

# **HIDROELÉCTRICA SAN LORENZO S.A.**

## **CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN LORENZO**

### **PLAN DE ACCIÓN DURANTE EMERGENCIAS (PADE)**

Preparado por:  
Ambrosio Ramos

Aramos Hidro, S.A.  
[aramos@aramoshidro.com](mailto:aramos@aramoshidro.com)

NOVIEMBRE, 2013

# **HIDROELÉCTRICA SAN LORENZO S.A.**

## **CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN LORENZO**

### **PLAN DE ACCIÓN DURANTE EMERGENCIAS (PADE)**

Preparado por:  
Ambrosio Ramos

Aramos Hidro, S.A.  
aramos@aramoshidro.com

NOVIEMBRE, 2013

## Contenido

ABREVIATURAS .....	5
UNIDADES .....	5
1. PROPÓSITO DEL PADE.....	6
2. DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN LORENZO.....	7
2.1 Ubicación Regional.....	7
2.2 Características de la Central Hidroeléctrica San Lorenzo. ....	10
2.3. Descripción de las Estructuras de la Central Hidroeléctrica .....	13
2.3.1. Presa .....	13
2.3.2. Aliviadero.....	14
2.3.3. Descarga de Fondo .....	14
2.3.4. Sitio de toma.....	15
2.3.5. Desripador .....	15
2.3.6. Sistemas de Instrumentación de la Presa .....	15
2.3.7. Toma Ecológica .....	15
2.3.8. Canal de conducción .....	15
2.3.9. Tanque de carga.....	16
2.3.10. Tubería de presión.....	16
2.3.11. Casa de Máquinas.....	16
2.3.12. Canal de descarga de casa de máquinas.....	16
2.3.13. Subestación e Interconexión eléctrica .....	16
2.3.14. Caminos .....	17
2.3.15. Equipos Hidromecánicos de la presa San Lorenzo .....	17
2.3.16. Equipos Electromecánicos de la Central San Lorenzo .....	17
3. CRITERIOS Y PARAMETROS DE DISEÑO.....	19
4. RESPONSABILIDADES GENERALES BAJO EL PADE.....	20
4.1. Responsabilidades del Dueño.....	20
4.2. Responsabilidades de Notificación.....	20
4.3. Responsabilidades de Evacuación.....	20
4.4. Responsabilidades de Terminación y Seguimiento.....	20
4.5. Responsabilidad de Coordinador del PADE.....	20
5. DETECCIÓN DE LA EMERGENCIA, EVALUACIÓN Y CLASIFICACIÓN.....	21
5.1. Definición de los Tipos de Alertas.....	21
5.1.1. Alerta Blanca.....	22
5.1.2. Alerta Verde.....	22
5.1.3. Alerta Amarilla.....	22
5.1.4. Alerta Roja.....	23
5.2. Descripción de la Amenaza de Falla en la Presa San Lorenzo.....	23

5.3 Descripción de la Amenaza de Crecida.....	24
5.4. Causas de Declaración de la Emergencia.....	24
5.5. Determinación del Nivel de Emergencia.....	26
5.5.1. Umbrales Para los Distintos Sucesos.....	26
5.5.2. Umbrales Asociados a Avenidas.....	26
5.5.3. Umbrales Asociados a Sismos.....	27
5.5.4. Umbrales Asociados a la Inspección y Pruebas.....	27
5.5.5. Umbrales Asociados a la Auscultación.....	29
5.6. Evaluación de las Emergencias.....	29
5.6.1. Indicadores de Nivel del Embalse:.....	29
5.6.2. Indicadores de Actividad Sísmica:.....	29
5.6.3. Inspección a las Estructuras:.....	29
5.7. Conclusión de la Emergencia.....	29
6. ACCIONES DURANTE EMERGENCIA.....	30
6.1. Paso 1: Detección del Evento.....	30
6.2. Paso 2: Determinación del Nivel de Emergencia.....	30
6.3. Paso 3: Niveles de Comunicación y Notificación.....	31
6.3.1. Modelo de Notificaciones.....	31
6.3.2. Flujo de Notificaciones.....	32
6.4. Paso 4: Acciones Durante la Emergencia.....	37
6.4.1. Definición de las Acciones de Emergencia:.....	37
6.4.2. Formulario de Registro de Evento.....	38
6.5. Paso 5: Terminación.....	38
7. MAPA DE INUNDACION.....	39
7.1. Estudio de Situaciones de emergencia.....	39
7.2. Estudio de Afectación de la Ribera de Embalse y Valle.....	40
7.3 Análisis Hidráulico.....	41
7.4 Resultados.....	41
7.5 Mapas de Inundación.....	41
7.6 Descripción de la Zona Potencialmente Inundable.....	42
7.7. Descripción de las Afectaciones de las Crecidas.....	42
7.7.1. Crecida Ordinaria 1:50 años.....	42
7.7.2. Crecida Extraordinaria 1:100 años.....	42
7.7.3. Colapso en Condición Operación Normal.....	43
7.7.4. Colapso durante Crecida Extraordinaria.....	43
7.7.5. Apertura Súbita de Compuertas.....	43
7.7.8. Falla del relleno en el canal de conducción.....	43
7.7.9. Falla de la estructura de la cámara de carga.....	44
7.8. Recomendaciones para el Plan de Emergencia.....	44
8. ANEXOS.....	45

**ANEXO A** - Formulario para Registro de Eventos.

**ANEXO B** - Mapas de Inundación CH San Lorenzo.

**ANEXO C** - Planos Como Construidos de la Central Hidroeléctrica San Lorenzo.

**ANEXO D** - Análisis Hidráulico del Río Fonseca.

**ANEXO E** - Directorio de Contactos Alternativos.

**ANEXO F** - Plan de Simulacro para Emergenias.

## ABREVIATURAS

ASEP	Autoridad de los Servicios Públicos
B	ancho
CH	Central Hidroeléctrica
E	Este
El.	Elevación
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Centers River Analysis System
HIDROMET	Departamento de Hidrometeorología de ETESA
N	Norte
NMON	Nivel máximo de operación normal
PADE	Plan de Acción Durante Emergencias
PEAD	Polietileno de Alta Densidad
PGA	Aceleración pico de nivel de roca
PVC	Policloruro de Vinilo
Qfalla	Caudal de falla
REP	Reglamento Estructural Panameño
S.A.	Sociedad Anónima
SIN	Sistema Interconectado Nacional
SINAPROC	Sistema Nacional de Protección Civil
TR	Periodo de Retorno
UTESEP	Unidad Técnica de Seguridad de Presas
UTM	Universal Transverse de Mercator

## UNIDADES

g	aceleración de la gravedad de la tierra (9.81 m <sup>2</sup> /s)
Ha	Hectárea
Km	Kilómetro
Km <sup>2</sup>	Kilómetro cuadrado
Kv	Kilo voltio
m	metro
m/s	metro por segundo
m <sup>3</sup>	metro cúbico
m <sup>3</sup> /s	metro cúbico por segundo
m.c.a.	metro de Columna de Agua
mm	milímetro
msnm	metros sobre nivel del mar
MW	Mega Watt
MVA	Megavoltioamperio
rpm	Revoluciones por minuto
Hz	Hertz
t	Toneladas

## **1. PROPÓSITO DEL PADE.**

El plan de acción durante emergencias (PADE), define las responsabilidades y presenta los procedimientos para identificar, evaluar, clasificar y notificar a los organismos responsables sobre las emergencias que puedan ocurrir en las estructuras de la Central Hidroeléctrica San Lorenzo, ó las causadas por el fallo de su presa, de acuerdo a las Normas de Seguridad de Presas establecidas según Resolución AN N°. 3932-Elec del 22 de octubre de 2010, por la Autoridad de los Servicios Públicos de la República de Panamá (ASEP). Además, el PADE debe instruir sobre las acciones para mitigar los efectos de tales emergencias y salvaguardar la vida y bienes de la población que se encuentran aguas abajo de esta estructura.

El propósito fundamental del PADE es contribuir a eliminar ó reducir el riesgo de fallo de la presa San Lorenzo, por lo que resulta esencial en cada caso identificar las situaciones que puedan suponer un peligro potencial para su seguridad, junto con la organización de las respuestas y acciones apropiadas.

Si a pesar de las actuaciones no fuera posible evitar la rotura o avería grave de las estructuras de la Central, el PADE, prevé la comunicación e información a través de los correspondientes sistemas de transmisión, de alertas a las autoridades competentes y en su caso a la población potencialmente afectada, para que se adopten las medidas oportunas con el fin de reducir o eliminar los daños e impactos aguas abajo.

El PADE de la Central Hidroeléctrica San Lorenzo, en resumen, permitirá identificar las emergencias, proveer los procedimientos para actuar en tales circunstancias y diseñar los diagramas de aviso.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN LORENZO.

### 2.1 Ubicación Regional.

Esta Central se encuentra ubicada en el corregimiento de Boca del Monte, distrito de San Lorenzo, provincia de Chiriquí, República de Panamá.

Se encuentra situada aproximadamente a 45 km al este de la ciudad de David, y se accede desde la ciudad de Panamá por la carretera Interamericana hasta la intersección de la entrada a los poblados de Horconcitos y Boca del Monte. Se continúa 2.5 km con rumbo noroeste, hasta el poblado de Boca del Monte, y unos 9 km después, pasando por el poblado de Sábalo, se llega al lugar del emplazamiento, en la orilla oeste del Río Fonseca.

En la figura N° 1 y N° 2 se presenta la ubicación regional y provincial de la Central Hidroeléctrica San Lorenzo.

La localización de la Central Hidroeléctrica se ubica entre las siguientes coordenadas geográficas:

**Cuadro N°1 – Coordenadas de ubicación regional de las estructuras de la CH San Lorenzo**

Nombre de la estructura	Coordenadas NAD 27		Coordenadas WGS 84	
	Este	Norte	Este	Norte
Presa	380252	928840	380270	929047
Toma y Desripiador	380324	928835	380342	929042
Canal de conducción Pto. Inicio	380305	928755	380323	928962
Canal de conducción Pto. Final	380654	928015	380672	928221
Cámara de Carga	380662	927976	380680	928182
Tubería a Presión	380673	927929	380691	928135
Casa de Máquinas	380673	927886	380691	928093
Pto. Inicio Canal de Descarga	380700	927799	380718	928006
Pto. Final Canal de Descarga	380755	927727	380774	927933

En la Figura N°3 se puede observar que no existen presas aguas arriba de la presa San Lorenzo ni aguas abajo de la Central.



**Figura N° 1 – Mapa de ubicación regional de la Central Hidroeléctrica San Lorenzo**



**Figura N° 2 – Ubicación Provincial de la Central Hidroeléctrica San Lorenzo**

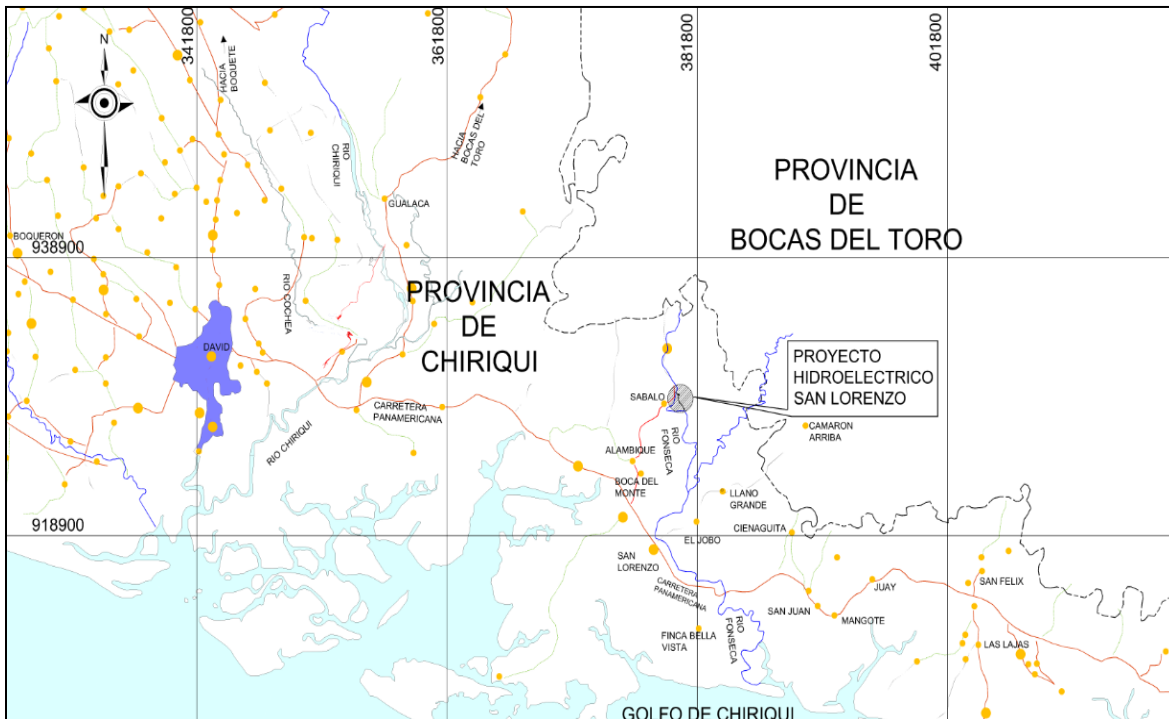
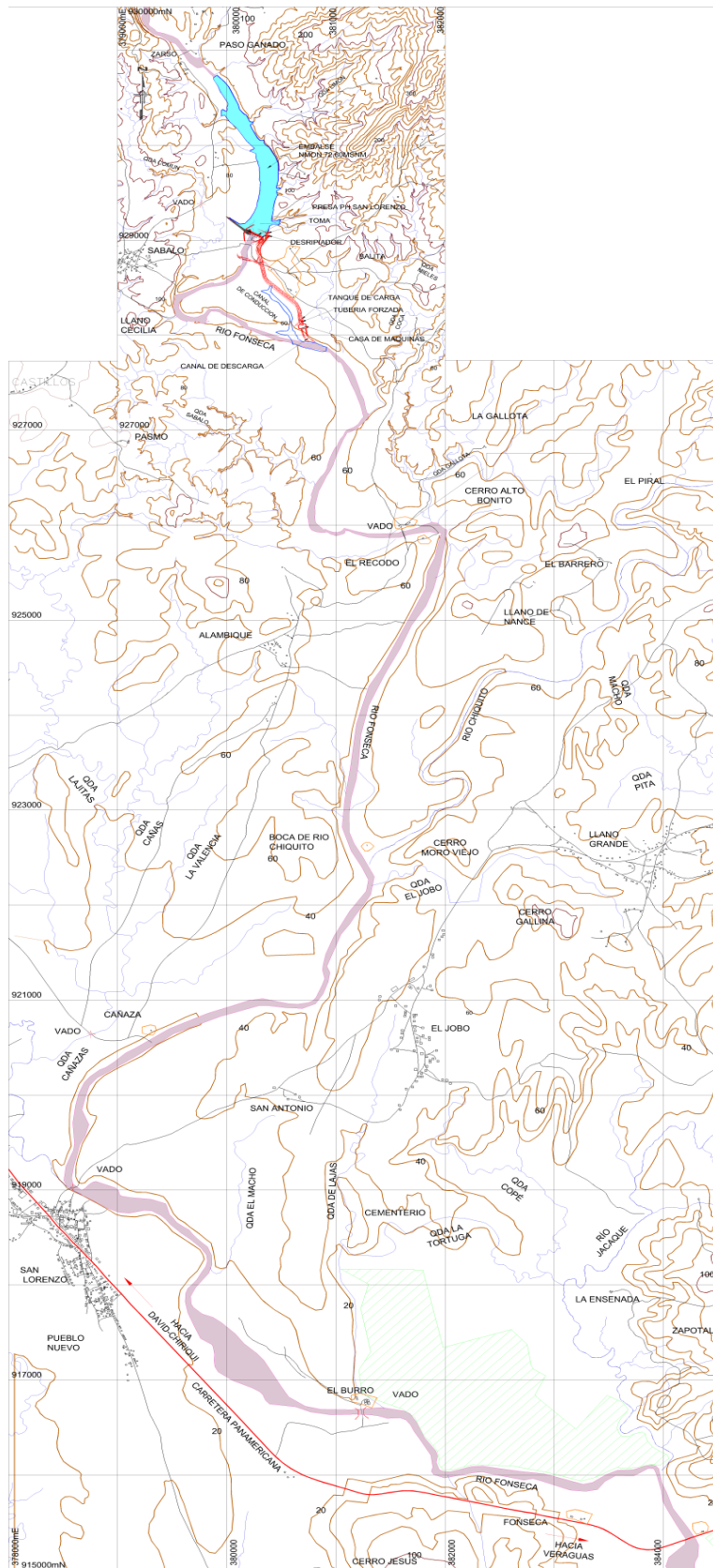


Figura Nº 3 – Localización General de la Central Hidroeléctrica San Lorenzo



## 2.2 Características de la Central Hidroeléctrica San Lorenzo.

Las características principales de la CH San Lorenzo se presentan en el siguiente cuadro:

**Cuadro N°2 – Características principales de la CH San Lorenzo**

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
<b>Generalidades</b>	
Área de la cuenca	528 km <sup>2</sup>
<b>Caudales</b>	
Caudal medio del río	50.90 m <sup>3</sup> /s
Caudal de diseño	54.00 m <sup>3</sup> /s
<b>Cotas presa</b>	
Nivel Máximo de Operación Normal (NMON)	72.60 msnm
Nivel Mínimo de Operación Normal (NmiON)	71.74 msnm
Nivel eje distribuidor	54.04 msnm
Nivel Máx. de agua (Av. 100 años)	73.31 msnm
<b>Embalse</b>	
Volumen útil	196539 m <sup>3</sup>
Volumen total	983964 m <sup>3</sup>
<b>Presa – vertedero Concreto de Gravedad</b>	
Cota de la cresta	68.60 msnm
Cota de Cimentación	Variable entre 59.00 y 60.00 msnm
<b>Presa de material suelto</b>	
Cota de la cresta	74.50 msnm
Longitud de la cresta	277 m
<b>Vertedero Principal Concreto</b>	
Caudal de diseño TR=1:100 años	2,001 m <sup>3</sup> /s
Nivel de cresta clapetas bajas	68.6 msnm
Nivel de cresta clapetas arriba	72.60 msnm
Longitud de vertido	100 m
<b>Descarga de Fondo</b>	
Dimensión	3m x 3.055 m
Número de compuertas deslizantes	2
Cota de piso	62.50 msnm
Caudal máximo de descarga	94 m <sup>3</sup> /s
<b>Limpieza Desripiador</b>	
Dimensión	2m x 2m
Número de compuertas deslizantes	1
Cota de piso	64.10 msnm
<b>Canal de conducción (trapezoidal de concreto reforzado)</b>	
Ancho base	5.00 m
Longitud total	723 m
Pendiente	0.0396%

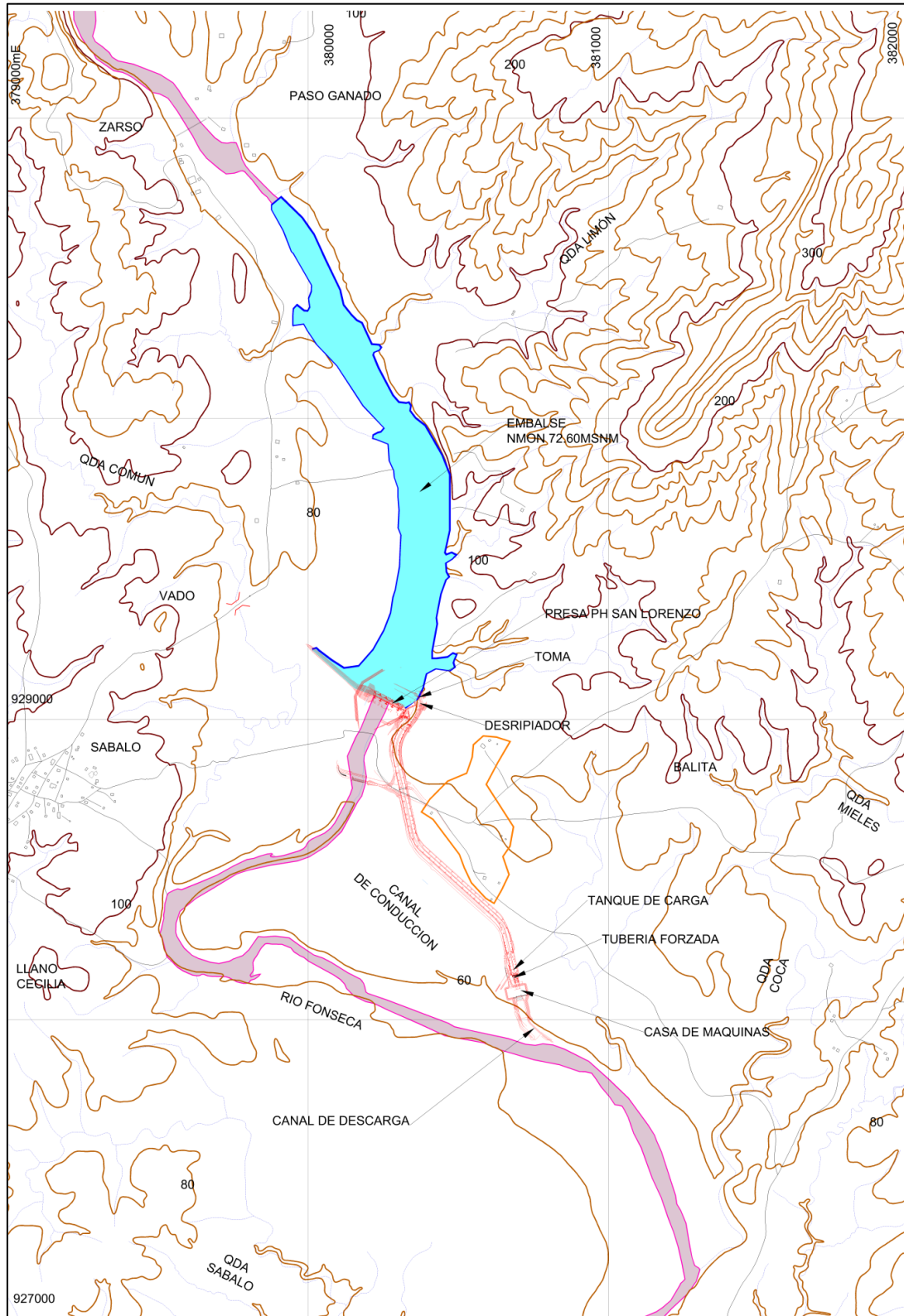
Característica	Descripción
<b>Tanque de carga concreto</b>	
Ancho	20.00 m
Alto	5.15 m
Longitud	67.20 m
<b>Tubería de Presión soterrada de acero - ASTM A572 Gr. 50</b>	
Longitud	28.85 m
Diámetro	3.50 m
<b>Casa de Máquinas</b>	
Tipo	concreto reforzado y acero
Dimensiones (largo, ancho, altura)	33.36m, 14.85m, 9.35m
<b>Datos Nominales</b>	
Capacidad nominal de turbinas	2 x 4,350 kw
Generación media anual	42.1 GWh
Elevación eje turbina	54.04 msnm
Factor de planta	0.56

La Central Hidroeléctrica San Lorenzo está compuesta de las siguientes estructuras:

- ✓ Presa
- ✓ Toma y Desripiador
- ✓ Canal de Conducción
- ✓ Cámara de Carga
- ✓ Tubería a presión
- ✓ Casa de máquinas
- ✓ Canal de descarga

La Figura N°4, presenta un esquema general de la Central Hidroeléctrica San Lorenzo.

Figura Nº4 – Esquema general de la Central Hidroeléctrica San Lorenzo



## 2.3. Descripción de las Estructuras de la Central Hidroeléctrica

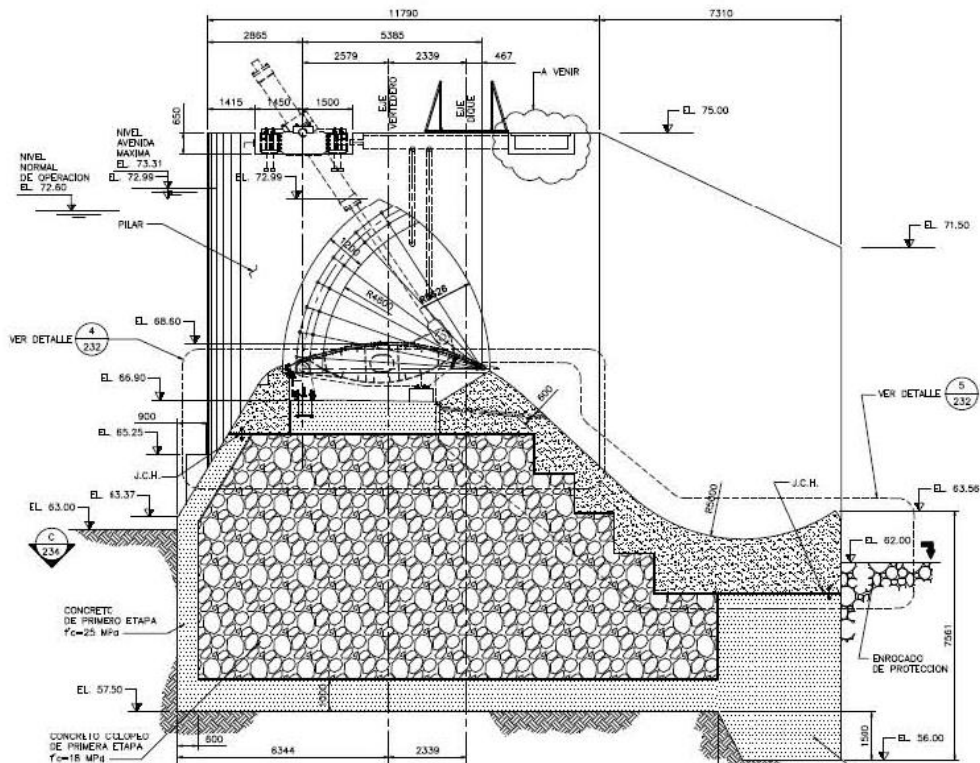
### 2.3.1. Presa

La Central cuenta con una presa, compuesta de un vertedero y un dique de materiales sueltos.

#### ✓ Presa Vertedora

La sección vertedora es de gravedad de concreto. Tiene una altura máxima de 9.6m, cresta es de 116m de largo. La cota de la cimentación varía entre la elevación 59 y la 60 msnm. Compuesta de cuatro pilas de 2 m de ancho y cinco vanos de 20 m de ancho. La coronación de las pilas se sitúa a la cota 75.00 msnm. El vertedero cuenta con 5 compuertas tipo clapeta, las cuales permiten vertidos sobre su cresta en una longitud de 100 m, el nivel de cresta con las clapetas bajas se definió en la cota 68.60 msnm, el nivel máximo de las clapetas levantadas está en la cota 72.60 msnm. La presa cuenta con un salto de esquí aguas abajo, para evitar la socavación en la zona inmediatamente aguas abajo de ella, durante los vertidos.

Figura N°5 – Sección vertedora de la presa San Lorenzo

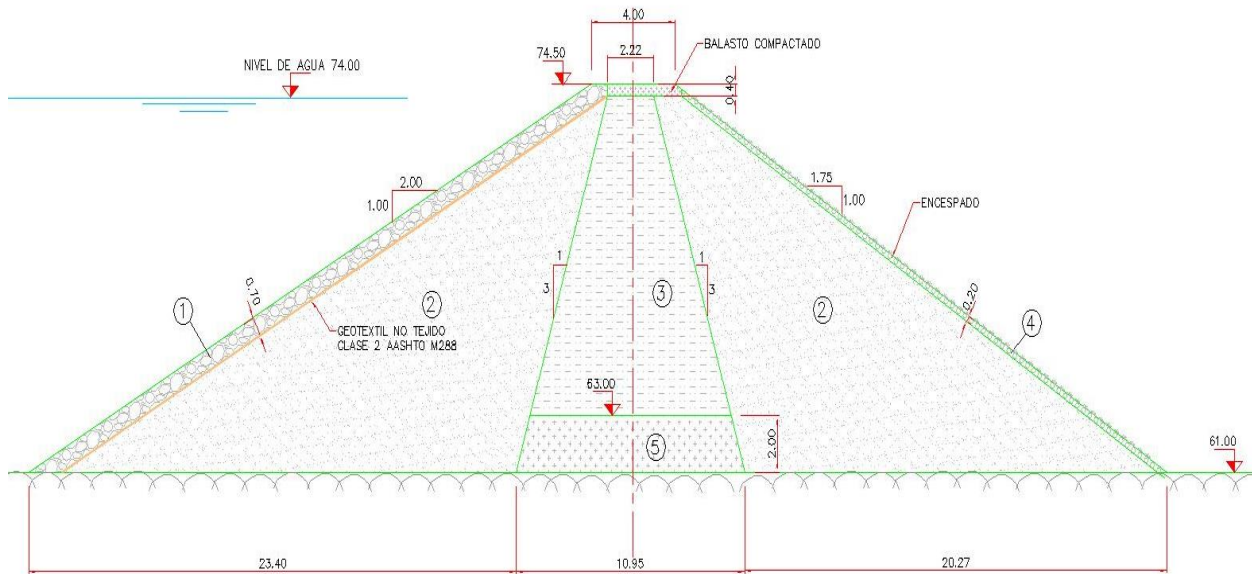


#### ✓ Dique de materiales sueltos

El cierre del río Fonseca, se realiza a través de una presa de materiales sueltos ó dique derecho. La elevación de la coronación del dique derecho es la 74.50 msnm. El dique tiene un ancho de cresta de

4.00m y una longitud de 276.90 m. La zonificación del dique consta de tres tipos de materiales. Los espaldones aguas arriba y aguas abajo del dique están compuestos de enrocado. El espaldón aguas arriba tiene un talud 2:1 (H:V) y el espaldón aguas abajo tiene un talud de 1.75:1 (H:V). La zona central del dique corresponde a la parte impermeable, la cual, está compuesta de arcilla. Los taludes de esta zona son 1:3 (H:V). La zona lateral derecha al núcleo de arcilla está compuesta de material de relleno.

**Figura Nº6 – Sección del dique derecho de la presa San Lorenzo**



### 2.3.2. Aliviadero

El vertedero es del tipo móvil, equipado con 5 compuertas tipo clapeta, abatibles por sobre la cresta, ver los planos como construidos en el ANEXO C.

El vertedero está concebido para evacuar un caudal de  $2,001 \text{ m}^3/\text{s}$  a la cota 73.50 msnm, el cual corresponde al pico de caudal resultante de la creciente de período de retorno de 100 años.

### 2.3.3. Descarga de Fondo

La descarga de fondo es un conducto rectangular de concreto de 3.0 m de ancho x 3.055 m de alto controlado por una compuerta radial. El nivel de fondo del umbral de la descarga de fondo se ubica a la cota 62.50 msnm.

Aguas abajo de la estructura de control, un canal de concreto de 10.40 m de longitud y una pendiente de fondo del 3.8% conducirá el caudal evacuado del embalse hacia el cauce del río Fonseca.

La compuerta de la descarga es tipo radial y es operada por medio de un sistema de izaje hidráulico. La compuerta opera bajo presiones equilibradas. La elevación de la solera de la compuerta es la cota 62.50

msnm, mientras que la clave se encuentra a la cota 65.555 msnm. La carga de agua máxima de diseño es de 10.85 m.

Para dar mantenimiento a la compuerta se ha provisto una ataguía deslizante tipo vagón de 3.0 m de ancho x 3.055 m de alto, colocada en un ducto aguas arriba de la compuerta principal. Como esta compuerta se ha dispuesto para labores de mantenimiento, durante la operación normal permanecerá siempre abierta.

#### **2.3.4. Sitio de toma**

La elevación del piso de entrada a la toma es la cota 68.60 msnm con un ancho total de 30.2 m. Esta obra consta de dos orificios de 14.6 m de ancho, por 3.5 m de altura (entre las cotas 68.60 y 72.10 msnm), protegido por columnas verticales de hormigón.

#### **2.3.5. Desripador**

El desripador tiene un canal de limpieza de 2 m de ancho, una compuerta de limpieza al inicio de 2 m x 2 m y dos compuertas al final de 3.5 m x 3.0 m, la solera de esta se encuentra en la cota 69.00 msnm. Cuenta con un vertedero de excedencias lateral descarga en la cota 72.60, la longitud de vertido es de 31.70 m.

#### **2.3.6. Sistemas de Instrumentación de la Presa**

El sistema de instrumentación consiste en piezómetros abiertos, monumentos superficiales y aforos con medidores de caudales aguas abajo, para monitorear las posibles infiltraciones que se puedan producir a través del dique.

#### **2.3.7. Toma Ecológica**

Se ha construido temporalmente un muro de concreto reforzado donde será ubicada la toma ecológica. La toma, tendrá una capacidad de diseño de 7.5 m<sup>3</sup>/s, el cual será conducido hacia una mini central, permitiendo aprovechar el caudal ecológico.

#### **2.3.8. Canal de conducción**

El canal de conducción tiene forma trapezoidal de concreto de 5 m de ancho en su base y 883 m de longitud, con una pendiente de fondo de 0.0396%. Sus paredes laterales tiene una inclinación de 1.5H:1V, el nivel superior del canal está en la cota 74.00 msnm, con una altura en la base variable entre la cota 68.65 msnm y 69.00 msnm. Al final del canal de conducción inicia una transición hacia el tanque de carga.



### **2.3.9. Tanque de carga**

La geometría del canal en su zona inicial tiene fondo variable, su lado derecho cuenta con un vertedero de excedencias de 20 m de ancho. Cuenta con un canal y compuerta de limpieza plana tipo vagón, ubicada en la cota 62.07 msnm. Posterior a la compuerta inicia un conducto de limpieza de 2 m x 2 m, seguida de una pantalla de rejillas.

Le sigue un abocinamiento de la sección, seguido de dos compuertas 3.5 m x 3.5 m, tipo vagón, ubicada en la cota 64.47 msnm. Se ubican nichos aguas arriba y aguas abajo de las compuertas para ventilación, acceso, y mantenimiento de la tubería de presión.

### **2.3.10. Tubería de presión**

La tubería es de acero de aproximadamente 31.943 m de longitud, su diámetro interno es de 3.5 m en los primeros 23.35 m, seguido de una transición de 1.5 m entre el diámetro de 3.5 m y un diámetro de 3.2 m, el cual se mantiene hasta el final de la tubería. No tendrá juntas de expansión sino que será compuesta exclusivamente de tramos de tubo soldados entre sí.

### **2.3.11. Casa de Máquinas**

La casa de máquinas estará ubicada en una terraza en la margen izquierda del río Fonseca. Equipada con dos turbinas tipo Kaplan de eje vertical con una capacidad conjunta de generación de 8.700 MW.

El nivel de la restitución se ubicará a la cota 53.03 msnm (para dos unidades a plena carga), dando una caída bruta de 19.57 m.

### **2.3.12. Canal de descarga de casa de máquinas**

La restitución de las aguas del proyecto se realizará por medio de un canal de restitución. El cual tiene una longitud total de 175m.

### **2.3.13. Subestación e Interconexión eléctrica**

La línea de interconexión eléctrica tiene aproximadamente una longitud de 12 km, su último tramo de 1 km se encuentra dentro del proyecto, contará con un área de servidumbre de 5.5 m<sup>2</sup> a ambos lados de su eje. Esta servidumbre es compartida con la Línea existente de UNION FENOSA y la carretera de acceso al proyecto.

La Línea tiene las siguientes características básicas:

- ✓ Longitud 12 km
  - ✓ Numero de Circuitos 3 (trifásico) con cable de guarda en parte superior
  - ✓ Tensión Nominal 34.5 kV
  - ✓ Tensión máxima de servicio 36.5 kV
- Nivel de aislamiento 125 kV BI

### 1.3.14. Caminos

La obra cuenta con un camino de acceso permanente por el cual se puede llegar a todas las estructuras de las obras tales como sitio de presa, desarenador, canal de conducción, cámara de carga, tubería forzada y casa de máquinas. Este camino tiene una longitud aproximada de 1000.60 m y un ancho de rodadura aproximado de 5m.

### 2.3.15. Equipos Hidromecánicos de la presa San Lorenzo

La presa de San Lorenzo cuenta con los siguientes equipos:

**Cuadro Nº 3 - Equipos Hidromecánicos**

Ubicación del equipo	Equipo	Cantidad	Dimensiones (m) individual	
			Ancho	Altura
Vertedero	Compuertas tipo clapetas	5	20.00	6.00
Descarga de fondo	Ataguía – compuerta plana tipo vagón	1	3.00	3.055
	Compuerta radial	1	3.00	3.055
Desripiador	Compuerta y ataguía de limpieza: Compuerta plana tipo vagón	1	2.00	2.00
	Compuerta de Regulación Compuerta	2	3.50	3.00
	Ataguía plana deslizante tipo vagón	1		
Cámara de Carga	Compuerta de limpieza del tanque de carga: compuerta plana tipo vagón	1	2.00	2.00
	Compuerta de regulación: Compuerta	2	3.50	3.50
	Compuerta de regulación: Ataguía plana tipo vagón	1		
Descarga	Ataguía en restitución	1	-	-

### 2.3.16. Equipos Electromecánicos de la Central San Lorenzo

**Cuadro Nº 4- Equipo Electromecánico**

Equipo	Cantidad	Descripción
Turbina	2	Turbina Kaplan de Eje Vertical Fabricada por: BALIÑO, S.A. Salto neto nominal: Hn = 19.09 m Caudal nominal Qn = 2 x 27m <sup>3</sup> /s Potencia nominal Pn = 2x4350 KW Velocidad n = 240 rpm
Generador Síncrono	2	Fabricado por: INDAR

**Cuadro N° 4- Equipo Electromecánico**

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>
		Tipo: PSA-1400-X/30 Potencia: 4,900 KVA Tensión: 6000 V Frecuencia: 60 Hz Velocidad: 240 rpm
Transformador	1	Fabricado por: ALKARGO Tipo: TRIFÁSICO 60 Hz ONAN 34,5(+/- 2x2.6%/6kV) Capacidad nominal: 10MVA Grupo de conexión: YNd11 Corriente nominal en baja tensión: 962.25 A Corriente nominal en alta tensión: 160.5A
Puente Grúa	1	Fabricado por: GHSA. Viga viajera fabricada por: SARET Capacidad: 65 toneladas.

### **3. CRITERIOS Y PARAMETROS DE DISEÑO.**

Los criterios y parámetros de diseño, geológicos, geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos y sísmicos que se emplearon para la elaboración del análisis hidráulico del río Fonseca (ver anexo D) y completar el Plan de Acción Durante Emergencias PADE, se encuentran descritos en el Informe de Seguridad de Presas, Informe Fase I Octubre 2013, del proyecto hidroeléctrico de referencia.

## **4. RESPONSABILIDADES GENERALES BAJO EL PADE.**

### **4.1. Responsabilidades del Dueño.**

Hidroeléctrica San Lorenzo, S.A., tiene la responsabilidad legal de desarrollar el Plan de Acción durante Emergencias (PADE). Serán asimismo parte de sus obligaciones la implantación, mantenimiento y actualización del Plan.

Hidroeléctrica San Lorenzo, S.A., será responsable de la entrega de documentación del PADE, a las entidades públicas de seguridad.

Hidroeléctrica San Lorenzo, S.A., como Responsable Primario de la presa, debe actualizar permanentemente el PADE, particularmente en lo relacionado a cambios de personas o entidades con responsabilidad específica, direcciones, números telefónicos, frecuencias e identificaciones de radio y toda otra información crítica para la eficacia de las acciones previstas. Asimismo se debe actualizar cualquier cambio significativo ocurrido aguas abajo o aguas arriba de la Central Hidroeléctrica San Lorenzo que pudiera alterar el área de riesgo o la localización de personas que deben ser alertadas. Tal actualización debe ser anual, como mínimo, debiendo remitirse a la ASEP quien por medio de la UTESEP gestionará su aprobación.

### **4.2. Responsabilidades de Notificación.**

Hidroeléctrica San Lorenzo, S.A., es el responsable Primario de notificar cualquier alerta a la autoridad del manejo a la UTESEP o a los pobladores dependiendo del nivel de alerta. Se ha preparado el cuadro N°9, donde se indican los modelos de notificación sugeridos para declarar la alerta en cada emergencia.

### **4.3. Responsabilidades de Evacuación.**

SINAPROC, es el encargado de realizar la evacuación aguas abajo de la Central Hidroeléctrica San Lorenzo.

### **4.4. Responsabilidades de Terminación y Seguimiento.**

Hidroeléctrica San Lorenzo, S.A., es responsable por dar seguimiento, terminar y reportar los detalles relacionados a la emergencia.

### **4.5. Responsabilidad de Coordinador del PADE.**

Hidroeléctrica San Lorenzo, S.A., ha establecido como responsable para coordinar el Plan de Acción Durante Emergencias (PADE), a Guillermo Tristan; quien también tendrá como parte de sus obligaciones la implantación, mantenimiento y actualización de dicho plan.

## **5. DETECCIÓN DE LA EMERGENCIA, EVALUACIÓN Y CLASIFICACIÓN.**

De acuerdo a los parámetros de diseño de las estructuras de la Central Hidroeléctrica San Lorenzo y a los requerimientos de las Normas de Seguridad de Presa de ASEP se establecen los criterios que deben advertir al Responsable de la Seguridad de la Central San Lorenzo sobre la aparición de situaciones que puedan considerarse emergencias y pongan en peligro las estructuras y la vida de personas aguas abajo. Las acciones a seguir serán de gran importancia para cumplir con el objetivo del PADE.

### **5.1. Definición de los Tipos de Alertas.**

La Central Hidroeléctrica San Lorenzo, ha sido diseñada y construida siguiendo normas internacionales que establecen factores de seguridad adecuados para el manejo de situaciones operacionales normales, inusuales y extremas. Las distintas condiciones de operación han sido combinadas para encontrar los esfuerzos críticos en sus estructuras y asegurar que serán resistidos con un adecuado margen de seguridad. En el ANEXO C se encuentran las referencias de los planos como construidos de la central.

Las Normas de Seguridad de Presa aprobadas por ASEP requieren evaluar los efectos de una posible falla de la presa. En este PADE también se evalúa el fallo del canal de conducción específicamente en la zona que contiene a los lados de sus taludes.

Para que se dé el fallo de la presa San Lorenzo, ó del canal de conducción, primero deben darse situaciones, poco comunes, que pueden ser detectadas por el personal que labora en su operación, mediante la inspección y auscultación de la presa y de las estructuras de la CH San Lorenzo.

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

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

Los operadores de la presa y oficiales de seguridad de las estructuras de la CH San Lorenzo, deben estar preparados para identificar señales que indiquen el mal funcionamiento de la presa y del canal de conducción y poder determinar la gravedad de la situación para dar las alarmas respectivas aguas abajo de estas estructuras (ver sección 5.4.).

### **5.1.1. Alerta Blanca.**

**Causas:**

Inicio de vertimiento, el nivel del embalse ha alcanzado la elevación 72.60 msnm y el sistema de alerta hidrológico indica que continúan las lluvias aguas arriba. Se está desarrollando una situación potencialmente peligrosa que implica la necesidad de un manejo controlado del embalse con vertimientos que no afecten la seguridad de las obras ni que puedan afectar la seguridad pública.

Se ha registrado en los instrumentos de la presa un sismo que ha ocasionado una aceleración horizontal del terreno de 0.05g ó menor.

Se ha detectado filtraciones ó evidencia de desplazamiento o asentamiento en la sección de relleno del canal de conducción ó se observan grietas en el concreto del canal de conducción.

### **5.1.2. Alerta Verde.**

**Causas:**

El embalse se ha elevado por encima del nivel 73.10 msnm. El sistema de alerta hidrológico indica que está lloviendo en la cuenca del embalse y se pronostica el aumento de nivel del embalse.

Se ha registrado en los instrumentos de la presa un sismo que ha ocasionado una aceleración horizontal del terreno entre 0.05g y 0.10g. Se han observado daños no estructurales en la presa.

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

### **5.1.3. Alerta Amarilla.**

**Causas:**

El embalse ha alcanzado el nivel 73.31 msnm. El sistema de alerta temprana indica que está lloviendo en la cuenca del embalse y se pronostica el aumento de nivel del embalse. Se ha iniciado una brecha en los diques de encauzamiento y se ha iniciado filtración por las mismas.

Se ha registrado en los instrumentos de la presa un sismo, que ha ocasionado una aceleración horizontal del terreno entre 0.10g y 0.15g. La inspección visual inmediata de la presa aprecia daños estructurales en la presa o filtraciones o desplazamientos. Potencial deslizamiento de laderas en el embalse.

Están en aumento o han aparecido nuevas filtraciones o han aparecido nuevas grietas o han aumentado los desplazamientos. Hay evidencias de principio de desarrollo de fallas. Han ocurrido actos significativos de vandalismo o sabotaje.

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

#### **5.1.4. Alerta Roja.**

##### **Causas:**

El embalse se ha elevado por encima del nivel de la cresta y está vertiendo por arriba del nivel 74.50 msnm. El sistema de alerta temprana indica que está lloviendo en la cuenca del embalse y se pronostica el aumento de nivel del embalse. La brecha ha aumentado y es inminente la falla de la presa de la CH San Lorenzo.

Se ha sentido en la presa ó en sus proximidades un terremoto, que ha ocasionado una aceleración sísmica igual o mayor a 0.15g. La inspección visual inmediata de la presa aprecia daños estructurales o grietas y filtraciones a presión.

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

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

Se ha dado la falla en el canal de conducción.

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

#### **5.2. Descripción de la Amenaza de Falla en la Presa San Lorenzo.**

La presa de la Central Hidroeléctrica San Lorenzo, produce un embalse de aproximadamente 983,964 m<sup>3</sup>.

Para este análisis se ha considerado la condición más crítica, que sería la condición original: sin acumulación de sedimentos o después de una limpieza total de los sedimentos aguas arriba de la presa. De existir acumulación de sedimentos representaría un menor volumen de agua y una amenaza menor al público aguas abajo.

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



Considerando la rotura de la presa vertedora de concreto, se ha tomado un valor conservador de tiempo promedio de 0.25 horas (900 segundos), para una falla en múltiples bloques, obteniendo el caudal generado por esta falla el cual sería de:

$$\begin{aligned} Q_{falla} &= (983,964 \text{ m}^3)/900 \text{ segs} \\ Q_{falla} &= 1093.29 \text{ m}^3/\text{seg} \end{aligned}$$

Según el estudio hidrológico realizado para el diseño de las estructuras, este caudal represente a la crecida de aproximadamente 3 años de recurrencia.

En el caso de que la falla o rotura se de en el dique de cierre, se ha tomado un valor conservador de tiempo promedio de 0.50 horas (1800 segundos), obteniendo el siguiente caudal generado para esta falla:

$$\begin{aligned} Q_{falla} &= (983,964 \text{ m}^3)/1800 \text{ segs} \\ Q_{falla} &= 546.65 \text{ m}^3/\text{seg} \end{aligned}$$

Según el estudio hidrológico realizado para el diseño de las estructuras, este caudal represente una crecida de periodo de retorno inferior a la crecida de 2 años de recurrencia.

Con esto se concluye que la rotura de la presa por cualquier motivo no ocasionaría una emergencia debido a que no aumentaría los niveles del río de manera notable con respecto a las crecidas ordinarias.

### **5.3 Descripción de la Amenaza de Crecida**

La categorización de la presa de la CH San Lorenzo de acuerdo a sus características y a su riesgo hacia el público aguas abajo se considera “**Categoría B**” de “**Riesgo Significativo**”. El criterio de verificación hidrológico establecido en la Norma de Seguridad de Presa de ASEP para esta categoría es la crecida de periodo de retorno 1 en 100 años.

El criterio de diseño de la Central Hidroeléctrica San Lorenzo ha sido para una crecida de 1:100 años, la verificación de acuerdo a los criterios de ASEP se hará para las crecidas ordinaria y extraordinaria: 1:50 y 1:100 años. Además, se hace la verificación para la crecida de 1:1,000 años.

### **5.4. Causas de Declaración de la Emergencia.**

Los operadores de la presa de la Central Hidroeléctrica San Lorenzo deben conocer, cuáles son las causas o factores determinantes para declarar una emergencia. Las causas de emergencia pueden darse en conjunto ó individualmente. Un deterioro progresivo o rápido de estas situaciones pueden provocar hasta la rotura o fallo grave del funcionamiento de la presa.

Los operadores de la presa y oficiales de seguridad de las estructuras de la Central Hidroeléctrica San Lorenzo, debe estar preparados para detectar anomalías en la presa ó en el canal de conducción.

Existen dos tipos de causas:

- ✓ Exógenas, o causas que tienen su origen fuera de la presa.
- ✓ Endógenas, o causas que tienen su origen en el comportamiento de la presa o el embalse y afectan a determinados elementos de los mismos.

En base a estos tipos de causas, las mismas pueden tener atención preferente ó atención normal. Son causas de atención preferente las que conllevan mayor riesgo para la seguridad de la presa. En el presente Plan son todas las que puedan contribuir a que se produzcan los siguientes fenómenos:

- a) Vertido por la coronación de la presa, en tanto que la presa queda sometida a sollicitaciones mayores que las previstas y, además, pueden producirse erosiones al pie de la misma. Entre estas causas destacan por tanto las averías de las compuertas.
- b) Problemas de estabilidad de la presa o deterioro del terreno de cimentación.
- c) Problemas de permeabilidad o drenaje del terreno de cimentación.
- d) Fallos graves en instalaciones o equipos, especialmente la no operatividad de los desagües y la toma hidroeléctrica o del sistema general de lectura de la auscultación.

Todas las demás causas mencionadas requieren de una atención normal.

Las causas que deben considerarse en este Plan de Acción durante Emergencia de acuerdo a su acción son las indicadas en el Cuadro Nº 5 a continuación. Con atención preferente nos referimos a las causas de mayor importancia y a las que se le debe brindar atención prioritaria.

**Cuadro Nº 5 - Causas de la emergencia**

<b>EXÓGENAS</b>	
<b>ATENCIÓN PREFERENTE</b>	<b>ATENCIÓN NORMAL</b>
Avenida	Sismo
	Precipitación local extrema
	Deslizamiento de laderas
	Fuego, vandalismo, sabotaje, guerra
<b>ENDÓGENAS</b>	
<b>ATENCIÓN PREFERENTE</b>	<b>ATENCIÓN NORMAL</b>
<b>CUERPO DE PRESA</b>	
Movimientos anómalos y sobretensiones	Permeabilidad de juntas
<b>ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL HORMIGÓN</b>	
	Deterioro y envejecimiento del hormigón
<b>CIMENTACIÓN Y ESTRIBOS</b>	
Fallos de permeabilidad o drenaje	

<b>TOMA HIDROELÉCTRICA</b>	
Toma hidroeléctrica no operativa	Otros problemas de operación
<b>INSTALACIONES Y ACCESOS</b>	
Fallos en la auscultación	Fallos en el suministro eléctrico
	Fallos en la iluminación
	Fallos en las telecomunicaciones
	Fallos en los accesos
<b>EXPLOTACIÓN</b>	
	Incumplimiento de las normas de explotación

## 5.5. Determinación del Nivel de Emergencia.

Para determinar el nivel de la emergencia ó el nivel de la alerta, se han establecido umbrales, que ayudaran al operador de la presa a clasificar una emergencia. A continuación se presentan los umbrales para las distintas situaciones en las que se puede presentar una emergencia, con estos datos el operador de la presa podrá determinar el nivel de una emergencia sin ningún problema.

### 5.5.1. Umbrales Para los Distintos Sucesos.

En este punto se incluyen, para cada suceso desencadenante, los umbrales correspondientes a las alertas sucesivas que se van desarrollando. Así, es más cómodo para seguir la evolución de un suceso dado una vez que se haya declarado una alerta concreta asociada a la misma.

Los sucesos desencadenantes se agrupan en las siguientes categorías:

- ✓ Avenidas
- ✓ Sismos
- ✓ Consecuencia de las inspecciones y pruebas

### 5.5.2. Umbrales Asociados a Avenidas.

Las alertas se declaran ante la entrada de una avenida al embalse, cuando se alcanzan niveles de acuerdo a los indicados en el siguiente cuadro:

**Cuadro Nº 6 – Resumen de umbrales asociados a las avenidas**

<b>Tipo de alerta</b>	<b>Indicador</b>	<b>Umbral</b>	<b>Observaciones</b>
Blanca	Nivel del Embalse	72.60 msnm	Ante una avenida
Verde	Nivel del Embalse	73.10 msnm	Ante una avenida
Amarilla	Nivel del Embalse	73.31 msnm	Crecida TR: 1:100 años
Roja	Nivel del Embalse	74.50 msnm	Niveles mayores a la coronación del dique de cierre

### 5.5.3. Umbrales Asociados a Sismos.

Se ha registrado en los instrumentos de la presa un sismo que ha ocasionado las siguientes aceleraciones:

**Cuadro N° 7 - Resumen de umbrales asociados a sismos.**

Tipo de alerta	Indicador	Umbral	Observaciones
Blanca	Aceleración horizontal del terreno	$a < 0.05 \text{ g}$	No se observan daños no estructurales en la presa.
Verde	Aceleración horizontal del terreno	$0.05 \text{ g} < a < 0.10 \text{ g}$	Se han observado daños no estructurales en la presa.
Amarilla	Aceleración horizontal del Terreno	$0.10 \text{ g} < a < 0.15 \text{ g}$	Se aprecian daños estructurales en la presa o filtraciones o desplazamientos. Potencial deslizamiento de laderas en el embalse.
Roja	Aceleración en la presa o en sus proximidades	$a > 0.15 \text{ g}$	Se aprecian daños estructurales o grietas y filtraciones a presión en la presa.

### 5.5.4. Umbrales Asociados a la Inspección y Pruebas.

El establecimiento de los umbrales asociados a las diferentes causas endógenas, será resultado de las inspecciones y pruebas llevadas a cabo, y tendrán, lógicamente, un marcado carácter cualitativo.

- ✓ **Alerta Blanca:** Se procederá la declaración de esta alerta cuando se observen los indicadores mencionados en el Cuadro N° 14, y se aprecie una evolución rápida de los mismos. Igualmente, procederá la declaración de esta alerta cuando el Coordinador del Plan de Actuación durante Emergencias, lo estime oportuno por el resultado de la inspección que debe llevarse a cabo como consecuencia de la presencia de alguno de los indicadores presentados en el Cuadro N° 14, y el análisis específico de la situación.
- ✓ **Alerta Verde:** Se declarará esta alerta cuando los indicadores detectados en la alerta blanca continúan en aumento.
- ✓ **Alerta Amarilla:** Esta alerta se declarará a juicio del Coordinador del Plan de actuación durante Emergencias, por el resultado de la inspección que debe llevarse a cabo como consecuencia de la declaración de las alertas blanca y verde, y el análisis específico de la situación.
- ✓ **Alerta Roja:** Esta alerta se declarará a juicio del Coordinador del Plan de actuación durante Emergencias, por el resultado de la inspección que debe llevarse a cabo como consecuencia de la declaración de las alertas blanca y verde, y el análisis específico de la situación.

**Cuadro Nº 8 - Indicadores asociados a tareas de inspección y prueba**

<b>INSPECCIÓN DEL EMBALSE</b>
Descenso anómalo del nivel de embalse
<b>INSPECCIÓN DE PRESA VERTEDORA</b>
Movimientos o roturas del aliviadero o en el cuenco amortiguador
Pérdida de alineaciones en coronación
Agrietamiento profundo del hormigón
Fisuración o irregularidades superficiales del hormigón
<b>INSPECCIÓN DE PARAMENTOS</b>
Humedades superficiales en el hormigón
Turbidez de las filtraciones
Agrietamiento profundo del hormigón
Fisuración o irregularidades superficiales del hormigón
<b>INSPECCIÓN DEL PIE DE PRESA</b>
Humedades superficiales en el hormigón
Concentración de filtraciones al pie de la presa
Burbujeo en el contacto del pie de presa con el terreno
Turbidez de las filtraciones
Dolinas al pie de la presa o aguas abajo
Agrietamiento profundo del hormigón
Fisuración o irregularidades superficiales del hormigón
Levantamiento relativo del terreno al pie de la presa
<b>INSPECCIÓN AGUAS ABAJO DE LA PRESA</b>
Filtraciones aguas abajo de la presa
Turbidez de las filtraciones
Movimientos o roturas en el cuenco amortiguador
<b>INSPECCIÓN Y PRUEBA DE LA TOMA HIDROELÉCTRICA</b>
Mal estado de conservación de la toma hidroeléctrica sin afección inicial a la capacidad de evacuación
Mal funcionamiento de indicadores de la toma hidroeléctrica
<b>INSPECCIÓN Y PRUEBAS DE ÁMBITO GENERAL EN INSTALACIONES Y ACCESOS</b>
Fallos en la línea eléctrica de suministro
Fallos en la distribución eléctrica
Fallos en la iluminación
Fallos en las telecomunicaciones
Deterioro de los accesos a la presa
Interrupción de los accesos a la presa por inundación u obras
<b>INSPECCIÓN DEL CANAL DE CONDUCCIÓN</b>
Filtraciones en el talud del canal
Rotura en el concreto del canal o agrietamiento profundo

### **5.5.5. Umbrales Asociados a la Auscultación.**

El dique de cierre de la presa de la CH San Lorenzo, cuenta con los siguientes equipos de auscultación: piezómetros, aforadores y monumentos superficiales para deformación. En el momento de redactar este Plan de Emergencia, no se contaba con un registro fiable de las lecturas asociadas a los distintos aparatos. En estas circunstancias es difícil pronosticar con precisión cuál será el futuro rango de las lecturas de esos equipos de auscultación. Una vez se tengan lecturas de estos equipos, en la actualización anual del PADE se colocarán los umbrales de las distintas alertas.

### **5.6. Evaluación de las Emergencias.**

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

#### **5.6.1. Indicadores de Nivel del Embalse:**

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

#### **5.6.2. Indicadores de Actividad Sísmica:**

- ✓ Verificación del evento mediante sistemas de respaldo.

#### **5.6.3. Inspección a las Estructuras:**

- ✓ Verificación de la existencia de anomalías estructurales (grieta, movimiento, filtración, etc.) o mal funcionamiento de equipos (filtraciones, inoperativos, fallas) no detectado por los instrumentos y no reportado previamente por otros operadores.
- ✓ Verificación mediante contacto con los especialistas sobre la gravedad de la anomalía.
- ✓ Verificación de asentamientos en el dique de cierre de la presa San Lorenzo, ó en la sección que cuenta con relleno en el canal de conducción.

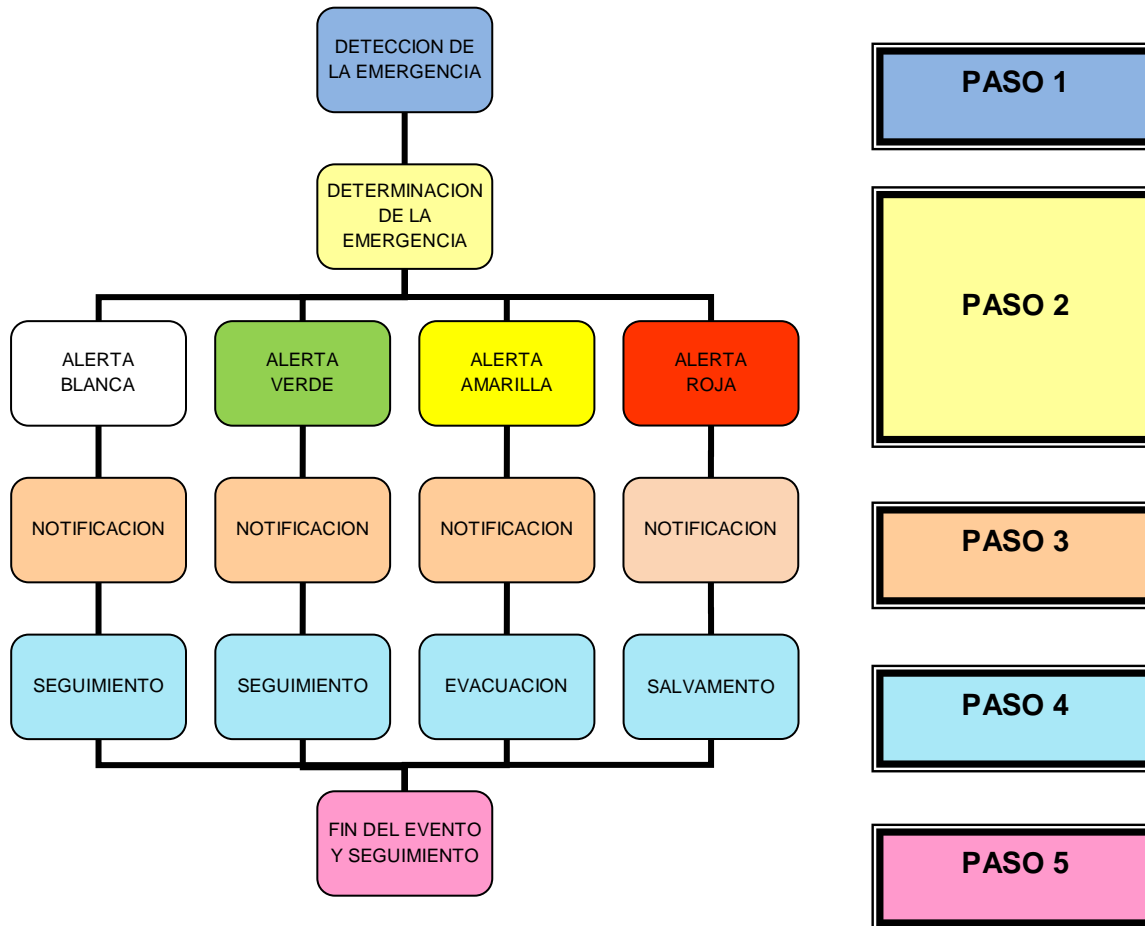
### **5.7. Conclusión de la Emergencia.**

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

Cada emergencia será finalizada mediante un reporte elaborado por los responsables de la seguridad de la presa San Lorenzo.

## 6. ACCIONES DURANTE EMERGENCIA.

Durante el desarrollo de una emergencia en la presa de la CH San Lorenzo se tendrán en cuenta los siguientes pasos a seguir:



### 6.1. Paso 1: Detección del Evento.

La vigilancia de los eventos estará en primera instancia bajo la responsabilidad del operador de la presa de la Central Hidroeléctrica San Lorenzo. Tan pronto como un evento es observado o reportado, inmediatamente se debe determinar el nivel del evento:

### 6.2. Paso 2: Determinación del Nivel de Emergencia.

El nivel de la emergencia será fijado según lo establecido en la sección 5.1 de este documento.

### 6.3. Paso 3: Niveles de Comunicación y Notificación.

#### 6.3.1. Modelo de Notificaciones.

Una vez clasificada la alarma, Hidroeléctrica San Lorenzo, S.A. procederá a notificar y a alertar a la población, a las entidades responsables de manejo del agua y a los organismos de protección pública.

La Central Hidroeléctrica San Lorenzo, S.A., notificará el nivel de alerta de acuerdo a la lista presentada en el siguiente cuadro:

**Cuadro Nº 9 - Modelo de Notificaciones**

ALERTA	MODELO DE NOTIFICACIÓN
<b>Blanca</b>	<p>Soy el (Operador o El Coordinador del PADE) de “la Central Hidroeléctrica San Lorenzo, localizada sobre el río Fonseca, Provincia de Chiriquí, la cual tiene una situación de emergencia y se activa el nivel de Alerta Blanca. El motivo de la emergencia es el siguiente: (* Especificar la causa)</p> <p>Se están tomando las medidas necesarias de vigilancia y control. Manténgase en contacto e informado sobre las siguientes notificaciones y terminación de la emergencia. El coordinador del plan de emergencias puede ser contactado a los teléfonos: 2093325 /cel.: 66 167257.</p>
<b>Verde</b>	<p>Soy el (Operador o El Coordinador del PADE) de “la Central Hidroeléctrica San Lorenzo, localizada sobre el río Fonseca, Provincia de Chiriquí, la cual tiene una situación de emergencia y se activa el nivel de Alerta Verde. El motivo de la emergencia es el siguiente: (* Especificar la causa)</p> <p>Se están tomando las medidas necesarias de vigilancia y control. Manténgase en contacto e informado sobre las siguientes notificaciones y terminación de la emergencia. El coordinador del plan de emergencias puede ser contactado a los teléfonos: 2093325 /cel.: 66 167257.</p>
<b>Amarilla</b>	<p>Soy el (Operador o El Coordinador del PADE) de “la Central Hidroeléctrica San Lorenzo, localizada sobre el río Fonseca, Provincia de Chiriquí, la cual tiene una situación de emergencia y se activa el nivel de Alerta Amarilla.</p> <p>Los eventos ocurridos recomiendan la evacuación de los poblados aguas abajo de la presa San Lorenzo, del acuerdo al Mapa de Inundación.</p> <p>Manténgase en contacto e informado sobre la siguiente notificación y/o terminación de la emergencia. El coordinador del plan de emergencias puede ser contactado a los teléfonos: 2093325 /cel.: 66 167257.</p>
<b>Roja</b>	<p>Soy el (Operador o El Coordinador del PADE) de “la Central Hidroeléctrica San Lorenzo, localizada sobre el río Fonseca, Provincia de Chiriquí, la cual tiene una</p>

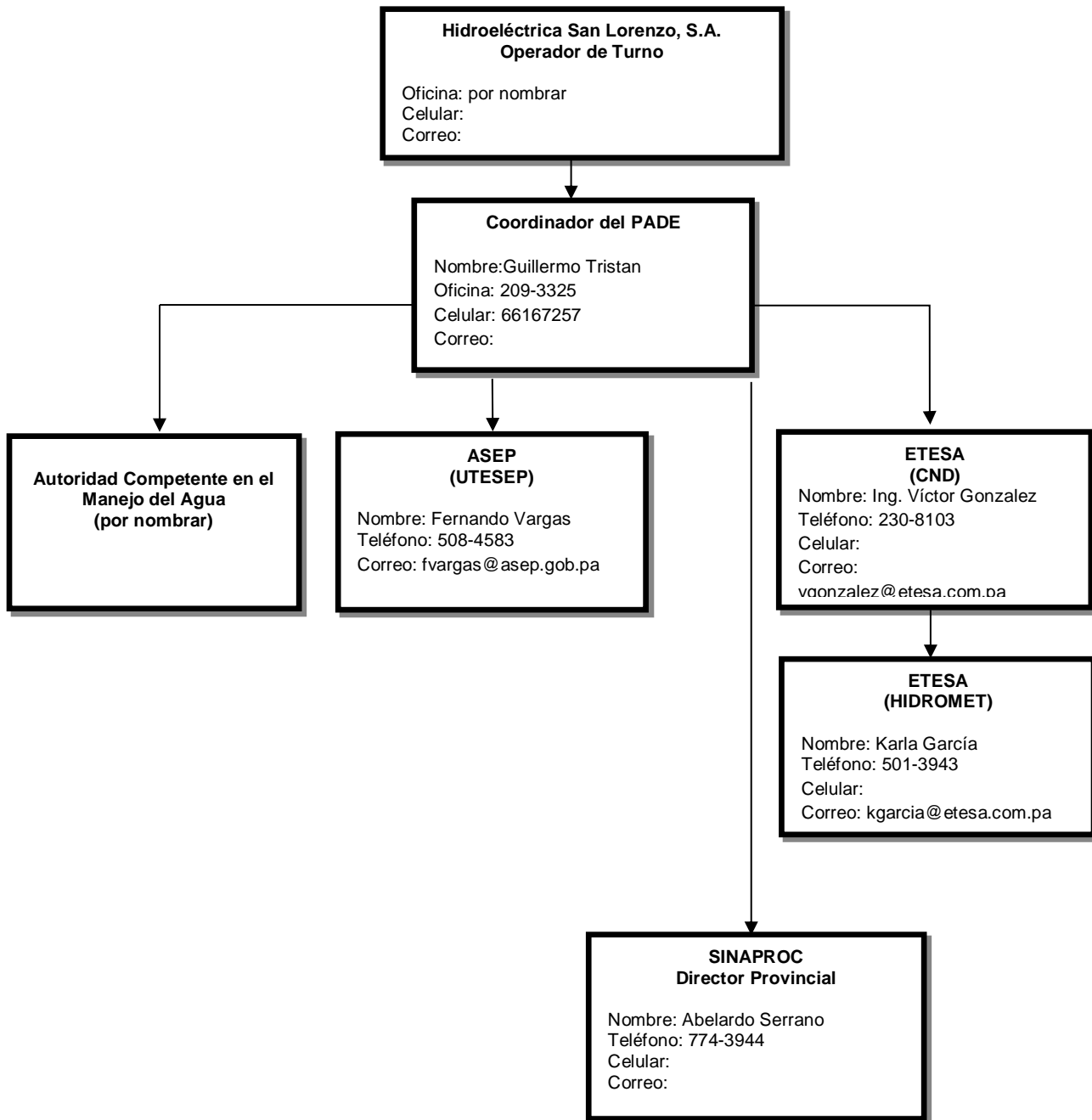


	<p>situación de emergencia y se activa el nivel de Alerta Roja.</p> <p>La falla de la presa San Lorenzo, es inminente o ha iniciado o la crecida por motivos hidrológicos se estima será como lo indica el Mapa de Inundación. Se recomienda a las instituciones públicas responsables iniciar las tareas de protección, control y rescate o salvamento del público que no haya sido evacuado.</p> <p>Manténgase en contacto e informado sobre la terminación de la emergencia. El coordinador del plan de emergencias puede ser contactado a los teléfonos: 2093325 /cel.: 66 167257.</p>
--	--

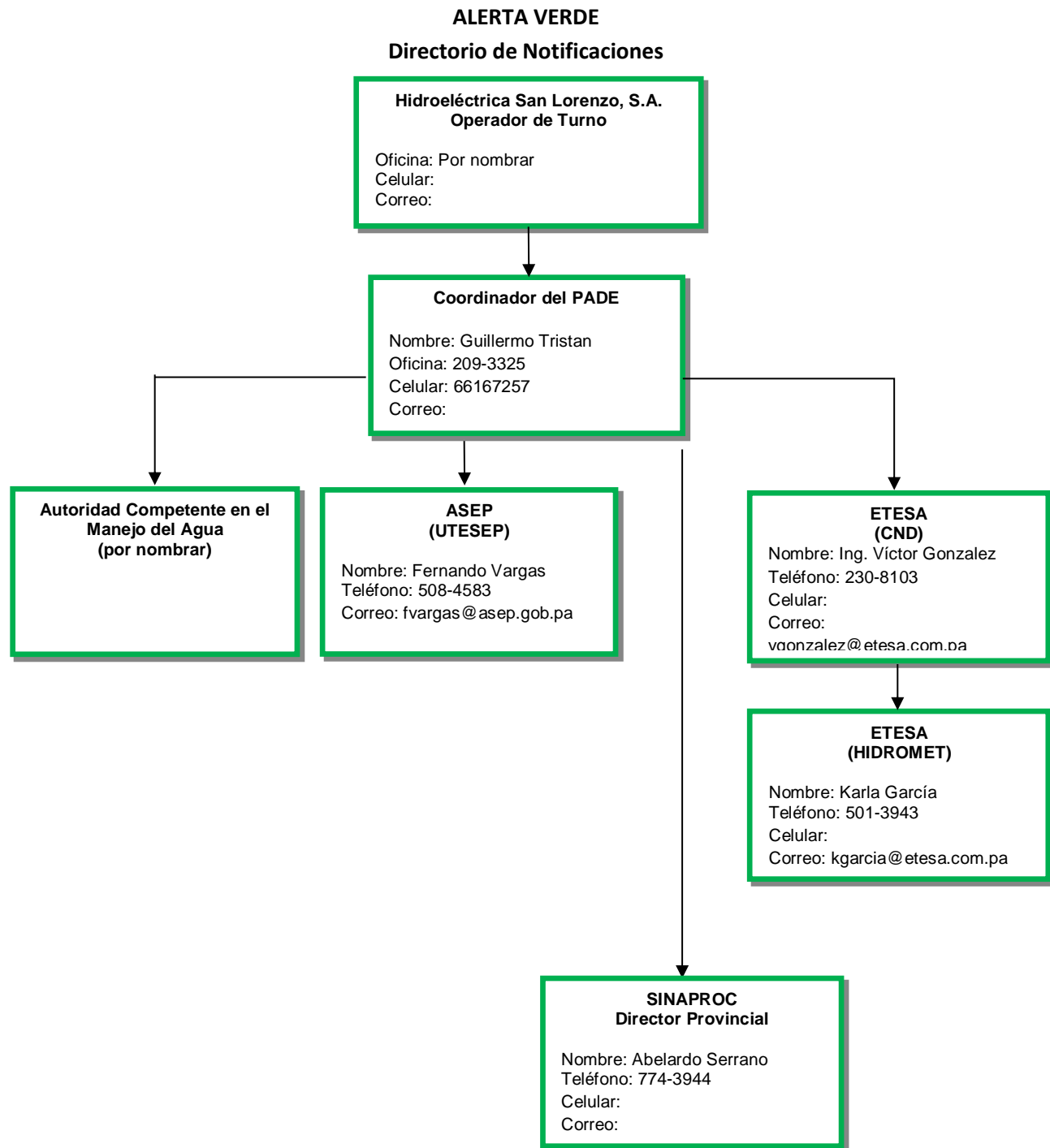
(\*) Se indicará la causa específica que dio motivo a la alerta

### 6.3.2. Flujo de Notificaciones.

**ALERTA BLANCA**  
**Directorio de Notificaciones**



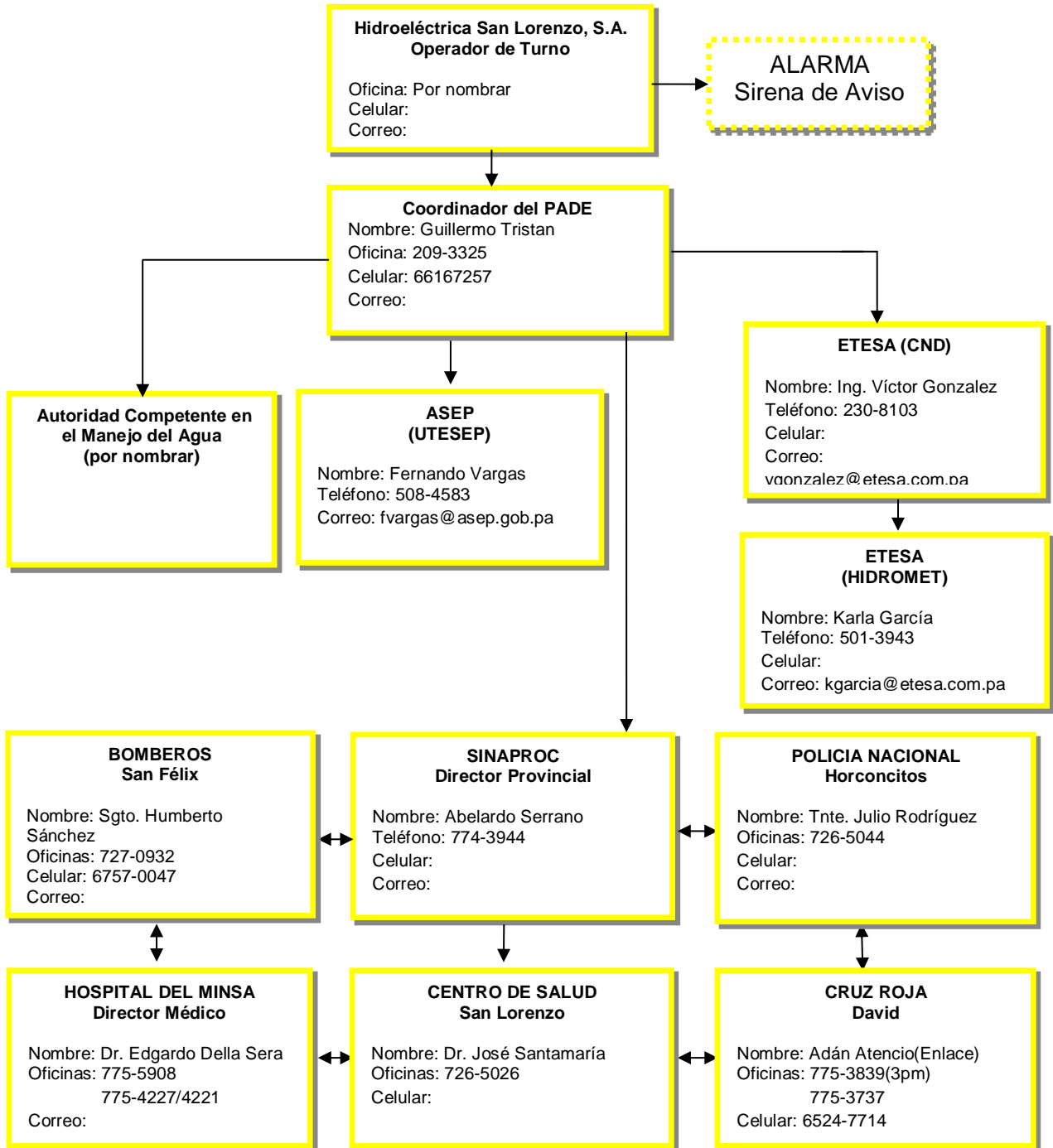
**NOTA: EN EL ANEXO E SE PRESENTA UN DIRECTORIO DE CONTACTOS ALTERNATIVO**



**NOTA: EN EL ANEXO E SE PRESENTA UN DIRECTORIO DE CONTACTOS ALTERNATIVO**

### ALERTA AMARILLA

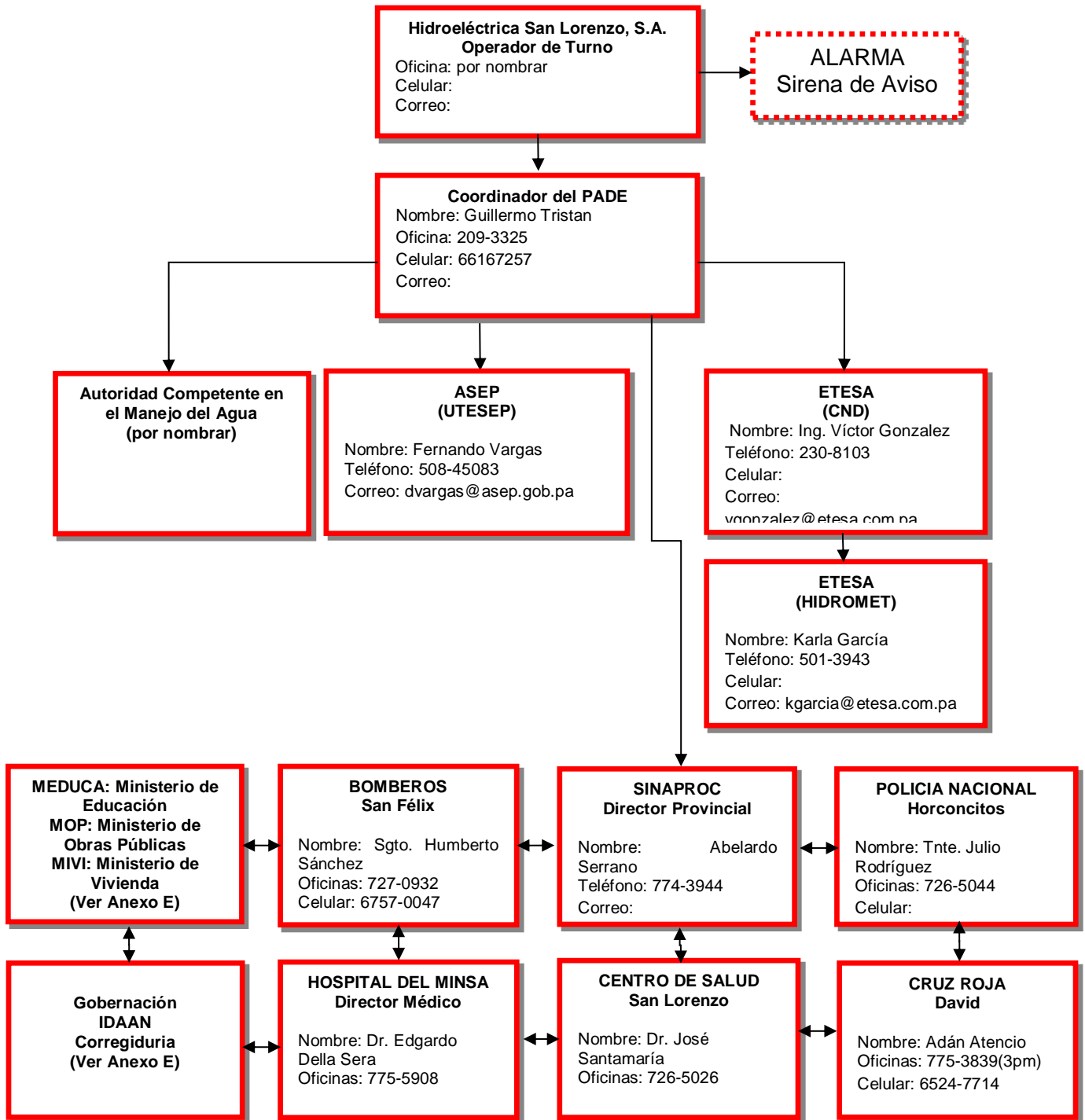
#### Directorio de Notificaciones



**NOTA: EN EL ANEXO E SE PRESENTA UN DIRECTORIO DE CONTACTOS ALTERNATIVO**

**ALERTA ROJA**

**Directorio de Notificaciones**



**NOTA: EN EL ANEXO E SE PRESENTA UN DIRECTORIO DE CONTACTOS ALTERNATIVO**

## 6.4. Paso 4: Acciones Durante la Emergencia.

Durante el tiempo que tome la emergencia se realizaran las siguientes acciones de vigilancia y control hasta finalizar el evento según el siguiente cuadro:

**Cuadro Nº 10 - Acciones de emergencia**

ALERTA	VIGILANCIA Y CONTROL	RESPONSABLE
Blanca	Nivel del Embalse. Inspección general de la presa y del dique de cierre de la CH San Lorenzo. Monitoreo de sistemas de instrumentación Inspección general de las estructuras de la CH San Lorenzo.	Coordinador del PADE
Verde	Nivel del Embalse. Inspección General de la presa y dique de cierre de la CH San Lorenzo. Monitoreo de sistemas de instrumentación Inspección general de las estructuras de la CH San Lorenzo.	Coordinador del PADE
Amarilla	Nivel del Embalse. Inspección general de la presa y dique de cierre de la CH San Lorenzo. Monitoreo de sistemas de instrumentación Inspección general de las estructuras de la CH San Lorenzo. Aviso de Sirenas para operaciones de protección, control y rescate.	Coordinador del PADE
Roja	Aviso de Sirenas para operaciones de protección, control y rescate aguas abajo de la Presa San Lorenzo.	Coordinador del PADE

### 6.4.1. Definición de las Acciones de Emergencia:

- ✓ **Nivel del Embalse:** seguimiento y control de la variación del nivel del embalse y, considerando los aportes del río, pronosticar los niveles según las condiciones hidrológicas.
- ✓ **Monitoreo de Sistemas de Instrumentación:** verificar la validez de las lecturas y confirmar mediante otros instrumentos, pronosticar las lecturas siguientes mediante un modelo de comportamiento.
- ✓ **Inspección General de la Presa y dique de cierre de la CH San Lorenzo:** revisión de la presa y del dique de cierre, para confirmar anomalías en sus estructuras: grietas, fisuras, filtraciones, desplazamientos, asentamientos, etc. Y evaluar el nivel de anomalía.
- ✓ **Inspección General de las Estructuras de la CH San Lorenzo:** revisión de la estructura del canal de conducción en la sección de relleno para confirmar anomalías tales como grietas, fisuras, filtraciones, desplazamientos, asentamientos, etc. Y evaluar el nivel de anomalía.

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

#### **6.4.2. Formulario de Registro de Evento.**

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

#### **6.5. Paso 5: Terminación.**

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

- ✓ **Responsabilidades de la Terminación**

El operador comunicará al Coordinador del PADE y este a las autoridades y a las oficinas de manejo de emergencias la finalización de la condición de emergencia.

El oficial de seguridad de presa inspeccionará la presa y realizará un reporte de daños y acciones correctivas inmediatas.

El operador de la presa elaborará un reporte sobre la terminación del evento y sobre las consecuencias o experiencias del mismo. En el ANEXO A se presenta un modelo de este formulario.

## 7. MAPA DE INUNDACION.

La confección de los mapas de inundación de la CH San Lorenzo, se realizaron tomando en cuenta los escenarios recomendados por las Normas de Seguridad de Presas de la ASEP. Además se realizó la verificación de las estructuras por falla del canal de conducción y falla de cámara de carga, en su sección de relleno.

### 7.1. Estudio de Situaciones de emergencia

En el siguiente cuadro se presentan las situaciones de emergencias analizadas.

**Cuadro N° 11 - Escenario de Análisis para Emergencias**

Caso	Descripción	Escenarios
<b>Análisis en la Presa de la CH San Lorenzo</b>		
1	Crecida Ordinaria 1:50 años	Norma ASEP
2	Crecida Extraordinaria 1:100 años	Norma ASEP
3	Colapso en Condición Operación Normal	Norma ASEP
4	Colapso durante Crecida Extraordinaria	Norma ASEP
5	Apertura Súbita de Compuertas	Norma ASEP
6	Falla de Operación de las Estructuras de Descarga	Norma ASEP
7	Vaciado Controlado o Vaciado Rápido en la Presa	Norma ASEP
8	Falla del relleno en el canal de conducción	Adicionales
9	Falla de la estructura de la cámara de carga	Adicionales

- ✓ **Bajo condiciones de crecida ordinaria y extraordinaria:** En este caso se analiza los efectos del paso de las crecidas de periodo de retorno 1:50 y 1:100 años. Los resultados se presentan en las mapas de inundación correspondiente.
- ✓ **Por colapso estructural en condición de operación normal:** en este caso se analiza la rotura de la presa con el embalse, durante operación normal.
- ✓ **Por colapso estructural durante crecidas extraordinarias:** en este caso se analiza la rotura de la presa con el embalse ocasionados por una crecida extraordinaria y sin que la presa sea sobrepasada .
- ✓ **Por apertura súbita de compuertas:** en este caso se analizan los efectos aguas abajo, producto de la apertura súbita de las compuertas de la presa.
- ✓ **Por falla de operación de las estructuras hidráulicas de descarga:** este caso no aplica porque el desalojo de las aguas por la estructuras hidráulicas no representa un volumen considerable que ocasione efectos aguas debajo de la presa.



- ✓ **Por vaciado controlado ó vaciado rápido a causa de un problema en la presa:** este caso no aplica debido a que el volumen desalojado por la compuerta de fondo no provoca efectos aguas debajo de la presa.

Adicionalmente se ha analizado un escenario posible que pudiera darse debido a cualquier evento en las estructuras de la Central Hidroeléctrica San Lorenzo.

- ✓ **Falla en la sección de relleno del canal de conducción:** Si aplica, la estructura podría sufrir falla por rompimiento del canal ante cualquier evento, ocasionando el deslizamiento del relleno del canal.
- ✓ **Falla de la estructura de la cámara de carga:** Si aplica, la estructura podría sufrir falla por rompimiento de la cámara de carga, ante cualquier evento, ocasionando falla en uno de los muros o la losa del piso.

El análisis hidráulico del río determinará las áreas de inundación, la velocidad del agua, los niveles y el tiempo en que transita la crecida aguas abajo de la presa San Lorenzo.

## 7.2. Estudio de Afectación de la Ribera de Embalse y Valle

Este estudio se realiza para determinar las zonas inundables aguas abajo de la presa, debido al fallo o colapso de la misma. De acuerdo a las Normas de Seguridad de Presas se analizan los siguientes escenarios:

- ✓ **Por la ocurrencia de diferentes ondas de Crecidas:** este escenario corresponde con los tres primeros casos o escenarios de emergencias analizados. En este escenario se debe obtener la mancha de inundación en caso de darse crecidas ordinarias y extraordinarias (Crecida de 1:50 ó de 1:100 años de recurrencia), ó en el caso de darse la rotura de la presa con buen tiempo o rotura de la presa con crecida extraordinaria.
- ✓ **Por probables usos de la estructura de evacuación:** Este escenario no aplica, ya que, no se tiene previsto realizar descargas aguas abajo más allá de las planificadas para limpieza de sedimentos ó en casos de avenidas. El uso de la descarga de fondo para limpieza de sedimentos ya se tiene programada en el Plan de Mantenimiento Civil de la CH San Lorenzo.
- ✓ **Por cambios en las funciones de la presa:** Este escenario no aplica, ya que, la presa San Lorenzo, ha sido diseñada para el uso de la generación hidroeléctrica. No se tiene previsto utilizar estas estructuras para otro tipo de uso. De darse cambios o restricciones en el uso del agua, esto afectaría la operación de la Central y su producción, pero no habría consecuencias perjudiciales a la comunidad ubicada aguas abajo de la presa.

- ✓ **Por transporte de sedimentos:** Este escenario no aplica, ya que, la presa San Lorenzo, cuenta con un plan de mantenimiento. Si se cumple con las limpiezas programadas, no se debe dar problemas de erosión general.

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

### 7.3 Análisis Hidráulico.

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

- ✓ **Crecidas Extraordinarias.**

Se ha incluido como datos hidráulicos en el HEC- RAS, los caudales de crecidas ordinarias TR: 1:50 y extraordinarias TR: 1:100 años, que se presentan en el siguiente cuadro.

**Cuadro Nº 12 - Descarga para Crecidas de Diseño**

Tr (años)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Tr (años)	Q (m <sup>3</sup> /s)
2	947	100	2001
3.62	1138	200	2178
5	1231	500	2417
10	1417	1000	2603
20	1595	5000	3050
50	1826	10000	3252

### 7.4 Resultados

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

### 7.5 Mapas de Inundación

Los Mapas de inundación de San Lorenzo han sido preparados, utilizando la siguiente información base:

- ✓ Cartografía de los mapas 1:50,000 de la Provincia de Chiriquí (mosaicos de Horconcitos y Gran Galera de Chorcha, ) del Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia (IGNTG).
- ✓ Planos como construido de presa y estructuras de la CH San Lorenzo.

- ✓ Archivos ACAD utilizado por la Contraloría Nacional de la República, para la realización del censo del año 2010, donde se encuentra la ubicación de las casas, calles, ríos y poblados del área en estudio.
- ✓ Uso del Google Earth, para obtener información de Fotografías Aéreas.

Se confeccionó un mapa base, para la presentación de los escenarios analizados. Cada uno de los mapas de inundación presentan las zonas inundadas, altura de la lámina de agua, el nivel del tirante y el tiempo de llegada de la onda de crecida a esa estación.

## 7.6 Descripción de la Zona Potencialmente Inundable

Los escenarios de crecida para rotura de presa, forman manchas de inundación las cuales afectan puentes y vías principales, así como unas 11 casitas cercanas a las riberas del río Fonseca.

Los escenarios de rompimiento del canal de conducción y de cámara de carga, ocasiona el escape de grandes volúmenes de agua sin cusar efectos aguas abajo, debido a que su recorrido finaliza en el río.

## 7.7. Descripción de las Afectaciones de las Crecidas

### 7.7.1. Crecida Ordinaria 1:50 años

Las características y efectos que se pueden observar en las áreas inundadas en este escenario son los siguientes:

**Cuadro Nº 13 – Efectos de inundación 1:50 años**

Descripción	Unidad	Cantidad
Área de inundación	Has	1177.83
Cantidad de viviendas afectadas	Unidad	8
Estructuras viales afectadas	km	5.52
Áreas de producción agrícola afectada	Has	28.655

### 7.7.2. Crecida Extraordinaria 1:100 años

Las características y efectos que se pueden observar en las áreas inundadas en este escenario son los siguientes:

**Cuadro Nº 14 – Efectos de inundación 1:100 años**

Descripción	Unidad	Can9tidad
Área de inundación	Has	1235.5
Cantidad de viviendas afectadas	Unidad	13
Estructuras viales afectadas	km	6.82
Áreas de producción agrícola afectada	Has	264.65

### 7.7.3. Colapso en Condición Operación Normal

Las características y efectos que se pueden observar en las áreas inundadas en este escenario son los siguientes:

**Cuadro Nº 15 – Efectos de inundación colapso en condición normal**

Descripción	Unidad	Cantidad
Área de inundación	Has	835.06
Cantidad de viviendas afectadas	Unidad	8
Estructuras viales afectadas	km	4.13
Áreas de producción agrícola afectada	Has	236.34

### 7.7.4. Colapso durante Crecida Extraordinaria

Las características y efectos que se pueden observar en las áreas inundadas en este escenario son los siguientes:

**Cuadro Nº 16 – Efectos de inundación colapso durante crecida extraordinaria**

Descripción	Unidad	Cantidad
Área de inundación	Has	1299.97
Cantidad de viviendas afectadas	Unidad	14
Estructuras viales afectadas	km	6.98
Áreas de producción agrícola afectada	Has	256.36

### 7.7.5. Apertura Súbita de Compuertas

Las características y efectos que se pueden observar en las áreas inundadas en este escenario son los siguientes:

**Cuadro Nº 17 – Efectos de inundación por apertura súbita de compuerta**

Descripción	Unidad	Cantidad
Área de inundación	Has	793.68
Cantidad de viviendas afectadas	Unidad	8
Estructuras viales afectadas	km	3.81
Áreas de producción agrícola afectada	Has	234.56

### 7.7.8. Falla del relleno en el canal de conducción

Las características y efectos que se pueden observar en las áreas inundadas en este escenario son los siguientes:

**Cuadro Nº 18 – Efectos de inundación por falla del relleno en el canal de conducción**

Descripción	Unidad	Cantidad
Área de inundación	Has	4.72
Cantidad de viviendas afectadas	Unidad	0
Estructuras viales afectadas	km	0
Áreas de producción agrícola afectada	Has	0

### 7.7.9. Falla de la estructura de la cámara de carga

Las características y efectos que se pueden observar en las áreas inundadas en este escenario son los siguientes:

**Cuadro Nº 20 – Efectos de inundación por falla de la estructura e la cámara de carga**

Descripción	Unidad	Cantidad
Área de inundación	Has	4.72
Cantidad de viviendas afectadas	Unidad	0
Estructuras viales afectadas	km	0
Áreas de producción agrícola afectada	Has	0

### 7.8. Recomendaciones para el Plan de Emergencia.

Se recomienda actualizar el Plan de Emergencias con respecto a los datos del flujo de comunicación y la demografía ubicada cercana a la mancha de inundación cada vez que ocurran cambios importantes.

Hidroeléctrica San Lorenzo, S.A. deberá tener un plan de contingencia interno para los escenarios analizados en este PADE y de otras situaciones menores que pudieran darse en la Central Hidroeléctrica San Lorenzo, para salvaguardar la vida de las personas que se encuentren en las zonas potencialmente inundables.

## **8. ANEXOS.**

**ANEXO A** - Formulario para Registro de Eventos.

**ANEXO B** - Mapas de Inundación CH San Lorenzo.

**ANEXO C** - Planos Como Construidos de la Presa y las Estructuras de la Central Hidroeléctrica San Lorenzo.

**ANEXO D** - Análisis Hidráulico del Río Fonseca.

**ANEXO E** - Directorio de Contactos Alternativos.

**ANEXO F** – Plan de Simulacro para Emergenias.

## **ANEXO A – FORMULARIO PARA REGISTROS DE EVENTOS**

## ANEXO A - FORMULARIO PARA REGISTRO DE EVENTOS

### Preliminares

Fecha: \_\_\_\_\_

Registro de causas y efectos inmediatamente después de la emergencia. La persona del contacto inicial debe recoger todos los datos para poder enfrentar otra posible situación de emergencia.

#### Notificación: Alerta Blanca

Contacto	Contactado (si/no)	Tiempo de Contacto (min)	Contactado por
Gerente			
Gerente de Operaciones			
UTESEP			
ETESA (CND)			
ETESA (HIDROMET)			
SINAPROC			

#### Notificación: Alerta Verde

Contacto	Contactado (si/no)	Tiempo de Contacto (min)	Contactado por
Gerente			
Gerente de Operaciones			
UTESEP			
ETESA (CND)			
ETESA (HIDROMET)			
SINAPROC			

#### Notificación: Alerta Amarilla

Contacto	Contactado (si/no)	Tiempo de Contacto (min)	Contactado por
Gerente General			
Gerente de Operaciones			
UTESEP			
ETESA (CND)			
ETESA (HIDROMET)			
Bomberos			
SINAPROC			
Policía Nacional			
Hospitales			
Centro de Salud			
Cruz Roja			



**Notificación: Alerta Roja**

<b>Contacto</b>	<b>Contactado (si/no)</b>	<b>Tiempo de Contacto (min)</b>	<b>Contactado por</b>
Gerente General			
Gerente de Operaciones			
UTESEP			
ETESA (CND)			
ETESA (HIDROMET)			
Bomberos			
SINAPROC			
Policía Nacional			
Hospitales			
Centro de Salud			
Cruz Roja			

NOTA: En el ANEXO E se presentan los contactos alternativos que participan en el nivel de emergencia de la alerta roja.

### Reporte durante el evento

¿Cómo y dónde se detectó el evento? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Condiciones del clima: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Descripción General de Situación de Emergencia: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Nivel de Emergencia: \_\_\_\_\_

### Medidas y Progresión del Evento

Fecha	Hora	Medidas / progresión del evento	Anotado por

Reporte preparado por: \_\_\_\_\_ fecha: \_\_\_\_\_

## Reporte después del evento

Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Condiciones del Clima: \_\_\_\_\_

Descripción General de la Situación de Emergencia: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Áreas afectadas: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Daño de las Estructuras que conforman la Central: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Posibles Causas: \_\_\_\_\_

Efectos en la Operación de la Presa: \_\_\_\_\_

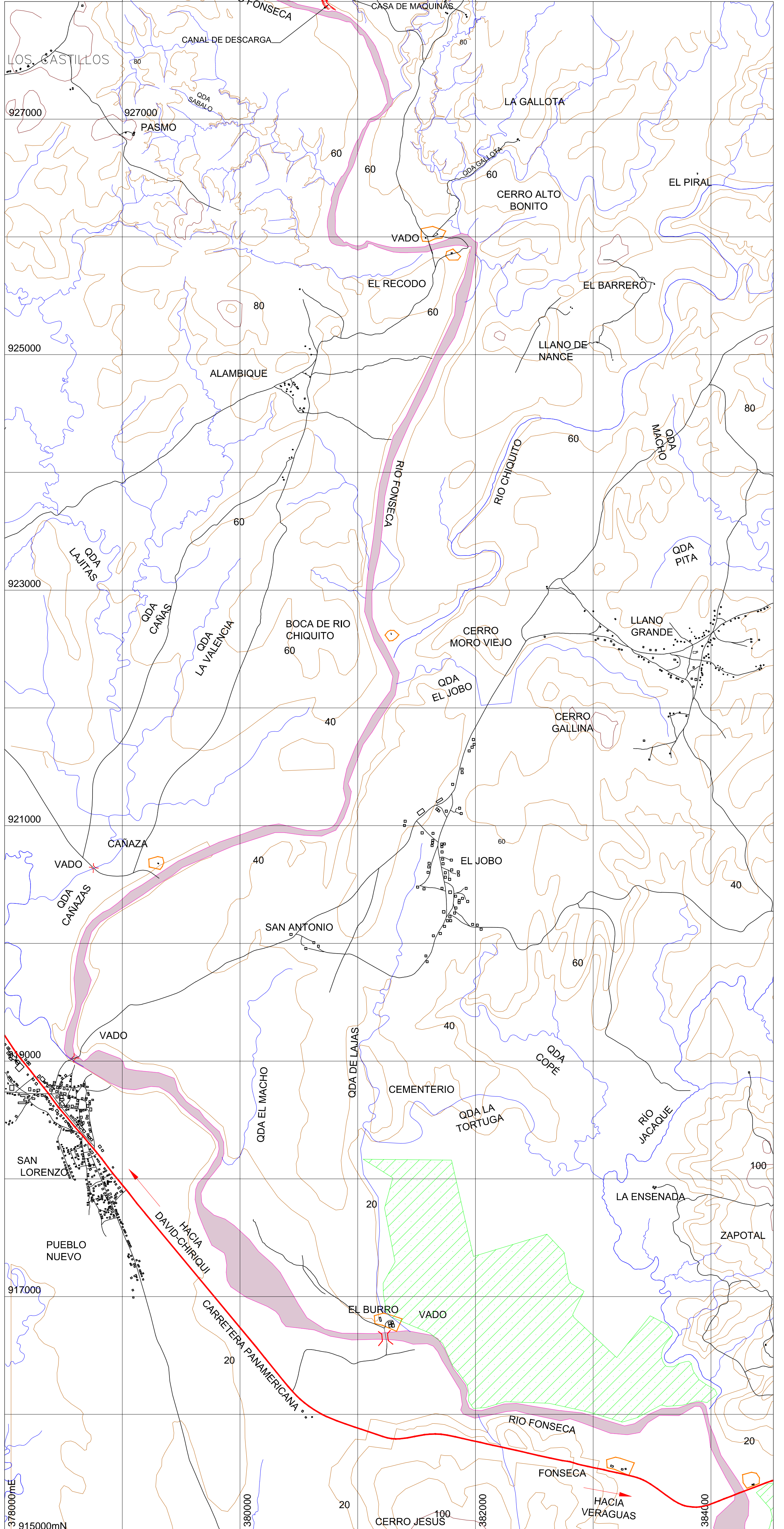
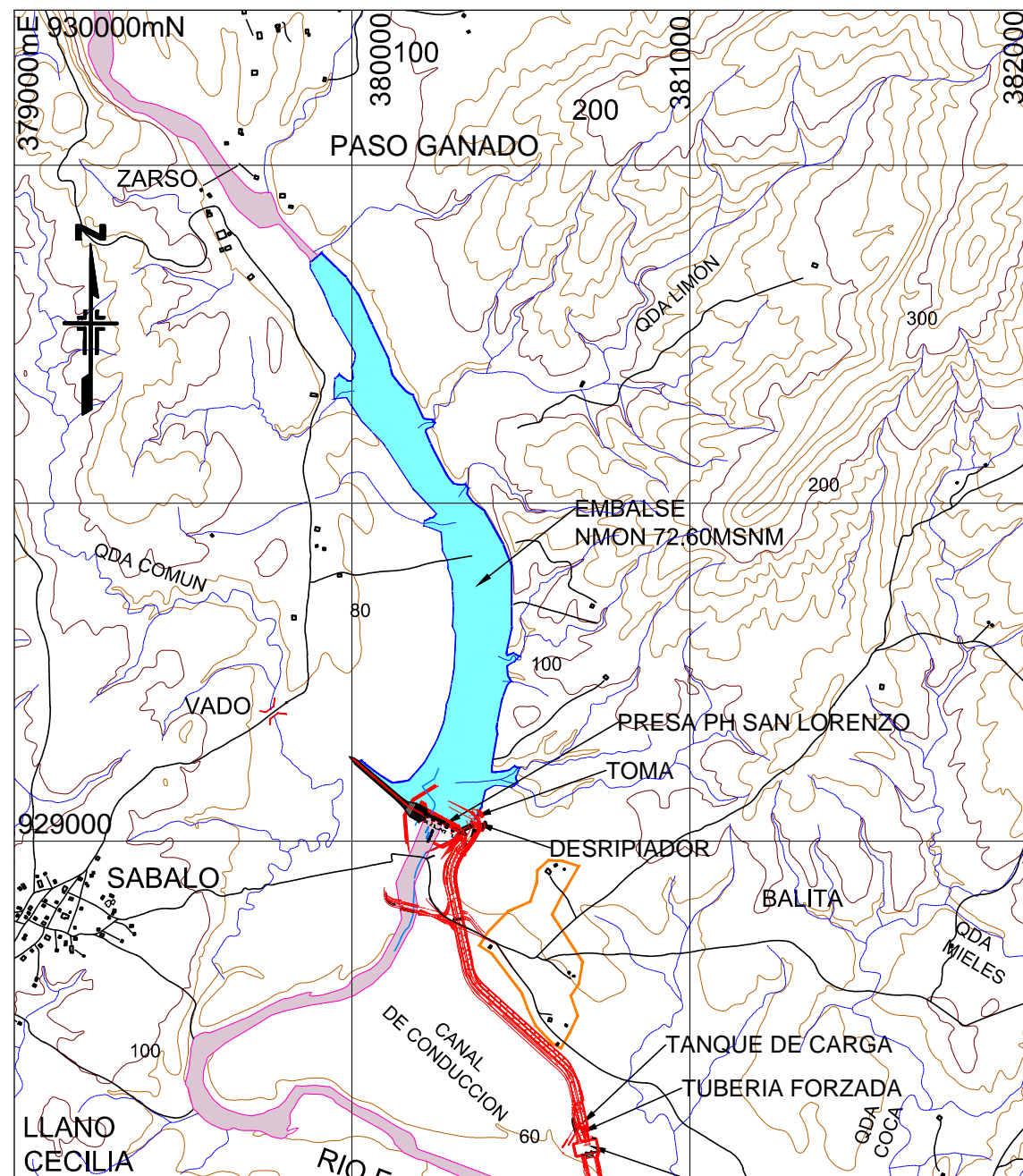
\_\_\_\_\_

Elevación inicial del Embalse: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Máxima Elevación del Embalse: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Elevación final del Embalse: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

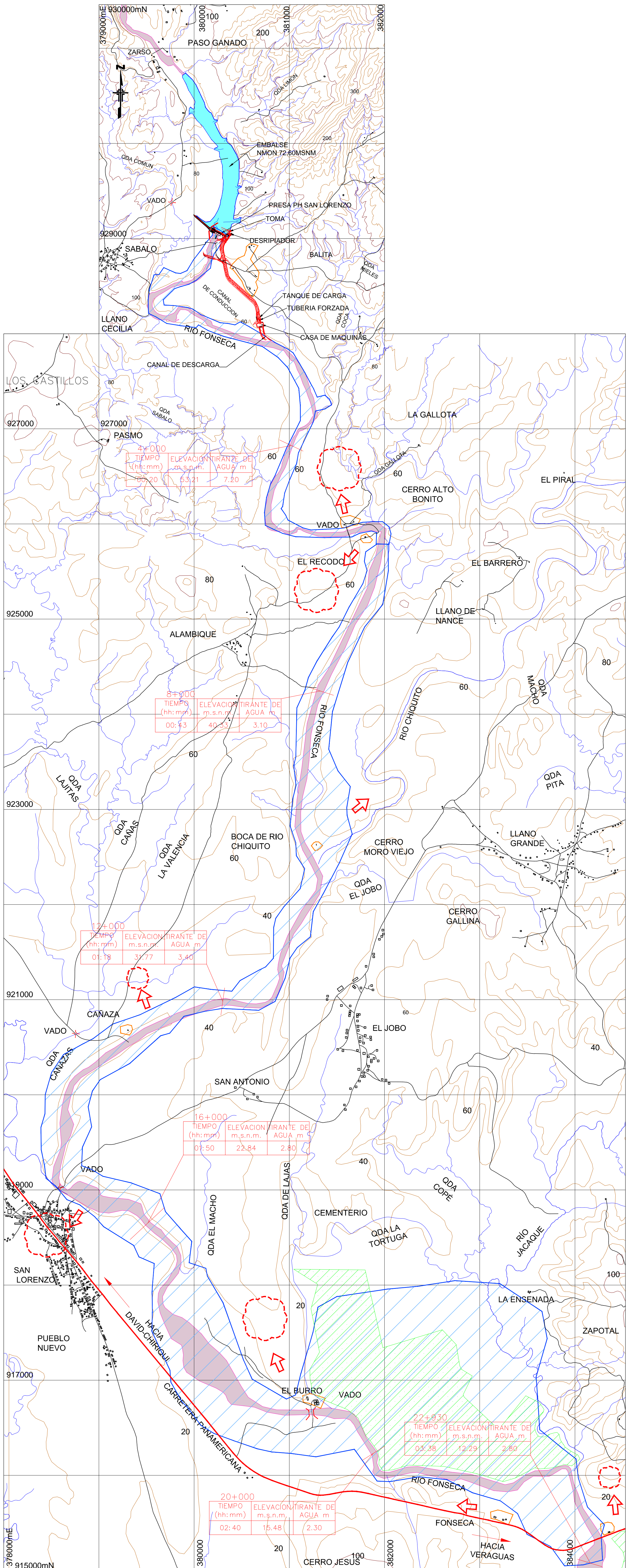
## **ANEXO B – MAPAS DE INUNDACION CH SAN LORENZO**



LEYENDA:

	EMBALSE
	CALLES
	RIO FONSECA
	AREA DE CULTIVOS
	REGION DE CASAS A ORILLA DE RIO



<b>REPUBLICA DE PANAMA</b>	
<b>PROYECTO HIDROELECTRICO SAN LORENZO</b>	
<b>PLAN DE ACCION DURANTE EMERGENCIA</b>	
PLANTA GENERAL	
	FECHA: NOVIEMBRE-2013
	DATUM: WGS-84
	ESCALA: 1:20,000
	PLANO N°: ANEXO B

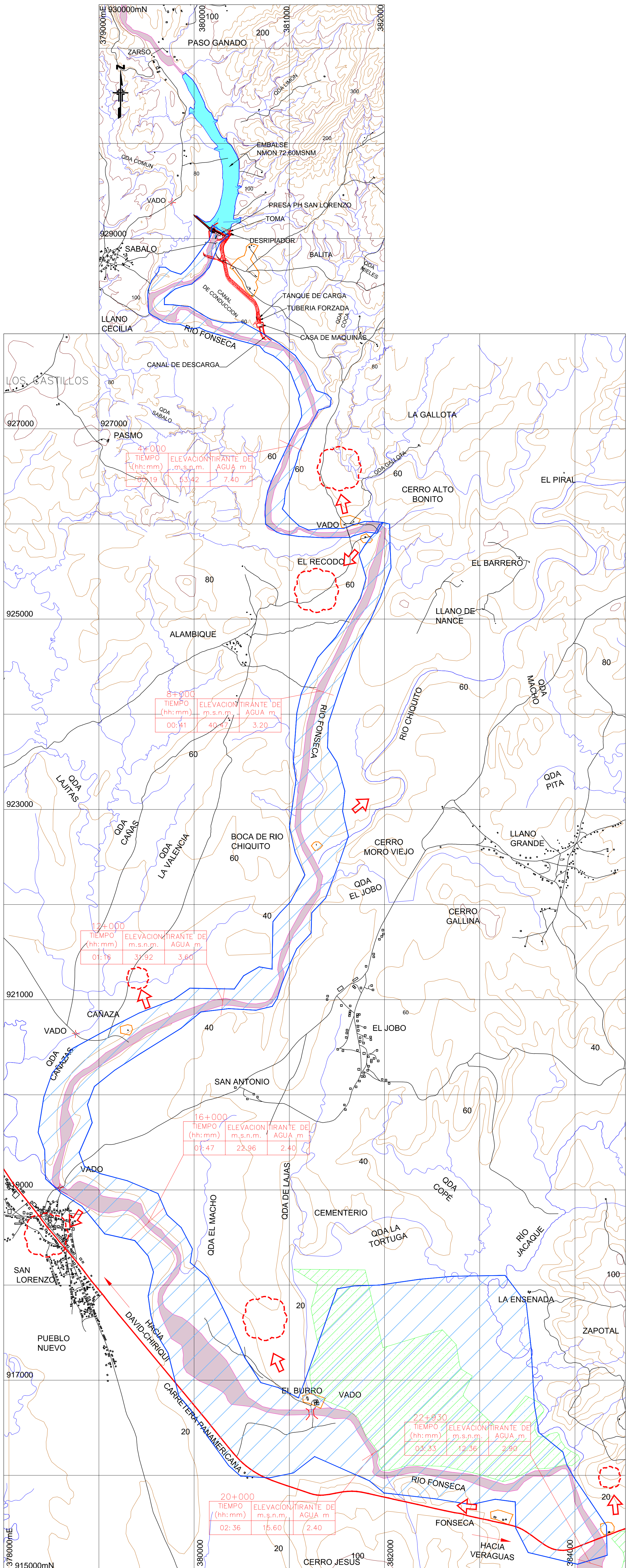


**LEYENDA:**

- EMBALSE
- CALLES
- RIO FONSECA
- AREA DE CULTIVOS
- REGION DE CASAS A ORILLA DE RIO
- ZONA SEGURA
- RUTA DE EVACUACION

**REPUBLICA DE PANAMA**  
**PROYECTO HIDROELECTRICO SAN LORENZO**  
**PLAN DE ACCION DURANTE EMERGENCIA**  
 MAPA DE INUNDACION, CRECIDA ORDINARIA 1:50 AÑOS

	FECHA: NOVIEMBRE-2013
	DATUM: WGS-84
	ESCALA: 1:20,000
	PLANO N°: ANEXO B.1

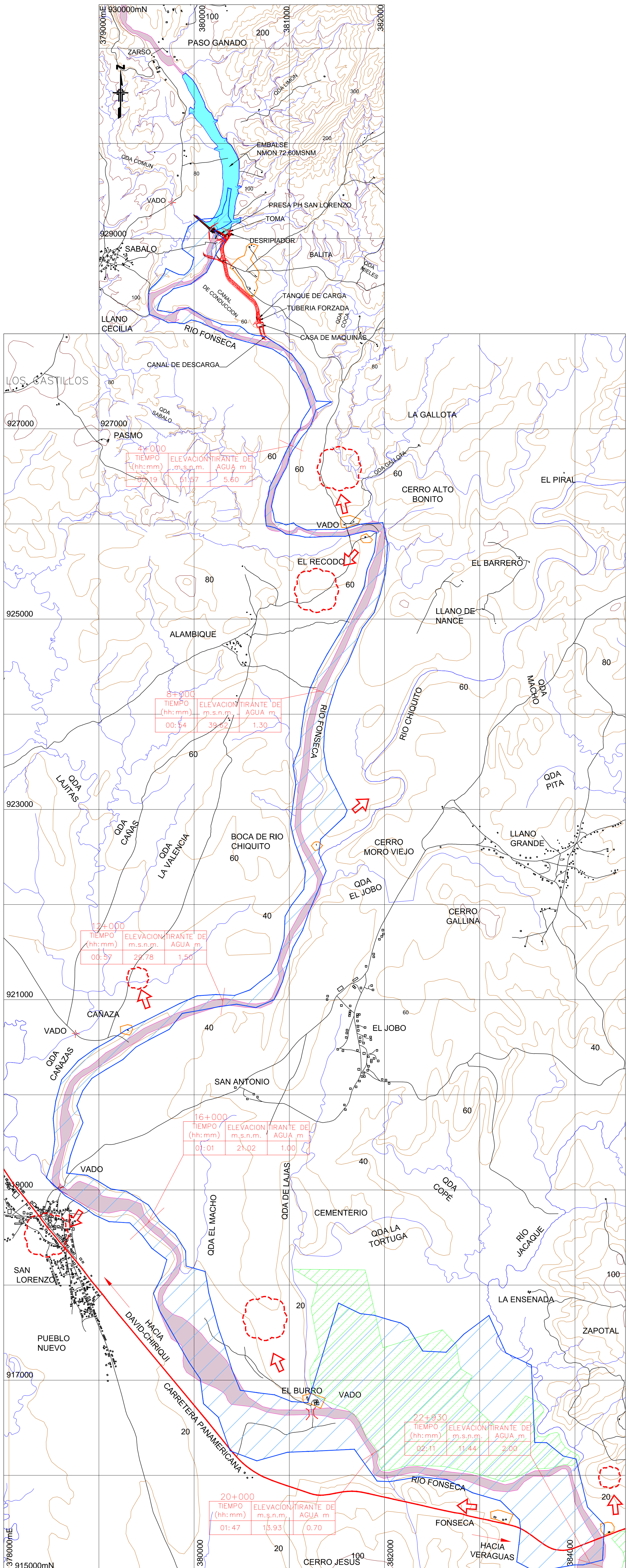


**LEYENDA:**

- EMBALSE
- CALLES
- RIO FONSECA
- AREA DE CULTIVOS
- REGION DE CASAS A ORILLA DE RIO
- ZONA SEGURA
- RUTA DE EVACUACION

**REPUBLICA DE PANAMA**  
**PROYECTO HIDROELECTRICO SAN LORENZO**  
**PLAN DE ACCION DURANTE EMERGENCIA**  
 MAPA DE INUNDACION, CRECIDA EXTRAORDINARIA 1:100 AÑOS


<b>Cuerva</b> TU ENERGÍA. NUESTRO COMPROMISO	FECHA: NOVIEMBRE-2013
<b>ARHSA</b> ARAMOS HIDRO, S.A.	DATUM: WGS-84
	ESCALA: 1:20,000
	PLANO N°: ANEXO B.2



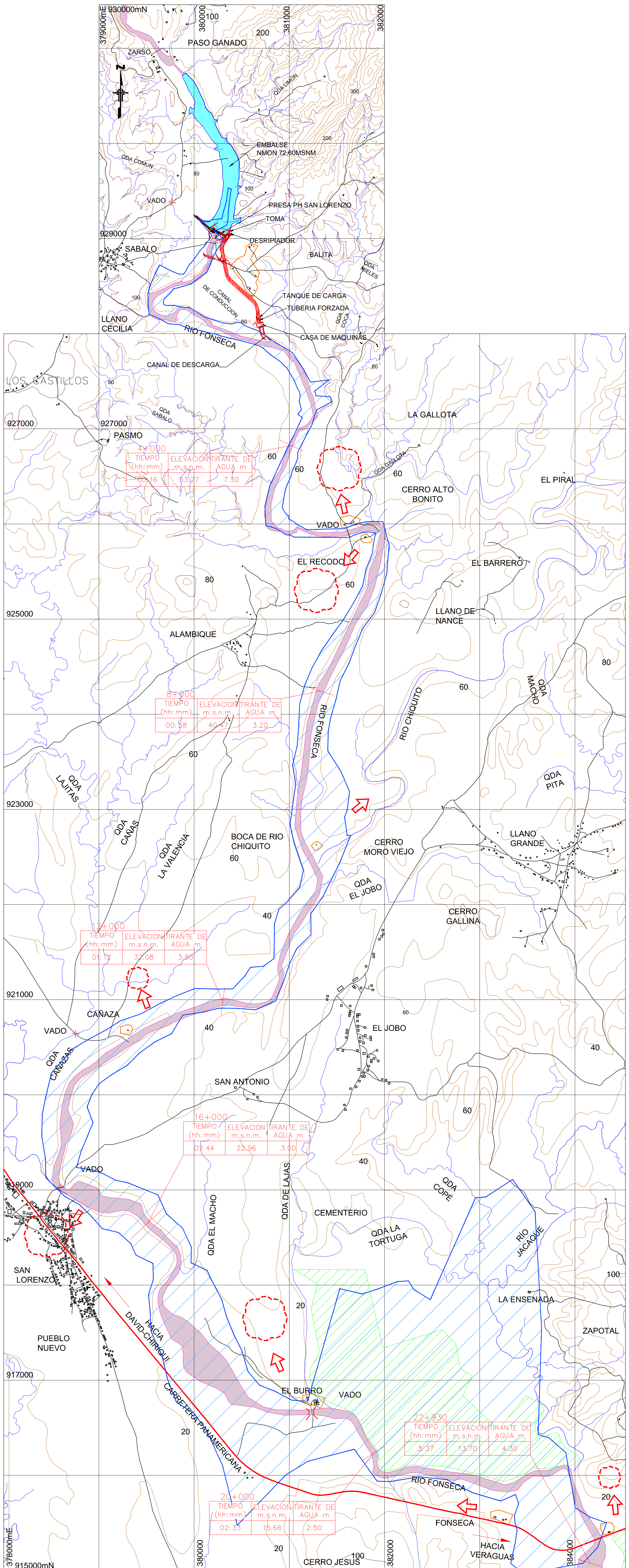
**LEYENDA:**

- EMBALSE
- CALLES
- RIO FONSECA
- AREA DE CULTIVOS
- REGION DE CASAS A ORILLA DE RIO
- ZONA SEGURA
- RUTA DE EVACUACION

**REPUBLICA DE PANAMA**  
**PROYECTO HIDROELECTRICO SAN LORENZO**  
**PLAN DE ACCION DURANTE EMERGENCIA**  
 MAPA DE INUNDACION, COLAPSO EN CONDICION OPERACION NORMAL

	FECHA: NOVIEMBRE-2013
	DATUM: WGS-84
	ESCALA: 1:20,000
	PLANO N°: ANEXO B.3



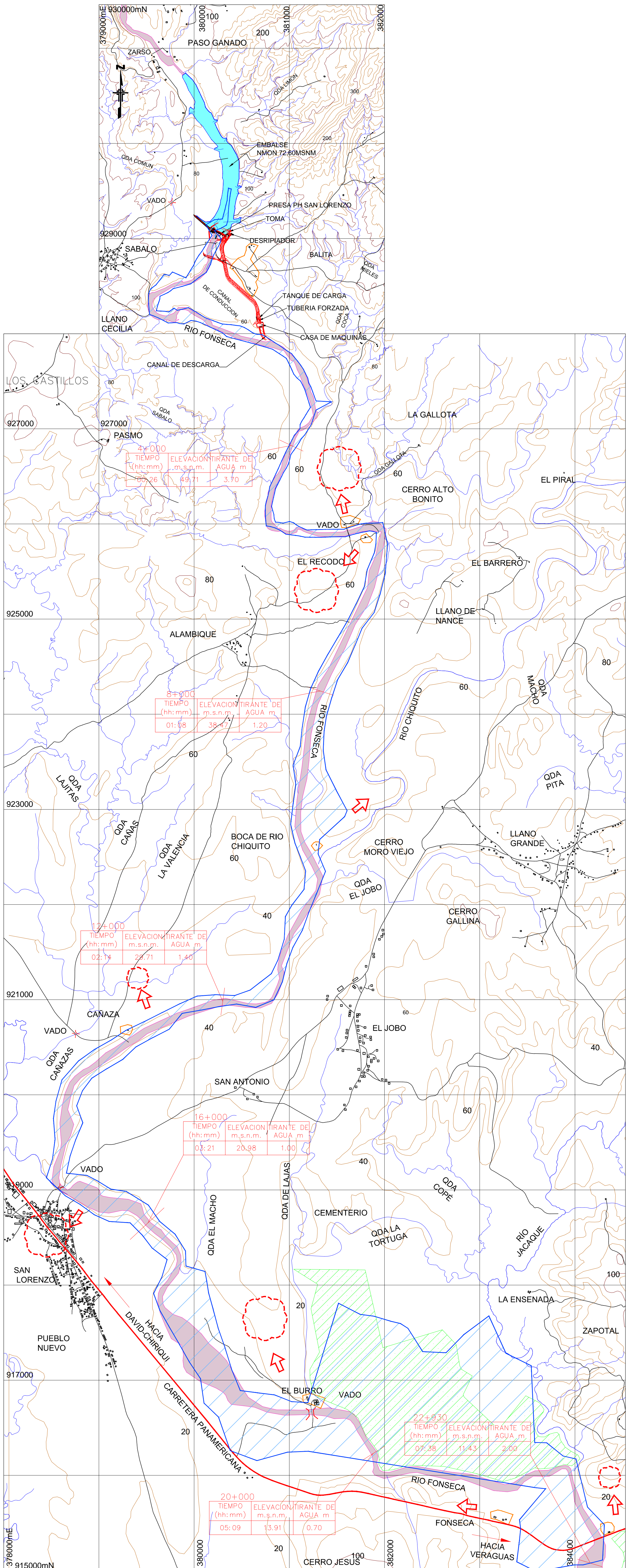


**LEYENDA:**

- EMBALSE
- CALLES
- RIO FONSECA
- AREA DE CULTIVOS
- REGION DE CASAS A ORILLA DE RIO
- ZONA SEGURA
- RUTA DE EVACUACION

**REPUBLICA DE PANAMA**  
**PROYECTO HIDROELECTRICO SAN LORENZO**  
**PLAN DE ACCION DURANTE EMERGENCIA**  
 MAPA DE INUNDACION, COLAPSO DURANTE CRECIDA EXTRAORDINARIA

<b>Cuerva</b> TU ENERGIA NUESTRO COMPROMISO	FECHA: NOVIEMBRE-2013
	DATUM: WGS-84
	ESCALA: 1:20,000
<b>ARHSA</b> ARAMOS HIDRO, S.A.	PLANO N°: ANEXO B.4

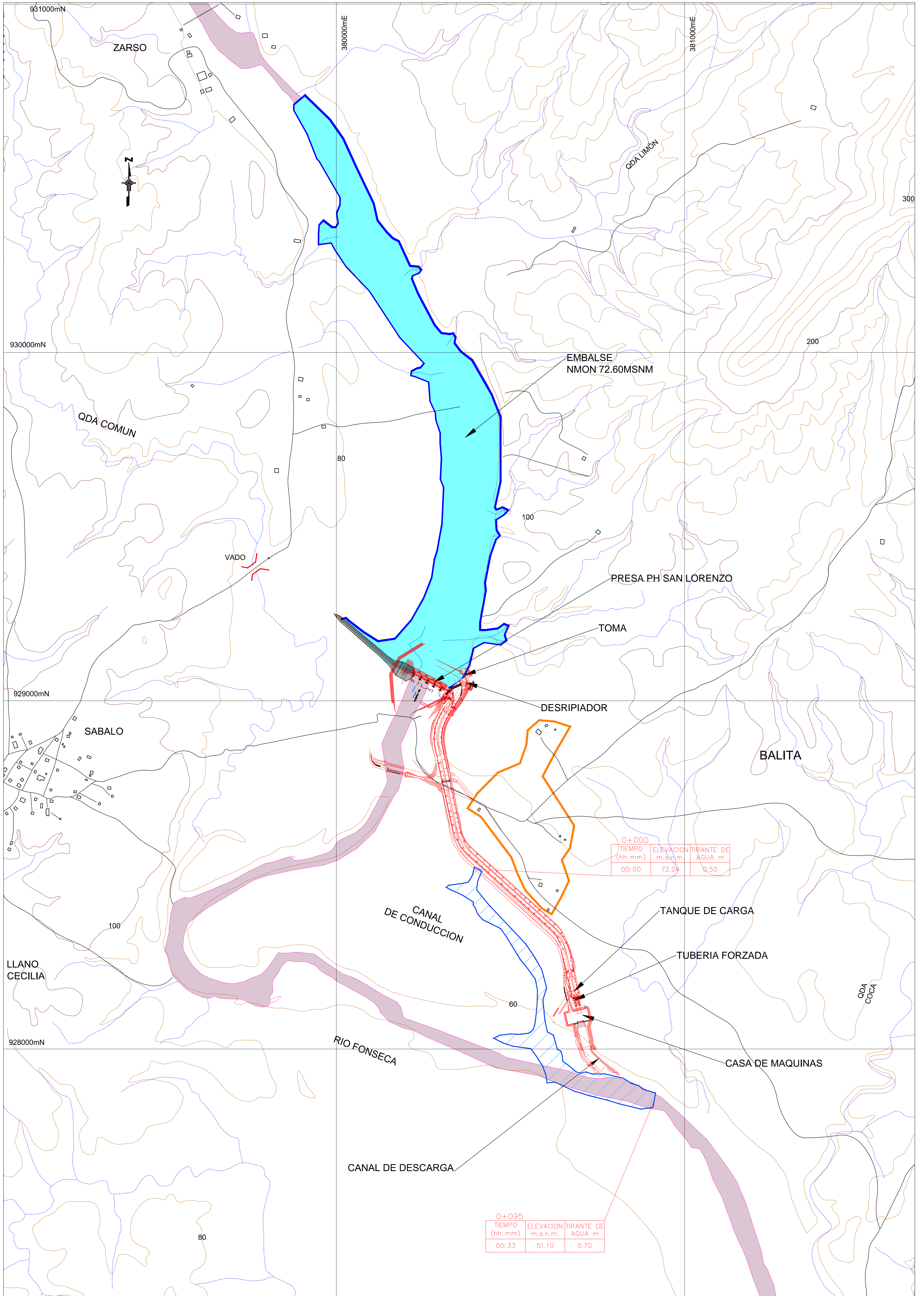


**LEYENDA:**

- EMBALSE
- CALLES
- RIO FONSECA
- AREA DE CULTIVOS
- REGION DE CASAS A ORILLA DE RIO
- ZONA SEGURA
- RUTA DE EVACUACION

**REPUBLICA DE PANAMA**  
**PROYECTO HIDROELECTRICO SAN LORENZO**  
**PLAN DE ACCION DURANTE EMERGENCIA**  
 MAPA DE INUNDACION, APERTURA SUBITA DE COMPUERTAS

 TU ENERGIA NUESTRO COMPROMISO	FECHA: NOVIEMBRE-2013 DATUM: WGS-84 ESCALA: 1:20,000 PLANO N°: ANEXO B.5
 ARAMOS HIDRO, S.A.	



**REPUBLICA DE PANAMA**  
**PROYECTO HIDROELECTRICO SAN LORENZO**  
**PLAN DE ACCION DURANTE EMERGENCIA**  
 MAPA DE INUNDACION, FALLA DE RELLENO EN EL CANAL DE CONDUCCION

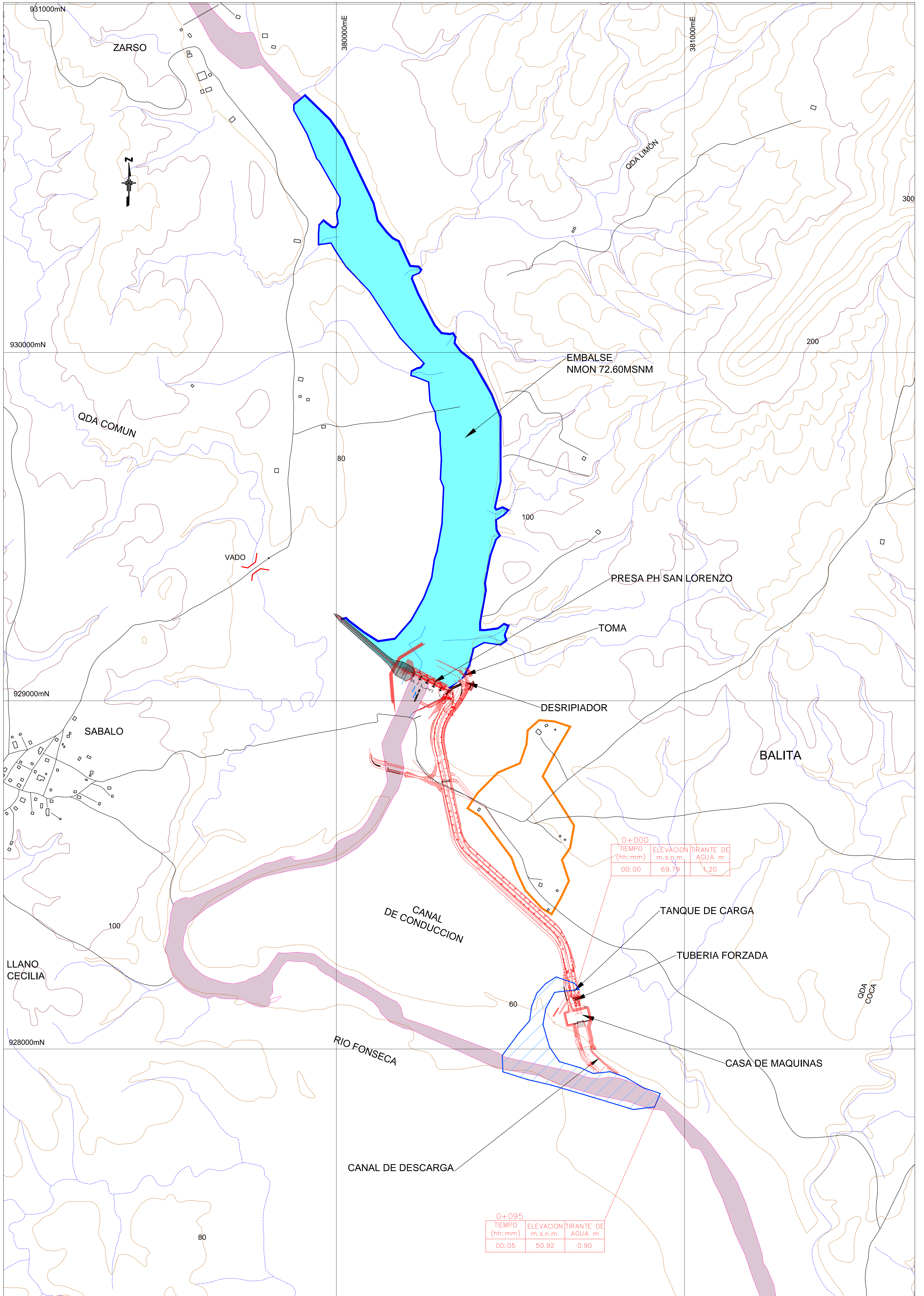
FECHA: NOVIEMBRE-2013  
 DATUM: WGS-84  
 ESCALA: 1:5,000  
 PLANO N°: ANEXO B.6

**Cuerva**  
 TU ENERGÍA, NUESTRO COMPROMISO

**ARHSA**  
 ARAMOS HIDRO, S.A.

**LEYENDA:**

- EMBALSE
- CALLES
- RIO FONSECA
- AREA DE CULTIVOS
- REGION DE CASAS A ORILLA DE RIO



0+000	TIEMPO (hh:mm)	ELEVACION m.s.n.m.	TIRANTE DE AGUA m
00:00	69.79	1.20	

0+095	TIEMPO (hh:mm)	ELEVACION m.s.n.m.	TIRANTE DE AGUA m
00:05	50.92	0.90	

**REPUBLICA DE PANAMA**  
**PROYECTO HIDROELECTRICO SAN LORENZO**  
**PLAN DE ACCION DURANTE EMERGENCIA**  
 MAPA DE INUNDACION, FALLA DE LA ESTRUCTURA DE CAMARA DE CARGA

**Cuerva**  
 TU ENERGIA, NUESTRO COMPROMISO

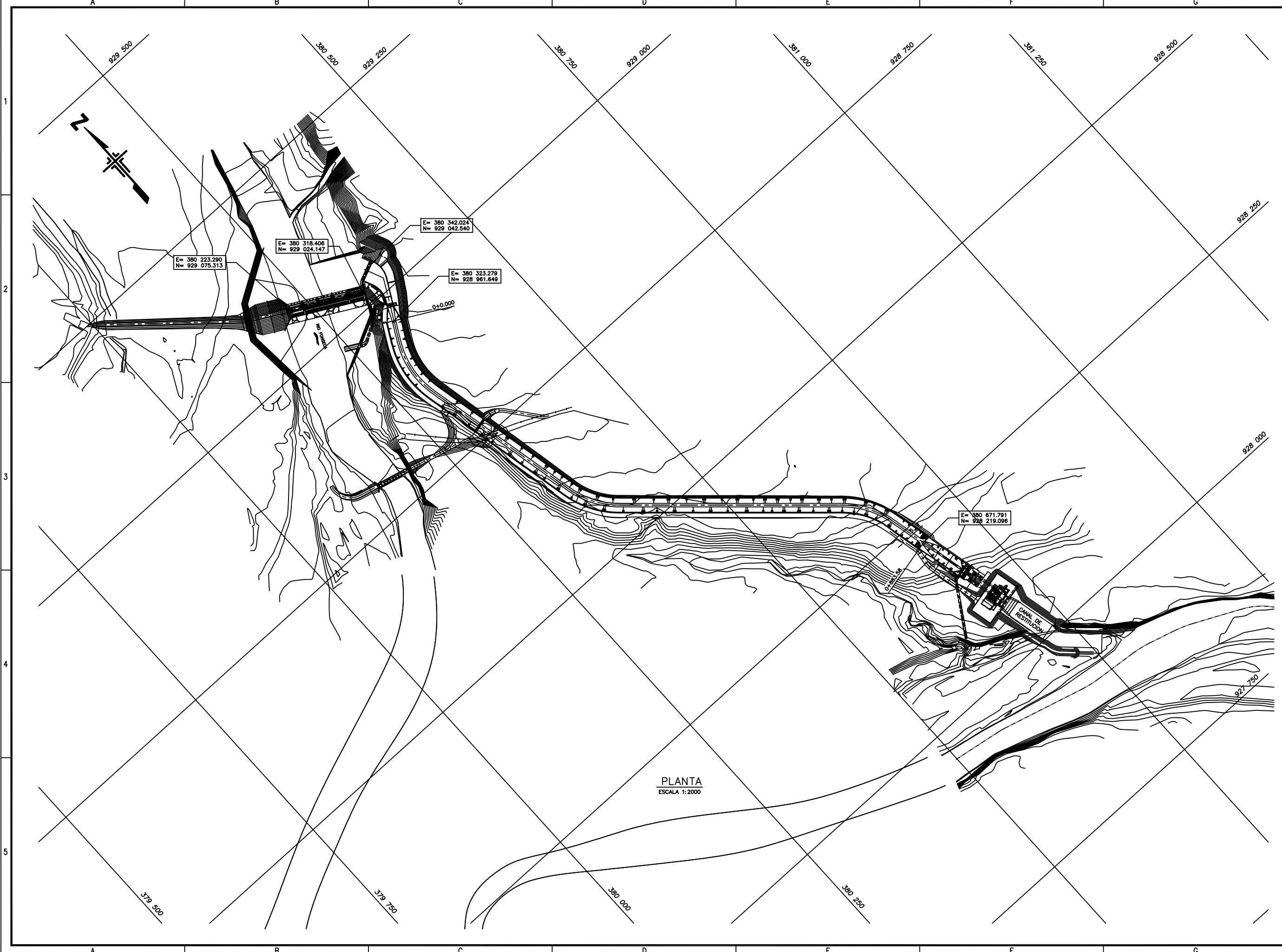
**ARHSA**  
 ARAMOS HIDRO, S.A.

FECHA: NOVIEMBRE-2013  
 DATUM: WGS-84  
 ESCALA: 1:5,000  
 PLANO N°: ANEXO B.7


**LEYENDA:**

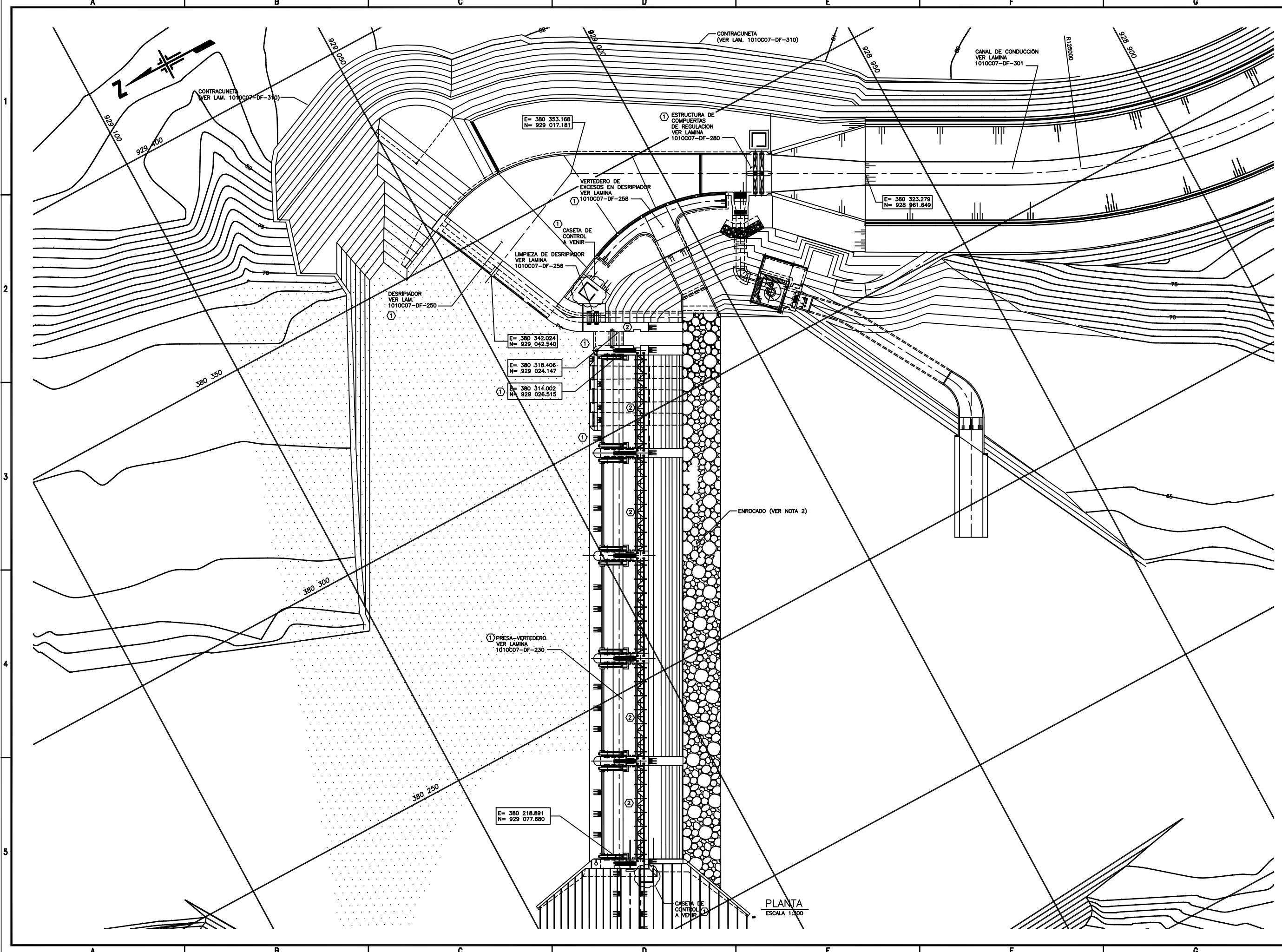
- EMBALSE
- CALLES
- RIO FONSECA
- AREA DE CULTIVOS
- REGION DE CASAS A ORILLA DE RIO

## **ANEXO C – PLANOS COMO CONSTRUIDO CH SAN LORENZO**



PLANTA  
ESCALA 1:2000

NOTAS Y REFERENCIAS			
<b>REVISION-0</b>			
<small>ESTOS PLANOS SON PROPIEDAD INTELECTUAL DE CARBON Ingenieria S. A. Y SARET. POR LO TANTO SE PROHIBE SU REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN PREVIO CONSENTIMIENTO ESCRITO.</small>			
18-09-12	EMITIDO PARA ENTREGA	CARBON	
N°	FECHA	DETALLE	REVISO
MODIFICACIONES			
ETAPA: DISEÑO FINAL			
PROYECTO: PROYECTO HIDROELECTRICO SAN LORENZO			
PROPIETARIO: HIDROELECTRICA SAN LORENZO S. A.			
CONTRATISTA: SARET DE PANAMA S. A.			
DISEÑADOR: 			
CONTENIDO: DISPOSICION GENERAL PLANTA			
ESCALA:	LAMINA:		
IND.	1010C07-DF-100-REVO		
<small>ARCH: (1010C07-DF-100-REVO.dwg - 7/11/2013 - 12:01 pm)</small>			



NOTAS Y REFERENCIAS

- 1 LOS TALUDES PERMANENTES DEBERAN PROTEGERSE CONTRA LA EROSION CON VEGETACION APROPIADA.
- 2 LA NECESIDAD DE COLOCAR EL ENROCADO DEPENDERA DE LA CALIDAD DE LA ROCA ENCONTRADA.

**REVISION-3**

ESTOS PLANOS SON PROPIEDAD INTELECTUAL DE CARBON Ingenieria S. A. Y SARET POR LO TANTO SE PROHIBE SU REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN PREVIO CONSENTIMIENTO ESCRITO

N°	FECHA	DETALLE	REVISO
①	18-08-12	MINICENTRAL ECOLOGICA	CARBON
②	19-07-11	REVISION GENERAL	CARBON
③	30-04-11	REVISION GENERAL	CARBON
④	08-03-11	EMITIDO PARA ENTREGA	CARBON

ETAPA: DISEÑO FINAL

PROYECTO: PROYECTO HIDROELECTRICO SAN LORENZO

PROPIETARIO: HIDROELECTRICA SAN LORENZO S. A.

CONTRATISTA: SARET DE PANAMA S. A.



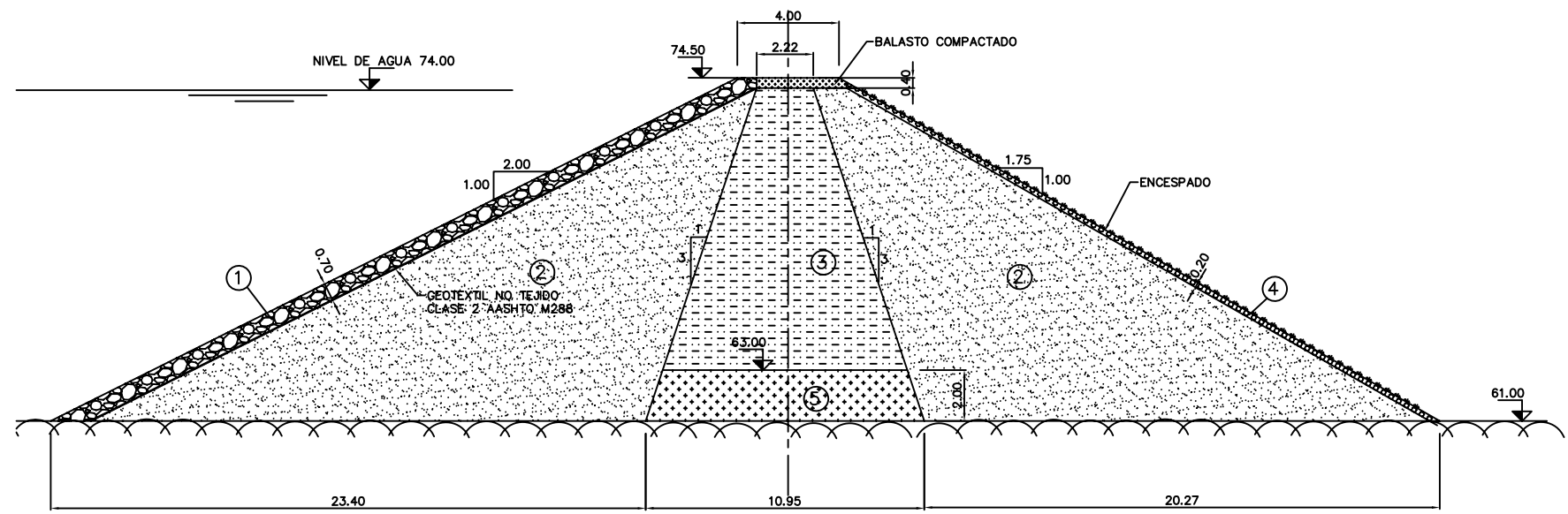
CONTENIDO: PLANTA GENERAL OBRAS DE CAPTACION

ESCALA:	LAMINA:
1:300	1010C07-DF-200-REV3

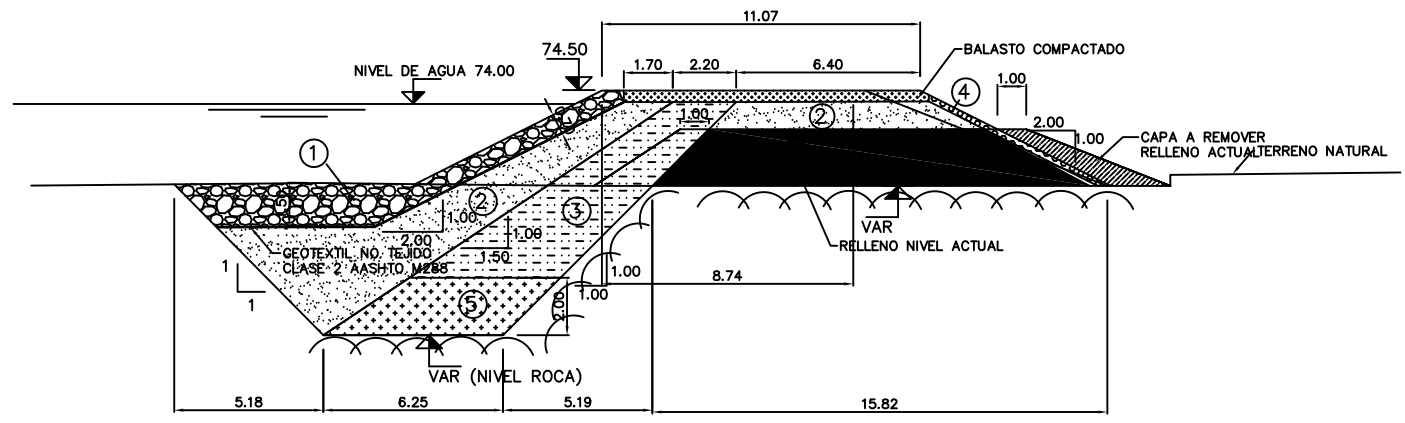
ARCH: (1010C07-DF-200-REV3.dwg - 7/11/2013 - 11:47 am)

MATERIALES DIQUE	
①	RIP-RAP - BLOQUES MAYORES A 0.40
②	FILTRO - MATERIAL SEMI-IMPERMEABLE GRAVO-ARENOSO
③	NÚCLEO
④	ENCESPADO
⑤	NÚCLEO (NOTA 5)

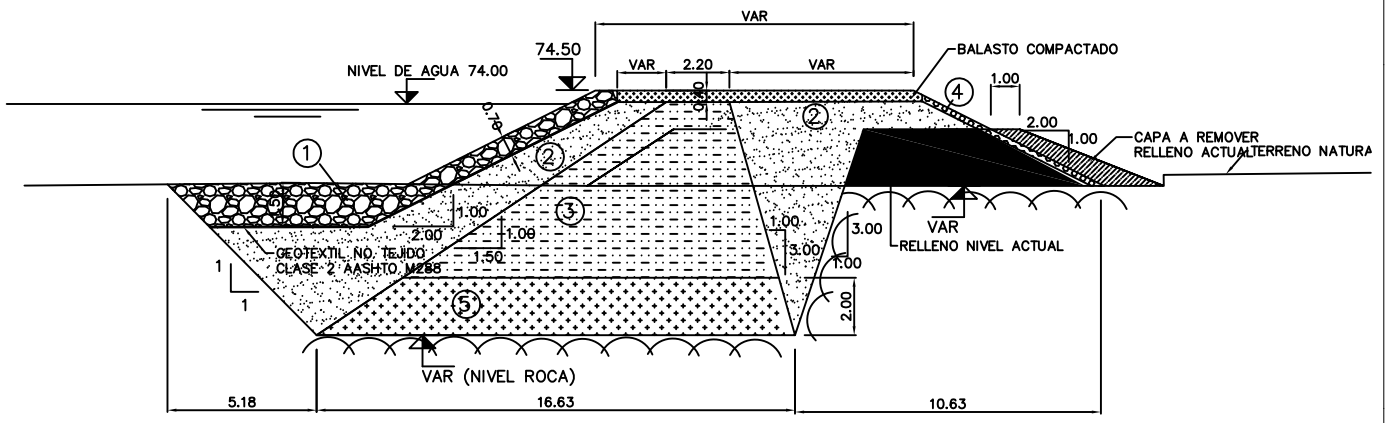
- NOTAS GENERALES:**
- LA INDICACIÓN DE TALUD CORRESPONDE A HORIZONTAL:VERTICAL.
  - LAS DIMENSIONES ESTÁN EN METROS, A NO SER DE QUE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
  - LAS ELEVACIONES ESTÁN REFERIDAS AL NIVEL DEL MAR.
  - LAS OBRAS, DISTANCIAS Y ELEVACIONES DEBERÁN AJUSTARSE A LAS CONDICIONES TOPOGRÁFICAS DEL TERRENO.
  - NÚCLEO COMPACTADO CON UNA HUMEDAD POR ENCIMA DE LA ÓPTIMA DEL PROCTOR.



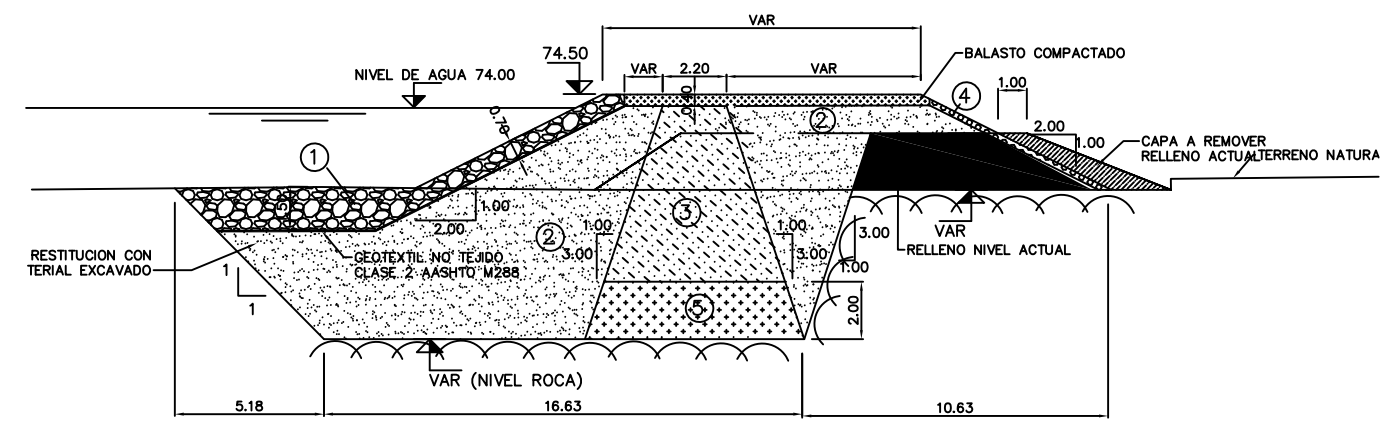
**CORTE B-B'**  
ESCALA 1:125



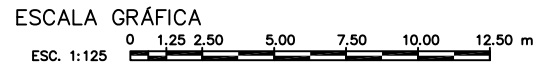
**CORTE C-C'**  
ESCALA 1:125



**CORTE D-D'**  
ESCALA 1:125



**CORTE E-E'**  
ESCALA 1:125



EDIC	FECHA	DD	TP	RVS	APR	REVISION	EDITADO PARA
1	06/03/13	CHG	DB	HR	EL		

TITULO PROYECTO:  
**HIDROELECTRICA SAN LORENZO**

TITULO PLANO:  
**DIQUE DE CIERRE SECCIONES TRANSVERSALES**

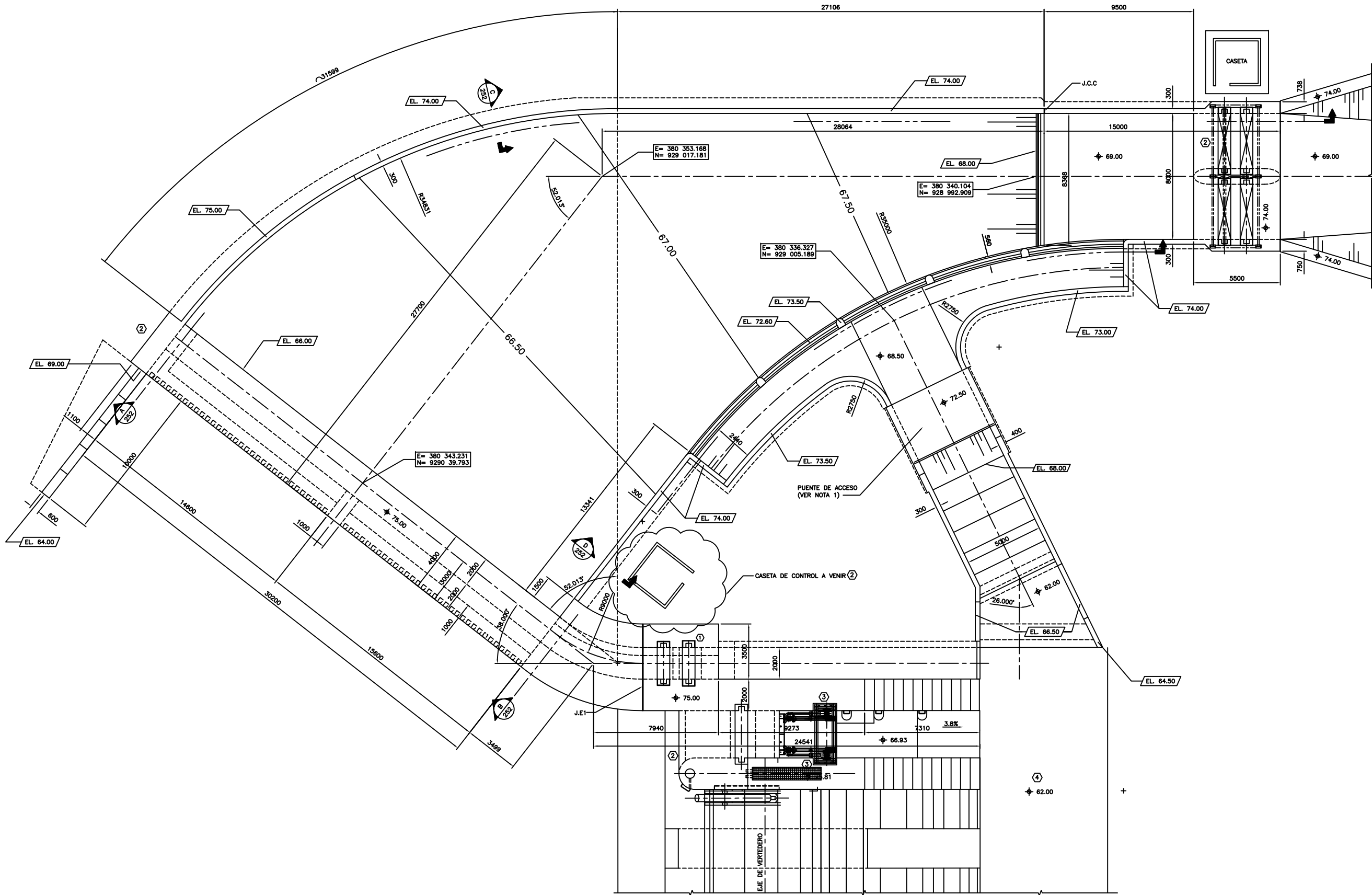
ESCALA:  
INDICADAS

Plano:  
Doc. GNF Engineering:

engineering

HOJA 1 SIGUE 2





PLANTA  
ESCALA 1:100

NOTAS Y REFERENCIAS

1 LA CAPACIDAD DE DISEÑO DEL PUENTE DE ACERO ES DE 32 TON.

REVISION-4

ESTOS PLANOS SON PROPIEDAD INTELECTUAL DE CARBON Ingenieria S. A. Y SARET. POR LO TANTO SE PROHIBE SU REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN PREVIO CONSENTIMIENTO ESCRITO.

N°	FECHA	DETALLE	REVISO
①	31-06-11	ELIMINA ENROCADO	CARBON
②	19-07-11	REVISION GENERAL	CARBON
③	18-05-11	REVISION GENERAL	CARBON
④	01-04-11	CAMBIO DIMENSION NICHOS	CARBON
⑤	09-03-11	EMITIDO PARA ENTREGA	CARBON

MODIFICACIONES

ETAPA: DISEÑO FINAL

PROYECTO: PROYECTO HIDROELECTRICO SAN LORENZO

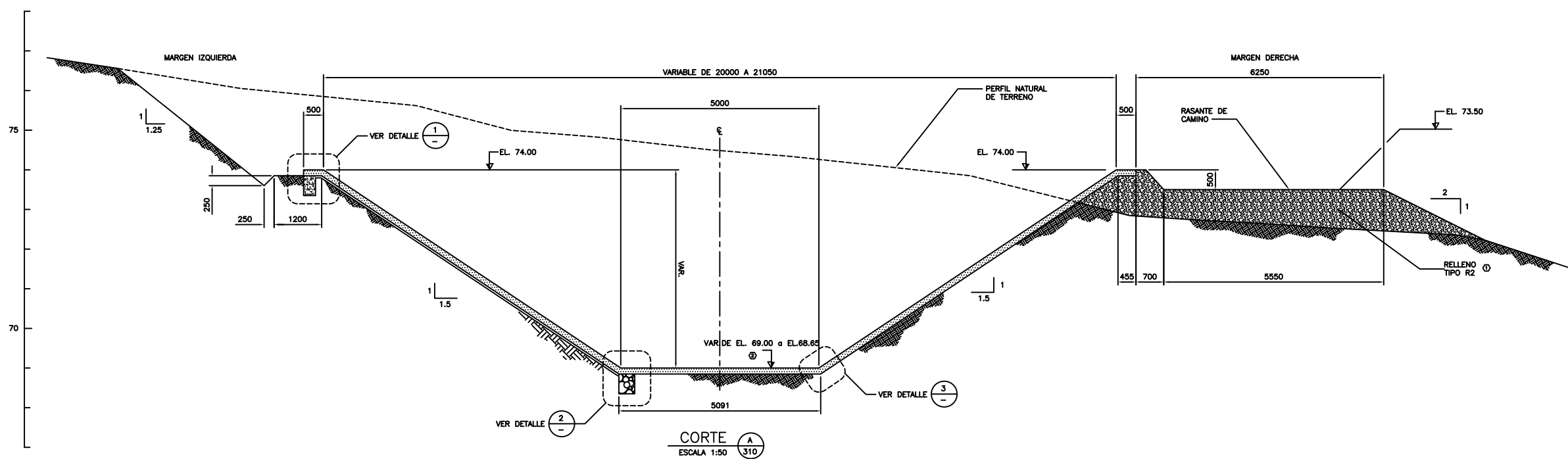
PROPIETARIO: HIDROELECTRICA SAN LORENZO S. A.

CONTRATISTA: SARET DE PANAMA S. A.

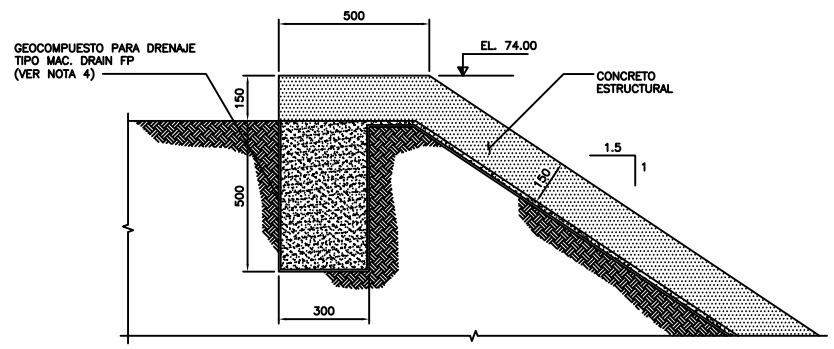


CONTENIDO: OBRAS DE CAPTACION @ DESRIPIADOR PLANTA

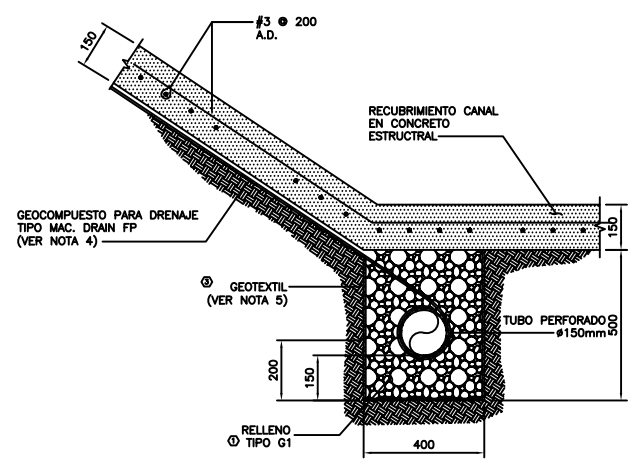
ESCALA:	LAMINA:
INDICADAS	1010C07-DF-251-REV4



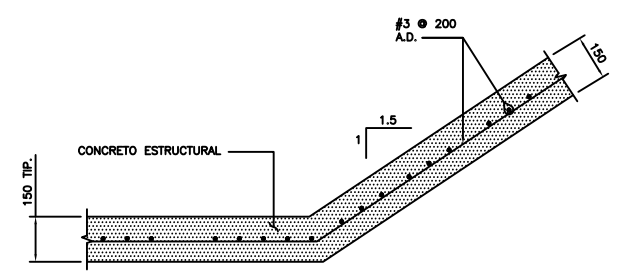
CORTE A  
ESCALA 1:50



DETALLE 1  
ESCALA 1:10



DETALLE 2  
ESCALA 1:10



DETALLE 3  
ESCALA 1:10

- NOTAS Y REFERENCIAS
- 1 LOS TALUDES PERMANENTES DEBERAN PROTEGERSE CONTRA LA EROSION UTILIZANDO VEGETACION.
  - 2 LOS TALUDES PERMANENTES Y SU PROTECCION CONTRA LA EROSION CORRESPONDEN A LAS CONDICIONES GEOTECNICAS SUPUESTAS DURANTE EL DISEÑO. ESTAS CARACTERISTICAS DEBERAN VERIFICARSE SEGUN LAS CONDICIONES GEOTECNICAS ENCONTRADAS.
  - 3 SE DEBEN CONSTRUIR JUNTAS DE CONSTRUCCION CADA 3000 A LO LARGO DE TODO EL CANAL.
  - 4 EL GEOCOMPUUESTO DEBERA INSTALARSE UNICAMENTE EN LAS ZONAS DE TALUD EN CORTE DONDE SE NOTE PRESENCIA DE AGUA Y EL MATERIAL DEL TALUD NO SEA GRANULAR.
  - 5 EL GEOTEXTIL DEBE SER NO TEJIDO Y DEBE CUMPLIR CON LOS REQUISITOS PARA GEOTEXTIL CLASE 2 SEGUN LA NORMA AASHTO M288.

REVISION-3

ESTOS PLANOS SON PROPIEDAD INTELECTUAL DE CARBON Ingenieria S. A. Y SARET POR LO TANTO SE PROHIBE SU REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN PREVIO CONSENTIMIENTO ESCRITO

N°	FECHA	DETALLE	REVISO
①	21-08-11	ARABE ESPECIFICACION DE GEOTEXTIL	CARBON
②	20-08-11	CORRECCION DE ELEVACION	CARBON
③	25-05-11	REVISION GENERAL	CARBON
④	18-03-11	EMITIDO PARA ENTREGA	CARBON

MODIFICACIONES

ETAPA: DISEÑO FINAL

PROYECTO: PROYECTO HIDROELECTRICO SAN LORENZO

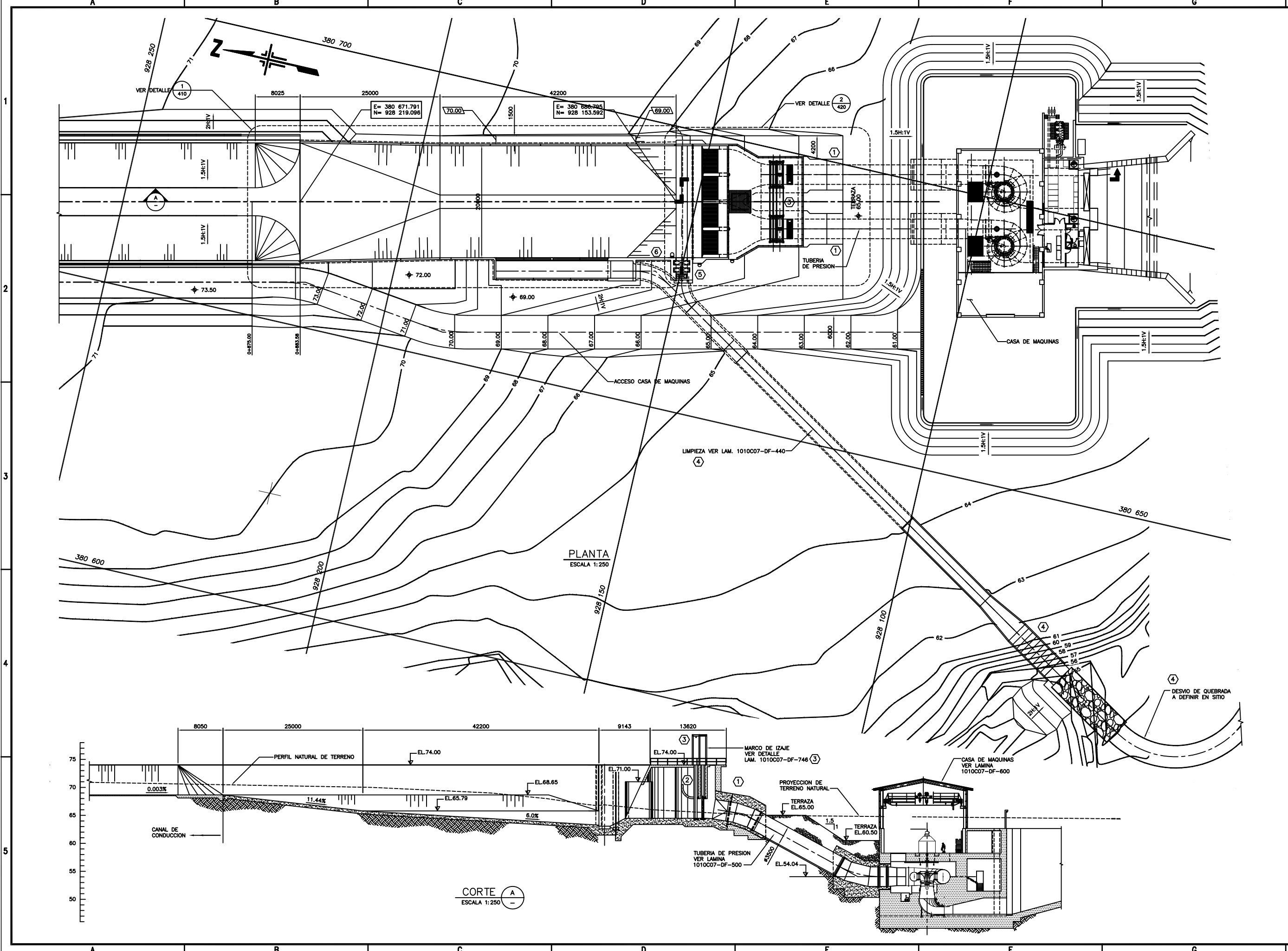
PROPIETARIO: HIDROELECTRICA SAN LORENZO S. A.

CONTRATISTA: SARET DE PANAMA S. A.

DISEÑADOR: **carbon** Ingenieria CONSULTORES EN INGENIERIA

CONTENIDO: CANAL DE CONDUCCION CORTE

ESCALA:	LAMINA:
INDICADA	1010C07-DF-312-REV3



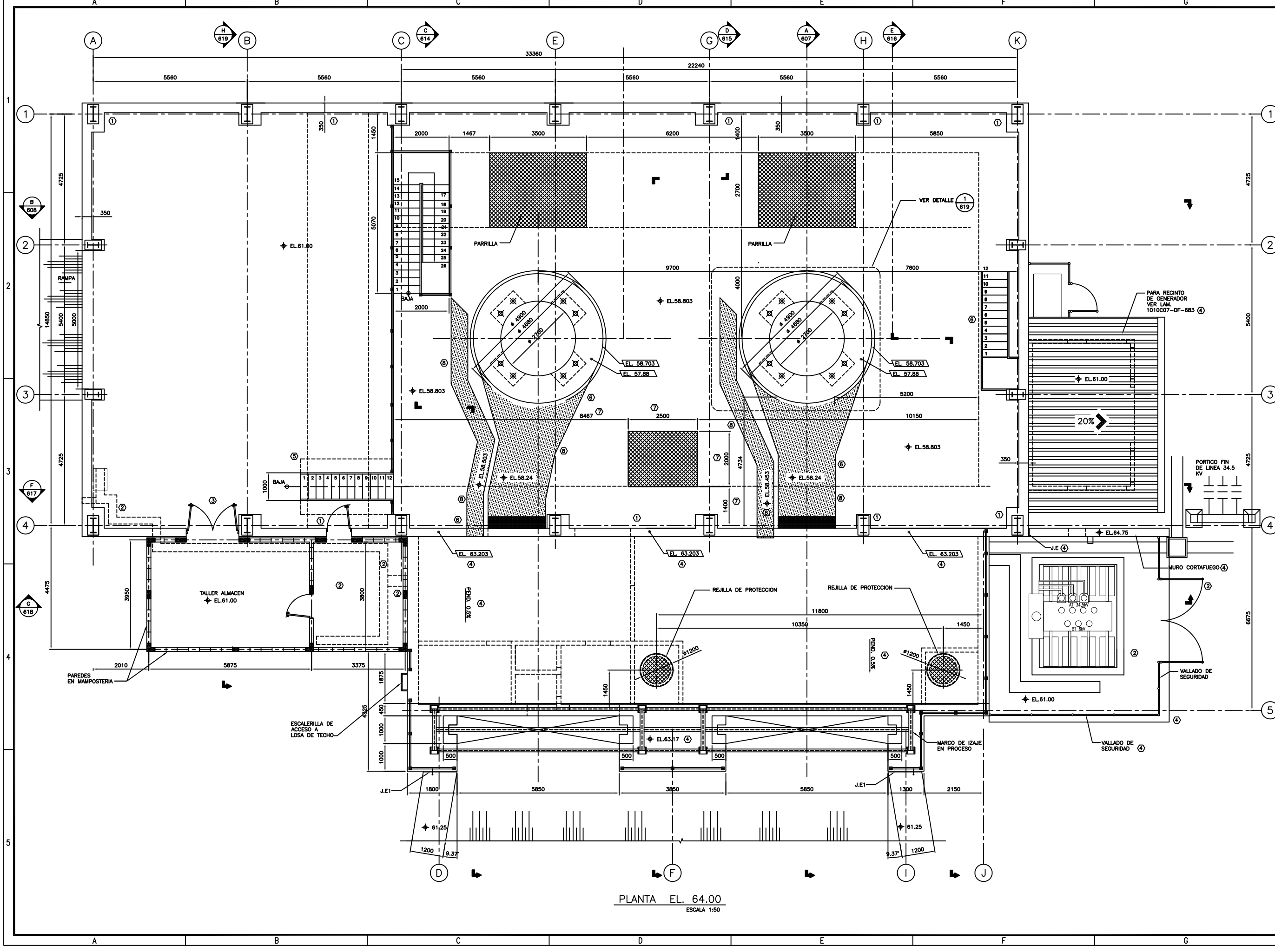
NOTAS Y REFERENCIAS

**REVISION 5**


ESTOS PLANOS SON PROPIEDAD INTELECTUAL DE CARBON Ingenieria S. A. Y SARET POR LO TANTO SE PROHIBE SU REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN PREVIO CONSENTIMIENTO ESCRITO

N°	FECHA	DETALLE	REVISO
⑥	23-10-12	MODIFICACION TANQUE DE CARGA	CARBON
⑤	06-12-11	ADICION DE ATAGUJA	CARBON
④	03-10-11	DISIPADOR EN CANAL DE LIMPIEZA	CARBON
③	23-08-11	REVISION GENERAL	CARBON
②	25-08-11	REVISION GENERAL	CARBON
①	12-07-11	MODIFICACION BLOQUE DE ANCLAJE	CARBON
⑦	08-07-11	EMITIDO PARA ENTREGA	CARBON

MODIFICACIONES	
ETAPA:	DISEÑO FINAL
PROYECTO:	PROYECTO HIDROELECTRICO SAN LORENZO
PROPIETARIO:	HIDROELECTRICA SAN LORENZO S. A.
CONTRATISTA:	SARET DE PANAMA S. A.
DISEÑADOR:	<b>carbon</b> Ingenieria CONSULTORES EN INGENIERIA
CONTENIDO:	TANQUE DE CARGA DISPOSICION GENERAL PLANTA Y CORTE
ESCALA:	LAMINA:
INDICADA	1010C07-DF-400-REV6
ARCH: 1010C07-DF-400-REV6.dwg - 7/11/2013 - 1:32 pm	



PLANTA EL. 64.00  
ESCALA 1:50

NOTAS Y REFERENCIAS																																									
<b>REVISION-8</b>																																									
<p>ESTOS PLANOS SON PROPIEDAD INTELECTUAL DE CARBON Ingenieros S. A. Y SARET. POR LO TANTO SE PROHIBE SU REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN PREVIO CONSENTIMIENTO ESCRITO.</p>																																									
<table border="1"> <tr><td>⑩</td><td>10-10-12</td><td>GEOMETRIA DE DUCTO VENTILACION</td><td>CARBON</td></tr> <tr><td>⑨</td><td>08-10-12</td><td>UBICACION DE MUÑO CENTRAL</td><td>CARBON</td></tr> <tr><td>⑧</td><td>07-09-12</td><td>REVISION GENERAL</td><td>CARBON</td></tr> <tr><td>⑦</td><td>16-07-12</td><td>REVISION GENERAL</td><td>CARBON</td></tr> <tr><td>⑥</td><td>22-06-12</td><td>REVISION GENERAL</td><td>CARBON</td></tr> <tr><td>⑤</td><td>16-03-12</td><td>REVISION GENERAL</td><td>CARBON</td></tr> <tr><td>④</td><td>03-02-12</td><td>REVISION GENERAL</td><td>CARBON</td></tr> <tr><td>③</td><td>14-12-11</td><td>MODIFICACION COLUMNAS</td><td>CARBON</td></tr> <tr><td>②</td><td>25-10-11</td><td>EMITIDO PARA ENTREGA</td><td>CARBON</td></tr> <tr><td>N°</td><td>FECHA</td><td>DETALLE</td><td>REVISOR</td></tr> </table>	⑩	10-10-12	GEOMETRIA DE DUCTO VENTILACION	CARBON	⑨	08-10-12	UBICACION DE MUÑO CENTRAL	CARBON	⑧	07-09-12	REVISION GENERAL	CARBON	⑦	16-07-12	REVISION GENERAL	CARBON	⑥	22-06-12	REVISION GENERAL	CARBON	⑤	16-03-12	REVISION GENERAL	CARBON	④	03-02-12	REVISION GENERAL	CARBON	③	14-12-11	MODIFICACION COLUMNAS	CARBON	②	25-10-11	EMITIDO PARA ENTREGA	CARBON	N°	FECHA	DETALLE	REVISOR	
⑩	10-10-12	GEOMETRIA DE DUCTO VENTILACION	CARBON																																						
⑨	08-10-12	UBICACION DE MUÑO CENTRAL	CARBON																																						
⑧	07-09-12	REVISION GENERAL	CARBON																																						
⑦	16-07-12	REVISION GENERAL	CARBON																																						
⑥	22-06-12	REVISION GENERAL	CARBON																																						
⑤	16-03-12	REVISION GENERAL	CARBON																																						
④	03-02-12	REVISION GENERAL	CARBON																																						
③	14-12-11	MODIFICACION COLUMNAS	CARBON																																						
②	25-10-11	EMITIDO PARA ENTREGA	CARBON																																						
N°	FECHA	DETALLE	REVISOR																																						
MODIFICACIONES																																									
ETAPA: DISEÑO FINAL																																									
PROYECTO: PROYECTO HIDROELECTRICO SAN LORENZO																																									
PROPIETARIO: HIDROELECTRICA SAN LORENZO S. A.																																									
CONTRATISTA: SARET DE PANAMA S. A.																																									
DISEÑADOR: 																																									
CONTENIDO: CASA DE MAQUINAS PLANTA EL. 64.00																																									
ESCALA:	LAMINA:																																								
INDICADAS:	1010C07-DF-609-REV8																																								
ARCH: (1010C07-DF-609-REV8.dwg - 7/11/2013 - 1:36 pm)																																									



## **ANEXO D – ANALISIS HIDRAULICO DEL RÍO FONSECA**

## ANEXO D – Análisis Hidráulico del Río Fonseca

### CONTENIDO

D.1 DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS HIDRÁULICO .....	2
D.2 ANALISIS HIDRAULICO DE CRECIDAS.....	6
D.3. Análisis Hidráulico de la Presa .....	8
D.4 RESULTADOS DEL ANÁLISIS HIDRÁULICO .....	9
D.5 MAPAS DE INUNDACIÓN.....	15
D.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	16
D.7 REFERENCIAS.....	17
D.8 ANEXO DIGITAL D.....	18

## D.1 DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS HIDRÁULICO

El análisis estará basado en la modelación de las crecidas del río Fonseca en los diferentes escenarios de una inundación aguas abajo de la presa San Lorenzo, de acuerdo a los requerimientos de las Normas de Seguridad de Presa de la ASEP. Los escenarios analizados son los siguientes:

- ✓ Escenario 0: Crecida Ordinaria con Período de Retorno de 1:50 años.
- ✓ Escenario 1: Crecida Extraordinaria con Período de Retorno de 1:100 años.
- ✓ Escenario 2: Colapso Estructural de la Presa en Condición de Operación Normal.
- ✓ Escenario 3: Colapso Estructural de la Presa, Durante Crecida Extraordinaria.
- ✓ Escenario 4: Apertura Súbita de Compuertas (No Abre).
- ✓ Escenario 5: Falla de Operación de las Estructuras de Descarga
- ✓ Escenario 6: Vaciado Controlado o Vaciado Rápido en la presa
- ✓ Escenario 7: Falla del Relleno en el Canal de Conducción
- ✓ Escenario 8: Falla de la estructura de Cámara de Carga

El Análisis Hidráulico del río determinará los niveles de la crecida en el río Fonseca, además de las áreas de inundación aguas abajo de la presa San Lorenzo. Con los resultados de este análisis se logra la confección de los mapas de inundación que permitirán establecer los procedimientos de evacuación ante la eventualidad de alguno de los eventos anteriormente establecidos.

### D.1.1 Modelación de las Crecidas del Río Fonseca (HEC-RAS)

Para el análisis de la hidráulica del río y de las zonas de inundación, se usará el modelo HEC-RAS, el cual fue desarrollado por el Hydrologic Engineering Center (HEC), del United States Army Corps of Engineers (USACE).

Con HEC-RAS se resuelve el régimen no permanente unidimensional gradualmente variado (variación gradual del caudal en el tiempo y el espacio), obteniéndose la curva de remanso correspondiente a cada instante de tiempo.

El procedimiento del cálculo en régimen permanente (caudal constante) se basa en la resolución de la ecuación de la energía unidimensional y permanente (Ecuación de Bernoulli), evaluando las pérdidas por fricción mediante la fórmula de Manning, y las pérdidas de contracción-expansión mediante coeficientes que multiplican la variación del término de velocidad. En las secciones en que se produce un régimen rápidamente variado (resalto hidráulico, confluencias, etc.) emplea para su resolución, la ecuación de la conservación de la cantidad de movimiento.

El modelo HEC-RAS también nos permitirá conocer los tiempos de viaje de la onda de crecida mediante la resolución, en régimen no permanente, de las ecuaciones diferenciales de continuidad y conservación del momentum mediante el esquema implícito de diferencias finitas.



## D.1.2 Método de Cálculo

Los datos topográficos que se utilizaron para definir un modelo de simulación hidráulica del cauce fueron:

- ✓ Cartografía de los mapas 1:50,000 de la Provincia de Chiriquí (mosaico de Horconcos y Gran Galera de Chorcha) del Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia (IGNTG).
- ✓ Archivos ACAD utilizado por la Contraloría Nacional de la República, para la realización del censo del año 2010, donde se están localizadas las casitas, calles y ríos del área en estudio.
- ✓ Planos como construidos de las estructuras de San Lorenzo.
- ✓ Uso del Google Earth, para obtener información de Fotografías Aéreas.

Los datos necesarios para la caracterización hidráulica de cada tramo de estudio se han agrupado en los siguientes tipos:

Geométricos: secciones transversales sobre el Modelo Digital de Terreno de trabajo, a cada 50@ 100 m.

Coefficiente de pérdidas: se han obtenido por calibración de la curva de descarga en el puente interamericana.

Condiciones del contorno: En el Cuadro N° D1, se indican las siguientes condiciones para la modelación:

**Cuadro N° D1 - Características Hidráulicas de Análisis**

Condición	Descripción
Geometría	Levantamiento Topográfico y Planos de las estructuras
Coefficiente de Rugosidad de Manning	Calibrados. Ver punto D
Tipo de Modelación	Flujo No Permanente en Escurrimiento Mixto
Condición de Borde	Canal: Altura Normal S: pendiente promedio .00014 m/m

Caudales Regulados: debido a que no se cuenta con un estudio de crecidas detallado, donde se obtenga un hidrograma completo de crecida (caudal pico y volumen) con sus respectivos periodos de retorno, se utilizaron los valores obtenidos de todo esto con la finalidad de estimar los volúmenes asociados a cada uno de los periodos de recurrencia.

**Cuadro N° D2 - Crecidas de Diseño**

Tr (años)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Tr (años)	Q (m <sup>3</sup> /s)
2	947	100	2001
3.62	1138	200	2178
5	1231	500	2417
10	1417	1000	2603
20	1595	5000	3050
50	1826	10000	3252

### D.1.3 Sección Hidráulica

Para obtener los máximos niveles de agua para cada sección, se siguieron los siguientes procedimientos:

Datos de partida:

- ✓ Caudal máximo de las crecidas.
- ✓ Pendiente por cada tramo del río.
- ✓ Topografía (Secciones)

La metodología de análisis y cálculo hidrológico en que se basa el programa HEC-RAS se puede encontrar en el Manual de Referencia Hidráulica de USACE.

Se obtuvieron secciones transversales a cada 50 m y otras adicionales en los meandros, a cada una de las secciones se le determinó la pendiente por cada tramo ver en Anexo Digital D.

### D.1.4 Coeficiente de Rugosidad Manning

Para calcular el caudal que pasa por una sección transversal de un río se asume que el flujo es uniforme y que por lo tanto se puede utilizar la ecuación del flujo uniforme (lo asumido por el HEC-RAS). Para el caso de un río, a este se le considera como un canal natural cuyo coeficiente de rugosidad de Manning (n) se ve afectado por varios factores los cuales son: la rugosidad superficial, la vegetación, la irregularidad del canal, el alineamiento del canal, la sedimentación y socavación, las obstrucciones, el nivel y el caudal, los cambios estacionales, y el material en suspensión y la carga de lecho. Para el caso de planicies de inundación también se puede evaluar de manera similar.

Al haber tantos parámetros que influyen en el valor final del coeficiente de rugosidad (n) del cauce del río, se desarrolló la siguiente ecuación para estimar su valor:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5 \quad \text{Ecuación (1)}$$

En el Cuadro Nº D3 se indican los valores que pueden tomar cada parámetro, según las condiciones. Sin embargo el valor escogido para el diseño dependerá de las condiciones que se observen en campo y de acuerdo al criterio del diseñador.

**Cuadro Nº D3 - Coeficientes Para la Fórmula de Manning**

Condiciones del Canal		Valores	
Material involucrado	Tierra	n <sub>0</sub>	0.020
	Corte en Roca		0.025
	Grava Fina		0.024

	Grava Gruesa		0.028
Grado de irregularidad	Suave	n <sub>1</sub>	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la sección transversal	Gradual	n <sub>2</sub>	0.000
	Ocasionalmente Alterada		0.005
	Frecuentemente Alterada		0.010-0.015
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificantes	n <sub>3</sub>	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	n <sub>4</sub>	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy alta		0.050-.100
Grado de los efectos por meandros	Menor	m <sub>5</sub>	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

De acuerdo a la configuración del río, se han establecido los coeficientes de rugosidad para la zonas de las planicies o márgenes izquierdo y derecho una  $n = .035$  y para la zonas del cauce una  $n = .035$ , ver Cuadro N° 4.

**Cuadro N° D4 - Coeficientes de Rugosidad Corresponde al Lecho y a las Planicies**

Descripción	n0	n1	n2	n3	n4	m	n
En el Lecho	0.030	0.005	0.000	0.000	0.010	1	0.045
En las Planicies	0.025	0.003	0.003	0.000	0.004	1	0.035

## D.2 ANALISIS HIDRAULICO DE CRECIDAS

El análisis hidráulico de las crecidas se ha realizado para periodos de retorno de 1:50 y 1:100 años, donde se comienza con el paso de dichas crecidas por el embalse, el cual dependiendo del volumen o capacidad de almacenamiento crea un efecto de regulación o amortiguamiento de la crecida. Por lo tanto el caudal pico de la crecida se logra atenuar y el caudal total que se descarga por los órganos de desagüe, dependiendo de las maniobras realizadas, puede en algunos casos ser mucho menor que el caudal máximo que entra al embalse.

Para las crecidas ordinarias y extraordinarias San Lorenzo se encontró que los niveles máximos alcanzados en el embalse se encuentran por debajo de los valores de diseño de la presa; inclusive sin utilizar el vertedero controlado y usando únicamente el aliviadero libre se logra transitar la totalidad de las crecidas sin alcanzar la cota máxima de diseño.

En el escenario 2 la falla estructural de la presa en condición de operación normal presenta el tránsito de un volumen de caudal considerable que pasa sobre la presa y se dirige hacia aguas abajo del río Fonseca, el cual vierte en el río 2031m<sup>3</sup>/s. Se presentan los tiempos de llegada de la onda hacia los puntos de gran importancia, así como la altura de agua que alcanzan estos efectos. Además se muestra el comportamiento de la hidrografía aguas abajo en el tramo de estudio.

En el escenario 3 la falla estructural de la presa en crecidas extraordinarias, presenta el tránsito de avenida que conduce un caudal que pasa sobre la presa, el cual se dirige hacia aguas abajo del río San Lorenzo, el cual vierte en el río 2840m<sup>3</sup>/s, donde seguidamente se une al río unos 50m<sup>3</sup>/s. Se presentan los tiempos de llegada de la onda hacia los puntos donde presentan puntos críticos de una amenaza de inundación, así como la altura que alcanzan estos efectos. Además se muestra el comportamiento de la hidrografía aguas abajo en el tramo de estudio.

En el escenario 4 se analiza el efecto de una potencial falla durante las maniobras de apertura de la estructura de descarga la cual impide su apertura, lo cual provoca una sobre elevación adicional de la cota del embalse debido a que toda la crecida deberá ser desaguada por el vertedero libre.

En el escenario 5 Se analizó el caso de apertura súbita de compuerta en condiciones normales de operación donde se ve el efecto aguas abajo de presa al descargar en un corto tiempo el tirante de agua que se encuentra a un nivel de 72.60 msnm y la cresta de vertedero que está a la 68.60msnm, al cual se le añade una entrada de un caudal diario de 50m<sup>3</sup>/s.

En el escenario 6 se analiza la falla de relleno en el canal de conducción donde se muestra la zona de inundación que produciría en dirección al Río Fonseca y se muestra el tiempo que le tomaría en llegar.

En el escenario 7 Falla de la estructura de cámara de carga, en este caso como es un tanque se ve el efecto del colapso estructural y la zona de inundación más probable que se produjeran y el tiempo que le tomaría en su recorrido hacia el Fonseca.

Estos efectos están regidos por factores como: la geometría del canal principal y áreas aledañas; la rugosidad del canal y zonas continuas, la existencia de áreas en las que se pueda acumular agua fuera del canal principal, y la forma del hidrograma de creciente cuando llega al cauce.

### **D.3. ANÁLISIS HIDRÁULICO DE LA PRESA**

Los escenarios analizados de acuerdo a las Normas de Seguridad de Presas de ASEP son las siguientes:

#### **D.3.1. Análisis Hidráulico de la Presa**

Los escenarios analizados corresponden a los casos establecidos por las Normas de Seguridad de Presas de ASEP.

- ✓ Escenario 0: Crecida Ordinaria con Período de Retorno de 1:50 años.
- ✓ Escenario 1: Crecida Extraordinaria con Período de Retorno de 1:100 años.
- ✓ Escenario 2: Colapso Estructural de la Presa en Condición de Operación Normal.
- ✓ Escenario 3: Colapso Estructural de la Presa, Durante Crecida Extraordinaria.
- ✓ Escenario 4: Apertura Súbita de Compuertas (No Abre).

#### **Data de Partida**

Los datos de partida para la obtención de los resultados del HEC-RAS serán los siguientes:

- ✓ Las secciones de la topografía y la rugosidad (n), serán las mismas utilizadas en el análisis hidráulico del río para las crecidas extraordinarias.
- ✓ Los datos de las estructuras de contención, las cuales son introducidas al programa HEC-RAS.

#### **D.3.2. Análisis Hidráulico de las estructuras San Lorenzo**

Se han realizado escenarios adicionales, de acuerdo a la posibilidad de un evento inusual:

- ✓ **Escenario 5:** Falla del Relleno en el Canal de Conducción
- ✓ **Escenario 6:** Falla de la estructura de Cámara de Carga

#### **Datos de Partida**

- ✓ Datos geométricos de cada una de las estructuras que conforman ambas centrales hidroeléctricas, las cuales son introducidas al programa HEC-RAS.
- ✓ La topografía a lo largo de las estructuras de la Central Hidroeléctrica Las Perlas Sur.
- ✓ Secciones de la topografía del área en estudio a lo largo del río piedra.

## D.4 RESULTADOS DEL ANÁLISIS HIDRÁULICO

Los archivos de datos y los archivos de resultados del análisis hidráulico completo para los dos escenarios analizados se presentan en el Anexo Digital D. Se realizaron las corridas de HEC-RAS para los escenarios analizados.

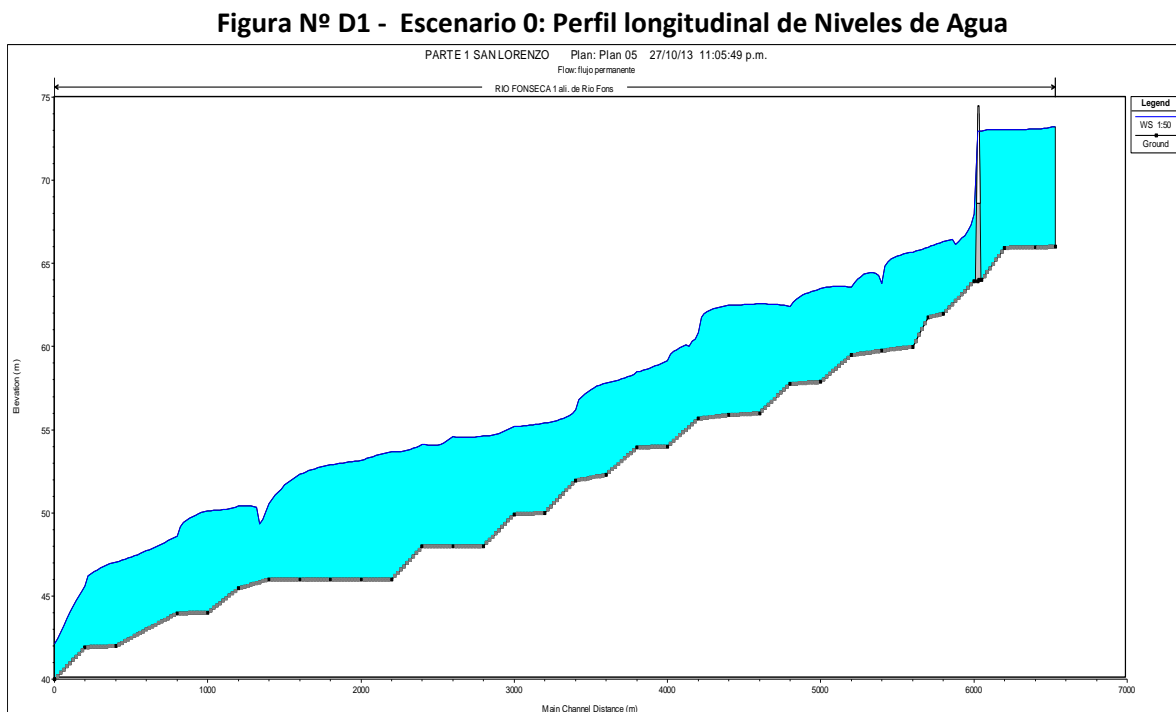
Las secciones se han obtenido del plano generado con toda la data cartográfica en Civil 3D, estas secciones se introducen en el programa HEC-RAS.

### D.4.1 Resultados por Colapso de las Estructuras

#### D.4.1.1 Resultados de la Crecida Ordinaria con Período de Retorno de 1:50 años

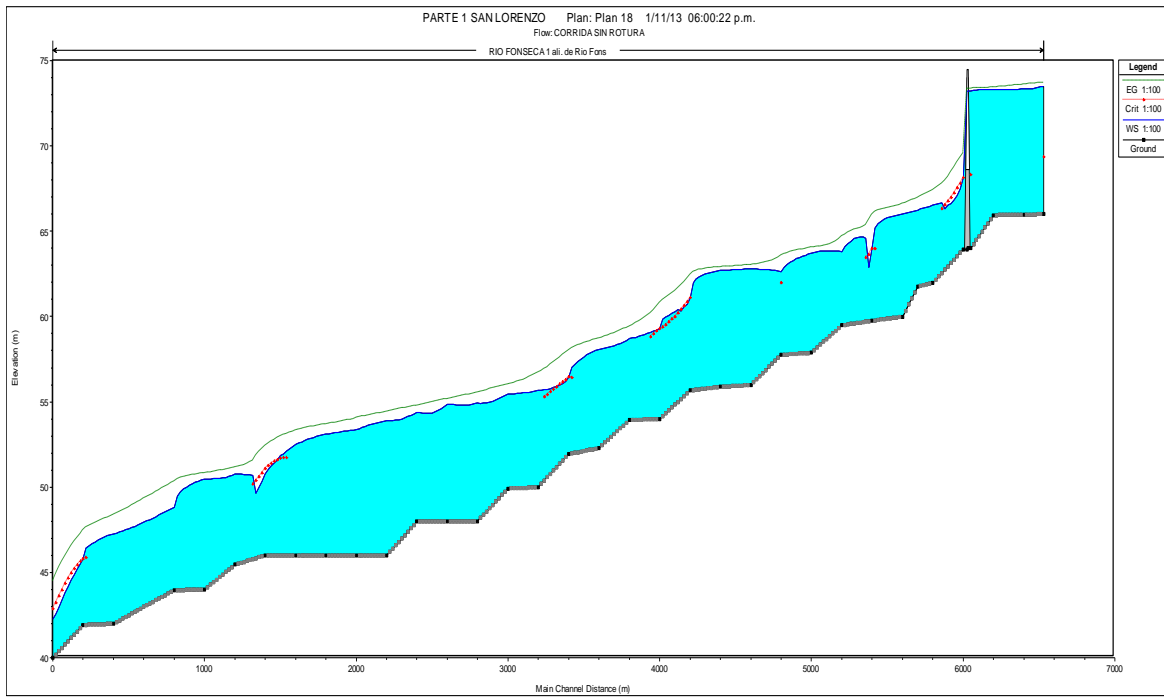
HEC RAS genera los resultados en diferentes formatos, en forma gráfica y en tablas.

En la Figura N° D1 se presenta el perfil generado gráficamente para la crecida extraordinaria 1:50 años. (Escenario 0).

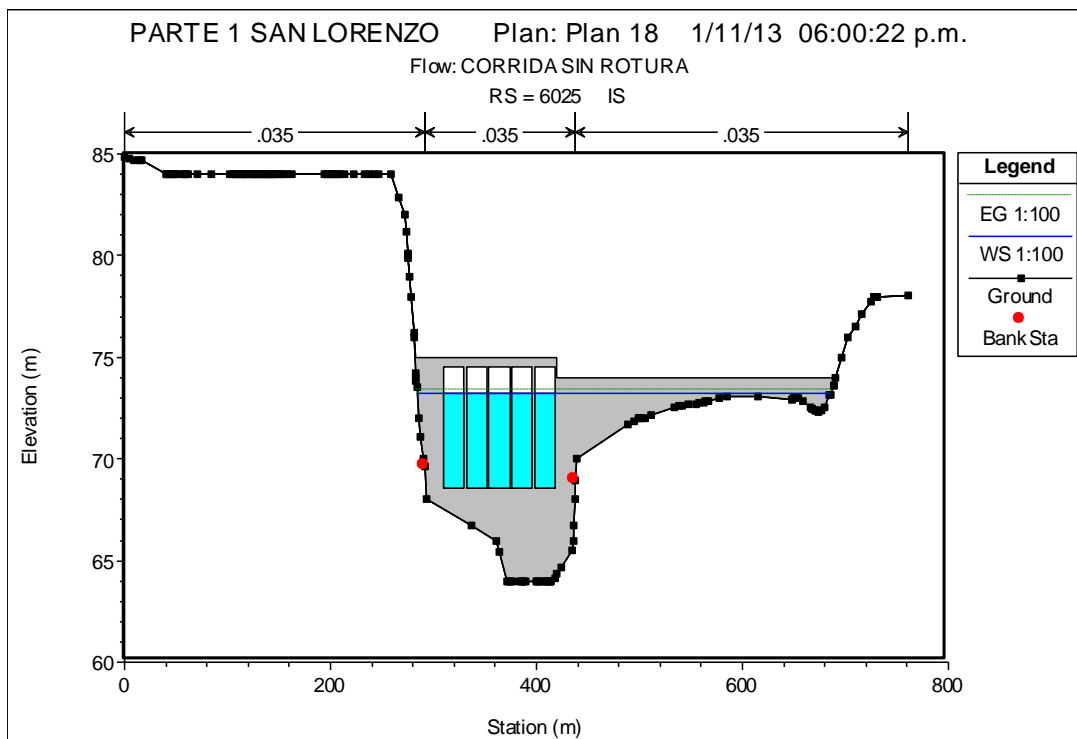


### D4.1.2. Crecida Extraordinaria con Período de Retorno de 1:100 años

**Figura N° D2 - Escenario 1: Perfil longitudinal de Niveles de Agua**



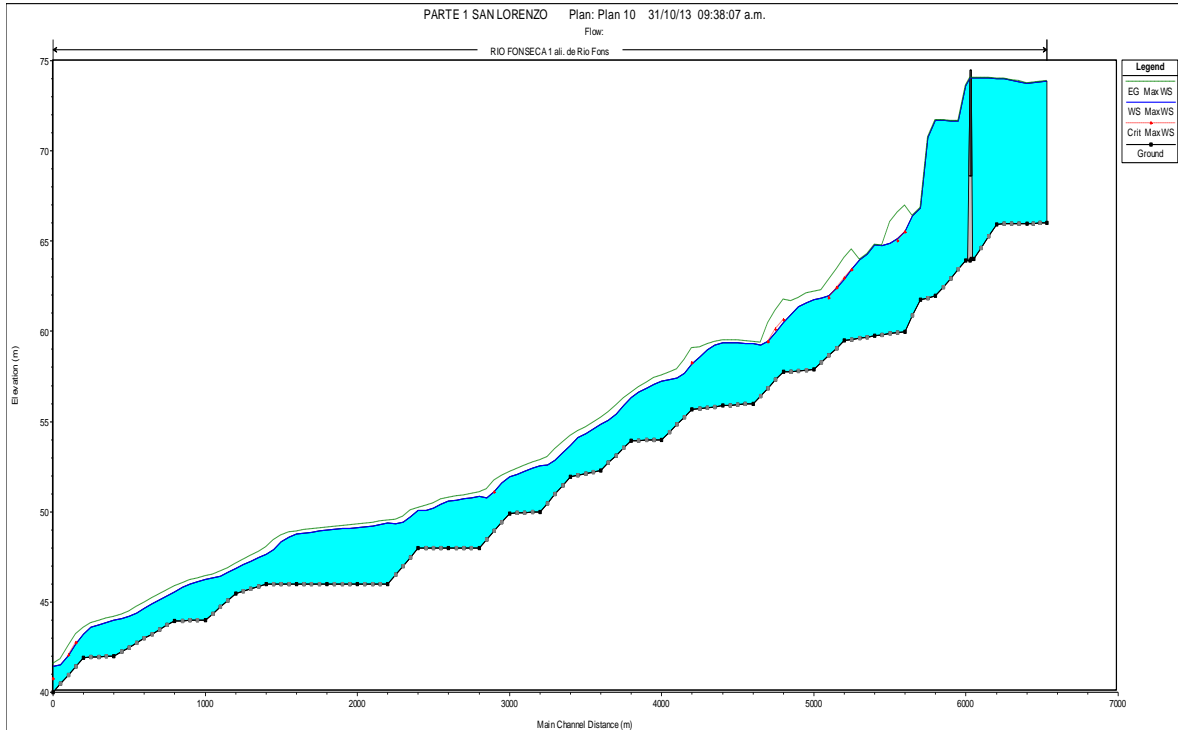
**Figura N° D3 - Crecidas en el sitio de presa San Lorenzo**





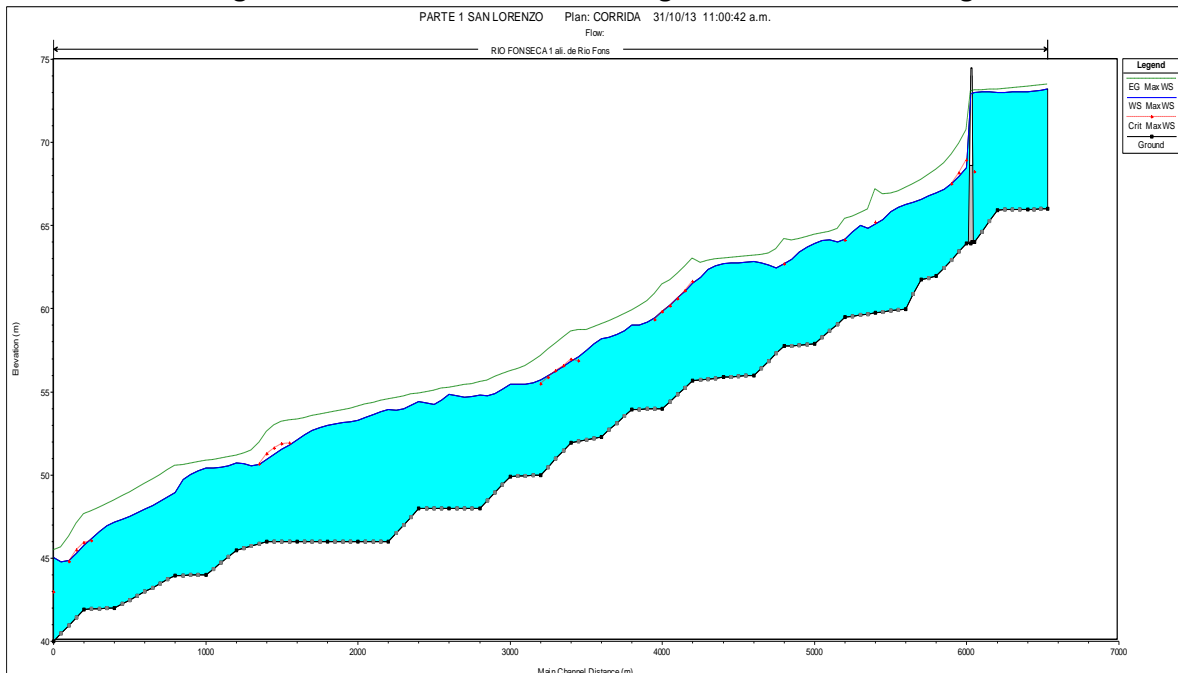
### D.4.1.3. Colapso Estructural de la Presa en Condición de Operación Normal.

Figura N° D4 - Escenario 2: Perfil longitudinal de Niveles de Agua



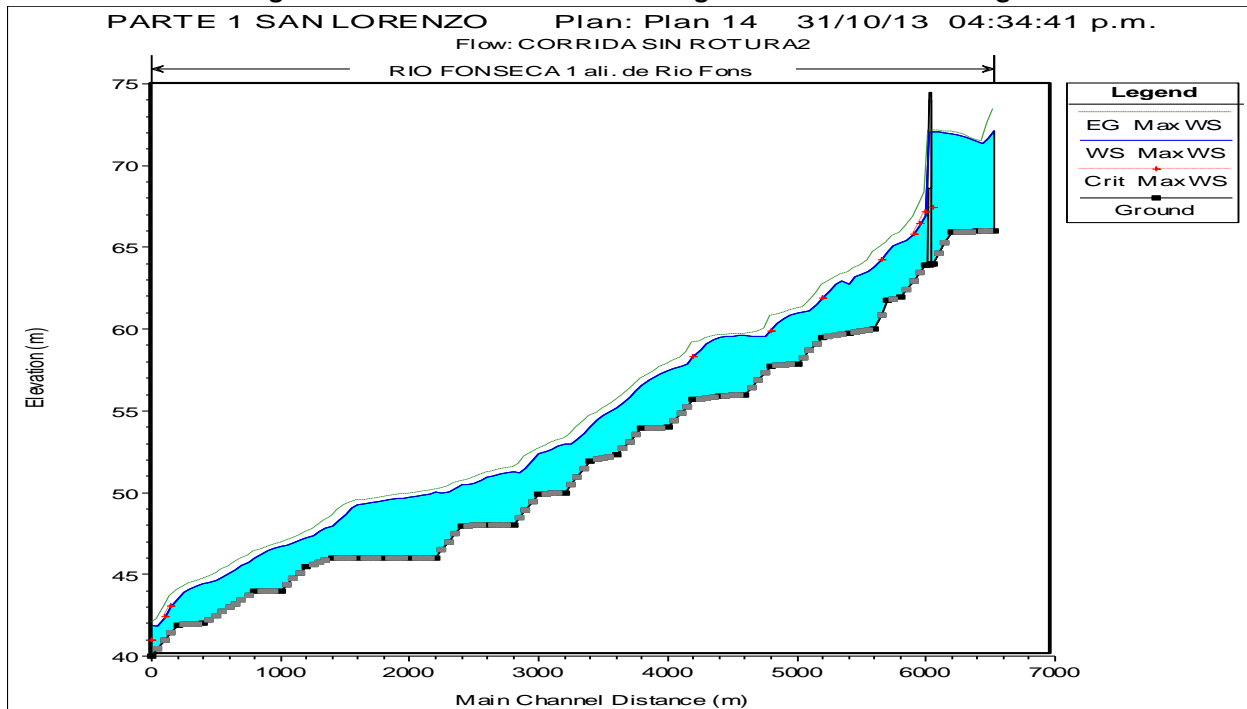
### D.4.1.4. Colapso de la Presa, Durante Crecida Extraordinaria.

Figura N° D5 - Escenario 3: Perfil longitudinal de Niveles de Agua



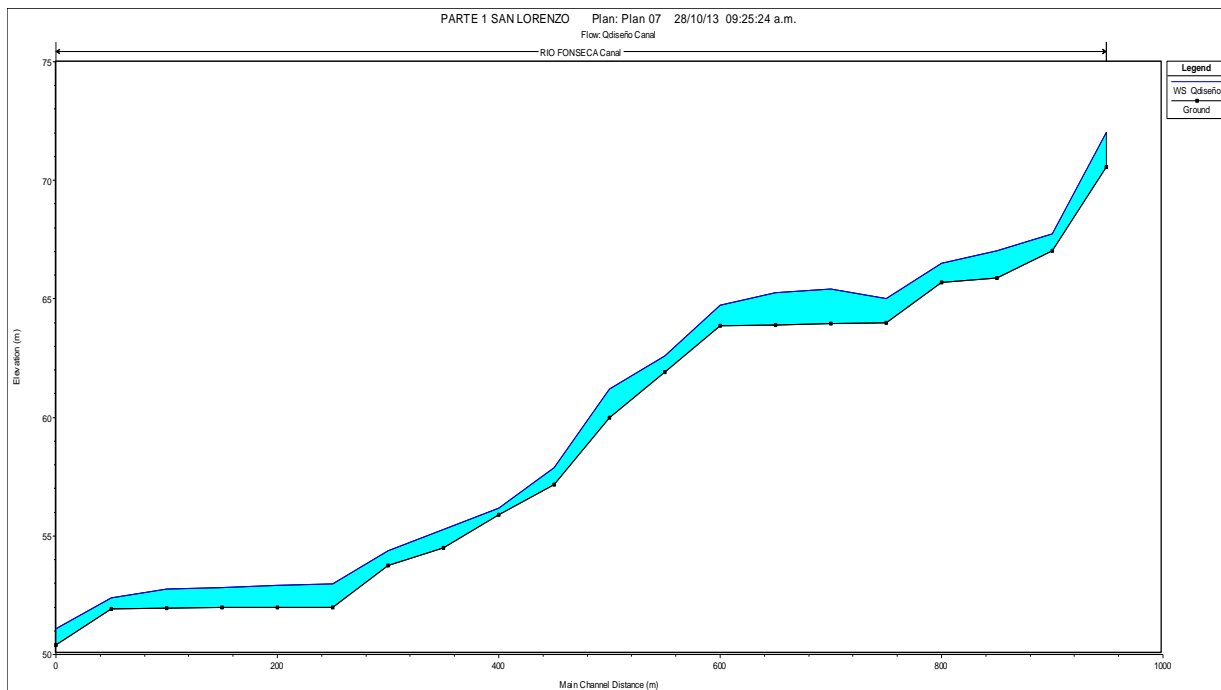
### D.4.1.5. Apertura Súbita de Compuertas (No Abre).

Figura N° D6 - Escenario 4: Perfil longitudinal de Niveles de Agua



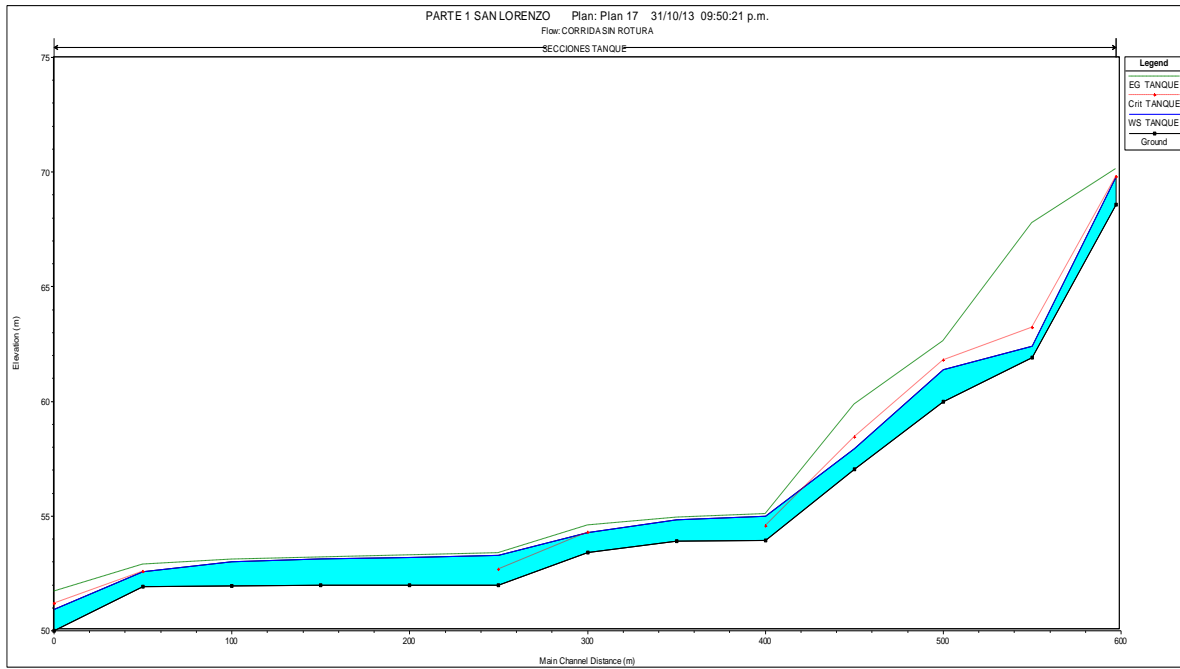
### D.4.1.6. Falla del Relleno en el Canal de Conducción

Figura N° D7 - Escenario 5: Perfil longitudinal de Niveles de Agua



### D.4.1.9. Falla de la estructura de Cámara de Carga

Figura N° D8 - Escenario 6: Perfil longitudinal de Niveles de Agua



### D.4.2. Cuadros de Resultados de la Onda de las Crecidas

Con los datos obtenidos del HEC-RAS procedemos a calcular los cuadros de tiempo, los cuales se realizaron hasta puente el zarzo.

Cuadro N° D5- Tiempo de Llegada y Tirante de la Onda Para Crecida 1:50

Tabla de tiempo				
Estación	Tiempo		Tirante	ELEV.
	hora	minuto	metros	msnm
0	0	0	4.38	72.98
4	0	20	7.20	53.21
8	0	43	3.10	40.33
12	1	18	3.40	31.77
16	1	50	2.80	22.84
20	2	40	2.30	15.48
23	3	38	2.80	12.29

**Cuadro N° D6 - Tiempo de Llegada y Tirante de la Onda Para Crecida 1:100**

Tabla de tiempo				
Estación	Tiempo		Tirante	ELEV.
km	hora	minuto	metros	msnm
0	0	0	4.62	73.22
4	0	19	7.40	53.42
8	0	38	3.20	40.37
12	1	12	3.80	32.08
16	1	44	3.00	22.96
20	2	33	2.50	15.66
23	3	37	4.30	13.70

**Cuadro N° D7 - Tiempo de Llegada y Tirante de la Onda Para Rotura Operación Normal**

Tabla de tiempo				
Estación	Tiempo		Tirante	ELEV.
km	hora	minuto	metros	msnm
0	0	0	0.00	72.60
4	0	19	5.60	51.57
8	0	54	1.30	39.62
12	1	57	1.50	29.78
16	3	1	1.00	21.02
20	4	47	0.70	13.93
23	7	11	2.00	11.44

**Cuadro N° D8 - Tiempo de Llegada y Tirante de la Onda Para Rotura Crecida Extraordinaria**

Tabla de tiempo				
Estación	Tiempo		Tirante	ELEV.
km	hora	minuto	metros	msnm
0	0	0	3.93	72.53
4	0	16	7.30	53.27
8	0	38	3.20	40.47
12	1	12	3.80	32.08
16	1	44	3.00	22.96
20	2	33	2.50	15.66
22.1	3	37	4.30	13.70

## **D.5 MAPAS DE INUNDACIÓN**

Para la confección y presentación de los mapas de inundación para los diferentes escenarios se seguirán los siguientes procedimientos:

- ✓ Sobre la base cartográfica preparada con la documentación recolectada, según se indica en la sección D.1.2, se ha representado las cotas de las crecidas para los distintos escenarios analizados.
- ✓ Se han preparado mapas de inundación correspondientes a los escenarios analizados.
- ✓ Se han colocado de manera espaciada el tiempo, tirante y la altura de la crecida a lo largo del río Fonseca.
- ✓ Sobre los mapas de inundación se han indicado las rutas de evacuación en caso de emergencia de crecidas.

En el ANEXO B se presentan copias impresas de los Mapas de Inundación y en el Anexo Digital D se presentan copias digitales en formato PDF y ACAD.

## D.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis de los resultados nos permite concluir lo siguiente:

- ✓ Para los casos de tránsito de crecida ordinaria y extraordinaria en la Presa San Lorenzo se encontró que los niveles máximos alcanzados en el embalse se encuentran por debajo de los valores de diseño de la presa.
- ✓ Los análisis se llevaron a cabo en un modelo matemático unidimensional, por lo que se sugiere utilizar un modelo bidimensional en el caso que se desee mayor detalle en el tránsito de los hidrogramas.

Como recomendaciones se sugiere:

- ✓ No se requiere actualización, solo de los datos de las personas de contacto en el Flujo de Comunicación y el ANEXO E.
- ✓ Se recomienda verificar y actualizar la localización y elevación del terreno de las estructuras y viviendas cercanas a la mancha de inundación.

## D.7 REFERENCIAS

### Textos y manuales

1. USA Geological Survey Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients.
2. Clasificación de presas y evaluación del riesgo con el modelo HEC-RAS, España.
3. Hidráulica de Canales, Ven Te Chow.
4. Clasificación de presas y evaluación del riesgo con el modelo HEC-RAS, España.
5. Norma Para la Seguridad de Presas. Autoridad de los Servicios Públicos de la República de Panamá (ASEP) septiembre 2010.
6. Victor M. Ponce, M.ASCE<sup>1</sup>; Ahmad Taher-shamsi<sup>2</sup>; and Ampar V. Shetty<sup>3</sup>
7. Dam-Breach Flood Wave Propagation Using Dimensionless Parameters
8. Bruce W. Harrington, P.E. MD Dept. of The Environment Dam Safety Division
9. HAZARD CLASSIFICATIONS & DANGER REACH STUDIES FOR DAMS By
10. Utah State University and RAC Engineers & Economists.
11. Sanjay S. Chauhan<sup>1</sup>, David S. Bowles<sup>2</sup> and Loren R. Anderson<sup>3</sup>
12. REASONABLE ESTIMATES FOR USE IN BREACH MODELING
13. DO CURRENT BREACH PARAMETER ESTIMATION TECHNIQUES PROVIDE
14. ManualBasico\_HEC-RAS313\_HEC-GeoRAS311\_Español
15. CLASIFICACIÓN DE PRESAS Y EVALUACIÓN DEL RIESGO  
CON EL PROGRAMA HEC-RAS.
16. HEC-GeoRAS42\_UsersManual
17. Programa HEC\_RAS. Hidrologic Engineering Center River analysis system 4.1.0 Jan 2010 HEC-RAS. Devoleped by the U.S. Army Corps Engineers
18. Programa HEC\_RAS. Hidrologic Engineering Center River analysis system 4.1.0 Jan 2010 HEC-RAS. Devoleped by the U.S. Army Corps Engineers
19. Dam Break Flood Analysisi Bulletin 111
20. Open Channel Hydraulics, Vente Chow.
21. Guía Técnica de Seguridad de Presas No. 4 – Avenida de proyecto. Comité Nacional Español del Grandes Presas.
22. HEC-RAS, River Analysis System. User's Manual. US Army Corps of Engineers.
23. Manual de Requisitos para Revisión de Planos. Ministerio de Obras Públicas.
24. Manual de Hidráulica. Horace William King.

## D.8 ANEXO DIGITAL D

### ANEXO DIGITAL (en CD)

Nombre del Archivo	Descripción	Tipo de Archivo
Directorio: Mapa de Inundación	Mapas de Inundación	
- ANEXO B	- ANEXO B: Mapa General de la CH San Lorenzo	PDF
- ANEXO B.1	- ANEXO B.1: Mapa de Inundación Crecida Ordinaria con Período de Retorno de 1:50 años.	PDF
- ANEXO B.2	- ANEXO B.2: Mapa de Inundación Crecida Extraordinaria con Período de Retorno de 1:100 años.	PDF
- ANEXO B.3	- ANEXO B.3: Mapa de Inundación en Colapso Durante Operación Normal.	PDF
- ANEXO B.4	- ANEXO B.4: Mapa de Inundación Colapso Durante Crecida Extraordinaria.	PDF
- ANEXO B.5	- ANEXO B.5: Apertura Súbita de Compuerta.	PDF
- ANEXO B.6	- ANEXO B.6: Falla de relleno en el canal de conducción	PDF
- ANEXO B.7	- ANEXO B.7: Falla de la estructura de la cámara de carga	PDF
- Mapas General San Lorenzo	- Mapa General y de Inundación CH San Lorenzo	ACAD
Directorio: Memoria de Cálculo HEC-RAS		
- Secciones San Lorenzo 2013	- Secciones del HEC-RAS, 2013	PDF
- Resultado HEC-RAS San Lorenzo 2013	- Resultados del HEC-RAS, 2013	EXCEL
Directorio: Reporte Reporte PADE, San Lorenzo, 2013	- Reporte plan de Acción Durante Emergencia y Anexos	PDF



## **ANEXO E – DIRECTORIO DE CONTACTOS ALTERNATIVOS**

## ANEXO E – DIRECTORIO DE CONTACTOS ALTERNATIVO

En caso de no poderse contactar a la persona responsable en el flujo de comunicación para la respectiva alerta se debe proceder a comunicar con el superior jerárquico.

INSTITUCION O EMPRESA	NOMBRE	CARGO	CONTACTO
Grupo Cuerva S.A.	Humberto Fernandez	Gerente	Oficina: 209-3325 Celular: 64309934 Correo: hfernandez@grupocuerva.com
Grupo Cuerva S.A	Guillermo Tristan	Gerente de Planta	Oficina: 209-3325 Celular: 66167257 Correo: gtristan@grupocuerva.com
Grupo Cuerva S.A	Por nombrar	Jefe de Operación	Oficina: Por nombrar Celular: Correo:
Grupo Cuerva S.A	Por nombrar	Operador	Oficina: por nombrar Celular: Correo:
<b>ETESA</b>			
ETESA PANAMA	Ivan Jaramillo	Despachadores CND	Oficina: 501-3846 Celular: 6643-6394 Correo: ijaramillo@etesa.com.pa
ETESA – CND PANAMA	Carlos A. Barreto	Gerente de Operaciones CND	Oficina: 230-8100/501-8900 Celular: Correo:
HIDROMETEOROLOGIA - PANAMA	Diego A. Gonzales	Vigilancia y Pronóstico	Oficina: 501-3800/501-3900 Celular: Correo: @etesa.com.pa
ETESA – HIDROMET PANAMA	Mgter. César Osorio	Vigilancia y Pronóstico	Oficina: 501-3987/3850 Celular: Correo: cosorio@etesa.com.pa
<b>INSTITUCIONES DE VIGILANCIA</b>			
INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL.	Arquin Tapia	Jefe de la Red Sismológica del Instituto de Geociencias	Oficina: 523-5571/5560 (8am-9pm) Celular: 6911-3023 Correo: aalaint@hotmail.com <a href="http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/epic/">http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/epic/</a>
CENTRO EXPERIMENTAL DE INGENIERÍA (CEI) DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ	Ing. Milagros Pinto M.Sc	Jefe Laboratorio de Investigación en Ingeniería y Ciencias	Oficina: 290-8423 /290-8443 Celular: Correo: milagros.pinto@utp.ac.pa

INSTITUCION O EMPRESA	NOMBRE	CARGO	CONTACTO
		Aplicadas (LIICA)	
SERVICIO AEREO NACIONAL	Belsio Giolis	Director General	Oficina: 211-6000/238-1000 Celular: Correo:
SERVICIO MARITIMO NACIONAL	Alfonso Castellero	Director General de Marina Mercante	Oficina: 501-5033 Celular: Correo:
<b>SINAPROC</b>			
SINAPROC CHIRIQUI	Francisco Santamaría	Sub-Director	Oficina: 774-7325/775-9071/774-3944 Celular: 6975-9849 Correo:
SINAPROC PANAMA	Arturo Alvarado	Director	Oficina: 316-3200 Celular: lcampillo_02@hotmail.com
<b>POLICIA NACIONAL</b>			
SAN LORENZO	Luis Navarro	Comisionado	Oficina: 726-5044 Celular: Correo:
DAVID	Márcos Córdoba René Moses	Comisionado Sub-Comisionado	Oficina: 730-3728/5211/5631 Oficina: 730-3206/5211/5631
PANAMA	Gustavo Pérez	Director General	Oficina: 511-7000/7001/7002/7012 Celular: Correo:
<b>BOMBEROS</b>			
DAVID	Joaquín Navarro	Capitán	Oficina: 775-4211/4212 Celular: 6704-4349 Correo:
PANAMA	Edgar Salazar	Capitán	Oficina: 512-6160 Celular: Correo:
<b>HOSPITALES</b>			
HOSPITAL REGIONAL CSS Dr. RAFAEL HERNANDEZ DE CHIRIQUÍ	Dr. Don Manuel Guerrero	Sub-Director	Oficina: 774-1534/774-6067 Celular: Correo: lgonzalez@css.rg.pa
POLICLINICA ESPECIALIZADA Dr. PABLO ESPINOZA	Elián Calvo	Director Regional	Oficina: 770-6217 Celular: Correo:
HOSPITAL CSS PANAMA	Guillermo Sáez Llorens	Director	Oficina: 503-60-32/2532 Celular: Correo: <a href="http://www.css.gob.pa">www.css.gob.pa</a>

<b>INSTITUCION O EMPRESA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>CARGO</b>	<b>CONTACTO</b>
HOSPITAL SANTO TOMAS PANAMA	José Terán	Director	Oficina: 507-4122/5600 Celular: Correo: www.hst.gob.pa
<b>CENTRO DE SALUD</b>			
SAN LORENZO	Dr. José Santamaría	Director	Oficina: 726-5026 Celular: Correo:
CENTRO DE SALUD DAVID	Dr. Agustín Saldaña	Director Regional	Oficina: 775-3794 Celular: Correo: www.minsa.gob.pa
<b>CRUZ ROJA</b>			
CRUZ ROJA PANAMA	Jaime Fernández	Director	Oficina: 315-1429/1401 Celular: Correo: cruzroja@pa.gbnet.cc
<b>OTRAS INSTITUCIONES</b>			
MUNICIPIO DE SAN LORENZO	Licdo. Ernesto Montenegro	Alcalde	Oficina: 726-5027 Celular: Correo:
CORREGIDOR DE SAN LORENZO	Lic. Luis Cortez	Corregidor	Oficina: Celular: 6402-0344 Correo:
HONORABLE REPRESENTANTE DE SAN LORENZO	Temy Troya	Representante	Oficina: Celular: 6512-4631 Correo:
MUNICIPIO DAVID	Licdo. Francisco Vigil	Alcalde	Oficina: 775-1013 Celular: Correo:
CORREGIDURÍA DE DAVID CENTRO	Porfirio Miranda	Corregidor	Oficina: 775-1012 Celular: Correo:
HONORABLE REPRESENTANTE DAVID CENTRO	Miguel Medina	Representante	Oficina: 772-0647 Celular: Correo:
MIVI CHIRIQUI	Jorge O. Montenegro	Director Regional	Oficina: 775-3651/775-1372 Celular: Correo: www.mivi.gob.pa
MIVI PANAMA	Carlos Duboy	Director	Oficina: 579-9230/9202/0000 Celular: Correo: www.mivi.gob.pa
MEDUCA CHIRIQUÍ	Gertrudis Rodríguez	Director Regional	Oficina: 775-4102/775-7517 Celular: Correo: meduca@meduca.gob.pa
MEDUCA PANAMÁ	Lucynda Molinar	Ministra de Educación	Oficina: 511-4400/515-7300 Celular: Correo: meduca@meduca.gob.pa

<b>INSTITUCION O EMPRESA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>CARGO</b>	<b>CONTACTO</b>
MOP CHIRIQUÍ	Roberto Lezcano	Director Regional	Oficina: 775-4101 Celular: Correo: <a href="http://www.mop.gob.pa">www.mop.gob.pa</a>
MOP PANAMÁ	Federico Suarez	Director	Oficina: 507-9400/9481 Celular: Correo: <a href="http://www.mop.gob.pa">www.mop.gob.pa</a>
IDAAN CHIRIQUÍ	Zenón Gonzalez	Director Regional	Oficina: 7775-5280 Celular: Correo: <a href="http://www.idaan.gob.pa">www.idaan.gob.pa</a>
IDAAN PANAMÁ	Manuel González Ruiz	Director	Oficina: 523-8570/8567 Celular: Correo: <a href="http://www.idaan.gob.pa">www.idaan.gob.pa</a>

## **ANEXO F – PLAN DE SIMULACRO PARA EMERGENCIAS**

## CONTENIDO

<b>F.1 PLAN DE SIMULACRO PARA EMERGENCIAS.....</b>	<b>2</b>
F.1.1. Objetivo.....	2
F.1.2. Frecuencia y duración del simulacro .....	2
F.1.3. Personal Implicado en el Simulacro .....	3
F.1.4. Pasos del simulacro.....	3
F.1.5. Limitaciones y alcances del simulacro .....	4
F.1.6. Informe Final del Simulacro .....	4
<b>F.2. SISTEMAS DE AVISOS PARA SIMULACROS.....</b>	<b>6</b>
F.2.1 Sirena Acústica .....	6
F.2.2 Comunicación.....	6

## **F.1 PLAN DE SIMULACRO PARA EMERGENCIAS**

### **F.1.1. Objetivo**

El objetivo que se quiere es la integración del dueño u operador y su personal a simulacros de mayor envergadura que puedan organizar las autoridades de defensa civil involucradas en la emergencia. Además que adquieran conocimientos y la experiencia necesaria bajo una acción inmediata, ante situaciones que pongan en peligro la seguridad de las estructuras que conforman la central hidroeléctrica San Lorenzo, de manera que puedan actuar en el momento que sea necesario, activar y dar seguimiento al Plan de Acción Durante Emergencia.

Para alcanzar los objetivos de este plan se deberá seguir los siguientes pasos:

1. Asegurar que todo el personal forme parte del plan, lo haya estudiado y tenga conocimiento del mismo desde el momento de su incorporación a la organización de la operación de la central.
2. Realizar actividades de simulacro de las emergencias establecidas en el PADE. Con el fin de que el equipo de explotación adquiera los adecuados hábitos de comportamiento.

En el capítulo 6 de este PADE, se definen los procedimientos de actuación, estableciendo las circunstancias que permiten detectar el incidente que causa la situación y su clasificación en los cinco posibles pasos, según la importancia del suceso.

El simulacro se llevará a cabo mediante un ejercicio en el que se ensayaran las medidas a seguir ante una situación hipotética de emergencia. Abarcar todos los Pasos contemplados para una situación de emergencia real.

### **F.1.2. Frecuencia y duración del simulacro**

Para habituar y disciplinar el comportamiento del equipo, se realizará el simulacro de algunas de las situaciones contempladas en el capítulo 6, del presente plan de emergencia al menos una vez cada tres años.

Los ejercicios de simulacro se realizan cuando la central hidroeléctrica este en situación normal y en una época del año en que las circunstancias permitan prever, con cierta garantía que no va a acontecer un incidente que genere una situación extraordinaria o de emergencia real.

La duración del ejercicio del simulacro será como mínimo de 24 horas.

El ejercicio se interrumpirá cuando su desarrollo acontezca con situación extraordinaria o de emergencia real o sea imprescindible la atención del personal para garantizar la operación normal de la central.



### **F.1.3. Personal Implicado en el Simulacro**

El Coordinador del PADE, serán los encargados de programar, coordinar y dirigir el simulacro se la situación de emergencia.

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

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

Se implicará en el ejercicio a las personas y organismos externos que el Plan de Emergencia establezca.

### **F.1.4. Pasos del simulacro**

El simulacro de las situaciones de emergencia se realizará en cinco pasos, paralelas a las establecidas en una situación normal, llevando una bitácora de todas las acciones ejecutadas:

Paso 1: Detección del Evento

Paso 2: Determinación del Nivel de Emergencia

Paso 3: Niveles de Comunicación y Notificación

Paso 4: Acciones Durante la Emergencia

Paso 5: Terminación

El personal de operación deberá contar con las siguientes condiciones para operar la emergencia en forma segura:

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

Durante el desarrollo del ejercicio del simulacro durante la emergencia, el equipo controlará y registrará en la bitácora todas las acciones que se desarrollen y se pondrá mayor interés en los siguientes aspectos:

- Utilización de los sistemas de comunicación.
- Tiempo de respuesta del personal.
- Comprobación de los sistemas básicos de comunicación y energía.

- Medidas de seguridad y protección personal.
- Adquisición de datos de auscultación.
- Seguimiento y control de los equipos de instrumentación del embalse.

### **F.1.5. Limitaciones y alcances del simulacro**

No se permitirá el tráfico de personas o vehículos salvo que sean imprescindibles dentro del ejercicio del simulacro.

Las comunicaciones deberán estar disponibles para el ejercicio.

En particular el Coordinador del PADE deberá:

- Elaborar la ficha descriptiva estableciendo el tipo de alerta a simular y las instrucciones generales sobre el simulacro.
- Plantear al operador de la presa hipotéticas circunstancias especiales que pudieran surgir durante el desarrollo del ejercicio.
- Plantear al operador de la presa la ocurrencia de situaciones de emergencia para eventos de crecida y sismos para poner a prueba la operatividad de los equipos (para apertura o cierre, tales como vertedero y otras estructuras hidráulicas de descarga).
- Programar una reunión formativa con el personal de la presa donde se revisen los métodos de actuación frente a situaciones de emergencia.
- Redactar un informe final del ejercicio.

### **F.1.6. Informe Final del Simulacro**

Hidroeléctrica San Lorenzo, S.A. realizará un informe sobre el desarrollo del ejercicio del simulacro, que será remitido a ASEP. En el mismo se reportarán todas las incidencias, observaciones, conclusiones y recomendaciones que permitan introducir mejoras en los procedimientos de actuación.

El contenido mínimo el informe será el siguiente:

1. Descripción del ejercicio planteado
2. Objetivos buscados en el ejercicio
3. Desarrollo del ejercicio
4. Fecha y hora de comienzo y final del ejercicio
5. Emergencia Simulada (la que corresponda)
6. Tipos de Alertas a establecer (Blanca, Verde, Amarilla Roja)
7. Adecuación de los medios materiales disponibles
8. Personal Implicado

9. Acciones Realizadas (grado de preparación individual del personal y nivel de coordinación entre el personal y con terceros)
10. Comunicaciones,
11. Comprobaciones y tiempos de respuesta
12. Anomalías e incidencias
13. Descripción de las dificultades (ejemplo: comunicación) y carencias que se hayan podido presentar
14. Valoración del Ejercicio (grado de cumplimiento de los objetivos buscados con el ejercicio)
15. Evaluación General
16. Fallas del PADE y modificaciones propuestas para la siguiente actualización

## **F.2. SISTEMAS DE AVISOS PARA SIMULACROS**

### **F.2.1 Sirena Acústica**

Las sirenas acústicas instaladas permitirán dar la alerta a los poblados que se encuentren ubicados en las zonas inundables.

La sirena de aviso será utilizada exclusivamente para notificar señales de alerta amarilla y roja. Los sonidos en decibeles que se dispongan para cada caso serán establecidos por el Cuerpo de Bomberos Local, de forma tal que cubra un nivel sonoro en zonas urbanas y en zonas rurales.

La sirena durante simulacros será avisada con anticipación a las entidades públicas y de protección civil que esté relacionada con los niveles de emergencia alertados.

### **F.2.2 Comunicación**

Durante el simulacro, el sistema de comunicación que se utilizara para notificar la alerta deberá mantener comunicación redundante con la sala de emergencia de la presa y los puntos donde están ubicadas las sirenas de aviso.

Durante el simulacro se verificará la eficacia de los medios primarios de comunicación, con las instituciones que en cada caso corresponda. También se verificará el funcionamiento de otros medios de comunicación disponibles en la actualidad que presenten una garantía y fiabilidad en dicha comunicación.

En caso de falla de cualquiera de los sistemas de comunicación se deberá implementar los sistemas alternos de comunicación.