



ACTUALIZADO POR: Jose Mandarakas
Noviembre 2024

Contenido

INTRODUCCIÓN	8
Objetivos.....	8
2 Descripción de la Central Hidroeléctrica Pando	10
3 Implementación de un Sistema de Alerta Hidrológico	16
4 Identificación de las Emergencias	17
4.1 Detección de la Anomalía.....	17
4.2 Tipos de Alerta.....	19
4.3 Alerta hidrológica.....	23
4.4 Diagramas de Aviso	24
6 Procedimiento Para el Manejo de las Emergencias.....	33
7 Situaciones de Emergencia.....	36
7.1 Condiciones de Crecidas Ordinarias y Extraordinarias.....	37
7.2 Por Colapso Estructural en Condición de Operación Normal.....	38
7.3 Por Colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias	40
7.4 Por Apertura Súbita de Compuertas	43
7.5 Por Falla de Operación de las Estructuras Hidráulicas de Descarga	43
7.6 Por Vaciado Controlado o Vaciado Rápido a causa de un problema en la presa.....	43
9 Estudio Hidrológico y Modelación Hidráulica	46
9.1 Crecidas Máximas de Caudales	46
9.2 Aplicación del Método de Análisis Regional de Crecidas Máximas.....	46
9.3 Estudio de la Falla de una Presa	51
9.4 Caudales utilizados de acuerdo con los escenarios	54
10 Resultados de la Simulación	55

10.1 Resultado de la simulación para el tramo de estudio desde la presa Pando.....	55
11 Vinculación con el Sistema de Protección Civil. Planes de Evacuación.....	66
12 Simulacros de Emergencia.....	68
13 Actualización del PADE	72
14 Bibliografía	73
ANEXO A - MAPAS	74
ANEXOS DE PLANOS	80
ANEXOS DE FIGURAS	86
ANEXOS DE FOTOS.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. DATOS SIGNIFICATIVOS DE LA PRESA PANDO	11
TABLA 2. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS QUE SERÁN USADOS EN LA PRESA PANDO PARA EL MONITOREO DE ANOMALÍAS	12
TABLA 3. FRANJAS DE OPERACIÓN DE EMBALSES DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PANDO.....	13
TABLA 4. LUGAR POBLADO, AGUAS ABAJO DE EMBALSE PANDOS	13
TABLA 5. ANÁLISIS DE AFECTACIONES POR INUNDACIONES AGUAS ABAJO DE LA PRESA PANDO.....	14
TABLA 6. CATEGORIZACIÓN DE LA PRESA PANDO SEGÚN EL RIESGO POTENCIAL.....	14
TABLA 7. DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE ALERTAS A IMPLEMENTAR EN EL PADE SEGÚN LA RESOLUCIÓN AN 1161 ELEC DE 2017	19
TABLA 8 MEDICIONES ACTUALES DE LA PRESA Y SU CONDICIÓN NORMAL	21
TABLA 9. CRITERIOS PARA DECLARAR ALERTAS BASADOS EN LOS UMBRALES DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN DE PRESA.	22
TABLA 10. UMBRALES QUE DETERMINAN EL TIPO DE ALERTA	23
TABLA 11. LA TABLA PROPORCIONA EL CONTROL DE NIVEL HASTA QUE SE LOGREN VALORES POR DEBAJO DE LA COTA 1222.50 MSNM QUE CORRESPONDEN A LOS VALORES DE MNOE.....	23
TABLA 12. DEFINICIÓN DE ALERTAS PARA CADA SITUACIÓN DE EMERGENCIA.....	37
TABLA 13. ANÁLISIS DE ROTURA DE LA PRESA DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PANDO EN CONDICIÓN DE OPERACIÓN NORMAL	38
TABLA 14. ANÁLISIS DE ROTURA DE LAS PRESAS DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PANDO DURANTE CRECIDAS EXTRAORDINARIAS	41
TABLA 15. RESUMEN DE LOS ESCENARIOS DE AFECTACIONES DE RIBERAS DE EMBALSE Y VALLES	45
TABLA 16. FACTORES DE DISTRIBUCIÓN PARA DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO.....	47
TABLA 17. CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS SEGÚN EL ANÁLISIS REGIONAL DE CRECIDAS	47
TABLA 18. HIDROGRAMA DE CRECIDAS ADIMENSIONAL RÍO CHIRIQUÍ VIEJO HASTA EL SITIO DE PRESA.....	48
TABLA 19. HIDROGRAMA DE CRECIDA MÁXIMA. SITIO DE PRESA SOBRE EL RÍO CHIRIQUÍ VIEJO	49
TABLA 20. CÁLCULO DE PARÁMETROS DE BRECHA DE ACUERDO AL MÉTODO DE FROEHLICH (2008) TIPO DE PRESA: CONCRETO	53
TABLA 21. CAUDALES CON DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO DE LAS PRESAS DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA	

PANDO.....	54
TABLA 22. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN PARA LOS DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO DE LA PRESA PANDO BAJO LA CONDICIONES DE CRECIDAS EXTRAORDINARIAS	56
TABLA 23. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN PARA LOS DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO DE LA PRESA PANDO BAJO LA CONDICIONES DE CRECIDAS EXTRAORDINARIAS Y ROTURA DE PRESA EN LA SECCIÓN DE LA CASA DEL CUIDADOR DE LA FINCA.....	58
TABLA 24. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN PARA LOS DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO DE LA PRESA PANDO BAJO LA CONDICIONES DE CRECIDAS EXTRAORDINARIAS Y ROTURA DE PRESA EN LA SECCIÓN DE LA CASA DEL DUEÑO DE LA FINCA.....	60
TABLA 25. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN PARA LOS DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO DE LA PRESA PANDO BAJO LA CONDICIONES DE CRECIDAS EXTRAORDINARIAS	62
TABLA 26. PERFIL LONGITUDINAL RÍO CHIRIQUÍ VIEJO DESDE LA PESA PANDO A LA PRESA MONTE LIRIO DONDE SE OBSERVAN LOS NIVELES DE AGUA OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN HIDRÁULICA.....	64
TABLA 27. LISTA DE UBICACIONES DE LOS DIAGRAMAS DE AVISOS IMPRESOS	67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. El centro de comunicaciones y coordinación durante emergencias estará ubicado en el Taller de mantenimiento.....	15
Figura 2. Modelos satelitales. La figura de la izquierda muestra los modelos según el ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) del seguimiento del huracán IOTA desde el 14 de noviembre 2020 hasta el 17 de noviembre 2020. La información más relevante sería la siguiente:.....	17
Figura 3. SCADA con los valores de desplazamiento de las Juntas, el aforador, supresiones y extensómetros de Varilla.....	20
Figura 4. Formato que se muestra la información del SCADA de Presa, El mismo cambia de color cuando se alcanzan los diferentes umbrales.....	22
Figura 5. Secciones en la Casa del Cuidador de la Finca.....	59
Figura 6. Secciones en la Casa del Dueño del Lote	61
Figura 7. Perfil longitudinal Río Chiriquí Viejo desde la Pesa Pando a la presa Monte Lirio donde se observan los niveles de agua obtenidos de la simulación hidráulica ¹⁸	64
Figura 8. Sección transversal 1K+ 20019.....	65
Figura 9. Sección transversal 1K+ 40020.....	65
Figura 10. Sección transversal 3K + 60021	66
Figura 11 Perfil longitudinal el tramo pres Pando-pres a Monte Lirio en donde se aprecia el nivel de agua resultante de la simulación hidráulica para el escenario.....	87
Figura 12. Sección transversal en la estación 1k + 200 en donde se aprecia el nivel de agua resultante de la simulación hidráulica para el escenario	88
Figura 13. Sección transversal en la estación 1k + 400 en donde se aprecia el nivel de agua resultante de la simulación hidráulica para el escenario	89
Figura 14. Sección transversal en la estación 3k + 600 en donde se aprecia el nivel de agua resultante de la simulación hidráulica para el escenario	90

Figura 15. Sección transversal en la estación 1k + 200 en donde se aprecia el nivel de agua resultante de la simulación hidráulica para el escenario 91

Figura 16. Sección transversal en la estación 1k + 400 en donde se aprecia el nivel de agua resultante de la simulación hidráulica para el escenario 92

Figura 17. Sección transversal en la estación 1k + 200 en donde se aprecia el nivel de agua resultante de la simulación hidráulica para el escenario 93

INTRODUCCIÓN

El Plan de Acción Durante Emergencias (PADE) ha sido desarrollado para asistir al personal de Electron Investment, S.A. (EISA) en la Central Hidroeléctrica Pando. Su objetivo principal es la detección, evaluación y clasificación confiable y oportuna de posibles emergencias, ya sean actuales o potenciales, en la Presa ubicada en el río Chiriquí Viejo. Este plan contempla diversas situaciones graves que podrían derivar en fallas, incluyendo desastres naturales y eventos relacionados con actividades humanas. En este sentido, el PADE establece las categorías de emergencia según la gravedad y urgencia de la falla, detallando además las medidas necesarias para detectar y evaluar dichas emergencias.

Objetivos

El objetivo general del PADE es salvaguardar la vida de las personas, proteger el ambiente y minimizar los daños a la propiedad al establecer en un plan de acción la manera de proceder ante una emergencia.

Los objetivos específicos son:

- ✓ Identificar las situaciones de emergencia aplicables que pudiesen suscitarse durante la operación de la Central Hidroeléctrica Pando
- ✓ Proporcionar procedimientos alternativos al orden normal de la empresa, con la finalidad de permitir el normal funcionamiento de esta, aun cuando sus funciones se viesen dañadas por un accidente interno o externo.
- ✓ Minimizar el impacto de la emergencia implementando las tres fases de acciones que siguen una secuencia lógica; para cada una de estas etapas se plantean situaciones específicas. Cada fase conlleva a una acción particular:
 - ✓ Antes de la emergencia: Preparación y organización
 - ✓ Durante la emergencia: Atención de la emergencia
 - ✓ Después de la emergencia: Rehabilitación y reconstrucción

1 Planificación de las Acciones Durante Emergencias (PADE)

El PADE es la herramienta que establece la organización de los recursos humanos y materiales necesarios para el control de los factores de riesgo que puedan comprometer la seguridad de las presas. El PADE propone acciones que deben realizarse durante una emergencia para salvaguardar la vida y bienes de la población que se encuentre aguas abajo de la presa.

El PADE que a continuación se desarrolla, define las responsabilidades y procedimientos para identificar, evaluar, clasificar y notificar a los organismos responsables sobre las emergencias que puedan ocurrir en la presa de la Central Hidroeléctrica Pando, de acuerdo al ANEXO A de la Resolución AN No. 3932-Elec del 22 de octubre de 2010 sobre las Normas de Seguridad de Presa, establecidas por la Autoridad de los Servicios Públicos de la República de Panamá (ASEP).

Mediante los sistemas de información, alerta y alarma que se establezcan en el PADE, se facilitará la puesta en disposición preventiva de los servicios y recursos que intervendrían para la protección de la población y el medio ambiente circundante, en caso de rotura o falla grave de la presa; a la vez de posibilitar que la población potencialmente afectada pueda ser debidamente auxiliada por los organismos competentes.

En resumen, el PADE ayudará a:

- ✓ Buscar aspectos comunes de las posibles situaciones de emergencia y realizar el correspondiente análisis de seguridad.
- ✓ Delimitar claramente las responsabilidades de intervención para el control de situaciones que puedan implicar riesgos de rotura o falla grave de la presa y establecer la organización adecuada para su desarrollo.
- ✓ 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, la comunicación de alertas y la puesta en funcionamiento, en caso necesario, de los sistemas de alarma que se establezcan.
- ✓ Identificar grupos afectados, determinar la zona inundable en caso de emergencia hídrica y/o rotura de la presa, indicando los tiempos de propagación de la onda de crecida y alturas del agua y efectuar el correspondiente análisis de riesgos.
- ✓ Diseñar los diagramas de avisos en función de los resultados de las simulaciones hidráulicas relacionada con los diferentes escenarios que apliquen al tipo de presa

Por otra parte, EISA tendrá las condiciones para operar las emergencias en forma segura, para lo cual se contará 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.

2 Descripción de la Central Hidroeléctrica Pando

La Central Hidroeléctrica Pando se encuentra localizada en la cuenca media del río Chiriquí Viejo, entre las coordenadas 8°48' y 8°48,2' (973,500-976,200 N) de latitud norte y entre los 82°42' y 82°44' de longitud oeste (308,300-311.700 E). Se localiza a unos 4 km al oeste de la localidad de Hato del Volcán. El área de drenaje aprovechada es de 184 km². Esta Central Hidroeléctrica tendrá una capacidad instalada de 32.9 MW el cual está diseñado para un caudal de 14 m³/s.

Entre los componentes que forman parte de la Central Hidroeléctrica Pando están:

Túnel, con una longitud de 5,140 m y 3.0 m de diámetro tendrá una pendiente de 0.66%;

Tanque de oscilación. Es de tipo orificio que está semienterrado, lo cual lo hace más seguro contra sismos. Su diámetro interno en el tanque es de 18 m y en el pozo de conexión es de 2.4 m con una altura total de 62 m.

Tubería de presión. Tiene un diámetro variable de 2.80 m a 1.90 m con una longitud de 2,100 m

Línea de alta tensión. La línea de alta tensión tiene una longitud de aproximadamente 10 km. Es de tipo trifásica con cable LA-190 (181 mm²) en dúplex. Esta línea de transmisión tiene 230kv por torres, para la salida de la energía y potencia generada. Se conectará con la línea de alta tensión de la Central Hidroeléctrica Monte Lirio.

También cuenta con una Línea de transmisión 13.8Kv por postes, para la alimentación y control de los equipos instalados en la presa de Pando.

Casa de máquina. Esta instalación se localiza a pocos metros de la presa de la Central Hidroeléctrica Monte Lirio. Las aguas turbinadas descargarán directamente en esta central. A continuación se describen los equipos de la casa de máquina:

- Unidades Generadoras de 18.5 MVA c/u a f.p de 0.9,
- 1 Rodete Pelton por unidad,
- 6 Inyectores por unidad de 1,208 m³/s,
- 1 Válvula Mariposa por unidad de 1500mm de diámetro con su sistema de by-pass,
- 1 Transformador de Potencia de 20/30/50MVA, 13.8/230Kv, Sistema SCADA, protección y de comunicación.

Presa. La presa de la Central Hidroeléctrica Pando es de tipo gravedad, con una elevación de 31.5 m hasta la corona y 26.5 m hasta el vertedero, ambas medidas desde los cimientos. Tiene 150 m de ancho en la cresta y 90 m en la base. Cuenta con un solo vertedero de 60 m de ancho y 4.2 m de altura libre. La descarga de fondo estará formada por dos compuertas de tipo radial que tiene 3.0 m de ancho y 3.0 m de altura. En la entrada de la toma de agua tiene una compuerta de control de 2.6 m de alto por 2.0 m de ancho. En esta toma se instalaron rejillas para interceptar objetos flotantes.

Los datos más significativos de la Presa Pando se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Datos significativos de la Presa Pando

Elevación	Cresta 1,222 msnm
Cuenca de drenaje	184 km ²
Volumen del embalse	900,000 m ³
	Volumen Útil: 500,000 m ³
	Volumen Muerto 400,000 m ³
Altura de Presa	Altura máxima del vertedero 30 m (medido desde la fundación)
Área del embalse	57, 461.79 m ²
Longitud total	150 m
Longitud de Vertedero	60 m
Número de compuertas	Dos (2) compuertas radiales en la descarga de fondo y cinco (5) secciones de vertedero de flujo libre.
Caudal de Diseño de Vertedero	1100 m ³ /s
Caudal de diseño de compuerta de fondo	200 - 250 m ³ /s
Coordenadas	973528 N, 314225 E
Características básicas de la Presa	Tipo de presa: Concreto convencional vaciado en bloques.

Fuente: EISA-CEDSA. Agosto 2013

En el Anexo se presentan los planos descriptivos de los diferentes componentes de la Central Hidroeléctrica Pando.

Monitoreo y detección de Anomalías

Para el monitoreo y detección de anomalías la Central Hidroeléctrica Pando contará con los siguientes instrumentos que serán medidos con una regularidad trimestral (Tabla 2):

Tabla 2. Descripción de equipos que serán usados en la Presa Pando para el monitoreo de anomalías

Instrumento	Características	Fabricante	Modelo
Extensómetro de Varilla	Posibilita la lectura manual o automática con transductores de desplazamiento	OFITECO	EVO
Medidor de Juntas	Control externo de juntas entre bloques en las galerías de presa	OFITECO	N/A
Aforador de filtraciones	Control de filtraciones	OFITECO	AF-TH
Clavo de Nivelación y Colimación	monitoreo de desplazamiento horizontal y vertical	OFITECO	N/A
Piezómetro de cuerda vibrante	Medición de presión intersticial y nivel freático	GLOETZL	EPVW 3
Transductor Lineal	Sensor de medida de desplazamiento lineal	GUEMISA	KL
Acelerómetro	Modulo para detección sísmicas	GURALP SYSTEMS LTD	CMG-5TCDE

Fuente: Manual de equipos EISA. 2013

La información obtenida con la instrumentación instalada en la Presa Pando será almacenada usando datalogger marca Cambell Scientific modelo CR1000. Los datos almacenados en los datalogger serán transmitidos a través de una red, usando módulos Ethernet. Finalmente, toda esta información será procesada y analizada con el sistema SCADA de Presa.

Franjas de Operación de Embalses

En la Tabla 3 se presentan las franjas de operación del embalse de la Central Hidroeléctrica Pando.

Tabla 3. Franjas de Operación de embalses de la Central Hidroeléctrica Pando.

Franjas de normas de operación	Cota (m)
NmiOE	1215.0
NmiON	1215.0
NMON	1222.0
NMOE	1226.2
NMCE	1226.2

Dónde:

NmiOE: Nivel Mínimo de Operación Extraordinaria

NmiON: Nivel Mínimo de Operación Normal

NMON: Nivel Máximo de Operación Normal

NMOE: Nivel Máximo de Operación Extraordinario

NMCE: Nivel Máximo de Condición de Emergencia

Sitios poblados aguas abajo del embalse de la Central Hidroeléctrica Pando

A continuación, se presentan los sitios poblados localizados en la ribera del Río Chiriquí Viejo, aguas abajo de la Presa Pando (Tabla 4).

Tabla 4. Lugar Poblado, aguas abajo de embalse Pando.

Corregimiento	Lugar Poblado	Viviendas totales Censo 2010	Población total Censo 2010	Coordenadas UTM (WGS-84)		
				Norte	Este	Elev. msnm
Monte Lirio	Campo Alegre	83	336	970897	298102	841
	Villa Lourdes	38	183	971192	300365	884
	Monte Lirio	208	715	972441	299161	853
	San Antonio Arriba	43	183	973182	305957	1012
	San Antonio	147	589	972393	303856	997
Plaza Caisán	La Fila de Caisán	1	6	971914	312142	1338
	Caisán Primavera	94	344	971443	309406	1191
	Caisán Centro	128	521	970772	305622	1036
	Caisán Arriba	23	93	973182	308968	1140
	Caisán Abajo	2	21	969478	303098	955
	Plaza Caisán	331	1363	969578	299778	807

Fuente: Volumen I: Lugares Poblados de la República, INEC, Contralora General de la Republica. Junio 2021

En el Mapa 1 se presenta la distribución de las comunidades con respecto al cauce del río Chiriquí Viejo.

Categorización de la Presa

De acuerdo con la categorización por riesgos de potenciales impactos, establecidos en la Norma de Seguridad de presa aprobada por la Resolución AN No. 3932-Elec del 22 de octubre de 2010, la Presa de la Central Hidroeléctrica Pando se categorizan según los criterios descritos en la Tabla 5.

Tabla 5. Análisis de afectaciones por inundaciones aguas abajo de la Presa Pando

Componente	Daños	Descripción
Pérdida directa de vidas humanas	Existen vidas humanas aguas debajo de la presa, ubicadas en el margen derecho del río (Dos Familias).	Las características geomorfológicas del cauce y la ubicación de las comunidades se contemplan la posibilidad de pérdidas directas de vidas humanas debido a que, en el margen derecho, aguas abajo del río se ubicaron dos familias; se debe advertir que puede haber la remota posibilidad de pérdida humana por encontrarse directamente en el cauce, debido a actividades como la pesca.
Pérdidas de servicios esenciales	Daños a centrales hidroeléctricas aguas abajo de la presa	La principal infraestructura que se verían afectadas sería la propia presa Pando, la cual dejaría de generar, afectando al mercado eléctrico. Además, se afectaría la Central Hidroeléctrica Monte Lío, localizada aguas abajo de la Hidroeléctrica Pando.
Pérdida en propiedades	No se prevén daños	La topografía del cauce impide siembra de productos agrícolas y es limitado el acceso a los animales de crianza.
Pérdidas ambientales	Afectación de ecosistemas	Los daños se relacionan con la pérdida de cobertura vegetal en las riberas del cauce, afectando el hábitat de especies acuáticas y terrestres. Esta afectación no es significativa, ya que depende del nivel alcanzado por la crecida

Una vez analizadas las diferentes categorías, se procede a la categorización de la presa Pando (Tabla 6).

Tabla 6. Categorización de la Presa Pando según el Riesgo potencial

Categoría	A	B	C
Riesgo	Alto	Significativo	Bajo
Pérdida directa de vidas humanas		✓	
Pérdida de servicios esenciales		✓	
Pérdidas en propiedades		✓	
Pérdidas Ambientales		✓	

De manera general, la presa Pando fue categorizada tipo **B** "Riesgo potencial significativo" lo que establece que son aquellas en las que las fallas o mala operación resultan en pérdida de vidas

humanas y a su vez puede causar pérdidas económicas, daños localizados al ambiente, interrupción de instalaciones y comunicaciones.

Centro de comunicaciones y coordinación: Taller de Mantenimiento

Se ha designado el taller de Mantenimiento como el centro de Comunicaciones y coordinación ya que esta próximo a todas las instalaciones de EISA, cuenta con sistemas de comunicación y rutas alternas para evacuación.



Figura 1. El centro de comunicaciones y coordinación durante emergencias estará ubicado en el Taller de mantenimiento.

3 Implementación de un Sistema de Alerta Hidrológico

La cuenca 102 del Río Chiriquí Viejo cuenta con dieciséis (16) estaciones meteorológicas, de las cuales, catorce (14) son convencionales y dos (2) satelitales, son operadas y mantenidas por el Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá (IMPHA).

EISA les dará seguimiento a los datos enviados por las estaciones satelitales y verificará los datos a través de comunicaciones directas del IMPHA, ETESA y Protección CIVIL o a través del sistema web <https://www.imhpa.gob.pa/es/>.

EISA tiene en custodia una estación hidrometeorológica en el embalse de la central Pando por lo que puede verificar la información de esta, compararla con los registros de la central y en caso de perder comunicación con el SCADA de la presa podrá darle seguimiento al nivel de presa vía Web.

La utilización de un sistema de alerta hidrológico prevé de forma muy acertada el hidrograma de las avenidas que entrarán a la presa. Esta información sumada a los datos de nivel del embalse brinda un panorama que permitirá hacer simulaciones para predecir el nivel al que puede ascender el embalse y la toma de decisiones oportunas, ya sea, la declaración de un sistema de alerta y las acciones que esto conlleve aguas abajo de la presa.

Con los datos de precipitación y de caudal más la información de la instrumentación instalados en la presa Montelirio, los operadores tendrán información actualizada de los niveles del embalse, permitiendo establecer la velocidad de ascenso del agua por arriba de lo normal. Por tal razón, los operadores de la central hidroeléctrica Pando, deben estar consciente de la importancia de la lectura continua de la elevación del nivel de agua en el embalse y deben realizar el balance hídrico que permita establecer la necesidad de activar el sistema de alerta temprana.

El primer camino para evitar o minimizar las consecuencias de las precipitaciones extraordinarias, sin duda, es la previsión. De ahí que se entienda que el mejor modo de afrontar una situación de emergencia de este tipo es adelantarse, a través de los sistemas de predicción meteorológica.

Después de 10 años de operación de la Central, el equipo de EISA ha aprendido a utilizar los radares y satélites meteorológicos en donde se da vigilancia, en temporada seca, a los frentes fríos y en temporada lluviosa los sistemas de baja presión, ondas tropicales y huracanes; y de igual forma, la fuerza de tarea conjunta conformada por Bomberos, IMPHA, Protección Civil y Policía Nacional (COE).

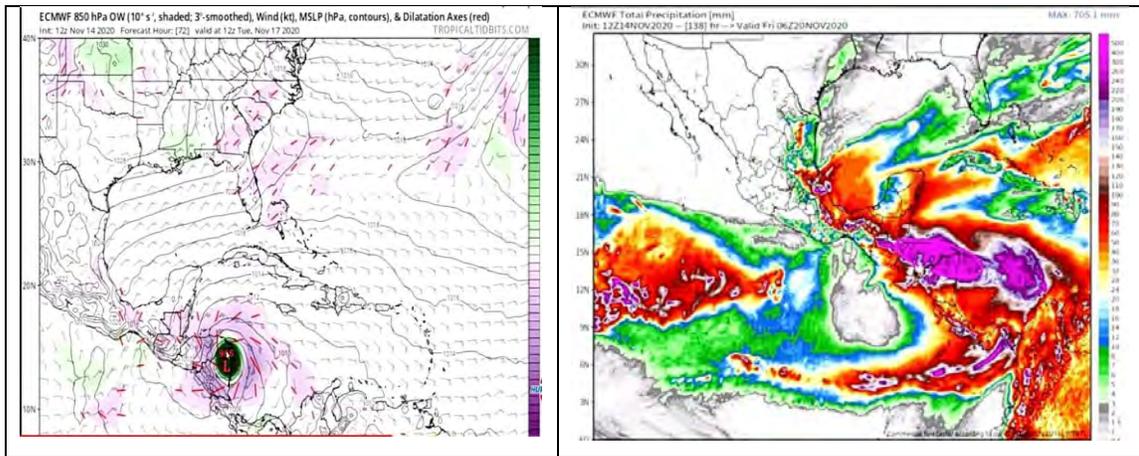


Figura 2. Modelos satelitales. La figura de la izquierda muestra los modelos según el ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) del seguimiento del huracán IOTA desde el 14 de noviembre 2020 hasta el 17 de noviembre 2020. La información más relevante sería la siguiente:

- Vientos a 850 hPa (aproximadamente 1.5 km de altitud) de hasta 260 km/h (categoría 5)
- Precipitación total de 200 mm de lluvia para Panamá (figura de la derecha).

Fuente: NOAA/AMAZON: satélites estacionarios para al atlántico GOES-16, GOES-18, y Himawari-9

4 Identificación de las Emergencias

4.1 Detección de la Anomalía

El personal que operará la Central Hidroeléctrica Pando estará preparado para la oportuna y confiable detección, evaluación, y clasificación de las situaciones de emergencia existente o potencial, enumeradas en la sección 6, en las Presa Pando.

Es más conveniente emitir una alerta mientras se confirma la magnitud de la emergencia, que esperar a que esa situación se produzca. El personal de mantenimiento del Central Hidroeléctrica Pando estará entrenado para buscar condiciones que podrían afectar la integridad de la presa o sus estructuras asociadas. Durante la inspección, el personal de Mantenimiento Civil buscará condiciones tales como grietas y hundimientos, filtraciones, corrosión interna, intemperismo, asentamiento, deterioro y/o disolución de la roca para la Presa Pando.

En cuanto a la detección de anomalías, en el caso de fallas estructurales, habrá un sistema de vigilancia de piezómetros y aforador de filtraciones que medirán niveles de filtración debajo de la

presa; se verificarán los desplazamientos verticales con los clavos topográficos y los medidores de desplazamiento en las juntas. Además de la vigilancia visual de grietas, encendido y apagado de las bombas de los sumideros, medición de los puntos de control en la corona de las presas, le indicarán a la empresa si existe alguna falla estructural por agotamiento de la estructura. En cuanto a falla por sismo la empresa cuenta con un acelerógrafo que le dan vigilancia y pueden indicarle si hay algún indicio de anomalía.

Situaciones como desastres naturales y aquellas con actividades humanas, podrían llevar a la falla de la presa. Las actividades humanas pueden aumentar el potencial de impactos serios por falla de las presas, aguas abajo de la misma. Cuando las personas desarrollan actividades productivas y establecen sus hogares dentro de los límites de una zona inundable, el riesgo y potencial de peligro aumentan.

Desastres Naturales

Los peligros naturales más importantes que podrían impactar las presas son crecidas extraordinarias y/o movimientos telúricos. Las altas precipitaciones como tal no representan un riesgo especial a la presa; no obstante, generan posibles deslizamientos de los taludes en el embalse y saturación de sedimentos en el cuerpo de la presa, los cuales pueden causar diferentes situaciones de emergencia. De igual forma, las altas precipitaciones pueden aumentar el nivel del embalse llevando a una situación de vertimiento. La actividad sísmica no es anticipable en el tiempo por lo que en el plan se plantea la detección del suceso y de los resultados de una inspección posterior.

Actividades Humanas

Las afectaciones asociadas a las actividades humanas están relacionadas principalmente a fallas de las estructuras por deterioro de material o mala construcción y/o diseño; también los errores de operación del personal responsable debido a que se cuenta con procedimientos operativos para evitar los mismos. Este tipo de actividades no serán consideradas dado que escapan de la capacidad de predecir.

Ocasionalmente, es posible que las presas sean objeto de vandalismo, sabotaje y/o actos bélicos, el cual puede resultar en daños estructurales. Debido al vandalismo y la preocupación por la seguridad pública, el acceso a las estructuras de las presas está normalmente restringido. Es poco probable que estos eventos ocurran; por lo tanto, no serán considerados en este PADE.

4.2 Tipos de Alerta

La definición de la alerta es el punto de inicio del desarrollo de operaciones para afrontar y manejar una situación de emergencia. A continuación, se clasifican las alertas de acuerdo a los indicadores para cada una de las situaciones de emergencia, y de las características de la presa Pando y los elementos que la identifican y distinguen. En la Tabla 7 se describen las causas para cada una de los tipos de Alerta:

Tabla 7. Descripción de los tipos de alertas a implementar en el PADE según la Resolución AN 1161 ELEC de 2017

Alertas	Identificación de la emergencia	Características
Blanca	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. Se debe operar las compuertas de presa según la tabla 11.</p> <p>En caso de movimiento sísmico alejado de la zona de las presas, cuando se detectaron anomalías, susceptibles de comprometer la integridad de las obras en un plazo relativamente corto. Ver tabla 10 de Umbrales de instrumentación de presa.</p>
Verde	Preocupaciones serias	<p>Se está desarrollando un comportamiento anormal o una situación de contingencia en la presa. 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. Ante altos aportes de agua ver tabla 11. para el manejo controlado del embalse.</p> <p>Cuando se registran valores de aceleración anormales en los instrumentos de auscultación según la tabla 10; cuando se detecta operación defectuosa de algún dispositivo de evacuación, mala maniobra del mismo durante una situación de emergencia y la aparición de nuevas grietas o desplazamientos en la presa; cuando se registran deslizamientos de laderas en el embalse o en sus proximidades aguas arriba; cuando existen actos de vandalismo o sabotaje; frente a la ocurrencia de sismos que ocasionen daños de diversa consideración, pero acciones de respuesta pueden impedir o mitigar tales circunstancias.</p>
Amarilla	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 bien, 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 detectadas por los instrumentos de auscultación internos o externos; actos de vandalismos o sabotaje. Cuando a pesar de que se ha ejecutado un adecuado manejo del volumen de presa, pero el nivel del mismo continúe aumentando (y se espera más precipitación)</p>

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.

Es importante destacar que la definición de los umbrales definidos para las alertas y su asignación a los diferentes escenarios se realizarán en cada caso en función de los resultados de las simulaciones hidrológicas e hidrológicas y de análisis de seguridad de presa y de las experiencias en su comportamiento.

4.2.1 Umbrales de los instrumentos de Presa

La presa Pando cuenta con un SCADA en donde se puede monitorear la condición de la presa en tiempo real, el mismo ayuda a identificar rápidamente las anomalías en la misma.

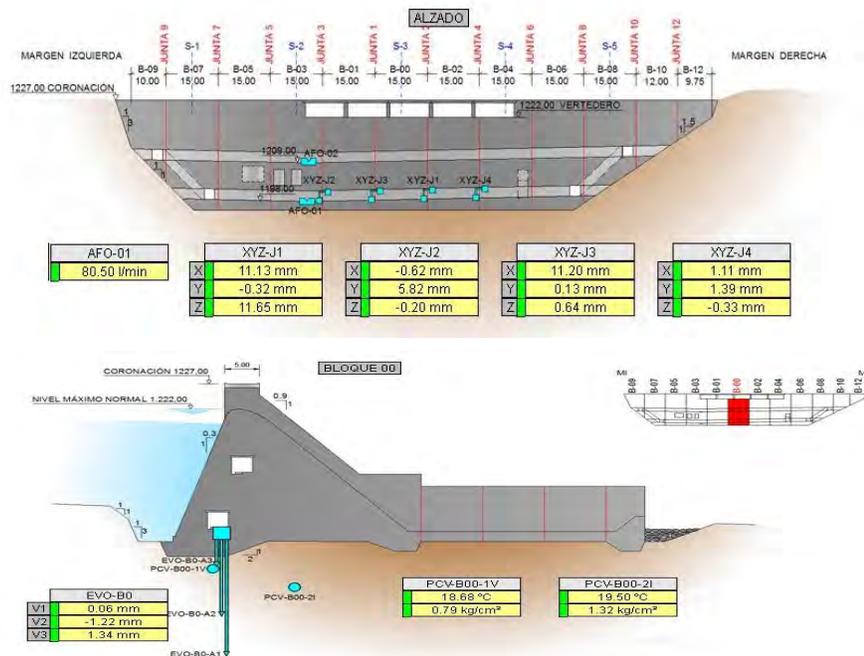


Figura 3. SCADA con los valores de desplazamiento de las Juntas, el aforador, supresiones y extensómetros de Varilla

Tabla 8 Mediciones actuales de la presa y su condición normal

	Punto de medición	Unidad de medida	Medición Actual
DEFORMACIONES EN CIMENTACION	BLOQUE 0 A1	mm	0.05
	BLOQUE 0 A2	mm	-0.84
	BLOQUE 0 A3	mm	0.34
	BLOQUE 7 A1	mm	0.06
	BLOQUE 7 A2	mm	-0.03
	BLOQUE 7 A3	mm	0.33
	BLOQUE 8 A1	mm	-0.39
	BLOQUE 8 A2	mm	3.16
JUNTAS Y GRITEAS	BLOQUE 8 A3	mm	0.18
	JUNTA 1 X	mm	9.69
	JUNTA 1 Y	mm	-0.28
	JUNTA 1 Z	mm	11.66
	JUNTA 2 X	mm	-0.56
	JUNTA 2 Y	mm	0.84
	JUNTA 2 Z	mm	-0.20
	JUNTA 3 X	mm	3.82
	JUNTA 3 Y	mm	0.10
	JUNTA 3 Z	mm	0.95
	JUNTA 4 X	mm	3.02
	JUNTA 4 Y	mm	8.49
JUNTA 4 Z	mm	-0.31	
Filtraciones	AFORADOR INFERIOR	mm	29.18
PRESIONES, SUBPRESIONES Y TEMPERATURAS	PANDAAPCV001	Kg/cm3	0.79
	PANDAAPCVT001	°C	18.85
	PANDAAPCV002	Kg/cm3	1.25
	PANDAAPCVT002	°C	19.66
	PANDAAPCV003	Kg/cm3	1.83
	PANDAAPCVT003	°C	18.36
	PANDAAPCV004	Kg/cm3	1.83
	PANDAAPCVT004	°C	18.53
	PANDAAPCV005	Kg/cm3	0.89
	PANDAAPCVT005	°C	19.17
	PANDAAPCV006	Kg/cm3	0.99
	PANDAAPCVT006	°C	19.69
	PANDAAPCV007	Kg/cm3	0.77
	PANDAAPCVT007	°C	18.64
	PANDAAPCV008	Kg/cm3	1.65
	PANDAAPCVT008	°C	18.71
	PANDAAPCV009	Kg/cm3	15.21
PANDAAPCVT009	°C	16.89	

La siguiente tabla muestra las mediciones actuales de la presa y su condición normal, la tabla No. 8 muestra los criterios para declarar alertas basados en los umbrales de los equipos de medición de presa.

Tabla 9. Criterios para declarar alertas basados en los umbrales de los equipos de medición de presa.

Umbrales de instrumentos de Pando Para declarar	Medición Actual	Blanca	Verde	Amarilla	Roja
Mediciones de junta	Ver Tabla 8	< 10 mm	10 - 20 mm	> 20 mm	> 25 mm o Visible a simple vista
Extensómetros de varilla	Ver tabla 8	<12.5 mm (varilla corta); 25 mm (varilla larga)	12.5-20 mm (varilla corta); 25-35 mm (varilla larga)	>20 mm (varilla corta); 35 mm (varilla larga)	>20.5 mm o Visible a simple vista
Sub-presiones	Ver tabla 8	<2 bar	2 - 3 bar	> 3 bar	> 3.5 Visible a simple vista
Filtraciones	Ver tabla 8	<500 L/min	<500 L/min	500 – 700 L/min	➤ 700Visible a simple vista

Sensor	Descripción	Fecha	Lectura	Unid. Lectura	Medida	Unid. Medida	Flag	Manip	Estad	Alerta	Presa	Sistema
PANDAAPCV001	PCV-B00-1V PRESION	25/09/2024 00:00:00	0.79	kg/cm ²	0.79	kg/cm ²	N	NC	No cor		PANDO	Subpresion
PANDAAPCV002	PCV-B00-2I PRESION	25/09/2024 00:00:00	1.32	kg/cm ²	1.32	kg/cm ²	N	NC	No cor		PANDO	Subpresion
PANDAAPCV003	PCV-B07-1V PRESION	25/09/2024 00:00:00	1.35	kg/cm ²	1.35	kg/cm ²	N	NC	No cor		PANDO	Subpresion
PANDAAPCV004	PCV-B07-2I PRESION	25/09/2024 00:00:00	1.85	kg/cm ²	1.85	kg/cm ²	N	NC	No cor		PANDO	Subpresion
PANDAAPCV005	PCV-B04-1V PRESION	25/09/2024 00:00:00	0.91	kg/cm ²	0.91	kg/cm ²	N	NC	No cor		PANDO	Subpresion
PANDAAPCV006	PCV-B04-2I PRESION	25/09/2024 00:00:00	1.01	kg/cm ²	1.01	kg/cm ²	N	NC	No cor		PANDO	Subpresion
PANDAAPCV007	PCV-B08-1V PRESION	25/09/2024 00:00:00	0.78	kg/cm ²	0.78	kg/cm ²	N	NC	No cor		PANDO	Subpresion
PANDAAPCV008	PCV-B09-MI PRESION	25/09/2024 00:00:00	1.69	kg/cm ²	1.69	kg/cm ²	N	NC	No cor		PANDO	Subpresion
PANDAAPCV009	PCV-B10-MD PRESION	25/09/2024 00:00:00	15.07	kg/cm ²	15.07	kg/cm ²	N	NC	No cor		PANDO	Subpresion
PANDAAPCVT001	PCV-B00-1V TEMPERA	25/09/2024 00:00:00	18.68	°C	18.68	°C	N	NC	No cor		PANDO	Subpresion
PANDAAPCVT002	PCV-B00-2I TEMPERA	25/09/2024 00:00:00	19.50	°C	19.50	°C	N	NC	No cor		PANDO	Subpresion
PANDAAPCVT003	PCV-B07-1V TEMPERA	25/09/2024 00:00:00	18.44	°C	18.44	°C	N	NC	No cor		PANDO	Subpresion
PANDAAPCVT004	PCV-B07-2I TEMPERA	25/09/2024 00:00:00	18.62	°C	18.62	°C	N	NC	No cor		PANDO	Subpresion
PANDAAPCVT005	PCV-B04-1V TEMPERA	25/09/2024 00:00:00	19.12	°C	19.12	°C	N	NC	No cor		PANDO	Subpresion
PANDAAPCVT006	PCV-B04-2I TEMPERA	25/09/2024 00:00:00	19.63	°C	19.63	°C	N	NC	No cor		PANDO	Subpresion
PANDAAPCVT007	PCV-B08-1V TEMPERA	25/09/2024 00:00:00	18.62	°C	18.62	°C	N	NC	No cor		PANDO	Subpresion
PANDAAPCVT008	PCV-B09-MI TEMPERA	25/09/2024 00:00:00	18.91	°C	18.91	°C	N	NC	No cor		PANDO	Subpresion

Figura 4. Formato que se muestra la información del SCADA de Presa, El mismo cambia de color cuando se alcanzan los diferentes umbrales.

El operador de la planta es la persona que tiene acceso al SCADA de la presa razón por la cual solicita la inspección de las instalaciones al recibir alguna alerta del SCADA, ocurre algún sismo o detecta alguna anomalía.

4.3 Alerta hidrológica

Durante una crecida extraordinaria, los umbrales que determinan el tipo de alerta son los siguientes:

Tabla 10. Umbrales que determinan el tipo de alerta

Alerta	Nivel de embalse	Caudal vertido	Aceleración	Apertura de Compuerta de Fondo N1	Apertura de Compuerta de Fondo N2
Blanca	1,222.50	86.10	0.1	0%	5%
Verde	1,224.27	428.60	0.2	<5%	< 22%
Amarilla	1,225.02	675.43	0.3	<15%	<35%
Roja	1,226.50	3,118.41	0.4	< 50%	<50%

La regla para la apertura de Compuertas

Durante una crecida extraordinaria se debe mantener las presiones de presa en los umbrales óptimos por lo que se debe proceder a la apertura de las compuertas según la tabla siguiente:

Nivel (msnm)	Porcentaje de Apertura de Compuerta N.1	Porcentaje de Apertura de Compuerta N.2	Flujo en m3/s Compuerta 1	Flujo en m3/s Compuerta 2	Flujo Total
1,222.50	0	5	0	5.67289212	5.67289212
1,222.75	0	7	0	7.94204897	7.94204897
1,223.00	0	10	0	11.3457842	11.3457842
1,223.25	0	12	0	13.6149411	13.6149411
1,223.50	0	15	0	17.0186764	17.0186764
1,223.75	0	17	0	19.2878332	19.2878332
1,224.00	5	20	5.67289212	22.6915685	28.3644606
1,224.27	5	22	5.67289212	24.9607253	30.6336174
1,224.50	10	25	11.3457842	28.3644606	39.7102448
1,224.75	10	27	11.3457842	30.6336174	41.9794017
1,225.00	15	30	17.0186764	34.0373527	51.0560291
1,225.02	15	35	17.0186764	39.7102448	56.7289212
1,225.50	15	40	17.0186764	45.383137	62.4018133
1,225.75	20	40	22.6915685	45.383137	68.0747054
1,226.00	20	40	22.6915685	45.383137	68.0747054
1,226.25	25	50	28.3644606	56.7289212	85.0933818
1,226.50	25	50	28.3644606	56.7289212	85.0933818
1,226.75	30	50	34.0373527	56.7289212	90.7662739
1,227.00	50	50	56.7289212	56.7289212	113.457842

Tabla 11. La tabla proporciona el control de nivel hasta que se logren valores por debajo de la cota 1222.50 msnm que corresponden a los valores de MNOE.

4.4 Diagramas de Aviso

Para las situaciones de emergencias señaladas en la sección 4.1, el **Coordinador del PADE**, realizará notificaciones según el Diagrama de Aviso respectivo. Estos diagramas de aviso se han realizado basados en la Resolución AN No 1161 - Elec del 9 de noviembre de 2017. Estos diagramas incluyen unidades la UTESEP y la Autoridad del Manejo del Agua.

Los mensajes por alerta son los siguientes:

Alerta Blanca

La autoridad competente en el Manejo de Agua declarará la Alerta Blanca de acuerdo con sus procedimientos de comunicación y según lo establecido en las Normas de Seguridad de Presa. De no estar vigente dicha autoridad el **Coordinador del PADE** emitirá el siguiente mensaje:

*“Soy el **Coordinador del PADE** por EISA de la Central Hidroeléctrica Pando, la cual presenta la siguiente situación de emergencia (**especificar la causa**); por lo tanto, a las (**HH:MM**) se debe activar la Alerta Blanca. Repito: la Central Hidroeléctrica Pando, tiene la siguiente situación de emergencia (**especificar la causa**); por lo tanto, a las (**HH:MM**) se activa el nivel de Alerta Blanca. Por lo tanto, deben tomar las medidas necesarias de vigilancia y control. Por favor ponga a todos sus contactos en alerta. Manténgase en contacto e informado sobre las siguientes notificaciones o terminación de la emergencia. El **Coordinador del PADE por EISA** puede ser contactado a los teléfonos: 700-0990. Por favor comunique la recepción de este mensaje, confirme que ha entendido y proporcione su nombre y apellido”.*

Alerta Verde

*“Soy el **Coordinador del PADE** por EISA de la Central Hidroeléctrica Pando, la cual tiene la siguiente situación de emergencia (**especificar la causa**); por lo tanto, a las (**HH:MM**) se activa la Alerta Verde, para la presa, Pando. Repito: la Central Hidroeléctrica Pando, tiene la siguiente situación de emergencia (**especificar la causa**); por lo tanto, a las (**HH:MM**) se activa el nivel de Alerta Verde. Se están tomando las medidas necesarias de vigilancia y control. Se solicita que los organismos competentes de la Protección Pública deben estar listo para el proceso de evacuación, de los poblados aguas abajo de la Presa Pando. Por favor ponga a todos sus contactos en alerta. Manténgase en contacto e informado sobre las siguientes notificaciones o terminación de la emergencia. El **Coordinador del PADE** puede ser contactado a los teléfonos: 700-0990. Por favor*

comunique la recepción de este mensaje, confirme que ha entendido y proporcione su nombre y apellido”.

Alerta Amarilla

“Soy el **Coordinador del PADE** por EISA de la Central Hidroeléctrica Pando”, les notifico que se está presentando una situación potencialmente peligrosa (**especificar la causa**); en la Presa Pando. Repito: les notifico⁶ que se está presentando una situación potencialmente peligrosa (**especificar la causa**) en la Presa Pando. Por favor declaré la Alerta Amarilla y notifiqué a la Autoridad competente en el Manejo del agua como a los organismos competentes en la protección pública. Por favor comunique la recepción de este mensaje, confirme que ha entendido y proporcione su nombre y apellido. El **Coordinador del PADE** puede ser contactado a los teléfonos: 700-0990.”.

La UTESEP declarará La Alerta Amarilla de acuerdo a sus procedimientos de comunicación, según la Norma de Seguridad de Presa. De no estar vigente esta unidad, el **Coordinador del PADE** declarará la Alerta Amarilla y procederá de acuerdo con el diagrama de aviso.

Alerta Roja

*“Soy el **Coordinador del PADE** por EISA de la Central Hidroeléctrica Pando”, les notifico que se ha presentado una situación de emergencia (**especificar la causa**)⁷ que ha ocurrido en Presa Pando causando pérdidas incontrolables de agua del embalse. Repito: les notifico que se ha presentado una situación de emergencia (**especificar la causa**)⁹ que ha ocurrido Presa Pando con pérdidas incontrolable de agua del embalse, por favor declare la Alerta Roja y notifique a los organismos competentes en la protección pública. Por favor comunique la recepción de este mensaje, confirme que ha entendido y proporcione su nombre y apellido. El **Coordinador del PADE** puede ser contactado a los teléfonos: 700-0990”.*

*La UTESEP declarará la Alerta Roja de acuerdo con sus procedimientos de comunicación. De no estar vigente esta unidad, el **Coordinador del PADE** declarará la Alerta Roja y procederá de acuerdo con el diagrama de aviso.*

EISA, notificará a los pobladores del área de la situación de emergencia con el siguiente mensaje:

*“Soy el **Coordinador del PADE** por EISA de la Central Hidroeléctrica Pando”, les notifico que se ha presentado una situación de emergencia (**especificar la causa**)⁸ que ha ocurrido en presa Pando causando pérdidas incontrolables de agua del embalse. Repito: les notifico que se ha presentado una situación de emergencia (**especificar la causa**)⁹ que ha ocurrido presa Pando con pérdidas incontrolable de agua del embalse, por favor declare la Alerta Roja y notifique a los organismo competentes en la protección pública. Por favor comunique la recepción de este mensaje, confirme que ha entendido y proporcione su nombre y apellido”. El **Coordinador del PADE** puede ser contactado a los teléfonos: 700-0990.*

Los mensajes anteriormente descritos son una guía, se debe recordar la información necesaria que el **Coordinador del PADE** deberá notificar, según lo señalado en el diagrama respectivo, durante el mensaje.

A continuación, listamos dicha información:

- ✓ Nombre de la presa (presa Pando)
- ✓ Situación de emergencia (Condiciones de Crecidas Ordinarias y Extraordinarias; Por Colapso Estructural en Condición de Operación Normal; Por Colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias; Por Apertura Súbita de Compuertas; Por Falla de Operación de las Estructuras Hidráulicas de Descarga o Por Vaciado Controlado o Vaciado Rápido a causa de un problema en la presa)
- ✓ 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 se conoce, sino estimar A continuación los diagramas de aviso de acuerdo con el tipo de alerta presentada en este documento:

DIAGRAMA DE AVISO - PADE

Evento:
Niveles, alertas,
sensores

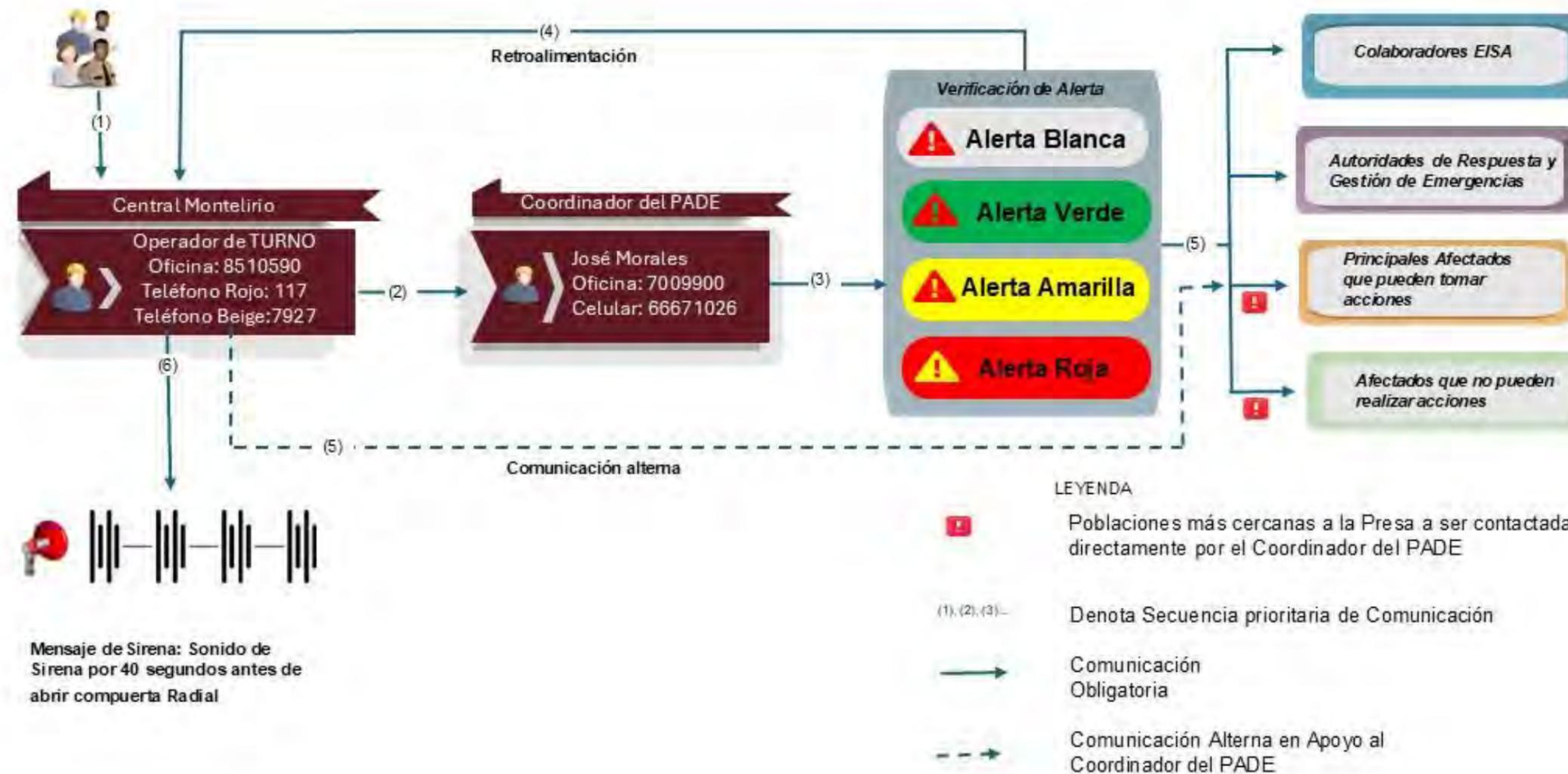
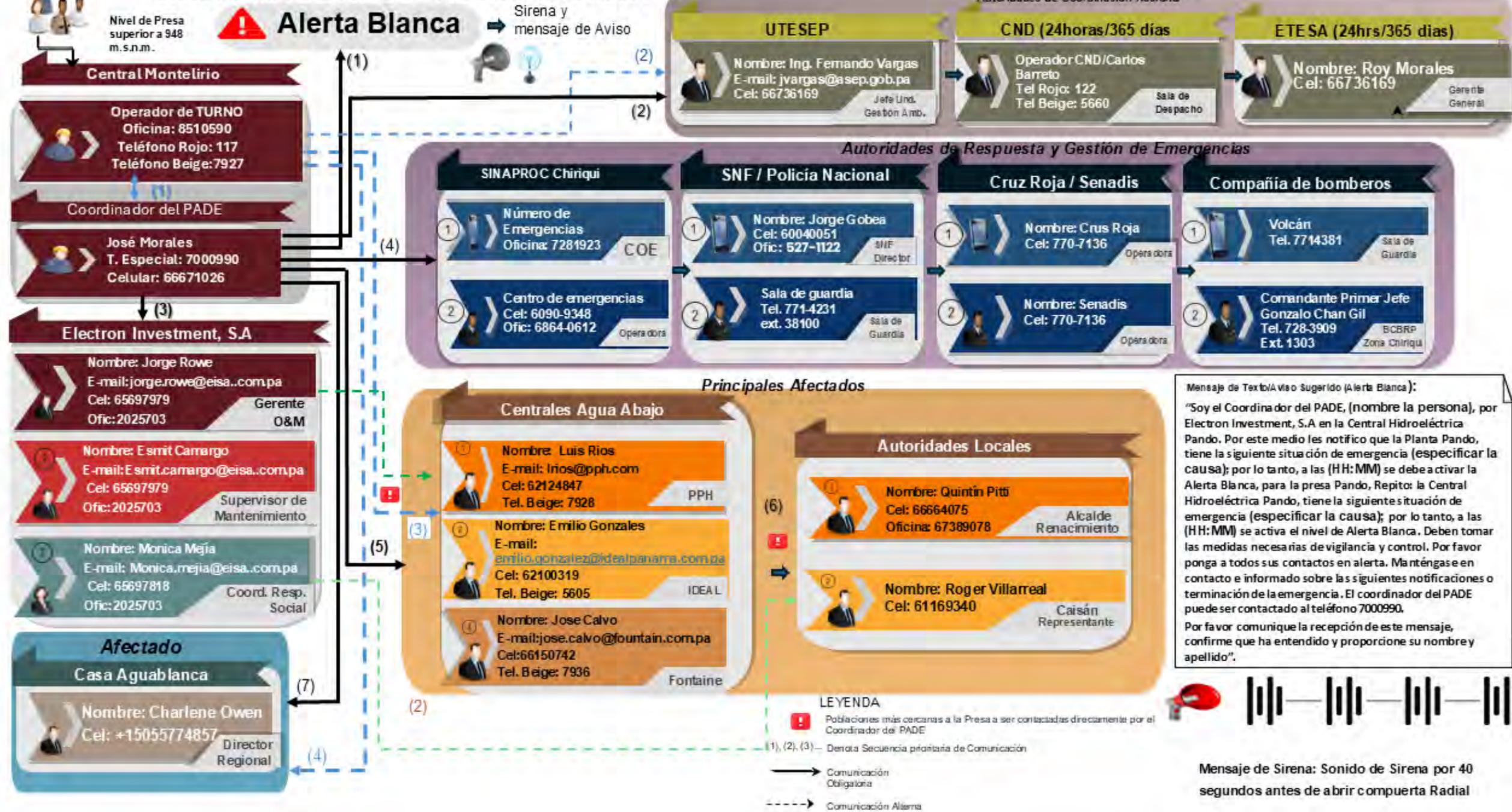
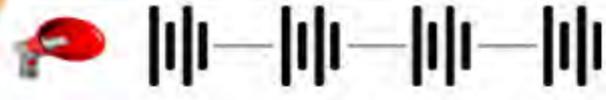


DIAGRAMA DE AVISO - ALERTA BLANCA



Mensaje de Texto/Aviso Sugerido (Alerta Blanca):

"Soy el Coordinador del PADE, (nombre la persona), por Electron Investment, S.A en la Central Hidroeléctrica Pando. Por este medio les notifico que la Planta Pando, tiene la siguiente situación de emergencia (especificar la causa); por lo tanto, a las (HH:MM) se debe activar la Alerta Blanca, para la presa Pando, Repitor: la Central Hidroeléctrica Pando, tiene la siguiente situación de emergencia (especificar la causa); por lo tanto, a las (HH:MM) se activa el nivel de Alerta Blanca. Deben tomar las medidas necesarias de vigilancia y control. Por favor ponga a todos sus contactos en alerta. Manténgase en contacto e informado sobre las siguientes notificaciones o terminación de la emergencia. El coordinador del PADE puede ser contactado al teléfono 7000990. Por favor comunique la recepción de este mensaje, confirme que ha entendido y proporcione su nombre y apellido".



Mensaje de Sirena: Sonido de Sirena por 40 segundos antes de abrir compuerta Radial

DIAGRAMA DE AVISO - ALERTA VERDE

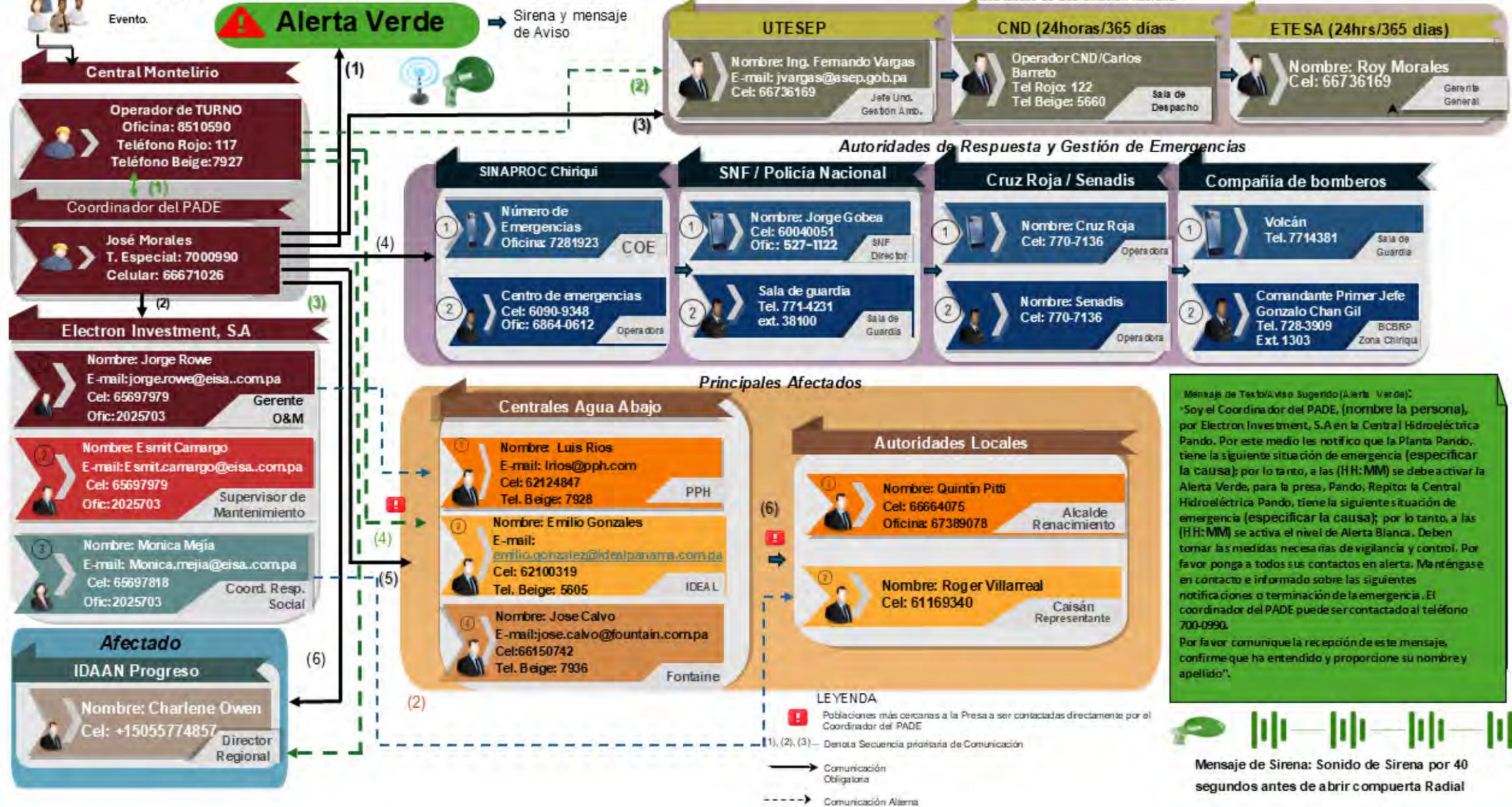


DIAGRAMA DE AVISO - ALERTA AMARILLA

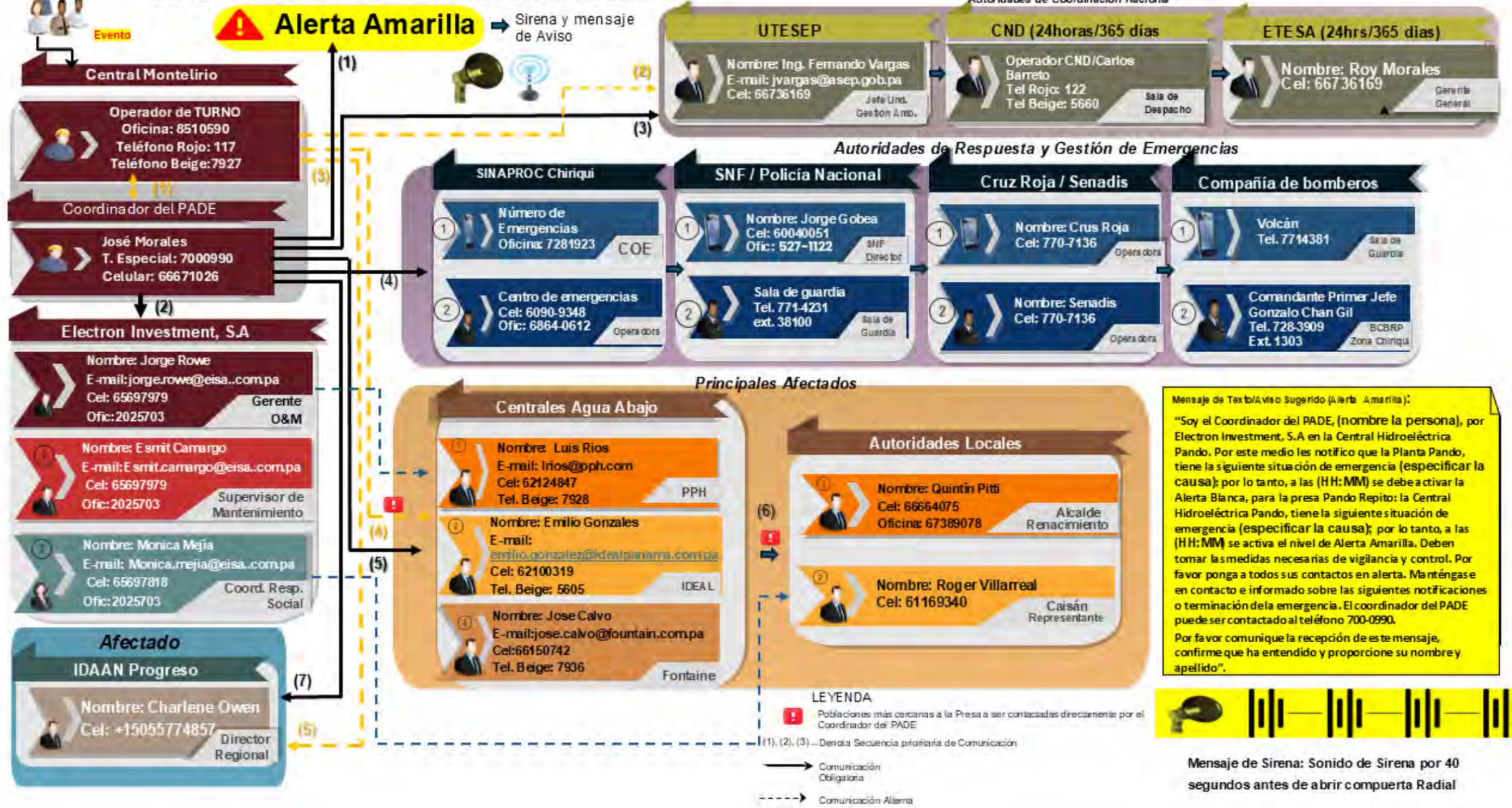
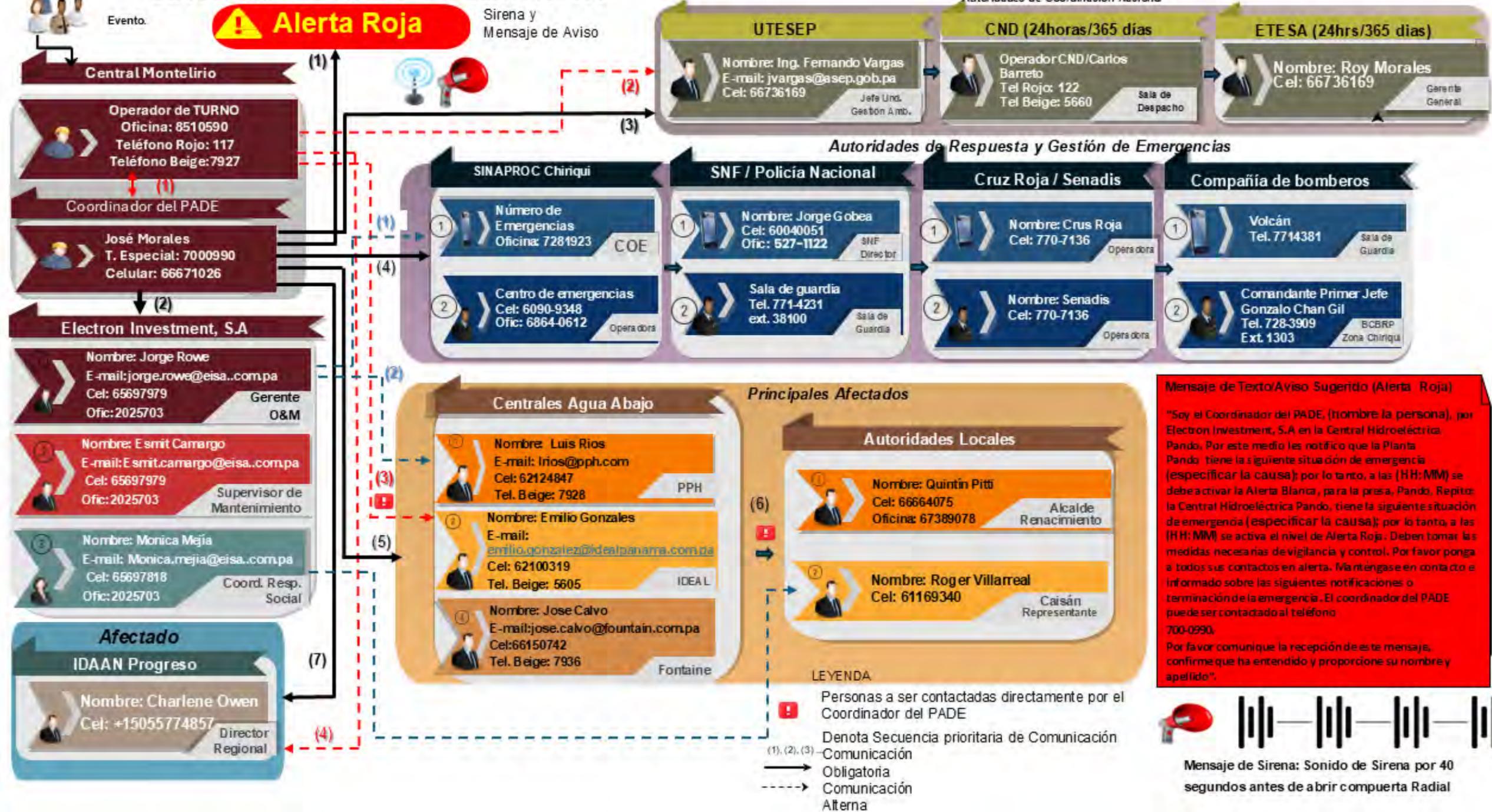


DIAGRAMA DE AVISO - ALERTA ROJA



5 Procedimiento para Declarar la Emergencia.

La detección precoz y evaluación de la(s) situación(es) o hecho(s) determinante(es) que inician o requieren una acción de urgencia son cruciales. El establecimiento de los procedimientos de información fiable y oportuna clasificación de una situación de emergencia es imprescindible para garantizar que la acción más adecuada se basa en la urgencia del caso.

Después de la observación de una situación peligrosa en la Central Hidroeléctrica Pando, el inicio de la activación de planes de emergencia se puede dar por parte del observador, como por los representantes del sitio que conducen las labores de mantenimiento e inspección rutinarios. El personal de EISA que labora en la Central Hidroeléctrica Pando inspecciona regularmente la presa y sus estructuras asociadas. Es su responsabilidad reconocer señales de peligros en desarrollo tales como los anotados en la sección 4, y tomar la iniciativa de actuar de acuerdo con la situación.

5.1 Rotura de presa con buen tiempo en Nivel de operación normal, NMON

Las simulaciones hidráulicas son las corridas del programa Hec-Ras para obtener los mapas de inundación. En el Anexo H se presenta el mapa de inundación para una probabilidad de excedencia de 5 % y 90 %. Hasta 2.3 Km aguas abajo de la presa Pando, lo cual incluye las dos viviendas.

6 Procedimiento Para el Manejo de las Emergencias

Los planes de emergencia involucran desde el personal a cargo de la operación de la Central Hidroeléctrica Pando, personal jerárquico de EISA, así como de la ASEP. Por lo tanto, una vez que se identifica una condición de emergencia, es esencial el personal responsable responda inmediatamente para llevar a cabo la notificación por parte de EISA y las medidas necesarias para la ejecución de la emergencia por parte de los estamentos de seguridad. De esta forma, se garantiza el éxito del PADE.

Para ejecutar el PADE de la Central Hidroeléctrica Pando, el equipo de colaboradores funcionará de forma coordinada. Por lo tanto, será necesario seleccionar profesionales que se ajusten a los perfiles requeridos para desempeñar las tareas definidas en el PADE. Los procedimientos para el manejo de

las Emergencias se definirán detalladamente por situación de emergencia.

A continuación, se describen responsabilidades específicas de las personas u organizaciones para el mantenimiento y operación de la presa y para implementar las diferentes fases de cada uno de los planes que comprenden el PADE.

El observador de una falla inminente o real tiene el compromiso de notificar al operador de sala de control de la Central Hidroeléctrica Pando y el operador notificará al **Coordinador del PADE** y este a su vez notificará a los organismos competentes en la Protección Pública de acuerdo a los diagramas de notificaciones incluidos en este documento.

El **Coordinador del PADE** de la Central Hidroeléctrica Pando será responsable de mantener un registro de todas las comunicaciones y/o notificaciones realizadas, según el diagrama de aviso de las emergencias correspondientes; indicándole la hora e información reportada en la llamada de notificación. Además, coordinará los esfuerzos durante la emergencia, organizando las labores de rescate de personas; con el personal de rescate de SINAPROC, Cuerpos de Bomberos y Voluntarios. De igual manera, dirigirá actividades directas de reparación dentro la Central Hidroeléctrica durante la emergencia. Mantendrá activo un inventario de equipos útiles para caso de emergencia, en especial herramientas que ayuden en maniobras de rescate.

Las responsabilidades del **Coordinador del PADE** también incluirán: la revisión y solicitudes de modificaciones al plan, distribución de copias del plan y los diagramas de flujo, establecer el entrenamiento para el personal a cargo de la presa, y coordinar una prueba del plan. Él es la persona para contactar si surge cualquier pregunta sobre el plan.

El Departamento de Recursos Humanos mantendrá un listado de los colaboradores incluyendo teléfonos de los familiares, tipo de sangre, alergias entre otros en caso de emergencia.

La **sala de control** de la Central Hidroeléctrica servirá como centro de comunicaciones durante la emergencia, en caso de que se necesite evacuar la central, por alguna razón de fuerza mayor, el taller de mantenimiento sería el punto alternativo de comunicaciones.

El Gerente de EISA designa al **Coordinador del PADE** durante las emergencias. Este Gerente tendrá las siguientes responsabilidades:

- ✓ Asumir la dirección y la responsabilidad de toda emergencia que requiera de la activación

del Centro de Operaciones de Emergencias.

- ✓ Velar por la seguridad del personal, visitantes y terceras personas afectados por una emergencia.
- ✓ Coordinar y proveer dirección al supervisor de Operaciones o al **Coordinador del PADE** en cuanto a las prioridades de respuesta.
- ✓ Autorizar la inversión de los recursos económicos y humanos en las actividades de respuesta y control de emergencias.

El **Responsable de Transporte y Comunicaciones** deberá atender como mínimo lo siguiente:

- Colaborar en cuanto a sugerir las mejores y más seguras rutas de evacuación y formas de transporte
- Emplear dichas rutas para movilizar alimentos, medicinas o enseres, o ayuda externa.
- Mantener el intercambio de información de lo que ocurre y vías abiertas de comunicación con las autoridades. Debe encargarse de radios (tanto de recepción, como de comunicación). Debe mantener un listado de teléfonos de emergencias actualizado y accesible. Independientemente del tipo de emergencia de que se trate, todos los empleados deberán estar capacitados en los procedimientos de respuesta a emergencias. Es por tanto imperativo el realizar regularmente simulacros y jornadas de adiestramiento. Ante un accidente o desastre, cada persona deberá saber cómo conducirse y los niveles de improvisación deberían ser mínimos. Esa es la clave para afrontar exitosamente.
- Confeccionará un directorio telefónico para, en caso de emergencia, poder llamar a SINAPROC (Protección Civil), Cuerpo de Bomberos, Ambulancias o Policía. Estos números estarán bien visibles en la sala de control de la Central Hidroeléctrica.

El **Gerente o la persona que este designe**, hablará en nombre de EISA y del personal de operaciones de la Central.

Al definir las responsabilidades mencionadas, se entiende que las instalaciones de la Central Hidroeléctrica Pando cuentan con instrumentación adecuada para verificar la seguridad de la presa, la casa de máquinas y otras estructuras de la central, la cual estará en funcionamiento las 24 horas del día.

La Responsabilidad de la Duración, Seguridad, Conclusión y Seguimiento durante una emergencia

en la Central Hidroeléctrica Pando es del personal apropiado de EISA, garante de monitorear la presa durante una situación de emergencia. EISA estará en disposición de mantener a las autoridades locales y a SINAPROC informados de las condiciones de la presa desde el momento de la determinación inicial que existe una emergencia hasta que esta ha concluido. Se usarán todos los medios de comunicación disponibles. El principal medio de comunicación será el teléfono. Dependiendo de la disponibilidad se usarán teléfonos celulares, radio e internet. EISA será responsable de tomar la decisión de declarar el cese de la condición de emergencia en la presa. Esto podría deberse a la disminución de caudales, o debido a otra recomendación de EISA. EISA diseminará esta información mediante notificación directa a las autoridades locales, UTESEP (ASEP) y a SINAPROC, según lo establecido en la norma.

7 Situaciones de Emergencia

La preparación se inicia precisamente con la elaboración del presente documento (Plan de Emergencias). Es siempre mucho mejor invertir tiempo en la preparación y organización previas, que el improvisar ante la emergencia ya concretada.

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:

- Condiciones de Crecidas Ordinarias y Extraordinarias
- Por Colapso Estructural en Condición de Operación Normal
- Por Colapso Estructural 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

Para cada una de estas situaciones de emergencia hay Diagramas de Avisos (ver sección 4.3), de acuerdo con el tipo de alerta declarado. Dichos diagramas sintetizan claramente los esquemas de comunicación para cada condición de emergencia. Además, indican el orden o jerarquía prevista, las personas que serán avisadas, los cargos que ocupan, sus alternos y los medios de comunicación principales y alternativos.

Se han establecido las alertas que se aplicarán para cada una de las situaciones de emergencia para

la Presa (Tabla 12).

Tabla 12. Definición de Alertas para cada Situación de Emergencia

Escenarios	Situaciones de emergencias según “Norma para la seguridad de Presa”	Código de las alertas
1	Bajo Condiciones de crecidas Ordinarias y Extraordinarias	Blanca a Roja
2	Por Colapso Estructural en Condiciones de Operación Normal	Amarilla Roja
3	Por colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias	Amarilla Roja
4	Por Apertura Súbita de Compuertas	Blanca
5	Por Falla de Operación de las Estructuras Hidráulicas de Descarga con Crecida Extraordinaria *	Blanca a Roja
6	Por Vaciado Controlado o Vaciado Rápido a causa de un problema en la presa (sin Crecida)	Alerta Blanca

Nota: * La alerta de esta condición se considera que precede a la condición de colapso estructural en condiciones normales, ya que es lo más recomendable para aliviar la presión hidrostática en la pared interna de la presa.

7.1 Condiciones de Crecidas Ordinarias y Extraordinarias

Esta situación de emergencia conlleva a declarar la emergencia según el umbral de nivel de presa detallada en la tabla. En donde se especifican las reglas de apertura de compuertas para control de nivel en el embalse.

En este caso EISA debe apoyarse en los Comunicados oficiales de entidades estatales como el IMPHA, SINAPROC, ETESA.

7.2 Por Colapso Estructural en Condición de Operación Normal

Esta situación de emergencia se conoce como rotura de presa “con buen tiempo”, generalmente se modela con el embalse en un nivel normal de operación (MNON) y abarca los posibles escenarios de rotura de presa tales como: sismos, atentado, falla estructural de los materiales o de la fundación. Cabe resaltar, que para minimizar el riesgo de los colapsos estructurales y en cumplimiento a la Resolución AN-3932-ELEC-del 2010, EISA contratará a asesores técnicos y especialistas en seguridad de presa, para las inspecciones intermedias, globales, especiales y de emergencia de los aspectos relacionados a la seguridad de presa. Como resultado de la modelación hidráulica, se determinaron los siguientes criterios para el análisis de rotura (Tabla 13):

Tabla 13. Análisis de Rotura de la Presa de la Central Hidroeléctrica Pando en condición de operación Normal

Forma de la brecha	Rectangular
Tiempo de Formación	0.19 horas
Cota del fondo de la brecha	1195 msnm
Ancho de la brecha	31.25 metros

Fuente: Resultados de Modelación Hidráulica, CEDSA 2018.

El máximo caudal obtenido de la simulación hidráulica (sección 8) para el escenario de rotura de presa de la presa Pando por colapso estructural en condición de operación normal fue 3118.41 m³/s. En el Mapa 3 se presentan las planicies de inundación obtenidas con la simulación hidráulica para la Presa Pando.

La formación de una brecha en la presa conducirá a la ruptura y colapso de la misma; en este sentido, una gran cantidad de agua represada sería liberada rápidamente, generando una avenida de grandes proporciones aguas abajo. En el Mapa 3 se observa que, si el embalse está en Niveles Normales de Operación, la huella de inundación generada por la ruptura de la presa alcanzará el perímetro de una de las viviendas de las poblaciones que se encuentra aguas debajo de la Central Hidroeléctrica de Pando, teniendo en cuenta el encajonamiento del río Chiriquí Viejo en los tramos donde se localiza la presa. Y a su vez, presa Monte Lirio y la casa de máquina de Pando sí podrían verse seriamente afectada por la inundación.

A continuación, se presenta el procedimiento para el manejo de emergencia asociado a este escenario.

Una vez que el operador detecte una aceleración igual o mayor a 0.3 g en la presa, inmediatamente debe reportar al **Coordinador del PADE** dicha situación. Posteriormente, el operador realizará el recorrido de la presa en su parte externa (paredes aguas abajo), para evaluar los posibles daños estructurales o grietas y filtraciones a presión o cualquier otro síntoma de rotura estructural inminente. Informará al **Coordinador del PADE** el resultado de la inspección en las estructuras.

El **Coordinador del PADE**, una vez evidencie alguno de estos daños, seguirá el Diagrama de Avisos de la Alerta Amarilla (Sección 4.3) para notificar a UTESEP, a los organismos competentes en la Protección Pública y a los responsables de los proyectos hidroeléctricos aguas abajo de la presa Pando (Monte Lirio, El Alto, Bajo de Mina, Baitún, Bajo Frío y Burica). Esta notificación será realizada según la sección 4.3.

El **Coordinador del PADE** solicita a Mantenimiento Civil/Soporte Técnico el monitoreo continuo e inmediato del acelerógrafo que se mantiene en la planta para la medición de los movimientos sísmicos subsiguientes (replicas).

Mantenimiento Civil/Soporte Técnico establece la revisión comparativa de los reportes generados de las inspecciones visuales; con el fin de determinar las siguientes acciones según los daños y severidad reflejados en los mismos. En caso de que se evidencie en los registros del acelerógrafo movimientos sísmicos, debe apoyarse con la información de movimientos sísmicos del área que es publicado en la página Web del Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá <https://www.panamaigc-up.com/>, para determinar si hay movimientos inusuales o replicas muy seguidas

Gerente de Planta/Administración: Contratar, en caso de ser necesario y factible, a una o varias empresas(s) especializada(s) para la evaluación y mitigación de los daños en las estructuras.

Supervisor de Mantenimiento: Debe asegurarse de contar con el personal de mantenimiento en planta. Para atender cualquier situación de falla o daño en las situaciones unidades generadoras. Debe asegurarse que todo el personal que va a trabajar cuente con radios de comunicación o dispositivo celular.

Si persisten las filtraciones incontrolables, se producen nuevas grietas o aumento de las existentes (que también se considerarán síntomas de rompimiento de presa el desarrollo de sumideros en la presa o estribos de esta); asentamiento pronunciado del coronamiento o bermas; entonces el

Coordinador del PADE declara la ALERTA ROJA. En el caso de que el operador detecte una aceleración igual o mayor a 0.4 g, en la presa se declarará directamente ALERTA ROJA.

El **Coordinador del PADE** realiza las acciones necesarias para dar aviso, según el Diagrama de Aviso para la ALERTA ROJA y evacuar a las comunidades ubicadas aguas abajo de manera INMEDIATA. Ordenar la evacuación inmediata de todo el personal que se encuentre en el Sitio de Presa, Casa de Máquinas o realizando tareas en las riberas del río Chiriquí Viejo.

Finalmente, el **Coordinador del PADE** determina e indica el fin de la emergencia, en conjunto con el Gerente de Planta.

7.3 Por Colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias

Esta situación de emergencia se produce durante el colapso con el embalse en niveles extraordinarios (MNOE) y sin que la presa sea sobrepasada abarca los posibles escenarios de rotura de presa tales: sismos, atentado, falla estructural de los materiales o de la fundación. Estos escenarios podrían ocurrir durante un evento meteorológico extraordinario; por lo tanto, se considera que la situación de emergencia “Por Colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias” tendrán los mismos procedimientos de manejo de la situación de emergencia por Colapso Estructural durante Operación Normal.

Cada vez que ocurra un evento de esta índole se hará una inspección y evaluación de la situación por una empresa idónea posterior al evento.

Cuando la falla, el colapso parcial o total es inminente o ha ocurrido, y que tenga la pérdida incontrolable de agua del embalse. Es un hecho que conduce a la falla. No hay tiempo para evaluar ni controlar la situación por lo que se declara de inmediato la ALERTA ROJA. Este hecho puede ser ejecutado por el Operador de la Central y en forma paralela informar al Coordinador del PADE.

Las potenciales situaciones que implican esta alerta son las siguientes:

- Brecha o falla en la presa con erogación descontrolada del agua del embalse.
- Sobrepaso o conocimiento de que la presa será sobrepasada por una crecida (Nivel 1226.5 a 1227 msnm).
- Desarrollo de sumideros en la presa o estribos de esta.
- Asentamiento pronunciado del coronamiento o bermas.

Como resultado de la evaluación se determinaron los siguientes criterios para el análisis de rotura (Tabla 14):

Tabla 14. Análisis de rotura de las Presas de la Central Hidroeléctrica Pando durante Crecidas Extraordinarias

Forma de la brecha	Rectangular
Tiempo de Formación	0.19 horas
Cota del fondo de la brecha	1195 msnm
Ancho de la brecha	31.25 metros

Resultados de Modelación Hidráulica, CEDSA 2018.

Para el escenario de rotura de presa por colapso estructural durante crecidas extraordinarias, se realizó la simulación hidráulica de la presa Pando (sección 10) usando un evento meteorológico con período de retorno 1:1000 años, obteniéndose un caudal de 3793.88 m³/s. En el Mapa 4 se presentan las planicies de inundación obtenidas con la simulación hidráulica para la presa Pando.

Análisis por colapso estructural durante crecidas extraordinarias para la Presa Pando

A continuación, se presenta el procedimiento para el manejo de emergencia para el escenario de Colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias para la Presa Pando.

Una vez que el operador detecte una aceleración igual o mayor a 0.3 g, en la presa; inmediatamente reporta al **Coordinador del PADE** dicha situación. Posteriormente, solicitará el recorrido de la estructura de la presa en su parte externa (paredes aguas abajo). En la inspección visual de la presa se evalúan la presencia de daños estructurales o grietas y filtraciones a presión o cualquier otro síntoma de rotura estructural inminente. Informará al **Coordinador del PADE** el resultado de la inspección en las estructuras.

El **Coordinador del PADE**, una vez evidencie alguno de estos daños, seguirá el Diagrama de Aviso de la Alerta Amarilla con su mensaje respectivo, según la sección 4.4, para notificar a UTESEP, a los organismos competentes en la Protección Pública y a los responsables de los otras centrales o proyectos hidroeléctricos aguas abajo de Pando (Monte Lirio, El Alto, Bajo de Mina, Baitún, Bajo Frío y Burica). Solicita a Mantenimiento Civil el monitoreo continuo e inmediato del acelerógrafo que se mantiene en la planta para la medición de los movimientos sísmicos subsiguientes (replicas);

además, solicita al Operador que monitoree la página web del Instituto de Metrología e Hidrología de Panamá <https://www.imhpa.gob.pa/> los sensores de lluvia de las estaciones aguas arriba de la presa y el nivel del embalse.

Mantenimiento Civil: Establece la revisión comparativa de los reportes generados de las inspecciones visuales, con el fin de determinar las siguientes acciones según los daños y severidad reflejados en los mismos. En caso de que se evidencie movimientos sísmicos en los registros del acelerógrafo, debe apoyarse con la información de movimientos sísmicos del área que es publicado en la página Web del Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá <https://www.panamaigc-up.com/>, para determinar si hay movimientos inusuales o replicas muy seguidas.

Gerente de Planta/Administración: Contratar, en caso de ser necesario y factible, a una o varias empresas (s) especializada (s) para la evaluación y mitigación de los daños en las estructuras.

Supervisor de Mantenimiento: Debe asegurarse de contar con el personal de mantenimiento en planta, para atender cualquier situación de falla o daño en las unidades generadoras. Debe asegurarse que todo el personal que labore en la Central Hidroeléctrica Pando cuente con radios de comunicación.

Si persisten las filtraciones incontrolables o se producen nuevas grietas o aumento de las existentes, entonces el **Coordinador del PADE** declara la ALERTA ROJA. También se consideran síntomas de rompimiento de presas, el desarrollo de sumideros en la presa o estribos de esta y asentamiento pronunciado del coronamiento o bermas.

En el caso de que el operador detecte en la presa una aceleración igual o mayor a 0.4 g se declarará directamente la ALERTA ROJA.

El **Coordinador del PADE** realiza las acciones necesarias para dar aviso, según el Diagrama de Aviso para la ALERTA ROJA y evacuar a las comunidades ubicadas aguas abajo de manera INMEDIATA. Ordenar la evacuación inmediata de todo el personal que se encuentre en el Sitio de Presa, Casa de Máquinas o realizando tareas en las riberas del río Chiriquí Viejo.

Finalmente, el **Coordinador del PADE** determina e indica el fin de la emergencia, en conjunto con el Gerente de Planta.

7.4 Por Apertura Súbita de Compuertas

Esta sección consiste en evaluar los efectos que puede originar la apertura súbita de las compuertas del vertedero. Para la presa Pando no aplica este escenario, debido a que los caudales que se manejan en este escenario son inferiores a los de la descarga del vertedero libre en el escenario de crecidas ordinarias y extraordinarias, por lo que ya se encuentran analizados.

7.5 Por Falla de Operación de las Estructuras Hidráulicas de Descarga

Esta emergencia se considera que es igual a la situación de Apertura Súbita de Compuertas, la alerta dependerá si existe crecida extraordinaria o no. De haber crecida deberá tomarse como parte de la alerta Blanca o Verde y monitorear su evolución. EISA deberá desplazar personal para reparar las compuertas y de ser necesario abrir las compuertas de forma manual según la **tabla 11**.

7.6 Por Vaciado Controlado o Vaciado Rápido a causa de un problema en la presa

Según las Normas para la Seguridad de Presas, el escenario de vaciado controlado o vaciado rápido a causa de un problema en la presa es 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.

En este sentido, para garantizar la seguridad de la presa, es necesario que se genere la apertura de las compuertas para aliviar la presión que genere la columna de agua. Dado que aguas abajo de la presa Pando solo se encuentra la presa Monte Lirio, el vaciado debe ser controlado, de modo de dar tiempo a los operadores de esta presa para que tomen las medidas necesarias para evitar daños a su infraestructura. La apertura de compuertas se deberá realizar según la **tabla 11** en crecida extraordinaria. El vaciado siempre deberá demorar hasta 15 horas (según el diseñador) para mantener las presiones estables y en caso de no tener crecida extraordinaria dependerá del nivel existente de la presa y del aporte del río.

8 Estudio de Afectación de Ribera de Embalse y Valle

El estudio de afectación de ribera de embalse y valle de la Central Hidroeléctrica Pando se basa en los criterios establecidos en Resolución AN Nº 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 realizó utilizando información suministrada por la empresa EISA, la obtenida de las visitas de campos del área de influencia de la Central Hidroeléctrica Pando y la generada de las simulaciones hidrológicas e hidráulicas. En esta sección se presentará las posibles afectaciones según las diferentes situaciones descritas en la Resolución AN Nº 3932 de 22 de octubre de 2010.

Se puede prever afectaciones directas de vidas humanas teniendo en consideración que existen dos familias ubicadas en el margen derecho, aguas debajo de la presa de Pando a más o menos 200 metros de esta, el resto de las comunidades aledañas al área de influencia de la Central Hidroeléctrica Pando, debido a que se localizan distantes del cauce del río; además, la propia configuración topográfica del cauce del río impide su desbordamiento (Mapa 2).

En la Tabla 15 analizan las afectaciones de los escenarios según norma:

Tabla 15. Resumen de los escenarios de afectaciones de riberas de embalse y valles

Escenarios de afectaciones	Escenarios de emergencias en evaluación	Descripción de las afectaciones
Por la ocurrencia de diferentes ondas de crecida	Por colapso estructural en condición de operación normal. Por colapso estructural durante crecidas extraordinarias	Ambas condiciones provocarán ondas de crecidas, que solo afectarán las áreas cercanas al cauce del río. En el caso de la presa Pando, la afectación será de tipo ecológica, dado la posible pérdida de vegetación de los bosques de galería, así como la fauna asociada a estos ecosistemas. Otra afectación que se prevé serían los posibles daños a la presa Monte Lirio dado a la acumulación de escombros y sedimentos en la base de esta presa. Además, podría generar daños a la estructura por los impactos de la fuerza de la onda de crecida y los escombros que arrastre. Otro posible daño sería a la casa de máquinas de Pando que está contigua a la presa Monte Lirio, ya que las simulaciones hidráulicas indican que los niveles del agua estarán a unos 3 metros por encima de la corona de la presa.
Por remanso hidráulico.	Bajo condiciones de crecidas ordinarias y extraordinaria	Esta situación no es considerada en este análisis dado esta hidroeléctrica es de pasada, con un pequeño embalse y de vertedero libre.
Por probables usos de la estructura de evacuación	Apertura súbita de compuertas en condiciones normales de operación	El uso de estructuras de evacuación del agua del embalse, como las compuertas y drenaje de fondo no generarán inundaciones importantes, ya que la simulación arrojó que el cauce aguas abajo de la presa Pando tiene la capacidad de conducir estos caudales sin desbordarse.
Por cambios en las funciones de la presa	Por colapso estructural en condición de operación normal Por colapso estructural durante crecidas extraordinarias	Para la Presa Pando no se prevé modificación en su uso en el corto plazo. La única variación que prevé en la presa Pando será durante los períodos de estación seca, donde se reduce al nivel mínimo de operación normal (NmiON) o al nivel mínimo de operación extraordinaria (NmiOE); y en la estación lluviosa, donde el uso de vertederos es mayor por aumentos de caudales que ingresan al embalse.
Por transporte de sedimento	Todos los escenarios de emergencias generan transporte de sedimento	El transporte de sedimento aguas abajo de la presa Pando variará según los escenarios de simulación que se evalúan. Sin embargo, una condición que agravaría significativamente el tema de transporte de sedimento es por rotura de presas; ya que el material que se ha depositado en el embalse será conducido por la crecida en el río Chiriquí Viejo, alterando la geomorfología del cauce y los respectivos hábitats.
Por inundación súbita		Según la ubicación de las viviendas con respecto a la central hidroeléctrica, se prevé inundaciones súbitas en una (1) de las viviendas de las dos familias que se encuentran aguas debajo de la central hidroeléctrica, debido a su cercanía a la central, caudales con periodo de retorno por encima de 252 m ³ /s. En el caso de que súbitamente se de este caudal.

9.1 Crecidas Máximas de Caudales

Para la estimación de las crecidas máximas de caudales con diferentes períodos de retornos de la Central Hidroeléctrica Pando, se utilizó la metodología desarrollada en la publicación Análisis Regional de Crecidas Máximas De Panamá 1971-2006, publicado en septiembre del 2008 por la Gerencia de Hidrometeorología de la Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (ETESA), la cual es una actualización de la publicación realizada en 1986 por el Departamento de Hidrometeorología del entonces Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE), bajo el título de Análisis Regional de Crecidas Máximas. Hoy en día este departamento pertenece al Instituto de Meteorología y Hidrología de Panamá (IMPHA).

9.2 Aplicación del Método de Análisis Regional de Crecidas Máximas

A continuación, se enumeran los pasos a seguir para el cálculo o determinación del caudal máximo instantáneo o crecida máxima que se pueda presentar en el sitio de Presa Pando, para distintos períodos de retorno mediante la utilización del método de Análisis Regional De Crecidas Máximas de Panamá:

- Se delimita y se mide el área de drenaje de la cuenca hasta el sitio de interés, en Km², para el caso de Pando es de 177.87 Km².
- Se determina a qué zona hidrológica homogénea pertenece el sitio de interés de acuerdo con el mapa del capítulo 4, acápite 4.3, del Resumen Técnico del Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá de ETESA (2008). La cuenca hidrográfica del río Chiriquí Viejo hasta la Central Hidroeléctrica Pando se encuentra localizada dentro de la Región Hidrológica Homogénea 7.
- Se calcula el caudal promedio máximo utilizando la ecuación correspondiente a la zona hidrológica homogénea, que para el caso de Chiriquí corresponde a la Ecuación 4: $Q_{m\acute{a}x} = 9A^{0.59}$ por lo que el caudal máximo instantáneo para la cuenca hidrográfica del río Chiriquí Viejo hasta el sitio de presa es igual a 191.34 m³/s.
- Se calcula el caudal máximo instantáneo para distintos períodos de recurrencia, multiplicando el caudal promedio máximo que se obtuvo al aplicar la ecuación

correspondiente a la zona hidrológica homogénea en donde se encuentra el punto o lugar de interés, que en nuestro caso es la Presa Pando, por los factores que se presentan en Tabla 16 que corresponde a un fragmento del Cuadro 6, Tabla 3 del Anexo 1 del Resumen Técnico del Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá de ETESA.

Tabla 16. Factores de Distribución para diferentes períodos de retorno

Período de Retorno en años	Tabla 3
1.005	0.30
1.05	0.45
1.25	0.64
2	0.92
5	1.32
10	1.60
20	1.88
50	2.24
100	2.53
1,000	3.53
10,000	4.6

Fuente: Resultados de Modelación Hidrológica. CEDSA 2018.

Tabla 17. Caudales máximos instantáneos según el análisis regional de crecidas

Periodo de retorno en Años	Caudal m ³ /s
1.005	57.401
1.05	86.102
1.25	122.456
2	176.031
5	252.567
10	306.142
20	359.716
50	428.598
100	484.087
1,000	675.426
10,000	880.158

Cálculo de Hidrogramas de Crecidas Máximas

El método del Análisis Regional de Crecidas proporciona el valor del caudal máximo instantáneo para diferentes períodos de retorno e igualmente los hidrogramas correspondientes. Para calcular el hidrograma de los caudales máximos obtenidos, se utilizó el hidrograma Triangular basado en la pendiente de la cuenca, longitud del cauce al sitio de estudio, tiempo de concentración. El hidrograma adimensional por el método SCS se presenta en la Tabla 18 donde se muestran los coeficientes del hidrograma adimensional obtenido.

Tabla 18. Hidrograma de Crecidas Adimensional Río Chiriquí Viejo hasta el Sitio de Presa

t / tp	Q/Q_{Max}
0	0
0.1	0.015
0.2	0.075
0.3	0.16
0.4	0.28
0.5	0.43
0.6	0.6
0.7	0.77
0.8	0.89
0.9	0.97
1	1
1.1	0.98
1.2	0.92
1.3	0.84
1.4	0.75
1.5	0.65
1.6	0.57
1.8	0.43
2	0.32
2.2	0.24
2.4	0.18
2.6	0.13
2.8	0.098
3	0.075
3.5	0.036
4	0.018
4.5	0.009
5	0.004

Fuente: Diagrama Adimensional SCS

Para cada uno de los períodos de retornos y caudales máximos que se presentan en la Tabla 19 se calcularon los hidrogramas correspondientes, multiplicando los coeficientes de la Tabla 18 por el caudal máximo correspondiente que se muestra en la Tabla 17.

Tabla 19. Hidrograma de Crecida Máxima. Sitio de Presa sobre el Río Chiriquí Viejo

T (horas)	Períodos de Retorno										
	1.005	1.05	1.25	2	5	10	20	50	100	1,000	10,000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5	0.8610	1.2915	1.8369	2.6405	3.7885	4.5921	5.3958	6.4290	7.2613	10.1314	13.2024
1	4.3051	6.4577	9.1843	13.2024	18.9425	22.9607	26.9788	32.1449	36.3065	50.6570	66.0119
1.5	9.1843	13.7764	19.5931	28.1651	40.4108	48.9827	57.5547	68.5758	77.4540	108.0682	140.8254
2	16.0725	24.1087	34.2879	49.2889	70.7188	85.7198	100.7208	120.0077	135.5444	189.1193	246.4444
2.5	24.6827	37.0241	52.6564	75.6936	108.6039	131.6411	154.6783	184.2976	208.1575	290.4332	378.4682
3	34.4410	51.6615	73.4741	105.6190	151.5404	183.6853	215.8302	257.1594	290.4523	405.2556	528.0952
3.5	44.1993	66.2989	94.2918	135.5444	194.4768	235.7294	276.9821	330.0212	372.7472	520.0781	677.7221
4	51.0875	76.6312	108.9866	156.6682	224.7849	272.4665	320.1481	381.4531	430.8376	601.1292	783.3412
4.5	55.6796	83.5194	118.7831	170.7508	244.9902	296.9579	348.9255	415.7410	469.5646	655.1633	853.7538
5	57.4016	86.1025	122.4568	176.0317	252.5673	306.1421	359.7170	428.5990	484.0872	675.4261	880.1586
5.5	56.2536	84.3804	120.0077	172.5111	247.5159	300.0193	352.5227	420.0270	474.4055	661.9175	862.5554
6	52.8095	79.2143	112.6603	161.9492	232.3619	281.6508	330.9396	394.3111	445.3603	621.3920	809.7459
6.5	48.2174	72.3261	102.8638	147.8666	212.1565	257.1594	302.1623	360.0231	406.6333	567.3579	739.3332
7	43.0512	64.5769	91.8426	132.0238	189.4254	229.6066	269.7877	321.4492	363.0654	506.5695	660.1190
7.5	37.3111	55.9666	79.5970	114.4206	164.1687	198.9924	233.8160	278.5893	314.6567	439.0269	572.1031
8	32.7189	49.0784	69.8004	100.3381	143.9633	174.5010	205.0387	244.3014	275.9297	384.9929	501.6904
8.6	24.6827	37.0241	52.6564	75.6936	108.6039	131.6411	154.6783	184.2976	208.1575	290.4332	378.4682
9	21.9000	32.8500	46.7200	67.1600	96.3600	116.8000	137.2400	163.5200	184.6900	257.6900	335.8000
9.5	18.3685	27.5528	39.1862	56.3302	80.8215	97.9655	115.1094	137.1517	154.9079	216.1363	281.6508
9.8	16.8000	25.2000	35.8400	51.5200	73.9200	89.6000	105.2800	125.4400	141.6800	197.6800	257.6000
10.5	13.7764	20.6646	29.3896	42.2476	60.6161	73.4741	86.3321	102.8638	116.1809	162.1023	211.2381
11	12.0000	18.0000	25.6000	36.8000	52.8000	64.0000	75.2000	89.6000	101.2000	141.2000	184.0000
11.5	9.9000	14.8500	21.1200	30.3600	43.5600	52.8000	62.0400	73.9200	83.4900	116.4900	151.8000
12	8.7000	13.0500	18.5600	26.6800	38.2800	46.4000	54.5200	64.9600	73.3700	102.3700	133.4000
12.5	7.4622	11.1933	15.9194	22.8841	32.8337	39.7985	46.7632	55.7179	62.9313	87.8054	114.4206
13	6.3000	9.4500	13.4400	19.3200	27.7200	33.6000	39.4800	47.0400	53.1300	74.1300	96.6000
13.5	5.6254	8.4380	12.0008	17.2511	24.7516	30.0019	35.2523	42.0027	47.4405	66.1918	86.2555
14	4.8000	7.2000	10.2400	14.7200	21.1200	25.6000	30.0800	35.8400	40.4800	56.4800	73.6000
14.5	4.3051	6.4577	9.1843	13.2024	18.9425	22.9607	26.9788	32.1449	36.3065	50.6570	66.0119
15	3.6000	5.4000	7.6800	11.0400	15.8400	19.2000	22.5600	26.8800	30.3600	42.3600	55.2000
16	3.1500	4.7250	6.7200	9.6600	13.8600	16.8000	19.7400	23.5200	26.5650	37.0650	48.3000
16.5	2.1600	3.2400	4.6080	6.6240	9.5040	11.5200	13.5360	16.1280	18.2160	25.4160	33.1200
17	2.0665	3.0997	4.4084	6.3371	9.0924	11.0211	12.9498	15.4296	17.4271	24.3153	31.6857
17.5	1.5600	2.3400	3.3280	4.7840	6.8640	8.3200	9.7760	11.6480	13.1560	18.3560	23.9200
18	1.4400	2.1600	3.0720	4.4160	6.3360	7.6800	9.0240	10.7520	12.1440	16.9440	22.0800
18.5	1.3500	2.0250	2.8800	4.1400	5.9400	7.2000	8.4600	10.0800	11.3850	15.8850	20.7000
19	1.2000	1.8000	2.5600	3.6800	5.2800	6.4000	7.5200	8.9600	10.1200	14.1200	18.4000
19.5	1.0332	1.5498	2.2042	3.1686	4.5462	5.5106	6.4749	7.7148	8.7136	12.1577	15.8429
20	0.9000	1.3500	1.9200	2.7600	3.9600	4.8000	5.6400	6.7200	7.5900	10.5900	13.8000
20.5	0.6300	0.9450	1.3440	1.9320	2.7720	3.3600	3.9480	4.7040	5.3130	7.4130	9.6600
21	0.6000	0.9000	1.2800	1.8400	2.6400	3.2000	3.7600	4.4800	5.0600	7.0600	9.2000
21.5	0.5166	0.7749	1.1021	1.5843	2.2731	2.7553	3.2375	3.8574	4.3568	6.0788	7.9214
22	0.4800	0.7200	1.0240	1.4720	2.1120	2.5600	3.0080	3.5840	4.0480	5.6480	7.3600
22.5	0.3300	0.4950	0.7040	1.0120	1.4520	1.7600	2.0680	2.4640	2.7830	3.8830	5.0600
23	0.2700	0.4050	0.5760	0.8280	1.1880	1.4400	1.6920	2.0160	2.2770	3.1770	4.1400
23.5	0.2460	0.3690	0.5248	0.7544	1.0824	1.3120	1.5416	1.8368	2.0746	2.8946	3.7720
24	0.2296	0.3444	0.4898	0.7041	1.0103	1.2246	1.4389	1.7144	1.9363	2.7017	3.5206

T (horas)	Períodos de Retorno										
	1.005	1.05	1.25	2	5	10	20	50	100	1,000	10,000
9.8	16.8000	25.2000	35.8400	51.5200	73.9200	89.6000	105.2800	125.4400	141.6800	197.6800	257.6000
10.5	13.7764	20.6646	29.3896	42.2476	60.6161	73.4741	86.3321	102.8638	116.1809	162.1023	211.2381
11	12.0000	18.0000	25.6000	36.8000	52.8000	64.0000	75.2000	89.6000	101.2000	141.2000	184.0000
11.5	9.9000	14.8500	21.1200	30.3600	43.5600	52.8000	62.0400	73.9200	83.4900	116.4900	151.8000
12	8.7000	13.0500	18.5600	26.6800	38.2800	46.4000	54.5200	64.9600	73.3700	102.3700	133.4000
12.5	7.4622	11.1933	15.9194	22.8841	32.8337	39.7985	46.7632	55.7179	62.9313	87.8054	114.4206
13	6.3000	9.4500	13.4400	19.3200	27.7200	33.6000	39.4800	47.0400	53.1300	74.1300	96.6000
13.5	5.6254	8.4380	12.0008	17.2511	24.7516	30.0019	35.2523	42.0027	47.4405	66.1918	86.2555
14	4.8000	7.2000	10.2400	14.7200	21.1200	25.6000	30.0800	35.8400	40.4800	56.4800	73.6000
14.5	4.3051	6.4577	9.1843	13.2024	18.9425	22.9607	26.9788	32.1449	36.3065	50.6570	66.0119
15	3.6000	5.4000	7.6800	11.0400	15.8400	19.2000	22.5600	26.8800	30.3600	42.3600	55.2000
16	3.1500	4.7250	6.7200	9.6600	13.8600	16.8000	19.7400	23.5200	26.5650	37.0650	48.3000
16.5	2.1600	3.2400	4.6080	6.6240	9.5040	11.5200	13.5360	16.1280	18.2160	25.4160	33.1200
17	2.0665	3.0997	4.4084	6.3371	9.0924	11.0211	12.9498	15.4296	17.4271	24.3153	31.6857
17.5	1.5600	2.3400	3.3280	4.7840	6.8640	8.3200	9.7760	11.6480	13.1560	18.3560	23.9200
18	1.4400	2.1600	3.0720	4.4160	6.3360	7.6800	9.0240	10.7520	12.1440	16.9440	22.0800
18.5	1.3500	2.0250	2.8800	4.1400	5.9400	7.2000	8.4600	10.0800	11.3850	15.8850	20.7000
19	1.2000	1.8000	2.5600	3.6800	5.2800	6.4000	7.5200	8.9600	10.1200	14.1200	18.4000
19.5	1.0332	1.5498	2.2042	3.1686	4.5462	5.5106	6.4749	7.7148	8.7136	12.1577	15.8429
20	0.9000	1.3500	1.9200	2.7600	3.9600	4.8000	5.6400	6.7200	7.5900	10.5900	13.8000
20.5	0.6300	0.9450	1.3440	1.9320	2.7720	3.3600	3.9480	4.7040	5.3130	7.4130	9.6600
21	0.6000	0.9000	1.2800	1.8400	2.6400	3.2000	3.7600	4.4800	5.0600	7.0600	9.2000
21.5	0.5166	0.7749	1.1021	1.5843	2.2731	2.7553	3.2375	3.8574	4.3568	6.0788	7.9214
22	0.4800	0.7200	1.0240	1.4720	2.1120	2.5600	3.0080	3.5840	4.0480	5.6480	7.3600
22.5	0.3300	0.4950	0.7040	1.0120	1.4520	1.7600	2.0680	2.4640	2.7830	3.8830	5.0600
23	0.2700	0.4050	0.5760	0.8280	1.1880	1.4400	1.6920	2.0160	2.2770	3.1770	4.1400
23.5	0.2460	0.3690	0.5248	0.7544	1.0824	1.3120	1.5416	1.8368	2.0746	2.8946	3.7720
24	0.2296	0.3444	0.4898	0.7041	1.0103	1.2246	1.4389	1.7144	1.9363	2.7017	3.5206

Hora de ocurrencia de Caudal Máximo = 5 horas

Fuente: Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2018

9.3 Estudio de la Falla de una Presa

Mecanismos de falla de una Presa

Los mecanismos de falla de una presa, depende fundamentalmente del tipo de material del cual es construida la presa. Tradicionalmente estos mecanismos se clasifican en dos categorías:

- Fallas debido a la remoción de una parte o partes de la estructura de retención como resultado de una condición de esfuerzo excesivo.
- Fallas producidas por la erosión del material de relleno.

El primer mecanismo se refiere a posibles fallas en presas de hormigón, mientras que el segundo mecanismo se refiere a fallas por rebasamiento o erosión interna del material granular que forma la presa.

Análisis de la ruptura de una Presa

Para el análisis de la falla de una presa por ruptura de uno de sus elementos constituyentes, se deben investigar los cuatro elementos críticos que intervienen en este tipo de falla:

- Estimación de los parámetros de la falla (forma y dimensiones de la brecha, tiempo de falla).
- Caudal máximo que circulará por la falla y determinación del hidrograma de flujo, en la falla.
- Tránsito del hidrograma, del caudal que circula por la falla.
- Estimación de los daños causados por el paso del hidrograma por las diversas partes del cauce.

El más popular de los análisis de ruptura de una presa se basa en ecuaciones desarrolladas por la observación de eventos similares que se han estudiado en el pasado. El método más aceptado para este tipo de análisis son las ecuaciones derivadas por Froehlich (1995 y 2008):

El método de Froehlich (2008) depende del volumen del embalse y las dimensiones de la falla. Este método distingue entre una falla por tubificación o una por rebosamiento de la presa, utilizando un coeficiente denominado Factor de Modo de Falla, K_o . Si todas las variables se mantienen iguales, la falla por rebosamiento produce una falla de dimensiones mayores que una falla por tubificación.

El método de Froehlich no hace distinción entre una falla por rebasamiento o tubificación, al momento de determinar el tiempo que toma la aparición de la falla. El período de tiempo que toma la falla es inversamente proporcional a las dimensiones de la falla y directamente proporcional al volumen del reservorio. Esto significa que las presas de mayores alturas tienden a producir períodos de tiempo más pequeños para un determinado volumen del embalse el cual parece ser una conclusión válida ya que la carga hidráulica que causa la formación de la falla es mayor.

A continuación, las diferentes variables para el embalse de la presa Pando (Tabla 20)

Tabla 20. Cálculo de Parámetros de Brecha de Acuerdo al Método de Froehlich (2008) Tipo de Presa: Concreto

Parámetros	Valor	Comentario
Elevación del agua sobre la elevación base de la brecha (Hw):	27.0 88.6	Metros pies
Volumen del agua almacenada en el embalse en el momento de la falla (Vw):	817673.4 662.9	metros cúbicos acres-pies
Área de superficie del embalse a Hw (As):	92095.39 22.8	metros cuadrados acres
Altura de la brecha (Hb):	27.0 88.6	Metros pies
Factor de modo de falla (Ko)		1.3
Relación H-V en la brecha (Zb)	0	Z(H):1(V)
Clase del tamaño de la presa:		Grande
Características	Valor	Comentario
Promedio del ancho de la brecha (Bavg)=	31.25 102.5	Metros pies
Ancho del fondo de la brecha (Bb)=	31.25 102.5	Metros pies
Tiempo de formación de la brecha (Tf)=	0.19	horas
Storage Intensity (SI)=	9251.11	metros cúbicos entre metro
Flujo pico calculado (Qp)=	3118.408	metros cúbicos por segundo
Verificación de resultados		
Ancho promedio de la brecha dividido por la altura de la brecha (Bavg/Hb)=	1.16	Si $(Bavg/Hb) > 0.6$, Desarrollo de la brecha completa esta anticipado
Velocidad de erosión (ER), Calculado como (Bavg/Tf)=	545.8	
Velocidad de erosión (ER) dividido entre la altura del agua sobre la base de la brecha (ER/Hw)=	6.2	Si $1.6 < (ER/Hw) < 21$, La velocidad de erosión asumida es razonable)

9.4 Caudales utilizados de acuerdo con los escenarios

Determinados los caudales de crecidas de la sección 10.1 y los valores de caudales al momento de tener la rotura de la presa determinaremos los caudales para cada uno de los escenarios que se van a estudiar en el modelo HEC –RAS Versión 4.10.

La selección de escenarios se realizó según las normas para la seguridad de presas, de la Autoridad Nacional de los Servicios Públicos (ASEP, 2010). Los escenarios que surgen de manera directa son:

- Bajo Condiciones de Crecidas Ordinarias y Extraordinarias.
- Por Colapso Estructural en Condición de Operación Normal.
- Por Colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias.
- Por Apertura Súbita de Compuertas.
- Por Falla en la Operación de las Estructuras Hidráulica de Descarga.
- Por vaciado Controlado o Vaciado rápido a causa de un problema en la presa.

En la Tabla 21 se definen los caudales generados para la Presa Pando, según diferentes períodos de retorno.

Tabla 21. Caudales con diferentes períodos de retorno de las presas de la Central Hidroeléctrica Pando

Escenario	No aplica Caudales Q en m ³ /s
(1) Bajo Condiciones de Crecidas Ordinarias y Extraordinarias	
1:10 (Q10)	306.14
1:50 (Q50)	428.6
1:100 (Q100)	484.1
1:1000 (Q1000)	675.43
1:10000 (Q10000)	880.16
(2) Por Colapso Estructural en Condición de Operación Normal	
Caudal de Rotura de Presa (Qb)	3118.408
(3) Por Colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias	
1:10 + Qb	3424.548
1:50+Qb	3547.008
1:100+Qb	3602.508
1:1000+Qb	3793.838
1:10000+Qb	3998.568
Por Apertura Súbita de Compuertas	
Qcompuerta	No aplica
Por Falla en la Operación de las Estructuras Hidráulica de Descarga	
Qcompuerta	Aplica
Por vaciado Controlado o Vaciado rápido a causa de un problema en la presa	
Q desfogue	No Aplica

10 Resultados de la Simulación

10.1 Resultado de la simulación para el tramo de estudio desde la presa Pando

Para el estudio se usaron 50 secciones transversales en el tramo del río Chiriquí Viejo comprendido entre las Presas Pando y Monte Lirio, completando una longitud de 10000 m. Estos perfiles fueron obtenidos a partir de archivos topográficos (Lidar) se tomó la información de las curvas de nivel que nos facilitó la empresa EISA. Las coordenadas de los extremos de la sección simulada son: inició en las coordenadas 973528 Norte y 314225 Este (presa Pando) y finalizando en las coordenadas 973591 Norte y 308163 Este (Presa Monte Lirio).

Aunque la norma de seguridad de presas hace referencia a 7 escenarios, solo 2 fueron analizadas, dado que son las que representan riesgo importante. Estos escenarios son:

- ✓ Por colapso estructural en condición de operación normal;
- ✓ Por colapso estructural más crecidas extraordinarias;

Los resultados de la simulación para el escenario de colapso estructural más crecidas extraordinarias fue simulado considerando el máximo período de retorno definidos en la normal, la el cual es de 1:1000 años.

En la Tablas 22 se presentan los resultados para los escenarios de colapso estructural en condiciones de operación normal y bajo condiciones de crecidas ordinarias y extraordinarias.

Tabla 22. Resultados de la simulación para los diferentes períodos de retorno de la Presa Pando bajo la Condiciones de crecidas extraordinarias

Caudal: 3118.45 m³/s

Estacionamiento	Cota de fondo del río	Nivel del Agua	Velocidad de Flujo	Ancho de Huella	Tiempo de viaje de la Onda
(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)	(hrs)
10000	1210	1217.48	5.18	592.77	0
9800	1207	1210.8	7.77	348.17	0.01
9599	1200	1205.38	7.01	386.56	0.01
9400	1194	1199.38	7.75	346.32	0.02
9221	1189	1193.98	7.7	364.51	0.03
9000	1183	1189.06	6.54	442.87	0.04
8800	1177.1	1183.32	8.08	379.2	0.05
8600	1169	1174.91	10.29	326.19	0.06
8400	1163.25	1168.88	7.08	425.59	0.06
8218	1158	1163.78	6.9	406.67	0.07
8029	1152	1157.05	9.1	323.24	0.08
7801	1143.44	1146.93	7.41	360.32	0.08
7600	1134.67	1141.88	7.35	409.55	0.09
7400	1127.62	1133.49	11.01	295.41	0.09
7190	1123	1127.46	6.22	372.28	0.1
7000	1118.04	1122.41	7.49	361.42	0.1
6799	1113	1116.74	5.69	415.71	0.11

Estacionamiento	Cota de fondo del río	Nivel del Agua	Velocidad de Flujo	Ancho de Huella	Tiempo de viaje de la Onda
(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)	(hrs)
6598	1108	1110.23	4.67	354.53	0.12
6400	1102.12	1107.89	5.03	453.67	0.12
6200	1096.46	1100.63	8.64	316.99	0.13
6000	1090.25	1095.57	6.87	413.4	0.14
5800	1083	1087.95	8.56	366.48	0.15
5600	1078.87	1083.97	6.54	472.32	0.16
5400	1073.19	1077.75	6.19	385.69	0.16
5200	1068	1074.79	6.11	409.93	0.17
5000	1064.91	1071.13	6.53	387.71	0.18
4800	1060	1063.62	8.01	292.99	0.19
4600	1053	1059.73	7.88	401.2	0.2
4400	1050	1057.18	5.96	461.8	0.21
4200	1046	1049.25	7.44	306.32	0.21
4000	1040.61	1045.41	5.65	434.72	0.22
3799	1035	1040.8	6.43	395.39	0.23
3600	1029	1038.24	6.96	387.39	0.24
3400	1024	1030.44	11.4	270.94	0.25
3200	1017.5	1026.47	8.68	324.65	0.26
3000	1012	1024.31	9.97	330.09	0.27
2800	1007	1015.24	12.65	243.31	0.27
2600	1003.61	1013.5	8.88	346.13	0.28
2403	997.79	1001.48	13.46	232.47	0.29
2200	992	997.94	6.04	411.81	0.3
2000	989	997.2	6.77	438.36	0.3
1800	984	989.71	10.62	302.81	0.31
1600	977.59	982.96	7.34	406.75	0.32
1400	970	975.96	7.28	420.6	0.32
1200	968.87	973.82	5.17	560.1	0.33
1000	962	966.72	6.04	371.71	0.34
800	957	963.21	6.64	369.1	0.34
600	953.27	959.82	7.06	374.86	0.35
401	946	953.38	9.84	303.14	0.36
200	942	948.41	8.26	329.84	0.37

Tal y como lo podemos observar en el mapa No 5, existen 2 residencias que están en la zona cercana a la presa con gran posibilidad de ser afectadas. Para ello se realizó un análisis de las secciones transversales que cruzaban por estas dos viviendas. Identificando a una la vivienda

como del Cuidador y a la otra la Vivienda del Dueño.

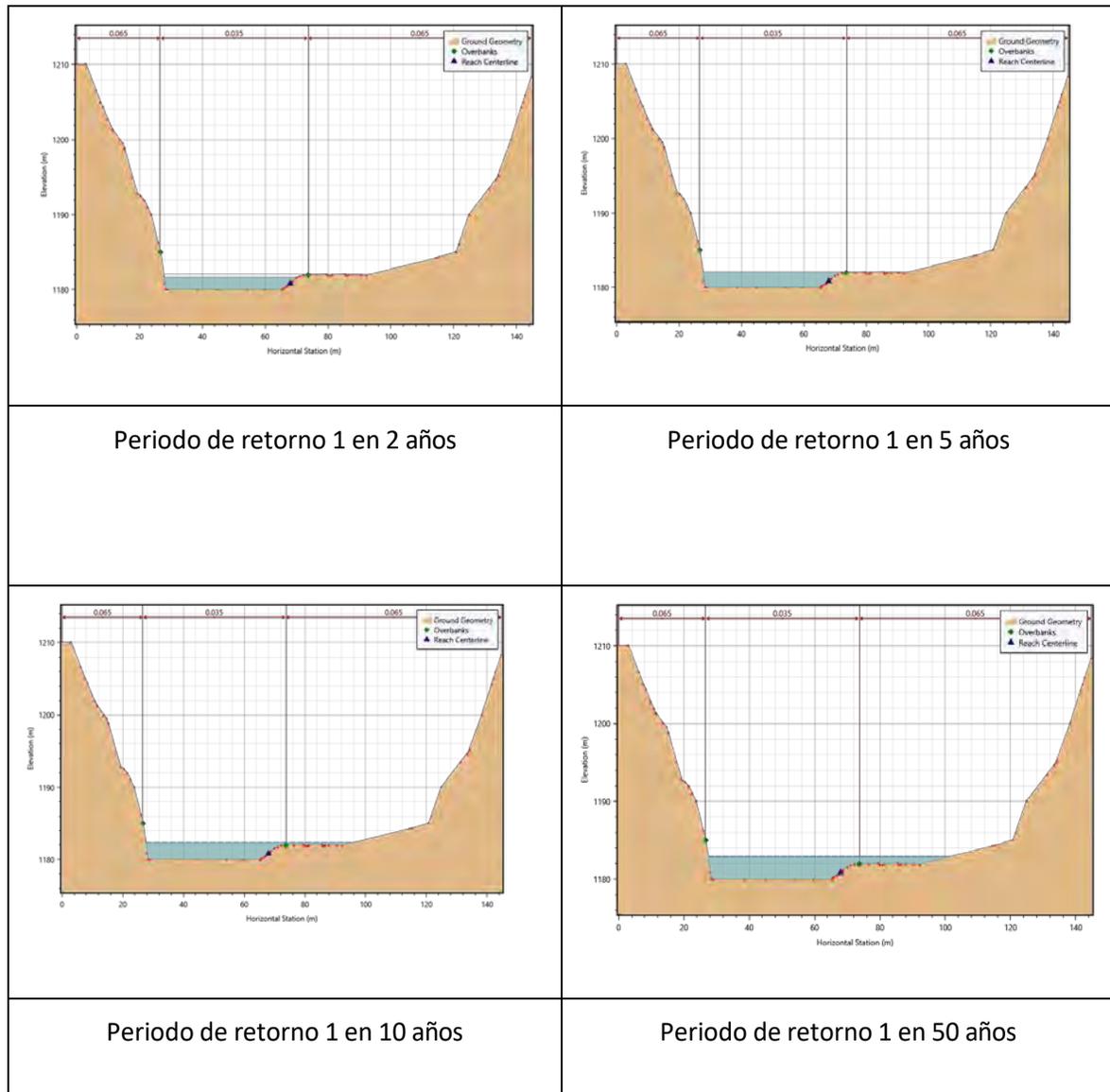
Obteniéndose los resultados mostrados en las tablas 23 y 24, y figuras siguientes

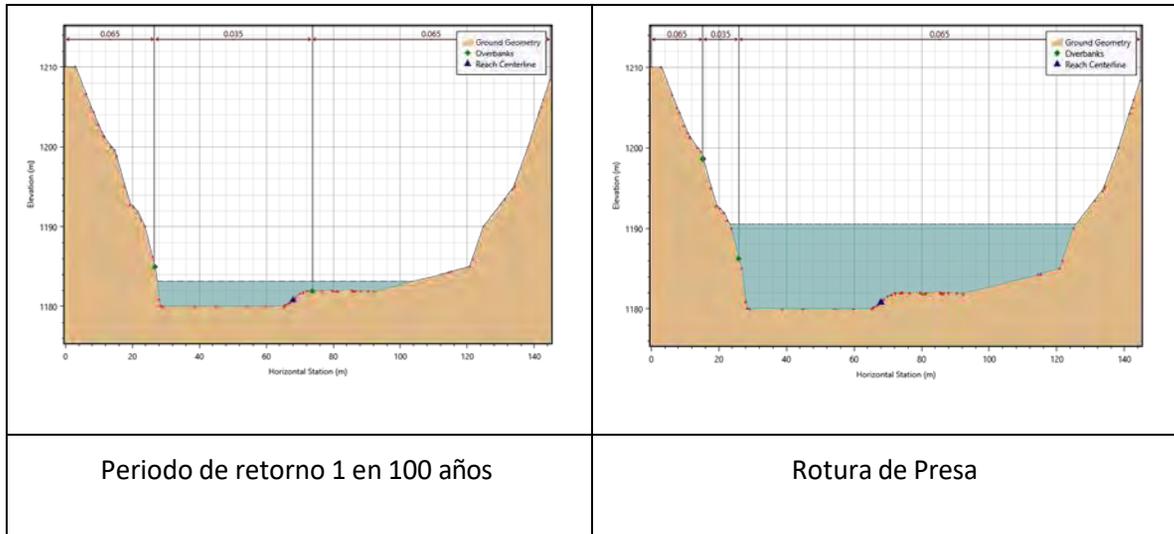
Tabla 23. Resultados de la simulación para los diferentes períodos de retorno de la Presa Pando bajo la Condiciones de crecidas extraordinarias y rotura de presa en la sección de la casa del cuidador de la Finca.

Periodo de Retorno	Q Total	NIVEL DEL AGUA	NIVEL DE ENERGIA	PENDIENTE LINEA DE ENERGIA
	(m3/s)	(m)	(m)	(m/m)
1 en 1.005	57.4	1180.99	1181.1	0.009243
1 en 1.05	86.1	1181.23	1181.38	0.010406
1 en 1.25	122.46	1181.48	1181.7	0.011398
1 en 2	176.03	1181.82	1182.11	0.012217
1 en 5	252.57	1182.38	1182.65	0.012971
1 en 10	294.33	1182.61	1182.89	0.011506
1 en 50	412.05	1183.22	1183.51	0.009044
1 en 100	465.4	1183.47	1183.77	0.008322
1 en 1000	649.36	1184.23	1184.56	0.006974
1:10000	846.85	1184.97	1185.32	0.006007
ROTURA	3783	1188.55	1191.51	0.005004

La cota de la vivienda del cuidador está en el nivel 1182 de acuerdo a información suministrada por EISA, la cual es sobrepasada por caudales con periodo de retorno de 1 en 5 años. Tal y como lo mostramos en las diferentes imágenes y se puede observar en la Tabla 23.

Figura 5. Secciones en la Casa del Cuidador de la Finca.





En cuanto a la casa del Dueño de la Finca, la cota de la vivienda esta en el nivel 1190. 5 de acuerdo a información suministrada por EISA, la cual no es sobrepasada por caudales analizados. Existe la posibilidad que durante un evento extremo como es la rotura de presa, se pueda afectar esta vivienda debido a la energía que pueda llevar el Evento. Tal y como lo mostramos en la imagen se puede observar el nivel de agua durante un evento máximo y la cota de la vivienda.

Tabla 24. Resultados de la simulación para los diferentes períodos de retorno de la Presa Pando bajo la Condiciones de crecidas extraordinarias y rotura de presa en la sección de la casa del Dueño de la Finca

Periodo de Retorno	Q Total	NIVEL DEL AGUA	NIVEL DE ENERGIA	PENDIENTE LINEA DE ENERGIA
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/m)
1 en 1.005	57.4	1180.3	1180.55	0.01566
1 en 1.05	86.1	1180.45	1180.78	0.014379
1 en 1.25	122.46	1180.63	1181.03	0.013126
1 en 2	176.03	1180.86	1181.36	0.012249
1 en 5	252.57	1181.13	1181.76	0.011557
1 en 10	294.33	1181.27	1181.96	0.011258
1 en 50	412.05	1181.62	1182.48	0.010516
1 en 100	465.4	1181.77	1182.69	0.010303
1 en 1000	649.36	1182.24	1183.37	0.009619
1:10000	846.85	1182.7	1184.02	0.009152
ROTURA	3783	1187.17	1190.57	0.006691

Figura 6. Secciones en la Casa del Dueño del Lote

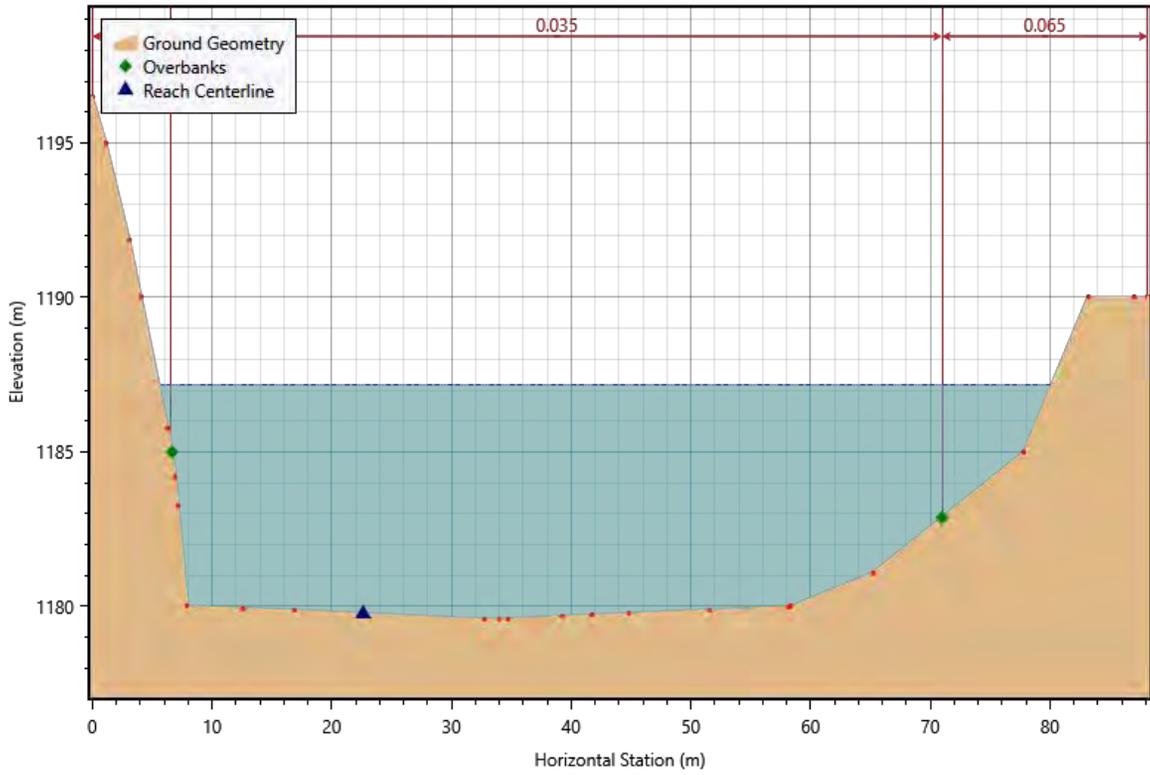


Tabla 25. Resultados de la simulación para los diferentes períodos de retorno de la Presa Pando bajo la Condiciones de crecidas extraordinarias

Período de retorno: 1000 años.

Caudal: 3793.88 m³/s

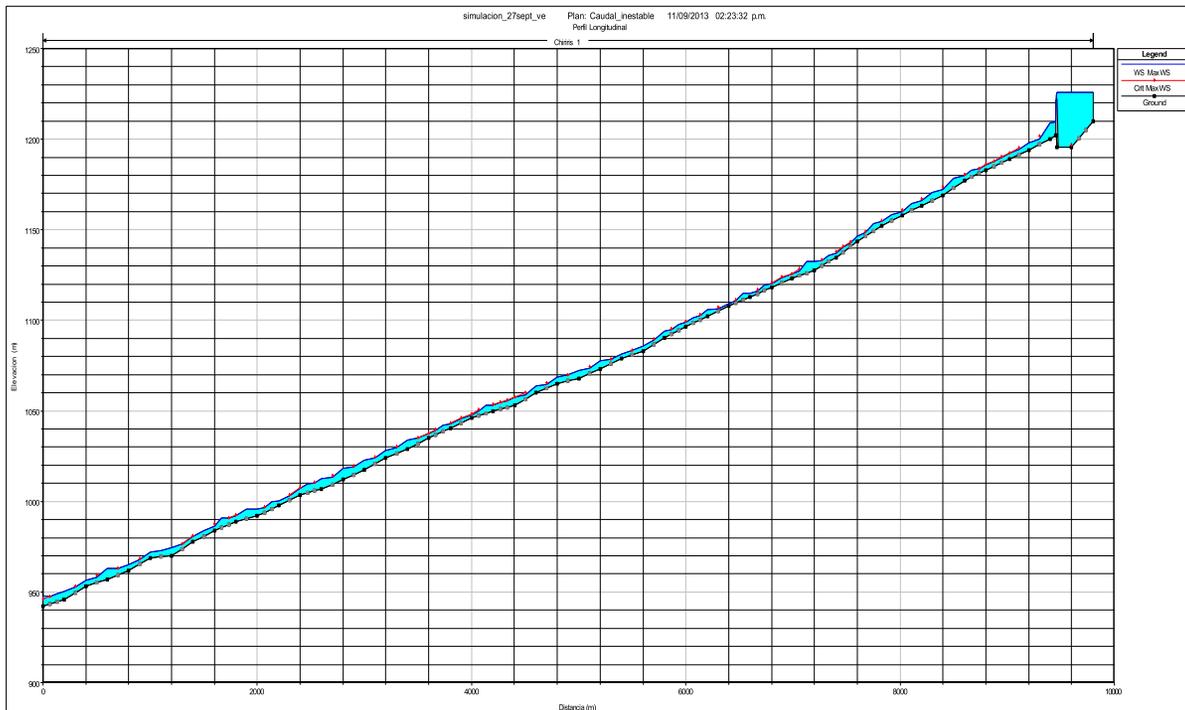
Estacionamiento	Cota de fondo del río (m)	Nivel del Agua (m)	Velocidad de Flujo (m/s)	Ancho de Huella (m ²)	Tiempo de viaje de la Onda (hrs)
9655	1202	1216.35	1.02	2131.96	0
9600	1200	1212.83	7.95	467.77	0.01
9400	1194	1201.24	5.35	559.69	0.02
9200	1189	1195.78	4.79	682.37	0.03
9000	1183	1190.06	6.57	537.34	0.04
8800	1177.1	1184.75	6.99	510.24	0.05
8600	1169	1176.95	5.74	616.49	0.06
8400	1163.25	1170.4	4.89	722.73	0.07
8200	1158	1165.07	6.18	534.85	0.08
8000	1152	1159.24	6.69	515.26	0.09
7800	1143.44	1148.7	4.59	673.12	0.1
7600	1134.67	1142.77	7.72	472.88	0.11
7400	1127.62	1135.98	6.51	571.26	0.11
7200	1123	1129.57	3.98	755.46	0.12
7000	1118.04	1124.25	5.48	601.58	0.12
6800	1113	1118.2	4.49	622.17	0.13
6600	1108	1112	3.44	617.21	0.14
6400	1102.12	1108.84	5.11	543.45	0.15
6200	1096.46	1103.04	5.8	578	0.15
6000	1090.25	1096.93	5.26	625.15	0.16
5800	1083	1089.69	6.21	600.14	0.18
5600	1078.87	1084.62	6.92	542.95	0.19
5400	1073.19	1079.31	4.85	570.62	0.2
5200	1068	1076.04	5.66	526.67	0.21
5000	1064.91	1072.64	5.81	518.1	0.22
4800	1060	1066.05	4.66	613.78	0.23
4600	1053	1061.2	5.78	615.43	0.24
4400	1050	1057.92	6.16	536.75	0.25
4200	1046	1051.39	4.08	636.15	0.26
4000	1040.61	1046.63	4.82	602.57	0.27
3799	1035	1042.41	5.84	530.66	0.28
3600	1029	1039.3	7.29	447.9	0.29
3400	1024	1033.52	8.22	450.05	0.3
3200	1017.5	1030.33	6.3	542.67	0.31

Estacionamiento	Cota de fondo del río	Nivel del Agua	Velocidad de Flujo	Ancho de Huella	Tiempo de viaje de la Onda
	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)	(hrs)
3000	1012	1025.78	10.5	383.36	0.32
2800	1007	1019	8.74	425.45	0.34
2600	1003.61	1015.03	8.9	419.08	0.35
2403	997.79	1004.84	7.93	479.21	0.35
2200	992	1000.88	4.03	719.11	0.36
2000	989	997.91	7.07	499.52	0.38
1800	984	991.99	6.68	531.92	0.38
1600	977.59	984.37	6.2	586.96	0.39
1400	970	977.75	4.84	791.66	0.4
1200	968.87	974.29	5.36	644.36	0.41
1000	962	968.99	4.46	647.32	0.42
800	957	964.92	5.64	515.74	0.43
600	953.27	961.66	6.36	516.6	0.44
400	946	955.92	7.87	459.53	0.45
200	942	953.1	4.13	732.91	0.45

Los máximos tiempos de viajes de la onda de crecida obtenidos para la simulación de los escenarios de colapso estructural en MNON y con crecidas extraordinarias fueron de 0.37 hr (22 min) y 0.45 hr (27 min), respectivamente (tabla 25)

Como resultado de la simulación, en el anexo de figuras se presentan los perfiles del tramo del área de estudio del río Chiriquí Viejo, correspondiente al escenario de colapso estructura en MNON y bajo condiciones de crecidas extraordinarias.

Tabla 26. Perfil longitudinal Río Chiriquí Viejo desde la Pesa Pando a la presa Monte Lirio donde se observan los niveles de agua obtenidos de la simulación hidráulica



A continuación, se presentan los perfiles de las secciones transversales de tres estacionamientos en donde existen condiciones variadas del comportamiento de la crecida debido a rotura en MNON y durante el evento de rotura de presa durante condiciones de crecidas extraordinarias (Figura 8 a 10). Se graficaron solamente tres de las secciones transversales con el propósito de ilustrar lo que ocurre a lo largo del tramo de estudio.

Figura 7. Sección transversal 1K+ 200¹⁹

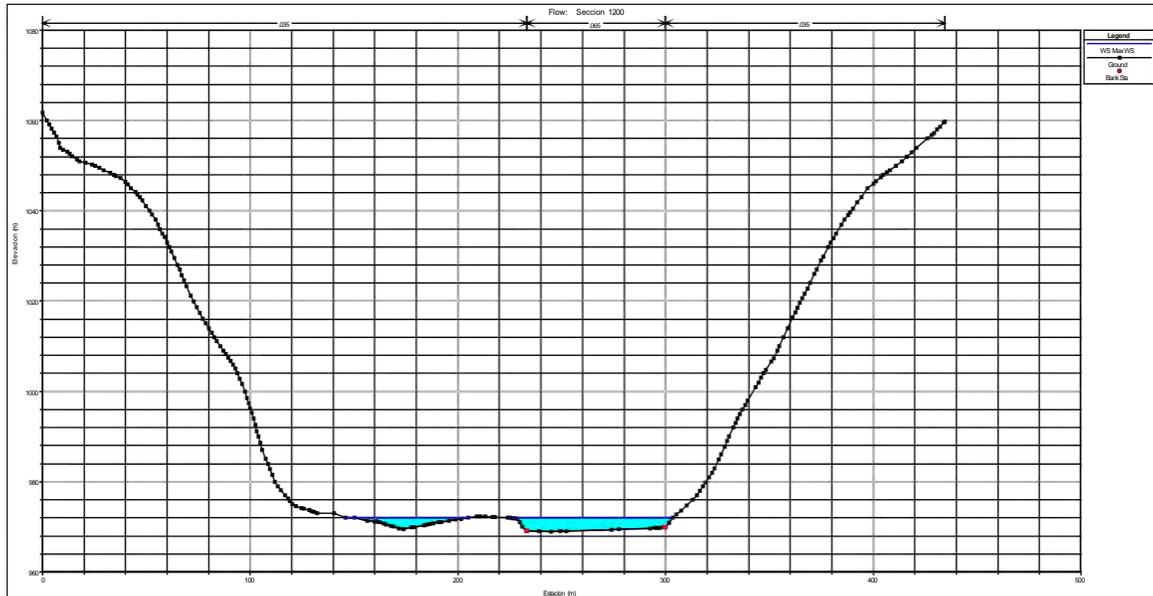
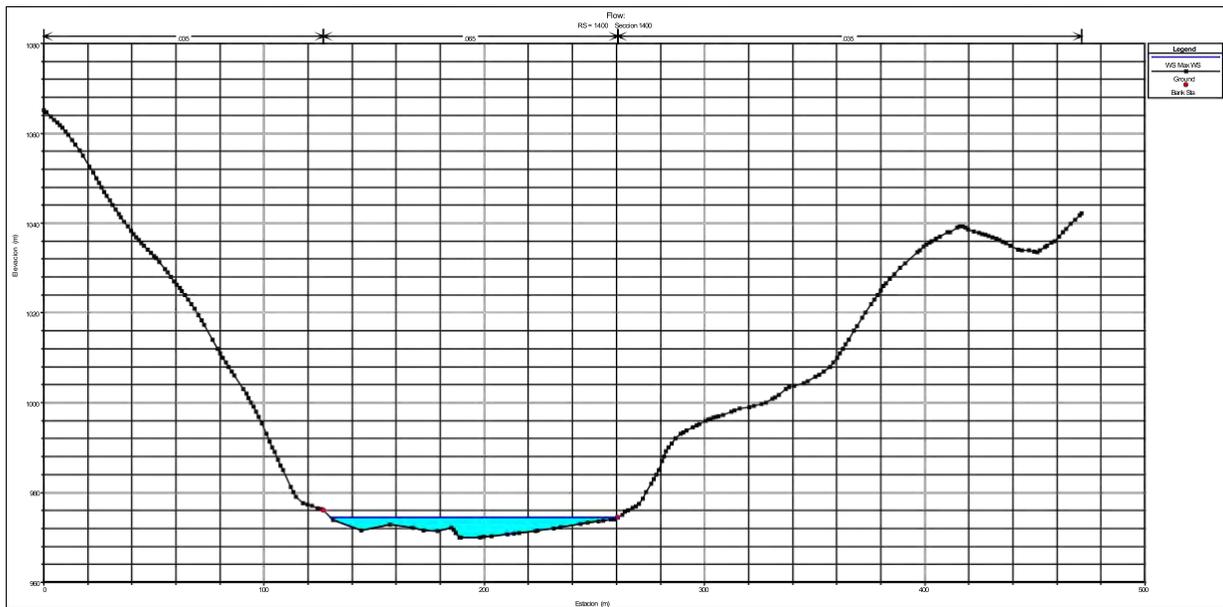
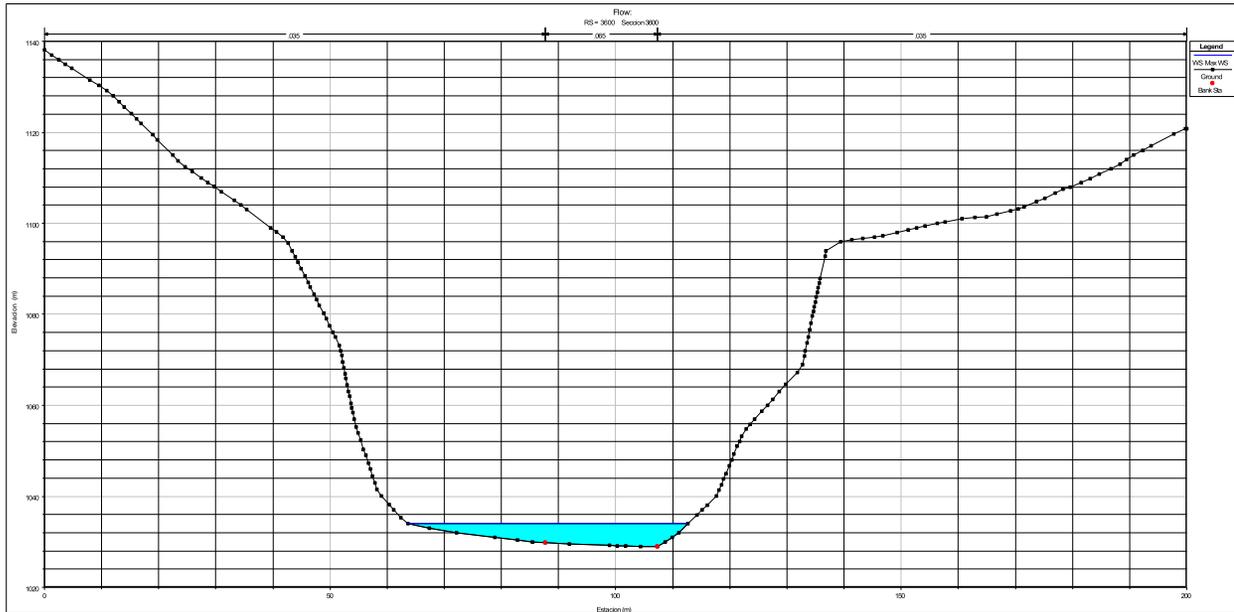


Figura 8. Sección transversal 1K+ 400²⁰



Fuente: Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2018.

Figura 9. Sección transversal 3K + 600²¹



Fuente: Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2018.

11 Vinculación con el Sistema de Protección Civil. Planes de Evacuación

Una situación de emergencia que se genere en la presa Pando podrá causar daños y pérdidas aguas abajo, específicamente en la presa Monte Lirio. EISA trabajará en forma coordinada con las autoridades locales, organizaciones no gubernamentales, radioaficionados e instituciones públicas, que por sus funciones participan en la prevención y mitigación de riesgo, en la preparación y atención de emergencia; con el objetivo de salvaguardar la vida y bienes de las poblaciones aguas abajo de las presas.

Por esta razón, EISA establecerá lo siguiente:

- Estrategia de imagen y comunicación.
- Identificación, gestión y firma de los acuerdos con las instituciones y organizaciones que forman parte del Sistema Nacional de Protección Civil.
- Instituir protocolos de avisos, lista de contactos, diagrama de avisos para cada categoría de emergencia, códigos y validación.
- Definir responsabilidades de los colaboradores de para el mantenimiento de la

documentación técnica entregada y la distribución del PADE.

A continuación, la lista de ubicaciones de los diagramas de Aviso, establecidos en la sección 4.4.

Tabla 27. Lista de Ubicaciones de los Diagramas de Avisos Impresos

<i>Ubicaciones en La Central Hidroeléctrica</i>	
1.	Sala de Control
2.	Oficina del Gerente del Complejo Hidroeléctrico
<i>Ubicaciones en Entidades Públicas</i>	
1.	Fuerza Pública de Volcán
2.	Cuerpo de Bomberos de Volcán
3.	Oficina Regional de SINAPROC
4.	Centro Nacional de Despacho

Para iniciar con este proceso de vinculación, se hará una presentación y distribución del PADE, a todas las autoridades locales, gubernamentales y no gubernamentales que participaran en forma efectiva ante la ocurrencia de una situación de emergencia citada en este PADE. Cada una de estas autoridades se les invita a participar de los simulacros.

La planificación de la alerta y evacuación son las responsabilidades de las autoridades locales (Representantes), con apoyo del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC). En todos los niveles de alerta, tanto las autoridades locales como el SINAPROC serán responsables de estudiar y coordinar las áreas afectadas y de desarrollar planes de notificación y evacuación. No obstante, EISA se reunirá con las partes interesadas; representantes de corregimiento ONG's y las instituciones de seguridad pública para suministrarles y explicarles los diferentes escenarios que contempla este PADE y sus respectivos planos de inundación.

Las autoridades locales y SINAPROC son responsables de la terminación de actividades de acciones de emergencia o de la evacuación (según sea el caso), incluyendo la publicación de notas de prensa para la radio, televisión, o medios impresos. Las autoridades y la policía local serán responsables de la seguridad dentro de las áreas afectadas durante y después de una emergencia; esto último para asegurar la entrada apropiada a las áreas afectadas para proteger al público.

El EISA será responsable de monitorear la presa durante una situación de emergencia, según los diagramas de aviso, de las condiciones de la presa desde el momento de inicio de una emergencia hasta que se concluya la misma. Se usarán todos los medios de comunicación disponibles. El principal medio de comunicación será el teléfono. También se pueden usar celulares, radio, e

internet.

El PADE contemplará acciones que serán implementadas por el Gerente de Planta o el Supervisor de Operaciones y su equipo de trabajo. La organización de las comunidades (de haber) que se ubican aguas abajo de la presa dentro de la planicie de inundación son responsabilidad de las autoridades locales y las instituciones que forman parte del Sistema Nacional de Protección Civil. Estas acciones deberán contemplar como mínimo: seguridad del área afectada; la evaluación de los daños y análisis de necesidad y la rehabilitación de los servicios básicos.

12 Simulacros de Emergencia

El **Coordinador del PADE** conducirá una sesión anual de simulacro de emergencia del PADE, para habituar y disciplinar el comportamiento del personal de la Central Hidroeléctrica Pando, en todas las situaciones de emergencia contempladas en este documento. El **Coordinador del PADE** será el responsable de programar, coordinar y dirigir (el simulacro podría ser dirigido y/o evaluado por un proveedor) el simulacro de la situación de emergencia correspondiente.

El **Coordinador del PADE** presentará los diferentes escenarios de forma detalladas, con la finalidad de evaluar los conocimientos de todo el personal, sobre los procedimientos y protocolos que se deben seguir ante una situación de emergencia descrita en el PADE.

El **Coordinador del PADE** presentará, las acciones a desarrollar según sea el caso al personal, quienes deberán tomar decisiones al respecto. Los resultados obtenidos en el simulacro, permitirá hacer los ajustes en los procedimientos o implementar procesos de capacitación del personal.

El objetivo general que se quiere con la capacitación del personal es que adquieran los conocimientos y capacidad de reacción para que, en el momento que sea necesario, activar y dar seguimiento a las diferentes situaciones de emergencia presentadas en este Plan de Acción Durante Emergencias.

Para las otras situaciones de emergencia, los simulacros se ejecutarán a diferentes niveles según los siguientes criterios:

Bajo: Verificación de los sistemas de comunicaciones, los números telefónicos, nombres y cargos de

los responsables en la cadena de avisos.

Medio: Seminarios–Taller en donde se discutan las acciones a seguir en caso una de las situaciones de una emergencia.

Alto: Incluye desde simulaciones o ejercicios de gabinete hasta la simulación a escala real de una emergencia. Los simulacros deben incluir múltiples fallas. En cada simulacro debe plantearse un escenario de emergencia diferente. Debe abarcar todas las fases contempladas en una situación de emergencia real.

Para todas las situaciones de emergencia EISA hará un simulacro de nivel bajo o nivel medio, que se llevará a cabo mediante un ejercicio en el que se ensayarán las medidas a seguir ante una situación hipotética de emergencia. Dichos simulacros se diseñarán de manera que sea realista. El **Coordinador del PADE** escogerá la situación y la hora; además, asignará a un observador que verificará las acciones y notificaciones subsecuentes (quién, cuándo y los medios de comunicación), y determinará si todos los participantes tienen la versión actualizada del PADE.

La coordinación de este simulacro se extenderá hasta las instituciones, según los diagramas de Aviso. Se involucrará en este simulacro a personal interno de EISA y a las instituciones que tienen responsabilidades en el PADE. También se involucrarán a personal de las presas ubicadas inmediatamente aguas abajo y aguas arriba de la presa Pando.

Durante este simulacro se abarcarán todas las fases contempladas en una situación de emergencia real:

- Detección del Evento
- Determinación del Nivel de Emergencia
- Niveles de Comunicación y Notificación
- Acciones Durante la Emergencia
- Terminación

Los simulacros y/o simulaciones se ejecutarán bajo los siguientes criterios:

- No debe realizarse un nivel de ejercitación si no se han comprendido las consignas y procedimientos del anterior.
- 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.

- Se interrumpirán cuando durante su desarrollo surja alguna situación extraordinaria o de emergencia real o sea imprescindible la atención del personal para garantizar la operación normal de la central.
- No se permitirá el tráfico de personas o vehículos salvo que sean imprescindibles dentro del ejercicio del simulacro.
- La duración del ejercicio del simulacro dependerá del nivel del simulacro.
- Se involucrará a todo el personal necesario para llevar a cabo las tareas a realizar de acuerdo con la situación de emergencia en simulacro.
- Las comunicaciones deberán estar disponibles para el ejercicio.

Durante el desarrollo del ejercicio del simulacro, el observador asignado controlará y registrará en una bitácora todas las acciones que se desarrollen y se pondrá mayor interés en los siguientes aspectos:

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

Durante el ejercicio de simulación o simulacro se evaluarán los siguientes aspectos: (i) tratará sobre preocupaciones respecto a los contactos telefónicos, (ii) evaluará el tiempo para completar el simulacro e identificará maneras de acortar el tiempo, (iii) tratará sobre las pruebas de energía y equipos, (para apertura o cierre, tales como vertederos y otras estructuras hidráulicas de descarga) y (iv) indicará si los participantes tenían el PADE más reciente.

Se verificará la efectividad y funcionamiento de sensores automáticos disparándolos manualmente, o bien simulando y dando la alarma en forma verbal. Además debe verificarse como se manejarán los equipos (para apertura o cierre, tales como vertederos y otras estructuras hidráulicas de descarga) ante alguna de las siguientes posibilidades de Situación de Emergencia en el simulacro:

- Operación del embalse en Situación de Emergencia para el caso de crecida extraordinaria, alertada y verificada a partir del conocimiento del pronóstico con

suficiente antelación.

- Cierre automático de los equipos de operación en caso de sismos.
- Puesta a salvo del personal de operación de la presa.
- Comunicación de la Situación de Emergencia 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.

Dentro de los 45 días después del simulacro, el **Coordinador del PADE** emitirá un informe del ejercicio del simulacro al SINAPROC que contendrá como mínimo lo siguiente:

- Descripción del ejercicio planteado, incluyendo nivel de dificultad, el escenario y el personal al que va dirigido y descripción de la situación simulada.
- Desarrollo detallado 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.

13 Actualización del PADE

EISA revisará PADE con una periodicidad mínima de un año, particularmente en lo referente a cambios de personas o entidades con responsabilidad específica, direcciones, números telefónicos, frecuencias e identificaciones de radio y toda otra información crítica para la eficacia de las acciones previstas. De no haber cambios durante el año, EISA enviará a la ASEP una nota notificando que no ha habido cambio alguno.

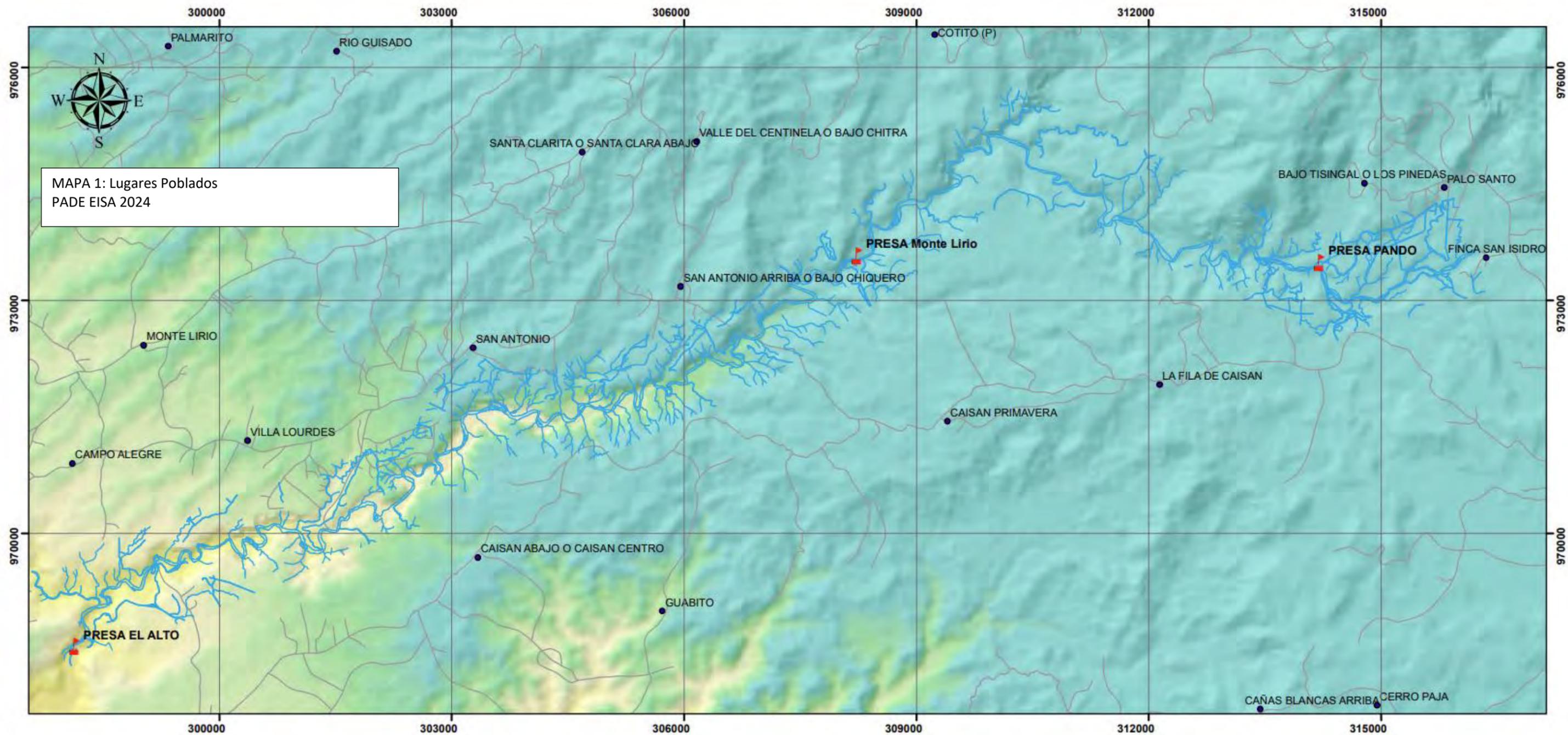
Además, EISA hará una revisión completa el PADE cada dos (2) años. La revisión completa identificará cualquier nuevo desarrollo u otros cambios aguas arriba o aguas abajo los cuales podrían necesitar la modificación del PADE. Si ocurren tales cambios, EISA informará rápidamente al director de la Autoridad Nacional de los Servicios Públicos, determinará en consulta con agencias y otros si las modificaciones son necesarias, y distribuirá cualquier modificación resultante. EISA enviará cada dos (2) años al director de la Autoridad Nacional de los Servicios Públicos: (i) una declaración que el PADE ha sido revisado completamente, (ii) la última fecha en que fue aprobado; y (iii) cualquier modificación o actualización o una declaración que ninguna fue necesaria.

14 Bibliografía

- Normas de Seguridad de Presas. Autoridad Nacional de los Servicios Públicos. 2010
- Resumen Técnico del Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá. Período 1971-206- Hidrometeorología. ETESA. 2008
- Volumen I: Lugares Poblados de la Republica, INEC, Contralora General de la Republica. 2011
- Estudio de Impacto Ambiental Categoría III de la Central Hidroeléctrica Pando. Electron Investment, S.A. 2002
- Estudio de prefactibilidad de los proyectos hidroeléctricos Pando y Monte Lirio. Electron Investment, S.A. 2007
- Feasibility Study. Basic Design Report. Pando y Monte Lirio Hydroelectric Project. Electron Investment, S.A. 2009
- Guidelines for Dam Breach Analysis. Office of the State Engineer Dam Safety Branch. State of Colorado. Department of Natural Resource. 2010

ANEXO A - MAPAS

Mapas generados para representar las huellas de inundación del tramo Presa Pando-Presa Monte Lirio del cauce del río Chiriquí Viejo, obtenido de la simulación hidráulica de los escenarios de: colapso estructural de presa en condiciones de operación normal; colapso estructural de presa con crecidas extraordinarias



MAPA 1: Lugares Poblados
PADE EISA 2024

CEDSA
CONSULTORIA, ESTUDIOS Y DISEÑOS, S.A
VIA RICARDO J. ALFARO, TORRE AVIÑON No1
Tel. 3874498
correo electronico: cedsaproyectos@gmail.com
www.cedsa-panama-com

PROYECTO: PLAN DE ACCIÓN DURANTE EMERGENCIAS PARA EL COMPLEJO HIDROELECTRICO PANDO Y COMPLEJO HIDROELECTRICO MONTE LIRIO

PROMOTOR: Electron Investment S.A. (EISA)

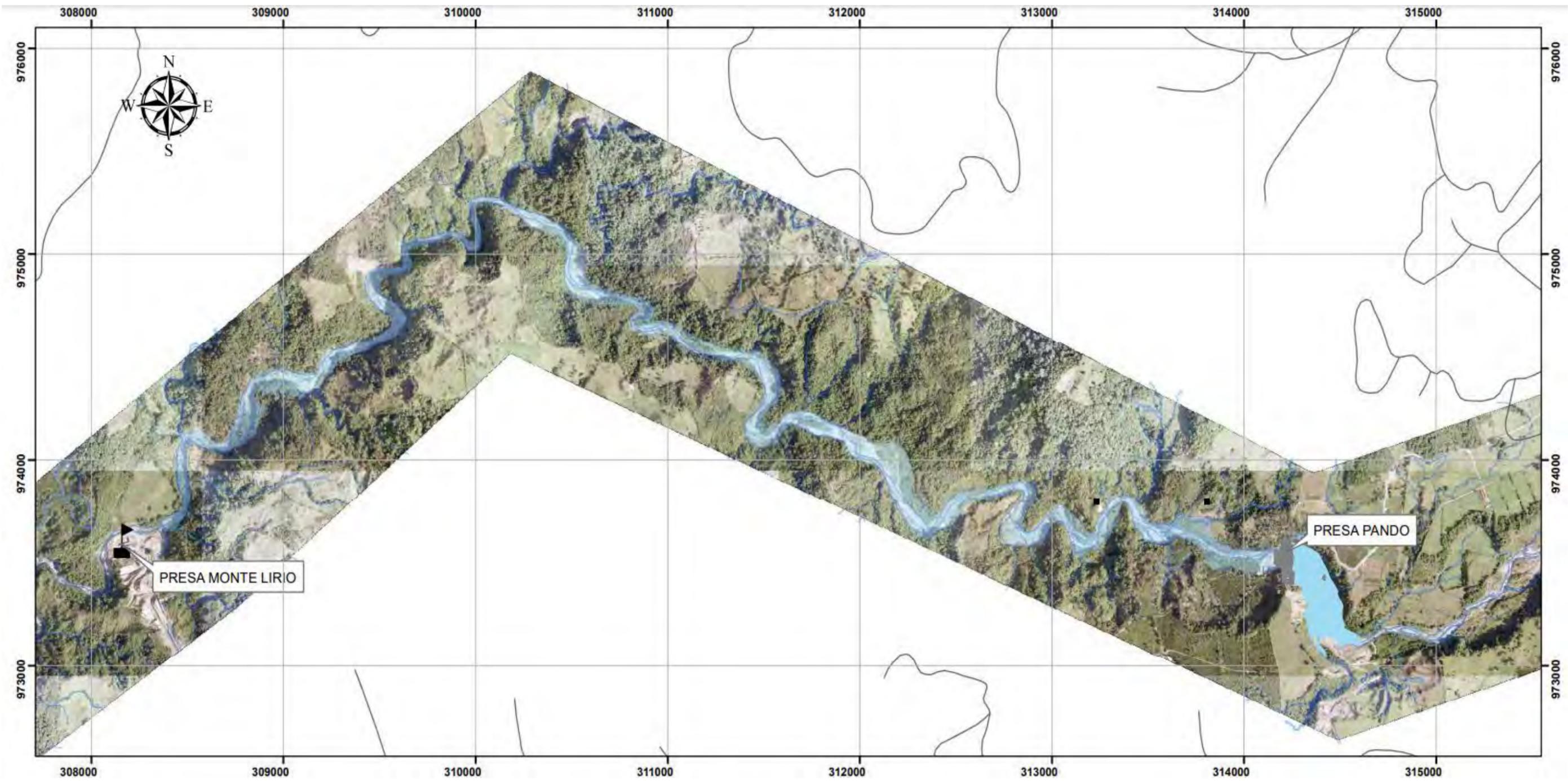
ESCALA: 1:50,000 PROYECCIÓN: UTM WGS 84

MAPA 1
MAPA DE UBICACIÓN DE
LUGARES POBLADOS

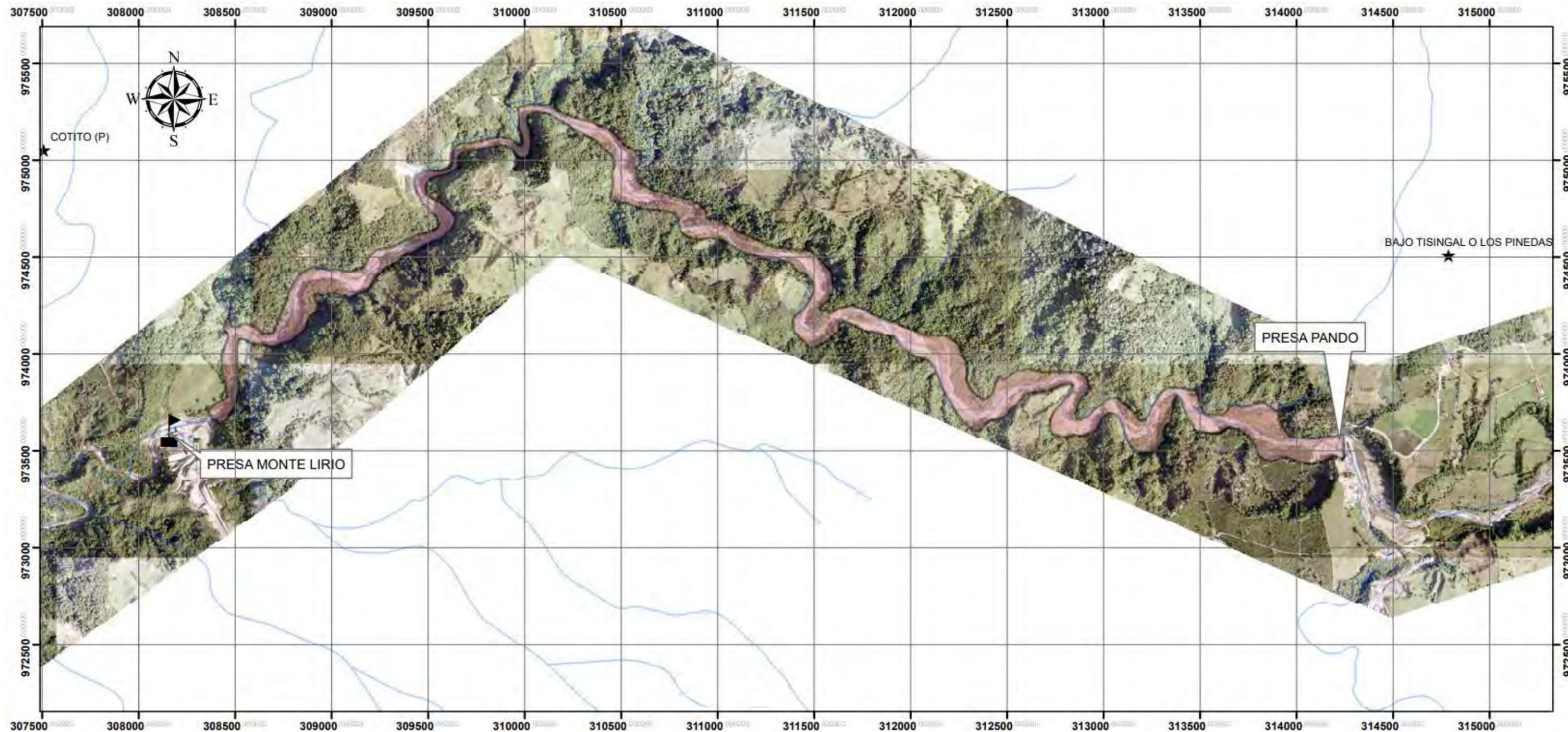
Leyenda

- Puntos_Presa
- Poblados
- Hidrografia
- Calles y Caminos

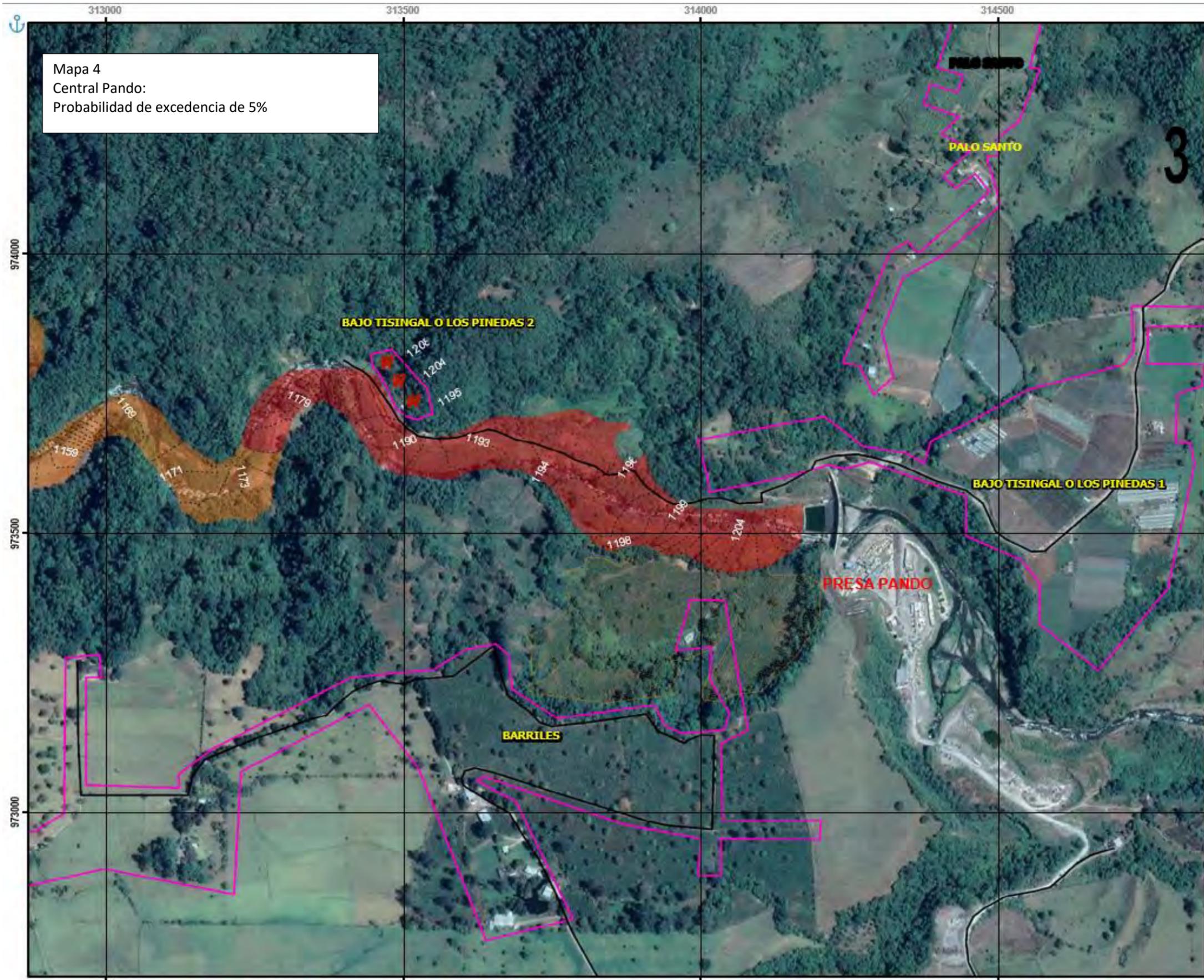
Corregimiento	Lugar Poblado	Viviendas totales Censo 2010	Población Total Censo 2010	Coordenadas UTM (WGS-84)		
				Norte	Este	Elev. msnm
Monte Lirio	Campo Alegre	83	336	970897	298102	841
	Villa Lourdes	38	183	971192	300365	884
	Monte Lirio	208	715	972441	299161	853
	San Antonio Arriba	43	183	973182	305957	1012
	San Antonio	147	589	972393	303856	997
Plaza Caisán	La Fila de Caisán	1	6	971914	312142	1338
	Caisán Primavera	94	344	971443	309406	1191
	Caisán Centro	128	521	970772	305622	1036
	Caisán Arriba	23	93	973182	308968	1140
	Caisán Abajo	2	21	969478	303098	955
	Plaza Caisán	331	1363	969578	299778	807



	<p>CONSULTORIA, ESTUDIOS Y DISEÑOS, S.A. (CEDSA) BETHANIA, CALLE 1RA. LA GLORIA, CASA 9C. LOCAL 3A TELEFONO: 260-4047 CORREO: cedsa-panama@cableonda.net www.cedsa-panama.com</p>	<p>Leyenda</p> <ul style="list-style-type: none"> Calles y Accesos Presa Pando EMBALSE PANDO Maximo Nivel de Crecida Hidrografia 	
<p>PROYECTO: PLAN DE ACCIÓN DURANTE EMERGENCIAS PARA EL COMPLEJO HIDROELECTRICO PANDO Y COMPLEJO HIDROELECTRICO MONTE LIRIO</p>			
<p>PROMOTOR: Electron Investment S.A. (EISA) ESCALA: 1:20,000</p>	<p>MAPA 2 Central Hidroeléctrica Pando Planicie de crecida extraordinaria</p>		



	<p>CONSULTORIA, ESTUDIOS Y DISEÑOS, S.A VIA RICARDO J. ALFARO, TORRE AVIÑON No1 Tel. 387-4498 correo electronico: cedsaproyectos@gmail.com www.cedsa-panama-com</p>	<p>Leyenda</p> <ul style="list-style-type: none"> ★ Poblados ■ ROTURA Q:3793 ~ Rios <p>EL CAUDAL SIMULADO FUE OBTENIDO MEDIANTE EL METODO DE FROEHLICH</p>	
<p>PROYECTO: PLAN DE ACCIÓN DURANTE EMERGENCIAS PARA EL COMPLEJO HIDROELECTRICO PANDO Y COMPLEJO HIDROELECTRICO MONTE LIRIO</p>			
<p>PROMOTOR: Electron Investment S.A. (EISA) ESCALA: 1:20,000 PROYECCIÓN: UTM WGS 84</p>	<p>MAPA 3 Central Pando: Rotura de presa en condiciones extraordinaria</p>		



Mapa 4
 Central Pando:
 Probabilidad de excedencia de 5%

MAXIMA ELEVACIÓN (COTA)

WSE (m - MSL)

- 952 - 975
- 975 - 1,000
- 1,000 - 1,025
- 1,025 - 1,050
- 1,050 - 1,075
- 1,075 - 1,100
- 1,100 - 1,125
- 1,125 - 1,150
- 1,150 - 1,175
- 1,175 - 1,209

--- CURVAS DE NIVEL
 — CARRETERAS
 ▭ PLANTACIÓN CAFÉ
 ▭ LUGARES POBLADOS



EISA ELECTRON INVESTMENT S.A.

CC CASTILLO CONSULTORES Y ASOCIADOS, S.A

Proyecto: **CENTRAL HIDROELÉCTRICA PANDO**

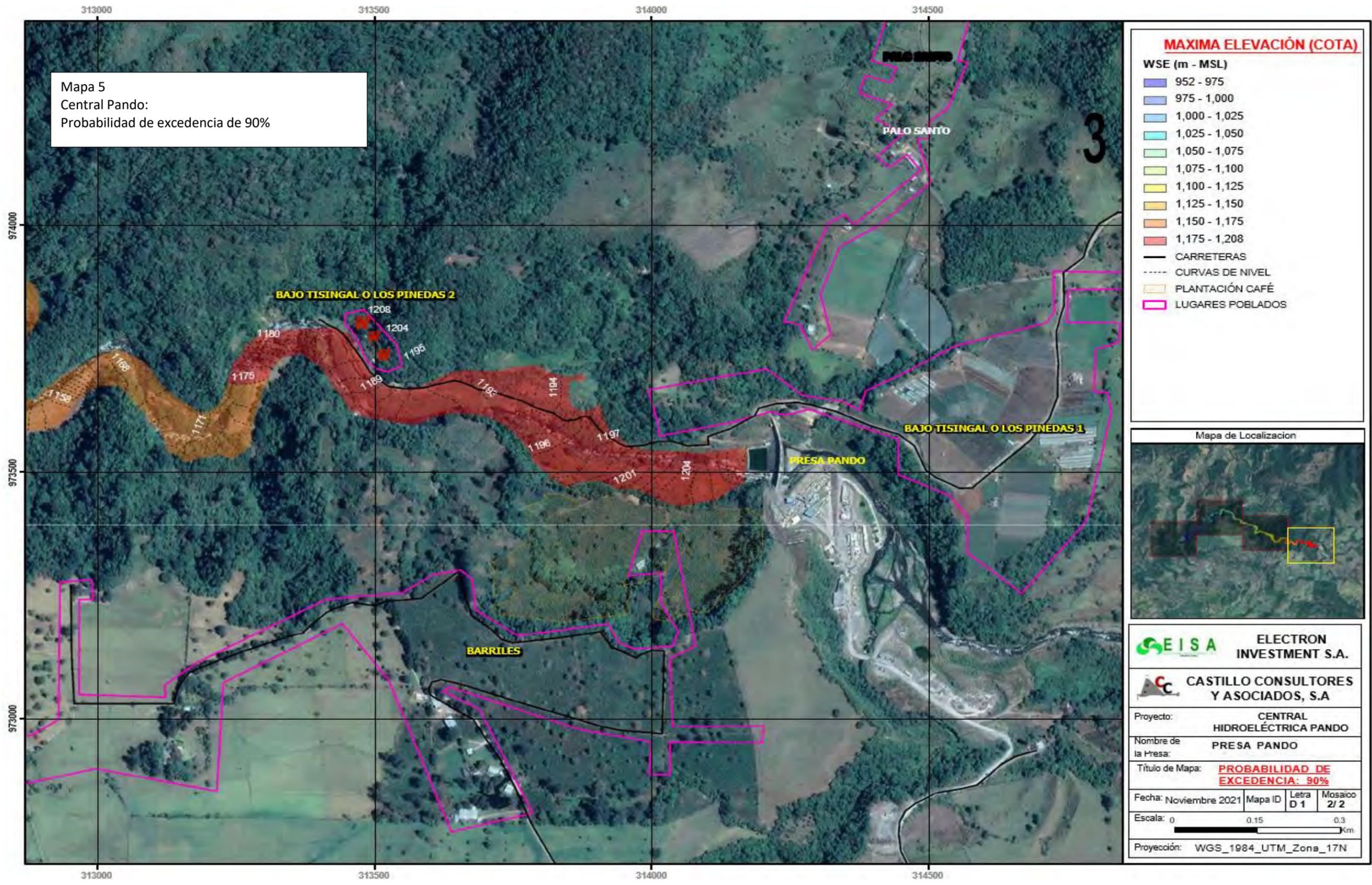
Nombre de la Presa: **PRESA PANDO**

Título de Mapa: **PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA: 5%**

Fecha: Noviembre 2021	Mapa ID	Letra D 1	Mosaico 1/2
-----------------------	---------	-----------	-------------

Escala: 0 0.15 0.3 Km

Proyección: WGS_1984_UTM_Zona_17N



Mapa 5
 Central Pando:
 Probabilidad de excedencia de 90%

MAXIMA ELEVACIÓN (COTA)

WSE (m - MSL)

- 952 - 975
- 975 - 1,000
- 1,000 - 1,025
- 1,025 - 1,050
- 1,050 - 1,075
- 1,075 - 1,100
- 1,100 - 1,125
- 1,125 - 1,150
- 1,150 - 1,175
- 1,175 - 1,208

- CARRETERAS
- CURVAS DE NIVEL
- PLANTACIÓN CAFÉ
- LUGARES POBLADOS



EISA ELECTRON INVESTMENT S.A.

CC CASTILLO CONSULTORES Y ASOCIADOS, S.A.

Proyecto: **CENTRAL HIDROELÉCTRICA PANDO**

Nombre de la Presa: **PRESA PANDO**

Título de Mapa: **PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA: 90%**

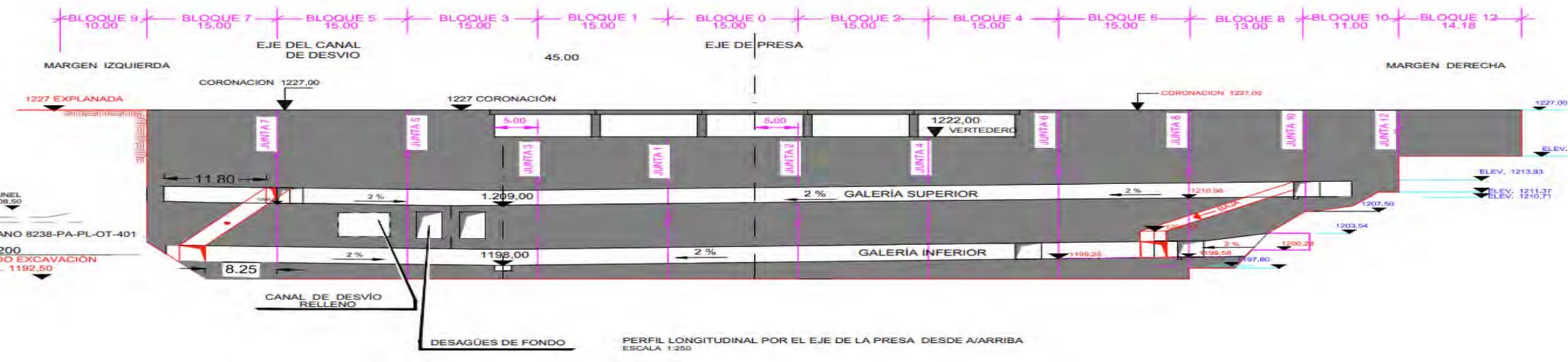
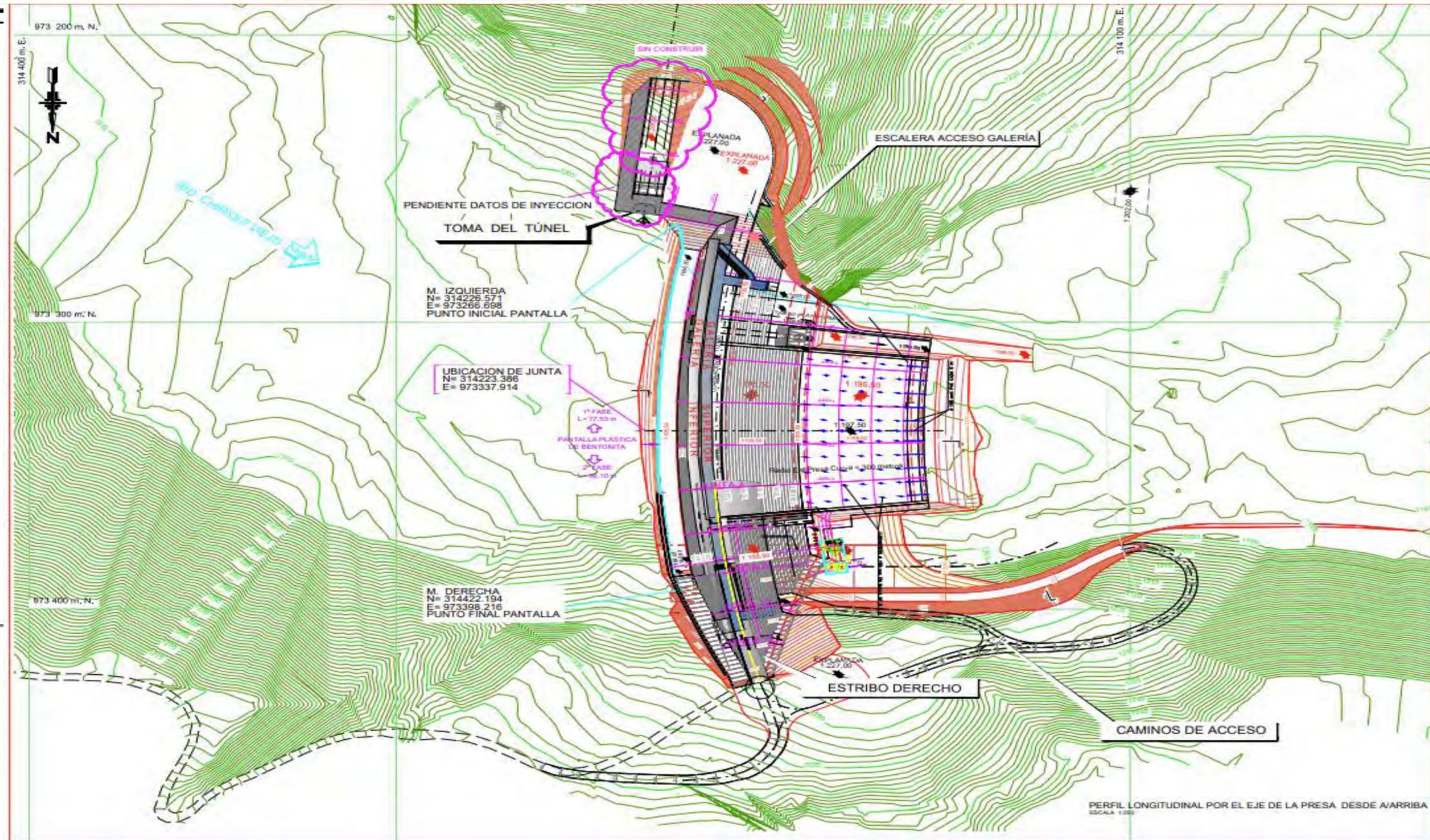
Fecha: Noviembre 2021	Mapa ID	Letra D 1	Mosaico 2/2
-----------------------	---------	-----------	-------------

Escala: 0 0.15 0.3 Km

Proyección: WGS_1984_UTM_Zona_17N

ANEXOS DE PLANOS

Planos de detalles de: Presa Pando, Casa de Máquina y Túnel



PROYECTO :
HIDROELECTRICA PANDO Y MONTE LIRIO
PROVINCIA DE CHIRIQUI



TITULO: PRESA PANDO

REV.	FECHA	DESCRIPCION
1	28-FEB-14	PLANO AS BUILT
0	15-NOV-13	PLANO AS BUILT

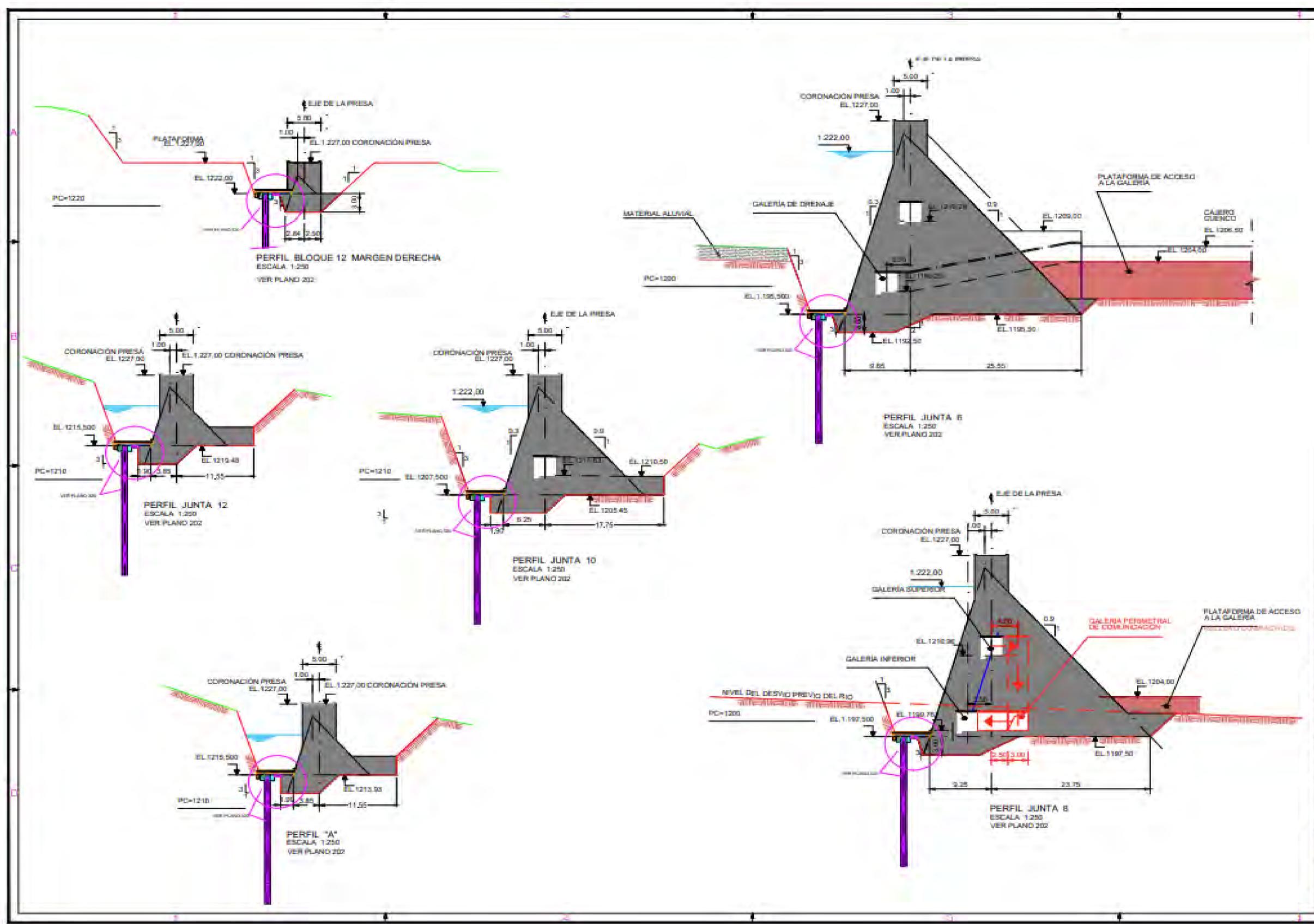
DISEÑADO POR: José María Marín Morcillo
REVISADO POR: José D. Fernández Corrochano
CALCULADO POR: Javier Picazo González
DIBUJADO POR: Alex J. Vargas D.

CONTENIDO:
PRESA PANDO
PLANTA GENERAL Y
PERFIL LONGITUDINAL

EMPRESA CONSULTORA: INCISA
INSPECCION: MWH

EMPRESA CONSTRUCTORA: HCH HIDRAULICA DEL CHIRIQUI S.A.

ESCALA:	FECHA:	CODIGO:	REV.	HOJA Nº
INDICADAS	28-FEB-14	8238-PA-PL-PR-202	1	1 / 1



PROYECTO :
 HIDROELECTRICA PANDO Y MONTE LIRIO
 PROVINCIA DE CHIRIQUI



PROPIEDAD
TÍTULO: PRESA PANDO

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN
1	28-FEB-14	PLANO AS BUILT
0	15-NOV-13	PLANO AS BUILT

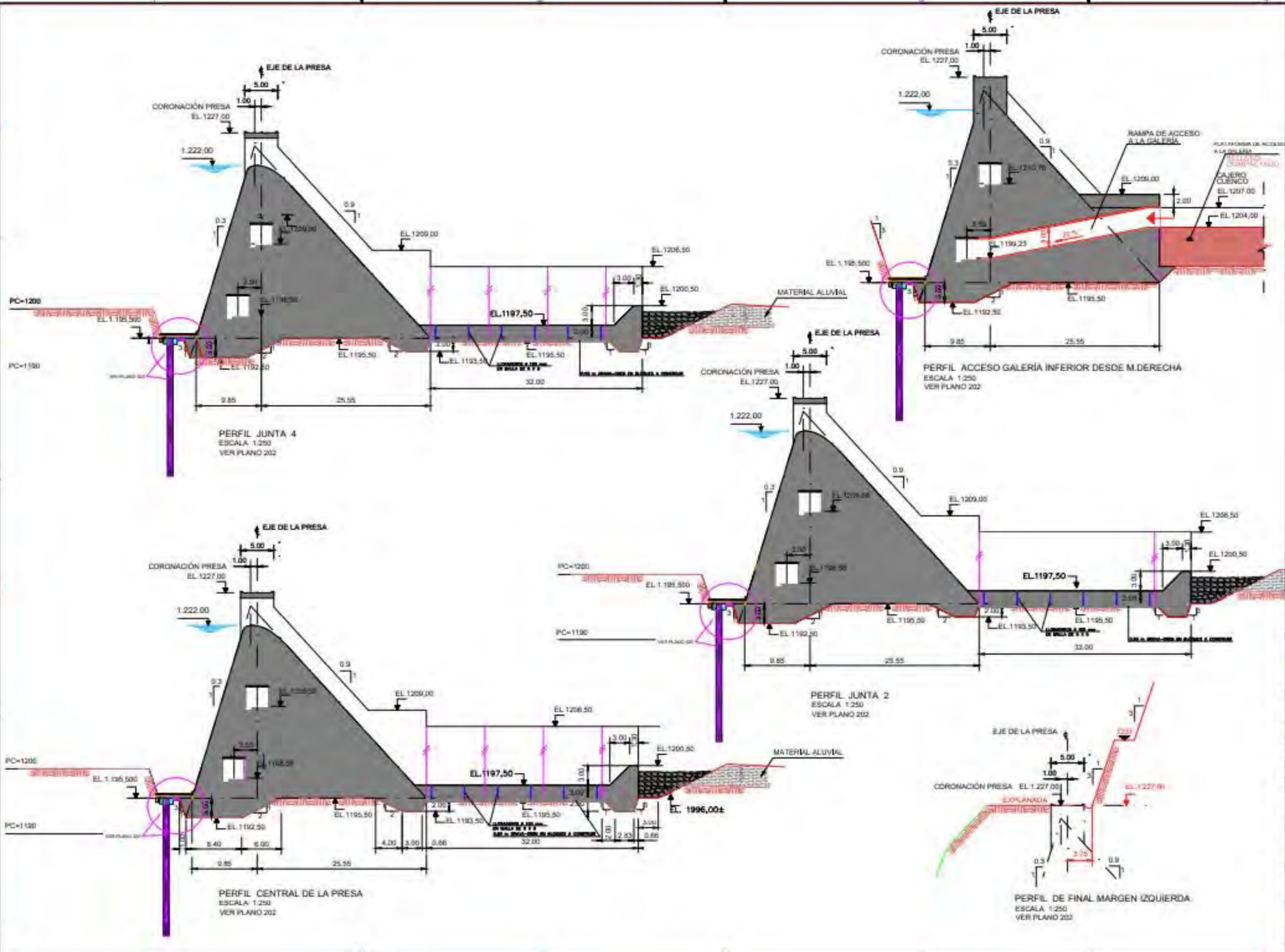
DISEÑADO POR: José María Marín Morcillo
 REVISADO POR: José D. Fernández Corrochano
 CALCULADO POR: Javier Pizarro González
 DIBUJADO POR: Alex J. Vargas D.

CONTENIDO:
 PRESA
 PERFILES TRANSVERSALES

EMPRESA CONSULTORA: **INCISA**
 INSPECCIÓN: **MWH**

EMPRESA CONSTRUCTORA: **HCH HIDRAULICA DEL CHIRIQUI, S.A.**

ESCALA:	FECHA:	CODIGO:	REV.	HOJA Nº
1:250	28-FEB-14	8238-PA-PL-PR-303	1	1 / 3



PROYECTO :
HIDROELECTRICA PANDO Y MONTE LINDO
PROVINCIA DE OROSHUA



PROPIEDAD
TITULO: PRESA PANDO

NO.	FECHA	DESCRIPCION
1	20-FEB-14	PLANO AS BUILT
2	16-NOV-13	PLANO AS BUILT

DESIGNADO POR	PROYECTO POR
José María Basso Montolio	José E. Fernández Castellanos
ELABORADO POR	REVISADO POR
José Plazas Córdova	Man J. Vargas G.

PRESA
PERFILES TRANSVERSALES



ESCALA	FECHA	CONTEXTO	FOLIO	TOTAL DE FOLIOS
1:250	20-FEB-14	IC2010/PA-PP-001	1	2 / 3

ANEXOS DE FIGURAS

Figuras de secciones longitudinales y transversales del cauce del río Chiriquí Viejo con resultados de simulación de los escenarios de: colapso estructural de presa en condiciones de operación normal; colapso estructural de presa con crecidas extraordinarias

Figura 10 Perfil longitudinal el tramo pres Pando-presa Monte Lirio en donde se aprecia el nivel de agua resultante de la simulación hidráulica para el escenario de nivel máximo de operación normal

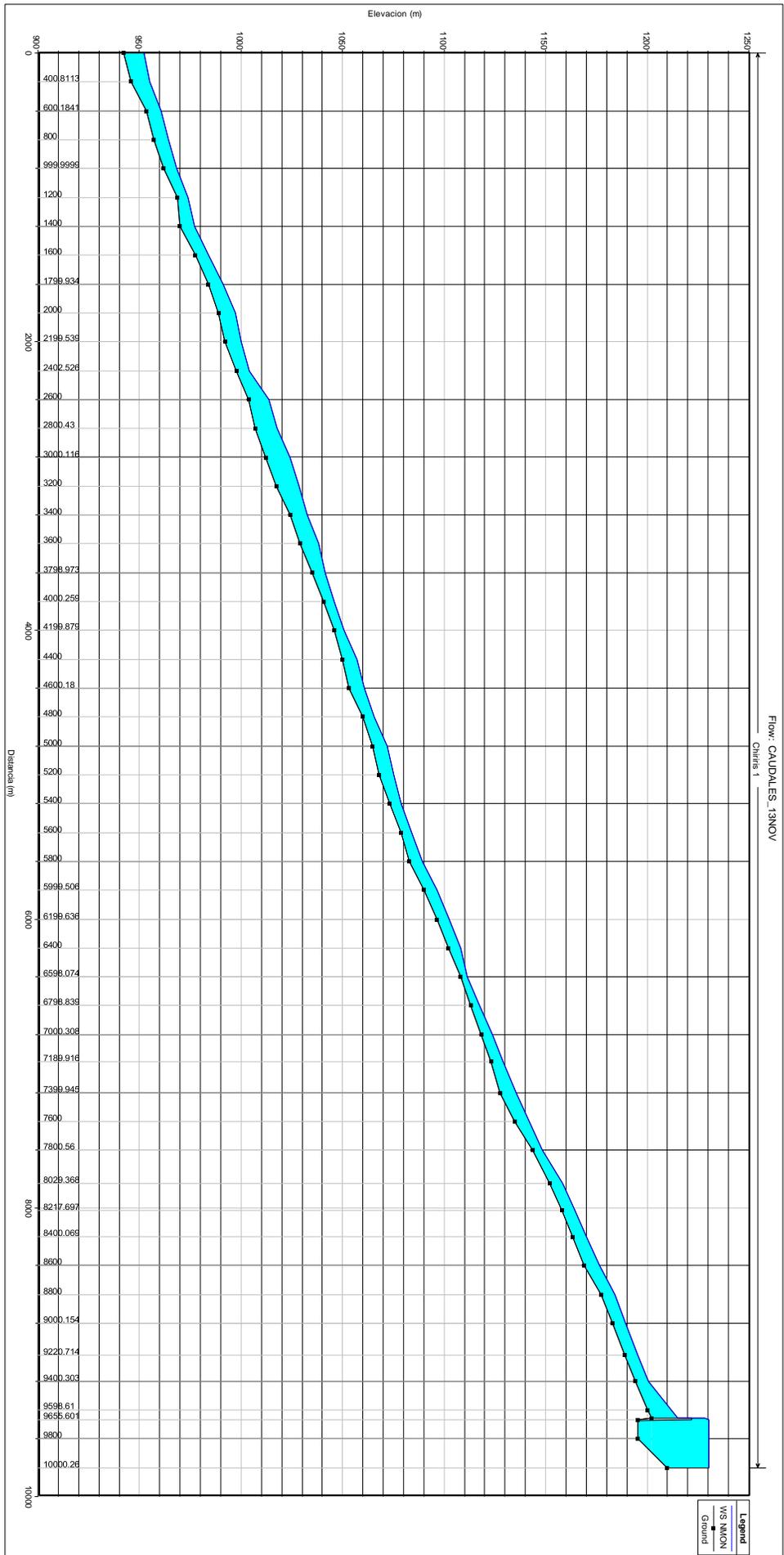


Figura 11. Sección transversal en la estación 1k + 200 en donde se aprecia el nivel de agua resultante de la simulación hidráulica para el escenario colapso estructural durante crecida extraordinaria

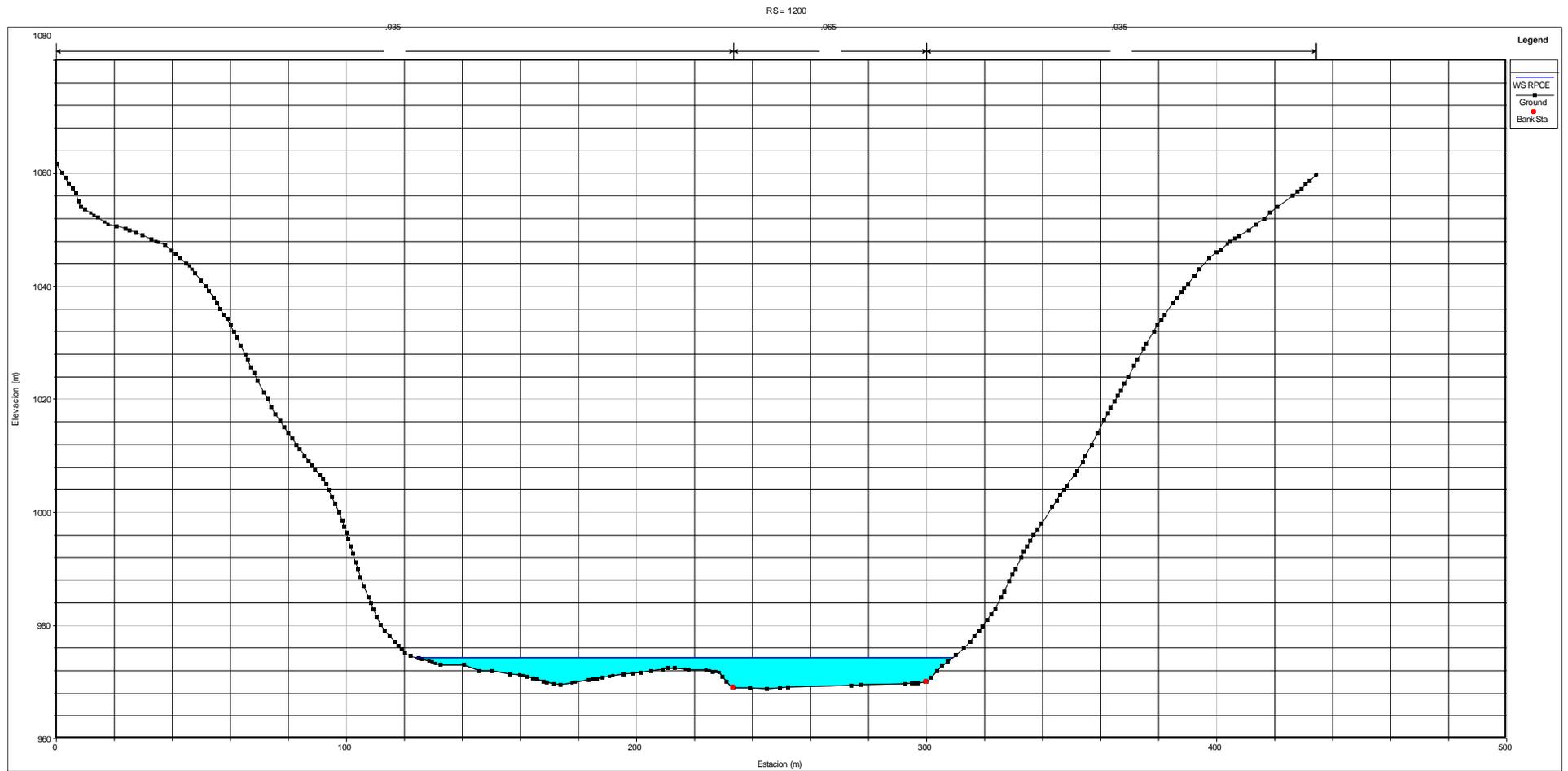


Figura 12. Sección transversal en la estación 1k + 400 en donde se aprecia el nivel de agua resultante de la simulación hidráulica para el escenario colapso estructural durante crecida extraordinaria

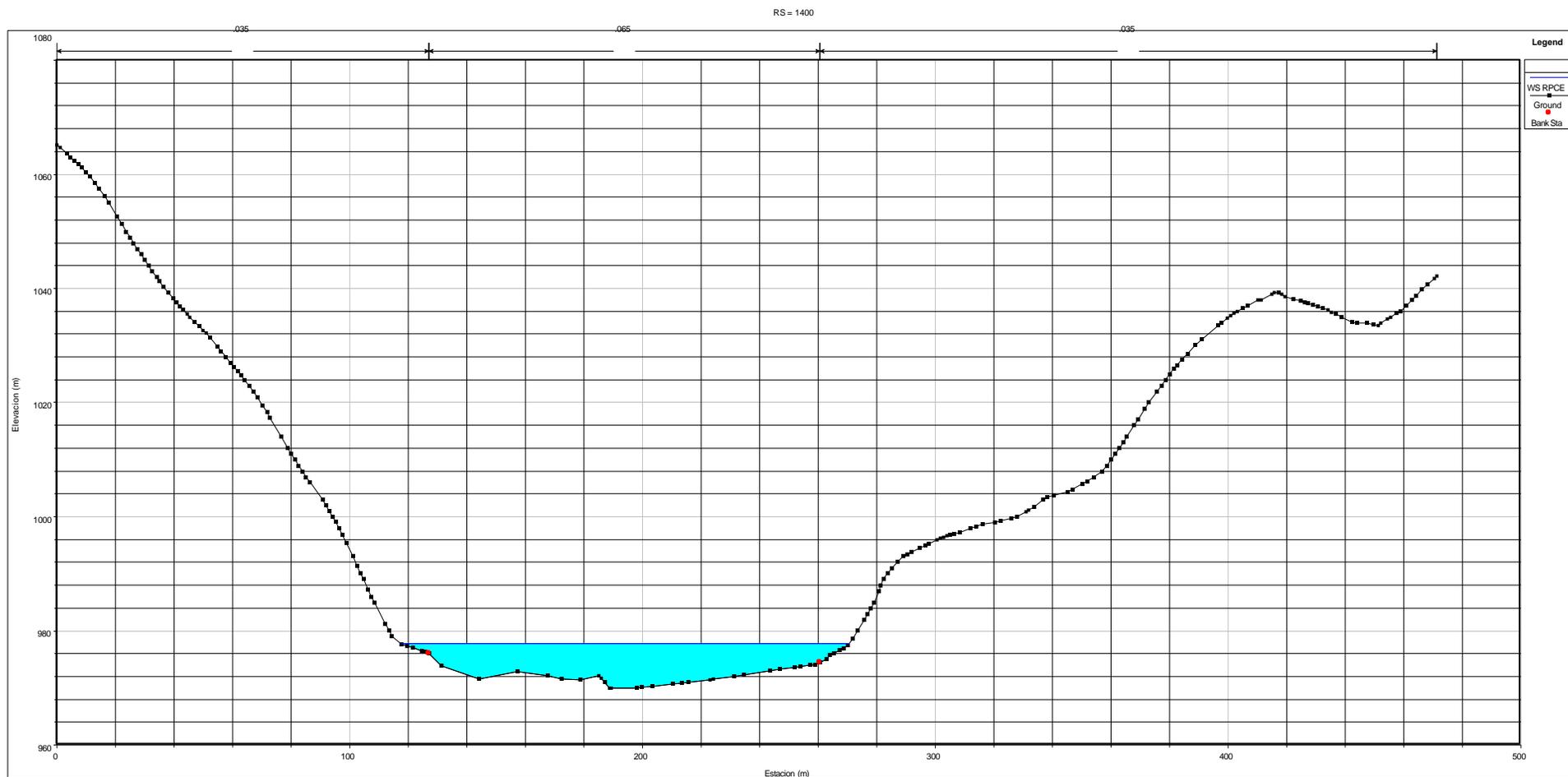


Figura 13. Sección transversal en la estación 3k + 600 en donde se aprecia el nivel de agua resultante de la simulación hidráulica para el escenario colapso estructural durante crecida extraordinaria

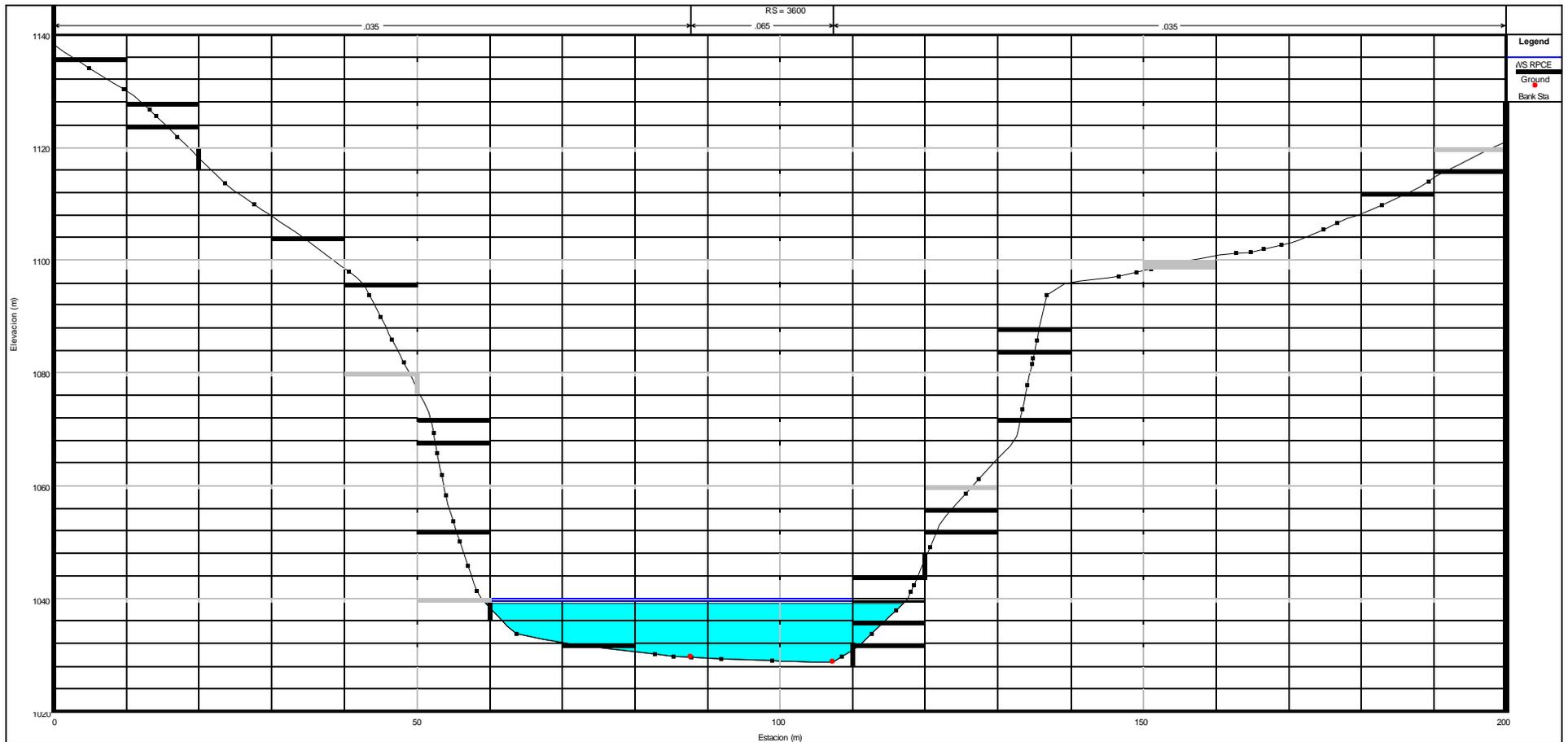


Figura 14. Sección transversal en la estación 1k + 200 en donde se aprecia el nivel de agua resultante de la simulación hidráulica para el escenario niveles de operación normal

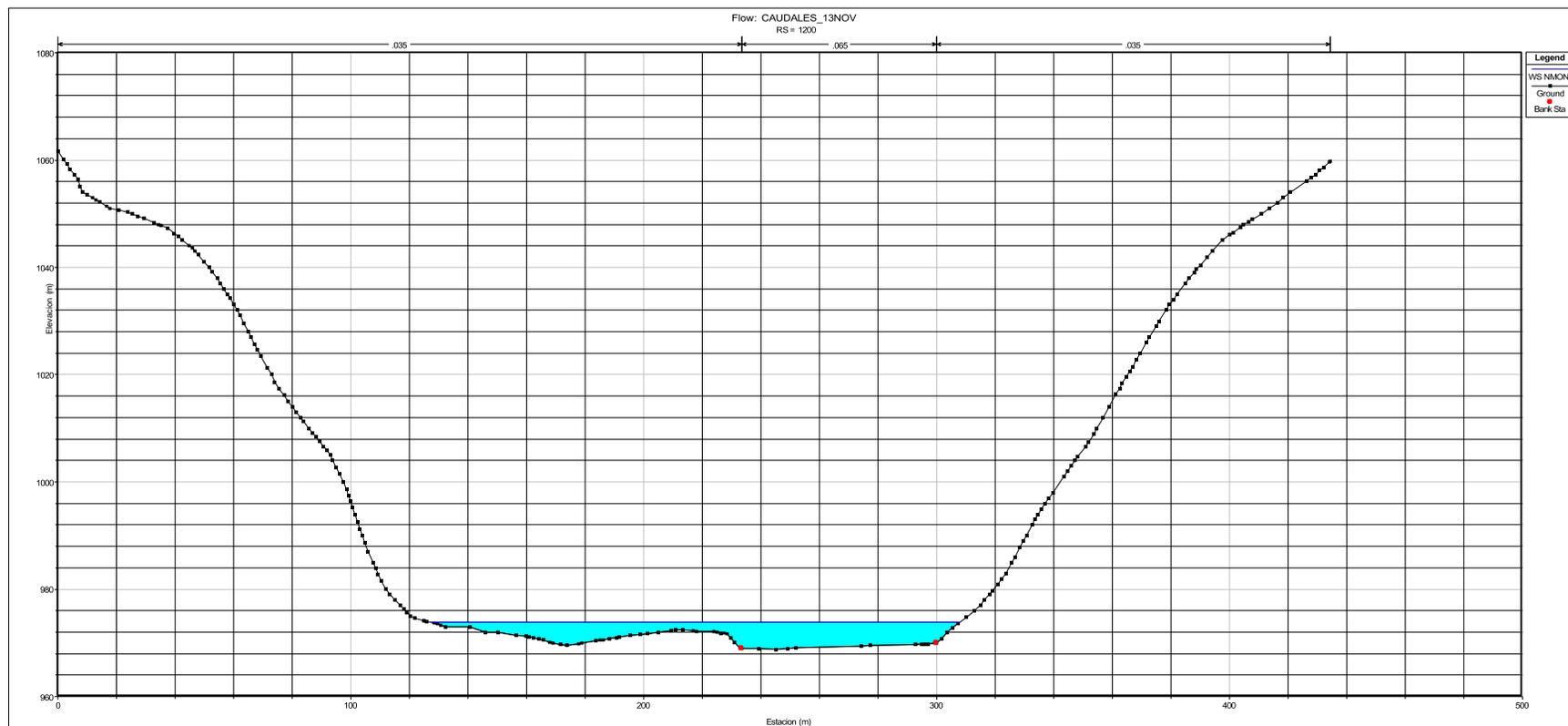
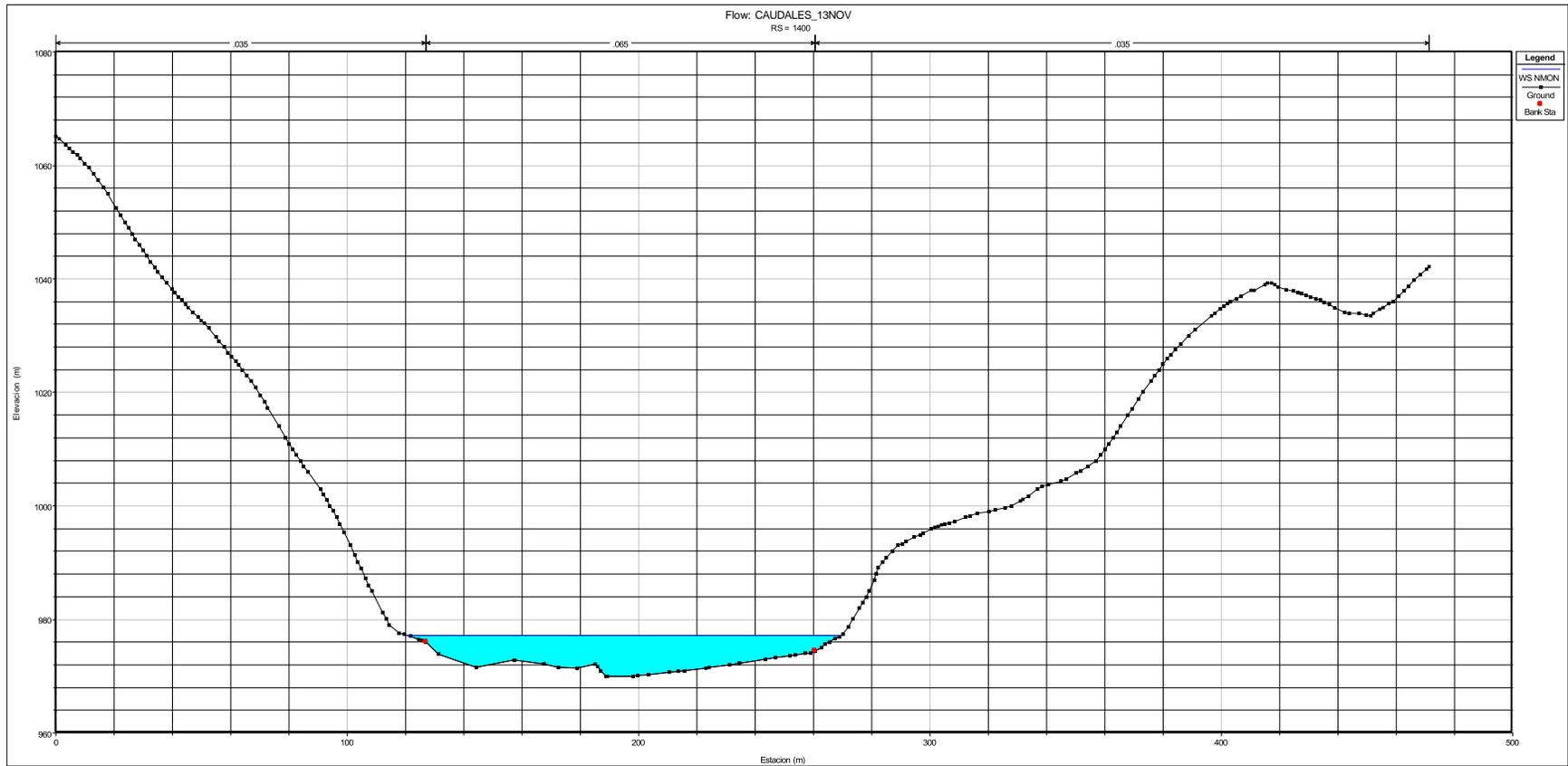


Figura 15. Sección transversal en la estación 1k + 400 en donde se aprecia el nivel de agua resultante de la simulación hidráulica para el escenario niveles de operación normal



ANEXOS DE FOTOS

Evidencia fotográfica de las reuniones, visitas de campo y vistas de la Central Hidroeléctrica Pando.



Foto 1. Vista de Presa Pando



Foto 2. Vista de casa de máquina Pando ubicado a un costado de la presa Monte Lirio



Foto 3. Vista del cuarto de Controles de Pando



Foto 4. Vista del interior de Casa de Maquinas