

1/9/2015



PLANIFICACIÓN DE LAS ACCIONES DURANTE EMERGENCIAS (PADE) COMPLEJO HIDROELÉCTRICO CHIRIQUÍ CENTRAL HIDROELÉCTRICA LOS VALLES



ELABORADO POR:
CONSULTORIA, ESTUDIOS Y DISEÑOS, S.A.
ENERO 2012

Modificado Abril 2014
Revisado Septiembre 2014
Revisado Septiembre 2015
Revisado Octubre 2016
Revisado Agosto 2017

Índice General

1	Planificación de las Acciones Durante Emergencias (PADE)	5
2	Descripción de la Central Hidroeléctrica Los Valles	6
3	Identificación de las Emergencias	10
3.1	Implementación de un sistema de alerta hidrológico	10
3.2	Detección de la Anomalía	11
3.3	Tipos de Alerta	12
3.4	Diagramas de Aviso.....	14
	Alerta ROJA.....	16
4	Procedimiento para declarar la emergencia	17
5	Procedimiento Para el Manejo de las Emergencias	17
6	Situaciones de Emergencia	19
6.1	Por Colapso Estructural en Condición de Operación Normal.....	21
6.2	Por Colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias.....	21
7	Estudio de Afectación de Ribera de Embalse y Valle	22
8	Estudio Hidrológico y Modelación Hidráulica	23
8.1	Crecidas Máximas de Caudales.....	23
8.2	Estudio de la Falla de una Presa	28
8.3	Caudales utilizados de acuerdo a los escenarios.....	31
8.4	Resultados de la Simulación	32
9	Vinculación con el Sistema de Protección Civil. Planes de Evacuación.....	37
10	Simulacros de Emergencia	40
11	Actualización del PADE.....	44

Índice de Tablas

Tabla 1. Datos significativos Presa Derivadora sobre el río Los Valles	7
Tabla 2. Franjas de Operación de Central Hidroeléctrica Los Valles.	9
Tabla 3. Categorización de la presa sobre el río Los Valles según el Riesgo Potencial	9
Tabla 4. Características de las diferentes alertas a implementar	13
Tabla 5. Definición de Alertas para cada Situación de Emergencia.....	20
Tabla 6. Resumen de los escenarios de afectaciones de riberas de embalse y valles.....	23
Tabla 7. Factores de Distribución para diferentes periodos de retorno	25
Tabla 8. Caudales Máximos Instantáneos según el Análisis Regional de crecidas	25
Tabla 9. Hidrograma de Crecidas Adimensional del Río Los Valles hasta sitio de Presa	26
Tabla 10. Hidrograma de Crecida Máxima Sitio de Presa sobre el Río Los Valles	27
Tabla 11. Resumen para el cálculo de volumen erosionado	30
Tabla 12. Cálculo de Parámetros de Brecha de Acuerdo al Método de MacDonald & Langridge-Monopolis, Presa Sobre río Los Valles.	30
Tabla 13. Caudales con diferentes periodos de retorno de la presa Sobre Río Los Valles	32
Tabla 14. Caudales con periodo de retorno de 1 en 10 años.	33
Tabla 15. Caudales con periodo de retorno de 1 en 50 años.	33
Tabla 16. Caudales con periodo de retorno de 1 en 100 años.	34
Tabla 17. Caudales con periodo de retorno de 1 en 1000 años.	34
Tabla 18. Caudales con periodo de retorno de 1 en 10, 000 años.	35
Tabla 19. Lista de ubicaciones de los diagramas de Avisos Impresos	38

Índice de Figuras

Figura 1 Vista de presa derivadora sobre el río Los Valles..... 8

Figura 2. Curvas de caudales con Diferentes Periodos de Retorno Presa Sobre el río Los Valles... 28

Figura 3 Perfil Estudiado del Río Los Valles 36

Figura 4 Sección transversal 1 K + 010, Comunidad El Sindigo 37

Este PADE ha sido preparado para ayudar al personal de AES Panamá en la Central Hidroeléctrica Los Valles, mediante la oportuna y confiable detección, evaluación, y clasificación de una situación de emergencia existente o potencial en la Presa en el río Los Valles. Diversas situaciones serias que podrían llevar a la falla incluyen desastres naturales y situaciones relacionadas con actividades humanas, y este PADE establece clasificaciones de emergencia por falla de presa de acuerdo a su gravedad y urgencia. También se describen las condiciones o medidas para la detección y evaluación de una emergencia potencial o existente.

1 Planificación de las Acciones Durante Emergencias (PADE)

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

Es así que 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 la presa de la Central Hidroeléctrica Los Valles. Además, el PADE propone acciones que deben realizarse durante una emergencia para salvaguardar la vida y bienes de la población que se encuentra aguas abajo de la presa. Mediante los sistemas de información, alerta y alarma que se establezcan, el PADE debe facilitar la puesta en disposición preventiva de los servicios y recursos que hayan de intervenir 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 auxiliada por los organismos competentes.

En resumen el PADE, sirve para identificar las emergencias, proveer los planes para actuar en tales circunstancias y diseñar los diagramas de avisos. Consiste básicamente en:

- 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 poder 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.

Por otra parte, AES Panamá posee las condiciones para operar la emergencia en forma segura para lo cual se cuenta 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.

Como parte complementaria al PADE, AES Panamá cuenta con una serie de planes que forman parte del sistema de gestión integrado basado en las OHSAS 18001 e ISO 14001.

2 Descripción de la Central Hidroeléctrica Los Valles

La Central Hidroeléctrica Los Valles se encuentra localizada en el Corregimiento de Caldera, Distrito de Boquete, Provincia de Chiriquí. Esta Central Hidroeléctrica utiliza las aguas fluyentes del río Los Valles y las aguas turbinadas o descargas de la planta La Estrella. En el Mapa 1 se presenta la localización de la Central Hidroeléctrica Los Valles.

La Central Hidroeléctrica los Valles cuenta con una presa derivadora, un sistema de conducción de agua y una casa de máquinas como principales estructuras. Esta planta tiene dos unidades con una capacidad instalada total de 54.8 Megavatios.

A continuación se describe las principales estructuras que componen la Central Hidroeléctrica Los Valles.

Presa Derivadora

La presa sobre el río Los Valles es una presa de tipo derivación, está ubicada en las coordenadas UTM (WGS 84) 963770.116 N, 349899.239 E, posee un aliviadero de concreto que forma parte integral de la presa derivadora, el mismo está diseñado para permitir el paso de caudales de avenidas del río Los Valles. Su capacidad de diseño es de 1200 m³/s, la cresta está ubicada en la elevación 605.0 msnm, tiene una altura máxima de 5 m y una longitud total de 100 m, la cuenca de drenaje de esta presa es de 60.59 km². Los datos más significativos de la Presa se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Datos significativos Presa Derivadora sobre el río Los Valles¹

PRESA DERIVADORA EN RÍO LOS VALLES	
Elevación	Cresta: 605.0 msnm, Min.600.msnm
Volumen del embalse	10 000 m ³
Área de drenaje ²	60.59 km ²
Altura de Presa	5 m
Longitud de Cresta	100 m
Número de vertederos	1
Caudal de Diseño de Vertedero	1 200 m ³ /s
Coordenadas ³	963770.116 N, 349899.239 E
Características básicas de la Presa	río Los Valles
	Tipo de presa: enrocado con recubrimiento de concreto
	Elevación máxima de agua: 605.0 m
	Tipo de vertedero: Libre

Esta presa se caracteriza por ser de enrocado con recubrimiento de concreto (Fig. 1), cuenta con compuerta de limpieza para la extracción de sedimentos. El volumen útil del embalse es de 10,000 m³.

¹ Informe de Inspección y Seguridad, Central Hidroeléctrica Los Valles. MWH, Septiembre 2011

² CEDSA, noviembre 2011

³ Datos de Campo, CEDSA 2011



Figura 1 Vista de presa derivadora sobre el río Los Valles

El sistema de conducción de agua está compuesto por un túnel circular no revestido de 4.25 m de diámetro y una longitud de 3,059 m, pozo vertical circular revestido de concreto de 2.4 m de diámetro y 70 m de profundidad, un túnel circular revestido de concreto de 2.4 m de diámetro y 937 m de longitud y tuberías de acero subterránea de diámetros entre 2.0 m a 2.5 m y 1,000 m de longitud que representa una bifurcación.

Monitoreo y detección de Anomalías

Para el monitoreo y detección de anomalías la Central Hidroeléctrica Los Valles cuenta con los siguientes instrumentos:

- Piezómetros de tubo abierto tipo Casagrande.
- Cámaras de Inspección en diversos puntos.

Franjas de Operación de Embalses

En la Tabla 2 se presentan las franjas de operación de la presa y embalse de la Central Hidroeléctrica Los Valles.

Tabla 2. Franjas de Operación de Central Hidroeléctrica Los Valles.

Franjas de normas deoperación	Cota (m)
NmiOE	No aplica
NmiON	605
NMON	606
NMOE	607
NMCE	608

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 Crecida Extraordinaria

Lugares poblados Aguas Abajo de la Presa Derivadora sobre elrío Los Valles

De acuerdo al Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2010, aguas debajo de la presa derivadora sobre el río Los Valles, solo se cuenta con el lugar poblado denominado El Síndigo, que refleja una población total de 2 personas y 2 viviendas

Categorización de Presas

De acuerdo a 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 Los Valles se categoriza según los criterios descritos en laTabla 3:

Tabla 3. Categorización de la presa sobre elrío Los Valles según el Riesgo Potencial

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

Categoría	A	B	C
Riesgo	Alto	Significativo	Bajo
Pérdidas en propiedades			✓
Pérdidas Ambientales			✓

Esta presa se categorizó tipo **C** “Bajo riesgo potencial” lo que establece que son aquellas en las que las fallas o mala operación resultan en una improbable pérdida de vidas humanas y bajas pérdidas económicas y ambientales. Las pérdidas importantes se limitan a las estructuras del cierre.

3 Identificación de las Emergencias

3.1 Implementación de un sistema de alerta hidrológico

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

La combinación de estas dos herramientas, conjuntamente con los datos que arroje el resto de la instrumentación de la presa, es fundamental para activar algún sistema de alerta e iniciar el nivel de comunicación que corresponda. Además de esto, la presa derivadora sobre el río Los Valles tiene sensor de nivel en el embalse, razón por la cual los operadores siempre tienen conocimiento de su nivel actual; y pueden determinar si está subiendo con una velocidad fuera de lo normal.

Por lo tanto, los operadores de la central hidroeléctrica saben la importancia de la lectura diaria de la elevación del nivel del agua en el embalse, realizan el balance hídrico y están pendientes de los datos indicados por el sistema de alerta temprana.

3.2 Detección de la Anomalía

El personal de AES Panamá en la Central Hidroeléctrica Los Valles, está preparado para la oportuna y confiable detección, evaluación, y clasificación de las situaciones de emergencia existente o potencial, enumeradas en la sección 6, en la Presa de la toma en el río Los Valles.

Es más conveniente disparar una alerta mientras se confirma la magnitud de la emergencia, que esperar a que esa situación se produzca. El personal de mantenimiento de la Central Hidroeléctrica Los Valles está 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. Esta inspección se registrará en el formulario AES.SGI.PA.08.12 de Inspecciones estructurales y Geotécnica Los Valles, del Sistema de Gestión Integrada de la empresa AES Panamá (Anexo 1).

En cuanto a la detección de anomalías en el caso de fallas estructurales hay un sistema de vigilancia de piezómetros que miden desplazamientos horizontales. 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 la presa, le indican a la empresa si existe alguna falla estructural por agotamiento de la estructura. Al menos debemos enfocar este capítulo en el desarrollo de estas anomalías que son las que inician o no una emergencia.

Diversas situaciones serias que podrían llevar a la falla incluyen desastres naturales y situaciones relacionadas con actividades humanas. 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 inundación, el riesgo y potencial de peligro aumentan.

Desastres Naturales

Los peligros naturales más importantes que podrían impactar las presas son crecidas ordinarias y extraordinarias así como los 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.

La Central Hidroeléctrica Los Valles, hasta ahora, ha sido principalmente vulnerable a las crecidas. 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 se pueden incluir errores de operación del personal responsable. Este tipo de actividades no serán consideradas dado que escapan de la capacidad de predecir.

De forma ocasional, es posible que las presas sean objeto de vandalismo, sabotaje y/o actos bélicos, el cual puede resultar en daños estructurales. Debido a todo lo mencionado y la preocupación por la seguridad pública, el acceso a las estructuras de la presa está normalmente restringido. Tomando en consideración la experiencia de operación de la empresa AES Panamá, es poco probable que ocurran estos eventos, por lo cual no se considerarán en este informe.

3.3 Tipos de Alerta

La definición de la alerta es el punto de inicio del desarrollo de operaciones para afrontar la emergencia y para su manejo apropiado. A continuación se clasifican las alertas de acuerdo a los indicadores para cada uno de las situaciones, y de las características de la presa de la toma en el río Los Valles de la Central Hidroeléctrica Los Valles. En la Tabla 4 se describen las causas para cada una de los tipos de Alerta:

Tabla 4.Características de las diferentes alertas a implementar

Alertas	Identificación de la emergencia	Características
Blanca	Vigilancia reforzada	<p>Por ser la presa sobre el río Los Valles de tipo <i>derivadora</i>, la condición de alerta blanca no aplica, debido a que la misma implica un manejo controlado del embalse para evacuación de caudal; por lo tanto, no existe la situación de vertimiento controlado, lo que indica que se está vigilante siempre y se refuerza la vigilancia en condición de fenómenos naturales extremos, pero esta alerta no aplica.</p>
Verde	Preocupaciones serias	<p>Según la norma de seguridad de presas la alerta verde se presenta cuando hay un comportamiento anormal o una situación de contingencia en la presa. En esta situación se presenta una erogación imprevista de caudales que puede ser provocado por el comportamiento anormal de una presa o estructura componente de la misma. Esta alerta involucra procedimientos y actividades a desarrollar por personal con responsabilidades asignadas en el PADE. No está en peligro la presa al momento de la observación.</p> <p>De acuerdo a los resultados obtenidos en la simulación hidráulica (sección 8), y al caso de que la presa en estudio es <i>derivadora</i>, esta condición no aplica para ella y por ende no se implementa la alerta verde para la Central Hidroeléctrica Los Valles.</p>
Amarilla	Peligro Inminente	<p>Según la norma de seguridad de presas, está alerta se da cuando existen condiciones que hacen que la estructura sea inestable creando una situación potencialmente peligrosa de una presa con posibilidad de falla; o las condiciones de operación sean tales que pueden amenazar vidas. No se presume que haya tiempo de retardo para la falla o tiempo para evaluar y controlar la situación.</p> <p>Son situaciones que pueden conducir a este peligro: sismo con epicentro próximo a la zona de obras (el cual no es anticipable); 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.</p> <p>De acuerdo a los resultados obtenidos en la simulación hidráulica (sección 8), y en el caso de que la presa en estudio es de tipo <i>derivadora</i>, esta condición no aplica para esta presa y por ende no se implementa la alerta amarilla para la Central Hidroeléctrica Los Valles.</p>

Alertas	Identificación de la emergencia	Características
Roja	Rotura constatada	<p>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.</p> <p>Como causas potenciales o situaciones que pueden conducir a este peligro: Falla en la presa con erogación descontrolada del agua del embalse, sobrepaso o conocimiento de que la presa será sobrepasada por una crecida, desarrollo de sumideros en la presa o sus estribos, asentamiento pronunciado del coronamiento, embalse creciendo por encima del nivel máximo de operación extraordinaria.</p> <p>De acuerdo a los resultados obtenidos en la simulación hidráulica (sección 8), esta condición aplica en casos de condiciones climáticas extremas o fenómenos naturales de índole sísmica para esta presa y por ende se implementa la alerta roja para la Central Hidroeléctrica Los Valles.</p>

Se debe indicar que el establecimiento de los umbrales y su asignación a los diferentes escenarios se realizarán en cada caso en función del análisis de seguridad de presa y de las experiencias en su comportamiento.

3.4 Diagramas de Aviso

Para las situaciones de emergencias señaladas en la sección 6, el Líder de Operaciones y/o el Coordinador del PADE por el Complejo Hidroeléctrico Chiriquí, realizará notificaciones según el Diagrama de Aviso respectivo. Si no se puede localizar a la persona listada en los diagramas utilizar el Listado de Contactos Alternos, ver Anexo 2. Estos diagramas de aviso se han realizado basados en la Resolución AN No 3932 de Elec. del 22 de octubre de 2010. Estos diagramas incluyen unidades la UTESEP y la Autoridad del Manejo del Agua.

Los mensajes por alerta son los siguientes:

Blanca

No aplica (ver tabla 4).

Alerta Verde

No aplica (ver Tabla 4)

Alerta Amarilla

No aplica (ver Tabla 4)

Alerta Roja⁴

*“Soy el Coordinador del PADE por AES del Complejo Hidroeléctrico Chiriquí planta Los Valles, la cual tiene la siguiente situación de emergencia, **especificar la causa**, para la presa de derivación en el río Los Valles, Repito: la Central Hidroeléctrica Los Valles, la cual tiene la siguiente situación de emergencia; **especificar la causa**. Por favor comuníqueme la recepción de este mensaje, confirme que ha entendido y proporcione su nombre y apellido”.*

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

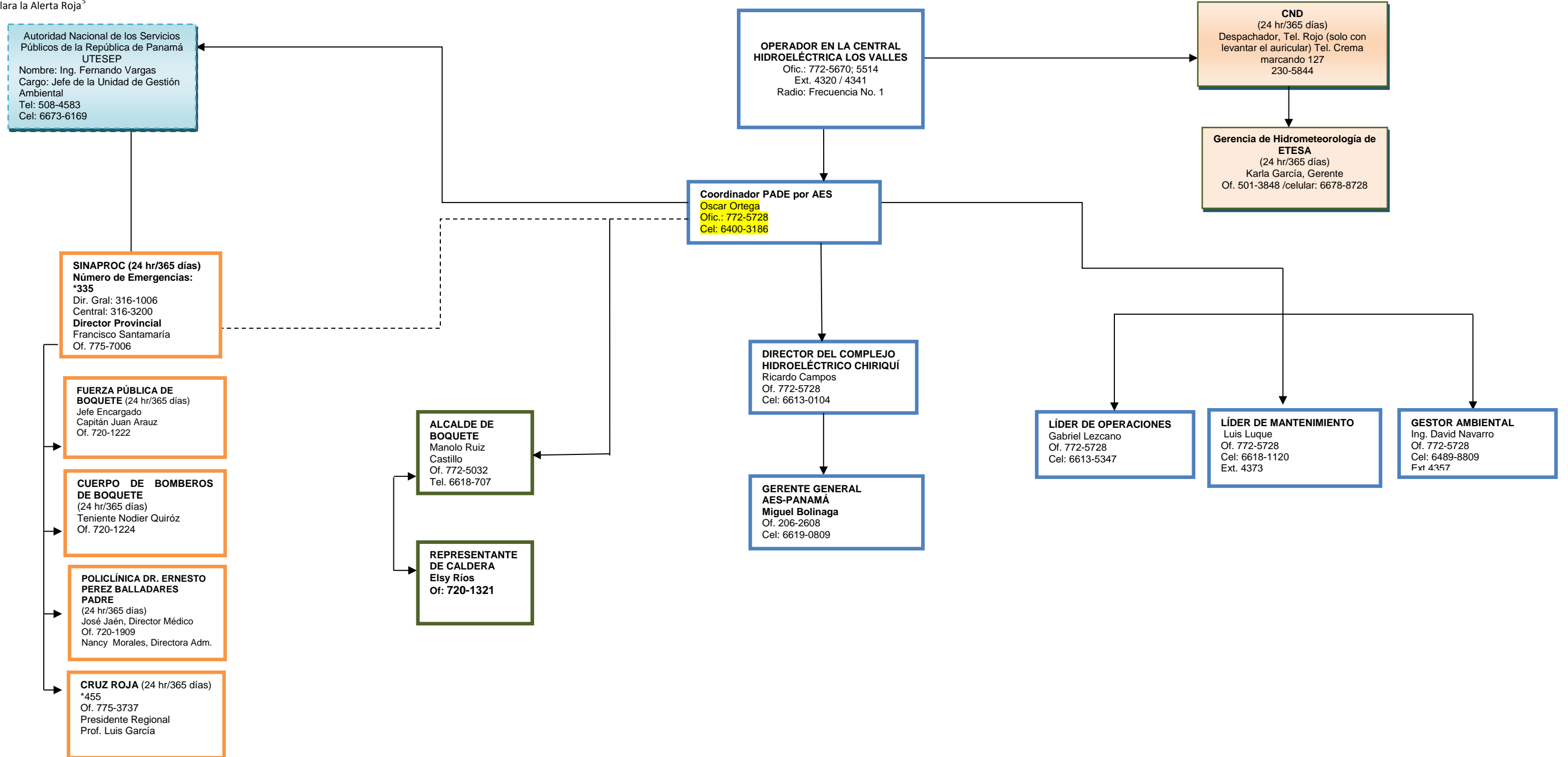
A continuación se presenta el diagrama de aviso para la alerta roja. Como se describió previamente, la alerta blanca, verde y amarilla no aplican porque no existen situaciones que ameriten su implementación.

⁴Mensaje de Notificación a la UTESEP según la Resolución AN-3932-Elec del 2009

Diagrama de Aviso

Alerta ROJA

Declara la Alerta Roja⁵



⁵Según lo establecido en el Anexo A de la Resolución AN N° 3932-Elec del 22 de Octubre de 2010

4 Procedimiento para declarar la emergencia.

La detección precoz y evaluación de la(s) situación(es) o hecho(s) determinante(s) 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.

Estos planes de emergencia involucran desde el personal a cargo de la operación de la central, personal jerárquico de AES Panamá, como también de la ASEP. Por lo tanto, una vez que se identifica una condición de emergencia, es esencial para el éxito del PADE que el personal responsable responda inmediatamente para llevar a cabo la notificación por parte de AES Panamá y las medidas necesarias para la ejecución de la emergencia por parte de los estamentos de seguridad.

Después de la observación de una situación peligrosa en la Central Hidroeléctrica Los Valles, el inicio de la activación de los planes de emergencia se puede dar tanto por el observador como por los representantes del sitio que conducen las labores de mantenimiento e inspección rutinarios. El personal de AES Panamá que labora en la Central Hidroeléctrica Los Valles inspecciona regularmente la presa y sus estructuras asociadas. Es su responsabilidad reconocer señales de peligros en desarrollo tales como los anotados en la sección 3, y tomar la iniciativa de actuar de acuerdo a la situación.

5 Procedimiento Para el Manejo de las Emergencias

Los planes de emergencia establecidos dentro del SGI, forman parte de este documento, donde se activa el PADE, confirmando la emergencia o esperando a que tal situación se produzca. Las medidas que se toman en cada uno de los planes de emergencia dependerán de la naturaleza del problema y el tiempo estimado que hay disponible para llevar adelante las medidas correctivas o de mitigación.

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 del 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 Los Valles y el operador notificará al Coordinador del PADE y este a su vez a los estamentos de seguridad de acuerdo a los diagramas de notificaciones incluidos en este documento.

El **Coordinador del PADE**, será responsable de actividades relacionadas con el PADE, incluyendo revisar y solicitar modificaciones al plan, distribuir copias del plan y los diagramas de flujo, establecer el entrenamiento para el personal a cargo de la presa, y coordinar una prueba anual del plan. Él es también la persona a contactar si surge cualquier pregunta sobre el plan. Además, el Coordinador del PADE coordinará de cerca los esfuerzos durante la emergencia. Dirigirá actividades directas de reparación dentro de la Central Hidroeléctrica durante la emergencia. La sala de control de la Central Hidroeléctrica servirá como centro de comunicaciones durante la emergencia.

El **Coordinador del PADE** mantendrá un registro de todas las comunicaciones y/o notificaciones realizadas con respecto a esta emergencia según el diagrama de aviso, indicándole la hora de la llamada de notificación y la información reportada en la llamada de notificación.

El personal de AES Panamá y el personal de supervisión que deben ser notificados y el orden de su notificación se muestran en cada uno de los diagramas de aviso.

El **Gerente del Complejo Hidroeléctrico Chiriquí** designa al Coordinador del PADE, durante las emergencias, el Gerente del Complejo Hidroeléctrico Chiriquí 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 Líder 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 **Gerente General o la persona que este designe**, hablará en nombre de AES Panamá y del personal de operaciones de la Central.

Al definir las responsabilidades mencionadas, se entiende que la Presa Los Valles tiene instrumentación adecuada para verificar la seguridad de las presas, 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 es del personal apropiado de AES Panamá, responsable de monitorear la presa durante una situación de emergencia, mantener a las autoridades locales y a SINAPROC informados de condiciones de la presa desde el momento de la determinación inicial que existe una emergencia hasta que la emergencia 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.

AES Panamá será responsable de tomar la decisión de declarar que la situación de emergencia ya no existe en la presa. Esto podría deberse a la disminución de caudales, o debido a otra recomendación de AES Panamá. AES Panamá diseminará esta información mediante notificación directa a las autoridades locales y a SINAPROC.

6 Situaciones de Emergencia

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 (sección 3), de acuerdo al 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.

Para el caso de la Central Hidroeléctrica Los Valles solo se analizará dos escenarios: por Colapso Estructural en Condición de Operación Normal; por Colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias dado que no cuentan con compuertas ni estructuras hidráulicas de descarga. Ver la descripción de la central (sección I).

En la Tabla 5, se han establecido las alertas que se aplicarán para cada una de las situaciones de emergencia para la presa derivadora en el río Los Valles.

Tabla 5. Definición de Alertas para cada Situación de Emergencia

Situaciones de emergencias “Norma para la seguridad de Presa”	Tipo de Alerta Aplicada
Bajo Condiciones de crecidas Ordinarias y Extraordinarias	No aplica
Por Colapso Estructural en Condiciones de Operación Normal	Roja
Por colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias	Roja
Por Apertura Súbita de Compuertas	No aplica, no cuenta con compuertas
Por Falla de Operación de las Estructuras Hidráulicas de Descarga	No aplica, no cuenta con compuertas
Por Vaciado Controlado o Vaciado Rápido a causa de un problema en la presa	No aplica, no cuenta con compuertas

A continuación se presentan las situaciones de emergencias definidas según la Norma para la Seguridad de Presas según lo descrito en la Tabla 5: En cumplimiento con la cláusula 15.1 del Contrato de Concesión de Generación de la Central Hidroeléctrica Los Valles, AES Panamá contratará los expertos independientes en seguridad de presa, para la evaluación de los aspectos relacionados a la seguridad de presa, el cual será remitido a la Autoridad Nacional de los Servicios Públicos (ASEP). Se debe resaltar que el caso de la presa de derivación, los escenarios que se describen a continuación, no presenta amenaza aguas abajo dentro del área de estudio.

En el Mapa 3 se presenta las planicies de inundaciones, el cual muestra que en ninguna condición se generarán inundaciones adversas dentro del área de estudio, que afecte a comunidades cercanas o infraestructuras como vías y puentes.

6.1 Por Colapso Estructural en Condición de Operación Normal

En el caso de presas de estructura mixta, como la presa en estudio, se requerirá que la parte de hormigón y sus estructuras accesorias cumplan con lo requerido en estructuras de hormigón de tal naturaleza, y por lo tanto las deformaciones admitidas para la estructura de suelo o enrocado no deben introducir deformaciones que impliquen el deterioro de los elementos de hormigón. Se analizará si las laderas del embalse son estables, las deformaciones permanentes bajo la acción del sismo de operación normal luego del llenado del embalse que las sumerja parcialmente dentro de los posibles niveles de operación extremos.

Alerta Roja

Durante la rotura de la presa en condiciones normales de operación, el caudal obtenido en la simulación hidráulica (sección 8) será de $9.21 \text{ m}^3/\text{s}$, el cual se sumará al caudal natural del río. Este caudal, producto de la rotura de la presa, no representaría riesgo aguas abajo. Sin embargo, en este PADE se define la alerta roja por disposición de la norma de seguridad de presa, la cual establece que ante una rotura de presa se debe declarar alerta roja.

6.2 Por Colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias

Alerta Roja

El caudal de $475.46 \text{ m}^3/\text{s}$ que corresponde a un periodo de retorno de 1 en 10,000 años, es lo más crítico que podría presentarse aguas abajo de las Presas, si esta colapsa. No obstante, la simulación hidráulica (sección 8) demuestra que este escenario no representa riesgos de inundación aguas abajo, dentro del área de estudio. A continuación se describe el procedimiento para el manejo de emergencia asociada a los escenarios de rotura por colapso de la presa, descritos en la sección 6.1 y 6.2.

Para los escenarios de emergencias de colapso estructural, el **Jefe de la Unidad de Gestión Ambiental** declara la Alerta Roja. El **Coordinador del PADE** debe informar a las autoridades correspondientes según el Diagrama de Aviso de Alerta Roja, de la sección 3.3.

El **Jefe de la Unidad de Gestión Ambiental**, mediante la Unidad Técnica de Seguridad de Presas activa el Centro de Operación de Emergencias (COE) con los estamentos de seguridad según indica

el AES.SGI.PG.14 “Preparación y Respuesta ante Emergencias”. Además, coordina con la Administración los aspectos logísticos de la operación.

El **Operador en la Central Hidroeléctrica y/o Coordinador del PADE** debe notificar al **Centro Nacional de Despacho (CND)** de la posibilidad de ruptura de presa, producto una crecida extraordinaria.

El **Operador de Planta (Gerencia de Hidrometeorología de ETESA)** debe monitorear las condiciones atmosféricas, apoyándose en www.hidromet.com.pa/sp/diarioFrm.htm.

El **Coordinador del PADE** debe comunicar por los medios disponibles al personal de la Planta, la situación. Coordina con personal de logística la adquisición de agua adicional y alimentación para el personal participante, incluyendo SINAPROC, POLICÍA, BOMBEROS. Declara el Fin de la Emergencia.

7 Estudio de Afectación de Ribera de Embalse y Valle

El estudio de afectación de ribera de embalse y valle de la Central Hidroeléctrica Los Valles 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”.

También, se cumple con los lineamientos propuestos en la “Norma de Seguridad de Presas”, apéndice G: Criterios para la propagación de ondas de crecida aguas debajo de presas; el cual sugiere que el análisis debe incluir: Usuarios de los resultados, descripción del caso, referencias a crecidas históricas, antecedentes del proyecto, resumen de documentos más importantes del proyecto, normas de manejo de agua de embalse y central hidroeléctrica en estudio, datos de análisis de condiciones de borde, áreas donde pueden generarse cantidades importantes de material en suspensión, mapas en escala de la zona de estudio y que muestren afectación potencial de áreas, datos para calibración del modelo, toda información referente a niveles máximos del río, métodos computacionales utilizados, límites a usar en análisis de sensibilidad, interpretación de resultados en una evaluación de riesgos de inundación, PADE y plan de rescate, condiciones de hidrograma base e hipótesis de propagación de la onda para su empleo en el análisis de riesgos.

Para el estudio de afectaciones de ribera o embalse y valle de la Central Hidroeléctrica Los Valles, se utilizó información levantada en campo y los resultados de estudios de hidrología y modelación hidráulica realizada para esta central, donde se presentan las áreas que probablemente se afectarían por las diferentes situaciones que se describen en la Resolución AN N° 3932 de 22 de octubre de 2010.

En términos generales las crecidas que se presenten en el río Los Valles no debieran generar problemas algunos aguas abajo de la presa; sin embargo, es necesario indicar que no se descarta posibles riesgos a los residentes de la comunidad El Síndigo y/o personas que se encuentren en las riberas del río Los Valles, aguas abajo de la presa durante una crecida. En la Tabla 6 se analizan las afectaciones de los escenarios según la norma.

Tabla 6. Resumen de los escenarios de afectaciones de riberas de embalse y valles.

Escenarios de afectaciones	Descripción de las afectaciones
Por la ocurrencia de diferentes ondas de crecida	El comportamiento sería similar a una crecida típica en el río Los Valles, dado que los niveles del agua sobrepasarían la presa.
Por remanso hidráulico.	El remanso hidráulico se puede presentar por un aumento acelerado del embalse, pero dado a su reducido tamaño y a que no existen poblaciones cercanas, no representa riesgo en la presa Derivadora en el río Los Valles.
Por probables usos de la estructura de evacuación	La modificación en el uso de estructuras hidráulicas de alivio no deberá producir mayores afectaciones aguas abajo que las originalmente previstas ni tampoco las márgenes del lago que formará la presa.
Por cambios en las funciones de la presa	No se prevé cambios en el uso de la presa.
Por transporte de sedimento	El transporte de sedimento no es un factor de riesgo en la presa Derivadora en el río Los Valles.
Por inundación súbita	Para la presa Derivadora en el río Los Valles no se espera el efecto de inundaciones súbitas, ya que históricamente las crecidas del río Los Valles no sobrepasan los niveles de la estructura.

8 Estudio Hidrológico y Modelación Hidráulica

8.1 Crecidas Máximas de Caudales

Para la estimación de las crecidas máximas de caudales con diferentes periodos de retornos de la Central Hidroeléctrica Los valles, 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.

Aplicación Del Método De Análisis Regional De Crecidas Máximas. Presa Derivadora río Los Valles

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 de río Los Valles, para distintos periodos de retorno mediante la utilización del método de Análisis Regional De Crecidas Máximas de Panamá de ETESA:

- Se delimita y se mide el área de drenaje de la cuenca hasta el sitio de interés, en kilómetros cuadrados, para este caso es de 60.59 Km².(Mapa2)
- Mediante el uso del mapa del capítulo 4, acápite 4.3, figura 73 del Resumen Técnico del Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá de ETESA, se determina a qué zona hidrológica homogénea pertenece la cuenca hidrográfica del río Caldera hasta la Toma de agua en Río Los Valles. Esta cuenca se encuentra localizada dentro de la Región Hidrológica Homogénea 7 (cuenca 108 color naranja).
- Se calcula el caudal promedio máximo utilizando la ecuación correspondiente a la zona hidrológica homogénea, que para este caso 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 La Estrella hasta el sitio de presa es igual a 101.36 m³/s.

Se calcula el caudal máximo instantáneo para distintos periodos 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 del río Los Valles, por los factores que se presentan en Tabla 7 que corresponde a un fragmento del Cuadro 6, Tabla 3 del Resumen Técnico Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá periodo 1971-2006.

Tabla 7. Factores de Distribución para diferentes periodos de retorno

Periodo 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
10,00	4.60

Fuente: Resumen Técnico Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá periodo 1971-2006.

Tabla 8 Caudales Máximos Instantáneos según el Análisis Regional de crecidas

Tr Años	Caudal m ³ /s
1.005	30.41
1.05	45.61
1.25	64.87
2	93.25
5	133.79
10	162.17
20	190.55
50	227.04
100	256.44
1,000	357.79
10,00	466.25

Tr= Período de retorno

Cálculo Hidrogramas de Crecidas Máximas

El método del Análisis Regional de Crecidas proporciona el valor del caudal máximo instantáneo para diferentes periodos de retorno, mas no así 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 se presenta en la Tabla 9 donde se muestran los coeficientes del hidrograma adimensional obtenido.

Tabla 9. Hidrograma de Crecidas Adimensional del Río Los Valles hasta sitio de Presa

Tiempo en Hora	Q/Q_{Max}
0.00	0
0.32	0.015
0.64	0.075
0.97	0.16
1.29	0.28
1.61	0.43
1.93	0.6
2.25	0.77
2.58	0.89
2.90	0.97
3.22	1
3.54	0.98
3.87	0.92
4.19	0.84
4.51	0.75
4.83	0.65
5.15	0.57
5.80	0.43
3.44	0.32
7.09	0.24
7.73	0.18
8.38	0.13
9.02	0.098
9.66	0.075
11.27	0.036
12.89	0.018
14.50	0.009
16.11	0.004

Se obtuvieron los caudales máximos para diferentes periodos de retorno (Tabla 8) multiplicando los diferentes coeficientes (Tabla 9) por los valores obtenidos del análisis de crecidas Máximas (Tabla 10).

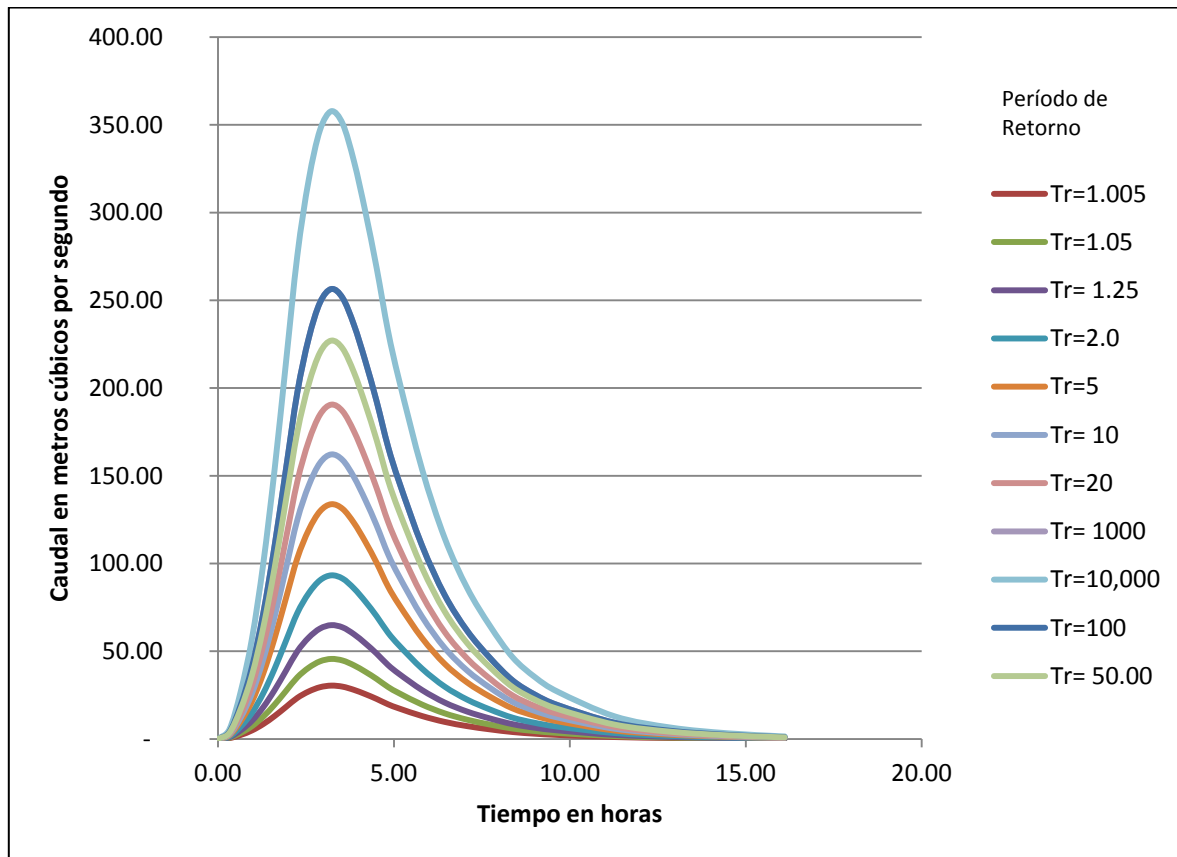
Tabla 10. Hidrograma de Crecida Máxima Sitio de Presa sobre el Rio Los Valles

T (hrs)	Periodos de Retorno										
	1.005	1.05	1.25	2	5	10	20	50	100	1,000	10,000
0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.32	0.46	0.68	0.97	1.40	2.01	2.43	2.86	3.41	3.85	5.37	6.99
0.64	2.28	3.42	4.87	6.99	10.03	12.16	14.29	17.03	19.23	26.83	34.97
0.97	4.87	7.30	10.38	14.92	21.41	25.95	30.49	36.33	41.03	57.25	74.60
1.29	8.51	12.77	18.16	26.11	37.46	45.41	53.35	63.57	71.80	100.18	130.55
1.61	13.08	19.61	27.89	40.10	57.53	69.73	81.94	97.63	110.27	153.85	200.49
1.93	18.24	27.37	38.92	55.95	80.28	97.30	114.33	136.23	153.86	214.68	279.75
2.25	23.41	35.12	49.95	71.80	103.02	124.87	146.73	174.82	197.46	275.50	359.01
2.58	27.06	40.59	57.73	82.99	119.08	144.33	169.59	202.07	228.23	318.44	414.96
2.90	29.50	44.24	62.92	90.45	129.78	157.31	184.84	220.23	248.74	347.06	452.26
3.22	30.41	45.61	64.87	93.25	133.79	162.17	190.55	227.04	256.44	357.79	466.25
3.54	29.80	44.70	63.57	91.38	131.12	158.93	186.74	222.50	251.31	350.64	456.92
3.87	27.97	41.96	59.68	85.79	123.09	149.20	175.31	208.88	235.92	329.17	428.95
4.19	25.54	38.31	54.49	78.33	112.39	136.23	160.06	190.72	215.41	300.55	391.65
4.51	22.81	34.21	48.65	69.94	100.34	121.63	142.92	170.28	192.33	268.35	349.69
4.83	19.76	29.65	42.17	60.61	86.97	105.41	123.86	147.58	166.68	232.57	303.06
5.15	17.33	26.00	36.98	53.15	76.26	92.44	108.62	129.41	146.17	203.94	265.76
5.80	13.08	19.61	27.89	40.10	57.53	69.73	81.94	97.63	110.27	153.85	200.49
6.44	9.73	14.60	20.76	29.84	42.81	51.90	60.98	72.65	82.06	114.49	149.20
7.09	7.30	10.95	15.57	22.38	32.11	38.92	45.73	54.49	61.54	85.87	111.90
7.73	5.47	8.21	11.68	16.78	24.08	29.19	34.30	40.87	46.16	64.40	83.92
8.38	3.95	5.93	8.43	12.12	17.39	21.08	24.77	29.52	33.34	46.51	60.61
9.02	2.98	4.47	6.36	9.14	13.11	15.89	18.67	22.25	25.13	35.06	45.69
9.66	2.28	3.42	4.87	6.99	10.03	12.16	14.29	17.03	19.23	26.83	34.97
11.27	1.09	1.64	2.34	3.36	4.82	5.84	6.86	8.17	9.23	12.88	16.78
12.89	0.55	0.82	1.17	1.68	2.41	2.92	3.43	4.09	4.62	6.44	8.39
14.50	0.27	0.41	0.58	0.84	1.20	1.46	1.71	2.04	2.31	3.22	4.20
16.11	0.12	0.18	0.26	0.37	0.54	0.65	0.76	0.91	1.03	1.43	1.86

Hora de ocurrencia de Caudal Máximo= 3.22 horas

En la Figura 2, se presenta gráficamente los resultados de la Tabla 10.

Figura 2. Curvas de caudales con Diferentes Periodos de Retorno Presa Sobre el río Los Valles



8.2 Estudio de la 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:

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

El mecanismo 1 se refiere a posibles fallas en presas de hormigón, mientras que el mecanismo 2 se refiere a fallas por rebasamiento o erosión interna del material granular que forma la 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. Los métodos más aceptados para este tipo de análisis son:

- Las ecuaciones derivadas por MacDonald y Langridge – Monopolis (1984)⁶
- Las ecuaciones derivadas por el United States Bureau of Reclamation (USBR), (1988).
- Las ecuaciones derivadas por Von Thun y Gillette, (1990)
- Las ecuaciones derivadas por Froehlich (1995 y 2008).

Estos métodos han mostrada una razonablemente buena correlación cuando se comparan los valores predichos, por estas ecuaciones, con los valores observados en campo.

El método desarrollado por MacDonald y Langridge-Monopolis determina el volumen de la presa erosionado durante la formación de la falla, esto se basa en el producto del volumen del embalse (V_w) y el nivel máximo alcanzado por el agua (H_w). Este producto se denomina Factor de Formación de Brecha, (BFF) y representa el potencial erosivo de las aguas almacenadas en el reservorio. Las dimensiones de la falla se calculan basadas en el volumen del material en la presa erosionada y la geometría de la presa. Este método toma en cuenta la geometría de la presa (altura, ancho de la cresta y pendientes de la presa) y el período de tiempo requerido para la formación de la falla se relaciona directamente al volumen de material erosionado.

A continuación se muestra un resumen de este método para el cálculo de volumen erosionado (Tabla 11) y el tiempo de formación de la brecha, los cuales varían dependiendo del tipo de embalse.

⁶Colorado Division of Water Resources, Colorado Dam Safety Branch and <http://water.state.co.us>. 10 de Febrero, 2010. *Guidelines for Dam Breach Analysis*.

Tabla 11. Resumen para el cálculo de volumen erosionado

Tipo de embalse	Fórmula para calcular el volumen del embalse erosionado	Fórmula para el tiempo de formación de la brecha.	Referencia
Tierra (Cohesiva)	$Ver=3.264(BFF)^{0.77}$	$Tf=0.036 Ver^{0.36}$	MacDonald y Langridge – Monopolis (1984) & Washington State (2007)
Enrocado	$Ver=0.714(BFF)^{0.852}$	$Tf=0.02Ver^{0.36}$	MacDonald y Langridge – Monopolis (1984) & Washington State (2007)

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, Ko. 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 de 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 procederemos a calcular las diferentes variables para el embalse de La Presa sobre el río Los Valles (Tabla 12).

Tabla 12. Cálculo de Parámetros de Brecha de Acuerdo al Método de MacDonald & Langridge-Monopolis, Presa Sobre río Los Valles.Presa: Río Los VallesTipo: Enrocado con recubrimiento de concreto

Parámetros	Valor	Comentario
Elevación del agua sobre la elevación base de la brecha (Hw):	5	metros
Volumen del agua almacenada en el embalse en el momento de la falla (Vw):	10,000	metros cúbicos
Área de superficie del embalse a Hw (As):	4500	metros cuadrados
Ancho de la Cresta	5	metros
Altura de la brecha (Hb):	5	metros
Pendiente de la cara de la presa aguas	1.5	Z(H):1(V)

arriba (Zu)		
Pendiente de la cara de la presa aguas abajo (Zd):	2	Z(H):1(V)
Relación H-V en la brecha (Zb)	0.05	Z(H):1(V)
Coefficiente del orificio de la piping (Cp):	0.61	Usado para calcular el pico de descarga a través del hueco de la tubería
Clase de tamaño de la presa	Menor	Se asume embalse lleno al momento de la brecha
Características	Valor	Comentario
Factor de formación de la brecha (BFF)=	132.99	
Volumen del dique erosionado (Ver)=	35.20	Metros cúbicos
Ancho de la presa promedio (Wavg)=	13.75	Metros
Ancho de la brecha promedio (Bavg)=	0.51	Metros
Ancho del fondo de la brecha (Bb)	0.26	Metros
Tiempo de formación de la brecha (Tf)	0.08	Horas
Intensidad guardada (SI)=	2000	Metros cúbicos entre metro
Caudal pico durante la rotura de presa (Q _p)	9.21	Metros cúbicos por segundo

8.3 Caudales utilizados de acuerdo a los escenarios

Determinados los caudales de crecidas de la sección 8.1 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 estuvo de acuerdo a 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.

Tabla 13. Caudales con diferentes periodos de retorno de la presa Sobre Rio Los Valles

Escenario	Presa sobre el Rio Los Valles Q en m ³ /s
Bajo Condiciones de Crecidas Ordinarias y Extraordinarias	
1:10 (Q10)	162.17
1:50 (Q50)	227.04
1:100 (Q100)	256.44
1:1000 (Q1000)	357.79
1:10000 (Q10000)	466.25
Por Colapso Estructural en Condición de Operación Normal	
Caudal de Rotura de Presa (Qb)	9.21
Por Colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias	
1:10 + Qb	171.38
1:50+Qb	236.25
1:100+Qb	265.65
1:1000+Qb	367.00
1:10000 + Qb	475.46
Por Apertura Súbita de Compuertas	No aplica
Por Falla en la Operación de las Estructuras Hidráulica de Descarga	No Aplica
Por vaciado Controlado o Vaciado rápido a causa de un problema en la presa	No Aplica

8.4 Resultados de la Simulación

Para el estudio de la presa ubicada en la Toma de Agua en el Río Los Valles, se dividió el río en ocho (8) secciones transversales, completando una longitud de 4115.60 m. El estudio inició en las coordenadas 963771.8 Norte y 349888.02 Este y finalizando en las coordenadas 960544.27 Norte y 349768.99 Este.

Se estudiaron tres (3) escenarios para esta presa; sin embargo, sólo se realizó la simulación para la condición de colapso estructural más crecida extraordinaria debido al bajo caudal que existe en el escenario de colapso estructural. Los resultados de la simulación se presentan gráficamente en el Mapa 3: Planicies de inundación para periodos de recurrencia de 1: 10 años y 1: 10, 000 años.

Escenario: Por colapso estructural durante crecidas extraordinarias.

Tabla 14. Caudales con periodo de retorno de 1 en 10 años.

Periodo de retorno: 10 años. Caudal: 171.38 m³/s

Estacionamiento	Elev. Del Canal Mínimo(m)	Elev. De la superficie del agua (m)	Vel. Del canal (m/s)	Ancho (m)
0k+00	616.29	618.72	3.55	37.73
0k+500	583.09	584.93	3.55	38.07
1k+010	556	558.77	1.5	60.2
1k+990	523.27	525.55	2.62	49.8
2k+680	496.23	499.08	3.42	42.81
3k+070	481	483.4	3.4	43.11
3k+780	426	428.67	2.21	51.17
4k+120	407	410.57	0.63	95.55

Tabla 15. Caudales con periodo de retorno de 1 en 50 años.

Periodo de retorno: 50 años.

Caudal: 236.25 m³/s

Estacionamiento	Elev. Del Canal Mínimo(m)	Elev. De la superficie del agua (m)	Vel. Del canal (m/s)	Ancho (m)
0k+00	616.29	619.06	3.82	41.9
0k+500	583.09	585.27	3.83	41.9
1k+010	556	559.12	1.73	63.77
1k+990	523.27	525.88	2.86	54.1
2k+680	496.23	499.38	3.73	45.24
3k+070	481	483.73	3.61	49.37
3k+780	426	429.06	2.4	55.11
4k+120	407	411.04	0.75	99.73

Tabla 16. Caudales con periodo de retorno de 1 en 100 años.Periodo de retorno: 100 años.Caudal: 265.65 m³/s

Estacionamiento	Elev. Del Canal Mínimo(m)	Elev. De la superficie del agua (m)	Vel. Del canal (m/s)	Ancho (m)
0k+00	616.29	619.19	3.93	43.58
0k+500	583.09	585.41	3.91	43.54
1k+010	556	559.26	1.83	65.21
1k+990	523.27	526.03	2.94	55.91
2k+680	496.23	499.5	3.85	46.23
3k+070	481	483.85	3.72	51.47
3k+780	426	429.22	2.48	56.7
4k+120	407	411.23	0.79	101.38

Tabla 17. Caudales con periodo de retorno de 1 en 1000 años.Periodo de retorno: 1000 años.Caudal: 367.00 m³/s

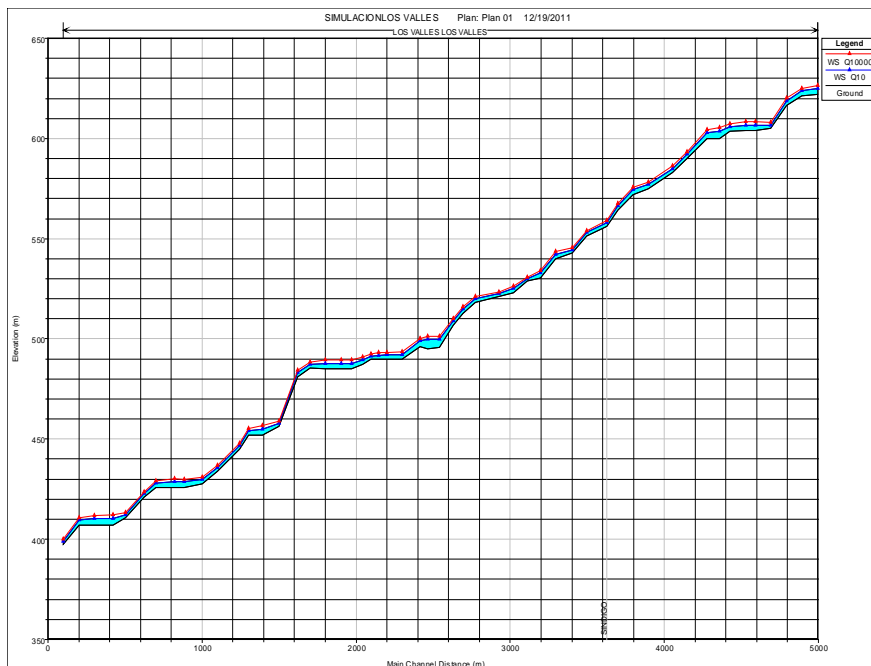
Estacionamiento	Elev. Del Canal Mínimo(m)	Elev. De la superficie del agua (m)	Vel. Del canal (m/s)	Ancho (m)
0k+00	616.29	619.62	4.21	48.8
0k+500	583.09	585.82	4.22	48.42
1k+010	556	559.69	2.11	69.56
1k+990	523.27	526.45	3.18	61.38
2k+680	496.23	499.89	4.2	49.35
3k+070	481	484.21	4.05	54.92
3k+780	426	429.7	2.71	61.55
4k+120	407	411.8	0.93	106.42

Tabla 18. Caudales con periodo de retorno de 1 en 10, 000 años.Periodo de retorno: 10000 años.Caudal: 475.46 m³/s

Estacionamiento	Elev. Del Canal Mínimo(m)	Elev. De la superficie del agua (m)	Vel. Del canal (m/s)	Ancho (m)
0k+00	616.29	620	4.45	53.54
0k+500	583.09	586.22	4.45	53.48
1k+010	556	560.08	2.35	73.49
1k+990	523.27	526.82	3.42	66.16
2k+680	496.23	500.25	4.49	52.29
3k+070	481	484.55	4.33	58.16
3k+780	426	430.13	2.92	65.9
4k+120	407	412.32	1.05	110.32

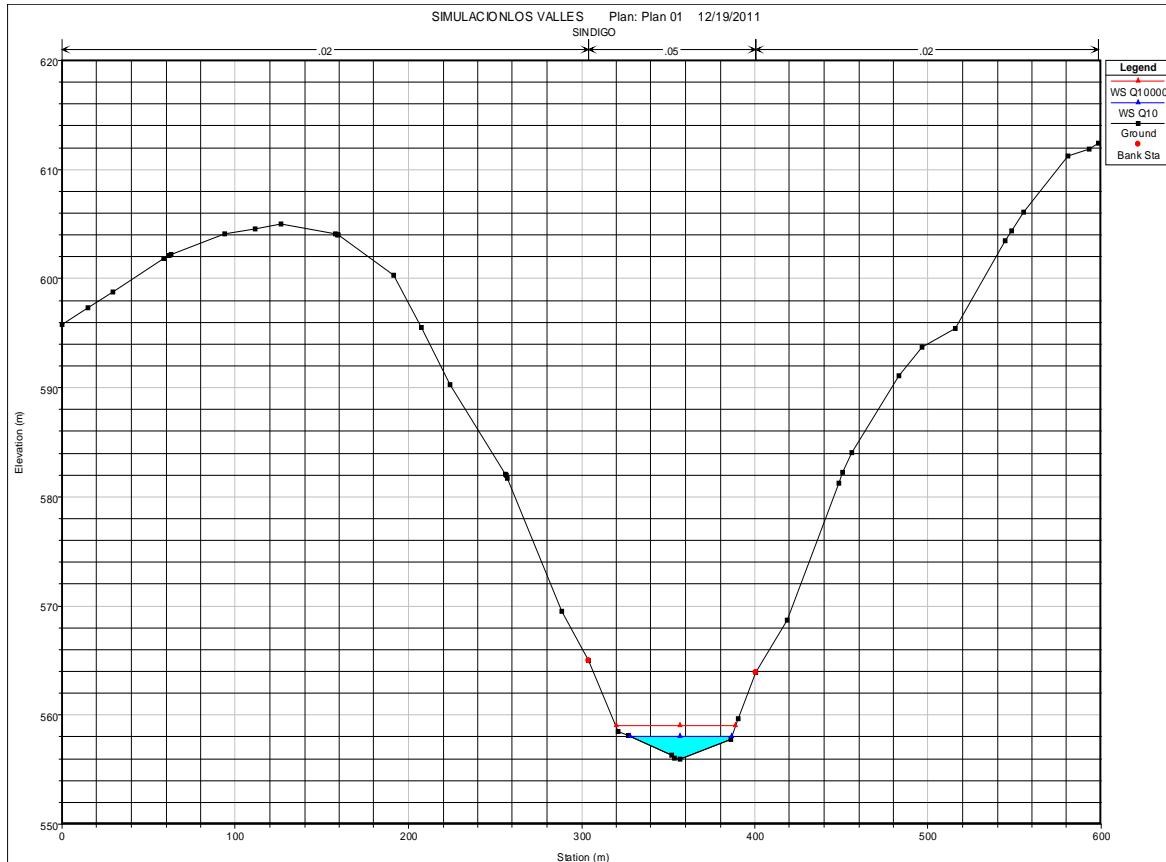
Tal y como se puede apreciar en el perfil adjunto, la pendiente de este canal es fuerte y produce flujo supercrítico lo que se traduce en niveles bajos para estos flujos. La comunidad que se encuentra aguas abajo es la comunidad El Síndigo.

Figura 3 Perfil Estudiado del Río Los Valles



La comunidad El Síndigo se localiza en el Corregimiento de Caldera, Distrito de Boquete. Esta comunidad refleja su ubicación en la sección transversal 1 K + 010 y a una elevación de 605 msnm y se presenta gráficamente en la figura 4 donde se puede apreciar que el nivel de agua producto de esta simulación no afectará esta comunidad.

Figura 4 Sección transversal 1 K + 010, Comunidad El Sindigo



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

Una situación de emergencia que se genere en la presa derivadora del río Los Valles puede causar daños y pérdidas en las comunidades que se ubican aguas abajo. AES Panamá trabaja en forma coordinada con las autoridades locales, organizaciones no gubernamentales, radioaficionadas, escuelas 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 la presa. Por esta razón, AES Panamá ha establecido como 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. Además de instituir protocolos de avisos, Lista de contactos, Diagrama de avisos para cada categoría de emergencia, Códigos y Validación. De igual forma debe establecer un Sistema de mantenimiento de información actualizada de contactos; Responsabilidad de los funcionarios para el mantenimiento de la documentación técnica entregada y la Distribución del PADE.

A continuación se presentan la lista de ubicaciones de los diagramas de Aviso, establecidos en la sección 3.3(Tabla 19).

Tabla 19.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 Chiriquí
3.	Escritorio de la Asistente Administrativa
<i>Ubicaciones en Casas</i>	
1.	Gerente del Complejo Hidroeléctrico Chiriquí
2.	Líder de Operaciones
3.	Coordinador del PADE
<i>Ubicaciones en Entidades Públicas</i>	
1.	Fuerza Pública
2.	Cuerpo de Bomberos de Boquete
3.	Oficina Regional de David de SINAPROC
4.	Centro Nacional de Despacho, Subestación Panamá, Oficina del Director

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 de SINAPROC. En todos los niveles de alerta, tanto las autoridades locales como SINAPROC serán responsables de estudiar y coordinar las áreas afectadas y de desarrollar planes de notificación y evacuación. No obstante, AES Panamá 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 personal AES Panamá responsable de monitorear la presa durante una situación de emergencia mantendrá informados a las autoridades locales y a SINAPROC, de las condiciones de la presa desde el momento de iniciada 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 contempla acciones que serán implementadas por el Gerente del Complejo Hidroeléctrico Chiriquí o el Líder de Operaciones y su equipo de trabajo. Las acciones como: diseño e implementación de un sistema de alerta temprana; la organización de las comunidades 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, planes de evacuación; ubicación de los albergues temporales; seguridad del área afectada; la evaluación de los daños y análisis de necesidad y la rehabilitación de los servicios básicos.

Otro punto importante y fundamental que se tiene que trabajar, con las Autoridades Municipales y el Ministerio de Vivienda, es el ordenamiento territorial, tomando como base los planos de inundaciones presentados en el PADE con el objetivo de organizar a la población que habita las zonas inundables y las mismas ser reubicadas en sitios en que no pongan en riesgo su vida.

El primer camino para evitar o minimizar las consecuencias de este fenómeno natural es, sin duda, la previsión. De ahí que se entienda que el mejor modo de afrontar una situación de emergencia de este tipo es adelantarse a su generación a través de los medios disponibles. En este caso, a través de los sistemas de predicción meteorológica, por lo que es necesarios **Fortalecer y mejorar la Red Hidrometeorológica de la Gerencia de Hidrometeorología de ETESA (sistemas de monitoreo y vigilancia)**. Este fortalecimiento permite contar con información confiable y en tiempo real para la toma de decisiones para la seguridad de la estructura de las centrales hidroeléctricas, el máximo aprovechamiento de los caudales en la generación de energía, y el control de inundaciones en las zonas ubicadas aguas abajo de la presa.

Incluye acciones de vigilancia y monitoreo de fenómenos hidrometeorológicos que por su magnitud tienen el potencial de causar daños a las personas, bienes y el ambiente. Consiste en mejorar los sistemas, que permitan pronosticar la probabilidad de ocurrencia de un evento.

Es importante analizar y evaluar el estado actual de la Red Hidrometeorológica de ETESA y establecer acuerdos para el intercambio o flujo de información; esto evitara una mayor inversión en este tema.

Otros de los aspectos fundamentales es el proceso de Organización de las Comunidades que se ubican en la zona de impacto por la ocurrencia de una emergencia: Organizar a las comunidades nos permitirá que ellas mismas elaboren e implementen los planes de evacuación; coordinen los albergues temporales y principalmente tomen conciencia del riesgo a que están expuesta y permita a todos los actores locales ser un ente de cambio y desarrollo para sus comunidades.

La organización comunitaria debe ser complementada con un Sistema de Alerta Temprana, que permita avisar a las comunidades aguas abajo de la presa, de la existencia de una emergencia y el mismo está vinculado con la red de vigilancia y pronóstico de amenaza hidrometeorológicos. Su objetivo es anticipar la incidencia de una amenaza, definiendo cuándo y dónde se concretará la misma; lo que permite comunicar la información a quienes la requieren, con la antelación suficiente para tomar las medidas previstas en un plan de emergencias.

10 Simulacros de Emergencia

El Coordinador del PADE conducirá una sesión anual de simulacro de emergencia definidas en el PADE, para habituar y disciplinar el comportamiento del personal de la Central Hidroeléctrica, en todas las situaciones de emergencia contempladas en la sección 6 “Situaciones de Emergencia” de este documento. El Coordinador del PADE será el responsable de programar, coordinar y dirigir ⁷ el simulacro de la situación de emergencia correspondiente.

El Coordinador del PADE presentará los diferentes escenarios de forma detallada, al personal de AES Panamá, con la finalidad de evaluar los conocimientos de todo el personal del Central Hidroeléctrica Los Valles, 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 de AES Panamá, quienes deberán tomar decisiones al respecto. Los resultados obtenidos en el simulacro, permitirá hacer los ajuste en los procedimientos o implementar procesos de capacitación del personal.

⁷ El simulacro podrá ser dirigido por un proveedor

Planificación de las Acciones Durante Emergencias, Planta Hidroeléctrica Los Valles

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 la situación de emergencia más significativa, crecidas ordinarias y extraordinarias, AES Panamá hará un simulacro de nivel alto que se llevará a cabo mediante un ejercicio en el que se ensayarán las medidas a seguir ante una situación hipotética de emergencia. Dicho simulacro se diseñará de manera que sea realista, basándose en eventos pasados. El Coordinador del PADE escogerá la situación y hora; además, la asignación de un observador el cual 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.

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 de la Emergencia

Para las otras situaciones de emergencia, enumeradas en la sección 6, 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.

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

Planificación de las Acciones Durante Emergencias, Planta Hidroeléctrica Los Valles

- No debe realizarse un nivel de ejercitación si no se han comprendido las consignas y procedimientos del simulacro.
- 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 a la situación de emergencia en simulacro.
- Las comunicaciones deberán estar disponibles para el ejercicio.

Todas las acciones ejecutadas durante los simulacros se registrarán en el formulario AES.SGI.PG.14.05 “Evaluación de Simulación y Simulacros” del procedimiento AES.SGI.PG.14 Preparación y Respuesta Ante Emergencias (Anexo 3), el cual contiene la siguiente información:

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

Durante el desarrollo del ejercicio del simulacro, el observador asignado controlará y registrará en este formulario o 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.

AES Panamá anualmente evaluará el entrenamiento y preparación del personal clave responsable de acciones durante una emergencia, para determinar cuánto saben sobre los diferentes planes de emergencia y acciones requeridas.

Durante el ejercicio de simulación o simulacro se evaluarán los siguientes aspectos: (1) tratará sobre preocupaciones respecto a los contactos telefónicos, (2) evaluará el tiempo para completar el simulacro e identificará maneras de acortar el tiempo, (3) tratará sobre las pruebas de energía y equipos, (para apertura o cierre, tales como vertederos y otras estructuras hidráulicas de descarga) y (4) 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.
- Apertura automática de elementos de operación del embalse (a anular de inmediato dado que se trata de un simulacro).
- 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

Dentro de los 45 días después del simulacro, el Coordinador del PADE, emitirá un informe del ejercicio del simulacro a la Autoridad Nacional de los Servicios Públicos, detallando todas las incidencias, observaciones, conclusiones, recomendaciones o lecciones aprendidas y oportunidades de mejoras que permitan introducir en los procedimientos de actuación.

11 Actualización del PADE

AES Panamá revisará periódicamente y actualizará todos los aspectos del PADE, que hayan recibidos modificaciones, de acuerdo con el contrato de Concesión de Generación. Se conducirá una revisión completa cada cinco años. Las continuas actualizaciones reflejarán los cambios de nombres, títulos, números telefónicos, y señales de radio de las personas responsables de tomar acciones durante una emergencia de presa.

La revisión identificará cualquier nuevo desarrollo u otros cambios aguas arriba o aguas abajo los cuales podrían necesitar la modificación del PADE. Si ocurren tales cambios, AES Panamá 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.

Las revisiones serán marcadas con un sello de documento controlado, fechada, y distribuidas a todos los que poseen el plan.

AES Panamá actualizará el PADE, con una periodicidad mínima de un año, particularmente en lo atinente 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, AES Panamá enviará a la ASEP una nota notificando que no ha habido cambio alguno.

Los cambios y/o modificaciones dentro del documento serán resaltados y deberán llevar una nota al pie que indique el Número de revisión la fecha y el año, como por ejemplo "Revisión No. Mes/año. AES Panamá enviará cada cinco años al Director de la Autoridad Nacional de los Servicios Públicos (1) una declaración que el PADE ha sido revisado completamente, (2) la última fecha en que fue aprobado, y (3) cualquier modificación o actualización o una declaración que ninguna fue necesaria.

MAPAS

ANEXOS

*ANEXO 3. Procedimiento de Preparación y Respuesta ante Emergencias
Formulario de evaluación de simulaciones y simulacros*