



1314

HIDROPIEDRA S.A.
Costa Este. Ave. Roberto Motta
Edificio UDG
PANAMÁ (Republica de Panamá)

PROYECTO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE LA CUCHILLA

CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE LA CUCHILLA

PLAN DE ACCIÓN DURANTE EMERGENCIAS

PADE

Preparado por:

JORGE MESTRES LUCAS

DIRECTOR TECNICO DE HIDROPIEDRA S.A.



HIDROPIEDRA S.A.
Costa Este. Ave. Roberto Motta
Edificio UDG
PANAMÁ (Republica de Panamá)

1315

PROYECTO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE LA CUCHILLA

PROYECTO HIDROELECTRICO LA CUCHILLA PLAN DE ACCIÓN DURANTE EMERGENCIA (PADE)

Contenido

1. DISPOSICIONES GENERALES.....	1
1.1. Propósito.....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO HIDROELECTRICO LA CUCHILLA.....	2
2.1. Esquema La Central	5
2.2. Descripción de las Estructuras.....	7
3. CRITERIOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO.....	10
3.1. Hidrología	10
3.2. Sísmico y Aceleración Pico	11
4. DESCRIPCIÓN DE LA AMENAZA DE CRECIDA	12
4.1. Desarrollo de la Falla.....	13
5. TIPOS DE ALERTA	16
5.1. Evaluación de las Emergencias	19
5.2. Conclusión de la Amenaza de Falla.....	20
6. RESPONSABILIDADES GENERALES BAJO EL PADE	21
6.1. Responsabilidades del Dueño	21
6.2. Responsabilidades de Notificación.....	21
6.3. Responsabilidades de Evacuación	21
6.4. Responsabilidades de Terminación y Seguimiento	22
6.5. Responsabilidad de Coordinador del PADE.....	22
7. ACCIONES DURANTE EMERGENCIA	23
7.1. Paso 1: Detección del Evento	23
7.2. Paso 2: Determinación del Nivel de Emergencia	24
7.2.1. Alerta Blanca	24
7.2.2. Alerta Verde.....	24



HIDROPIEDRA S.A.
Costa Este. Ave. Roberto Motta
Edificio UDG
PANAMÁ (Republica de Panamá)

1316

PROYECTO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE LA CUCHILLA

7.2.3. Alerta Amarilla	25
7.2.4. Alerta Roja	25
7.3. Paso 3: Niveles de Comunicación y Notificación	26
7.4. Paso 4: Acciones durante la Emergencia.....	32
7.5. Paso 5: Terminación	33
8. MAPA DE INUNDACIÓN.....	34
8.1. Análisis Hidráulico	34
8.2. Resultados	35
8.3. Mapas De Inundación	35
8.4. Descripción de la Zona Potencialmente Inundable	36
8.5. Recomendaciones para el Plan de Emergencia	36
ANEXO A: PLANOS DE PRESA Y ESTRUCTURAS	
ANEXO B: FORMULARIO PARA REGISTRO DE EVENTOS	
ANEXO C: MAPAS DE INUNDACION	
ANEXO D: LISTA ALTERNATIVA DE CONTACTOS EN CASO DE EMERGENCIAS	
ANEXO E: DATOS DE ENTRADA Y RESULTADOS DE HECRAS	



1317

HIDROPIEDRA S.A.
Costa Este. Ave. Roberto Motta
Edificio UDG
PANAMÁ (Republica de Panamá)

PROYECTO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE LA CUCHILLA

ABREVIATURAS

ASEP	Autoridad de los Servicios Públicos
CH	Central Hidroeléctrica
CND	Centro Nacional de Despacho
ETESA	Empresa de Transmisión Eléctrica S.A.
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Center - River Analysis System
HIDROMET	Departamento de Hidrometeorología de ETESA
FEMA U.S.	Federal Emergency Management Agency
FERC	Federal Energy Regulatory Commission
FS	Factor de Seguridad
GIS	Sistema de Información Geográfica (en Inglés)
ICOLD	International Committee on Large Dams
L/T	Línea de Transmisión
NMON (NAMO)	Nivel Máximo de Operación Normal del Embalse
NMOE (NAME)	Nivel Máximo de Operación Extraordinaria del Embalse
NAMINO	Nivel Mínimo de Operación del Embalse
msnm	Metros Sobre el Nivel del Mar
PADE	Plan de Acción Durante Emergencias
UTESEP	Unidad Técnica de Seguridad de Presas de ASEP
IGNTG	Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia
SINAPROC	Sistema Nacional de Protección Civil
USACE	United States Army Corps of Engineers

UNIDADES

m	metros
mm	milímetros
Km	kilómetros
m ³ /s	metros cúbicos por segundo (caudal)
mmc	millones de metros cúbicos
Ha	Hectáreas
g	aceleración de la gravedad de la tierra (9.81 m/s ²)
MW	mega watts



HIDROPIEDRA S.A.
Costa Este. Ave. Roberto Motta
Edificio UDG
PANAMÁ (Republica de Panamá)

13/8

PROYECTO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE LA CUCHILLA

PROYECTO HIDROELÉCTRICO LA CUCHILLA PLAN DE ACCIÓN DURANTE EMERGENCIA (PADE)

1. DISPOSICIONES GENERALES

1.1. Propósito

El propósito de este Plan de Acción Durante Emergencias (PADE) es definir responsabilidades y establecer procedimientos diseñados para identificar condiciones inusuales e improbables que pueden poner en peligro las instalaciones del Proyecto Hidroeléctrico La Cuchilla, a tiempo para tomar acciones preventivas y notificar a las autoridades de gestión de emergencias sobre una posible falla de las presas, inminente o real.

En definitiva el propósito de este PADE es evaluar, clasificar, alertar y reducir el riesgo humano de pérdidas de vida y daños durante un evento inusual de emergencia en la presa del río Macho de Monte del Proyecto Hidroeléctrico La Cuchilla.



HIDROPIEDRA S.A.
Costa Este. Ave. Roberto Motta
Edificio UDG
PANAMÁ (Republica de Panamá)

PROYECTO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE LA CUCHILLA

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO LA CUCHILLA

El Proyecto Hidroeléctrico La Cuchilla está localizado en el río Macho de Monte, en la provincia de Chiriquí, en el distrito de Boquerón, en el Corregimiento de Paraíso, próximo a la comunidad de La Cuchilla (situada en la margen contraria del Río Macho de Monte). La central aprovecha las aguas del río Macho de Monte mediante una pequeña presa.

El sitio de aprovechamiento del Proyecto Hidroeléctrico La Cuchilla se encuentra en la cuenca alta-media del río Piedra, perteneciente a la vertiente pacífica. Los límites geográficos del aprovechamiento son, al norte poblado Paraíso, al sur poblado de Bocalatún, al este poblado de Guayabal y al oeste poblado de la Cuchilla.

El acceso a la zona de la presa (y por ende a las restantes estructuras del aprovechamiento), puede hacerse por 3 rutas:

- La primera y principal se hace desde la carretera Panamericana, entrando al norte por la vía a Boquerón (ruta 103), desviándose a la altura de la población de Bocalatún y Macano Arriba. De allí se entra en camino de servicio de la Central RP-490 (propiedad de Hidropiedra SA también), siguiendo hasta la ubicación del canal de trasvase, prosiguiendo en dirección norte por el camino público de Paraíso, desviándose 1 Km aproximadamente por el camino de servicio de la Central de la Cuchilla hasta llegar a la presa de La Cuchilla.
- La segunda (auxiliar) se hace desde la carretera Panamericana, entrando por la vía a Boquerón (ruta 103), prosiguiendo por ella hasta la ruta Guayabal-Cuesta de Piedra, atravesando el río Piedra y antes de llegar al río Bregue, desviándose hacia el camino público de Paraíso, prosiguiendo este en dirección sur hasta llegar al camino de servicio de la Central de la Cuchilla y de allí en dirección Norte hasta la presa de la Cuchilla.
- La tercera (auxiliar) es el actual acceso a la toma de la Potabilizadora de Bugaba (que está integrada en la presa de La Cuchilla). Se inicia también en la carretera



HIDROPIEDRA S.A.
Costa Este. Ave. Roberto Motta
Edificio UDG
PANAMÁ (Republica de Panamá)

1320

PROYECTO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE LA CUCHILLA

Panamericana a la altura de La Población de Concepción se toma en dirección Norte la ruta 13 (Vía Volcán) hasta las proximidades de la población de Buenavista de Abajo, donde se gira en dirección sur-este en dirección a la población del Bongo y antes de llegar a esta en Dirección a la Población de las tumbas, donde se sigue el camino hasta la presa de La Cuchilla.

En la Figura de la Página siguiente se recogen las estructuras y accesos que dispone el Proyecto Hidroeléctrico de La Cuchilla, de acuerdo con la descripción anterior.

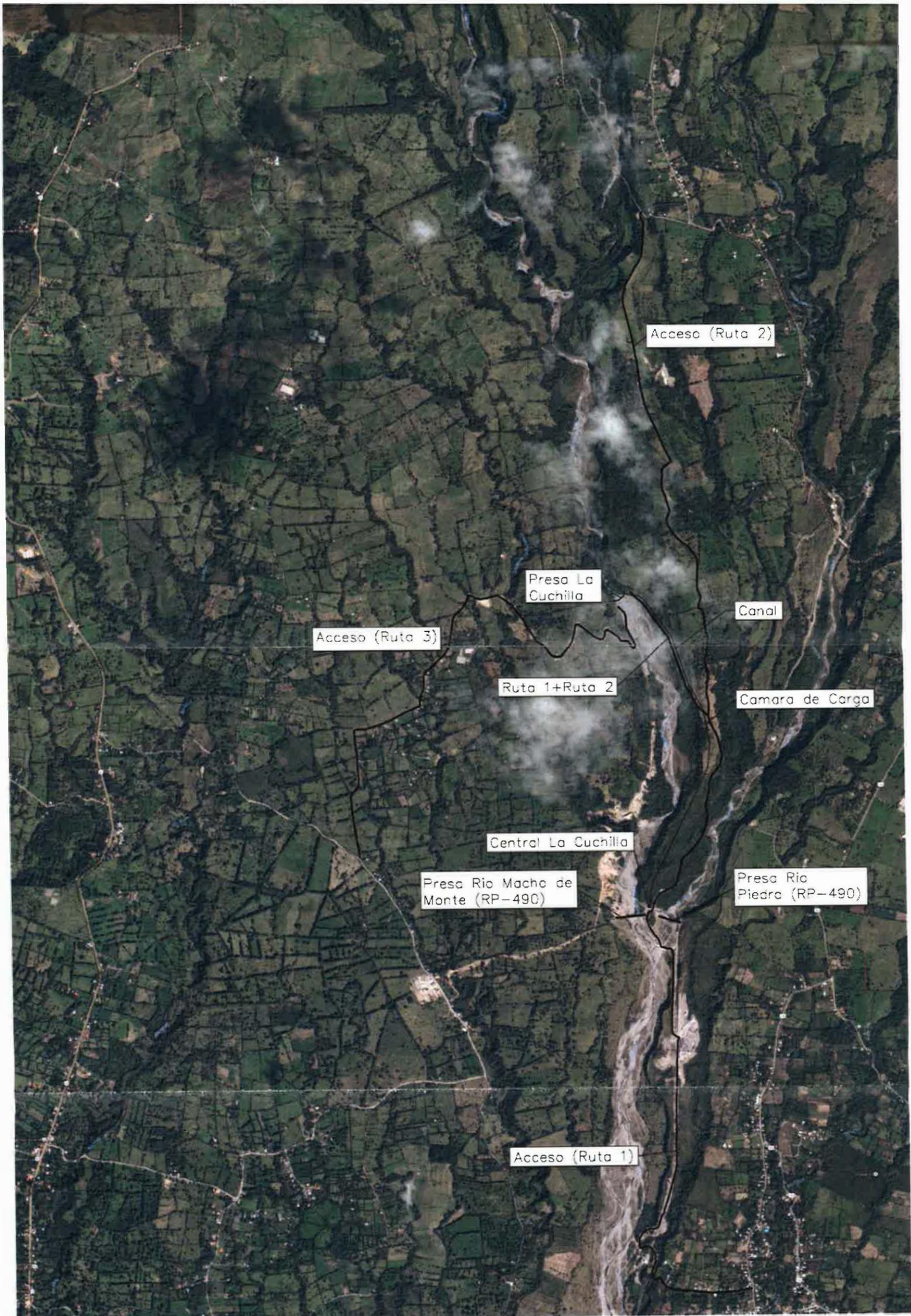


Figura N° 1
Localización de Estructuras



2.1. Esquema de la central

Para el desarrollo del aprovechamiento del Proyecto Hidroeléctrico La Cuchilla se ha escogido la modalidad de central fluyente o de pasada, aprovechando los caudales que circulan por el río Macho de Monte mediante una presa de derivación. El conjunto se completa con una estructura de toma con un desarenador, canal de alimentación, cámara de carga, rápida de excedentes con su disipador de energía, una tubería forzada, una casa de máquinas superficial, dos canales de descarga (uno por unidad) que conectan con el canal de trasvase de la Central RP-490 y una línea de interconexión eléctrica. Las obras de generación eléctrica se ubican en el margen izquierdo del río. En el Cuadro N° 1 se presentan los datos más relevantes de las instalaciones.

Cuadro N° 1

Características de la Central Hidroeléctrica

Concepto	Unidad	Datos
CENTRAL		
Tipo		fluyente
Capacidad instalada	MW	7.62
Carga bruta	m	98.60
Carga neta	m	96.87
Caudal de diseño	m ³ /s	9.90
Generación media anual	GWh	39.00
PRESA RÍO MACHO DE MONTE		
Tipo		Gravedad de Concreto
Altura máxima sobre Cauce	m	9.990
Longitud coronación	m	132.468
Elevación coronación	msnm	606.990
Nivel Normal de Operación	msnm	602.490
Nivel Máximo Extraordinario	msnm	606.760
VERTEDERO RÍO MACHO DE MONTE		
Tipo		labio fijo
Longitud de la cresta	m	64.100
Estructura disipadora, tipo		Viga retención y enrocado
Elevación de la cresta	msnm	602.490
Capacidad de vertido	m ³ /s	1,053.97
Período de retorno	años	1,000



1323

HIDROPIEDRA S.A.
Costa Este. Ave. Roberto Motta
Edificio UDG
PANAMÁ (Republica de Panamá)

PROYECTO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE LA CUCHILLA

COMPUERTAS. DESAGÜE DE FONDO		
Tipo		Tablero Gravedad
Cantidad	c/u	3
Dimensiones (ancho/alto)	m	5 x 3.65 (2 Ud.) 2 x 3.65 (1 Ud.)
Elevación de Fondo Compuerta	msnm	598.840
Nivel Normal de Operación	msnm	602.490
OBRA DE TOMA Y DESARENADOR		
Tipo de compuerta		Tablero Gravedad
Número de cuerpos y compuertas		2
Ancho de las compuertas	m	3.50
Altura de las compuertas	m	2.50
Capacidad total	m ³ /s	9.90
Velocidad neta a través de la reja	m/s	1
Dimensiones cada cuerpo	m	3.50*52.71 (3.5.00÷8.00)*41.045
Nivel de fondo	msnm	596.500
Nivel de transición al canal	msnm	599.771
CANAL DE ALIMENTACIÓN		
Tipo		Concreto. Rectangular
Base	m	4.00
Altura	m	2.60
Longitud	m	1,117.64
Sección Estructural		0.3 solera/0.3 hastiales
Capacidad	m ³ /s	10.00
CAMARA DE CARGA		
Tipo		Lineal sin acumulación
Base Cuerpo Central	m	4.00
Base Canales Laterales	m	1.90
Creta de Vertido (Nivel servicio)	m	601.313
Longitud	m	45.40
Sección Estructural		0.50 canal central 0.40 canales laterales
Capacidad de diseño	m ³ /s	12.00
TUBERÍA FORZADA		
Tipo		PRFV
Diámetro	m	2.40-2.20
Longitud	m	1,447.023
Capacidad	m ³ /s	10.00
CASA DE MÁQUINAS		
Tipo		Superficial
Configuración		2 unidades
Dimensiones en planta	m x m	35.00 x 11.00
Altura	m	9.15



HIDROPIEDRA S.A.
Costa Este. Ave. Roberto Motta
Edificio UDG
PANAMÁ (Republica de Panamá)

1324

PROYECTO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE LA CUCHILLA

Cota acceso	msnm	508.00
EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS		
Tipo de turbinas		Francis eje horizontal
Número de unidades		2
Velocidad de rotación	rpm	720
Potencia del generador	MVA	4.80
Potencia de la turbina	MW	4.00
Elev. del eje del grupo	msnm	504.680
Elev. del agua en la descarga	msnm	502.500
Caudal máximo por unidad	m ³ /s	4.95
EQUIPO ELÉCTRICO		
Transformador	MVA	2 x 5.0
Línea transmisión voltaje	kV	34.5
Distancia línea de transmisión	Km	14
Punto de interconexión		Subestación Boquerón III

2.2. Descripción de las estructuras

Presa de Gravedad

En el Anexo A se presentan los planos de las principales estructuras y un arreglo general de la obra. A continuación se describen en forma general.

1.- Presa del río Macho de Monte. Se genera un pequeño embalse en el río Macho de Monte mediante una presa de gravedad de 8.99 m de altura máxima de elevación de la lámina de agua sobre el cauce. Tiene un vertedero de labio fijo sin pilas intermedias. La única estructura de control que dispone son tres compuertas que realizan las funciones de desagüe de fondo y que no se operaran en caso de crecidas. Para disipar la energía vertida se ha dispuesto un enrocado atado mediante una viga de contención aguas abajo unidas al cuerpo de presa mediante una serie de elementos de unión.

2.- Estructura de toma y desarenador. Adosado a la presa del río Macho de Monte, en el estribo izquierdo, se encuentra la toma, en ángulo recto con la presa. La toma consiste en un canal de toma, un desarenador, una cámara de concreto reforzado con una ventana de captación con rejillas de acero y limpia rejas. La toma conecta con el canal de alimentación.



3.- Toma de Bugaba y desarenador. Adosado a la presa del río Macho de Monte, en el estribo derecho, se encuentra la toma de Bugaba. La toma consiste en un canal de toma, un desarenador, una cámara de concreto reforzado con una ventana de captación con rejillas de acero y limpia rejas. La toma conecta con la Conducción hacia la potabilizadora de Bugaba.

4.- Canal de Alimentación. El canal de Alimentación une la estructura de toma con la cámara de carga de la tubería de presión. Es de sección rectangular y esta ejecutado en toda su longitud en concreto reforzado.

5.- Cámara de Carga y Aliviaderos. Su misión es conducir las aguas derivadas hacia la tubería forzada con la mínima pérdida de energía y evacuar los excedentes de agua que pudieran existir por incidencias de explotación. Consta de un canal central que conecta con la antecámara de presión y dos canales laterales que recogen los vertidos del canal central y lo transitan hacia la rápida de excedentes y su estructura de disipación de energía.

5.- Tubería forzada. Se trata de una tubería telescópica de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV). Se inicia con un diámetro de 2.40 metros para terminar con un diámetro de 2.20 metros. Su longitud total es de 1,447.023 metros.

6.- Casa de Máquinas. La casa de máquinas es superficial, de concreto reforzado en las zonas enterradas y de estructura metálica en la parte por encima del terreno y la cubierta. Las dimensiones son de 35.00 metros de largo por 11.00 metros de ancho y una altura total respecto de la cota de acceso de 9.15 metros. La cota del distribuidor es la 504.680 msnm y a cota de acceso es la 508.00 msnm. En la casa de máquinas se han instalado dos unidades de generación Francis de eje horizontal de 4 MW cada una.



HIDROPIEDRA S.A.
Costa Este. Ave. Roberto Motta
Edificio UDG
PANAMÁ (Republica de Panamá)

PROYECTO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE LA CUCHILLA

7.- Canales de descarga. Dos canales rectangulares de concreto reforzado conectando los socacos de cada una de las unidades con el canal de trasvase de la Central RP-490.



3. CRITERIOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO

3.1. Hidrología

El estudio hidrológico realizado para el Proyecto Hidroeléctrico La Cuchilla en Setiembre de 2011 concluyó lo siguiente:

Río Macho de Monte

- El caudal medio interanual natural en el sitio de toma del río Macho de Monte es $7.97 \text{ m}^3/\text{s}$
- El caudal ecológico promedio anual es $0.797 \text{ m}^3/\text{s}$ es decir 10% del caudal promedio anual.
- La avenida con período de retorno de 100 años es de $782.09 \text{ m}^3/\text{s}$
- La avenida con período de retorno de 1,000 años es de $1,053.97 \text{ m}^3/\text{s}$
- La avenida con período de retorno de 10,000 años es de $1,342,64 \text{ m}^3/\text{s}$
- Dado el diseño de la presa derivadora está resuelto el problema de acumulación de sedimentos.

Se realizó el análisis mediante el Método Regional de Análisis de Crecidas. Se presentan a continuación los resultados en la Tabla N°2.

Tabla N° 2
CAUDALES DE AVENIDA SEGÚN PERÍODOS DE RETORNO

Sitio de Interés	Área de drenaje (km ²)	Caudales de Avenidas según periodos de retorno (m ³ /s)							
		2 Años	5 Años	10 Años	20 Años	50 Años	100 Años	1,000 Años	10,000 Años
Toma	81.62	312.16	436.36	520.27	597.47	704.89	782.09	1,053.97	1,342.64
Casa Máquinas	87.80	325.46	454.95	542.44	622.93	734.92	815.41	1,098.87	1,399.84



HIDROPIEDRA S.A.
Costa Este. Ave. Roberto Motta
Edificio UDG
PANAMÁ (Republica de Panamá)

PROYECTO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE LA CUCHILLA

Los caudales calculados con el Método Regional de Crecidas Máximas, dentro de la zona 4, en cuencas que están en la parte alta, colindando con la cordillera central, tienen un comportamiento distinto a las otras regiones, por lo que los resultados obtenidos son sobreestimados.

Parámetros de Diseño para Determinar la Elevación de la Cresta de la Presa del río Macho de Monte:

La superficie de agua del embalse de Macho de Monte está regida por la cota del vertedero (602.490) que es el respectivo nivel de operación máximo normal.

3.2. Sísmico y aceleración pico

Para evaluar las acciones sísmicas se utilizará un coeficiente de 0.31g como lo indica el documento (obras de cierre y captación), ya que según el análisis de estabilidad este debe ser el valor para el cual se comprueba la misma. Este valor es ligeramente superior al indicado en el Reglamento de diseño estructural en la Republica de Panamá. REP 2004.

Para valorar las acciones sísmicas verticales, se utilizara el aporte correspondiente al 50% de la componente horizontal.



4. DESCRIPCIÓN DE LA AMENAZA DE CRECIDA

El embalse generado en el río Macho de Monte es pequeño. Su volumen se ha obtenido de superficializar la topografía disponible y conseguir una curva de embalse. En el caso de la presa en el río Macho de Monte se trata de 40,516.50 m³ considerando el nivel máximo normal.

La presa consiste en una presa de gravedad con vertedero de labio fijo que permiten el paso de las avenidas por encima sin gestión de compuertas. La falla repentina de la presa produciría la salida del agua del embalse en un pequeño lapso de tiempo. El tiempo de la falla de una presa depende del tipo de presa y las características geométricas de los taludes.

Las agencias federales de los Estados Unidos han publicado guías sobre la forma y los posibles rangos de valores para el ancho de la grieta y el tiempo de desarrollo de las fallas. La tabla N° 3 muestra un resumen de estos valores.

Tabla N° 3

Rango de Posibles Valores de las Características de la Falla

Tipo de Presa	Ancho Promedio de la Grieta B_{ave}	Componente Horizontal de la Grieta (H) H:1V	Tiempo de Falla tf (hrs)	Agencia
Tierra/ Enrocado	(0.5 a 3.0) x HD	0 a 1.0	0.5 a 4.0	USACE (1)
	(1.0 a 5.0) x HD	0 a 1.0	0.1 a 1.0	FERC (2)
	(2.0 a 5.0) x HD	0 a 1.0 (ligeramente mayor)	0.1 a 1.0	NWS (3)
Concreto Gravedad	Múltiples bloques	Vertical	0.1 a 0.5	USACE(1)
	Usualmente ≤ 0.5 L	Vertical	0.1 a 0.3	FERC(2)
	Usualmente ≤ 0.5 L	Vertical	0.1 a 0.2	NWS

Donde: HD = Altura de la presa
L = Largo de la cresta

- (1) U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, "Flood Emergency Plans – Guidelines for Corps Dams," RD-13, June 1980.
- (2) FERC (1988), USA Federal Regulatory Commission – Notice of Revised Emergency Action Plan Guidelines, February 22, 1988.
- (3) Fread, D.L., ASDSO Advanced Technical Seminar, "Dam Failure Analysis," 2006.



HIDROPIEDRA S.A.
Costa Este. Ave. Roberto Motta
Edificio UDG
PANAMÁ (Republica de Panamá)

PROYECTO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE LA CUCHILLA

Tomando como valor conservador el menor tiempo para el desarrollo de la grieta de la Tabla N° 3, 0.1 horas (6 minutos ó 360 segundos) resultaría que el caudal generado por esta falla sería de:

$$Q_{\text{falla}} = (40,516.50 \text{ m}^3)/360 \text{ s}$$

$$Q_{\text{falla}} = 112.54 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Este caudal representa una probabilidad de ocurrencia de menos de 1:2 años según el estudio hidrológico realizado para el diseño de las estructuras.

4.1. Desarrollo de la falla.

La presa de gravedad del Proyecto Hidroeléctrico La Cuchilla ha sido diseñada y construida siguiendo normas internacionales que establecen factores de seguridad adecuados para el manejo de situaciones operacionales normales, inusuales y extremas. Las distintas condiciones de operación han sido combinadas para encontrar los esfuerzos críticos en la estructura y asegurar que serán resistidos con un adecuado margen de seguridad.

Las Normas de Seguridad de Presa aprobadas por ASEP requieren evaluar los efectos de una posible falla de la presa. Para que se dé el fallo de alguna de las presas, primero deben darse situaciones, poco comunes, que pueden ser detectadas por el personal que labora en su operación, mediante la inspección y auscultación de la presa.

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

1330



HIDROPIEDRA S.A.
Costa Este. Ave. Roberto Motta
Edificio UDG
PANAMÁ (Republica de Panamá)

PROYECTO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE LA CUCHILLA

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

El operador de la presa debe estar preparado para identificar señales que indiquen el mal funcionamiento de la presa y poder determinar la gravedad de la situación de dar las alarmas respectivas. El operador debe constantemente inspeccionar las estructuras, detectar, registrar y comunicar al especialista de presas cualquier hecho anormal en la operación de la presa.

A continuación se listan algunas indicaciones que deben ser registradas y comunicadas durante las inspecciones:

AGUAS ABAJO DE LA PRESA

- Depresiones en el terreno
- Agujeros en el terreno
- Filtraciones concentradas
- Aparición de fuentes de agua
- Humedades y filtraciones
- Modificación de filtraciones

Agrietamiento y fisuras

CONTACTO PRESA-CIMIENTO

- Burbujeo
- Filtraciones concentradas
- Levantamiento del cimiento
- Modificación de filtraciones
- Turbidez de filtraciones



1338

HIDROPIEDRA S.A.
Costa Este. Ave. Roberto Motta
Edificio UDG
PANAMÁ (Republica de Panamá)

PROYECTO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE LA CUCHILLA

CRESTA DE LA PRESA

Irregularidades superficiales
Fisuras
Pérdida de alineaciones
Agrietamiento profundo
Abertura de juntas

ESPEJO DE AGUA

Remolinos

LADERAS

Signos de deslizamiento

PARAMENTOS DE LA PRESA

Agrietamiento profundo
Filtraciones concentradas
Apertura de juntas



5. 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. Los tipos de alerta son:

Alerta Blanca

Causas:

Inicio de vertimiento de la presa, el nivel del embalse ha alcanzado la elevación 604.300 msnm (Macho de Monte) y el sistema de alerta hidrológico indica que continúan las lluvias aguas arriba.

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

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

Alerta Verde

Causas:

El embalse se ha elevado por encima del nivel 605.520 msnm (Macho de Monte). El sistema de alerta hidrológico indica que está lloviendo en la cuenca del embalse y se pronostica el aumento de nivel del embalse.

Se ha registrado en los instrumentos de la presa un sismo que ha ocasionado una aceleración horizontal del terreno entre 0.1g y 0.2g. Se han observado daños no estructurales en la presa.

Están en aumento o han aparecido nuevas filtraciones o han aparecido nuevas grietas o han aumentado los desplazamientos.



HIDROPIEDRA S.A.
Costa Este. Ave. Roberto Motta
Edificio UDG
PANAMÁ (Republica de Panamá)

1334

PROYECTO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE LA CUCHILLA

Alerta amarilla

Causas:

El embalse se ha alcanzado el nivel 606.766 msnm (Macho de Monte). El sistema de alerta temprana indica que está lloviendo en la cuenca del embalse y se pronostica el aumento de nivel del embalse.

Se ha registrado en los instrumentos de la presa un sismo, que ha ocasionado una aceleración horizontal del terreno entre 0.2g y 0.3g. La inspección visual inmediata de la presa aprecia daños estructurales en la presa o filtraciones o desplazamientos.

Se ha iniciado una brecha en el cuerpo de la presa y se ha iniciado filtración por la misma.

Potencial deslizamiento de laderas en el embalse.

Están en aumento o han aparecido nuevas filtraciones o han aparecido nuevas grietas o han aumentado los desplazamientos. Hay evidencias de principio de desarrollo de fallas.

Han ocurrido actos significativos de vandalismo o sabotaje.

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



HIDROPIEDRA S.A.
Costa Este. Ave. Roberto Motta
Edificio UDG
PANAMÁ (Republica de Panamá)

PROYECTO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE LA CUCHILLA

Alerta Roja

Causas:

El embalse se ha elevado por encima del nivel de la cresta y está vertiendo por arriba del nivel 606.766 msnm (Macho de Monte). El sistema de alerta temprana indica que está lloviendo en la cuenca del embalse y se pronostica el aumento de nivel del embalse.

Se ha sentido en la presa ó en sus proximidades un terremoto, que ha ocasionado una aceleración sísmica igual o mayor a 0.4g. La inspección visual inmediata de la presa aprecia daños estructurales o grietas y filtraciones a presión.

La brecha ha aumentado y es inminente la falla.

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

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

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



5.1. Evaluación de las emergencias

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

Indicadores de nivel del embalse:

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

Indicadores de Actividad Sísmica:

- Verificación del evento mediante sistemas de respaldo.

Auscultación de la Instrumentación de la presa:

- Verificación del funcionamiento del sistema de recolección y análisis de los datos de la instrumentación de la presa.
- Verificación mediante lecturas directas de los instrumentos que han detectado la alarma.
- Verificación mediante vigilancia directa (cámaras de video).

Inspección a las estructuras:

- Verificación de la existencia de anomalías estructurales (grieta, movimiento, filtración, etc) o mal funcionamiento de equipos (filtraciones, inoperativos, fallas) no detectado por los instrumentos y no reportado previamente por otros operadores.
- Verificación mediante contacto con los especialistas sobre la gravedad de la anomalía.



HIDROPIEDRA S.A.
Costa Este. Ave. Roberto Motta
Edificio UDG
PANAMÁ (Republica de Panamá)

1337

PROYECTO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE LA CUCHILLA

5.2. Conclusión de la amenaza de falla

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

Cada emergencia será finalizada mediante un reporte elaborado por los responsables de la seguridad de la presa del Proyecto Hidroeléctrico La Cuchilla.



HIDROPIEDRA S.A.
Costa Este. Ave. Roberto Motta
Edificio UDG
PANAMÁ (Republica de Panamá)

1338

PROYECTO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE LA CUCHILLA

6. RESPONSABILIDADES GENERALES BAJO EL PADE

6.1. Responsabilidades del dueño

Hidropiedra SA tiene la responsabilidad legal de desarrollar el Plan de Acción durante Emergencias (PADE). Serán asimismo parte de sus obligaciones la implantación, mantenimiento y actualización del Plan.

Hidropiedra SA como Responsable Primario de la presa, debe actualizar permanentemente el PADE, particularmente en lo relacionado a cambios de personas o entidades con responsabilidad específica, direcciones, números telefónicos, frecuencias e identificaciones de radio y toda otra información crítica para la eficacia de las acciones previstas. Asimismo se debe actualizar cualquier cambio significativo ocurrido aguas abajo o aguas arriba de la presa que pudiera alterar el área de riesgo o la localización de personas que deben ser alertadas.

Tal actualización debe ser anual, como mínimo, debiendo remitirse a la ASEP quien por medio de la UTESEP gestionará su aprobación.

6.2. Responsabilidades de notificación

Hidropiedra SA es el responsable de notificar cualquier alerta. Se ha preparado un cuadro resumen, donde se indican los organismos responsables de declarar la notificación en base a la alerta temprana de cada emergencia.

6.3. Responsabilidades de evacuación

SINAPROC, es el organismo responsable de hacer la evacuación de la población ubicada aguas abajo de la presa.



HIDROPIEDRA S.A.
Costa Este. Ave. Roberto Motta
Edificio UDG
PANAMÁ (Republica de Panamá)

1339

PROYECTO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE LA CUCHILLA

6.4. Responsabilidades de terminación y seguimiento

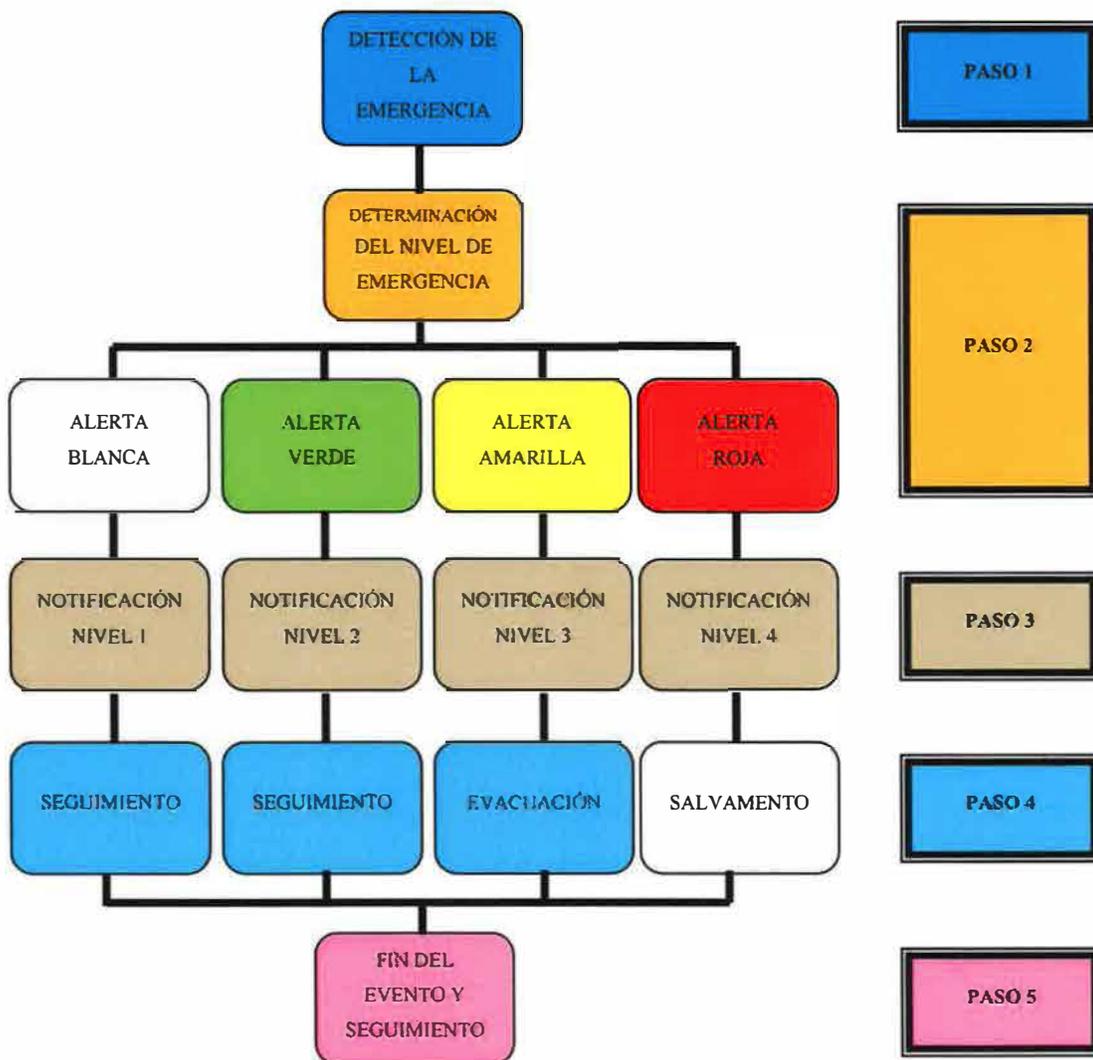
Hidropiedra SA es responsable por dar seguimiento, terminar y reportar los detalles relacionados a la emergencia.

6.5. Responsabilidad de coordinador del PADE

Hidropiedra SA, ha establecido como responsable para coordinar el Plan de Acción Durante Emergencia (PADE), al Gerente de Operaciones, quien también tendrá como parte de sus obligaciones la implantación, mantenimiento y actualización de dicho plan.

7. ACCIONES DURANTE EMERGENCIA

Durante el desarrollo de una emergencia en la presas del Proyecto Hidroeléctrico La Cuchilla se tendrán en cuenta los siguientes pasos a seguir:



7.1. Paso 1: Detección del evento

La vigilancia de los eventos estará en primera instancia bajo la responsabilidad del operador de la presa del Proyecto Hidroeléctrico La Cuchilla. Tan pronto como un



evento es observado o reportado, inmediatamente se debe determinar el nivel del evento.

7.2. Paso 2: Determinación del nivel de emergencia

7.2.1. ALERTA BLANCA

Inicio de vertimiento en alguna de las presas, el nivel del embalse ha alcanzado la elevación 604.300 msnm (Macho de Monte) y el sistema de alerta hidrológico indica que continúan las lluvias aguas arriba.

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

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

7.2.2. ALERTA VERDE

El embalse se ha elevado por encima del nivel 605.520 msnm (Macho de Monte). El sistema de alerta hidrológico indica que está lloviendo en la cuenca del embalse y se pronostica el aumento de nivel del embalse.

Se ha registrado en los instrumentos de la presa un sismo que ha ocasionado una aceleración horizontal del terreno entre 0.1g y 0.2g. Se han observado daños no estructurales en la presa.

Están en aumento o han aparecido nuevas filtraciones o han aparecido nuevas grietas o han aumentado los desplazamientos.



HIDROPIEDRA S.A.
Costa Este. Ave. Roberto Motta
Edificio UDG
PANAMÁ (Republica de Panamá)

1342

PROYECTO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE LA CUCHILLA

7.2.3. ALERTA AMARILLA

El embalse se ha alcanzado el nivel 606.766 msnm (Macho de Monte). El sistema de alerta temprana indica que está lloviendo en la cuenca del embalse y se pronostica el aumento de nivel del embalse.

Se ha registrado en los instrumentos de la presa un sismo, que ha ocasionado una aceleración horizontal del terreno entre 0.2g y 0.3g. La inspección visual inmediata de la presa aprecia daños estructurales en la presa o filtraciones o desplazamientos.

Se ha iniciado una brecha en el cuerpo de la presa y se ha iniciado filtración por las mismas.

Potencial deslizamiento de laderas en el embalse.

Están en aumento o han aparecido nuevas filtraciones o han aparecido nuevas grietas o han aumentado los desplazamientos. Hay evidencias de principio de desarrollo de fallas.

Han ocurrido actos significativos de vandalismo o sabotaje.

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

7.2.4. ALERTA ROJA

El embalse se ha elevado por encima del nivel de la cresta y está vertiendo por arriba del nivel 606.766 msnm (Macho de Monte). El sistema de alerta temprana indica que está lloviendo en la cuenca del embalse y se pronostica el aumento de nivel del embalse.



HIDROPIEDRA S.A.
Costa Este. Ave. Roberto Motta
Edificio UDG
PANAMÁ (Republica de Panamá)

1343

PROYECTO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE LA CUCHILLA

Se ha sentido en la presa ó en sus proximidades un terremoto, que ha ocasionado una aceleración sísmica igual o mayor a 0.4g. La inspección visual inmediata de la presa aprecia daños estructurales o grietas y filtraciones a presión.

La brecha ha aumentado y es inminente la falla.

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

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

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

7.3. Paso 3: Niveles de comunicación y notificación

Una vez clasificada la alarma, Hidropiedra SA procederá a notificar y a alertar a la población, a las entidades responsables de manejo del agua y a los organismos de protección pública. Hidropiedra SA, notificara el nivel de alerta de acuerdo a la siguiente lista:



Cuadro N° 4
 Modelo de Notificaciones

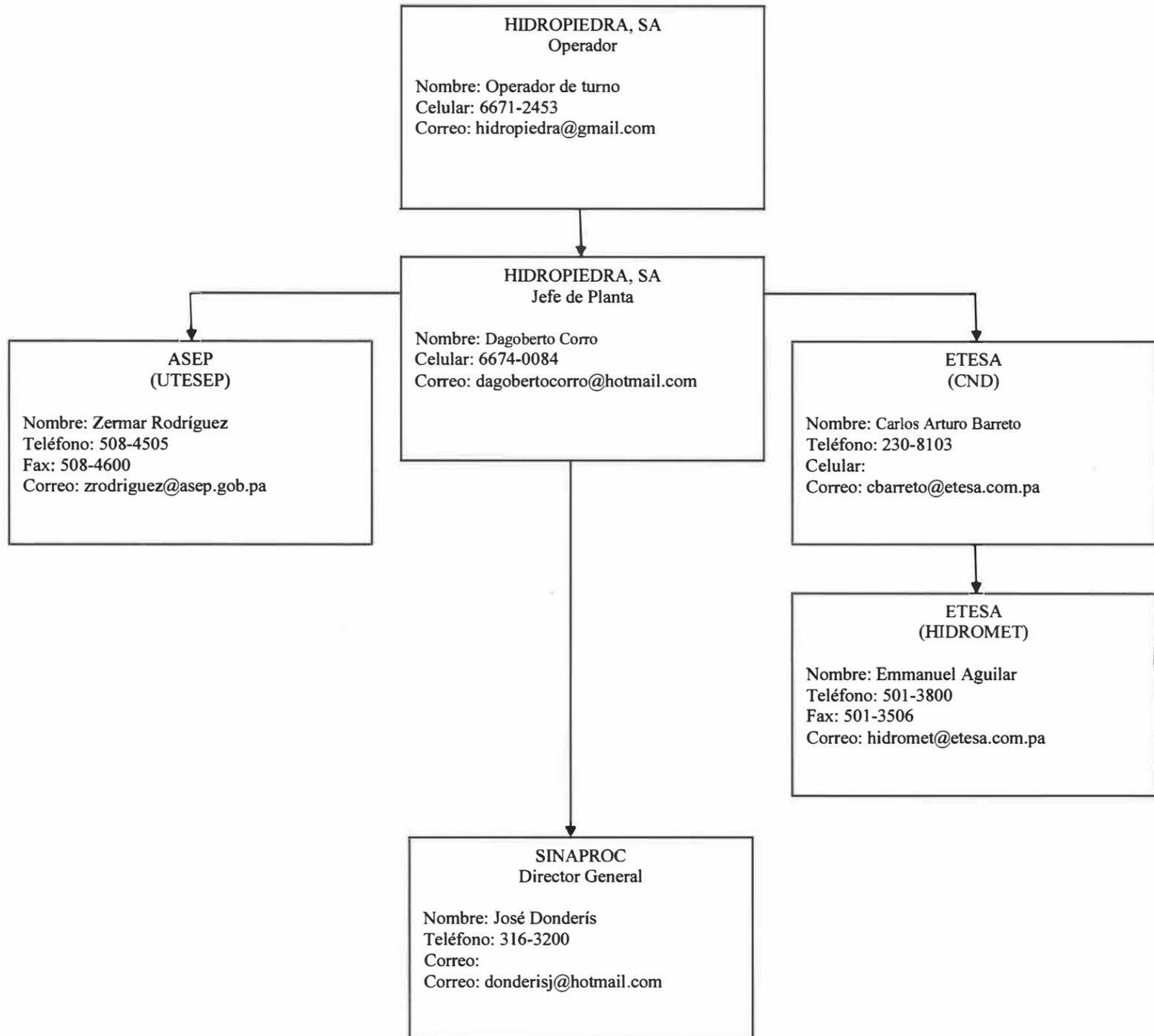
Alerta	Nivel	Modelo de notificación
Blanca	1	Soy el (Operador o El Coordinador del PADE) del Proyecto Hidroeléctrico la Cuchilla localizado sobre el río Macho de Monte, Provincia de Chiriquí, la cual tiene una situación de emergencia y se activa el nivel de Alerta Blanca. El motivo de la emergencia es el siguiente: (* Especificar la causa) Se están tomando las medidas necesarias de vigilancia y control. Manténgase en contacto e informado sobre las siguientes notificaciones y terminación de la emergencia. El coordinador del plan de emergencias puede ser contactado a los teléfonos: 223-9338/263-8401
Verde	2	Soy el (Operador o El Coordinador del PADE) del Proyecto Hidroeléctrico La Cuchilla localizado sobre el río Macho de Monte, Provincia de Chiriquí, la cual tiene una situación de emergencia y se activa el nivel de Alerta Verde. El motivo de la emergencia es el siguiente: (* Especificar la causa) Se están tomando las medidas necesarias de vigilancia y control. Manténgase en contacto e informado sobre las siguientes notificaciones y terminación de la emergencia. El coordinador del plan de emergencias puede ser contactado a los teléfonos: 223-9338/263-8401
Amarilla	3	Soy el (Operador o El Coordinador del PADE) del Proyecto Hidroeléctrico La Cuchilla localizado sobre el río Macho de Monte, Provincia de Chiriquí, la cual tiene una situación de emergencia y se activa el nivel de Alerta Amarilla. Los eventos ocurridos recomiendan la evacuación de los poblados aguas abajo de la presa sobre el río Macho de Monte, de acuerdo al Mapa de Inundación. Manténgase en contacto e informado sobre la siguiente notificación y/o terminación de la emergencia. El coordinador del plan de emergencias puede ser contactado a los teléfonos: 223-9338/263-8401
Roja	4	Soy el (Operador o El Coordinador del PADE) del Proyecto Hidroeléctrico La Cuchilla localizada sobre el río Piedra, Provincia de Chiriquí, la cual tiene una situación de emergencia y se activa el nivel de Alerta Roja. La falla de la presa es inminente o a iniciado o la crecida por motivos hidrológicos se estima será como lo indica el Mapa de Inundación. Se recomienda a las instituciones públicas responsables iniciar las tareas de protección, control y rescate o salvamento del público que no haya sido evacuado. Manténgase en contacto e informado sobre la terminación de la emergencia. El coordinador del plan de emergencias puede ser contactado a los teléfonos: 223-9338/263-8401

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

A continuación se presentan los flujos de comunicación:

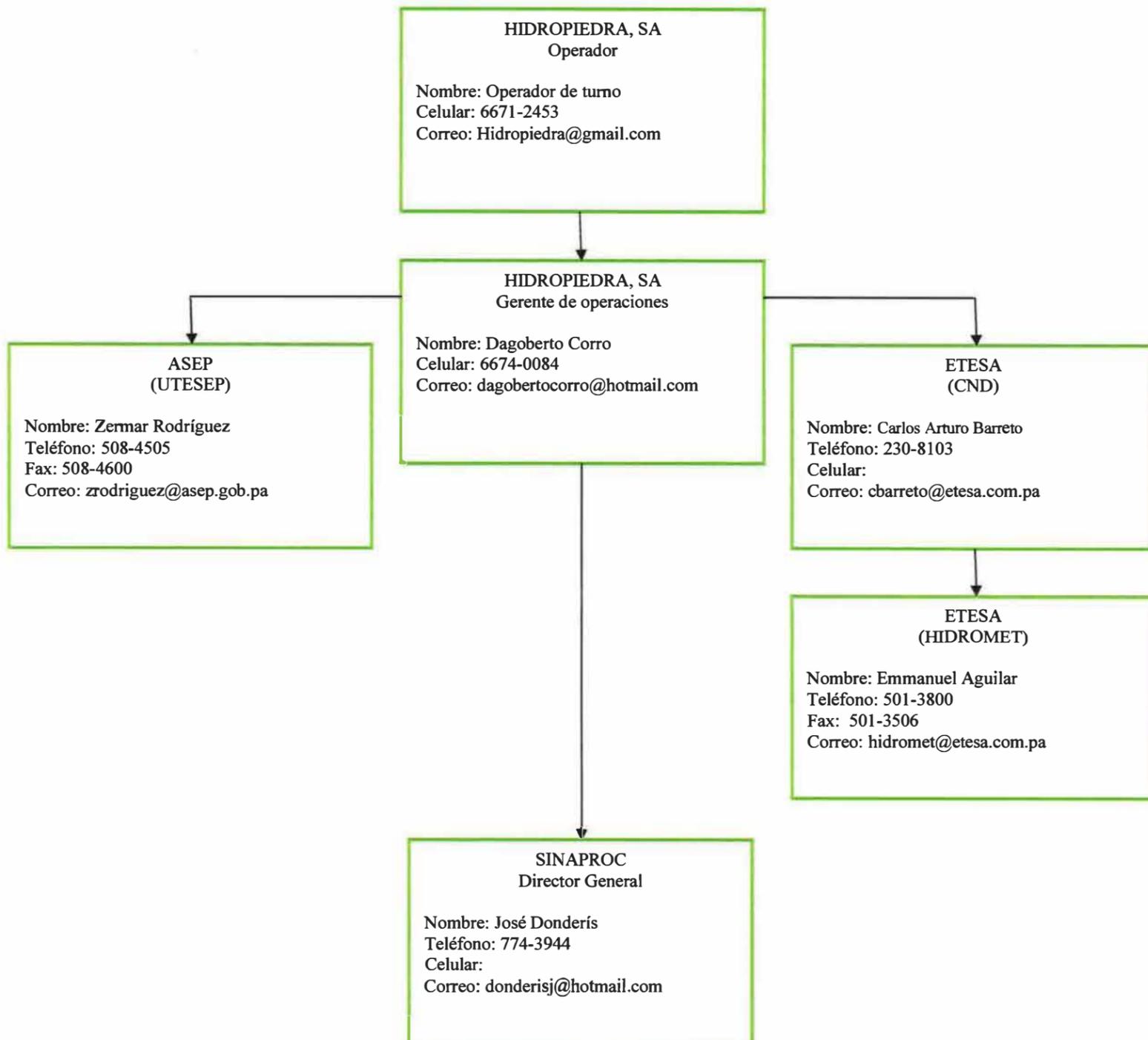


ALERTA BLANCA
Directorio de Notificaciones para el Nivel 1



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

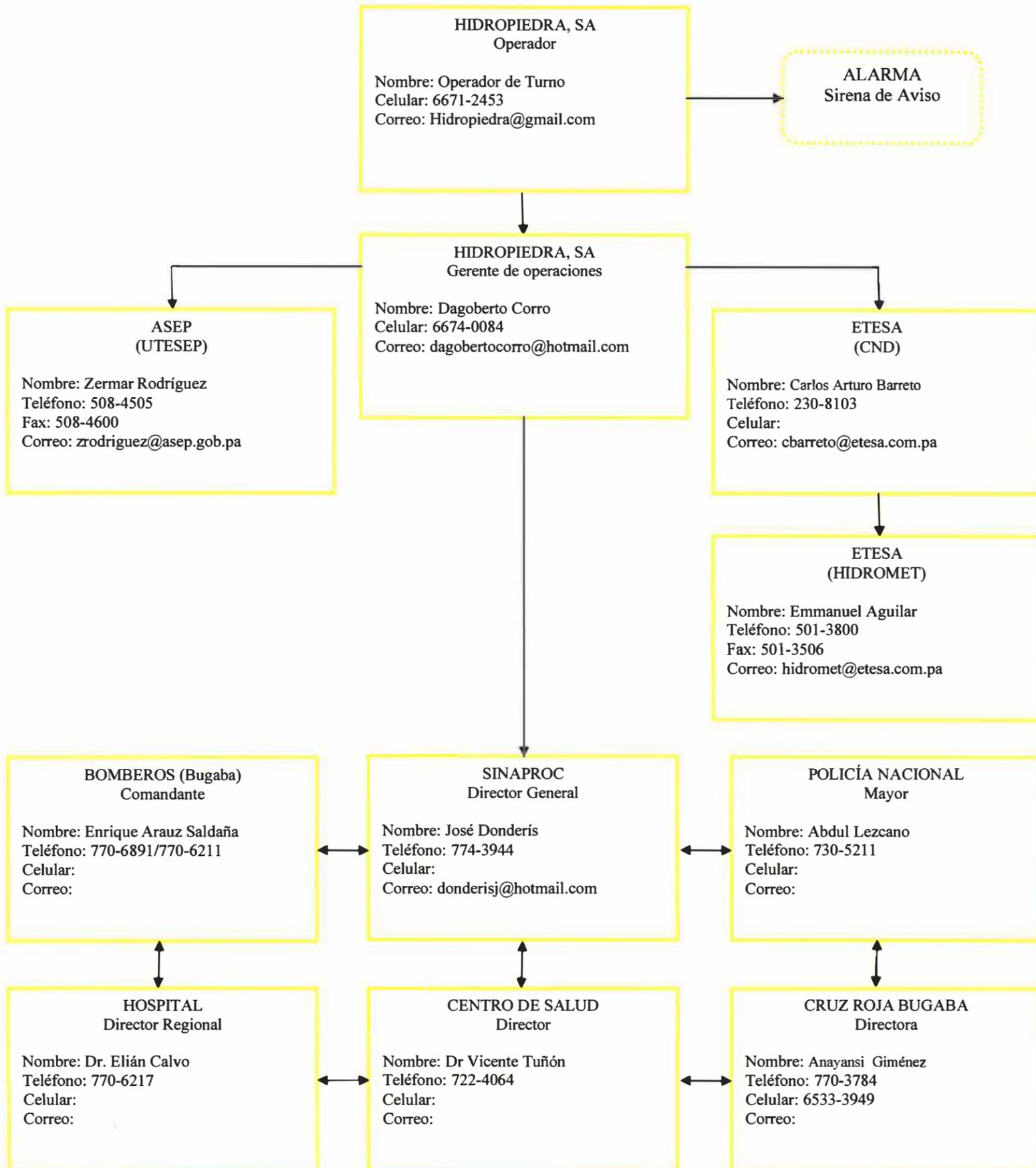
ALERTA VERDE
Directorio de Notificaciones para el Nivel 2



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

1346

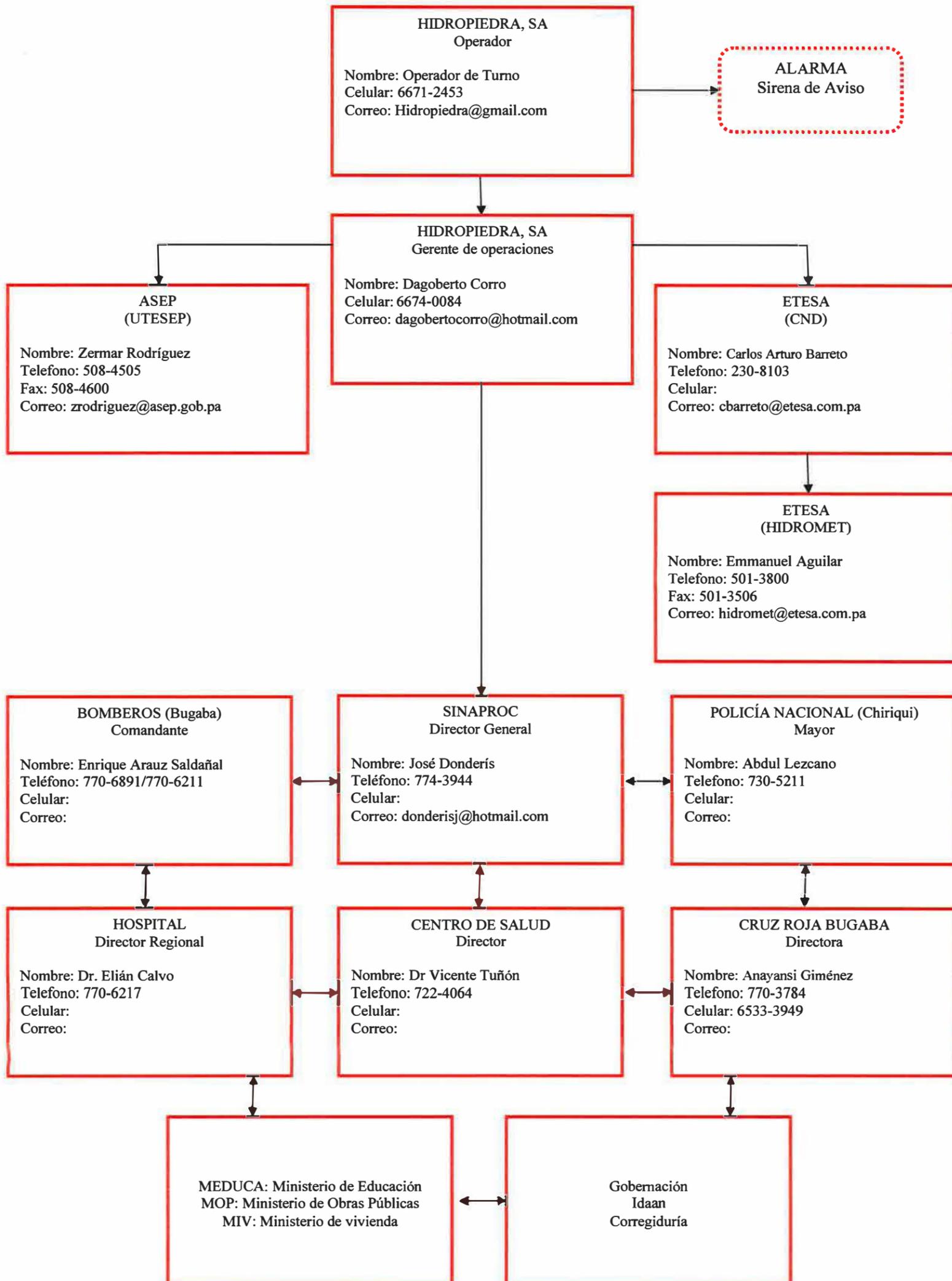
ALERTA AMARILLA
Directorio de Notificaciones para el Nivel 3



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

ALERTA ROJA

Directorio de Notificaciones para el Nivel 4



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

2461



7.4. Paso 4: Acciones durante la emergencia

Durante la duración de la emergencia se realizarán las siguientes acciones de vigilancia y control hasta finalizar el evento:

Cuadro N° 5
Acciones de Emergencia

ALERTA	VIGILANCIA Y CONTROL
BLANCA	Nivel del Embalse Inspección General de la presa.
VERDE	Nivel del Embalse Inspección General de la presa.
AMARILLA	Nivel del Embalse Inspección General de la presa.
ROJA	Maniobras Operativas de Emergencia de la Central. Aviso de Sirenas para operaciones de protección, control y rescate Aguas Abajo de la Presa.

DEFINICIÓN DE LAS ACCIONES DE EMERGENCIA:

Nivel del Embalse: seguimiento y control de la variación del nivel del embalse y, considerando los aportes del río, pronosticar los niveles según las condiciones hidrológicas.

Monitoreo de los Sistemas de Instrumentación: verificar la validez de las lecturas y confirmar mediante otros instrumentos, pronosticar las lecturas siguientes mediante un modelo de comportamiento.

Inspección General de la Presa: revisión de la presa para confirmar anomalías en la estructura de presa: grietas, fisuras, filtraciones, desplazamientos, deslizamientos, etc. Y evaluar el nivel de anomalía.



Aviso de Sirena Aguas Abajo de la Presa: avisar a los pobladores aguas abajo en el río Piedra el vertimiento de una crecida extraordinaria que obliga a la evacuación inmediata de las orillas del río y la búsqueda de refugio en lugares altos.

FORMULARIO DE REGISTRO DE EVENTOS

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

7.5. Paso 5: Terminación

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

Responsabilidades de la Terminación

- a) El operador comunicará al Gerente de Operaciones y este a las autoridades y a las oficinas de manejo de emergencias la finalización de la condición de emergencia.
- b) El oficial de seguridad de presa inspeccionará la presa y realizará un reporte de daños y acciones correctivas inmediatas.
- c) El operador de la presa elaborará un reporte sobre la terminación del evento y sobre las consecuencias o experiencias del mismo. En el Anexo B se presenta un modelo de este formulario.



8. MAPA DE INUNDACIÓN

La confección de los mapas de inundación para el evento de rotura de presa o crecida extraordinaria en el Proyecto Hidroeléctrico La Cuchilla se realizó tomando en cuenta los escenarios recomendados por las Normas de Seguridad Operacional:

Cuadro N° 7

Escenario de Análisis para Emergencias

Caso	Descripción	Caudal
1	Crecida Ordinaria y Extraordinaria	1:100 y 1:1.000
2	Colapso en Condición de Operación Normal	< 1:100
3	Colapso durante Crecida Extraordinaria	1:100 y 1:1.000
4	Apertura súbita de Compuertas	< 1:100
5	Falla de Operación de las Estructuras de Descargas	< 1:100
6	Vaciado controlado o Vaciado Rápido de la presa	< 1:100

El análisis hidráulico del río determinará las áreas de inundación, la velocidad del agua, los niveles y el tiempo en que transita la crecida aguas abajo de las presas del Proyecto Hidroeléctrico La Cuchilla.

8.1. Análisis hidráulico

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



- **Colapso Estructural de la Presa**

Para el caso de la rotura con operación normal, el embalse al nivel máximo normal generará una crecida de 112.54 m³/seg lo cual representa un caudal menor al evento de las crecidas ordinarias y extraordinarias (1:100 y 1:1,000).

- **Crecidas Extraordinarias**

Para las crecidas ordinarias y extraordinarias se ha utilizado el Cuadro N° 8.

Cuadro N° 8

Descarga para Crecidas de Diseño

Intervalo de Recurrencia (años)	Macho de Monte Caudal (m ³ /s)
100	782.09
1000	1,053.97

8.2. Resultados

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

8.3. Mapas de inundación

Un Mapa General ha sido preparado tomando como base la información topográfica y de estructuras. Este Mapa General fue utilizado como base para la preparación de los mapas de inundación correspondiente a los escenarios analizados.



HIDROPIEDRA S.A.
Costa Este. Ave. Roberto Motta
Edificio UDG
PANAMÁ (Republica de Panamá)

1353

PROYECTO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE LA CUCHILLA

8.4. Descripción de la zona potencialmente inundable

En los mapas de inundación de los escenarios analizados no resulta una inundación de áreas habitadas. En ambos casos la crecida se mantiene dentro del cauce original del río, el cual, por la configuración variable del río es muy amplio.

8.5. Recomendaciones para el plan de emergencia

Se recomienda actualizar la información catastral del mapa periódicamente.