



# CENTRAL HIDROELÉCTRICA RENACE I



## PLAN DE PREPARACION ANTE EMERGENCIAS (PPE) 2016



## CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCION</b>	<b>5</b>
1.1.- Generalidades	5
1.2.- Características básicas de la Hidroeléctrica RENACE I	6
1.3.- Componentes del sistema hidroeléctrico de HRI	13
1.4.- Características generales del sistema hidroeléctrico	14
Características de las Obras de Cabecera	14
Características de las Obras de Conducción	17
Características de las Obras Auxiliares	20
Características de la Casa de Máquinas	23
<b>2. PLAN DE PREPARACION ANTE EMERGENCIAS (PPE)     PARA EL SISTEMA HIDROELÉCTRICO RENACE I</b>	<b>27</b>
2.1.- Consideraciones regulatorias	27
2.2.- Clasificación de la presa de la Hidroeléctrica RENACE I	29
Infraestructura vulnerable	
Clasificación de la presa	31
2.3.- Objetivo y Alcance del PPE	33
2.4.- Revisión anual del PPE	34
2.5.- Clasificación de EMERGENCIAS	35
Emergencias de categoría A	35
Emergencias de categoría B	35
2.6.- Diagrama de flujo de las notificaciones	35
2.7.- Exhibición del diagrama de notificaciones	37
2.8.- Validación de las notificaciones y cuadro de notificaciones para casos de emergencias A y B	37

	<b>PLAN DE PREPARACION ANTE EMERGENCIAS (PPE)</b>	<b>PPE</b>	
		Página   <b>3</b>	Version #5
		Última actualización 10/03/2016	

2.9.- Orden secuencial para la validación de las notificaciones	38
2.10.- Responsabilidad ante y durante una emergencia	38
2.11- Acciones a seguir en caso de emergencia	38
2.12- Mapa de inundaciones	42
2.13- Identificación de riesgo en Embalse	44
<b>3. ACCIONES A TOMAR, ANTE UNA ANOMALIA, EVALUADA COMO EMERGENCIA</b>	44
3.1.- Condiciones de emergencia	44
Emergencias de categoría A	44
Emergencias de categoría B	46
3.2.- Criterios para cambiar la categoría de emergencia o determinar Su finalización	47
3.3.- Acciones a ejecutar durante una emergencia	47
3.3.1.- Consideraciones generales	47
3.3.2.- Ruptura del canal, cerca de la Casa de Máquinas	48
3.3.3.- Ruptura del canal, cerca de la presa	49
3.3.4.- Falla de Dique, por volteo, traslación, fractura o colapso	49
3.3.5.- Ruptura del canal, entre el Dique y la Casa de Máquinas	49
3.3.6.- Falla en el Túnel (tramo II)	50
3.3.7.- Ruptura del puente de nivelación del canal, ubicado en el tramo III	51
3.3.8.- Ruptura en el Desarenador o en la Cámara de Carga	51
3.3.9.- Nivel del río demasiado alto, en el área del Dique	52
3.3.10.- Incendio en cualquier bomba hidráulica	52
3.3.11.- Incendio en cualquier planta eléctrica de emergencia	53
3.3.12.- Sismo de gran magnitud	53
3.3.13.- Acto terrorista o sabotaje	54
3.3.14.- Toma de instalaciones, por descontento social	55

	<b>PLAN DE PREPARACION ANTE EMERGENCIAS (PPE)</b>	<b>PPE</b>	
		Página   <b>4</b>	Version #5
		Última actualización 10/03/2016	

3.3.15-	Embalse de Regulación acciones a tomar en caso de falla Por filtración de agua en el vaso	55
3.3.16	Derrumbe de talud hacia el interior del vaso en el Embalse	56
3.3.17-	Embalse de Regulación acciones a tomar en caso de Exceso de flujo en canal por creciente mayor (centenaria, Milenaria), Mapas de Inundaciones y Análisis de resultados.	56
3.4-	Mapa de inundaciones	57
3.5-	Análisis de Resultados	60
<b>4.</b>	<b>ACCIONES PREVENTIVAS</b>	61
4.1-	En general	62
4.2-	Inspecciones de la presa y obras conexas	62
4.3-	Acciones Preventivas	62
4.4-	Pronóstico de lluvias y crecidas	64
4.5.-	Recursos necesarios y disponibles durante una emergencia	64
4.6.-	Respuesta en periodos de obscuridad o adversos	65
4.7.-	Tiempos estimados para ejecutar acciones críticas	65
4.8.-	Simulacros, capacitación y alcances del PPE, análisis de lecciones aprendidas del Simulacro 2015	66
	Lecciones Aprendidas	67
	Plan de comunicaciones	67
	Resumen de lecciones aprendidas	67
	Recomendaciones	68
<b>4.</b>	<b>APÉNDICES</b>	70
	A- SIGLAS Y GLOSARIO	70
	B-DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS NOTIFICACIONES	72
	C-FICHA DE INFORME DE EVENTOS ANORMALES	74
	D-FOTOS DEL SISTEMA Y ÁREA DE INFLUENCIA	75
	E-REGISTRO DE ACTUALIZACIONES DEL PPE	80
	F-LISTADO OFICIAL DE POSEEDORES DEL PPE	83

	PLAN DE PREPARACION ANTE EMERGENCIAS (PPE)	PPE	
		Página   5	Version #5
		Última actualización 10/03/2016	

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 GENERALIDADES

Las presas para el embalse y derivación del agua de los ríos han contribuido a la regulación del agua a lo largo de la historia de la humanidad. Esta regulación ha permitido contrarrestar, en parte, la distribución irregular, tanto espacial, como temporal del agua, especialmente donde el régimen hidrológico es muy variable. Indudablemente, este tipo de medidas ha favorecido el desarrollo del sistema socioeconómico del área de influencia.

No obstante adicional a los beneficios atribuidos a las presas, existe un factor de riesgo asociado para el sistema socioeconómico y natural, aguas abajo de las mismas. La mala operación y la falta de mantenimiento de una presa y sus obras conexas pueden desencadenar consecuencias lamentables para los bienes y vidas humanas expuestas.

El diseño, la construcción, la operación y el adecuado mantenimiento de un sistema hidroeléctrico, son etapas y actividades que deben realizarse de manera responsable, profesional y correcta, cumpliendo estrictamente con todas las normas de seguridad, por parte del dueño y del operador de la presa, para garantizar y mantener el mayor nivel de seguridad posible.

Debido a la importancia de este tipo de estructuras, a través de los años se han establecido normas y procedimientos cada vez más estrictos para asegurar el buen funcionamiento y seguridad de las presas. Toda central hidroeléctrica requiere tener un **Plan de Preparación ante Emergencias (PPE)**, como herramienta formal, con mecanismos y procesos para actuar eficientemente y en el menor tiempo posible en caso de producirse una contingencia que pueda derivar en daño a la propiedad o integridad personal.

El presente documento constituye el **Plan de Preparación ante Emergencias (PPE)** para el Aprovechamiento Hidroeléctrico sobre el Río CAHABÓN (AHC), en adelante denominado indistintamente con el nombre de Hidroeléctrica Renace (HRI) o simplemente Renace 1.

La Norma de Seguridad de Presas (NSP), vigente en Guatemala a partir de octubre de 1999 (Resolución CNEE-29-99), establece la obligación para los operadores de centrales hidroeléctricas, de elaborar y mantener un PPE, el que debe estar enmarcado dentro de los lineamientos de la mencionada Norma y ser aprobado por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE).

## 1.2 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA HIDROLÉCTRICA RENACE I

### Ubicación

La Hidroeléctrica Renace I se ubica en el Municipio de San Pedro Carchá, en el Departamento de Alta Verapaz, a 100 km en línea recta en dirección NNE desde la Ciudad de Guatemala. (Ver Figs. Nos. 1.01, 1.02 y 1.03).

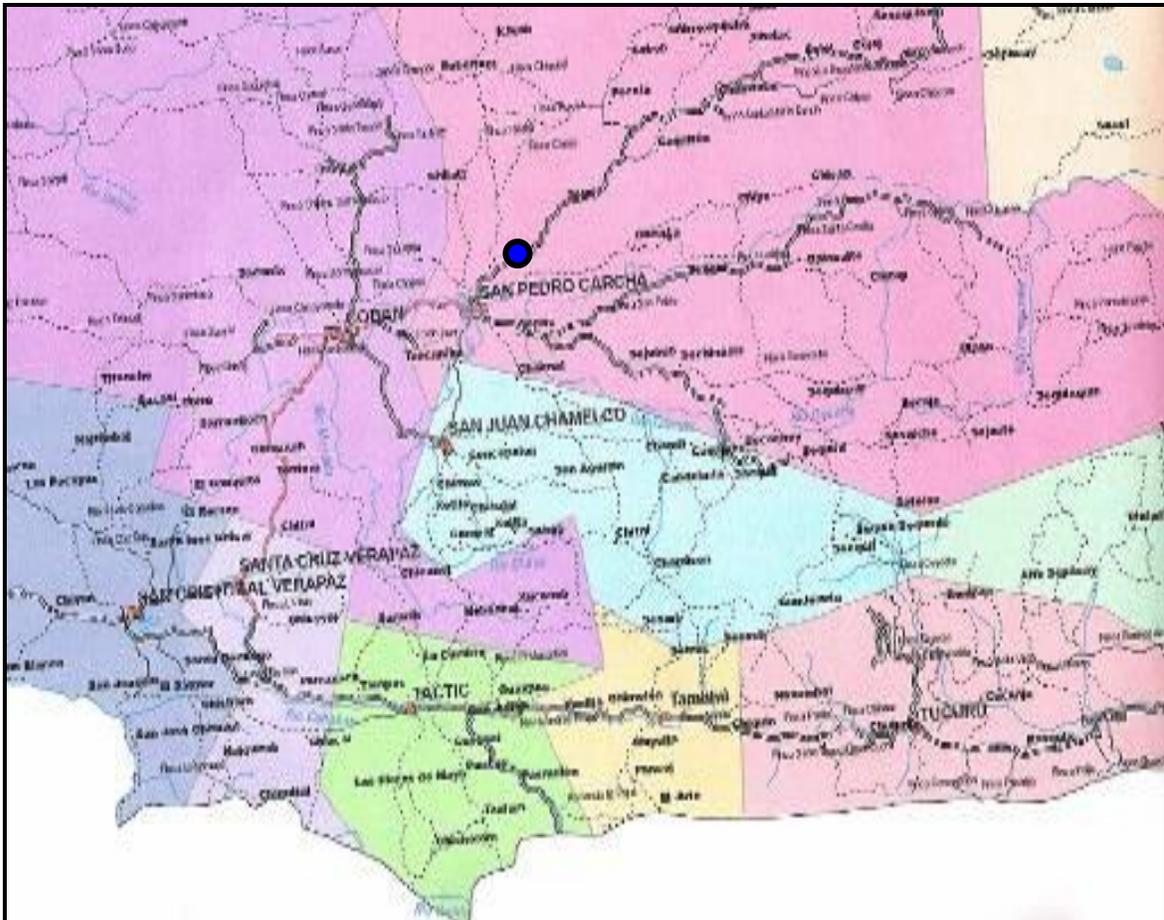


FIG. No 1.01- FUENTE: IGN. Obsérvese la ubicación de la Presa de la Hidroeléctrica RENACE I, dentro de la monografía de Alta Verapaz, que incluye: división política, ubicación de comunidades, vías de acceso y red hidrográfica.  
Ubicación del sistema hidroeléctrico sobre el río Cahabón

### Acceso

- A. El acceso a la presa, desde San Pedro Carchá A.V., se logra siguiendo (ver mapas de ubicación de las obras y accesos, Apéndice B):

la RN-5 (Ruta Nacional asfaltada) en dirección a Lanquín (ENE),

- B. Dejar esa ruta en el km 223.5, tomando a mano derecha un camino de terracería que conduce a la comunidad de Santa María Julha,

	<b>PLAN DE PREPARACION ANTE EMERGENCIAS (PPE)</b>	<b>PPE</b>	
		P á g i n a   <b>7</b>	Version #5
		Última actualización 10/03/2016	

- C. A los 8.5 km de haber tomado el camino de terracería se halla una bifurcación. Se debe tomar el ramal derecho, por la cual, al cabo de unos 300 m se hallará una garita de control, que marca el ingreso a la zona del Aprovechamiento hidroeléctrico a Renace 1.
- D. Una vez en el interior de la zona del proyecto el camino conduce a un puente sobre el canal de alimentación,
- E. Inmediatamente después de haber cruzado el puente, tomar a la derecha (dirección aguas arriba). A 1.4 km aproximadamente se encuentra la presa.

Para acceder al desarenador, desfogue de demasías y Cámara de Carga se debe llegar al punto indicado arriba, literal “C” y desde allí:

- F. Proseguir por la rama izquierda unos 3 km hasta la siguiente bifurcación;
- G. Tomar la rama derecha hasta la segunda garita de control de acceso a la zona del proyecto,
- H. Descender hasta el puente que cruza el canal de alimentación,
- I. Inmediatamente después de cruzar el puente, tomar hacia la izquierda (hacia aguas abajo); continuar por ese camino, contiguo al canal, hasta el desarenador y otras obras.

### ***Embalse de regulación***

La Hidroeléctrica Renace 1 ubicada sobre el Río Cahabón, municipio San Pedro Carchá, departamento Alta Verapaz, se encuentra operando con embalse de regulación diaria desde el 6 de julio de 2012.

El embalse de regulación diaria de caudales cuenta con el volumen necesario para sostener el gasto durante las horas de pico a potencia máxima. Ello permitirá garantizar la potencia máxima durante las horas de mayor consumo (entre las 18:00 y 22:00 horas), y luego repite el ciclo, ofreciendo así al mercado una mayor garantía de potencia.

Este proyecto no tiene aguas arriba ubicada ninguna central que afecte o modifique su operación normal.

El propósito principal del embalse es el de regular el flujo de corriente para satisfacer en lo posible las demandas de agua para la generación de energía.

	<b>PLAN DE PREPARACION ANTE EMERGENCIAS (PPE)</b>	<b>PPE</b>	
		P á g i n a   <b>8</b>	Version #5
		Última actualización 10/03/2016	

### ***Ubicación geográfica***

El embalse se encuentra ubicado en la aldea Chiguarrom, municipio San Pedro Carchá, departamento Alta Verapaz, con latitud/Longitud **N15 29 39.01/W 90 11 10.22**

### ***Funcionamiento del Embalse***

El proyecto Embalse Chiguarrom funciona tomando agua del canal de conducción de Renace en las horas de menor consumo, almacenando el volumen necesario y devolviendo el agua para generar a potencia máxima en las horas pico. Esto se logra a través de una obra de toma que permite derivar por gravedad el agua necesaria del canal encausándolo con ayuda de 2 compuertas electromecánicas tipo vertical, y luego devolver al canal el volumen de agua necesario por medio de un sistema de bombeo, para generar a potencia máxima.

El embalse está conformado por el canal existente, zona de obra de toma, desarenador, zona estación de bombeo, vaso, pozo de auscultación que monitorea 6 sectores, en el vasos donde está colocada una capa de geo textil y luego una geo membrana en toda la superficie del fondo y taludes del embalse renace 1.

Este embalse, al funcionar en un sector lateral del canal de conducción, no modifica la altura del nivel en la cámara de carga, por lo que no producirá variaciones de potencia durante la etapa de generación.

La operación del Embalse se realiza en sitio y en coordinación del Jefe de Turno Operador, quien ordena las maniobras correspondientes para la operación y monitorea las condiciones de llenado y vaciado del mismo.



***Volumen de Almacenamiento***

La capacidad de almacenamiento en el embalse se ha determinado conforme a los relevamientos finales de la obra construida, realizando anualmente batimetrías que permiten conocer el volumen de sólidos depositados en el embalse.



**Volumen Muerto y Limpieza de Embalse**

En la curva anterior se detalla el volumen disponible en el embalse descontando el volumen muerto que no será utilizable en la operación normal del mismo, pero que en caso de ser necesario podría ser bombeado hacia el canal y aprovechado para generar energía.

Dentro del embalse se construyó un recinto para contener los sedimentos (desarenador) hasta un tamaño de partículas de 0.3mm de diámetro. Dicha sedimentación se logrará forzando el ingreso del flujo al embalse a través de este recinto, donde se disminuye la velocidad precipitando el asentamiento de las partículas. Este desarenador está construido en concreto con paredes laterales que queda sumergido y permite almacenar el volumen sedimentado durante el periodo de un año aproximadamente.

En operación realiza una limpieza en forma anual, durante una semana de mantenimiento normalmente se realiza esta limpieza durante la época de invierno. Sin embargo, en el caso excepcional que fuese necesario, podrá realizarse la limpieza por medio de bombas sin afectar el funcionamiento normal del Embalse.

El sedimento que se ha medido en el embalse después de 5 meses de operación es despreciable en cuanto a la afección que puede causar a la capacidad del volumen del vaso del embalse, debido a que el arrastre del río es mínimo.

Datos de Volumen:

Volumen Máximo: 471,413.00 m<sup>3</sup>

Volumen Muerto: 21,451.50 m<sup>3</sup>

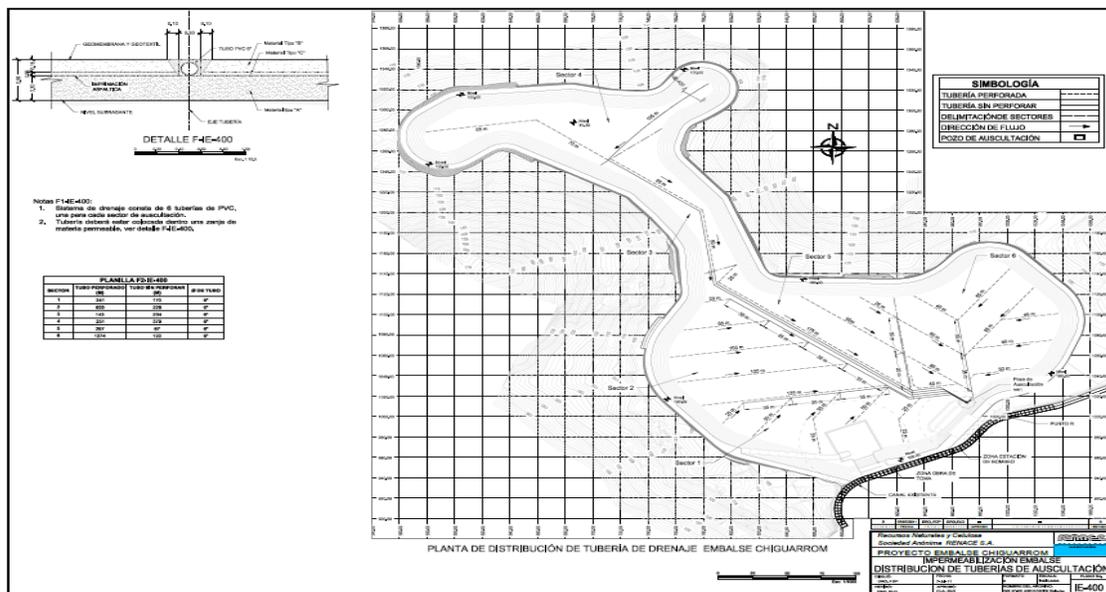
Volumen Útil: 449,961.50 m<sup>3</sup>

Datos de Cotas:

Nivel mínimo normal de operación: 1184.316 msnm

Nivel máximo normal de operación: 1192.516 msnm

Nivel máximo excepcional (en crecida): 1193.000 msnm



También se hacen inspecciones periódicas en los taludes del embalse para prevenir la erosión y deslizamientos. Para controlar se han usado materiales tales como gaviones, y plantas forestales como el Vetiver, para la estabilización de los taludes. En la construcción del embalse Chiguarrom se evaluaron ciertos factores como, factores económicos, ambientales, hidrológicos y un análisis de riesgo que llevó a tomar la decisión de menor riesgo, construyendo el embalse sin diques sino excavado.

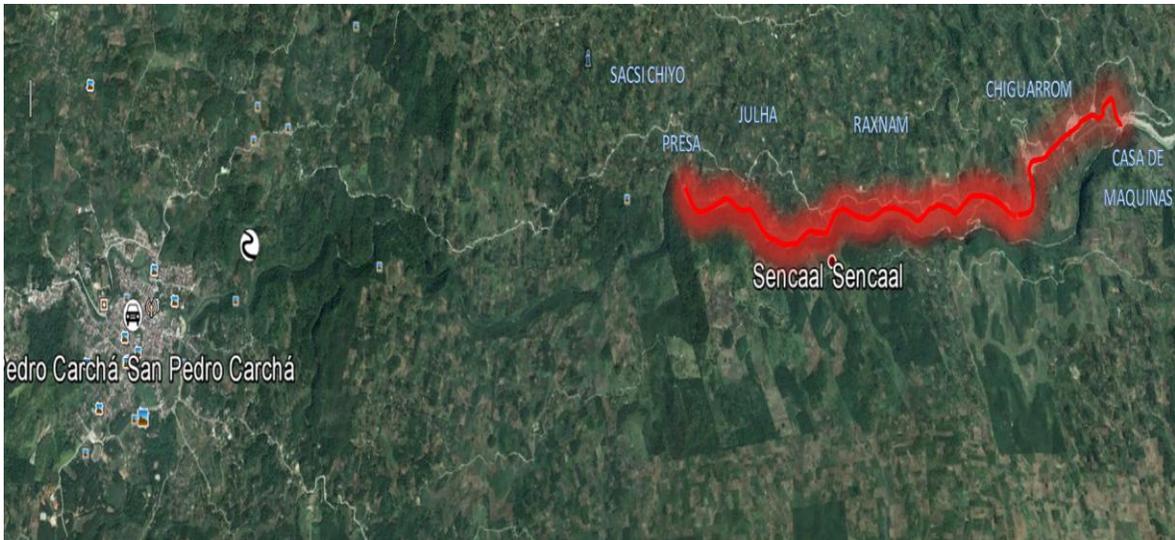


FIG. No 1.02- Ubicación de la Hidroeléctrica RENACE I y su posición respecto de Cobán y San Pedro Carchá, según la cartografía oficial, escala 1:250,000.

**Localización**

La Hidroeléctrica Renace I se localiza sobre el Río Cahabón, cuyo caudal es aprovechado, aguas abajo de un meandro cerrado del río, hacia la derecha, al sur de la comunidad de Santa María Julha (ver Fig. No. 1.03).



.No1.03 - FUENTE: IGN Entre Circulos el inicio y final del Sistema Hidroeléctrico Cahabón

FIG

El área de la cuenca tributaria hasta el sitio del dique es de 713 km<sup>2</sup>. El río Cahabón corresponde a la parte alta del sistema fluvial Cahabón-Polochic, que fluye hacia el lago de Izabal. El Aprovechamiento Hidroeléctrico sobre el Río CAHABÓN se extiende a lo largo de unos 8 km del Río Cahabón, entre los niveles 1,200 msnm (presa) y 980 msnm (restitución en Casa de Máquinas).

La tabla siguiente indica las coordenadas de las obras extremas del sistema hidroeléctrico: la presa (aguas arriba) y la Casa de Máquinas (aguas abajo).

**Coordenadas Significativas del Aprovechamiento Hidroeléctrico RÍO CAHABÓN ( Renace-I)**

	Geográficas		UTM			GTM	
	Latitud	Longitud	Faja	Este	Norte	Este	Norte
<b>Presa</b>	15° 29' 23" N	090° 14' 12" W	15-P	796,480	1,714,395	528,239	1,712,845
<b>Casa de Máquinas</b>	15° 29' 50" N	090° 10' 28" W	15-P	803,168	1,715,325	534,932	1,713,696

*UTM : Universal Transverse Mercator*

*GTM : Guatemalan Transverse Mercator*

FIG .No1.04- Fuente: RENACE, S.A.

***Propiedad, estudios, diseño, ejecución y funcionamiento***

- Propiedad de RENACE, S.A.
- Los Estudios, factibilidad y diseño fueron ejecutados por la Firma “Coyne et Bellier, Ingenieros Consultores” de París, Francia en 1993-94.
- La Ingeniería de detalle fue realizada por personal propio.
- Se inició la construcción en Septiembre 1997 y finalizó en Marzo de 2004.
- Durante todo el proceso constructivo, Renace S.A. fue asistida técnicamente por la misma consultora Coyne et Bellier.
- El AHC inició operación comercial en Marzo de 2004.

### 1.3.- COMPONENTES DEL SISTEMA HIDROELÉCTRICO DE HRI

Los componentes relevantes del sistema hidroeléctrico se clasifican en:

A. Obras de Cabecera

A.1 Dique de Captación o Derivación, de concreto

- Galería interna
- Disipador

A.2 Obra de Toma

- Dársena
- Rejillas gruesa y fina
- Ataguías y compuertas
- Ducto de desfogue de sedimentos o lodos
- Ducto de desfogue del caudal ecológico
- Cuarto Hidráulico y generador de emergencia

B. Obra de Embalse

B.1 Obra de derivación

B.2 Compuertas de Regulación

B.3 Desarenador

B.4 Vaso del Embalse

B.5 Casa de Bombas

B.6 Obra de Restitución de Caudal

C. Obras de Conducción

C.1 Canal (tramos I y III)

C.2 Túnel (tramo II)

C.3 Tubería de presión

C.4 Obras Auxiliares

- Desarenador
- Rebosadero
- Cámara de Carga

D. Central de Generación

- D.1 Casa de Máquinas
  - Casa de Máquinas (estructura civil)
  - Equipos hidro-electromecánicos (HEM)
- D.2 subestación Elevadora
- E. Línea de Transmisión

#### 1.4.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SISTEMA HIDROELÉCTRICO

##### ***Características de las Obras de Cabecera Dique de Captación***

Es a filo de agua para derivar 34.5 m<sup>3</sup>/s hacia el Canal de Conducción, construido con concreto reforzado, sin embalse, perfil ogee, crecida de diseño: 1200 m<sup>3</sup>/s (crecida milenaria), con vertedero sumergido (ver Fig. 1.05).

Dimensiones del Dique: Ancho: 20.50 m, Largo: 29.00 m, Alto: 7.50 m, desde la cimentación hasta la cresta del vertedero de demasías del Dique. En su parte central y a lo largo de su eje transversal tiene una galería interior, de 2.00m de ancho y 3.00 m de alto, que permite su inspección, y una cortina de impermeabilización para aliviar la supresión bajo el dique por medio de tuberías de drenaje desde la roca de cimentación. Como obras conexas, el dique tiene integrado un cuarto de compuertas y un cuarto de equipo hidráulico que proveen de energía a las compuertas para poder elevarlas o bajarlas para la regulación del caudal de agua que fluye hacia el Canal de Aducción. Además cuenta con un desfogue de lodos (sedimentos) y de caudal ecológico.

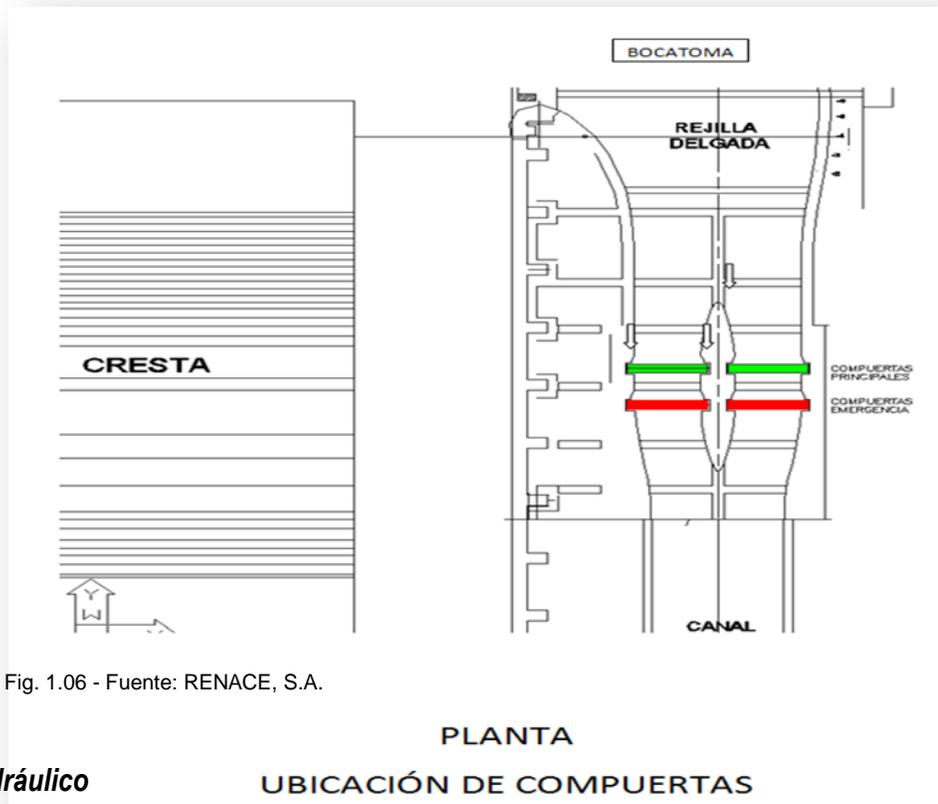


FIG. No 1.05 - Fuente: RENACE S.A., Dique de Derivación,

***Boca Toma***

Estructura de concreto reforzado, al margen izquierdo, en dirección hacia aguas abajo, se sitúa a la entrada al canal con una desviación de 45° sobre su eje y con un ancho de 16.00 m, que gradualmente se reduce a 5.60 m en la zona de compuertas y, posteriormente, a 4.40 m en el canal propiamente dicho. La Boca Toma tiene integrada una rejilla gruesa, ubicada en su inicio, para captar el ingreso de cuerpos flotantes y de basura de mayor volumen hacia el Canal de Aducción y una rejilla fina, ubicada antes de las compuertas principales, para captar el ingreso de basura de menor volumen. (Ver planta de compuertas, Fig.1.06).

Cuarto de compuertas: Estructura de concreto reforzado la cual tiene integrada en la parte superior un puente grúa de metal (no mecanizado) y en la parte inferior dos compuertas metálicas, las cuales son movilizadas con energía Oleo hidráulica por medio de comandos manual-remoto. Las compuertas, ubicadas aguas abajo, después de la rejilla fina, sirven para regular el caudal de agua de ingreso al sistema hidroeléctrico. Adicionalmente se cuenta con bloques de concreto (como refuerzo de las compuertas), tipo “stops logs”, movidos con poleas, para ser utilizados en caso de reparaciones mayores para poder sellar el ingreso de agua hacia el canal en caso que la situación lo amerite.



#### **Cuarto Hidráulico**

En su interior aloja la unidad hidráulica que alimenta los cilindros para la movilización de las compuertas, la que está compuesta por un tanque de almacenamiento de aceite, de electroválvulas y dos bombas, una bomba principal y otra de reserva, con motor de 25.3 KW y 440 V, cada una.

#### **Banco de Transformación**

Conformado por 3 transformadores monofásicos 37.5 KVA, 13.8 kV / 440-220 V, cada uno, para servir energía en el área de la Presa. Este Banco de Transformación está alimentado desde la Subestación eléctrica de Servicios Propios, ubicada en la Casa de Máquinas, por medio de una línea de transmisión 13.8 kV. Para cubrir cualquier emergencia, por fallas en el suministro de la energía eléctrica, hay un generador diesel de 135 KW (169 KVA) 440-220 V, 3 fases, 60 Hz.

Hay una compuerta de fondo de operación manual remota, para evacuación de sedimentos o lodos y restitución de caudal ecológico al río.

Fig. No 1.07 -FUENTE: IGN. Captación e inicio del Canal de Conducción, Tramo I. Obsérvese el Meandro del río, aguas arriba del Dique.



### **Características de las Obras de conducción**

El sistema de conducción consiste en dos tramos de canal abierto y un tramo de túnel.

#### **Canal abierto, Tramos I y III**

Tanto el primer tramo (Fig. 1.08) como el tercero del Canal de Conducción, son canales abiertos, construidos de concreto reforzado, con las mismas características hidráulicas, con una losa de fondo de 0.29 m de espesor asentada sobre la roca de la ladera y con paredes de sección uniforme de 0.25 m de espesor; sus paredes y losa de fondo fueron alisados para conseguir el coeficiente de rugosidad más bajo posible en concreto, el cual se estima en 0.015 para la ecuación de Manning.

El caudal de diseño, de acuerdo a la capacidad instalada en la Casa de Máquinas, es de 34.5 m<sup>3</sup>/s; mientras que la capacidad máxima de conducción es de 49.9 m<sup>3</sup>/s. La longitud del Tramo I es de 2,040.00 m, desde el Canal de Aducción hasta la entrada al Túnel, y la del Tramo III es de 4,091.00 m, desde la salida del túnel hasta el inicio del desarenador.

#### **Resumen de datos:**

- ❖ Forma: rectangular, sin cubierta superior.
- ❖ Sección transversal: ancho: 4.40m.; alto: 3.75 m
- ❖ Tirante de agua: 2.80 m
- ❖ Velocidad: 2.77 m/s

- ❖ Caudal: 34.50 m<sup>3</sup>/s
- ❖ Pendiente: S = 0.1%



Fig. No 1.08 - FUENTE: IGN. Vista del Canal (Tramo I) e inicio del Túnel.

### Túnel, Tramo II

El segundo tramo es un túnel de sección abovedado semicircular, construido entre roca caliza. Su construcción es de concreto armado con recubrimientos que oscilan entre 0.07 y 0.20 m, lateralmente, dejando expuesta la roca desde los 4.00 metros de altura total hasta la cúspide.

La pendiente del túnel se aumentó a 0.2% para contar con una sección más compacta reduciendo su costo de construcción sin causar cambios bruscos en el flujo del agua para lo cual se diseñó un tramo de transición, tanto a la entrada como a la salida del mismo. La parte rectangular será aprovechada para la conducción hasta un tirante de 2.35 m, siendo la parte circular parte de su estructura de soporte.

El caudal máximo posible de conducción del túnel es de 37.26 m<sup>3</sup>/s, por lo que se construyó un vertedero lateral en el tramo de transición de su entrada para evacuar los posibles caudales de demasías, a consecuencia de la mayor capacidad máxima de diseño del Canal (tramo I).

**Resumen de datos:**

- ❖ Forma: rectangular con semi-círculo superior
- ❖ Longitud: 1,531.00 m
- ❖ Sección transversal: ancho: 4.04m; alto: 2.45m; radio: 2.04 m
- ❖ Tirante de agua: 2.35 m
- ❖ Velocidad: 3.60 m/s
- ❖ Caudal máximo: 37.26 m<sup>3</sup>/s
- ❖ Pendiente: m= 0.2%

**Tuberías de presión**

Al final de la Cámara de Carga existen tres compuertas hidráulicas (una por cada unidad generadora), cuya fuente de energía o potencia se encuentra en la sala de control de la Cámara de Compensación.

Cada compuerta se ubica en la entrada de cada tubería para su cierre en una eventual necesidad, así como un vertedero para el desfogue del agua, para el mismo caso de cierre inesperado o rechazo de carga.

La tubería de presión (penstock), una por cada unidad generadora, es de acero, con un diámetro inicial de 2.10 m, chapa 3/8" y diámetro final de 1.30 m, con tubería de 1" de espesor, y con una longitud de 250 m. (ver Figs. 1.09, 1.12 y 1.14).

**Resumen de datos:**

- ❖ Diámetro de entrada de las tuberías de presión: 2.10 m
- ❖ Diámetro de salida de las tuberías de presión: 1.30 m
- ❖ Cota de salida de la cámara de carga: 1,188.50 msnm
- ❖ Cota de llegada a la entrada de la Casa de Máquinas: 979.50 msnm
- ❖ Altura neta: 209.00 m



Fig. No 1.09- Fuente: RENACE S.A. Vista panorámica de la parte final de la Cámara de Carga, las tuberías de presión y la Casa de Máquinas, con su desfogue hacia el Río Cahabón; observe lo encañonado del cauce del río.

### **Características de las Obras auxiliares**

#### **Desarenador**

El Desarenador se construyó al final del tramo III intersectando el Canal de Conducción, donde existe una zona más amplia. Éste está constituido por una unidad de 22.00 m de ancho. Para conseguir un cambio gradual de las condiciones del flujo, se construyó un canal de transición, tanto a la entrada como a la salida.

El diseño de esta unidad tiene el objetivo de eliminar las partículas mayores de 0.3 mm, y tiene las características siguientes (Ver Fig. 1.10):

#### **Resumen de datos:**

- ❖ Forma: rectangular, sin cubierta superior
- ❖ Longitud: 40.00 m
- ❖ Profundidad: inicial: 2.70 m.; incrementándose gradualmente hasta 12.5 m.
- ❖ Ancho hidráulico: Final Canal Tramo III: 4.40 m.; inicio de Desarenador: 22.00 m
- ❖ Sección Hidráulica: Final Canal Tramo III: 11.88 m<sup>2</sup>; inicio del Desarenador: 214.40 m<sup>2</sup>

- ❖ Velocidad: en la salida del tramo III: 2.77 m/s; en el desarenador: 0.15 m/s

El desarenador contiene paredes longitudinales inclinadas a 45° desde los 7.00 m de profundidad hasta los 12.50 m, así como fondos transversales igualmente inclinados cada 5.50 m. para facilitar su limpieza por tramos.



Fig. No 1.10. Note la sección del desarenador, como dos trapecios irregulares simétricos, luego sigue el rebosadero con sus tres vertientes paralelas, con perfil tipo Salto de Squi (ver esquina inferior derecha y Fig.No. 1.11), hacia el río Cahabón.

### Rebosadero

Esta estructura tiene por objetivo evacuar las aguas de rechazo en los casos excepcionales en que las turbinas deban salir rápidamente de servicio, en general por falla exterior, como por ejemplo: fallas en las líneas de transmisión.

El cierre rápido de las turbinas generará en esos casos una onda negativa que “viajará” hacia aguas arriba desde el órgano de cierre distribuidor hasta el rebosadero. Como en el rebosadero una de las paredes del canal está rebajada, el agua se vertirá primero a una piscina (Fig. 1.10) y luego al río por intermedio de seis rápidas del Desfogue del Rebosadero (Fig. 1.11).



Fig. No 1.11. Desfogue del Rebosadero, tipo Salto de Sky

### **Cámara de Carga o de Compensación**

Aguas abajo del Rebosadero se extiende un tramo de canal de 495 m hasta llegar a la Cámara de Carga. Éste es el último elemento del sistema de conducción en que el agua fluye a superficie libre; a partir de allí lo hará a presión (ver Fig. 1.12). La función de la Cámara de Carga es doble:

- Asegurar que la puesta en carga (a presión) del flujo se haga sin permitir la entrada de aire en la tubería forzada. Para ello es necesario que la entrada a la tubería se halle suficientemente por debajo de la superficie de agua y requiere entonces que, para constituir la Cámara de Carga, el canal se profundice.
- Proveer el caudal de agua necesario para el buen funcionamiento de las turbinas en los instantes iniciales (segundos) de cada puesta en marcha o aumento de caudal. En efecto, la puesta en marcha de una turbina o el aumento de su caudal de operación son procesos que toman unos pocos segundos, mientras que movilizar el agua en el Canal de Conducción lleva minutos debido a la inercia de la masa de agua. Para cumplir con esta función, la Cámara de Carga debe almacenar el volumen de agua que el canal no puede proveer en los primeros instantes. Ello se logra ensanchando y profundizando el canal.

**Resumen de datos:**

- ❖ Volumen útil: 790.00 m<sup>3</sup>
- ❖ Número de tuberías que bajan de la Cámara de Carga: 3.00 unidades
- ❖ Cota de piso de salida hacia las las 3 tuberías: 1,188.50 msnm



Fig. 1.12 Final de la Cámara de Carga, previo a la entrada de las tuberías de presión.

**Características de la Casa de Máquinas**

La Casa de Máquinas (Ver Figs. 1.13, 1.14, 1.15, 1.16 y 1.17) fue construida sobre la ladera, con seis cortes tipo terrazas, cada uno a 12.00 m, desde la cota 1040.5 msnm hasta la cota 980.50 msnm para su protección contra posibles deslizamientos. Se ubica en el lado izquierdo del cauce del río Cahabón. El sistema consiste en tres turbinas tipo Francis y 3 unidades generadoras. El caudal de diseño para cada unidad generadora es de 11.5 m<sup>3</sup>/s, para un total de 34.5 m<sup>3</sup>/s.

La elevación del nivel del patio de transformadores es de 12 m arriba del nivel del fondo del cauce del río, en este punto.

**Resumen de datos:**

- ❖ Área disponible para los grupos de generadores: 800m<sup>2</sup>
- ❖ Área disponible para la Transformación de la de la energía: 500 m<sup>2</sup>
- ❖ Potencia de cada uno de los generadores: 21.2 MW<sup>1</sup>
- ❖ Potencia total instalada: 63.6 MW<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Datos de placa

El Canal de desfogue de caudales de las turbinas tiene las mismas características hidráulicas que los tramos I y III del Canal de conducción.



Fig. No 1.13 FUENTE: IGN Vista aérea de la Casa de Máquinas y la descarga del agua hacia el Río Cahabón.



Fig. No 1.14 La Casa de Máquinas y la descarga de las aguas turbinadas al Río Cahabón.



Fig. No 1.15. Vista global de los últimos componentes del Canal de Conducción.



Fig. No 1.16 Vista aérea del Río Cahabón, aguas abajo de la Casa de Máquinas.



Fig. No 1.17 Vista del sitio de casa de máquinas sobre la plataforma de 12 m arriba del cauce del río.

	<b>PLAN DE PREPARACION ANTE EMERGENCIAS (PPE)</b>	<b>PPE</b>	
		Página   <b>27</b>	Version #5
		Última actualización 10/03/2016	

## 2. PLAN DE PREPARACION ANTE EMERGENCIAS (PPE) DEL SISTEMA HIDROELÉCTRICO RENACE I

### 2.1.- CONSIDERACIONES REGULATORIAS NORMAS DE SEGURIDAD DE PRESAS (NSP)

Las Normas de Seguridad de Presas (NSP), Resolución CNEE-29-99, emitida el 4 de Octubre de 1999, por parte de la COMISION NACIONAL DE ENERGIA ELECTRICA -CNEE-, entre otras consideraciones determina:

#### **Responsabilidad de la seguridad de la presa** (Capítulo I, Título II)

El dueño de una presa es el responsable:

- a) de la seguridad de la misma y de asegurar que haya un programa conveniente de seguridad de la presa, el cual incluye, entre otros, la Preparación para Emergencias;
- b) de asegurar que se lleven a cabo inspecciones regulares de la seguridad de la presa durante toda la vida de la misma y sus estructuras accesorias asociadas; y
- c) de asegurar que la operación, mantenimiento y rehabilitación de la presa sea llevada a cabo por personal calificado y conocedor del tema.

#### **Clasificación de las presas** (Capítulo I, Título III)

Cada presa, estructura de control o de pasaje de agua deberá ser clasificada en términos de la consecuencia incremental razonable previsible de una falla. Las consecuencias de pérdidas de vidas deben ser evaluadas separadamente de las consecuencias socioeconómicas, financieras y ambientales.

La consecuencia incremental de la falla es el daño o pérdida incremental que la falla de la presa podría causar en las áreas aguas arriba, en las áreas aguas abajo, o en la presa, adicional a cualquier pérdida que pueda haber ocurrido por el mismo evento o condiciones naturales, sin que haya habido falla en la presa.

La categoría de consecuencia constituye la base para el análisis de la seguridad de la presa y el establecimiento de los niveles apropiados de las actividades de vigilancia.

Las consecuencias incrementales de una falla en la presa deben ser evaluadas en términos de:

- a) pérdidas de vidas; y

- b) valor económico de otras pérdidas y/o daño a la propiedad, o instalaciones y otros servicios públicos y la presa, así como la pérdida de la generación de potencia.

Un estimado conservador del nivel de las consecuencias incrementales de una falla podría ser apropiado para clasificar a una presa en la Categoría de Muy Baja Consecuencia.

**Cuadro de clasificación de las presas en términos de las consecuencias de la falla** (*Capítulo I, Cuadro 1-11*)

**Presas de Muy Baja Consecuencia:**

En términos de la vida, son las presas que no presentan fatalidades, con potencial mínimo de pérdidas de vidas y con el área de crecida típicamente no desarrollada.

En términos socioeconómico, financiero y ambiental, son las presas:

- a) Que provocarían daños menores fuera de la propiedad del dueño;
- b) Con pérdidas económicas mínimas limitadas típicamente a la propiedad del dueño;
- c) Virtualmente, sin potencial para futuros desarrollos de otros usos del terreno dentro de un futuro previsible; y
- d) Sin pérdida significativa o deterioro del hábitat para la vida salvaje y/o para la pesca, especies raras o en peligro, paisajes únicos o sitios de significancia cultural.

**Preparación ante emergencias** (*Capítulo IV, Título XIV*)

Cada dueño de una presa debe identificar y evaluar las emergencias potenciales en una presa, tomando en consideración las consecuencias de la falla, de tal manera que se puedan tomar las acciones apropiadas ya sean preventivas o correctivas.

Si una presa representa un riesgo para las áreas corriente abajo, esto requiere un formal Plan de Preparación ante Emergencias (PPE). Se debe preparar un PPE, si existen áreas habitadas que potencialmente puedan ser afectadas.

Debe prepararse, probarse, emitirse y mantenerse un PPE, donde se espera que una falla pueda causar la pérdida de vidas.

## 2.2.- CLASIFICACIÓN DE LA PRESA DELA HIDROELÉCTRICA RENACE I

### *Infraestructura vulnerable*

En el caso de la presa de RENACE I, se puede indicar que prácticamente no existe infraestructura vulnerable, debido al cauce del Río Cahabón, que es encañonado y rocoso, sin planicie ni terrazas de inundación y sin más infraestructura que la Presa (aguas arriba) y la Casa de Máquinas (aguas abajo), y al embalse muy pequeño, lo que provocaría que el **caudal pico que se generaría con la eventual falla de la presa sería muy pequeño**, comparado con la crecida de diseño, y se amortiguaría en una distancia menor a la distancia entre la presa y la Casa de Máquinas

Por lo tanto, la infraestructura expuesta a las consecuencias del sistema bocatoma-conducción, se limita únicamente a la parte baja (Canal de Desfogue) de la Casa de Máquinas, lugar en el cual se podría indicar que no existiría peligro de pérdidas humanas. La presa de RENACEI se ubica al sur de la comunidad de Santa María Julha; a partir de este punto, el río no pasa por ninguna comunidad, obra o infraestructura cercana al cauce del río. Esto se debe principalmente a la geomorfología del cauce, el cual manifiesta un cauce encañonado con taludes muy inclinados y rocosos. Esta característica se manifiesta desde aguas arriba de la presa hasta varios kilómetros aguas abajo de la Casa de Máquinas (ver fotos adicionales del área de influencia en el Apéndice F).

Debido a lo anterior, las comunidades "ceranas al cauce", pero fuera del área de influencia o posible riesgo, se ubican a varios cientos de metros de distancia y a una altura arriba de los 100 m del fondo del cauce, según se puede apreciar en el mapa de ubicación en la hoja cartográfica, escala 1:50,000 (ver Apéndice D). Entre estas comunidades, principalmente cascos de fincas y caseríos, se mencionan los siguientes: Bancab, Sacsí chiyo, Santa María Julha, Raxnam, Chiguarrom, finca Tomtem, finca Sechaib, finca El Abuelo. Un poco más alejados o del lado sur de la rivera del río Cahabon, los Caseríos Chintiul, Chiguatón, Chiacalté y cascos de las fincas: La Providencia, Raxnám, Asunción Secaal, Chajcar, Sechaib, Chinasujcuín, Chiacalté y Oquebá.



Fig. 2.01- Fuente: Renace S.A. Observe la sección transversal en “V”, que muestra las pendientes pronunciadas de las laderas que determinan el fondo de la quebrada; donde corre el Río Cahabón no hay Comunidades ni zonas de cultivo, excepto en la parte alta (izq.)



Fig. 2.02- Fuente Renace S.A. Observe toda la morfología de la zona y las áreas para cultivos, áreas deforestadas, solo en las cimas. Al fondo el río Cahabón.

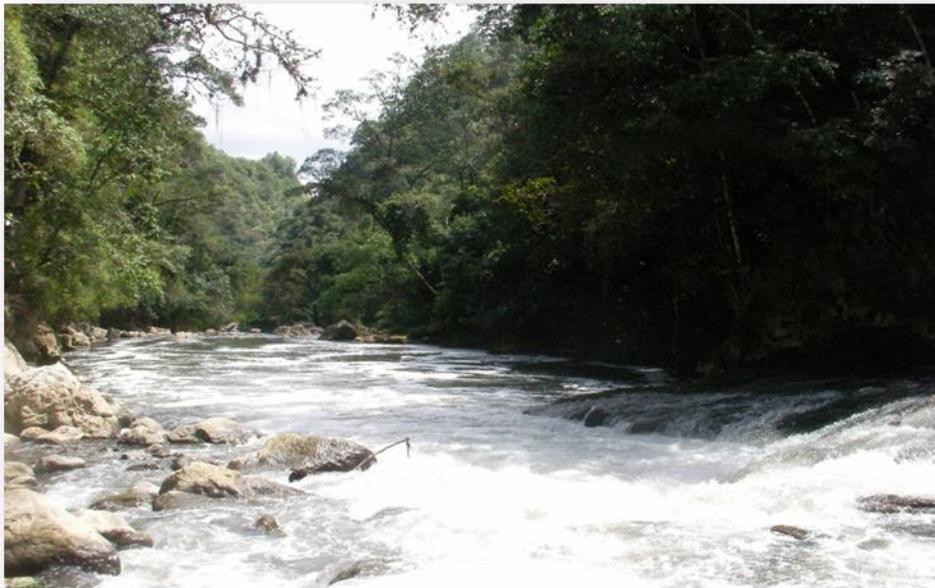


Fig. 2.03. Fuente Renace S.A. En el fondo del cañón, corre el Río Cahabón. En sus riveras, casi no existen áreas planas, ni para descansar. Adicionalmente son taludes muy frondosos en árboles y malezas.

### **Clasificación de la PRESA**

Del Primer Examen de Seguridad de la presa del APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DEL RÍO CAHABÓN (RENACE I), Se puede resaltar que CNEE ha calificado la Presa de Renace como de muy baja consecuencia, tanto por el riesgo de la misma como la consecuencia incremental de falla se pueden categorizar como “MUY BAJOS”; soportado, entre otros, por los siguientes argumentos:

- Desde el punto de vista hidrológico, la consecuencia potencial incremental de una falla, se estima de “muy baja consecuencia”, debido a las razones siguientes:
  - a) El embalse es muy pequeño. El caudal pico que se generaría con la eventual falla de la presa es muy pequeño, comparado con la crecida de diseño, y se amortiguaría en una distancia menor a la distancia entre la presa y la Casa de Máquinas.
  - b) El caudal pico que se generaría con la eventual falla del Canal de Conducción es muy pequeño, comparado con la magnitud de la crecida de diseño, y se amortiguaría en una distancia menor a la distancia entre la Presa y la Casa de Máquinas.

- c) En el Canal de Conducción mencionado en el párrafo anterior, el cauce es encañonado y rocoso sin planicie ni terrazas de inundación, sin más infraestructura que la Presa (aguas arriba) y la Casa de Máquinas (aguas abajo) y sin viviendas.
  - d) El desarrollo socioeconómico potencial futuro de la zona de influencia, aguas abajo del sistema hidroeléctrico, es prácticamente nulo, por las características geomorfológicas del tramo.
  - e) Por lo anterior, el potencial de pérdidas de vidas humanas es muy pequeño y se relaciona únicamente a la eventual estadía de trabajadores del dueño de la presa, en las cercanías de la misma, en el supuesto caso que se esté sucediendo alguna anomalía a lo largo del sistema hidroeléctrico. De la misma manera, el potencial de pérdidas económicas o de daños a bienes se limitan al área inmediata a la Presa, dentro de la propiedad del dueño.
- Desde el punto de vista geológico se puede considerar, que:
    - a) La estratigrafía es bastante simple, consistente en un macizo rocoso de rocas carbonáticas (calizas y dolomías) muy competente, con propiedades geo mecánicas muy buenas del sustrato en que se apoya la presa.
    - b) Por la sismicidad de la zona, existe la posibilidad de sismos de magnitudes medianas a altas.
  - Desde el punto de vista estructural, las condiciones que se presentan se ejemplifican como: Presa con altura mediana (7.5 m), con estructura de concreto reforzado, gran capacidad de soporte y baja consecuencia.
  - Y desde el punto de vista electro-mecánico:
    - a) Las compuertas de emergencia son accesibles y con capacidad de desalojar grandes caudales. Poseen fuentes de energía Oleo hidráulica como medio de accionamiento, lo cual brinda un alto grado de confiabilidad.
    - b) Sin embargo, considerando el aporte de energía de la misma, es importante el soporte al Sistema Eléctrico Nacional.

### 2.3.- OBJETIVO Y ALCANCE DEL PPE

#### **Objetivo del PPE**

El PPE persigue identificar y evaluar las emergencias potenciales en una presa, tomando en consideración las consecuencias de la falla, de tal manera que se puedan tomar las acciones apropiadas ya sean preventivas o correctivas, y establecer los procedimientos que posibiliten salvaguardar vidas humanas y reducir daños a las propiedades que pudiesen estar afectadas, dentro del área de influencia de cualquier sistema hidroeléctrico que cuente con presa de derivación, en caso de inundación provocada por una falla en cualquiera de sus componentes.

No obstante que, de conformidad con la normativa correspondiente y con la categorización de la presa de “Muy Baja Consecuencia”, determinada por los profesionales expertos para la presa de RENACE I, no sería necesario desarrollar un procedimiento formal, el objetivo general del PPE para la Hidroeléctrica Renace I es contribuir a la reducción de las posibilidades de pérdida de vidas humanas y daños a los bienes ubicados aguas abajo de la presa, del sistema de conducción y de los componentes accesorios, mediante el establecimiento de mecanismos y acciones apropiadas de respuesta ante la ocurrencia de una inundación desencadenada por la falla de la presa.

#### **Alcance del PPE**

El Plan de Preparación ante Emergencias es un documento que describe las acciones que los diversos participantes deben llevar a cabo durante una “emergencia” o amenaza de emergencia. En el presente documento no se incluye una descripción detallada de los incidentes potenciales, en virtud de que, de acuerdo a la clasificación de “Muy Baja Consecuencia” de la presa y a la experiencia, cada incidente tiene sus particularidades que hacen imposible prever en forma completa el desarrollo de los eventos. Por lo tanto, corresponde a las personas responsables actuar en forma lógica y sin perder la calma, dentro del marco de los lineamientos generales establecidos en este documento.

Dentro de los alcances del PPE para la presa de RENACE I está el de establecer todas las posibilidades de “situaciones de emergencia o de emergencia inmediata”, tanto en la parte de infraestructura de la Hidroeléctrica: obras de cabecera, conducción, obras auxiliares, tuberías de presión, Casa de Máquinas y demás accesorios de la infraestructura, como también en los equipos eléctricos, mecánicos y combinados.

Para las posibles “emergencias”, se diseñaron las respuestas adecuadas, tanto preventivas como correctivas, elaborando los documentos necesarios, informando a todas las entidades correspondientes y adiestrando al personal de HRI.

Para minimizar las posibilidades de pérdidas de vidas humanas, principalmente personal de la empresa dueña u operadora de la presa, y daño a la propiedad, es importante responder

rápidamente a una situación potencialmente riesgosa y proveer un esfuerzo coordinado que asigne claramente las principales áreas de responsabilidades; por lo tanto, se establecen los canales de comunicación inmediata y de emergencia, para informar en forma directa a todas las instituciones, organizaciones, personas y a los demás entes que corresponda, lo “reconocido como emergencia”, para que se tomen las medidas ya planificadas y hasta simuladas, con el objetivo de evitar los desastres humanos y minimizar los potenciales daños materiales

Por lo tanto, la intención de este plan es proveer tal respuesta para que ésta sea coordinada y eficaz. Es esencial que las propias organizaciones y las agencias gubernamentales sean notificadas en el momento oportuno de manera que su personal, adecuadamente entrenado, pueda efectivamente llevar a cabo las funciones para las que están más calificados.

En consecuencia, este documento permite a los otros organismos involucrados establecer sus propios programas, o adaptar programas existentes, con el fin de lograr una perfecta coordinación de las acciones a tomar.

#### **2.4.- REVISIÓN ANUAL DEL PPE**

RENACE S.A., empresa propietaria de la Hidroeléctrica Renace I, revisará anualmente el PPE, actualizándolo, modificándolo y mejorándolo de acuerdo con los supuestos que se realizaron o con las nuevas eventualidades y comportamientos observados durante el año anterior.

En caso que no se produjeran modificaciones en el PPE, el mismo será enviado a la CNEE con la fecha actualizada como constancia de su revisión y aprobación interna de su contenido.

Estas revisiones se harán sobre la base de las novedades que se hayan producido en HRI, en el conocimiento que se tengan sobre las mismas, en las proyecciones de lluvia, en el conocimiento de la planificación de obras, en la modificación o formación de comunidades dentro del área de influencia, en los deslizamientos cercanos o de cualquier otro evento geológico ocurrido, en la actualización de los directorios telefónicos y participantes en la cadena de notificaciones y en la experiencia que se obtenga en los planes de capacitación y entrenamiento.

## 2.5.- CLASIFICACIÓN DE EMERGENCIAS

Se han establecido las siguientes categorías de emergencias:

### **Emergencias de Categoría "A":**

La falla de un componente del sistema hidroeléctrico es inminente o ha ocurrido. Bajo esta categoría, la condición reportada representa una situación incontrolable conduciendo a la falla de la captación o de cualquier otra parte del sistema, principalmente en su infraestructura, debido a un evento que está ocurriendo. Se presume que no hay tiempo de retardo para la falla o tiempo para evaluar y controlar la situación.

### **Emergencias de Categoría "B":**

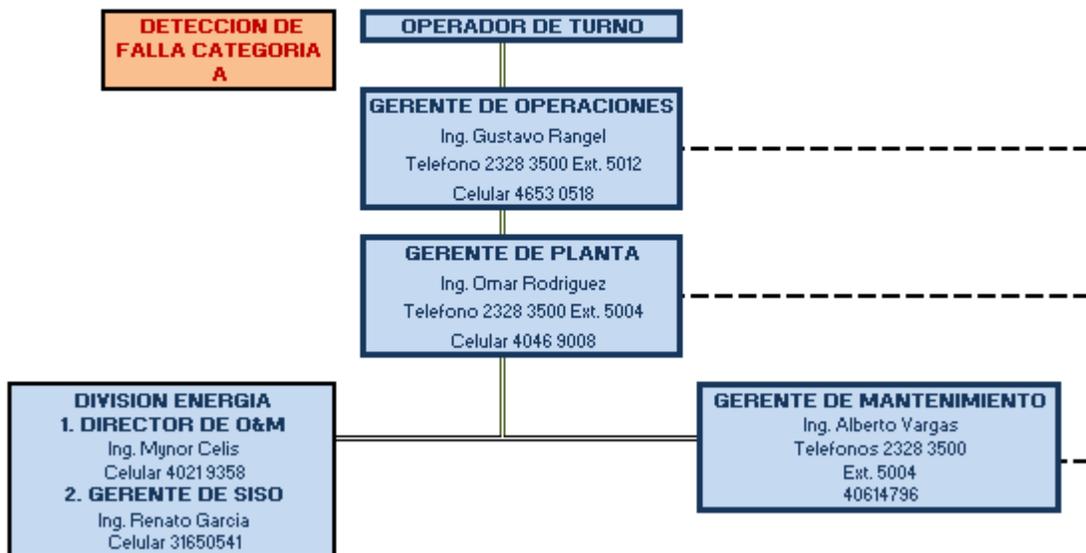
Se está desarrollando una situación potencialmente peligrosa. Bajo esta categoría la condición reportada representa una situación donde la falla puede desarrollarse, pero acciones de respuesta pueden impedir o mitigar la misma. Generalmente, se espera tener disponible algún tiempo antes que el efecto de la falla provoque escape del agua de la presa o de cualquier otra parte del sistema.

## 2.6.- DIAGRAMA DE FLUJO DE NOTIFICACIONES

En la figura siguiente se indica el diagrama de flujo de notificaciones para los casos respectivos, cuando la emergencia sea calificada como de Categoría A o de Categoría B.

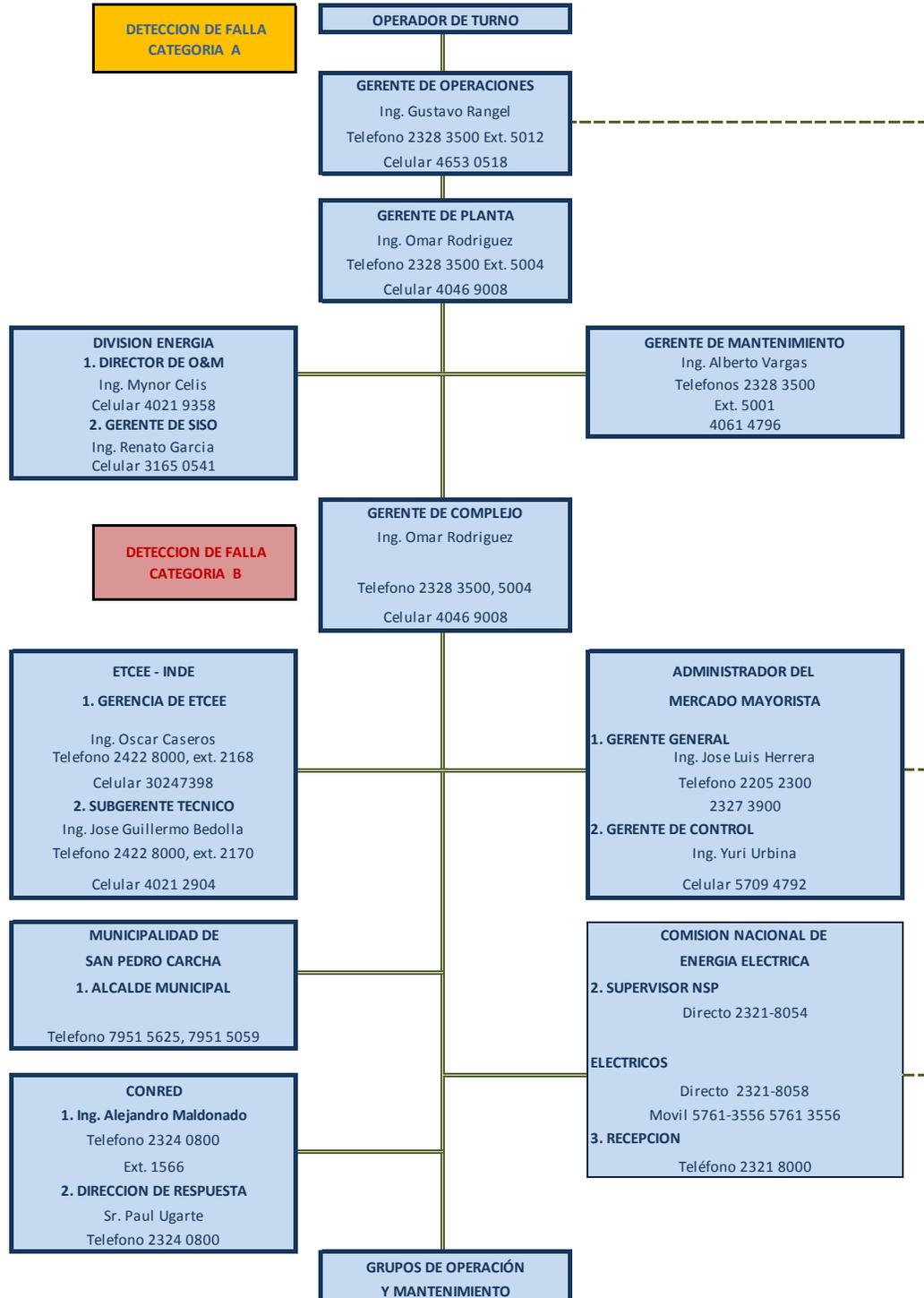
### PRESA DE LA HIDROELECTRICA RENACE 1

#### FLUJOGRAMA DE NOTIFICACIONES PARA FALLAS DE CATEGORIA A



**PRESA DE LA HIDROELECTRICA RENACE 1**

**FLUJOGRAMA DE NOTIFICACIONES PARA FALLAS DE CATEGORIA A Y B**



	<b>PLAN DE PREPARACION ANTE EMERGENCIAS (PPE)</b>	<b>PPE</b>	
		Página   <b>37</b>	Version #5
		Última actualización 10/03/2016	

4-OTRAS AGENCIAS A SER NOTIFICADAS: Gobernación Departamental, Bomberos y Policía Nacional Civil local

Fig. No. 2.04. Fuente: LOG INGENIERIA, S.A. Flujograma de notificaciones

## **2.7.- EXHIBICIÓN DEL DIAGRAMA DE NOTIFICACIONES**

El diagrama de notificaciones para las situaciones A y B estará dispuesto en un lugar visible de la sala de control de la Casa de Máquinas, en la oficina del Gerente de Operaciones y en las oficinas centrales de RENACE S.A., Responsable Primario de la presa.

## **2.8.- VALIDACIÓN DE LAS NOTIFICACIONES Y CUADRO DE NOTIFICACIONES PARA CASOS DE EMERGENCIAS A Y B**

Atendiendo la importancia que tiene la veracidad de las comunicaciones establecidas en el diagrama de notificaciones, resulta necesario establecer un mecanismo de validación de las mismas cuando los interlocutores son desconocidos.

Dependiendo de los escenarios que se presenten, se pondría en marcha el diagrama de notificaciones que se integra en este PPE. En estos casos de emergencias A y B, los interlocutores desconocidos serían en todos los casos receptores de avisos.

El mecanismo de validación que debe establecer comprende la definición de una clave confidencial por parte del receptor del aviso y otra por parte del emisor. Se sugiere sea por contra-llamada, es decir el notificador de la emergencia llama a la autoridad, la autoridad responde, corta y llama al número oficial reconocido o declarado del notificador de la emergencia, para asegurarse de la autenticidad de la llamada. Se sugiere que la CNEE asigne para todos los notificadores y receptores de emergencias un nombre clave y un número telefónico oficial o registrado para utilizar en este procedimiento.

Los sistemas de comunicación principal y auxiliar utilizados interna y externamente para las notificaciones en casos de emergencia, son:

- Radio transmisores entre el personal de la planta.
- Teléfonos de línea y móviles (para comunicación interna y externa)

No se considera mantener reuniones de coordinación con todas las partes incluidas en la lista de notificación, para examinar y comentar el borrador del PPE, por razón que el grado de riesgo de inundación es muy bajo.

En la medida que se realicen actualizaciones o correcciones en el PPE, serán enviadas a cada uno de los entes que posean un ejemplar de dicho documento, de acuerdo a la lista que aparece en el PPE y se pedirá la constancia de acuse de recibido. A la fecha no se han repartido dichos ejemplares a las entidades citadas, únicamente a la CNEE, donde se encuentra en proceso de revisión. La interacción con otros agentes externos está considerada, tal y como lo muestra el cuadro de flujo de notificaciones, a pesar de que el grado de riesgo es de muy baja consecuencia incremental de falla, no tiene interacción relevante con otras acciones o agentes afectados.

### 2.9.- ORDEN SECUENCIAL PARA LA VALIDACIÓN DE LAS NOTIFICACIONES

El Operador de Turno de la central generadora notificará a las personas indicadas en los casilleros, inmediatamente abajo de él, en el orden consignado en el número establecido en la flecha que señala el destino en la Fig. No. 2.04.

Cada uno de los notificados, una vez declarada la emergencia, hará a su vez las notificaciones que se indican en los casilleros de destino con el orden que se establece en el número del casillero de destino.

### 2.10.- RESPONSABILIDAD ANTE Y DURANTE UNA EMERGENCIA

#### *Responsable Primario de la Hidroeléctrica RENACE I*

El Responsable Primario de la Hidroeléctrica Renace I es la Empresa Propietaria de la misma: RENACE S.A., siendo responsable de notificar a la CNEE cualquier anomalía detectada en las instalaciones y, en caso que, debido a la gravedad de la anomalía resulte necesario declarar la obra en estado de emergencia, indicando la categoría de la misma, solicitará a la Gerencia de Planta, dicha declaración.



Una vez declarada la emergencia por parte de la CNEE, la empresa RENACE S.A. deberá notificar a los demás involucrados de acuerdo con el diagrama de notificaciones definido en el numeral 2.6 y realizar todas las demás acciones tendientes a minimizar los efectos de la emergencia.

### 2.11.- ACCIONES A SEGUIR EN CASO DE EMERGENCIA

#### *Detección de Anomalías o falla en la presa*

A la hora que un operador u otra persona detectara una anomalía o falla en la presa o en sus inmediaciones, deberá comunicarla al jefe de planta. La comunicación deberá transmitir con claridad la naturaleza del incidente. Si a juicio del operador se trata de una situación de mucha urgencia, informará primero de ello al Gerente de Operaciones y luego procederá a completar su informe. El operador permanecerá próximo al lugar del incidente y en comunicación con el Gerente de Operaciones observando la evolución de la anomalía detectada y en condiciones de proveer la información que le pueda ser requerida. El

operador permanecerá en esa condición hasta recibir instrucciones de parte del Gerente de Operaciones.

El Gerente de Operaciones se trasladará al sitio y convocará al comité de emergencia (operadores y asistente de planta), quienes se trasladarán al sitio. En base a la información de que se dispone sobre el evento, se determinará la gravedad de la anomalía y se procederá a notificar a la gerencia de RENACE 1 solicitando; si corresponde, la declaración de la emergencia.

Una vez declarada la emergencia por parte de la gerencia, se procederá a los cursos de acción dependiendo si la emergencia es de categoría A o B.

**Acciones ante emergencias categoría A: La falla es inminente o ha ocurrido**

Si el comité de emergencia o en su defecto el Gerente de Operaciones determinara que la falla es inminente y no es posible tomar ninguna medida que controle o demore ese evento, se llevará a cabo el siguiente conjunto de acciones:

1. Seguir el plan de notificaciones del flujograma La comunicación típica en esta situación sería: "La presa RENACE 1 ha fallado a las (indicar la hora de la falla). Por favor lleve a cabo sus tareas asignadas en el Plan de Preparación de Emergencias para esta presa.
2. Después de dar el aviso correspondiente, sacar de servicio la casa de máquinas, si la misma está en operación.
3. Activar las alarmas sonoras.
4. Evacuar la central de acuerdo con el plan de evacuaciones correspondiente.

Si el Comité de Emergencia determinara que existen acciones que disminuirían la magnitud de la falla o la demorarían, procederá, de igual manera a cumplir el diagrama de notificaciones, activará las alarmas sonoras y posteriormente llevará a cabo las acciones recomendables para el tipo de anomalía que se esté desarrollando, previo a la evacuación de las instalaciones.

En la etapa de detección de la falla de categoría A o B, el jefe del comité de emergencia (Gerente de Operaciones) informará a:

	<b>PLAN DE PREPARACION ANTE EMERGENCIAS (PPE)</b>	PPE	
		Página   40	Version #5
		Última actualización 10/03/2016	

1. Bomberos voluntarios de San Pedro Carcha A.V., quienes se trasladarán hacia el sitio de la emergencia para estar disponibles, si se declara la misma.

Una vez declarada la emergencia, el coordinador del comité de emergencia informará inmediatamente a:

1. Bomberos voluntarios de San Pedro Carcha A.V.,
2. Administración del Mercado Mayorista (AMM).
3. CONRED, para brindar asesoría necesaria, según la magnitud del evento.
4. CNEE, quienes deberán mantenerse informados de la emergencia.
5. Municipalidad de San Pedro Carcha A.V., quienes deberán mantenerse informados de la emergencia.

### **ACCIONES ANTE EMERGENCIAS CATEGORÍA B: SE ESTÁ DESARROLLANDO UNA SITUACIÓN POTENCIALMENTE PELIGROSA**

Si el Comité de Emergencia determinara que se está desarrollando una situación potencialmente peligrosa pero sin riesgo de rotura inminente, llevará a cabo el siguiente conjunto de acciones:

1. Dar cumplimiento al plan de notificaciones del flujograma correspondiente.
2. Analizar la situación, con el apoyo de la opinión de expertos si es necesario, y determinar el curso de acción a seguir.
3. Evaluar la evolución de la anomalía.

Una vez declarada la emergencia de categoría B, el jefe del comité de emergencia (gerente de operaciones) informará inmediatamente a:

1. Bomberos Voluntarios, quienes brindarán apoyo en los aspectos de socorro.
2. Administración del Mercado Mayorista (AMM), quienes realizarán las operaciones necesarias para suministrar la potencia fuera de servicio, en caso de un eventual desarrollo de la emergencia a categoría A.
3. CONRED, para brindar apoyo y asesoría necesarios, según la magnitud del evento, en caso del desarrollo de la emergencia a categoría A.
4. CNEE, quienes deberán mantenerse informados de la emergencia y su desarrollo en el tiempo.

#### **Responsable de la seguridad de la presa y de la evaluación de la gravedad de la Emergencia**

La responsabilidad por la operación normal de la Hidroeléctrica RENACE 1 corresponde al Gerente de Operaciones. A los fines del presente PPE, en caso que no estuviese el Jefe de Planta, el Operador de la Casa de Máquinas se constituye en el responsable de la referida operación, quien sería la persona clave en casos de emergencia. En el momento que se presente el Gerente de Operaciones, éste retoma su responsabilidad plena.

El Gerente de Operaciones es además el responsable de la seguridad de la presa de la Hidroeléctrica Renace 1, quien será el responsable de calificar el grado de gravedad de la anomalía. Si la naturaleza del problema lo permite, convocará a un Comité de Emergencia

interno de la hidroeléctrica, constituido por el Jefe de Planta, el Operador de turno de la Casa de Máquinas y el Operador de la presa. Cada uno de ellos designará uno o dos alternos en orden jerárquico, en caso de no poder presentarse físicamente al Comité de Emergencia.

Si alguno de los miembros del Comité no estuviese (ni su alterno), el Comité funcionará con los miembros presentes.

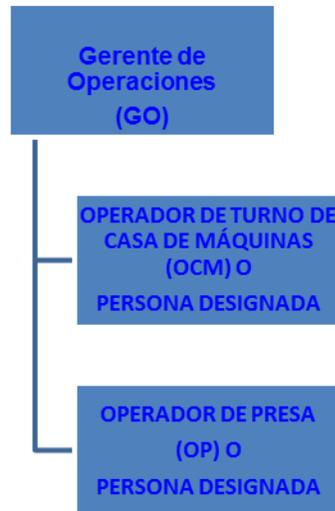


Fig. No 2.05 Fuente: LOG INGENIERIA, S.A. Organigrama del Comité de Emergencia.

### ***Coordinación del PPE***

El Gerente de Operaciones es el Coordinador del PPE; en su ausencia se mantendrá la jerarquía indicada en el organigrama de la Fig. No 2.05, lo que no excluye que en el menor tiempo posible se restablezca el orden indicado.

### ***Responsabilidades de la Coordinación del PPE***

El Coordinador debe planificar las fechas, los grupos y los lugares en donde se efectuarán las actividades y acciones necesarias a efecto de cumplir con:

- a) El Mantenimiento del PPE;
- b) Revisar los procesos del PPE y su actualización;
- c) Conducir el entrenamiento anual del PPE para los operadores y demás personal correspondiente;
- d) Conducir la revisión anual y la actualización del PPE;
- e) Conducir la prueba anual del estado del nivel de respuesta;
- f) Enviar la versión actualizada del PPE a la CNEE, a través de la Gerencia General de RENACE, S.A.
- g) Enviar los comentarios de los ensayos a la CNEE, dentro de los 30 días calendario de realizados los mismos, a través de la Gerencia General de RENACE, S.A.
- h) Mantener informado al Alcalde de San Pedro Carchá.

## 2.12 MAPA DE INUNDACIONES

En esta sección se presenta un resumen de los aspectos relevantes relacionados al Mapa de Inundaciones aguas abajo de la presa de la HIDROELÉCTRICA RENACE 1, extractado del informe completo del Mapa de Inundaciones realizado para dicha hidroeléctrica, en marzo del 2010, con motivo de la realización del Primer Examen de Seguridad de la Presa.

El tramo analizado comprende desde la presa hasta unos 800 m aguas abajo del sitio de casa de máquinas de la hidroeléctrica.

La presa básicamente tiene una función de derivación del caudal del río Cahabón para el aprovechamiento hidroeléctrico. Su altura es de 5.25 m sobre el nivel del cauce del río. El volumen de agua retenido por la misma es muy limitado (unos 5,500 m<sup>3</sup>), por su altura y por las condiciones angostas (entre 30 y 60 m) del cauce aguas arriba de la misma, que no favorecen un embalse importante.

La única infraestructura potencialmente expuesta a las crecidas del río Cahabón es la casa de máquinas de la hidroeléctrica mencionada. A lo largo del tramo analizado, no existen desarrollos agrícolas ni urbanos, en virtud de que el cauce es encañonado, sin planicie de inundación ni terrazas aluviales. La pendiente del cañón es del orden del 100 %, con profundidad alrededor de los 100 m.

Los escenarios analizados:

1. Ocurre la crecida de diseño (Q100 o Q1000), sin que ocurra la ruptura de la presa ni la del canal de conducción.
2. Ocurre la crecida de diseño, ocurra la ruptura de la presa y ocurre la ruptura del canal de conducción.

De acuerdo a los análisis se llega a la conclusión que el caudal pico resultante de la combinación de la falla de la presa y el canal de conducción, representa solamente 4.3 % del caudal de la crecida milenaria y 6.9 % de la crecida centenaria. El efecto incremental, de ese caudal adicional a la crecida de diseño, en los niveles de agua y velocidades del agua, prácticamente son despreciables.

El ancho del espejo de agua, a lo largo del tramo analizado varía entre 30 y 80 metros, y prácticamente no hay diferencia apreciable entre los dos escenarios analizados.

A la altura de la casa de máquinas las diferencias estimadas en las principales variables hidráulicas, se muestran en el cuadro siguiente.

ESCENARIO SIN FALLA DE PRESA NI CANAL DE CONDUCCION					
Q (m <sup>3</sup> /s)	E <sub>min</sub> (msnm)	E <sub>w</sub> (msnm)	S(-)	V(m/s)	H(m)
1200	980.5	986.79	0.033	1.27	6.29
750	980.5	985.92	0.036	1.18	5.42

ESCENARIO CON FALLA DE PRESA Y CANAL DE CONDUCCION					
Q (m <sup>3</sup> /s)	E <sub>min</sub> (msnm)	E <sub>w</sub> (msnm)	S(-)	V(m/s)	H(m)
1252	980.5	986.94	0.032	1.27	6.44

E <sub>min</sub> =	802	980.5	986.03	0.036	1.20	5.53

elevación del *talweg* (punto más profundo del cauce), E<sub>w</sub> = elevación del nivel del agua, S = pendiente hidráulica, V = velocidad media del agua, H = tirante de agua desde el fondo del cauce.

En la Fig. D.1 se ilustra el nivel de la crecida milenaria y centenaria, a la altura de la casa de máquinas. Como se observa las instalaciones cercanas al cauce se ubican en una plataforma retenida por un muro de concreto, cuyo nivel es 12 m arriba del fondo del cauce. Por lo que, desde el punto de vista de inundaciones directas del río, las instalaciones tienen una vulnerabilidad muy baja.

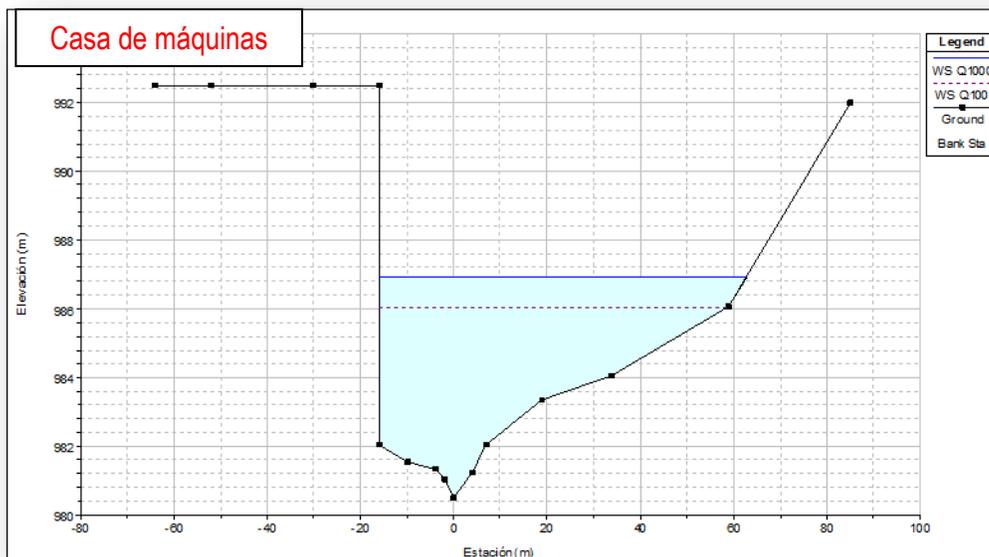


Fig. D.1 Sección hidráulica a la altura de la Casa de Máquinas, con el escenario con falla de presa y canal. Q1000 y Q100, es el nivel del agua para la crecida milenaria y centenaria, respectivamente.

Como conclusión, el mapa de inundaciones, a lo largo del río Cahabón, desde la presa hasta aguas abajo de la casa de máquinas, es prácticamente el mismo con y sin falla de presa y canal, en virtud de la influencia muy limitada del caudal generado por la falla de la presa y el canal. Por otro lado, lo encañonado del cauce y la carencia de llanura de inundación, el mapa de inundaciones se limita a un ancho entre 30 y 80 m, que corresponde al cauce principal del río. Este ancho no se aprecia a una escala conveniente de impresión del plano. En la Fig. D.2 se presenta dicho plano.

En cuanto al tiempo de viaje de una onda de crecida, desde la presa hasta la casa de máquinas, éste es del orden de los 105 min; es decir una hora y 45 min, para la crecida milenaria y aproximadamente dos horas para la crecida centenaria.



Fig. D.2 Mapa del cauce principal del río en la foto aérea del 2006. La franja del espejo de agua para la crecida milenaria tiene un ancho entre 30 y 80 m.

### 2.13 IDENTIFICACION DE RIESGO EN EMBALSE

El embalse de regulación diaria no representa peligro de inundaciones, pérdida de vidas y propiedades debido a que está construido en una excavación al suelo original, por lo que no existe riesgo de rupturas de diques o similares, pues no existen. Además cuenta con un pozo de auscultación para detectar posibles fallas de la geo membrana impermeable dispuesta en el vaso, a este pozo llegan aguas que por tubificación se pueden recolectar de distintos sectores, esto nos permite conocer el estado de nuestro embalse.

La inundación por colapso del embalse por estar en una excavación tiene unas características muy diferentes. En primer lugar, sí está en nuestra mano reducir hasta límites extraordinariamente bajos la probabilidad de que ocurra la adecuada atención a la calidad y seguridad de las obras y el seguimiento ante cualquier filtración de agua del vaso hacia el subsuelo es monitoreado, permitiendo actuar preventivamente antes que la falla incremente. Por otra parte, ante lluvias copiosas que aporten nivel al embalse por escorrentías, su nivel se controla con la aducción de agua al mismo la cual es totalmente regulable con las compuertas de la obra de toma.

## 3. ACCIONES A TOMAR, ANTE UNA ANOMALÍA EVALUADA COMO EMERGENCIA

### 3.1.- CONDICIONES DE EMERGENCIA

Las siguientes anomalías representan condiciones que podrían llegar a generar emergencias de Categoría A o B. No todas las condiciones pueden ser anticipadas.

#### ***Emergencias de Categoría A***

Las siguientes anomalías deben ser consideradas como situaciones que podrían generar emergencias de Categoría A; excepto que el Comité de Emergencia determine que otros factores por él conocidos puedan impedir la falla inminente de la Captación o alguno de los componentes del Sistema.

ESCENARIO	SIGNOS DEL ESCENARIO	MEDIO DE DETECCION
Brecha o falla en el embalse, con erogación incontrolada del agua.	Evidentes para un observador	Observación directa in situ
Sobrepaso o conocimiento de que el dique será sobrepasado por una crecida.	Elevación del nivel del embalse más allá de los niveles aceptables.	Observación en escala (Condiciones del hidrograma de ingreso)
Progresivo ensanchamiento de grietas con filtraciones incontrolables en el dique.	Aumento de caudales en drenajes. Inundación de galerías.	Observación directa in situ. Aumento en las necesidades de bombeo del sistema de drenaje.
Inestabilidad de los estribos.	Derrumbes, hundimientos de material, deslizamientos de material o deformaciones en estribos.	Observación directa in situ
Deslizamiento inminente de gran magnitud en el sitio de Toma o Canales.	Evidentes para un observador	Observación directa in situ
Filtraciones con flujo creciente, en el dique.	Aumento de caudales en el sistema de drenaje. Turbidez del agua de drenaje.	Observación directa in situ. Aumento en las necesidades de bombeo del sistema de drenaje.
Movimiento sísmico de cualquier magnitud.	Fisuras, grietas, colapsos de cualquier parte del sistema. Derrumbes, deslizamientos, hundimientos, deformaciones, en áreas adyacentes o directas.	Observación directa in situ
Explosiones no programadas, ataques terroristas.	Evidentes para un observador	Observación directa in situ
Allanamiento total a gran escala, por descontento social	Evidentes para un observador	Observación directa in situ
Incendio causado por cortocircuito o descarga atmosférica, principalmente en área de presa, subestación eléctrica o Casa de Máquinas.	Evidentes para un observador	Observación directa in situ
Filtración de agua del vaso a subsuelo	Aumento de niveles en pozo de auscultación	Observación directa en pozo de auscultación

### ***Emergencias de Categoría B***

Las anomalías que puede generar una emergencia de Categoría B dependerán del juicio del Comité de Emergencia. Este juicio deberá estar apoyado en los datos del sistema de monitoreo de la presa y sus componentes, pudiendo apoyarse en la comparación del comportamiento real de cada uno de sus componentes, tales como deformaciones, presiones, caudales, fisuras, etc. con las condiciones de diseño, pero siempre observando las condiciones de riesgo que no es más que cuando los niveles de comportamiento se aproximan a las condiciones de peligro potencial.

Las siguientes son, entre otras, condiciones que podrían merecer la consideración de alerta de Categoría B:

- ❖ Valores anormales en las lecturas de los instrumentos de auscultación (deformaciones, presiones o flujos que indican aproximaciones a niveles de falla potencial).
- ❖ Nuevas grietas o desplazamientos observados en el dique, paredes o piso de los canales, el túnel, el desarenador o aún en la Cámara de Carga y tuberías de presión, luego de un movimiento sísmico de cualquier magnitud.
- ❖ Actos significativos de vandalismo o sabotaje.
- ❖ Inestabilidad en los estribos, puente de nivelación o canales de descarga de demasías.
- ❖ Filtraciones con flujo creciente a través del dique y obras conexas.
- ❖ Falla de los órganos de descarga.
- ❖ Deslizamiento de masas rocosas o de cualquier otro tipo litológico.
- ❖ Sismos.
- ❖ Crecidas extraordinarias.
- ❖ Actividades de construcción de obras viales o civiles de otra clase, dentro del área de influencia de la Hidroeléctrica RENACE I.
- ❖ Cualquier otra, que el Comité de Emergencia considere como riesgo.

	<b>PLAN DE PREPARACION ANTE EMERGENCIAS (PPE)</b>	PPE	
		Página   47	Version #5
		Última actualización 10/03/2016	

### **3.2.- CRITERIOS PARA CAMBIAR LA CATEGORIA DE EMERGENCIA O DETERMINAR SU FINALIZACION**

El Gerente de Operaciones debe solicitar a la Gerencia General de RENACE S.A., un cambio en la categoría de la Emergencia o la finalización de la misma, basado en la evaluación de las condiciones de desarrollo de la misma, debidamente justificada.

Puede incluir lo siguiente:

- ❖ Cambio en la emergencia de Categoría A a Categoría B o finalización de la emergencia. El cambio de una emergencia de Categoría A deberá solicitarse sólo cuando exista suficiente evidencia de que no ocurrirá una falla inminente.
- ❖ Cambio de emergencia de Categoría B a Categoría A. Esto deberá solicitarse cuando la falla se ha iniciado o ha ocurrido y la situación se hace incontrolable e impredecible conduciendo a una falla mayor; o cuando la condición indica falla inminente.
- ❖ Cambio de emergencia de Categoría B a finalización de la emergencia. Deberá solicitarse sólo cuando todas las notificaciones y acciones asociadas a la gravedad de la anomalía se han completado y la situación potencialmente riesgosa ha pasado.

### **3.3.- ACCIONES A EJECUTAR DURANTE LA EMERGENCIA**

#### **3.3.1.- Consideraciones generales**

Si se detectara una anomalía o falla de la presa, a través de la instrumentación u observación visual, o en cualquier otro componente del sistema hidroeléctrico, ello dará lugar al siguiente conjunto de acciones:

- i. Si un observador u operador detectara una anomalía o falla en la presa o en sus inmediaciones, deberá comunicarla al Jefe de Planta o, en su defecto, al Operador de Turno. La comunicación deberá transmitirse con la mayor claridad, indicando la naturaleza del incidente y se ajustará, en tanto corresponda, al tipo de evento observado, al contenido y formato que consta en la Ficha de Informe de Eventos Anormales (Apéndice C).
- ii. Si a juicio del observador se trata de una situación de mucha urgencia, deberá permanecer próximo al lugar del incidente, mientras las condiciones naturales se lo permitan, y en comunicación con el Gerente de Operaciones, observando la evolución de la anomalía

	<b>PLAN DE PREPARACION ANTE EMERGENCIAS (PPE)</b>	<b>PPE</b>	
		P á g i n a   <b>48</b>	Version #5
		Última actualización 10/03/2016	

detectada y en condiciones de proveer la información que le pueda ser requerida. El operador permanecerá en esa condición hasta recibir instrucciones de parte de sus superiores.

- iii. El Operador de Turno notificará al resto de los miembros del Comité de Emergencia, según Organigrama de la Fig. 2.05. La notificación deberá transmitir, con la mayor claridad, la naturaleza del incidente y se ajustará en lo posible al formato que consta en la mencionada Ficha de Informe de Eventos Anormales.
- iv. El Comité de Emergencia que ha sido convocado sobre la base de la información que le suministre el Operador de Turno, determinará la gravedad de la anomalía y procederá a notificar a la CNEE, a través del Gerente de RENACE S.A., solicitando la declaración de la emergencia o lo que corresponda.

**Una vez que la Gerencia de Planta declare la emergencia y** determine la categoría que corresponda, se procederá a los cursos de acción correspondientes, dependiendo de la Categoría de la Emergencia.

### **3.3.2.- Ruptura o bloqueo del canal, muy cerca de Casa de Máquinas**

#### **Manifestación:**

El nivel de agua en la Cámara de Carga baja más rápido de lo que es normal.

#### **Medidas a tomar:**

1. El encargado de la Cámara de Carga dá aviso al operador de la Casa de Máquinas, al ocurrir el evento.
2. El operador debe bajar la potencia de los generadores. En caso que el nivel de la Cámara de Carga continúa bajando más rápido de lo normal, el operador deberá sacar de línea a los generadores.
3. Inmediatamente el operador ordena al operador de Presa cerrar las compuertas de presa para evitar que el derrame o la fuga de agua pueda producir deslaves y daños.
4. El operador verificará en la Presa el comportamiento de los caudales tomados. Si la bocatoma funciona correctamente significa que el nivel del canal cerca de la presa no ha variado sensiblemente pero el nivel de la Cámara de Carga si bajó rápidamente; ese es indicio de ruptura en la conducción cerca de la Cámara de Carga y de derrame de agua.
5. El operador notificará al Gerente de Operaciones, siguiendo el procedimiento respectivo.

6. El Gerente de Operaciones ordena y supervisa una inspección a toda la conducción para encontrar y dimensionar el problema.
7. Se obtendrán a la brevedad posible fotografías electrónicas del daño para que el Gerente de Operaciones las utilice en la búsqueda de la solución.

### **3.3.3- Ruptura o bloqueo del canal, cerca de la presa**

#### **Manifestación:**

Disminución rápida del nivel en el canal cerca de presa sin que el río muestre cambio notorio de caudal. Este evento se percibe antes en la presa que en la Casa de Máquinas.

#### **Medidas a tomar:**

1. El encargado de presa debe dar aviso al Operador de Turno de la Casa de Máquinas, al ocurrir el evento, quien verificará inmediatamente el comportamiento de los caudales en la Cámara de Carga y los caudales de llegada a las turbinas.
2. El operador implementara las acciones que le correspondan, descritas en el numeral 3.3.2.

### **3.3.4- Falla del dique, por volteo, traslación, fractura o colapso**

#### **Manifestación:**

Disminución muy rápida del nivel en el canal de la bocatoma y el río aumenta su caudal notoriamente desde este punto hacia abajo. Este evento se percibe antes en la presa que en la Casa de Máquinas. El dique ya no se observa físicamente o se observa deformado, volteado o girado horizontalmente. Este evento solo puede ocurrir luego de un sismo de gran magnitud o de un ataque terrorista.

#### **Medidas a tomar:**

1. El encargado de la presa dá aviso al operador de Casa de Máquinas, al ocurrir el evento.
2. El operador notificará al Gerente de Operaciones, siguiendo el procedimiento respectivo, e implementara las acciones que le correspondan, descritas en el numeral 3.3.2.

### **3.3.5- Ruptura del canal entre el Dique y la Casa de Máquinas**

#### **Manifestación:**

El nivel del agua baja muy rápidamente tanto en la sección del canal, cerca del dique y en la bocatoma, como en el desarenador y en la Cámara de Carga. El río muestra, en el punto muy cercano a la ruptura del canal, unos metros aguas abajo, cambio notorio de caudal al

	<b>PLAN DE PREPARACION ANTE EMERGENCIAS (PPE)</b>	<b>PPE</b>	
		P á g i n a   <b>50</b>	Version #5
		Última actualización 10/03/2016	

aumentar rápidamente. Este evento se percibe antes en la toma, en el desarenador y en el punto de ruptura del canal al descargarse el agua del sistema al río.

**Medidas a tomar:**

1. El observador dá aviso al operador de la Casa de Máquinas al ocurrir el evento, quien verificará inmediatamente en la Presa el comportamiento de los caudales tomados y en la Cámara de Carga los de llegada.
2. Si la bocatoma y el Canal de Conducción funcionan correctamente en ese momento, pero la regla de medición de alturas en la Cámara de Carga comienza a bajar a niveles mínimos o riesgosos, significa que es indicio de ruptura en la conducción en algún punto de su trayectoria.
3. El operador notificará al Gerente de Operaciones de lo sucedido, siguiendo el procedimiento respectivo, e implementara las acciones que le correspondan, descritas en el numeral 3.3.2.

**3.3.6- Falla en el Túnel (tramo II)**

**Manifestación:**

El nivel del agua se eleva rápidamente tanto en la sección del canal hacia el dique, como en el desarenador, generando un golpe de ariete hacia la bocatoma. El río muestra, en uno o más puntos, cambios notorios de caudal al aumentar rápidamente. Este evento se percibe antes en la bocatoma, en el desarenador y en los extremos de salida y entrada del Túnel al descargarse el agua del sistema al río. El colapso del túnel puede ocurrir solamente luego de un evento sísmico de elevada magnitud o acto terrorista.

**Medidas a tomar:**

1. El observador dá aviso al operador de la Casa de Máquinas al ocurrir el evento, quien verificará inmediatamente en la presa el comportamiento de los caudales tomados y en la Cámara de Carga los de llegada, sobretudo la existencia de sobre-caudales: en la bocatoma, en sentido inverso al natural, y en la Cámara de Carga, en sentido natural.
2. Si la bocatoma y el canal de regulación funcionan correctamente en ese momento, pero se observa irregularidad de aumento en los caudales del río, eso significa que hay falla en el Túnel.
3. El operador notificará al Gerente de Operaciones, siguiendo el procedimiento respectivo, e implementara las acciones que le corresponda, descritas en el numeral 3.3.2.

	<b>PLAN DE PREPARACION ANTE EMERGENCIAS (PPE)</b>	<b>PPE</b>	
		P á g i n a   <b>51</b>	Version #5
		Última actualización 10/03/2016	

### **3.3.7- Ruptura del puente de nivelación del canal, ubicado en el tramo III**

#### **Manifestación:**

El nivel del agua baja lentamente en la bocatoma y muy rápidamente en el desarenador y en la Cámara de Carga. El colapso somero, parcial o total del puente podría solamente ocurrir después de un evento sísmico de gran magnitud o acto terrorista. El río muestra, en el punto muy cercano a la ruptura del puente, unos metros aguas abajo, cambio notorio de caudal al aumentar éste rápidamente. Este evento se percibe antes en la toma, en el desarenador y en el punto de ruptura del canal al descargarse el agua del sistema al río.

#### **Medidas a tomar:**

1. El observador dá aviso al operador de la Casa de Máquinas al ocurrir el evento, quien verificará inmediatamente en la Presa el comportamiento de los caudales tomados y en la Cámara de Carga los de llegada.
2. Si la bocatoma y el canal de regulación funcionan correctamente en ese momento, pero la regla de medición de alturas en la Cámara de Carga comienza a bajar a niveles mínimos o riesgosos, significa que es indicio de ruptura en la conducción en algún punto de su trayectoria.
3. El operador notificará al Gerente de Operaciones, siguiendo el procedimiento respectivo, e implementara las acciones descritas en el numeral 3.3.2.

### **3.3.8- Ruptura en el Desarenador o en la Cámara de Carga**

#### **Manifestación:**

El nivel del agua baja muy rápidamente en el desarenador o en la Cámara de Carga. Esta anomalía podría ocurrir solamente luego de un evento sísmico de gran magnitud o de un acto terrorista.

#### **Medidas a tomar:**

1. El observador dá aviso al operador de la Casa de Máquinas al ocurrir el evento, quien verificará inmediatamente en la Presa el comportamiento de los caudales tomados y en la Cámara de Carga los de llegada.
2. Si los niveles de la Cámara de Carga o del Desarenador bajan rápidamente, indica que hay una ruptura en un punto muy cercano o en estas construcciones auxiliares.
3. El operador notificará al Gerente de Operaciones, siguiendo el procedimiento respectivo, e implementara las acciones descritas en el numeral 3.3.2.

### 3.3.9- Nivel de río demasiado alto en el área del dique

#### **Manifestación:**

Lluvias muy intensas y continuas por periodos muy largos, generados por depresiones tropicales en el área de la bocatoma, pueden generar la elevación del nivel del río, inclusive hasta el nivel de la casa de compuertas, con caudales muy turbulentos. En este caso el nivel superior del Canal de Conducción está muy cerca del lecho del río, por lo que es totalmente evidente la anomalía climática. En caso contrario habría una alarma operativa nivel 3:  $\geq +3.85$  paro de operaciones.

#### **Medidas a tomar:**

1. El encargado de Presa dá aviso al operador de la Casa de Máquinas al ocurrir el evento, cuando la escala vertical, marque niveles de peligro.
2. Inmediatamente el operador de Casa de Máquinas ordena al encargado de Presa cerrar las compuertas de presa y ordena a todo el personal la evacuación del lugar, buscando áreas más altas y menos vulnerables a la anomalía y sus consecuencias,
3. El operador notificará al Gerente de Operaciones, siguiendo el procedimiento respectivo, e implementara las acciones descritas en el numeral 3.3.2.

### 3.3.10- Incendio en cualquier bomba hidráulica

#### **Manifestación:**

Se observa el calentamiento inusual o el incendio en una bomba hidráulica. La corriente eléctrica que alimenta al equipo hidráulico debe estar protegido por un interruptor de cuchillas y con fusibles, ubicado fuera del cuarto del equipo hidráulico y marcado claramente: "interruptor de emergencia para bomba hidráulica abrir en caso de incendio". Esto podría producirse debido a una sobrecarga o cortocircuito en cualquiera de los motores de la bomba o ante una evidente falta de mantenimiento.

#### **Medidas a tomar:**

1. El encargado de la presa dá aviso al operador de Casa de Máquinas al ocurrir el evento.
2. Desconectar el interruptor eléctrico de emergencia para evitar que un corto circuito complique o evolucione a un incendio.
3. En caso de ser necesario, dos personas utilizarán el extinguidor destinado a apagar el incendio. Una persona operará el extinguidor y la otra persona actuará como asistente para auxiliar al que opera el extinguidor. Los encargados de extinguir el fuego lo harán

desde la dirección opuesta a la dirección que va el humo. Si el incendio se declara en la mesa de los motores y las válvulas hidráulicas, es importante extinguir el incendio lo más pronto posible para evitar que el incendio se propague al aceite hidráulico que está en el tanque ya que este aceite es combustible.

### **3.3.11- Incendio en cualquier planta eléctrica de emergencia**

#### **Manifestación:**

Humo, sobrecalentamiento, sobrecarga u otras manifestaciones.

#### **Medidas a tomar:**

1. El encargado de la presa vigilará que la planta no opere en condiciones de sobrecarga.
2. Procederá a la desconexión manual en caso incipiente de sobrecarga severa o sobrecalentamiento, que pueda evolucionar en incendio.
3. Mantendrá el sitio de instalación de la planta de emergencia libre de materiales inflamables o que puedan provocar igniciones.
4. Vigilará la aparición de fugas de combustible o material lubricante que puedan desencadenar incendios.
5. El encargado dará aviso al operador de Casa de Máquinas al ocurrir el evento.
6. Asegurará la existencia de extinguidores de incendio, en buen estado (recargados), en el sitio de instalación.
7. Velará porque el personal posea la capacitación necesaria para afrontar estas contingencias.

### **3.3.12- Sismo de gran magnitud**

#### **Manifestación:**

Totalmente sensible por el personal de la hidroeléctrica.

#### **Medidas a tomar:**

1. El Gerente de Operaciones, reunido con su Comité de Emergencia, se informará de los reportes correspondientes, enfatizando, epicentro, hipocentro, intensidad, magnitud, área afectada y demás información relevante.
2. El Gerente de Operaciones, notificará a donde corresponda, siguiendo el procedimiento respectivo.

3. Llamará al operador de la Casa de Máquinas para corroborar la situación y, si es necesario, le indicará que saque las unidades de línea, siguiendo el procedimiento correspondiente.
4. Inmediatamente el Gerente de Operaciones ordenará al Operador de Presa cerrar las compuertas.
5. Dará instrucciones a su personal de evacuar las instalaciones que hayan sido afectadas severamente por el sismo.
6. Enviará a todo el personal necesario a evaluar los posibles daños en todas las partes del Sistema. La evaluación será minuciosa, completa y documentada fotográficamente.

### **3.3.13- Acto terrorista o sabotaje**

#### **Manifestación:**

Si es sabotaje, el evento ya ocurrió en cualquier parte del Sistema. Si es terrorismo, puede ocurrir que el evento esté en proceso o amenaza de desarrollo.

#### **Medidas a tomar:**

1. El Gerente de Operaciones, reunido con su Comité de Emergencia, se informará total y completamente de los reportes correspondientes.
2. El Gerente de Operaciones, notificará a donde corresponda, siguiendo el procedimiento respectivo, incluyendo a las Autoridades Civiles y Militares correspondientes, a los bomberos y cuerpos de socorro por cualquier eventualidad.
3. Hasta donde sea posible y si lo considera necesario, el Gerente de Operaciones debe llamar al Operador de la Casa de Máquinas, indicándole que tiene que sacar las unidades de línea, siguiendo el procedimiento correspondiente.
4. En forma inmediata, el Gerente de Operaciones, ordenará al encargado de la Presa cerrar las compuertas correspondientes.
5. Dará instrucciones a su personal de evacuar las instalaciones que hayan sido amenazadas o violentadas, hacia lugares más seguros, con el debido resguardo del personal de seguridad.
6. El Jefe de Planta, dejará en manos de las Autoridades correspondientes las acciones a tomar para solucionar el evento terrorista o de sabotaje.

	<b>PLAN DE PREPARACION ANTE EMERGENCIAS (PPE)</b>	<b>PPE</b>	
		P á g i n a   55	Version #5
		Última actualización 10/03/2016	

7. En cuanto sea posible, (al haber concluido el evento o amenaza), enviará a todo el personal necesario a evaluar las partes del Sistema que hubieran podido ser afectadas o dañadas por este acto. La evaluación será minuciosa, completa, documentada y registrada fotográficamente.

### **3.3.14- Toma de instalaciones, por descontento social**

#### **Manifestación:**

Si es toma de instalaciones por gente ajena al personal de la Planta, el evento ya ocurrió en cualquier parte del Sistema.

#### **Medidas a tomar:**

1. El Gerente de Operaciones, reunido con su Comité de Emergencia, se informará total y completamente de los reportes correspondientes.
2. Notificará a donde corresponda, siguiendo el procedimiento respectivo, incluyendo las autoridades Civiles y Militares, a los bomberos y cuerpos de socorro por cualquier eventualidad.
3. Hasta donde sea posible el Gerente de Operaciones debe llamar al operador de la Casa de Máquinas, indicándole que tiene que sacar las unidades de línea, siguiendo el procedimiento respectivo,
4. Hasta donde sea posible, el Gerente de Operaciones ordenará al Operador de Presa cerrar las compuertas.
5. Dará instrucciones a su personal de evacuar las instalaciones que hayan sido amenazadas o violentadas, hacia lugares más seguros, o fuera del Proyecto,
6. Dejará en manos de las Autoridades correspondientes el desenlace del evento.
7. Enviará a todo el personal necesario a evaluar todas las partes del Sistema. La evaluación será minuciosa, completa y documentada fotográficamente.

### **3.3.15- Embalse de regulación acciones a tomar en caso de falla**

#### **1. Por filtración de agua en el vaso**

#### **Manifestación:**

El embalse de regulación diaria está dividido en 5 sectores que cuentan con una tubería de auscultación que indica si hay alguna fuga en la geo membrana.

	<b>PLAN DE PREPARACION ANTE EMERGENCIAS (PPE)</b>	<b>PPE</b>	
		P á g i n a   <b>56</b>	Version #5
		Última actualización 10/03/2016	

**Medidas a tomar:**

Vaciar el embalse identificar el daño y proceder con la reparación de la geo membrana.

**3.3.16- Derrumbe de talud hacia el interior del vaso en el Embalse**

**Manifestación:**

Se daría un incremento del volumen en el interior del vaso. Lo cual sería visible en las escalas instaladas para el control de niveles.

**Medidas a tomar:**

El agua del embalse puede restituirse al canal por medio de cinco bombas dispuestas para efectos de operación. Previa coordinación con el Operario de la presa quien deberá regular el paso de agua hacia el canal. Una vez alcanzada la cota mínima de operación, realizar una inspección visual al área del talud, y zona del deslizamiento. Vaciar el embalse hasta el nivel de la cámara de succión y evaluar si existen daños a la geo membrana y geo textil, evacuar el suelo depositado en el interior, realizar una limpieza en el perímetro afectado, estabilizar el talud, implementando soluciones específicas en función del suelo a tratar.

**3.3.17- Embalse de regulación acciones a tomar en caso de exceso de flujo en canal por creciente mayor (centenaria, milenaria)**

**Manifestación:**

En una crecida milenaria donde el caudal fuera igual o mayor a 1200 m<sup>3</sup>/seg. Y declarar un estado de emergencia clase B.

**Medidas a tomar:**

Maniobrar las compuertas de aducción en la presa a manera de limitar el paso de agua hacia el canal y por consiguiente al embalse, propiciando que el caudal fluya hacia el desarenador y luego hacia el salto de descarga.

### 3.4 MAPA DE INUNDACIONES

El mapa de inundaciones, a lo largo del río Cahabón, desde la presa hasta aguas abajo de la casa de máquinas, es prácticamente el mismo con y sin falla de presa y canal, en virtud de la influencia muy limitada del caudal generado por la falla de la presa y el canal. Por otro lado, lo encañonado del cauce y la carencia de llanura de inundación, el mapa de inundaciones se limita a un ancho entre 30 y 80 m, que corresponde al cauce principal del río. Este ancho no se aprecia a una escala conveniente de impresión del plano. En la Fig. 9 se presenta dicho plano. En cuanto al tiempo viaje de una onda de crecida, desde la presa hasta la casa de máquinas, éste es del orden de los 105 min; es decir una hora y 45 min, para la crecida milenaria y aproximadamente dos horas para la crecida centenaria.

## MAPA DE INUNDACIONES CENTRAL HIDROELECTRICA RENACE



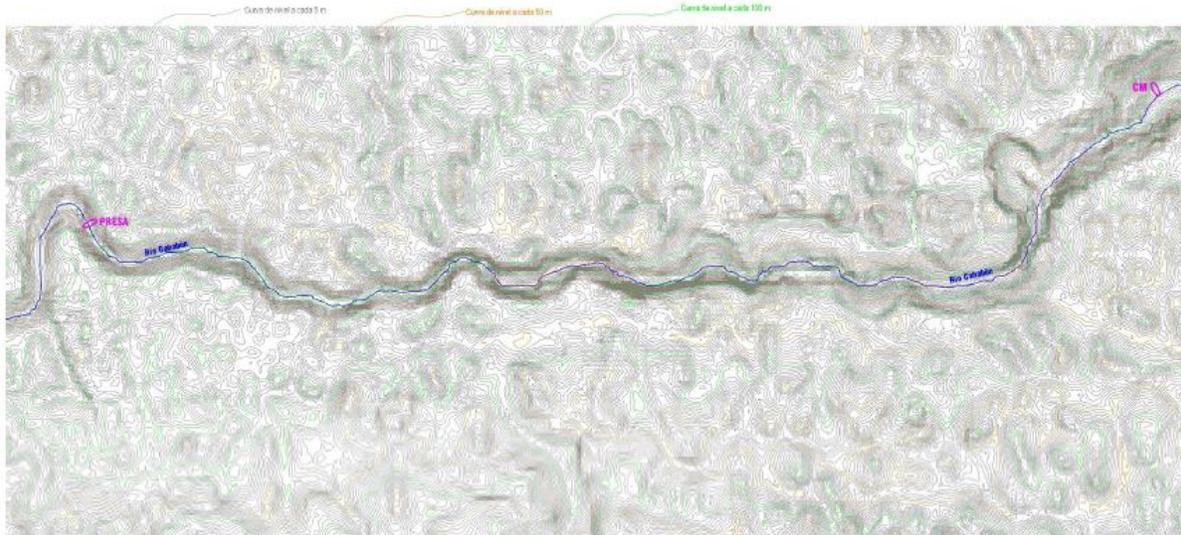


Fig. 4 Topografía a lo largo del río Cahabón con curvas a nivel a cada 5 m. Puede observarse la densidad alta de las curvas de nivel a lo largo del cauce del río.

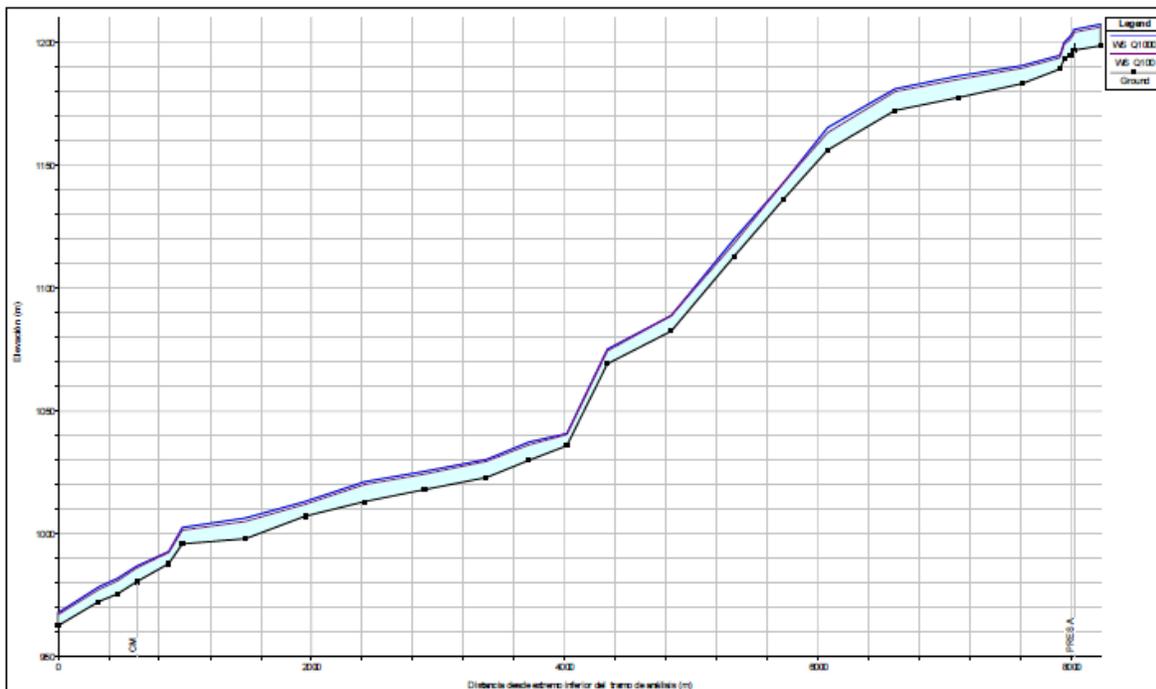


Fig. 8 Perfil del tramo sujeto de análisis, en condiciones con falla de presa y canal de conducción.

Cuadro 1 Valores de variables hidráulicas relevantes en la sección del río, a la altura de la casa de máquinas.

Q (m <sup>3</sup> /s)	E <sub>min</sub> (msnm)	E <sub>w</sub> (msnm)	S (-)	V (m/s)	H (m)
1252	980.5	986.94	0.032	1.27	6.44
802	980.5	986.03	0.036	1.20	5.53

E<sub>min</sub> = elevación del talweg (punto más profundo del cauce), E<sub>w</sub> = elevación del nivel del agua, S = pendiente hidráulica, V = velocidad media del agua, H = tirante de agua, desde el fondo del cauce.

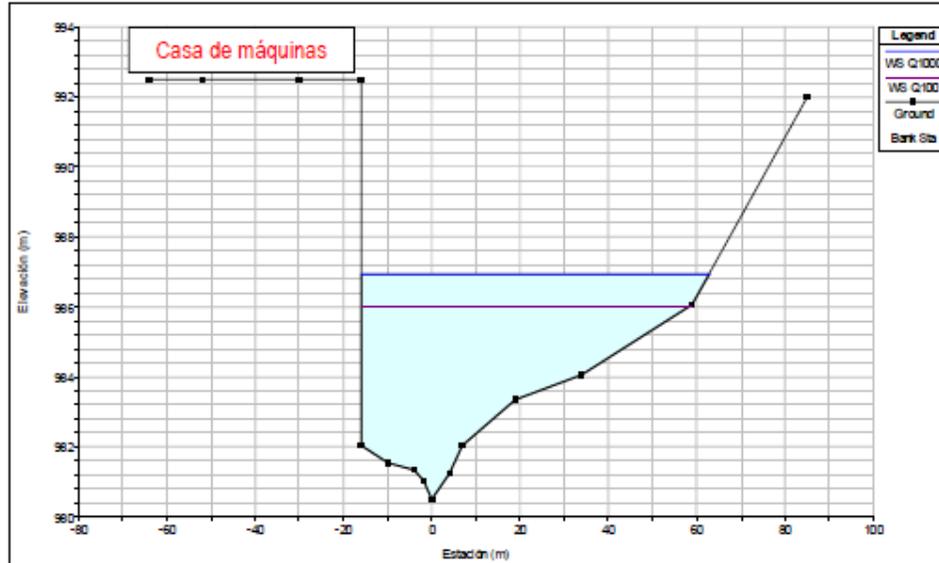


Fig. 5 Sección hidráulica a la altura de la casa de máquinas, con el escenario con falla de presa y canal. Q1000 y Q100, es el nivel del agua para la crecida milenaria y centenaria, respectivamente.

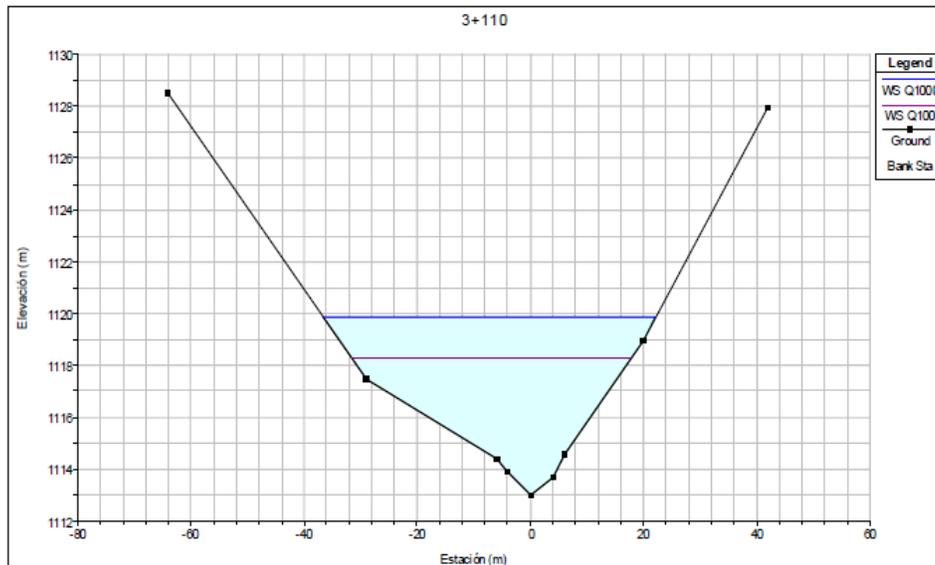


Fig. 6 Sección hidráulica a una distancia de 3.11 km de la presa.

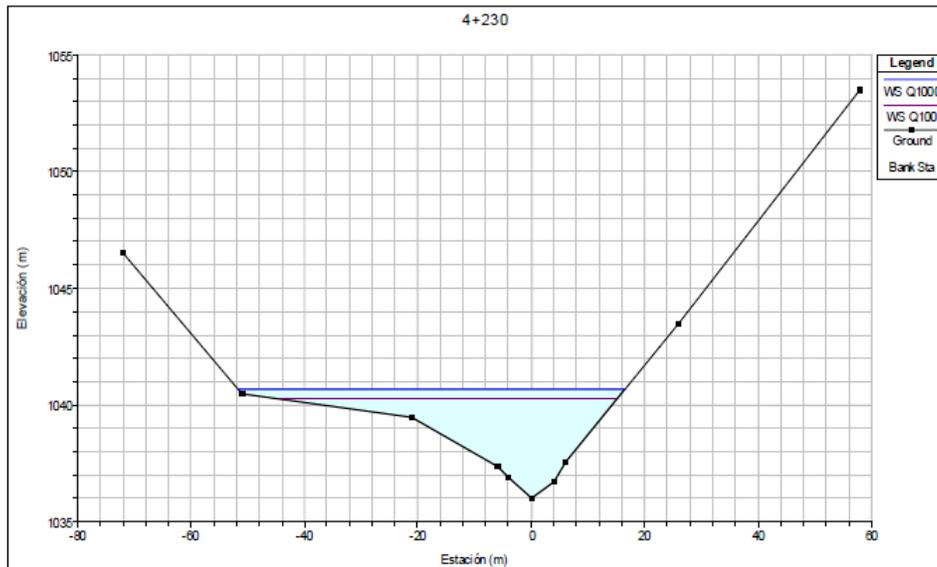


Fig. 7 Sección hidráulica a una distancia de 4.23 km de la presa.

### 3.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. El dique derivador del caudal del río Cahabón no regula el caudal, ya que el embalse que se forma detrás del mismo es muy limitado; por un lado, la altura de la presa sobre el nivel fondo del cauce, que es de solamente 5.25 m. Por el otro lado, el ancho del cauce, inmediatamente aguas arriba de la presa es limitado, entre 30 y 50 m.
2. Aguas abajo de la presa no existe infraestructura susceptible de ser afectada por la falla de la presa y el canal de conducción; excepto la casa de máquinas de la Hidroeléctrica Río Cahabón, operada por la misma empresa dueña de la presa.
3. El potencial para desarrollo urbano, agrícola o infraestructura, prácticamente es nulo, por las características morfológicas del cauce.
4. En la eventualidad de que la presa y el canal de conducción fallen, simultáneamente con la ocurrencia de la crecida milenaria, el caudal pico generado por dichas fallas es muy pequeño, que prácticamente, no hacen diferencia apreciable en las variables hidráulicas principales, como elevación del nivel del agua y velocidades del flujo; comparándolo con el escenario ocurrencia de crecida milenaria sin falla de presa ni canal. Es otras palabras, el impacto del caudal derivado de la falla mencionada es despreciable, y puede considerarse que no existe efecto incremental de las mencionadas fallas.

	<b>PLAN DE PREPARACION ANTE EMERGENCIAS (PPE)</b>	PPE	
		Página   61	Version #5
		Última actualización 10/03/2016	

## 4. ACCIONES PREVENTIVAS

### 4.1 EN GENERAL

- El estado de todas las obras que constituyen la hidroeléctrica, en cuanto a su grado de seguridad, debe ser evaluado periódicamente por un Consultor Independiente según se establece en las Normas de Seguridad de Presas (Examen de seguridad de presa), evaluando aspectos que cubran los campos de la Ingeniería Estructural, Hidrológica-Hidráulica, Mecánica Eléctrica y de la Geología. Los informes que se produzcan especificarán todos los vicios, defectos, deterioros y riesgos potenciales y las medidas, obras y trabajos correctivos, de mantenimiento y prevención que se recomiendan para subsanarlos.
- Monitorear los eventos que pueden conducir a emergencias, que incluyen: riesgos naturales, mal funcionamiento del sistema y riesgos debidos a la actividad humana.

Algunos riesgos naturales típicos dentro del área de influencia del Sistema, incluyen:

- Crecidas debidas a precipitaciones intensas o ciclones tropicales.
- Sismos.
- Deslizamientos de tierra o falla de los taludes en el embalse o en los estribos de la presa, así como en cualquier otro componente del Sistema
- Descargas electro atmosféricas (rayos) que puedan impactar en la línea de transmisión de 69 kV, subestación eléctrica elevadora y línea de distribución interna de 13.8 kV

Algunos riesgos por actividad humana, dentro del área de influencia del Sistema, incluyen:

- Construcción de obras viales
- Construcción de otra clase de obra, que pueda influir negativamente en el Sistema.
- Vandalismo, sabotaje, terrorismo

El Gerente de Operaciones, debe contar con los medios para alertar sobre crecidas y demás eventos que puedan afectar a las condiciones de seguridad en la presa e instalaciones auxiliares.

Los riesgos por actividad humana productiva, como apertura de caminos u otras similares, si ocurren, pueden ser investigados en sus operaciones, por ejemplo si se utilizaran explosivos para la remoción de rocas u otras, lo cual es predecible, para tomar las medidas de prevención correspondientes. En el caso de vandalismo, terrorismo, o sabotaje, la Hidroeléctrica Renace I cuenta con garitas de control, personal de seguridad, vehículos y

	<b>PLAN DE PREPARACION ANTE EMERGENCIAS (PPE)</b>	<b>PPE</b>	
		P á g i n a   <b>62</b>	Version #5
		Última actualización 10/03/2016	

sistemas de comunicación, para evitar el acceso de personal no autorizado a las principales componentes del sistema hidroeléctrico.

El mal funcionamiento de las instalaciones del sistema resulta de condiciones que no son previstas en el diseño o por fallas del equipo o falta de mantenimiento del mismo.

Ejemplos de mal funcionamiento pueden ser:

- Inestabilidad de la obra civil.
- Disolución o tubificación en los estribos o cimentación de la presa.
- Falla en los sistemas de operación de compuertas.
- Falta de sistemas alternos de energía y comunicaciones.

Las actividades humanas que representan riesgos y pueden conducir a emergencias generalmente se relacionan con operaciones inapropiadas del sistema por ignorancia o falta de entrenamiento o capacitación. La ocurrencia de la mayoría de los riesgos de origen humano es controlada mediante programas de seguridad y capacitación sobre la operación y manejo de las instalaciones.

#### **4.2.- INSPECCIONES DE LA PRESA Y OBRAS CONEXAS:**

Se realizarán inspecciones rutinarias, intermedias y especiales con el objeto de verificar el buen funcionamiento del sistema e identificar a tiempo anomalías y corregirlas, con el propósito de actuar preventivamente. Las inspecciones serán realizadas por el personal de operación, mantenimiento y vigilancia del sistema, como parte de sus actividades de mantenimiento y vigilancia. Este personal ha sido capacitado para realizar dichas tareas. El resultado de toda inspección será registrado en el respectivo cuaderno de trabajo de la presa. En aquellos casos que requieran la participación de personal especializado, se deberán contratar los servicios técnico-profesionales de asesores y especialistas externos.

#### **4.3.- ACCIONES PREVENTIVAS**

##### **4.3.1 INSPECCIONES DE LA PRESA**

Se realizan inspecciones rutinarias, intermedias y especiales con el objeto de verificar el buen funcionamiento de la presa y del embalse o identificar a tiempo anomalías y corregirlas o actuar preventivamente. Las inspecciones son realizadas por el oficial de aseguramiento de calidad y seguridad industrial, como parte de sus actividades de mantenimiento y vigilancia, tomando como base el documento “Plan de Seguridad de la Presa” de la Central. Este personal ha sido capacitado para realizar dichas tareas. El resultado de toda inspección

	<b>PLAN DE PREPARACION ANTE EMERGENCIAS (PPE)</b>	<b>PPE</b>	
		P á g i n a   <b>63</b>	Version #5
		Última actualización 10/03/2016	

es registrado en el respectivo cuaderno de trabajo de la presa y en el caso de cualquier irregularidad, de inmediato se informa al Gerente de Operaciones y Gerente General.

#### **4.3.2 INSPECCIONES RUTINARIAS**

La presa y embalse es objeto de inspecciones de rutina semanales. Esta actividad es una inspección visual de la presa y sus estructuras accesorias. Si las circunstancias lo demandan, se toman fotografías. Entre los principales aspectos que se les da particular atención incluyen:

- a) Detección de desplazamiento o hundimiento de la presa, mediante la nivelación y control angular de los puntos de control ubicados en la presa y bancos de marca fijos,
- b) La detección de evidencia de cambios en fugas,
- c) Erosión,
- d) Sumideros,
- e) Filtraciones,
- f) Deslizamientos o derrumbamientos en la pendiente,
- g) Excesiva sedimentación,
- h) Desplazamientos y grietas y funcionamiento irregular de los desagües, y
- i) Equipo eléctrico y mecánico relacionado con la operación de la presa.
- j) Cualquier condición inusual que parezca crítica o peligrosa será reportada inmediatamente al Jefe de Planta.

#### **4.3.3 INSPECCIONES INTERMEDIAS**

Se realizan inspecciones intermedias, al menos dos veces al año para la presa y embalse, y una vez al año del equipo de la misma. La inspección consiste en:

- a) un examen de los registros de las inspecciones previas,
- b) un examen de los datos sobre el funcionamiento pasado y presente de la presa y de su instrumentación,
- c) revisión total del equipo electromecánico instalado, con lo cual se define las tareas de mantenimiento,
- d) inspección y mantenimiento de accesos

Al igual que las inspecciones rutinarias, cualquier condición inusual que parezca crítica o Peligrosa debe ser reportada inmediatamente a Gerencias de Operaciones y General.

#### **4.3.4 INSPECCIONES ESPECIALES**

Se realizarán inspecciones especiales posteriormente a la ocurrencia de los eventos potencialmente dañinos, tales como: un incendio, sismo, crecida importante, deslizamiento, acto de sabotaje, etc. También se realizarán inspecciones especiales después de cambios significativos en los niveles de agua del embalse, cambios programados y no programados en las operaciones normales. Estas inspecciones son realizadas por el oficial de aseguramiento de calidad y seguridad industrial.

	<b>PLAN DE PREPARACION ANTE EMERGENCIAS (PPE)</b>	<b>PPE</b>	
		Página   <b>64</b>	Version #5
		Última actualización 10/03/2016	

Como medida de prevención, Renace, S.A., mantiene personal de seguridad y vigilancia, en forma permanente, para evitar actos vandálicos y de sabotaje en los componentes del sistema.

#### **4.4.- PRONÓSTICO DE LLUVIAS Y CRECIDAS**

En las oficinas administrativas de HRI, ubicadas en Planta y en Sala de Mandos, se dispone de equipo con acceso a Internet. Con esta herramienta se pretende observar el desarrollo de posibles eventos de lluvias intensas y duraderas que pudieran originar una crecida en la cuenca. Esta información, servirá para tomar precauciones en el manejo del agua en la boca toma. Esta actividad está bajo la responsabilidad del Jefe de Planta.

- ❖ [www.weather.com](http://www.weather.com)
- ❖ <http://www.zoover.es/guatemala/guatemala/guatemala-city/tiempo>
- ❖ <http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia.html>
- ❖ <http://eltiempo.es.msn.com/local.aspx?wealocations=wc:GTX0002>
- ❖ [http://climaya.com/\\_2013/pronosticos-automaticos/](http://climaya.com/_2013/pronosticos-automaticos/)

#### **4.5.- RECURSOS NECESARIOS Y DISPONIBLES DURANTE UNA EMERGENCIA**

El Gerente General de la Hidroeléctrica RENACE I tomará las decisiones necesarias para la reparación y operación del Sistema y para actuar durante una emergencia.

Se dispone de los recursos siguientes:

- a. Vehículo todo terreno,
- b. Equipos de iluminación portátiles,
- c. Al menos un sistema de generación portátil.
- d. Generadores de emergencia en los principales sitios del sistema hidroeléctrico: dique, desarenador, cámara de carga y Casa de Máquinas.
- e. Botiquines de primeros auxilios convenientemente distribuidos,
- f. Equipos portátiles de reparación
- g. Equipos de extinción de incendios
- h. Alarmas sonoras
- i. Materiales y repuestos disponibles (Bodegas disponibles, ver Apéndice)

	<b>PLAN DE PREPARACION ANTE EMERGENCIAS (PPE)</b>	<b>PPE</b>	
		P á g i n a   <b>65</b>	Version #5
		Última actualización 10/03/2016	

- j. Alimentación alternativa de los obras de descarga
- k. Reservas de combustible de diesel
- l. Retroexcavadora para movimiento de materiales y suelos,
- m. Teléfonos celulares
- n. Sistema de radiocomunicación VHF: se utiliza un canal con comunicación para todo el país, otro canal con repetidora local con un alcance de unos 40 Km. alrededor de la presa, y un canal local sin repetidora con un alcance de unos 15 Km.
- o. Comunicación con el INDE y con el centro de despacho del AMM, vía radio o telefónica.
- p. Talleres de mecánica, electricidad y herrería debidamente equipados

#### **4.6- RESPUESTA EN PERÍODOS DE OSCURIDAD O ADVERSOS**

El personal de operación y Gerencias pueden contactarse en horas y días no laborables en sus residencias en la Ciudad de San Pedro Carchá mediante radio VHF, teléfono celular o el vehículo de operación. Todo el personal cuenta con equipo de comunicación portátil. Siempre estará disponible el Gerente de Operaciones para atender de forma inmediata cualquier llamado de emergencia. Así mismo, la Casa de Máquinas es atendida durante las 24 horas del día, los siete días de la semana, por el personal de operación de la misma (operadores).

El equipo móvil disponible para iluminación, para realizar diferentes tareas en tiempos de oscuridad son: una planta portátil con servicio de 110 V – 220 V.

Se cuenta con reflectores para iluminación en la Presa. La Casa de Máquinas tiene también luces de emergencia, alimentadas por baterías y plantas de emergencia.

#### **4.7.- TIEMPOS ESTIMADOS PARA EJECUTAR ACCIONES CRÍTICAS**

El tiempo de comunicación entre el personal de operación y el Gerente de Operaciones es, prácticamente instantáneo, ya que todo el personal cuenta con equipo portátil de comunicación. En todo caso se estima que la comunicación entre ellos debe ser no mayor de diez minutos.

En caso de que el Gerente de Operaciones deba desplazarse desde la Casa de Máquinas, hacia la presa, el tiempo estimado de viaje es de 20 min. Desde su residencia en San Pedro Carchá hasta la presa, el tiempo estimado es de 40 min.

En un caso extremo, la evacuación del personal del sitio de toma es inmediata, estimando unos 5 min. Para evacuar la Casa de Máquinas, el tiempo estimado es de unos 15 min, dejando toda la Casa de Máquinas des-energizada.

El tiempo de comunicación entre el Gerente de Planta y la CNEE, INDE, AMM, CONRED, Presa RENACE, etc. Se estima en unos 5 min, para cada institución, la comunicación es vía telefónica, a excepción del INDE que se tiene también comunicación vía radio VHF.

#### **4.8-SIMULACROS, CAPACITACIÓN Y ALCANCES DEL PPE**

Para que el PPE funcione adecuadamente, éste debe someterse a pruebas de funcionamiento, tales como:

- a) Capacitación al personal. Se debe capacitar a un número suficiente de personas para asegurar la cobertura adecuada en todo momento, de tal manera que puedan detectarse los problemas, evaluar las emergencias y tomar las medidas correctivas convenientes.
- b) Simulación a baja y gran escala, dependiendo de las emergencias que indica el PPE.
- c) Familiarización de todo el personal de planta con todos los elementos del PPE, la disponibilidad del equipo, sus responsabilidades y sus obligaciones.
- d) En la planta deben estar la lista con los nombres de los contactos y sus números de teléfono, debidamente actualizado, en base anual.
- e) Una vez aprobado el PPE por la CNEE, se procederá a su distribución a otras agencias involucradas.
- f) El presente PPE se someterá a una revisión y actualización en base anual.

#### **SIMULACRO DE EVACUACION ANTE EMERGENCIA POR CRECIDA EXTRA ORDINARIA FECHA: 26/03/2015**

#### **RESUMEN EJECUTIVO**

Con los simulacros se pretende familiarizar a los colaboradores de la Planta Hidroeléctrica RENACE 1, en las formas y maneras racionales de actuación de emergencia dentro de las condiciones físicas y ambientales de cada frente de trabajo. Es importante mencionar, que los simulacros de evacuación por crecida extra ordinaria del caudal de un río constituyen una herramienta muy eficaz para que las personas sepan cómo enfrentar una posible catástrofe. Y este es uno de los motivos por el cual un simulacro no debe dejarse a la improvisación, por lo cual ha de ser planeado, implementado, controlado y mantenido de forma que se eviten situaciones peligrosas fuera de control, y ayude a actuar con prontitud y de la mejor manera posible.

Por lo tanto, a la hora de una emergencia se requiere de una respuesta para la evacuación, estableciendo una estructura jerárquica durante la respuesta, así como las relaciones de colaboración externa especificando las instituciones o entes para ser notificados logrando de esta manera principalmente salva guardar la vida del personal y resguardo de los equipos.

## LECCIONES APRENDIDAS

### PLAN DE COMUNICACIONES:

La comunicación estratégica debe ser entendida como un proceso participativo, ordenado, que permita trazar una línea de criterios que determinen el cómo atender y anticipar acciones oportunas que salvaguarden, la integridad de los colaboradores, equipos y maquinaria de forma temprana ante cualquier evento categorizado según su naturaleza y comportamiento.

El proceso de comunicación así entendido, debe comprometer a los elementos clave de la estructura, ya que de la legitimidad, de la identificación temprana y la clasificación dependerán en gran medida las reacciones oportunas de los distintos grupos de personas a quienes involucre el presente PPE.

## RESUMEN DE LECCIONES APRENDIDAS

### Aciertos

1. Aplicación de contenidos de Gestión para la Reducción del riesgo plasmados en el PPE.
2. Participación y organización de la Brigada encargada de la Divulgación del presente PPE.
3. Apropiación de experiencias (Realización de Simulacros)

### Desaciertos

1. Mejora involucramiento de algunos sectores Comunitarios.
2. Incumplimiento con algunos compromisos adquiridos por algunos sectores Comunitarios.

### Innovación

	<b>PLAN DE PREPARACION ANTE EMERGENCIAS (PPE)</b>	<b>PPE</b>	
		P á g i n a   <b>68</b>	Version #5
		Última actualización 10/03/2016	

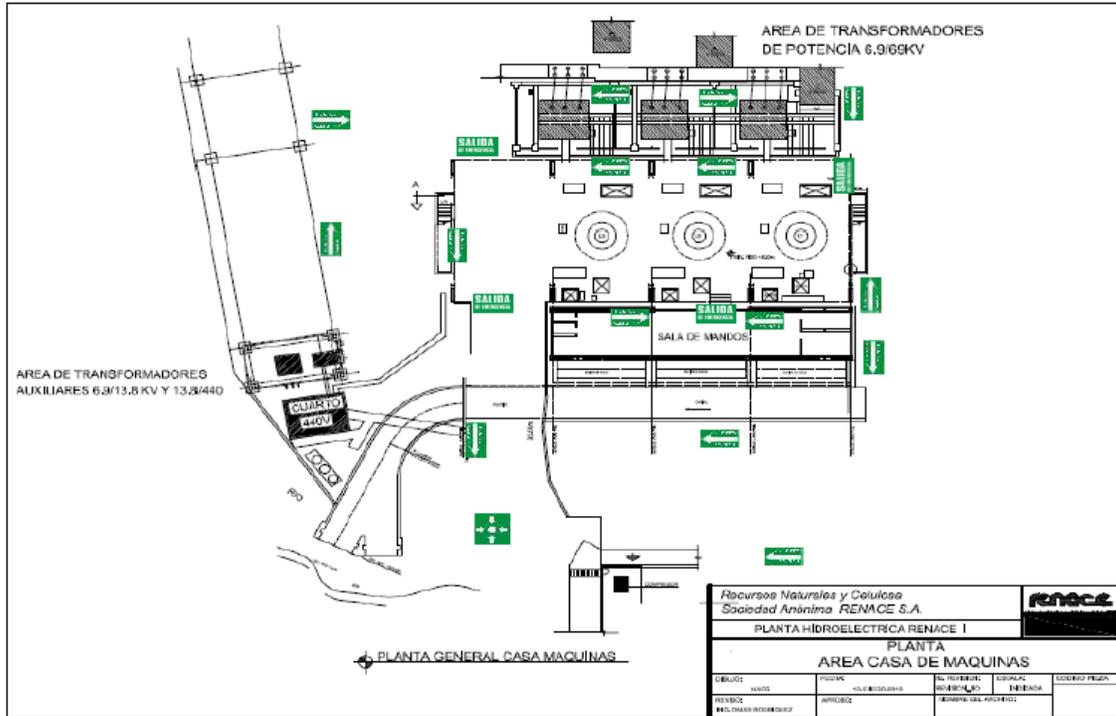
1. Sistematización de experiencias vividas en el tema.
2. Socialización del Plan de Preparación ante Emergencias propio de la central Renace 1.

**Replicabilidad. Porque?** Se considera necesario compartir las experiencias en vista de que todo evento de causa mayor considerado como Potencialmente peligroso, debe ser objeto de atención como tal y a su vez declararlo y Difundirlo oportunamente como emergencia y a su vez en el orden que se indica en Flujogramas.

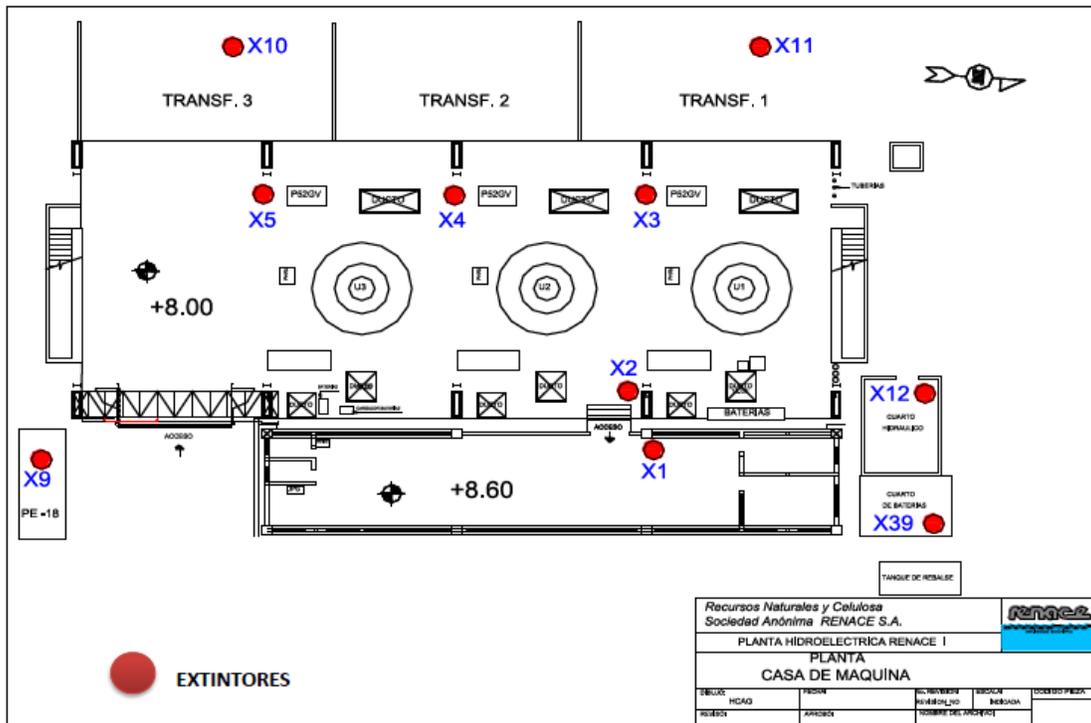
### **RECOMENDACIONES**

1. Gestionar oportunamente la implementación de un plan de Capacitaciones, así como los recursos financieros para dar cumplimientos al plan en términos de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional para los colaboradores de la central Renace 1, Ante cualquier evento Extraordinario declarado como emergencia.
2. Mejorar el Involucramiento de todos los actores del Flujograma de Notificaciones y Comité de Seguridad, y comunidades de Influencia.
3. Mejorar la promoción y divulgación por los medios de comunicación contemplados para el presente Plan de Preparación ante Emergencias
4. **Divulgación de la información en los idiomas Español y Keq'chi, en** cada comunidad participante o considerada dentro del área de Influencia de la Central Renace 1.
5. Brindar algún incentivo a las comunidades participantes en el Simulacro (diplomas).

**RUTAS DE EVACUACION**



**UBICACIÓN DE EXTINTORES PLANTA HIDROELECTRICA RENACE 1**



Recursos Naturales y Celulosa Sociedad Anónima RENACE S.A.					
PLANTA HIDROELECTRICA RENACE I					
PLANTA CASA DE MAQUINA					
SECCION	HUARD	PERSON	NÚMERO DE HUBER/LUGO	SECCION	COORDENADA
RELEVO	APROBADA		NOMBRE DEL INGENIERO		

## APÉNDICES

### APÉNDICE A:

#### SIGLAS Y GLOSARIO

AHC	Aprovechamiento Hidroeléctrico sobre el Río CAHABÓN
AMM	Administrador del Mercado Mayorista
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica
CONRED	Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastre
ETCEE	Empresa de Transmisión y Control de Energía Eléctrica
HRI	Hidroeléctrica Renace I
INDE	Instituto Nacional de Electrificación
NSP	Normas de Seguridad de Presas
PPE	Plan de Preparación ante Emergencias
Caudal crecida de diseño	Es el caudal de crecida más severo, ya sea volumen, pico, forma, duración y oportunidad, para el cual se ha diseñado una presa y las facilidades asociadas.
Crecida milenaria	Crecida que ocurre, en términos medios, una vez a cada mil años. Esto no significa; sin embargo, que si ocurre en determinada época, pasará un período de mil años para que ocurra otra similar o mayor. Siempre existe una probabilidad de que en cualquier año ocurra un evento de esa magnitud (probabilidad de excedencia anual es 0.001).
Crecida centenaria	Crecida que ocurre, en términos medios, una vez cada 100 años. Evento que tiene una probabilidad de excedencia anual de 0.01.
Cuenca tributaria	Área en la superficie que drena a un punto específico, tal como hacia un embalse, también conocido como área de cuenca hidrográfica.
Dueño de la presa	Empresa que tiene el título legal de propiedad del sitio de la presa, conducción, obras complementarias y embalse y es responsable de la seguridad de la presa.
Embalse	Cuerpo de agua embalsado o represado por una presa, inclusive sus orillas y bordes y cualquier obra o instalación necesaria para su operación
Emergencia	Cualquier condición, en términos de la operación de la presa, que se desarrolla naturalmente o inesperadamente, poniendo en riesgo la integridad de la presa, vida o propiedad aguas arriba o aguas abajo, y que requiere acción inmediata.
Estructuras Accesorias	Son las estructuras y equipo en un sitio del proyecto, diferentes a la misma presa, incluyen, pero no están

<p>Falla de la presa</p> <p>Personal de Operación y Mantenimiento Presa</p> <p>Riesgo</p> <p>Vulnerabilidad</p>	<p>limitadas a, facilidades tales como toma, torre, estructuras de la central eléctrica, túneles, canales, canal de carga, salida de fondo, tanques reguladores, mecanismos para izar compuertas incluyendo sus soportes y todas sus facilidades para la disposición y control crítico del agua. También se incluye el equipo de abastecimiento de energía de reserva y el control eléctrico y mecánico, ubicados en la central eléctrica o en los centro de control remoto.</p> <p>Desprendimiento descontrolado de un embalse a través del colapso de la presa de alguna parte del sistema.</p> <p>Es el personal calificado trabajando en el sitio de la presa. Es la barrera o dique construido con el propósito de permitir el almacenamiento o desviación de agua. Y tal como se define en este documento, incluye estructuras accesorias, secundarias, necesarias o en conexión con la barrera.</p> <p>Amenaza o condición que puede resultar de una causa externa; por ejemplo, una crecida, con el potencial para crear consecuencias adversas.</p> <p>Grado de debilidad, susceptibilidad o exposición ante una amenaza; por ejemplo, una crecida</p>
---	---

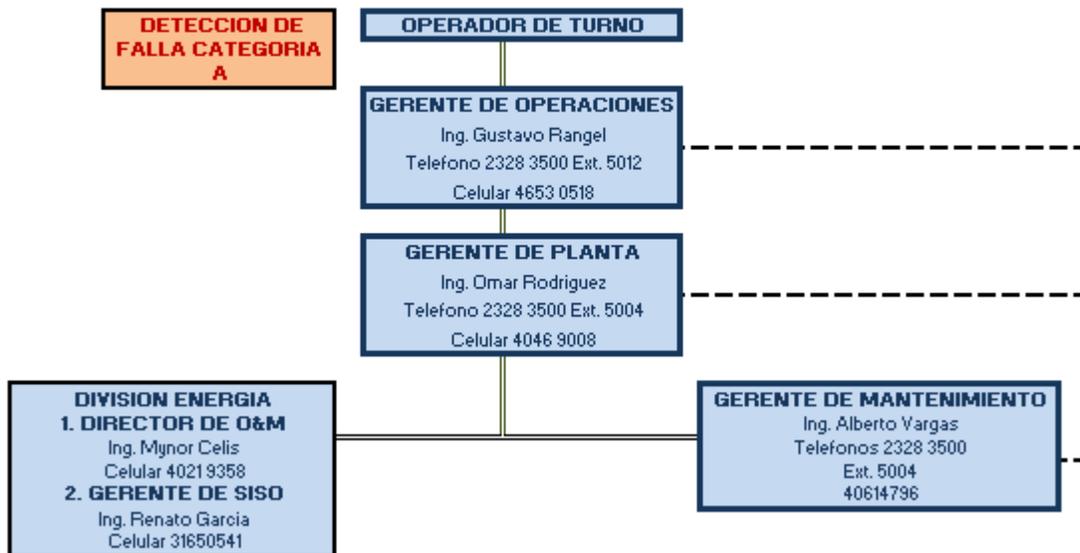


## APÉNDICE B:

# DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS NOTIFICACIONES CATEGORIA A

### PRESA DE LA HIDROELECTRICA RENACE 1

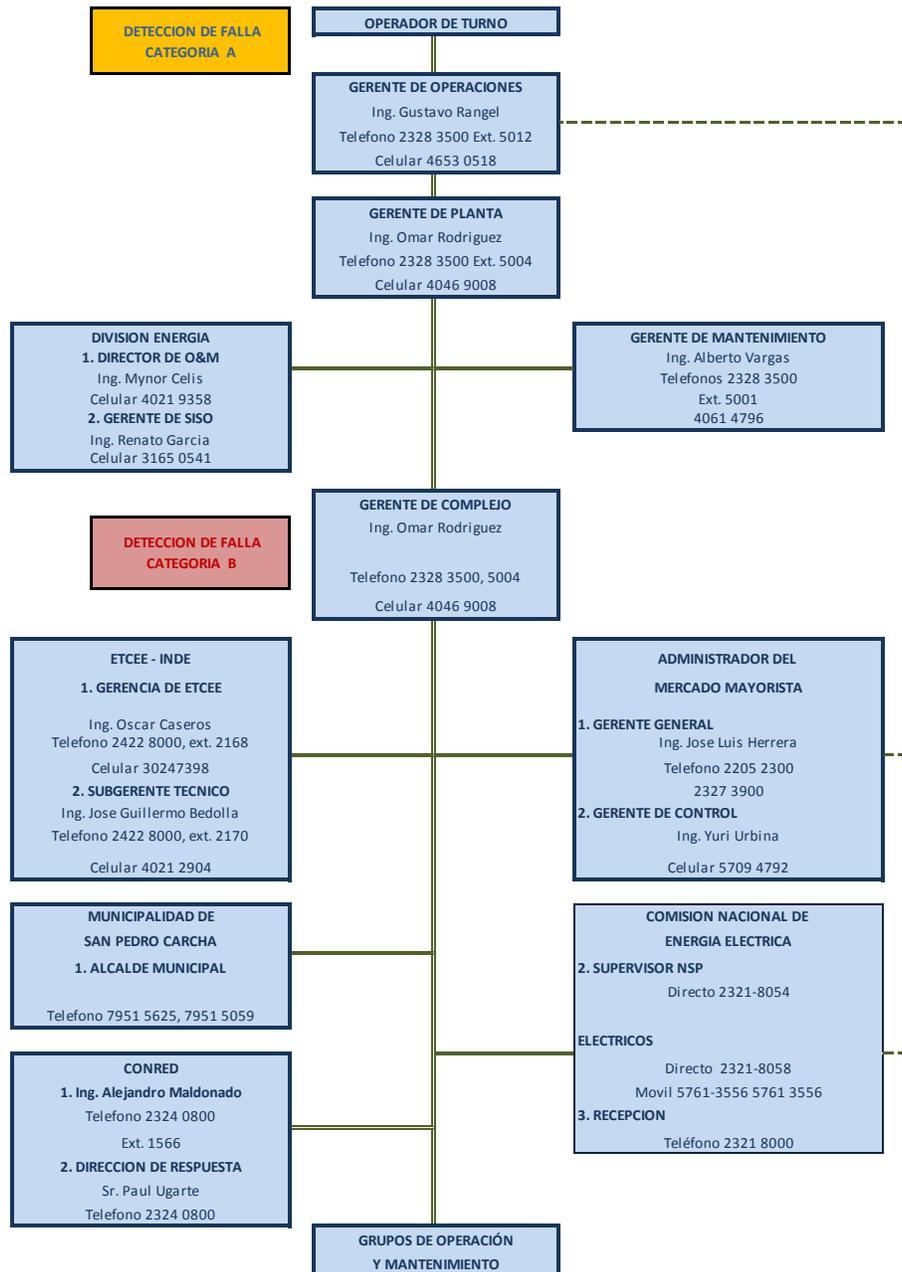
#### FLUJograma DE NOTIFICACIONES PARA FALLAS DE CATEGORIA A



# DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS NOTIFICACIONES CATEGORIA A Y B

## PRESA DE LA HIDROELECTRICA RENACE 1

### FLUJOGRAMA DE NOTIFICACIONES PARA FALLAS DE CATEGORIA A Y B



## APÉNDICE C:

### FICHA DE INFORMES DE EVENTOS ANORMALES

#### FICHA DE INFORME DE EVENTOS ANORMALES

Fecha..... Hora.....

Observador.....

Teléfono del observador.....

Naturaleza del problema.....

.....

.....

.....

Extensión del área del problema.....

Caudal y color (en caso de filtraciones).....

Nivel del embalse.....

Está empeorando la situación?.....

Gravedad de la situación?.....

Condiciones del clima.....

Comentarios adicionales.....

.....

.....

.....



## APÉNDICE D:

### FOTOS DEL SISTEMA Y AREA DE INFLUENCIA



**Foto F.1 Presa tipo vertedero de derivación, vista hacia aguas abajo.**



**Foto F.2 Cauce del río Cahabón y embalse provocado por la presa, inmediatamente aguas arriba de la misma. Vista hacia aguas arriba.**



**Foto F.3 Inicio de Canal de Conducción, dejando la Toma (intake), con su sistema de rejillas y compuertas.**



**Foto F.4 Vista del muro derecho del Canal de Conducción, camino de mantenimiento a lo largo del mismo y cauce del río Cahabón, lado derecho de la foto.**



**Foto F.5** Cauce del río Cahabón, al final del tramo I de canal abierto (2,100 m aguas abajo de la presa) e inicio del túnel. Sección de cauce típica del río, en prácticamente todo su recorrido hasta aguas abajo de la Casa de Máquinas. Al lado derecho se aprecia el final del canal del tramo I



**Foto F.6** Vista, hacia aguas abajo de la transición del canal hacia el túnel.



**Foto F.7 Vista típica del cauce del río Cahabón y lo empinado de sus laderas, en el tramo entre la presa y la casa de máquinas.**



**Foto F.8 Vista de embalse de regulación diaria en aldea Chiguarrom.**



**Foto F.9 Vista general de la tubería presurizada y la casa de máquinas.**



**Foto F.10 Vista del sitio de casa de máquinas sobre la plataforma de 12 m arriba del cauce del río.**

## APÉNDICE E:

### REGISTRO DE ACTUALIZACIONES DEL PPE

FECHA	ACTUALIZADO POR	AGREGADO	OBSERVACIONES
AGOSTO 2011	LOG Ingenieria,S.A.		Elaboración del primer PPE
FEBRERO 2014	RENACE	Embalse de Regulación Diaria	Primer Actualización
Marzo 2016	RENACE	Mapa de Inundaciones y Lecciones Aprendidas del Simulacro 2015	

### MAPA DE INUNDACIONES CENTRAL HIDROELECTRICA RENACE



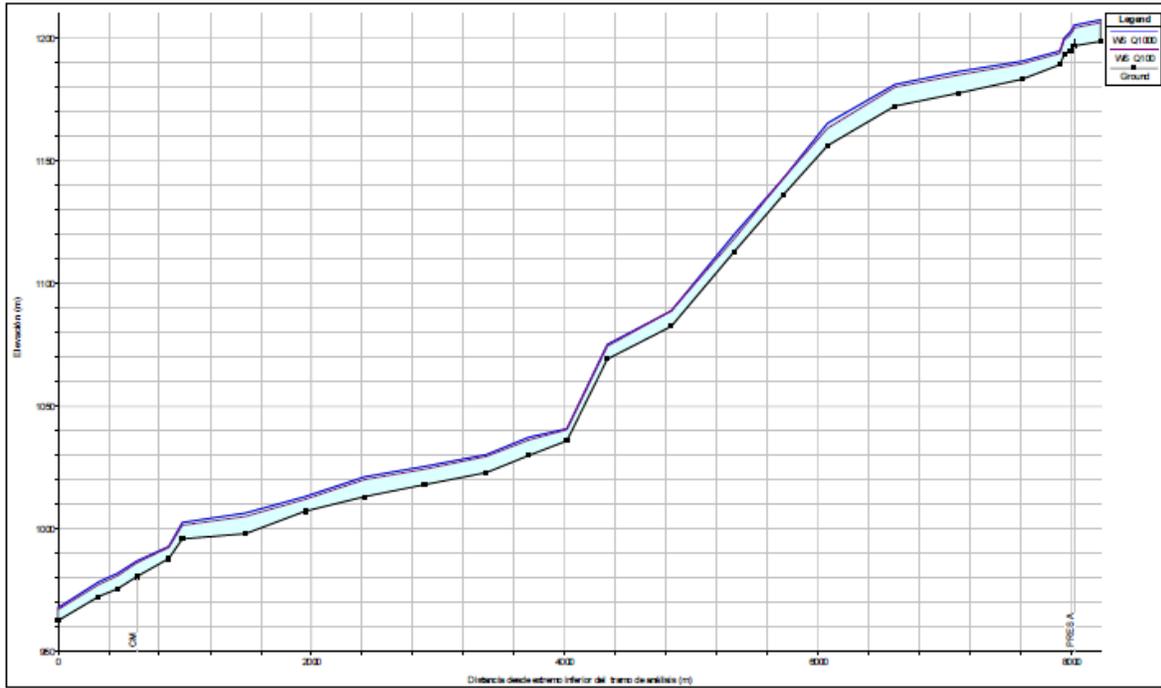


Fig. 8 Perfil del tramo sujeto de análisis, en condiciones con falla de presa y canal de conducción.

Cuadro 1 Valores de variables hidráulicas relevantes en la sección del río, a la altura de la casa de máquinas.

Q (m <sup>3</sup> /s)	E <sub>min</sub> (msnm)	E <sub>w</sub> (msnm)	S (-)	V (m/s)	H (m)
1252	980.5	986.94	0.032	1.27	6.44
802	980.5	986.03	0.036	1.20	5.53

E<sub>min</sub> = elevación del talweg (punto más profundo del cauce), E<sub>w</sub> = elevación del nivel del agua, S = pendiente hidráulica, V = velocidad media del agua, H = tirante de agua, desde el fondo del cauce.

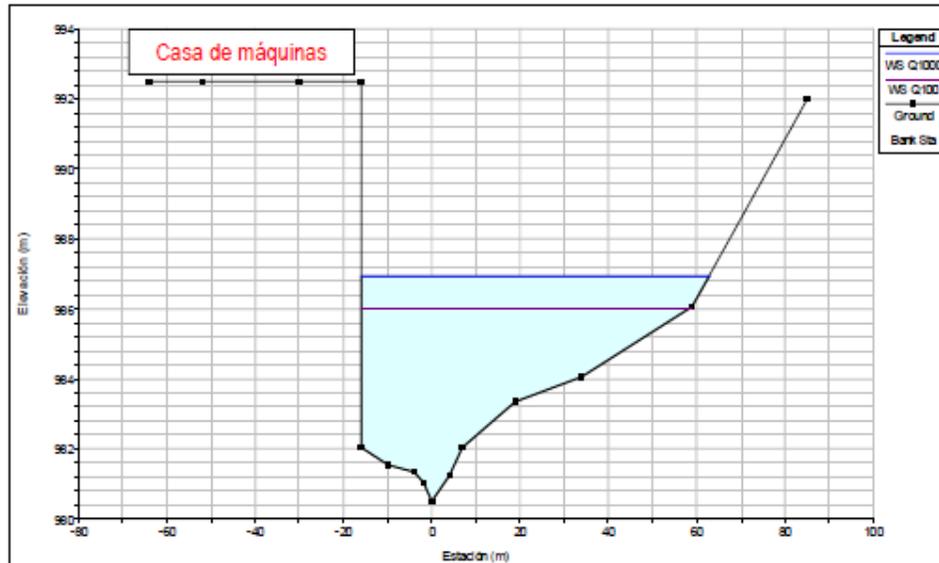


Fig. 5 Sección hidráulica a la altura de la casa de máquinas, con el escenario con falla de presa y canal. Q1000 y Q100, es el nivel del agua para la crecida milenaria y centenaria, respectivamente.

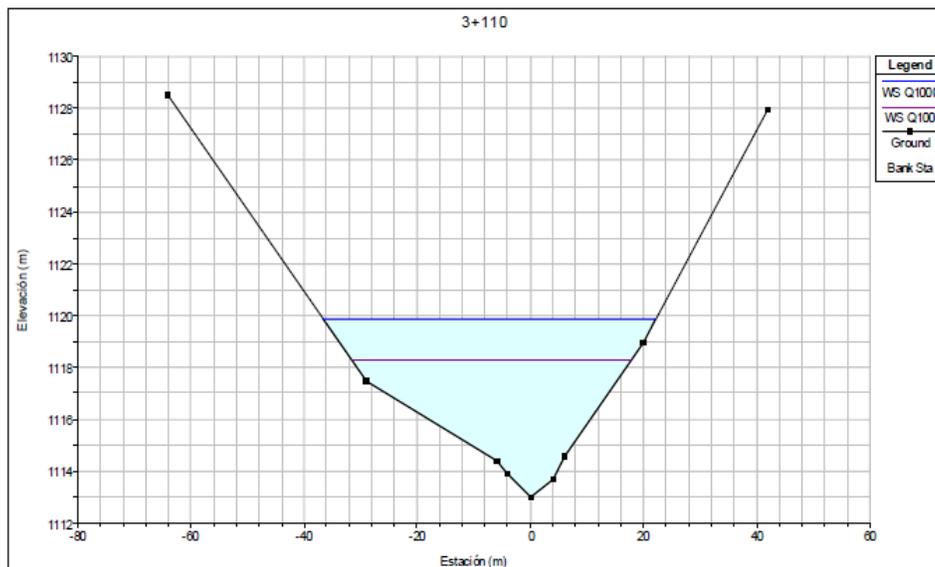


Fig. 6 Sección hidráulica a una distancia de 3.11 km de la presa.

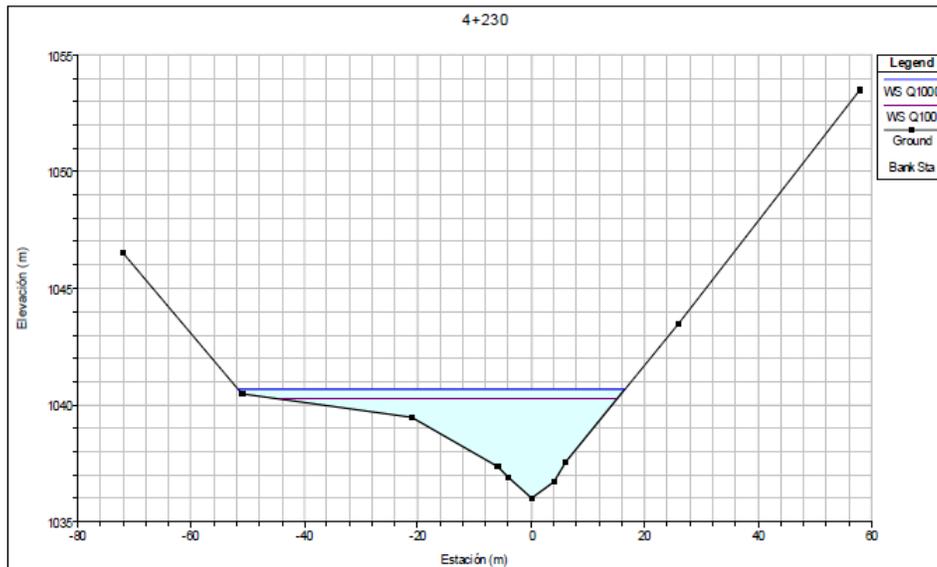


Fig. 7 Sección hidráulica a una distancia de 4.23 km de la presa.

## APÉNDICE F:

### LISTADO OFICIAL DE POSEEDORES DE EJEMPLARES DEL PPE

#### LISTADO OFICIAL DE POSEEDORES DE EJEMPLARES DEL PPE

NOMBRE	POSICION/CARGO	INSTITUCION/EMPRESA
Ing. Omar Rodríguez	Gerente de planta	Hidroeléctrica RENACE I
Ing. Mynor Celis	Director de O&M	DIVISION ENERGIA
Ing. Adolfo Palencia	O&M de planta	O&M DE PLANTA
Ing. Oscar Caceros	Gerente General	ETCCE
Ing. José Luis Herrera	Gerente General	ADMINISTRADOR DEL MERCADO MAYORISTA
	Alcaldía Municipal	MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO CARCHA A.V.
	Supervisor NSP	COMISION NACIONAL DE ENERGIA ELECTRICA
Ing. Alejandro Maldonado	Conred	CONRED

Nota: Cada organismo o institución será responsable de proporcionar una copia del PPE a al personal de su Dependencia que deba ejecutar las acciones indicadas en el PPE.

**El presente Plan de Preparación ante Emergencias de la Presa “Central Hidroeléctrica RENACE I”, corresponde a la Cuarta Edición y se recomienda actualizarse anualmente. Guatemala, 2016.**