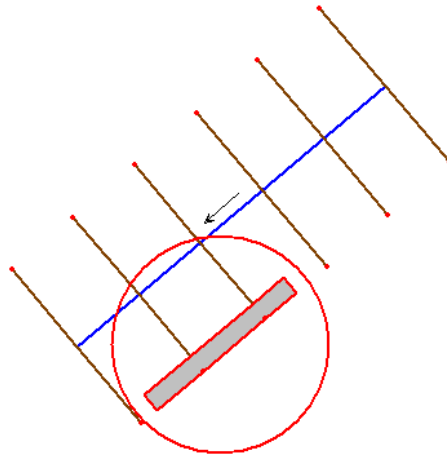


Figura N° 26 Secciones Transversales del Canal y la Estructural Lateral por donde se va romper el Canal

El tipo de falla de la estructura lateral que se utilizó para el modelo de rompimiento del canal fue de tubificación (piping).

Para la segunda etapa del Modelo (Secciones Transversales aguas abajo de la Rotura del Canal) se utilizaron 11 secciones transversales aguas abajo del relleno del Canal ubicado en la estación 2k+800 (ver **Figura N° 24**).

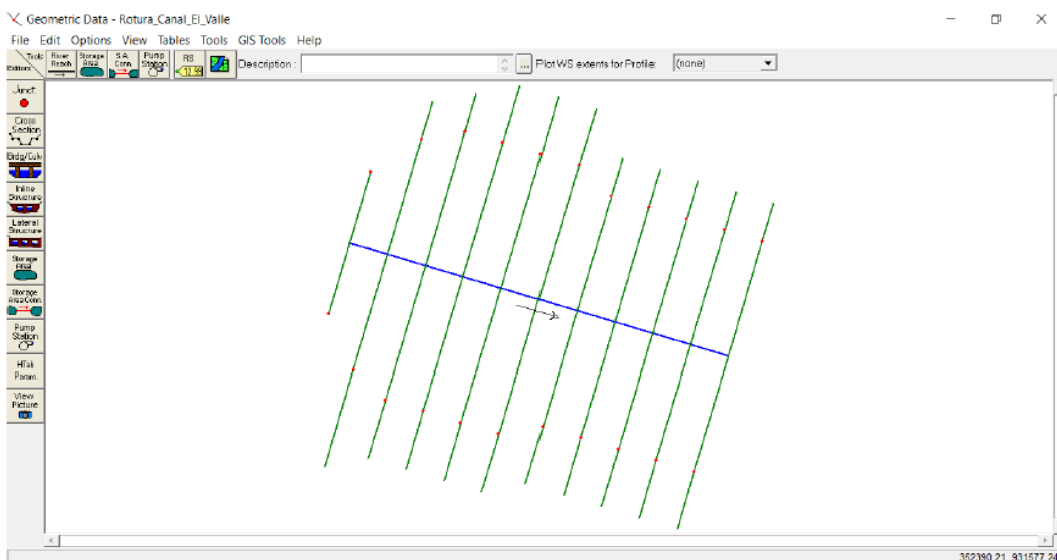


Figura N° 27 Esquema del Modelo HEC-Ras aguas debajo del rompimiento del Canal

Una vez se obtiene el hidrograma de salida de la primera parte del modelo, se introduce este mismo hidrograma en “Unsteady flow data” de la segunda etapa del modelo.

Tabla N° 18 Resumen Hidráulico de Escenario de Colapso Estructural del Canal de Aducción en Estación 2k+800

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo
	(m <sup>3</sup> /s)	(msnm)	(m/s)	(m)	(horas)
11	113	46.12	2.95	1.12	0.00
10	113	43.30	0.23	6.80	0.00
9	113	43.30	0.26	4.49	0.01
8	113	43.30	0.32	2.75	0.01
7	113	43.30	0.41	2.23	0.02
6	113	43.29	0.47	1.88	0.03
5	113	43.28	0.64	1.78	0.05
4	113	43.27	0.75	1.54	0.06
3	113	43.24	0.95	1.41	0.08
2	113	43.18	1.30	1.17	0.10
1	113	42.96	2.10	0.92	0.11

#### 4.3. Por Apertura Súbita de Compuerta

Para la condición de apertura súbita de la compuerta del vertedero controlado de la Presa El Corro, en la cual se abrió en su totalidad (9 metros) de forma repentina.

El caso que la compuerta no cierre, no genera riesgo a la presa, aunque la situación impide generación hidroeléctrica.

De acuerdo con la Regla de Operación del Vertedero Controlado de Julio 2010 hecho por Tractebel Engineering GDF Suez se toma en cuenta las condiciones en la pág. 1 y 2:

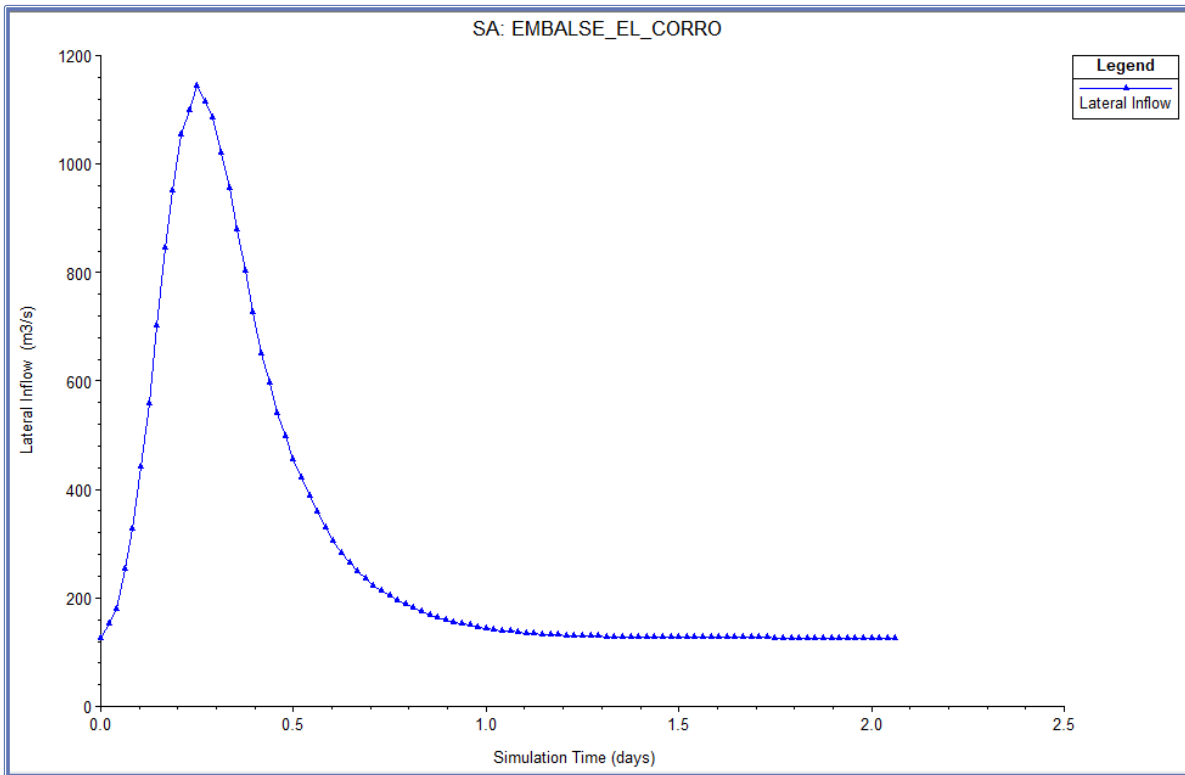
Pág 1: la capacidad de diseño del vertedero libre y controlado son 1220 m<sup>3</sup>/s y 584 m<sup>3</sup>/s respectivamente. El caudal máximo instantáneo de descarga sumado en ambos vertederos sería un total de 1804 m<sup>3</sup>/s. Como este escenario de apertura de compuertas se asume en condiciones normales, se utilizará un hidrograma 1 en 50 años que tiene un caudal máximo instantáneo de 1143 m<sup>3</sup>/s.

Pág. 2: Para  $NA_{EMB} > 47.40$  msnm – Operación del vertedero controlado en apertura total. Por lo tanto se introdujo una altura de 9 metros, que es la altura donde la compuerta está abierta en su totalidad.

Tabla N° 19. Hidrograma de entrada con Periodo de Recurrencia 1 en 50 años.

Hora	Caudal	Hora	Caudal	Hora	Caudal
0:00	125.00	18:00	203.10	12:30	127.87
0:30	152.80	18:30	195.40	14:00	127.54
1:00	180.50	19:30	181.00	14:30	127.43
1:30	253.60	20:00	174.30	15:00	127.32
2:00	326.60	20:30	168.60	15:30	127.21
2:30	442.80	21:00	162.90	16:00	127.09
3:00	558.90	21:30	159.30	16:30	126.98
3:30	702.20	22:00	155.60	17:00	126.87
4:00	845.40	22:30	152.50	17:30	126.76
4:30	950.10	23:00	149.40	18:00	126.65
5:00	1054.80	23:30	146.70	18:30	126.54
5:30	1098.90	0:00	144.00	19:00	126.43
6:00	1143.00	0:30	141.90	19:30	126.32
6:30	1114.30	1:00	139.80	20:00	126.21
7:00	1085.50	1:30	138.20	20:30	126.10
7:30	1020.60	2:00	136.50	21:00	125.99
8:00	955.70	2:30	135.40	21:30	125.88
8:30	879.70	3:00	134.40	22:00	125.77
9:00	803.70	3:30	133.40	22:30	125.66
9:30	727.60	4:00	132.40	23:00	125.55
10:00	651.50	4:30	131.50	23:30	125.44
10:30	595.90	5:00	130.60	0:00	125.33
11:00	540.20	5:30	130.00	0:30	125.22
11:30	498.00	6:00	129.30	1:00	125.11
12:00	455.80	6:30	129.19	1:30	125.00
12:30	421.50	7:00	129.08	1:30	125.00
13:00	387.30	7:30	128.97		
13:30	358.40	8:00	128.86		
14:00	329.50	8:30	128.75		
14:30	305.50	9:00	128.64		
15:00	281.50	9:30	128.53		
15:30	264.90	10:00	128.42		
16:00	248.30	10:30	128.31		
16:30	235.40	11:00	128.20		
17:00	222.50	11:30	128.09		
17:30	212.80	12:00	127.98		

A continuación, en la **Figura N° 25** se muestra el hidrograma de entrada con periodo de retorno 1 en 50 años donde se evidencia un caudal máximo de 1143 m<sup>3</sup>/s.



**Figura N° 28.** Hidrograma para la Apertura Súbita de Compuertas con periodo de retorno 1 en 50 años.



Tabla N° 20. Resumen Hidráulico de Escenario de Apertura Súbita de Compuertas.

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m <sup>3</sup> /s)	(msnm)	(m/s)	(m)	(horas)	
155	1057.2	47.44	0.39	7.69	0	
154	2748.92	49.24	0.46	15.22	0	
153.5	Ini Struct			0	0.01	
153	2641.33	39.55	2.1	7.55	0.01	
152	2363.82	38.02	17.07	5.84	0.01	
151	1056.85	37.06	2.35	5.96	0.02	
150	1056.85	37.07	2.09	6.49	0.02	
149	1056.84	36.92	2.52	7.34	0.03	
148	1056.84	36.95	2.19	7.78	0.03	
147	1056.84	36.97	1.94	8.15	0.03	
146	1056.84	36.82	2.46	8.09	0.04	
145	1056.83	36.57	3.13	7.94	0.04	
144	1056.8	35.57	5.33	7.36	0.04	
143	1056.83	34.93	6.59	6.62	0.05	
142	1056.83	34.49	7.03	6.46	0.05	
141	1056.82	34.11	5.51	6.14	0.05	
140	1056.81	34.26	4.64	6.45	0.06	
139	1056.8	33.65	5.45	5.89	0.06	No rebasa puente
138	1056.79	33.14	5.91	5.54	0.06	
137	1056.75	32.64	6.88	4.93	0.06	
136	1056.68	32.17	4.12	4.61	0.07	
135	1056.66	32.27	3.15	4.99	0.07	
134	1056.57	32.1	3.2	4.94	0.08	
133	1056.51	31.99	3.07	4.86	0.08	
132	1056.47	31.95	2.76	5.17	0.09	
131	1056.47	31.94	2.44	5.37	0.1	
130	1056.41	31.76	2.78	5.36	0.11	
129	1056.12	31.45	3.3	5.25	0.13	
128	1055.54	30.89	4.26	4.98	0.17	
127	1054.29	30.96	2.99	5.32	0.17	
126	1053.99	30.9	2.81	5.24	0.18	
125	1053.89	30.86	2.55	5.32	0.19	
124	1053.79	30.79	2.43	5.31	0.2	
123	1053.78	30.79	2.15	5.36	0.2	
122	1053.87	30.83	1.7	5.42	0.21	
121	1053.96	30.85	1.44	5.44	0.22	
120	1054.04	30.88	1.07	6.31	0.22	
119	1054.03	30.87	1.1	6.26	0.23	
118	1053.96	30.87	0.96	6.45	0.24	
117	1053.96	30.87	0.92	6.58	0.24	
116	1054.01	30.87	0.86	6.6	0.24	

Tabla N° 20. Resumen Hidráulico de Escenario de Apertura Súbita de Compuertas.

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m <sup>3</sup> /s)	(msnm)	(m/s)	(m)	(horas)	
115	1053.95	30.85	0.98	6.33	0.25	
114	1053.95	30.79	1.32	6.38	0.25	
113	1053.91	30.76	1.43	6.39	0.26	
112	1053.91	30.71	1.61	6.42	0.26	
111	1053.83	30.52	2.23	6.43	0.27	
110	1053.8	30.38	2.46	6.39	0.27	
109	1053.76	30.17	2.82	6.3	0.28	
108	1053.76	30.02	2.98	6.23	0.28	
107	1053.7	29.88	3.16	6.14	0.28	
106	1053.73	29.92	2.77	6.2	0.29	
105	1053.73	29.98	2.34	6.39	0.29	
104	1053.75	30	2.1	6.43	0.3	
103	1053.74	30.02	1.83	6.45	0.3	No afecta la galera en Finca Guardia ubicada en el margen izquierdo del Río Cochea
102	1053.74	29.92	2.1	7.05	0.3	
101	1053.74	29.91	2.02	7.85	0.3	
100	1053.73	29.7	2.66	7.53	0.3	
99	1053.73	29.4	3.41	7.17	0.31	
98	1053.72	29.17	3.73	6.83	0.31	
97	1053.72	28.99	3.87	6.53	0.32	
96	1053.72	28.86	3.89	6.36	0.32	
95	1053.72	28.64	4.12	6.14	0.32	
94	1053.72	28.32	4.5	5.82	0.33	
93	1053.72	28	4.72	5.62	0.33	
92	1053.71	27.83	4.61	5.53	0.33	
91	1053.71	27.69	4.49	5.45	0.33	
90	1053.71	27.39	4.64	5.17	0.34	
89	1053.71	26.99	4.72	4.73	0.34	
88	1053.71	26.49	4.62	4.31	0.37	
87	1053.71	26.17	4.35	4.21	0.38	
86	1053.7	25.96	3.99	4.11	0.39	
85	1053.7	25.97	3.15	4.28	0.41	
84	1053.69	25.75	3.18	4.11	0.41	
83	1053.65	25.58	3.04	3.99	0.42	
82	1053.65	25.56	2.51	4.01	0.43	
81	1053.65	25.58	1.98	4.15	0.43	
80	1053.65	25.61	1.57	4.23	0.44	
79	1053.63	25.62	1.31	4.32	0.44	
78	1053.63	25.62	1.14	5.06	0.45	
77	1053.64	25.62	1.06	6.11	0.45	

Tabla N° 20. Resumen Hidráulico de Escenario de Apertura Súbita de Compuertas.

Sección	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Elevación del Nivel de Agua (msnm)	Velocidad (m/s)	Tirante (m)	Tiempo (horas)	Observación
76	1053.63	25.61	1.01	6.47	0.45	
75	1053.62	25.48	1.56	4.57	0.45	
74	1053.62	24.8	3.87	4.69	0.46	
73	1053.62	23.83	6.88	4.23	0.47	
72	1180.66	22.28	5.64	3.56	0.47	
71	1180.66	21.72	5.67	3.67	0.47	
70	1180.63	21.24	4.74	3.87	0.48	
69	1180.63	21.65	3.04	4.48	0.48	
68	1180.64	21.72	2.52	4.92	0.48	
67	1180.62	21.65	2.55	5.15	0.49	
66	1180.64	21.18	5.8	5.05	0.49	
65	1180.64	20.79	6.47	4.88	0.5	
64	1180.64	20.27	6.51	4.74	0.51	
63	1180.64	19.7	7.36	4.48	0.51	
62	1180.63	19.35	4.85	4.34	0.52	
61	1180.63	19.21	4.51	4.24	0.53	
60	1180.62	18.87	4.44	3.97	0.53	
59	1180.62	18.87	3.76	4.02	0.53	
58	1180.61	18.73	3.64	3.92	0.54	
57	1180.57	18.35	4.17	3.59	0.54	
56	1180.53	18.35	3.43	3.64	0.55	
55	1180.51	18.29	3.13	3.63	0.55	
54	1180.51	18.22	2.91	3.61	0.55	
53	1180.49	18.15	2.75	3.71	0.56	
52	1180.47	18.02	2.85	4.05	0.57	
51	1180.41	17.76	3.31	3.72	0.58	
50	1180.11	17.41	3.73	3.42	0.6	
49	1180.43	17	4.83	3.04	0.62	
48	1180.04	16.56	4.29	2.84	0.63	
47	1179.43	16.51	3.67	3.16	0.65	
46	1179.62	16.71	2.28	3.86	0.66	
45	1179.67	16.74	1.86	4.35	0.67	
44	1179.72	16.77	1.57	4.63	0.68	
43	1179.67	16.7	1.82	4.77	0.69	
42	1179.62	16.68	1.79	4.89	0.7	
41	1179.62	16.65	1.85	4.97	0.7	
40	1179.62	16.61	1.87	5.13	0.71	
39	1179.58	16.57	1.93	5.37	0.71	
38	1179.58	16.55	1.92	5.54	0.72	
37	1179.54	16.47	2.13	5.75	0.72	
36	1179.54	16.44	2.11	5.92	0.72	

Tabla N° 20. Resumen Hidráulico de Escenario de Apertura Súbita de Compuertas.

Sección	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Elevación del Nivel de Agua (msnm)	Velocidad (m/s)	Tirante (m)	Tiempo (horas)	Observación
35	1179.54	16.43	2.03	6.18	0.72	
34	1179.5	16.39	2.09	6.2	0.72	
33	1179.5	16.36	2.13	6.22	0.72	
32	1179.47	16.29	2.27	6.22	0.72	
31	1179.44	16.19	2.56	6.22	0.73	
30	1179.44	16.16	2.52	6.27	0.73	
29	1179.44	16.12	2.51	6.31	0.73	
28	1179.41	16.05	2.63	6.33	0.73	
27	1179.41	16.06	2.45	6.41	0.73	
26	1179.43	16.11	2.06	6.56	0.73	
25	1179.43	16.17	1.53	6.77	0.74	
24	1179.42	16.11	2.04	6.87	0.74	
23	1179.39	15.82	2.98	6.73	0.75	
22	1179.39	15.74	3.04	6.78	0.75	
21	1179.4	15.68	3.04	6.86	0.76	
20	1179.37	15.17	4.18	6.4	0.76	
19	1179.4	14.52	5.84	5.84	0.76	
18	1179.4	14.2	6.2	5.73	0.76	
17	1179.4	13.5	7.11	5.42	0.77	
16	1179.39	12.67	7.52	4.89	0.77	
15	1179.39	12.03	5.62	4.38	0.77	
14	1179.39	11.7	5.43	4.17	0.77	
13	1179.39	11.43	5.1	4.05	0.78	
12	1179.37	11.38	4.27	4.14	0.78	
11	1179.37	11.67	2.83	4.57	0.78	
10	1179.37	11.63	2.76	4.56	0.79	
9	1179.37	11.15	3.8	3.96	0.8	No se afecta la cantera en el margen izquierdo del Río Chiriquí
8	1179.35	10.91	3.98	3.96	0.8	
7	1179.35	10.9	3.31	3.88	0.81	
6	1179.35	10.44	4.22	3.59	0.82	
5	1179.35	10.32	3.75	4.16	0.82	
4	1179.35	10.1	3.92	3.97	0.82	
3	1179.34	9.74	4.38	3.85	0.82	
2	1179.34	9.38	4.65	3.91	0.91	
1	1179.34	9.05	5.18	4.08	1.23	

Esta situación de emergencia **no aplica** debido a que al analizar los resultados de la Modelación Hidráulica en HEC-RAS y el desarrollo del mapa de planicie de inundación aguas abajo de la Presa El Corro muestra que el cauce del Río Estí,

Gualaca y Chiriquí tienen capacidad suficiente para transitar la avenida de 1:50 años.

De acuerdo con el análisis hidráulico de este escenario tampoco ocasiona afectaciones en las Comunidades aguas abajo de la Presa El Corro, por lo tanto no aplica esta situación de emergencia.

Entre las posibles causas de una apertura súbita de compuerta se pueden señalar las siguientes; funcionamiento inadecuado del sistema; un sabotaje; o por vibraciones generadas por un sismo. En la Tabla N° 21 se observan las afectaciones aguas y los caudales desalojados por una apertura súbita de compuertas del vertedero controlado.

Tabla N° 21. Descarga por Apertura Súbita de las Compuertas		
Descripción	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Afectaciones
Por apertura súbita de la compuerta del vertedero controlado	1141	No se identificaron afectaciones aguas abajo de la presa El Corro

#### 4.4. Por Falla de Operación de las Estructuras Hidráulicas de Descarga

Para este caso, se analizan dos condiciones, cuando la compuerta no abre o no cierra. El caso que la compuerta no cierre, no genera riesgo a la presa, aunque la situación impide generación hidroeléctrica. En caso que la compuerta no abra, por cualquier motivo, creará un embalse aguas arriba que hará rebasar el agua sobre la cresta de la presa (48.50 msnm) y la cresta de los muros de encauzamiento. Para este caso, el caudal para un periodo de retorno 1 en 50 años en condiciones normales de operación es de 1018 m<sup>3</sup>/s, el cual descargará por el vertedero libre. La capacidad de diseño del vertedero libre es de 1226 m<sup>3</sup>/s, por lo tanto el vertedero libre tiene capacidad para desalojar 1018 m<sup>3</sup>/s aguas abajo.

Siendo este caudal menor a la crecida de diseño, analizada previamente, esta situación de emergencia no aplica, ya que no ocasionará afectaciones en los terrenos localizados aguas abajo de la Presa El Corro.

En caso de que la compuerta esté abierta en su totalidad y no cierre, para este caso, el caudal con periodo de retorno 1 en 50 años en condiciones normales será 1018 m<sup>3</sup>/s (que se distribuye en el vertedero libre y controlado). Las capacidades de diseño de los vertederos libre y controlado son 1226 y 578 m<sup>3</sup>/s respectivamente que suman un total de 1804 m<sup>3</sup>/s. Por lo tanto ambos vertederos tiene capacidad para desalojar el caudal de 1018 m<sup>3</sup>/s en condiciones normales. De acuerdo con el análisis hidráulico para la condición en la cual la compuerta no cierra este escenario

tampoco ocasiona afectaciones en las Comunidades aguas abajo de la Presa El Corro, por lo no tanto **no aplica** esta situación de emergencia.

Entre las posibles causas se pueden señalar las siguientes; funcionamiento inadecuado del sistema; un sabotaje; por vibraciones generadas por un sismo, por daños mecánicos por falta de mantenimiento, vandalismo o la suspensión de la energía eléctrica.

La Tabla N° 22 presenta las afectaciones aguas y los caudales máximos desalojados por una falla de operación de las estructuras hidráulicas de descarga.

Tabla N° 22 Descarga máxima por Falla de Operación de las Estructuras Hidráulicas de Descarga.

Descripción	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Afectaciones
Falla de Operación de las Estructuras de Descargas (compuerta no abre)	1226	El vertimiento se da por el vertedero libre diseñado para 1220 m <sup>3</sup> /s. No se identificaron afectaciones aguas debajo de la presa
Falla de Operación de las Estructuras de Descargas (compuerta no cierra)	1804	Hay vertimiento por los vertederos libre y controlado. No se identificaron afectaciones aguas debajo de la presa.

#### 4.5. Por Vaciado Controlado o Vaciado Rápido a causa de un Problema en la presa

El escenario de vaciado controlado o vaciado rápido a causa de un problema en la presa es, según las Normas para la Seguridad de Presas, generado por: incumplimiento de las condiciones de seguridad; por causas potenciales asociados a valores anormales en los instrumentos de auscultación, aparición de grietas o desplazamiento en la presa.

Realizados los análisis se ha identificado que el escenario de vaciado controlado o vaciado rápido **“No aplica”** para la presa de El Corro ya que las estructuras de vertido o vaciado tienen capacidad de desalojar el agua contenida en el embalse y el cauce del río la capacidad de transitar la avenida.

## 5 ESTUDIO DE AFECTACIÓN DE LA RIBERA DE EMBALSE Y VALLE

El estudio de afectación de ribera de embalse y valle de la Central Hidroeléctrica Prudencia se basa en los criterios establecidos en Resolución AN N° 3932 de 22 de octubre de 2010, “por la cual se aprueban las normas para la seguridad de presas del sector eléctrico”.

Este análisis se realizará basada en información suministrada por la empresa Bontex, S.A., de imágenes de satélite, del levantamiento topográfico de 2018 y de las inspecciones de campo al área de influencia de la Central Hidroeléctrica Prudencia.

Este estudio se realiza para determinar las zonas inundables aguas abajo de la presa. Como medidas de mitigación se podrán adquirir los terrenos involucrados, elaborar programas de manejo de la planicie de inundación y otros programas tendientes a reducir daños por los efectos mencionados. La información debe ser desarrollada y documentada adecuadamente para liberar los usos de las tierras que carecen de riesgos de inundación.

- **Por la ocurrencia de diferentes ondas de Crecidas:** Este escenario corresponde a los siguientes escenarios de emergencia: vertimiento por crecidas ordinarias y extraordinarias, colapso estructural por condiciones de operación normal y colapso estructural por condiciones de operación extraordinaria. En este escenario se debe obtener la mancha de inundación en caso de darse crecidas ordinarias y extraordinarias, Crecida de 1:50 y de 1:1,000 años de recurrencia respectivamente, ó en el caso de darse la rotura de la presa con buen tiempo o rotura de la presa con crecida extraordinaria.
- **Por remanso hidráulico.** Este escenario ocurre bajo condiciones de crecidas ordinarias y extraordinarias y se puede presentar por un aumento acelerado del nivel del embalse, causadas por crecidas ordinarias y extraordinarias.
- **Por probables usos de la estructura de evacuación:** Este escenario no aplica, ya que, la presa El Corro, cuenta con un vertedero libre y un vertedero controlado. El uso del vertedero libre y controlado están condicionados a la regulación; 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 y las estructuras de la Central Hidroeléctrica Prudencia, han sido diseñadas para el uso de la generación hidroeléctrica. 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 aplica para el análisis, ya que la obra de contención permite la acumulación de sedimentos en la zona de embalse.

- **Por inundación súbita:** Este escenario no aplica, ya que la obra de contención posee estructuras hidráulicas para el manejo de crecidas extraordinarias.

En términos generales, los escenarios de afectaciones de riberas de embalse y valles tendrán influencia en los varios distritos cercanos al río Cochea y Chiriquí especialmente aquellos lugares más adyacentes a la Presa El Corro.

Tabla N° 23: Distrito y corregimiento influenciados negativamente por los escenarios de afectaciones de ribera de embalse y valles			
Distritos	Corregimientos	Población	Viviendas
David	Las Lomas	El Valle	0

Censo de Población y Estructuras realizado por la empresa Consultora en mayo 2018.

## 6 SIMULACROS DE EMERGENCIA

Los simulacros o simulaciones tienen el propósito de presentar las situaciones previstas en el PADE, las cuales serán ensayadas anualmente, con el objetivo de que el personal de la Central Hidroeléctrica Prudencia adquiera los hábitos adecuados de comportamiento. Se busca con esto la actualización del PADE y la capacitación de todos los actores involucrados. Para lograr esto se simulará la ocurrencia de las situaciones de emergencia para los eventos descritos en el punto *5. Situaciones de emergencia*.

El Coordinador del PADE, será el encargado de programar, coordinar y dirigir el simulacro de la situación de emergencia.

Se espera que en las simulaciones o simulacros que se planteen cumplan con el objetivo de integrar al personal de la Central Hidroeléctrica Prudencia con los estamentos de seguridad involucrados en los diferentes escenarios.

Los ejercicios de simulacro o simulación se realizarán 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 a acontecer un incidente que genere una situación extraordinaria o de emergencia real. No obstante, el ejercicio se interrumpirá cuando durante 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.

Para ello se simulará la ocurrencia de Situaciones de Emergencia aplicables descritas en el *punto 5 Situaciones de Emergencia* de este documento, donde se



debe poner a prueba la operatividad de los equipos y del personal responsable de la operación de la Central Prudencia.

La definición de cada simulación debe incluir como mínimo:

- Nivel de dificultad planteado.
- Objetivos buscados.
- Personal al que va dirigido.
- Descripción de la situación de emergencia simulada.
- Desarrollo detallado del ejercicio.

Alternegy, S.A., realizará las simulaciones de manera que contengan un grado creciente de realismo. Empezará con los niveles más bajos de simulaciones, los cuales consisten en la verificación de los sistemas de comunicaciones, los números telefónicos, nombres y cargos de los responsables en los diagramas de aviso.

Una vez que se realicen los niveles más bajos, Alternegy, S.A., procederá a realizar presentaciones en los que se discutan las acciones a seguir en caso de una de las situaciones de emergencia, siguiendo con ejercicios de gabinete, hasta los simulacros. Además, no realizará un nivel más alto de simulación si no se han comprendido las consignas y procedimientos del anterior.

La simulación o simulacro tendrán las siguientes características;

- La duración del escenario del ejercicio de la simulación o simulacro será como mínimo de 24 horas.
- Las simulaciones pueden incluir múltiples fallas.
- En cada simulación debe plantearse un escenario de emergencia diferente.
- Se verificará la efectividad y funcionamiento de sensores automáticos disparándolos manualmente, o bien simulando y dando la alarma en forma verbal.
- Se verificará como se manejarán los equipos (para apertura o cierre, tales como vertederos y otras estructuras hidráulicas de descarga) ante alguna de los siguientes escenarios:
  - Operación del embalse para el caso de una crecida extraordinaria, alertada y verificada a partir del conocimiento del pronóstico con suficiente antelación.
  - Alarma y manejo automático de la rotura de otra presa aguas arriba.
  - Cierre automático de los equipos de operación en caso de sismos.
  - Apertura automática de elementos de operación del embalse
  - Puesta a salvo del personal de operación de la presa.
  - Comunicación a las autoridades con jurisdicción aguas abajo de la presa indicando que tipo de emergencia se ha producido, constatando

que se desarrolle el operativo de emergencia a cargo de otras Autoridades.

- Verificación que las autoridades mencionadas se encuentren en condiciones de asociar la emergencia con los potenciales efectos determinados en el PADE. Debe verificarse, en principio si las autoridades disponen de un ejemplar del PADE, si alguien lo ha estudiado, si se ha instrumentado su aplicación, y si se han previsto las medidas de mitigación necesarias.

Por otra parte, el personal de Alternegy, S.A., debe contar con las condiciones para operar la emergencia en forma segura para lo cual se considera que es necesario que Alternegy, S.A. cuente con lo siguiente

- Lugar seguro para la operación de la presa en emergencia.
- Distintos tipos de sistemas de comunicación.
- Generación eléctrica o baterías de emergencia (grupo electrógeno, combustible y nivel de carga de baterías).
- Movilidad propia a salvo de la emergencia, con reserva de combustible.
- Agua, alimentos y abrigo.

Cada simulación debe comprender un análisis detallado de la situación de emergencia simulada, la forma en que se presenta, los tiempos en que se produce cada evento, las consecuencias que pueden seguir a cada decisión adoptada. Además, será una preparación para una acción posible que encierra una gran responsabilidad.

En el ejercicio participará todo el personal necesario para llevar a cabo las tareas a realizar de acuerdo a la situación de emergencia en simulacro. Se excluirá de la participación del ejercicio, total y parcialmente, al personal necesario para mantener la central en operación normal durante el simulacro.

Al término de cada simulación, Alternegy, S.A., presentará a SINAPROC con copia a la UTESEP un informe con el siguiente contenido mínimo:

- Descripción del ejercicio planteado
  - Nivel de dificultad planteado
  - Personal al que va dirigido.
  - Descripción de la situación de emergencia simulada.
- Desarrollo del ejercicio
- Objetivos buscados con el ejercicio.
- Grado de preparación individual del personal.
- Nivel de coordinación entre el personal y con terceros.
- Dificultades presentadas.
- Problemas de los sistemas de comunicación.

- Adecuación de los medios materiales disponibles.
- Grado de cumplimiento de los objetivos buscados con el ejercicio.
- Fallas del PADE y modificaciones propuestas para la siguiente actualización.

## 7 PLANIFICACIÓN DE LAS ACCIONES DURANTE EMERGENCIAS (PADE)

El Plan de Acción Durante Emergencia (PADE) es un plan formal escrito que identifica los procedimientos y acciones que Alternegy, S.A. deberá seguir durante los escenarios de emergencia establecidas en la Resolución AN-3932-ELEC del 2010 y que aplican a la Central Hidroeléctrica Prudencia.

El PADE permite al personal de la Central Hidroeléctrica Prudencia tomar decisiones durante una emergencia y la coordinación con entidades gubernamentales especializadas en protección a la vida y autorizadas para una acción inmediata y eficiente de acuerdo al tipo de alerta que se genere, sin perder las responsabilidades como operador de la Central Hidroeléctrica Prudencia.

Este plan se centra en las siguientes etapas:

**Prevención:** La mejor manera de manejar una crisis es evitarla. Por lo tanto la capacitación del personal de la Central, y el desarrollo de metodologías destinadas a minimizar los riesgos son parte integral de este PADE. La empresa cuenta con un Sistema de Gestión de Seguridad, Salud Ocupacional y Ambiente (SSA) el cual está enfocado en la prevención. En la medida que se mantengan los controles operacionales establecidos en el SSA, la probabilidad de ocurrencia de eventos que puedan resultar en emergencias se puede mantener en un nivel mínimo aceptable.

**Preparación:** Las actividades de preparación son aquellas que permiten mantener a la organización en capacidad de responder a las emergencias eficiente y efectivamente, si llegasen a fallar los controles operacionales. La preparación involucra las siguientes actividades, entre otras:

- Revisar anualmente el Plan de Emergencias y el PADE, después de cada ejercicio o simulación, simulacro o emergencia. Actualizar de ser necesario y aprobar internamente.
- Divulgar a todos los colaboradores de la Central Hidroeléctrica Prudencia, especialmente a los grupos de emergencias, a las entidades involucradas y a las comunidades en riesgo de vulnerabilidad.
- Actualizar el Análisis de Vulnerabilidad cada dos años o cuando surjan cambios significativos en las operaciones, e incorporar los cambios que resulten de estas actualizaciones según el procedimiento SSA-PROC009 Identificación de Emergencias Potenciales.

- Organizar al menos una (1) vez al año ejercicios de simulación o simulacros que pongan a prueba la Organización de Administración y Respuesta de Emergencias (OARE) y que permitan la identificación de deficiencias en el Plan de Emergencias y el PADE para su mejora continua.
- Identificar, establecer y mantener las relaciones y/o contactos, o acuerdos de asistencia mutua con los Recursos Externos de Respuesta de Emergencias.
- Mantener actualizados los números telefónicos e información de contacto del personal de la OARE, el PADE y los Recursos Externos de Respuesta de Emergencias.

**Respuesta:** Se refiere a la puesta en práctica de los procedimientos para atender las situaciones de emergencia aplicables y de acuerdo al tipo de alerta indicada por la emergencia. El orden de prioridades en las actividades de respuesta es:

- Preservar la vida humana
- Preservar la calidad ambiental
- Preservar la continuidad del negocio

**Recuperación:** Es parte del PADE las acciones de corrección y restablecimiento de la operación normal de la Central Hidroeléctrica Prudencia. El tiempo de recuperación dependerá del tipo de emergencia o situación de emergencia y de cómo se ha desarrollado. Las instrucciones y/o guías de respuesta presentadas en este Plan aplican a todo el personal de la Central Hidroeléctrica Prudencia, a sus contratistas, proveedores, visitantes y cualquier otro personal vinculado con la empresa, mientras se encuentre dentro de las instalaciones de la Central. Estas actividades incluyen típicamente:

- El aseguramiento de las instalaciones afectadas por una emergencia
- La identificación y valoración de los daños sufridos
- La limpieza de escombros, materiales y/o equipos afectados por la emergencia y,
- La reactivación parcial o total de las operaciones.

Como documento, es un manual que, con mayor o menor rigidez, establece posibles acciones a seguir en caso de emergencias. La importancia de analizar todos los aspectos de una posible emergencia con algún equipo o procedimiento, lleva a adoptar medidas preventivas correctas y preparar a las personas para tomar las acciones más adecuadas que minimicen los efectos nocivos de dichas emergencias.

De acuerdo a las emergencias que se pueden presentar en la Central Hidroeléctrica Prudencia, y que ponen en riesgo la seguridad de las instalaciones, personas y el ambiente, la más inminente va dirigida hacia la presa El Corro.

Estas emergencias se han identificado básicamente de origen natural y de tipo humano, los cuales se agravan en situaciones que se vean involucradas por las actividades humanas; entre estos riesgos se pueden mencionar:

a) Naturales:

- Crecidas
- Niveles de aguas inusuales
- Deslizamientos de tierra o falla de los taludes
- Sismos o terremotos.

b) Humano

- Sabotaje
- Vandalismo
- Operación inadecuada de los equipos de la Casa Máquina y Bocatoma

La presa El Corro fue diseñada y proyectada con márgenes de seguridad suficientes para las diferentes contingencias que el mismo pueda soportar a lo largo de su vida útil. Las emergencias consideradas en este plan son las siguientes:

- Vertimiento bajo condiciones de crecidas ordinarias y extraordinarias
- Colapso Estructural, no solo de la presa si no de los canales de aducción, en Condición de Operación Normal
- Por Colapso Estructural, no solo de la presa si no de los canales de aducción, durante Crecidas Extraordinarias
- Por Apertura Súbita de Compuertas
- Por Falla de Operación de las Estructuras Hidráulicas de Descarga
- Por Vaciado Controlado o Vaciado Rápido a causa de un problema en la presa

En caso que se dé una emergencia por las situaciones antes mencionadas o cualquier otra anomalía las acciones inmediatas a tomar son:

- Identificación, evaluación y clasificación de la situación
- Notificación del manejo de emergencia (Diagramas)
- Mitigación de la situación

### 7.1. Prevención

Lo esencial para Alternegy, S.A., es la prevención de cualquier tipo de emergencias, por lo que la empresa se ha organizado para enfrentar cualquier eventualidad de

este tipo, capacitando y preparando al personal de manera regular en la forma de responder en caso de presentarse cualquier situación de emergencia.

Al presentarse una situación de emergencia, el primer anillo para identificar y los más aptos para contrarrestar los efectos negativos de ésta, son los propios colaboradores debidamente entrenados. Por lo que un plan de emergencia preestablecido haciendo partícipe a los propios colaboradores, el entrenamiento regular y la actualización del plan es el mecanismo más eficaz y eficiente para dar respuesta rápida y de manera coordinada a cualquier situación de emergencia que se presente.

## **7.2. Identificación de las Emergencias**

Para identificar y mitigar posibles fallas producto de la naturaleza se realizan inspecciones y revisiones periódicas por parte del personal de operaciones y los debidos registros y cronogramas de mantenimientos preventivos de los equipamientos. Se ha capacitado al personal de operaciones para operar los equipos adecuadamente, también se cuenta con los Manuales de Operación, Mantenimientos y Normas de seguridad operacionales.

Las acciones a seguir serán de gran importancia para cumplir con el objetivo del PADE.

### **7.2.1 Detección de la Anomalía**

La detección inmediata de la anomalía es probablemente la actividad más importante para minimizar los daños relacionados, con las emergencias identificadas en el PADE. Cuando una emergencia ocurre, la persona o las personas que descubren el evento tienen la responsabilidad principal de Activar el Plan de Emergencias haciendo lo siguiente<sup>4</sup>:

- 1) Comunique al personal de la Sala de Control por radio o llamando al 726-9015 o a la Garita principal 726-9000 ext. 302 la siguiente información crítica:
  - a) Su Nombre
  - b) Detalles de la Emergencia:
    - i) Lo que ocurre
    - ii) Lugar Específico donde se desarrolla la emergencia
    - iii) Hora, ¿Cuándo ocurrió?
    - iv) ¿Qué daños observa?
    - v) Magnitud

---

<sup>4</sup> Extracto del Plan de Emergencia SSA-DMA-PLAN001 disponible en las oficinas administrativas y salas de operaciones del Complejo Hidroeléctrico Dos Mares

- vi) ¿Qué otros riesgos observan?
- vii) Asistencia Requerida
- c) Cerciórese de mantenerse en línea (NO cuelgue el teléfono) o esté pendiente de la radio hasta que el personal de la Sala de Control le indique que cuelgue.
- 2) Realice las actividades de mitigación requeridas, si cuenta con el entrenamiento y el equipo requeridos y si lo puede hacer de forma segura.
- 3) Desaloje el área, si la situación se torna peligrosa.
- 4) Manténgase alerta para comunicar al Equipo de Respuesta de Emergencias (ERE) cualquier información importante.

Los operadores y el Coordinador del PADE, deberán conocer, cuáles son los factores determinantes para declarar una emergencia. Las causas de emergencia pueden darse en conjunto o individualmente. Un deterioro progresivo o rápido de estas situaciones pueden provocar hasta la rotura o fallo grave del funcionamiento del canal de aducción hasta la cámara de carga o bocatoma.

Si existe el peligro de daños aguas abajo y/o sus instalaciones y no se puede asegurar con certeza que pueda ser controlado mediante la aplicación de las medidas correctivas y medios disponibles, el Operador de planta o en su defecto el Coordinador del PADE, activará inmediatamente el Plan de Acción Durante Emergencias (PADE) y de acuerdo al tipo de alerta, se pondrá en práctica el diagrama de notificación que se describe en el punto 7.3 *Diseño de Diagramas de Aviso*.

### 7.2.2 Tipos de Alerta

La definición de la alerta es el punto de inicio del desarrollo de operaciones para afrontar la emergencia y para su manejo apropiado. Según la resolución de ASEP AN No. 3932-Elec Panamá, 22 de octubre de 2010, los tipos de alerta son los siguientes:

Los tipos de alerta son:

- Alerta Blanca
- Alerta Verde
- Alerta Amarilla
- Alerta Roja.

Según la resolución de ASEP AN-No 11761 del 9 de noviembre de 2017 donde se establece que para las Alertas Blanca, Verde, Amarilla y Roja deben ser declaradas por el Responsable Primario, en ese caso Alternegy, S.A., notificará directamente

la magnitud y evolución de los caudales que transportará el río aguas abajo de la presa.

En el Tabla N° 25 se presenta el resumen de los tipos de alertas, la identificación de la emergencia, la característica de la emergencia y su desarrollo.

Tabla N° 24: Tipo de Alerta, Identificación y Características de la Emergencia.

Alertas	Identificación de la emergencia	Características
<b>Blanca</b>	Vigilancia reforzada	<p>Se está desarrollando una situación potencialmente peligrosa que implica la necesidad de un manejo controlado del embalse para la evacuación de caudales.</p> <p>En caso de movimiento sísmicos alejados de la zona de las presas o cuando se detectaron anomalías susceptibles de comprometer la integridad de las obras en un plazo relativamente corto.</p>
<b>Verde</b>	Preocupaciones serias	<p>Se está desarrollando un comportamiento anormal o una situación de contingencia en la(s) presa(s). En esta situación se presenta una erogación imprevista de caudales que puede ser provocado por el comportamiento anormal de una presa o estructura componente de la misma.</p> <p>Esta alerta involucra procedimientos y actividades a desarrollar por personal con responsabilidades asignadas en el PADE. No está en peligro la presa al momento de la observación.</p> <p>De acuerdo a los resultados obtenidos en la simulación hidráulica (Sección 4), esta condición no aplica para esta presa y por ende no se implementa la alerta verde para la Central Hidroeléctrica La Prudencia.</p>
<b>Amarilla</b>	Peligro Inminente	<p>Existen condiciones que hacen que la estructura sea inestable creando una situación potencialmente peligrosa de una presa con posibilidad de falla. O las condiciones de operación sean tales que pueden amenazar vidas. No se presume que haya tiempo de retardo para la falla o tiempo para evaluar y controlar la situación.</p> <p>Son situaciones que pueden conducir a este peligro: sismos; potencial deslizamiento de laderas en el embalse; principio de desarrollo de falla; anomalías detectada por los instrumentos de auscultación internos o externos; actos de vandalismos o sabotaje.</p>



Tabla N° 24: Tipo de Alerta, Identificación y Características de la Emergencia.

Alertas	Identificación de la emergencia	Características
Roja	Rotura constatada	La falla, el colapso parcial o total es inminente o ha ocurrido, con pérdida incontrolable de agua del embalse. Se tiene que la crecida catastrófica afectará a la población de aguas abajo de la presa, la situación es extremadamente seria y debe iniciarse la evacuación. Es un hecho incontrolable que conduce a la falla. No hay tiempo para evaluar ni controlar la situación. Se interrumpe la operación, han ocurrido grandes daños estructurales en la presa y sus condiciones físicas se han deteriorado de modo tal que su reparación no es posible.

### 7.3. Diseño de Diagramas de Aviso

Para las situaciones de emergencias señaladas en el punto 5. “*Situaciones de Emergencia*”, el Personal designado para activar el PADE, ya sea el Líder General o en caso alternativo el Coordinador del PADE o el Operador de Prudencia, notificará según el Diagrama de Aviso respectivo.

Aunque se ha identificado de la simulación para los cinco escenarios analizados, que no aplican, ya que el cauce aguas abajo tiene capacidad de transitar todas las avenidas, se han identificado tres (3) situaciones de emergencia que deberán ejercitarse para la Presa El Corro.

Los diagramas de aviso sintetizan de forma clara y sucinta los esquemas de comunicación para cada condición de emergencia, además de indicar el orden o jerarquía prevista, las personas a notificar, los cargos jerárquicos que ocupan, sus alternos y los medios de comunicación principales y alternativos.

Los diagramas de aviso se han diseñado y elaborado siguiendo las directrices de la Resolución AN No 3932-Elec del 22 de octubre de 2010 y Resolución AN No 11761 del 9 de noviembre de 2017 las cuales incluye a la Unidad Técnica de Seguridad de Presas de ASEP (UTESEP).

Para cada una de situaciones de emergencias, según la Tabla N° 26, se presentan los Diagramas de Avisos respectivos, de acuerdo al tipo de alerta declarado.

Tabla N° 25. Definición de Alertas para cada Situación de Emergencia en Prudencia

Situaciones de emergencias “Norma para la seguridad de Presas”	Tipo de Alerta	Punto de la Resolución
Bajo Condiciones de Crecidas Ordinarias y Extraordinarias	Blanca	9.3.1
Por Colapso Estructural en Condición de Operación Normal	Roja	9.3.2
Por Colapso Estructural en Condición de Crecidas Extraordinarias	Amarilla Roja	9.3.3
Por Apertura Súbita de Compuertas	No Aplica (Blanca)	9.3.4
Por Falla de Operación de las Estructuras Hidráulicas de Descarga	No Aplica (Blanca)	9.3.5
Por Vaciado Controlado o Vaciado Rápido a causa de un problema en la presa	No aplica (Blanca)	9.3.6
Colapso de los Canales de Aducción	No Aplica (Blanca)	N/A

### 7.3.1 Entidades a Ser Notificadas

Debido a la posibilidad de algunos tipos de emergencias antes mencionadas describimos una serie de entidades que deben ser notificadas en casos de emergencias:

- **Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC):** Ente Regulador especialista responsable del manejo de emergencias y de la protección de la población y como tal será el coordinador de las acciones a tomar en un desastre.
- **Policía Nacional:** Apoyo con unidades de seguridad, para evitar que los delincuentes se aprovechen de la situación y cometan robos en las áreas que han sido desalojadas.
- **UTESEP:** Unidad Técnica de Seguridad de Presas de la ASEP.
- **ETESA:** Empresa de Transmisión Eléctrica S.A.
  - **CND:** Centro Nacional de Despacho.
  - Dirección de Hidrometeorología

De existir la posibilidad de involucrar otras instituciones que no aparecen en el listado anterior, su llamado es opcional, según sea el caso y las necesidades que puedan desarrollarse por una emergencia.

Los mensajes de alerta a emitir por Alternegy, S.A. para cada caso de Emergencia identificado son los siguientes:

Para las distintas situaciones de emergencias señaladas en el punto 5 *Situaciones de Emergencia, Tabla N°. 8: Definición de Alertas para cada Situación de Emergencia en Prudencia* el Coordinador del PADE o en su defecto el Operador de la Planta, realizará las notificaciones según el Diagrama de Aviso respectivo y ejemplos de los mensajes para los distintos tipos de alerta se presentan a continuación:

***Hablamos de la central Prudencia la cual se encuentra en una situación de alerta por lo tanto se debe activar la alerta blanca, el motivo de la emergencia es la siguiente “el Operador de turno explicara en qué consiste la alerta”.***

***Se están tomando todas las medidas necesarias de vigilancia y control, les mantendremos informados sobre nuevas notificaciones o terminación de la alerta.***

***El coordinador de emergencia de nuestra central hidráulica puede ser contactado al teléfono 726-9015.***

El mensaje se repite una vez más y se pregunta si se entendió el mensaje y se solicitara el nombre de la persona que recibió el mensaje.

#### **Alerta Verde**

***Hablamos de la central Prudencia la cual se encuentra en una situación de alerta y se activa la alerta verde, el motivo de la emergencia es la siguiente “el Operador de turno explicará en que consiste la alerta”.***

***Se están tomando todas las medidas necesarias de vigilancia y control, les mantendremos informados sobre nuevas notificaciones o terminación de la alerta.***

***El coordinador de emergencia de nuestra central hidráulica puede ser contactado al teléfono 726-9015.***

*El mensaje se repite una vez más y se pregunta si se entendió el mensaje y se solicitará el nombre de la persona que recibió el mensaje.*

#### **Alerta Amarilla**

***Hablamos de la central Prudencia la cual se encuentra en una situación de alerta y se activa la alerta amarilla, el motivo de la emergencia es la siguiente “el Operador de turno explicará en que consiste la alerta”.***

***Se están tomando todas las medidas necesarias de vigilancia y control, les mantendremos informados sobre nuevas notificaciones o terminación de la alerta.***

***El coordinador de emergencia de nuestra central hidráulica puede ser contactado al teléfono 726-9015.***

*El mensaje se repite una vez más y se pregunta si se entendió el mensaje y se solicitará el nombre de la persona que recibió el mensaje.*

### **Alerta Roja**

***Hablamos de la central Prudencia la cual se encuentra en una situación de alerta y se activa la alerta roja, el motivo de la emergencia es la siguiente “el Operador de turno explicará en que consiste la alerta”.***

***El coordinador de emergencia de nuestra central hidráulica puede ser contactado al teléfono 726-9015.***

*El mensaje se repite una vez más y se pregunta si se entendió el mensaje y se solicitara el nombre de la persona que recibió el mensaje.*

Los mensajes descritos anteriormente son solamente en forma de ejemplo o guía, pero se debe recordar que cada mensaje emitido por el Coordinador del PADE debe contemplar al menos los siguientes elementos, según lo señalado en el diagrama respectivo durante el mensaje. A continuación, listamos dicha información:

- Nombre de la presa
- Situación de emergencia (Condiciones de Crecidas Ordinarias y Extraordinarias, Por Colapso Estructural en Condición de Operación Normal y Por Colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias.
- Gravedad de la situación
- Tipo de falla que está ocurriendo o se está desarrollando (por ejemplo, rebose o rotura)
- Hora exacta de la observación
- Hora exacta de la falla, si ya ha ocurrido y si se conoce, sino estimar.

En las Figuras, N° 26, N° 27, N° 28 y N° 29, se presentan los diagramas de aviso de Alternegy, S.A., para todas las situaciones de emergencia. Cabe resaltar que no

solo hay comunicaciones con la Dirección de Hidrometeorología para los eventos de crecidas ordinarias y extraordinarias si no que hay comunicación con el Instituto de Geociencias para los eventos relacionados con los eventos sísmicos. Además, las alertas amarillas y rojas se le comunicarán a SINAPROC de manera informativa, pero el COE no se activa. Esto es debido a que se ha identificado, en los resultados de la modelación hidráulica de los canales y planicies de inundación, que el área a ser afectada por el posible rompimiento de la presa y los canales no afectará a terceros debido a que no hay poblaciones colindantes al Canal ni aguas debajo de la presa; por otro lado, el volumen de agua producto del rompimiento se dispersa en una lámina delgada en la topografía de las áreas aledañas.

## ALERTA BLANCA

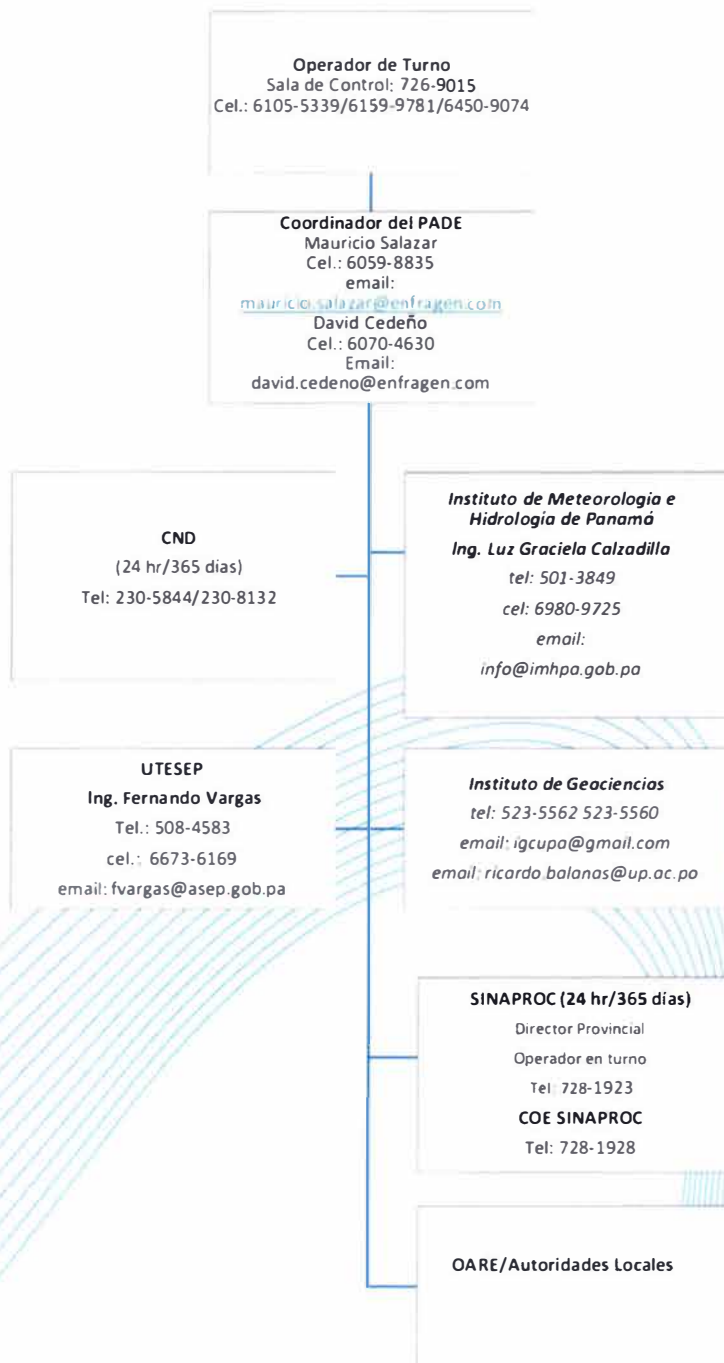
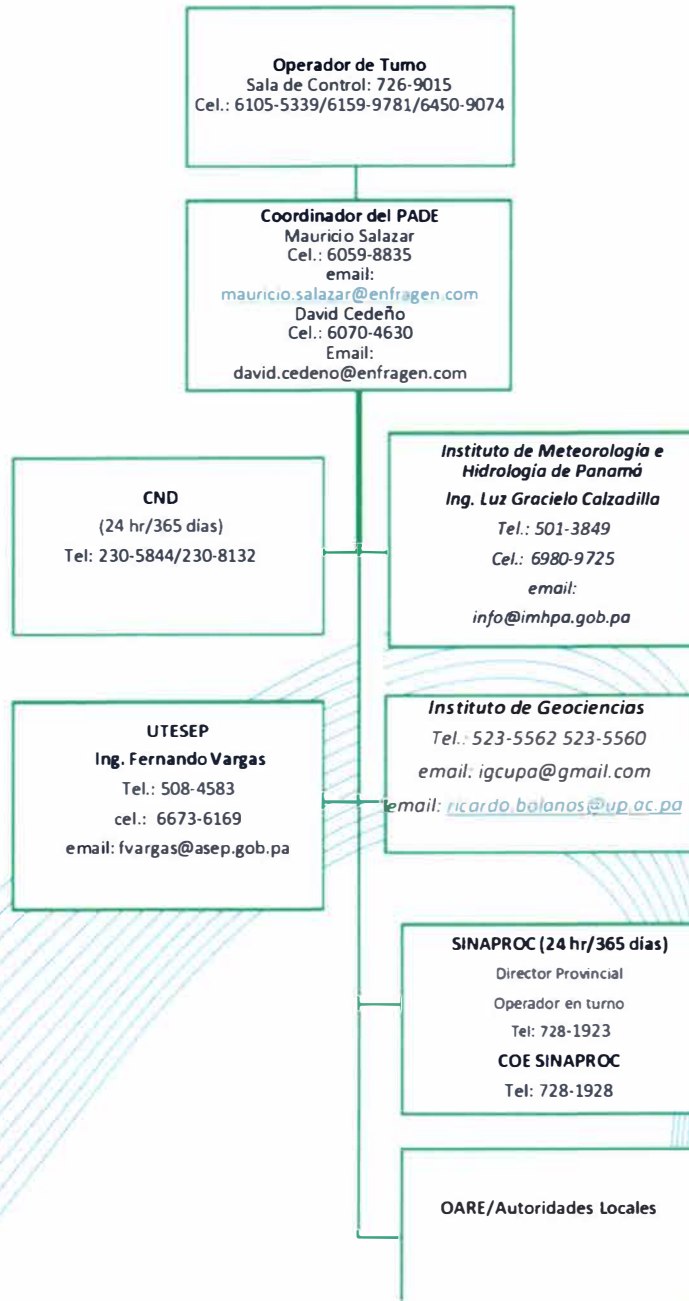


Diagrama de aviso para Alerta Blanca.

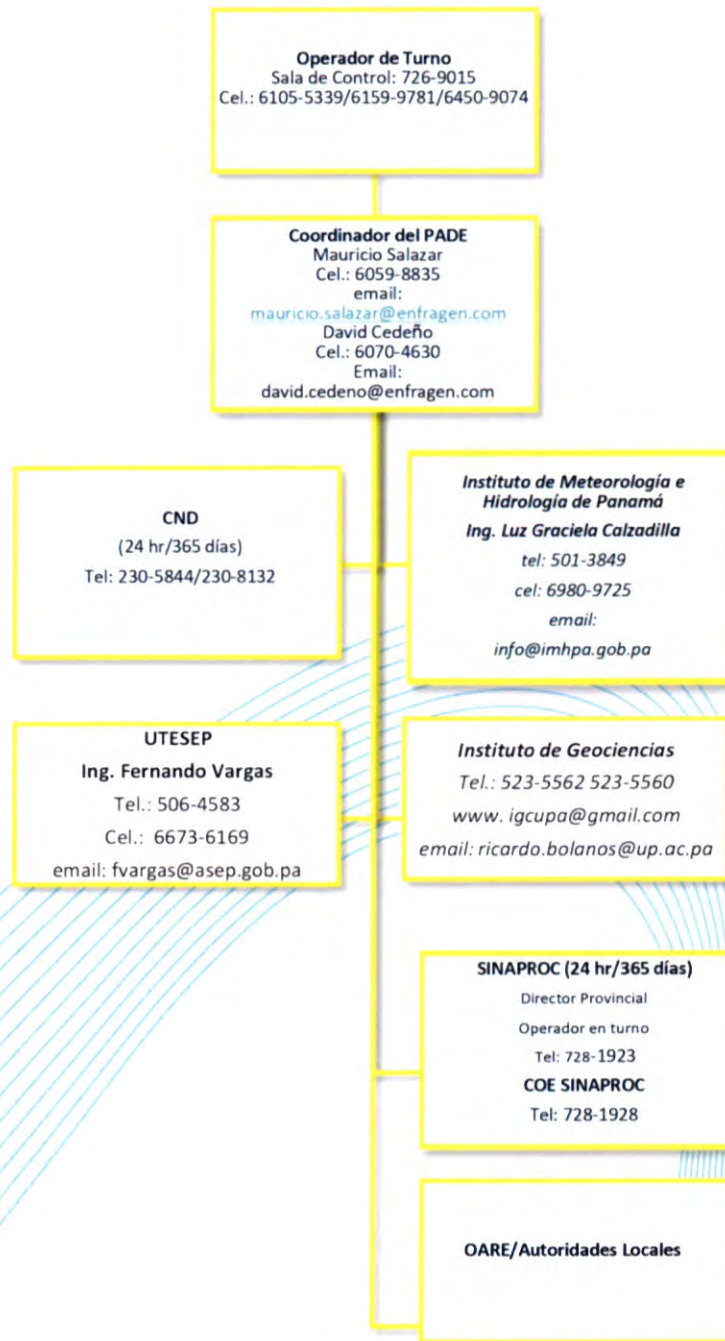
## ALERTA VERDE





**ENFRAGEN**  
Central America

## ALERTA AMARILLA



+507 2056684

Alternegy,S.A.

[info@enfragen.com](mailto:info@enfragen.com) / [www.enfragen.com](http://www.enfragen.com)

Santa María Business District, Torre Argos, piso 2, Panamá

Diagrama de aviso para Alerta Amarilla.





## ALERTA ROJA

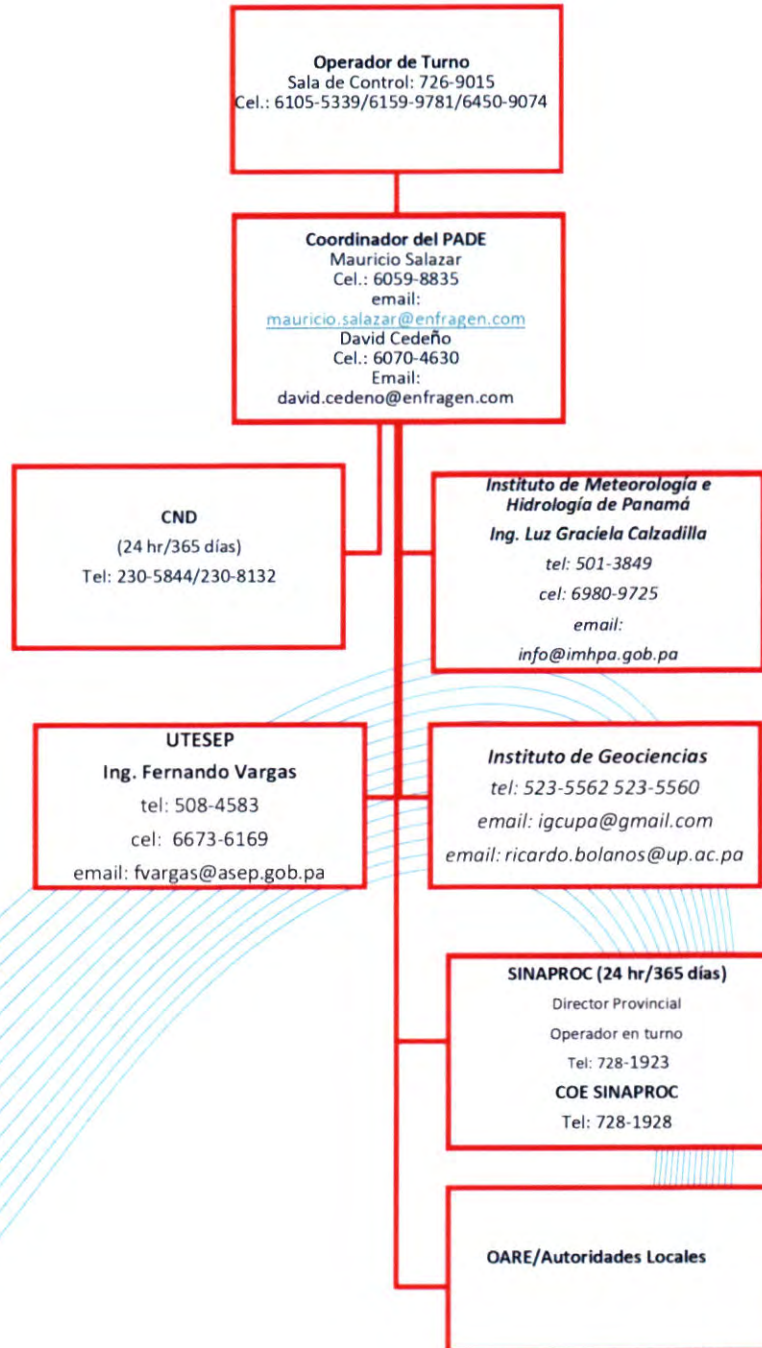


Diagrama de aviso para Alerta Roja.

## **7.4. Procedimiento para Declarar, Manejar y Finalizar la Emergencia**

### **7.4.1 Procedimiento para Declarar la Emergencia**

La declaración oportuna de una situación de emergencia para Alternegy, S.A., es fundamental para evitar situaciones que puedan causar daños a la propia estructura y a las estructuras esenciales localizadas aguas abajo de la presa El Corro y/o los canales de aducción de la Central Hidroeléctrica Prudencia. Por esta razón, la identificación anticipada y la evaluación de la(s) situación(es) o hecho(s) determinante(s) que inician o requieren una acción de urgencia son cruciales.

Inmediatamente identificada u observada una situación de riesgo en la Central Hidroeléctrica Prudencia, el inicio de la activación del PADE se puede dar tanto por un observador, como por los colaboradores que realizan las labores de mantenimiento e inspecciones rutinarias.

Cualquier observador tiene el compromiso y deber de notificar al Operador de Sala Control de la Central Prudencia y el operador notificará al Coordinador del PADE y este a su vez activará el Organización de Administración y Respuesta de Emergencias (OARE) del PADE, notificará a las autoridades correspondientes, o de acuerdo a los diagramas incluidos en este documento, ver punto 7.3 “Diseño de Diagramas de Aviso”.

El coordinador del PADE es el encargado de Coordinar las acciones del Organización de Administración y Respuesta a Emergencias (OARE), es vocero a lo interno de la empresa, y ante las organizaciones locales y tendrá la potestad y mando de movilizar los colaboradores de los distintos Departamentos de la empresa que se requieran en virtud de la emergencia declarada. Además, será responsable de mantener un registro de todas las comunicaciones y/o notificaciones realizadas con respecto a la emergencia según el diagrama de aviso, indicándole la hora de la llamada para notificar y la información reportada.

Como Responsable Primario Alternegy, S.A., ha designado previamente a personal entrenado de la empresa y responsable dentro del Plan de Emergencias SSA-DMA-PLAN 001, y como tal es garante de establecer la duración, seguridad, conclusión y seguimiento durante una emergencia en la CH Prudencia. El equipo apropiado de colaboradores de Alternegy, S.A., garantizará el monitoreo de la instrumentación de los canales de aducción según se indicó en el punto 2.3. “Instrumentación de la Central Hidroeléctrica Prudencia”.

Al declararse y durante una situación de emergencia, Alternegy, S.A., mantendrá a las autoridades locales y a SINAPROC informados del avance del evento y la situación de la emergencia hasta que la misma haya concluido.

Alternegy, S.A., dispone de medios de comunicación tanto regulares y alternos, por lo que se utilizarán todos los medios disponibles. El principal medio para comunicarse será el teléfono y el celular. Los medios alternos de comunicación, de fallar los medios regulares incluyen teléfono satelital, radio y mensajería.

Dentro del Plan de Emergencia de Alternegy, S.A., se ha definido las emergencias de nivel 3 integrando al Sistema de Gestión de Seguridad Salud y Ambiente, SSA, de la Central Hidroeléctrica Prudencia con este documento, cuando se activa el PADE, confirmando la emergencia o esperando a que el evento se produzca. Las acciones que se toman en cada uno de los procedimientos de emergencia dependerán de la naturaleza y magnitud del evento y el tiempo estimado de respuesta disponible para llevar adelante las acciones correctivas o de mitigación.

En caso de que el Coordinador del PADE esté ausente, el Supervisor de Operaciones en turno tomará dicho rol.

#### 7.4.1.1 Centros de Operación de Emergencias (COE)

En el Tabla N° 26 se presenta los Centros de Operación de Emergencia locales y alternativos identificados en caso de las situaciones de Emergencia

Tabla N° 27: Ubicación de los Centros de Operación de Emergencias

Instalación	Ubicación Primaria	Ubicación Secundaria	Ubicación Externa
CHP	Oficina CHP	Oficina CHL	Hotel Ciudad de David

#### 7.4.2 Procedimiento para el Manejo y Finalización de las Emergencias

Las acciones que se toman en cada uno de los procedimientos de emergencia dependerán de la naturaleza y magnitud del evento y el tiempo estimado de respuesta disponible para llevar adelante las acciones correctivas o de mitigación.

Alternegy, S.A., como Responsable Primario de la CH Prudencia tomará la decisión de declarar el cese de la condición de emergencia como resultado de la mejora en las condiciones hidrometeorológicas, disminución de los aportes al embalse, o en general las condiciones meteorológicas han mejorado significativamente y los pronósticos indican buen tiempo. Alternegy, S.A. se encargará de divulgar la información por medio de notificación directa a las autoridades locales, UTESEP (ASEP) y a SINAPROC.

A continuación, las acciones a tomar según las diferentes situaciones de emergencia:

#### 7.4.2.1 Vertimiento Bajo Condiciones de Crecidas Ordinarias y Extraordinarias

Si el operador de la control y/o el Coordinador del PADE detectan que el nivel del embalse ha alcanzado o sobrepasado el nivel indicado en los Tablas de alerta que se presentarán a continuación, inicia a realizar las llamadas para notificar del evento a los diferentes involucrados en el PADE según los diagramas de aviso que corresponda.

Alerta	Nivel del embalse Prudencia	Condiciones
Blanca	46.00 msnm	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.

El personal de la Ch Prudencia coordinará las siguientes actividades:

- **Operaciones:** seguimiento y control de la variación del nivel del embalse y, considerando los aportes del río, pronosticar los niveles según las condiciones hidrológicas
- Apertura de compuertas radiales para el manejo de las crecidas según el procedimiento establecido en el Apéndice B.
- **Mantenimiento Civil:** revisión de la presa para confirmar anomalías en la estructura de presa: grietas, fisuras, filtraciones, desplazamientos deslizamientos, y evaluar el nivel de anomalía.
- **Líder de Planta:** Atención y ejecución del Plan de Emergencias. El Plan de Emergencia presentan las acciones que el personal deberá ejecutar durante y después de una emergencia, con el propósito de salvaguardar la vida de los colaboradores.
- El coordinador del PADE comunicará a las autoridades y a las oficinas de manejo de emergencias la finalización de la condición de emergencia. Un especialista, autorizado por ASEP, inspeccionará la presa y realizará un reporte de daños y acciones correctivas inmediatas. Alternegy, S.A.

elaborará un informe, que enviará a ASEP, sobre la terminación del evento y sobre las consecuencias o experiencias del mismo.

#### 7.4.2.2 Por Colapso Estructural en Condición de Operación Normal

Se asumirá que la Presa pueda presentar riesgos, cuando el embalse se encuentra a una elevación igual o mayor a 47.40 msnm.

En el caso que la presa esté en el área de influencia del sismo, se procede a realizar una inspección visual buscando fisuras en la parte expuesta de la pantalla y también se toman lecturas de las filtraciones para compararla con lecturas anteriores y de esta manera poder evaluar la influencia que tuvo el sismo en el sector de la presa que está sumergido.

Alerta	Condiciones
<b>Blanca</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Se ha registrado en los instrumentos de la presa un sismo que ha ocasionado una aceleración horizontal del terreno de 0.08 g o menor.</li> <li>○ Se ha detectado la presencia de filtraciones, aumento de filtraciones, aparición de grietas o evidencias de desplazamientos en las estructuras de concreto o rellenos de materiales.</li> </ul>

El personal de la Ch Prudencia coordinará las siguientes actividades:

- **Operaciones:** seguimiento y control de la variación del nivel del embalse y, considerando los aportes del río, pronosticar los niveles según las condiciones hidrológicas
- **Mantenimiento Civil:** revisión de la presa para confirmar anomalías en la estructura de presa: grietas, fisuras, filtraciones, desplazamientos deslizamientos, etc. Y evaluar el nivel de anomalía.
- **Gerente de Planta:** Atención y ejecución del Plan de Gestión de Riesgos Profesionales.

Alerta	Condiciones
<b>Verde</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Se ha registrado en los instrumentos de la presa un sismo que ha ocasionado una aceleración horizontal del terreno entre 0.08 g y 0.15 g. Se han observado daños no estructurales en la presa.</li> <li>○ Están en aumento o han aparecido nuevas filtraciones o han aparecido nuevas grietas o han aumentado los desplazamientos.</li> </ul>

El personal de la Ch Prudencia coordinará las siguientes actividades:

- **Coordinador del PADE:** Ver listado de Notificaciones en el punto 7.3.1 “Entidades a ser Notificadas y realizar las llamadas respectivas según el diagrama de aviso.
- **Operaciones:** seguimiento y control de la variación del nivel del embalse y, considerando los aportes del río, pronosticar los niveles según las condiciones hidrológicas
- **Mantenimiento Civil:** revisión de la presa para confirmar anomalías en la estructura de presa: grietas, fisuras, filtraciones, desplazamientos deslizamientos, etc. Y evaluar el nivel de anomalía.
- **Operaciones:** apertura de compuertas radiales para el manejo de las crecidas según el procedimiento establecido en el Apéndice B.
- **Líder de planta:** Atención y ejecución del Plan de Emergencias. El Plan de Emergencia presenta las acciones que el personal deberá ejecutar durante y después de una emergencia, con el propósito de salvaguardar la vida de los colaboradores.

Alerta	Condiciones
<b>Amarillo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Se ha registrado en los instrumentos de la presa un sismo, que ha ocasionado una aceleración horizontal del terreno entre 0.15 g y 0.23 g. La inspección visual inmediata de la presa aprecia daños estructurales en la presa o filtraciones o desplazamientos.</li> <li>○ Potencial deslizamiento de laderas en el embalse.</li> <li>○ 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.</li> <li>○ Han ocurrido actos significativos de vandalismo o sabotaje.</li> </ul>

El personal de la Ch Prudencia coordinará las siguientes actividades:

- **Coordinador del PADE:** Ver listado de Notificaciones en el punto 7.3.1 “Entidades a ser Notificadas y realizar las llamadas respectivas según el diagrama de aviso.
- **Operaciones** le dará seguimiento y control de la variación del nivel del embalse y, considerando los aportes del río, pronosticar los niveles según las condiciones hidrológicas
- **Mantenimiento Civil:** revisión de la presa para confirmar anomalías en la estructura de presa: grietas, fisuras, filtraciones, desplazamientos deslizamientos, etc. Y evaluar el nivel de anomalía.
- **Operaciones:** apertura de compuertas radiales para el manejo de las crecidas según el procedimiento establecido en el Apéndice B.
- **Líder de Planta:** Atención y ejecución del Plan de Emergencias. El Plan de Emergencia presenta las acciones que el personal deberá ejecutar durante y después de una emergencia, con el propósito de salvaguardar la vida de los colaboradores.

Alerta	Condición
<b>Rojo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Se ha sentido en la presa ó en sus proximidades un terremoto, que ha ocasionado una aceleración sísmica igual o mayor a 0.23 g. La inspección visual inmediata de la presa aprecia daños estructurales o grietas y filtraciones a presión.</li> <li>○ 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.</li> <li>○ 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.</li> </ul>

El personal de la Ch Prudencia coordinará las siguientes actividades:

- **Coordinador del PADE:** Ver listado de Notificaciones en el punto 7.3.1 “Entidades a ser Notificadas”
- **Operaciones:** apertura de compuertas radiales para el manejo de las crecidas según el procedimiento establecido en el Apéndice B.

- **Operaciones:** Aviso de sirenas para operaciones de protección, control y rescate. Aguas abajo de la presa.
- **Coordinador del PADE:** Evacuar al personal hacia un lugar seguro de la presa en emergencia.
- **Líder de Planta:** Atención y ejecución del Plan de Emergencias. El Plan de Emergencia presenta las acciones que el personal deberá ejecutar durante y después de una emergencia, con el propósito de salvaguardar la vida de los colaboradores.

El coordinador del PADE comunicará a las autoridades y a las oficinas de manejo de emergencias la finalización de la condición de emergencia.

Después de la emergencia, un especialista, autorizado por ASEP, inspeccionará la presa y realizará un reporte de daños y acciones correctivas inmediatas. Los resultados de la inspección serán enviados a la ASEP. Por otro lado, Alternegy, S.A. elaborará un informe, que enviará a ASEP, sobre la terminación del evento y sobre las consecuencias o experiencias del mismo.

#### 7.4.2.3 Por Colapso Estructural Durante Crecidas Extraordinarias

Alerta	Elevación (msnm)
Amarilla	47.00 msnm

El personal de la Ch Prudencia coordinará las siguientes actividades:

- **Coordinador del PADE:** Ver punto 7.3.1. “Entidades a ser Notificadas
- **Operaciones:** seguimiento y control de la variación del nivel del embalse y, considerando los aportes del río, pronosticar los niveles según las condiciones hidrológicas
- **Mantenimiento Civil:** revisión de la presa para confirmar anomalías en la estructura de presa: grietas, fisuras, filtraciones, desplazamientos deslizamientos, etc. Y evaluar el nivel de anomalía.
- **Estamentos de Seguridad:** avisar a los pobladores aguas abajo 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.
- **Operaciones:** apertura de compuertas radiales para el manejo de las crecidas según el procedimiento establecido en el Apéndice B.
- **Líder de Planta:** Atención y ejecución del Plan de Emergencias. El Plan de Emergencia presenta las acciones que el personal deberá



ejecutar durante y después de una emergencia, con el propósito de salvaguardar la vida de los colaboradores.

Alerta	Elevación (msnm)
Rojo	47.40 msnm

El personal de la Ch Prudencia coordinará las siguientes actividades:

- **Coordinador del PADE:** Ver listado de Notificaciones en el punto 7.3.1 “Entidades a ser Notificadas”
- **Operaciones:** apertura de compuertas radiales para el manejo de las crecidas según el procedimiento establecido en el Apéndice B.
- **Operaciones:** Aviso de sirenas para operaciones de protección, control y rescate. Aguas abajo de la presa.
- **Coordinador del PADE:** Evacuar al personal hacia un lugar seguro de la presa en emergencia.
- **Líder de Planta:** Atención y ejecución del Plan de Emergencias. El Plan de Emergencia presenta las acciones que el personal deberá ejecutar durante y después de una emergencia, con el propósito de salvaguardar la vida de los colaboradores.

El coordinador del PADE comunicará a las autoridades y a las oficinas de manejo de emergencias la finalización de la condición de emergencia. Después de finalizada la emergencia, un especialista, autorizado por ASEP, inspeccionará la presa y realizará un reporte de daños y acciones correctivas inmediatas. El informe del especialista se enviará a la ASEP. Alternegy, S.A. elaborará un informe, que enviará a ASEP, sobre la terminación del evento y sobre las consecuencias o experiencias del mismo.

## 8 VINCULACIÓN CON EL SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL. PLANES DE EVACUACIÓN.

En caso de una situación de emergencia que se genere por la falla de la Presa El Corro, puede causar daños y pérdidas a las comunidades y estructuras que se localizan aguas abajo. Alternegy, S.A. se encuentra trabajando en la fase de involucrar a las autoridades locales, escuelas e instituciones públicas, organizaciones no gubernamentales, que por sus funciones participan en la prevención y mitigación de riesgo, en la preparación y atención de emergencias; con el objetivo de salvaguardar la vida y bienes de las comunidades y estructuras esenciales localizadas aguas abajo de la presa.

Ante la ocurrencia de una situación de desastre, el Control de Operaciones se llevará, a través del Centro de Operaciones de Emergencias (COE), que es la estructura del Sistema Nacional de Protección Civil para la toma de decisiones en situaciones de emergencia. Es responsable de planificar y dirigir todas las acciones de coordinación y facilitar la operación conjunta entre las instituciones del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) a partir de la declaratoria de alerta, ante la probable ocurrencia de un evento adverso o por la ocurrencia súbita del mismo en cualquier lugar de la provincia, con la finalidad de mantener un control seguro, eficiente, eficaz y efectivo, garantizando una oportuna ejecución de las acciones de respuesta e integrando los niveles políticos y técnicos en los procesos de decisión.

Para hacer efectiva esta vinculación, representantes del Organización de Administración y Respuesta de Emergencias (OARE) de Alternegy, S.A., se reunirán periódicamente con representantes del Sistema Nacional de Protección Civil para coordinar las medidas necesarias que garantice una respuesta oportuna ante la posible ocurrencia de un evento que ponga en peligro las estructuras de la presa y por ende las estructuras y comunidades ubicadas aguas abajo.

El Plan de Acción durante Emergencia (PADE) es presentado a todos los miembros institucionales, que conforman el Centro de Operación de Emergencia, que son los encargados de la atención de desastre en la provincia. Otros de los aspectos importantes, es el desarrollo de acciones y actividades en forma conjunta entre CELSIA y COE encaminadas a preparar a las comunidades, sobre los sistemas de notificación (Alertas) y para que actúen en forma organizada y coordinada con los estamentos institucionales ante una situación de emergencia y desarrollen sus planes de evacuación.

Los escenarios de riesgo a inundaciones para las diferentes situaciones planteadas en este plan, son herramientas fundamentales para el desarrollo de las municipalidades o comunidades ubicadas aguas abajo de la presa; razón por la cual se divulga a las autoridades locales y promotores de proyectos de desarrollo, para que no se construyan nuevas infraestructuras permanentes en esas zonas inundables.

Por las razones expuestas, Alternegy, S.A. se encuentra diseñando y desarrollando los siguientes temas entre las instituciones Provinciales identificadas en el PADE en caso de una situación de emergencia:

**Estrategia de imagen y comunicación;** preparación y divulgación de panfletos e instructivos con los riesgos asociados a la Presa El Corro, cuñas educativas radiales, elaboración y desarrollo de material didáctico a las escuelas del área y comunicados preventivos a los medios de comunicación y público en general

cuando se están alcanzando los niveles máximos operativos en la presa y/o se presenten eventos o situaciones de emergencia.

**Identificación, gestión y firma de acuerdos;** el cual Alternegy, S.A., S.A se encuentra en la fase de evaluación; además, ha desarrollado protocolos de avisos a las comunidades y a SINAPROC: El PADE debe estar articulado con el Plan de Atención de Emergencia de la Provincia de Chiriquí o el Plan de Atención de Emergencia del Distrito de Prudencia; en este plan se debe definir las funciones, responsabilidades de cada una de las instituciones que participan en la atención de una emergencia; establece la estructura organizativa para la implementación del plan, los procedimientos generales de alerta, inventario de recursos, coordinación de actividades operativas, con el fin de salvaguardar la vida, proteger los bienes y recobrar la normalidad de la sociedad tan pronto como sea posible después de ocurrido un desastre.

**Listas de contactos, diagrama de avisos para cada categoría de emergencia, Códigos y Validación,** se encuentran desarrollados dentro del PADE.

**Sistema de mantenimiento de información actualizada de contactos;** Responsabilidad de los funcionarios para el mantenimiento de la documentación técnica entregada y la Distribución del PADE, ha sido desarrollada por Alternegy, S.A. y se presenta en el punto 6 “*Simulacros de Emergencia*”.

### **8.1. ACTUALIZACIÓN DEL PADE**

Alternegy, S.A. revisará como mínimo una vez al año, después de realizar los simulacros y actualizará, de ser necesario, los aspectos pertinentes del PADE. Las actualizaciones reflejarán los cambios de personas o entidades con responsabilidad específica, nombres, títulos, números telefónicos, y frecuencias e identificaciones de radio y toda otra información crítica para la eficacia de las acciones previstas. De no haber ningún cambio, Alternegy, S.A. enviará a la ASEP una nota notificando que no ha habido cambio alguno en conjunto con el informe final del Simulacro.

Además, se conducirá una revisión completa cada diez años. Asimismo, actualizará cualquier cambio significativo ocurrido aguas abajo o aguas arriba de la presa que pudiera alterar el área de riesgo o la localización de personas que deben ser alertadas los cuales podrían necesitar la modificación del PADE Alternegy, S.A. enviará cada diez (10) años al ASEP: (1) una declaración que el PADE ha sido revisado completamente, (2) la última fecha en que fue aprobado, y (3) cualquier modificación o actualización o una declaración que ninguna fue necesaria.

## **9. SIMULACIONES Y SIMULACROS**

Los ejercicios de simulaciones y simulacros tienen el propósito de presentar las situaciones previstas en el PADE, las cuales serán ensayadas periódicamente,

como mínimo 1 anualmente con el fin de que el personal de la Central Hidroeléctrica Prudencia adquiera los adecuados hábitos de comportamiento. Se busca con esto la actualización del PADE y la capacitación de todos los actores involucrados.

Para lograr esto se simulará la ocurrencia de las situaciones de emergencia para los eventos descritos en el análisis de vulnerabilidad.

Se espera que en las simulaciones o simulacros que se planteen cumplan con el objetivo de integrar al personal de la Central Hidroeléctrica Prudencia con los estamentos de seguridad involucrados en los diferentes escenarios.

Los ejercicios de simulaciones y simulacros 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 a acontecer un incidente que genere una situación extraordinaria o de emergencia real.

Para ello se simulará la ocurrencia de Situaciones de Emergencia para las situaciones de emergencia descritas en el **capítulo 4 PADE** de este documento, donde se debe poner a prueba la operatividad de los equipos y del personal responsable de la operación de la Central Hidroeléctrica Prudencia.

La definición de cada simulación debe incluir como mínimo:

- Nivel de dificultad planteado.
- Objetivos buscados.
- Personal al que va dirigido.
- Descripción de la situación de emergencia simulada.
- Desarrollo detallado del ejercicio.

CELSIA realizará las simulaciones de manera que contengan un grado creciente de realismo. Empezará con los niveles más bajos de simulaciones, los cuales consisten en la verificación de los sistemas de comunicaciones, los números telefónicos, nombres y cargos de los responsables en los diagramas de aviso.

Una vez que se realicen los niveles más bajos, CELSIA procederá a realizar presentaciones en los que se discuten las acciones a seguir en caso de una de las situaciones de emergencia, siguiendo con ejercicios de gabinete, hasta los simulacros. Además, no realizará un nivel más alto de simulación si no se han comprendido las consignas (directrices) y procedimientos del nivel anterior.

La duración del escenario del ejercicio de la simulación o simulacro será como mínimo de 24 horas. Las simulaciones pueden incluir múltiples fallas. En cada simulación debe plantearse un escenario de emergencia diferente. Cada simulación debe comprender un análisis detallado de la situación de emergencia simulada, la

forma en que se presenta, los tiempos en que se produce cada evento, las consecuencias que pueden seguir a cada decisión adoptada. Además, la ejercitación para el personal participante será una preparación para una acción posible que encierra una gran responsabilidad.

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.

El Coordinador del PADE, será el encargado de programar, coordinar y dirigir el simulacro de la situación de emergencia.

En el ejercicio participará todo el personal necesario para llevar a cabo las tareas a realizar de acuerdo a la situación de emergencia en simulacro.

Se excluirá de la participación del ejercicio, total y parcialmente, al personal necesario para mantener la central en operación normal durante el simulacro.

Al término de cada simulación, CELSIA presentará a SINAPROC un Informe Final con copia a la UTESEP con el siguiente contenido mínimo:

- Descripción del ejercicio planteado
  - Nivel de dificultad planteado
- Desarrollo del ejercicio
- Objetivos buscados con el ejercicio.
- Grado de preparación individual del personal.
- Nivel de coordinación entre el personal y con terceros.
- Dificultades presentadas.
- Problemas de los sistemas de comunicación.
- Adecuación de los medios materiales disponibles.
- Grado de cumplimiento de los objetivos buscados con el ejercicio.
- Fallas del PADE y modificaciones propuestas para la siguiente actualización.

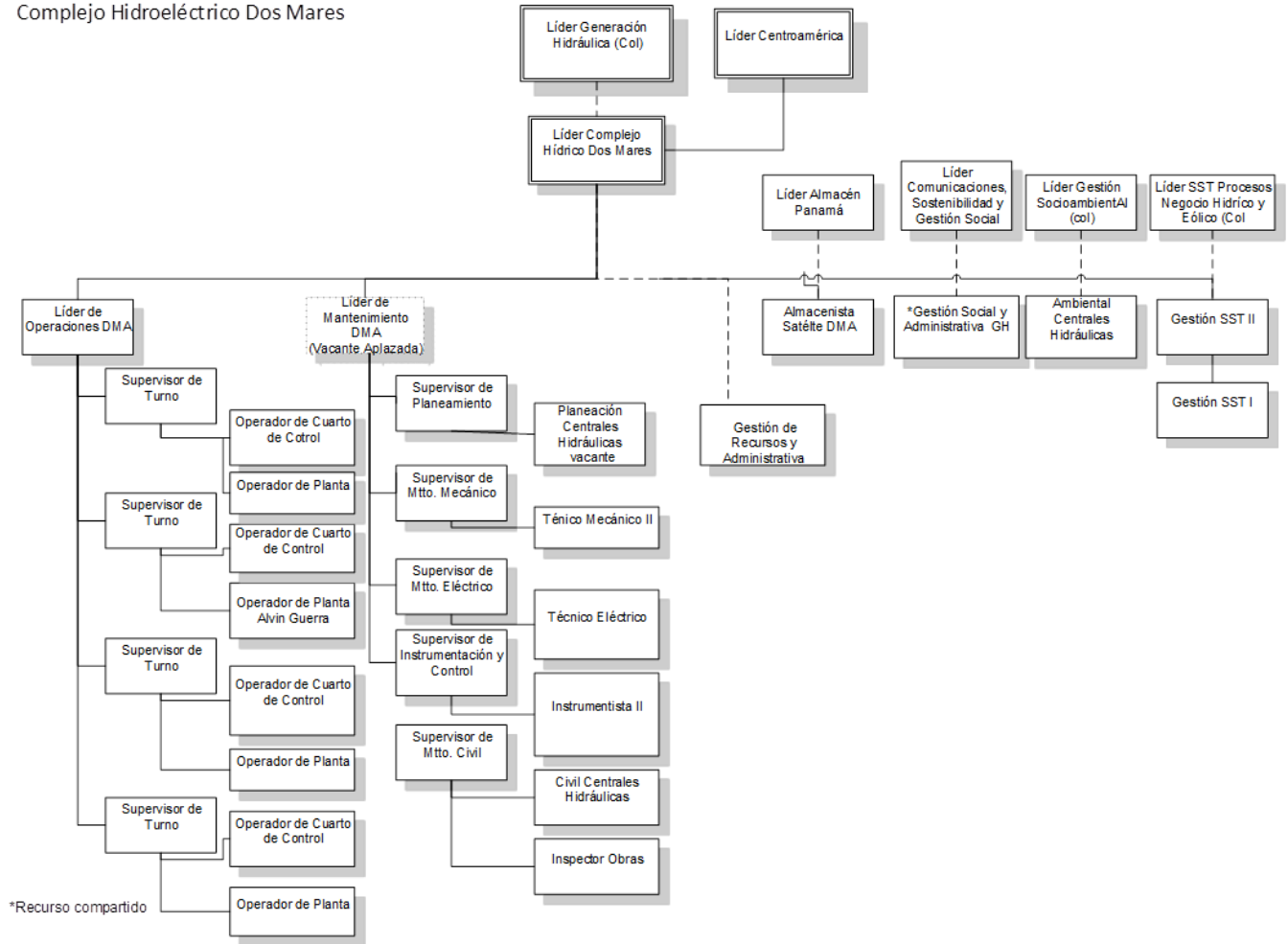
**10. APÉNDICES:**

APÉNDICE A.1. ORGANIGRAMA

APÉNDICE A.2. MAPAS DE PLANICIES DE INUNDACIÓN

**APÉNDICE A.1. ORGANIGRAMA**

**CELSIA CENTROAMERICA**  
 Generación Hídrica y Eólica  
 Complejo Hidroeléctrico Dos Mares



Fuente: Celsia Centroamérica

## **APÉNDICE A.2. MAPAS DE PLANICIES DE INUNDACIÓN**

### **A.2.1. MAPA DE LOCALIZACIÓN GENERAL DEL COMPLEJO HIDROELÉCTRICO PRUDENCIA**

### **A.2.2. MAPA DE ESCENARIO “CRECIDA ORDINARIA” (CON PERIODO DE RETORNO 1 EN 100 AÑOS)**

### **A.2.3. MAPA DE ESCENARIO “CRECIDA EXTRAORDINARIA” (CON PERIODO DE RETORNO 1 EN 1000 AÑOS)**

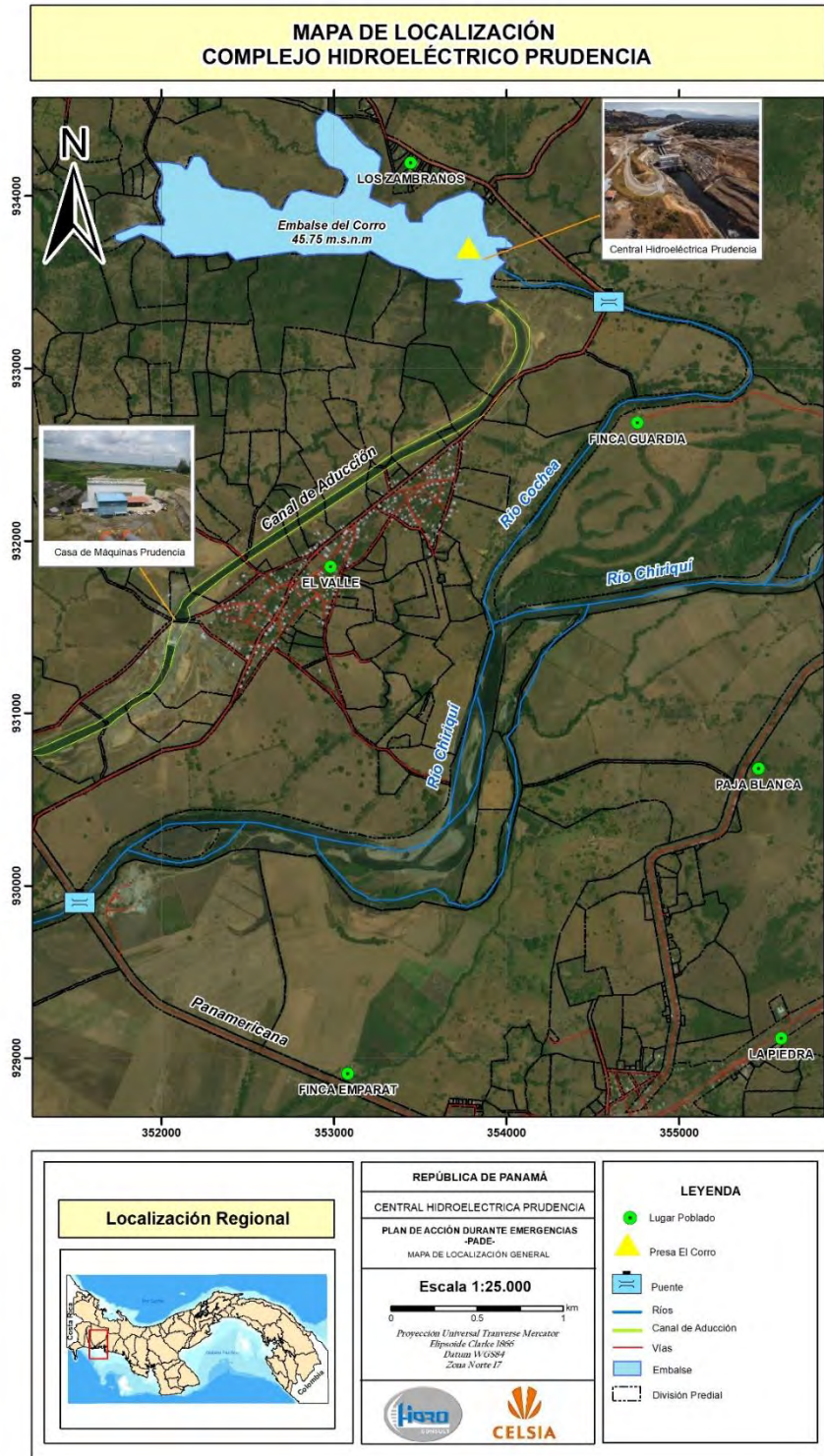
### **A.2.4. MAPA DE ESCENARIO “COLAPSO ESTRUCTURAL DE LA PRESA EL CORRO EN CONDICIÓN DE OPERACIÓN NORMAL”**

### **A.2.5. MAPA DE ESCENARIO “COLAPSO ESTRUCTURAL DE LA PRESA EL CORRO EN CONDICIÓN DE OPERACIÓN EXTRAORDINARIA”**

## **APÉNDICE A.3. REGLAS DE OPERACIÓN DEL VERTEDERO**

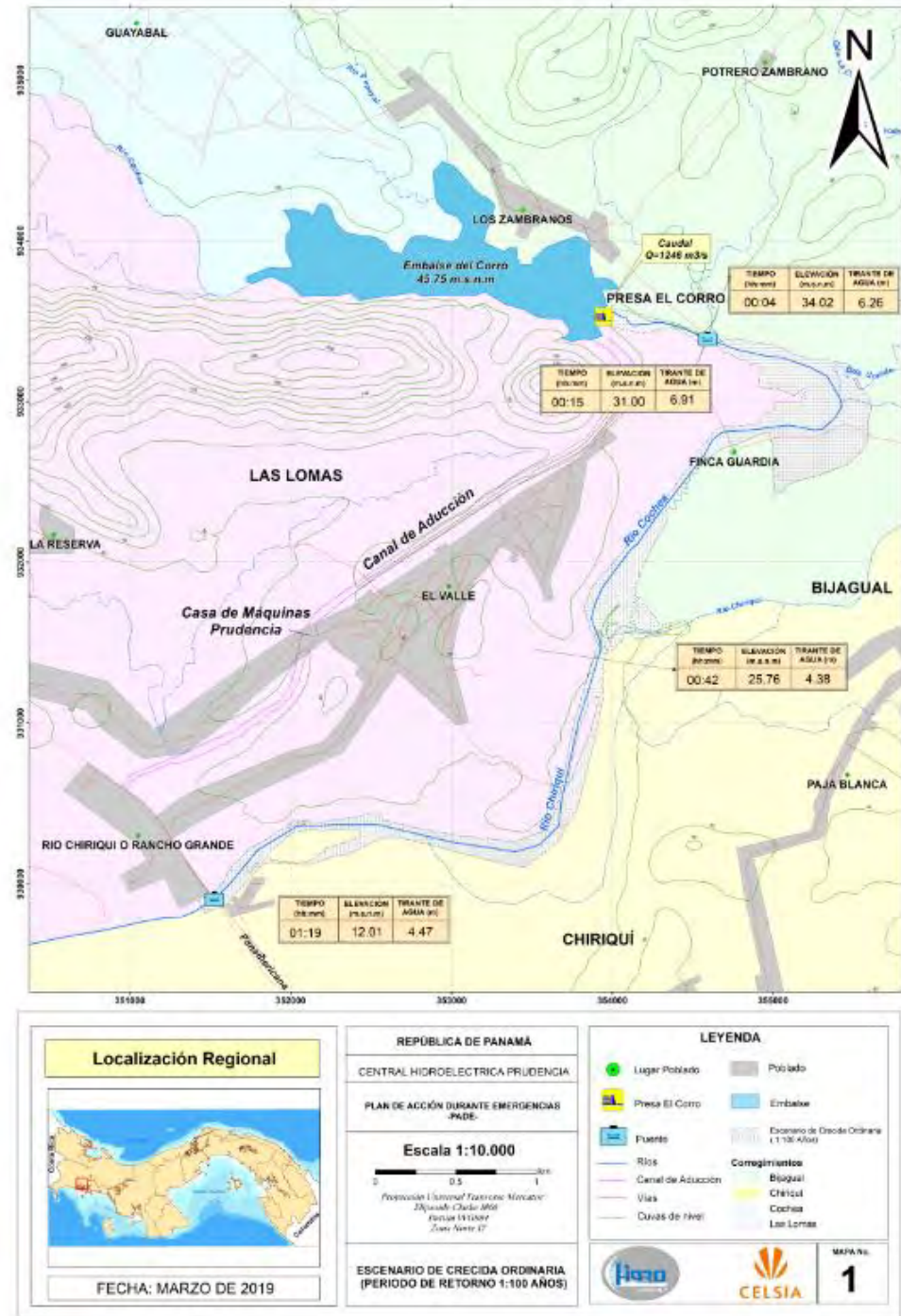


### A.2.1. MAPA DE LOCALIZACIÓN GENERAL DEL COMPLEJO HIDROELÉCTRICO PRUDENCIA

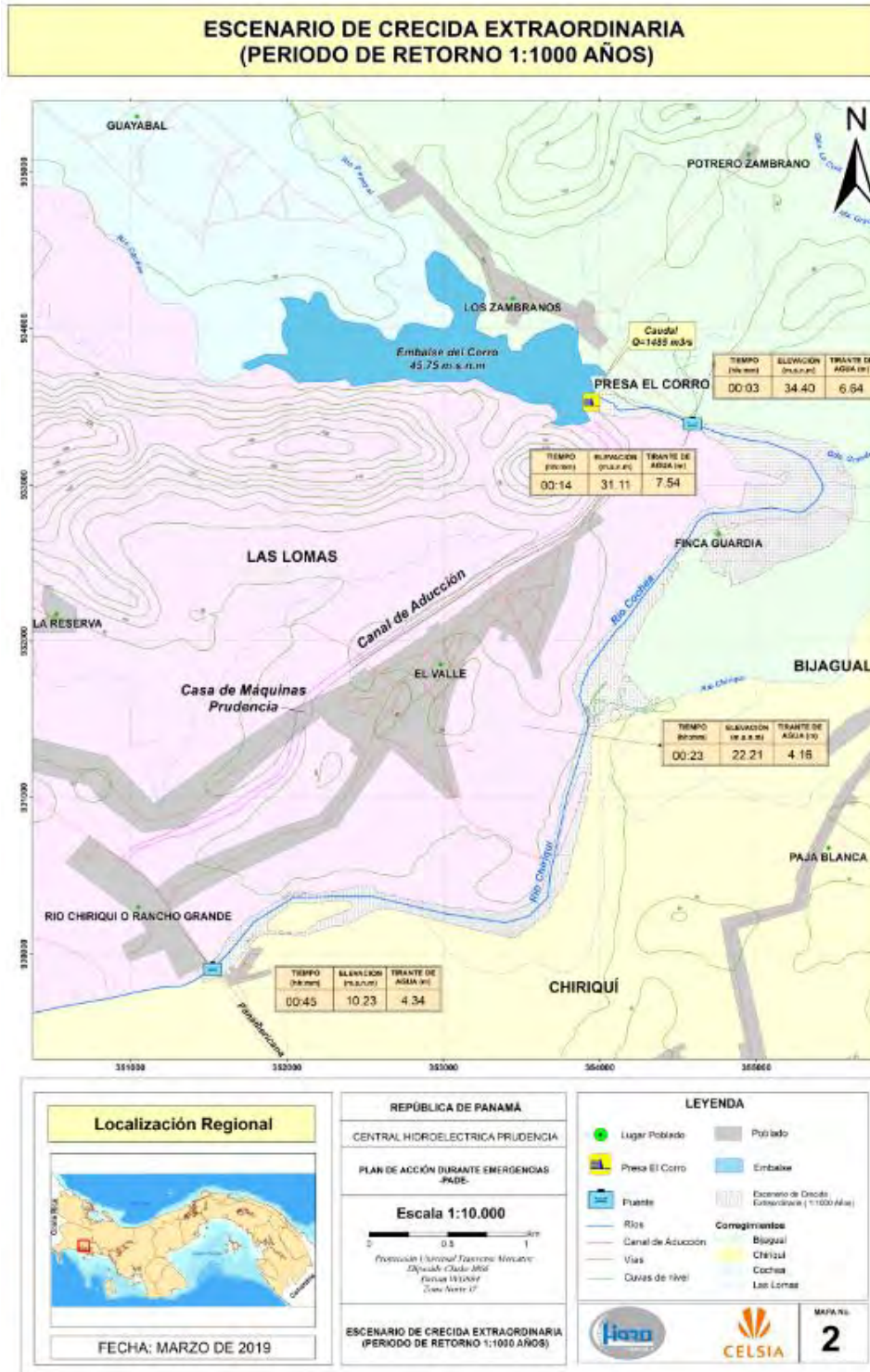


**A.2.2. MAPA DE ESCENARIO “CRECIDA ORDINARIA” (CON PERIODO DE RETORNO 1 EN 100 AÑOS)**

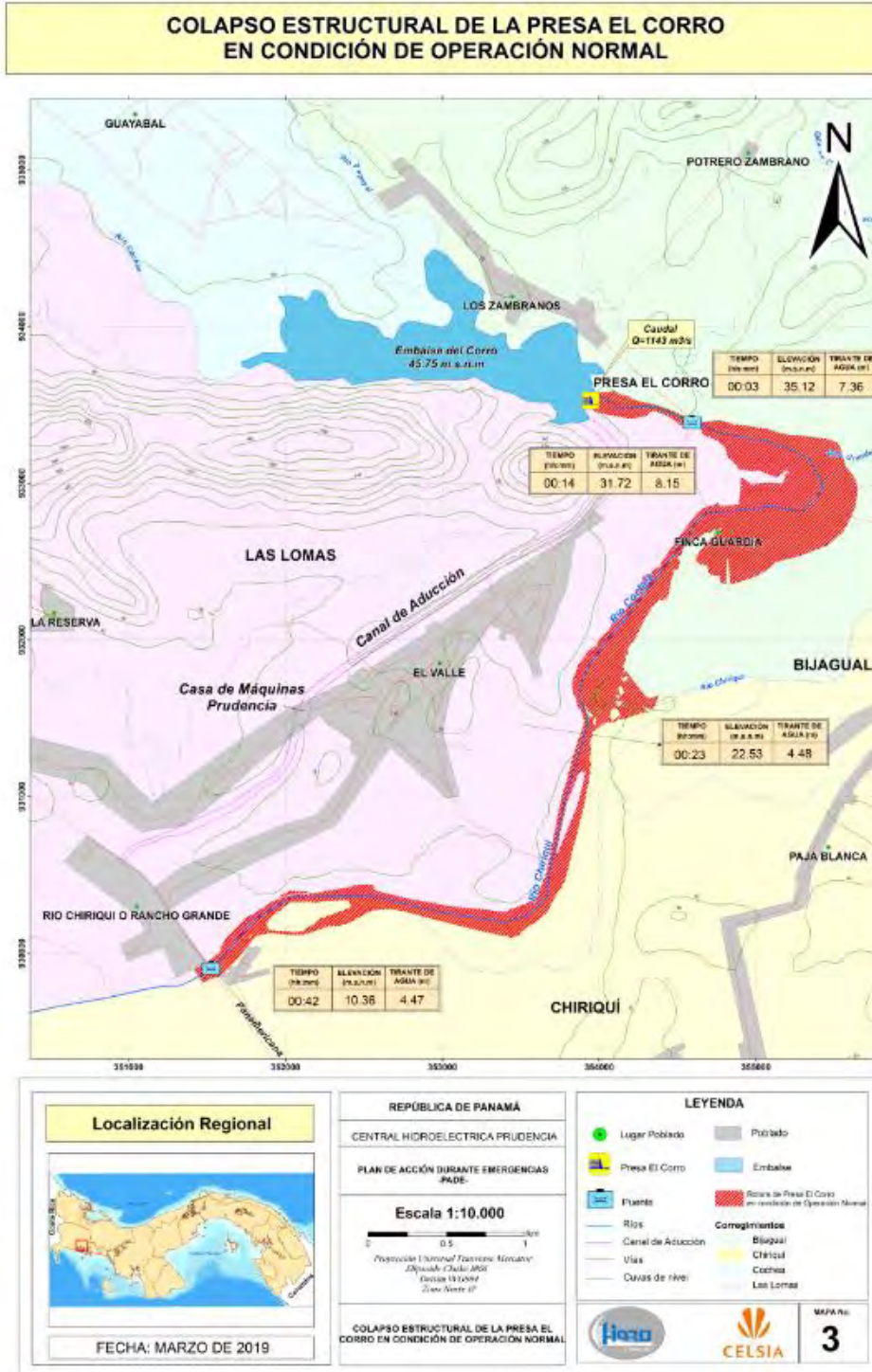
**ESCENARIO DE CRECIDA ORDINARIA (PERIODO DE RETORNO 1:100 AÑOS)**



### A.2.3. MAPA DE ESCENARIO “CRECIDA EXTRAORDINARIA” (CON PERIODO DE RETORNO 1 EN 1000 AÑOS)



### A.2.4. MAPA DE ESCENARIO “COLAPSO ESTRUCTURAL DE LA PRESA EL CORRO EN CONDICIÓN DE OPERACIÓN NORMAL”



### A.2.5. MAPA DE ESCENARIO “COLAPSO ESTRUCTURAL DE LA PRESA EL CORRO EN CONDICIÓN DE OPERACIÓN EXTRAORDINARIA”



### APÉNDICE A.3. REGLAS DE OPERACIÓN DEL VERTEDERO

- **APÉNDICE C CAUDAL DE VERTIMIENTO LIBRE Y CONTROLADO, APERTURA DE COMPUERTA Y NIVEL DE EMBALSE POR ALERTA<sup>5</sup>**

CONDICIÓN	CAUDAL A SER VERTIDO - QVERT (VT LIBRE + VT CONTR) (m <sup>3</sup> /s)	APERTURA COMPUERTA “a” (m)	NAEMB (msnm)	Tipo de Alertas
0	$Q_{VERT} \leq 32.6$	0	$NA_{EMB} \leq 46.00$	
1	$32.6 < Q_{VERT} \leq 51.5$	0,25	$45.75 \leq NA_{EMB} \leq 46.00$	
2	$51.5 < Q_{VERT} \leq 69.8$	0,50	$45.75 \leq NA_{EMB} \leq 46.00$	
3	$69.8 < Q_{VERT} \leq 88.2$	0,75	$45.75 \leq NA_{EMB} \leq 46.00$	
4	$88.2 < Q_{VERT} \leq 106$	1,00	$45.75 \leq NA_{EMB} \leq 46.00$	
5	$106 < Q_{VERT} \leq 454$	1,50	$45.75 \leq NA_{EMB} \leq 46.80$	
6	$454 < Q_{VERT} \leq 579$	2,00	$46.80 < NA_{EMB} \leq 46.95$	
7	$579 < Q_{VERT} \leq 751$	3,00	$46.95 < NA_{EMB} \leq 47.10$	
8	$751 < Q_{VERT} \leq 929$	4,00	$47.10 < NA_{EMB} \leq 47.25$	
9	$929 < Q_{VERT} \leq 1114$	5,00	$47.25 < NA_{EMB} \leq 47.40$	
10	$1114 < Q_{VERT} \leq 2329$	TOTAL	$47.40 < NA_{EMB} \leq 48.50$	

<sup>5</sup> Extracto de Regla de Operación del Vertedero Controlado. 6425D-MA-M10-001-R0