

**ICM PACHAPAQUI S.A.C.**

**AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE PARA LA  
INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA COMUNIDAD  
CAMPESENA DE AQUIA**

**PROYECTO N°440445**

**440445-100-103-PCON-003**

**PLAN DE CONTINGENCIAS**

**Rev. 0**

APROBADO POR:

Jefe de Proyecto: Juan Carlos González Flores \_\_\_\_\_

Gerente de Proyecto: María Liliana Sánchez Chacón \_\_\_\_\_

Cliente: ICM PACHAPAQUI S.A.C \_\_\_\_\_

Revisión	Hecho Por	Descripción	Fecha	Revisado	Aprobado
A	C. Saldarriaga	Emitido para Coordinación Interna	30/05/19	J. González	M. Sánchez
B	C. Saldarriaga I.Sandoval	Emitido para Aprobación del Cliente	05/06/19	J. González	M. Sánchez
C	C. Saldarriaga I.Sandoval	Emitido para Aprobación del Cliente	06/06/19	J. González	M. Sánchez
0	<b>C. Saldarriaga I.Sandoval</b>	<b>Documento Final</b>	<b>22/07/19</b>	<b>J. González</b>	<b>M. Sánchez</b>
COMENTARIOS DEL CLIENTE:					

Proyecto N°440445 440445-100-103-PCON-003 Rev. 0	<b>ICM PACHAPAQUI S.A.C.</b> AFIANZAMIENTO HÍDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA <b>PLAN DE CONTINGENCIAS</b>	Fecha: 22/07/2019 Página 2 de 13
--	--	--



## ÍNDICE

1	INTRODUCCION.....	3
2	OBJETIVOS.....	3
3	DEFINICIONES .....	4
4	IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS.....	4
4.1	MEDIDAS DE CONTINGENCIA EN CASO DE RIESGOS .....	5
4.1.1	DIQUE DE PRESA.....	5
4.1.2	MEJORA DE ACCESO .....	5
4.2	ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA DE RESPUESTA A LAS CONTINGENCIAS .....	5
4.2.1	ORGANIZACIÓN DEL PERSONAL .....	5
	COMITÉ DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (SST).....	5
	COORDINADOR DE RESPUESTA A EMERGENCIAS .....	6
	FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES DE LAS BRIGADAS DE EMERGENCIA .....	6
	Jefe de las Brigadas.....	6
	Brigada Contra Incendios.....	7
	Brigada De Seguridad y Evacuación.....	8
	Brigada De Primeros Auxilios.....	8
	Personal.....	9
5	NOTIFICACIÓN DE EMERGENCIAS.....	10
5.1	ACCIDENTES DE TRÁNSITO.....	10
5.1.1	DERRAME DE HIDROCARBUROS .....	11
5.1.2	INCENDIO .....	11
5.1.3	DESLIZAMIENTO Y DERRUMBES .....	11
5.1.4	ACCIDENTES DE TRABAJO.....	11
5.1.5	INUNDACIONES.....	11
5.1.6	SISMOS.....	11
6	ALARMA DE EMERGENCIAS.....	12
6.1	COMUNICACIONES EXTERNAS .....	12
6.1.1	COMUNICACIONES A OFICINAS.....	12
6.1.2	COMUNICACIÓN CON LA(S) COMUNIDAD(ES) .....	12
7	INFORME DE CONTINGENCIAS .....	12
7.1	ACTUALIZACIÓN Y REVISIÓN DEL PLAN .....	12
8	ANEXOS.....	13
	Anexo 1 Informe de riesgo de colapso de presa .....	13

Proyecto N°440445 440445-100-103-PCON-003 Rev. 0	<b>ICM PACHAPAQUI S.A.C.</b> AFIANZAMIENTO HÍDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA <b>PLAN DE CONTINGENCIAS</b>	Fecha: 22/07/2019 Página 3 de 13
--	--	--



## PLAN DE CONTINGENCIAS

### 1 INTRODUCCION

El plan de contingencias es el conjunto de procedimientos y acciones básicas de respuesta para afrontar de manera oportuna, adecuada y efectiva, la ocurrencia de contingencias de carácter técnico, accidental o humano, con el fin de proteger la vida humana, los recursos naturales y los bienes en el área del proyecto que pudieran ocurrir durante el desarrollo del mismo.

En este plan se esquematiza las acciones que serán implementadas si ocurrieran contingencias que no pudieran ser controladas por simples medidas de mitigación y que puedan interferir con el normal desarrollo del proyecto. Toda vez que las instalaciones están sujetas a eventos naturales que obedecen a la geodinámica del emplazamiento y de la región (deslizamientos, inundaciones, incendios, sismos, etc.). También, se consideran emergencias contraídas por eventos productos de errores involuntarios de operación como derrames de combustibles, entre otros.

En líneas generales, la instalación, operación y ubicación geográfica del proyecto define la posible ocurrencia de riesgos que traen como consecuencia contingencias, limitadas a situaciones muy extremas o de ocurrencia fortuita. Básicamente los riesgos estarían referidos a probabilidades de accidentes de trabajo, accidentes de transporte, colapso de la infraestructura, derrames; cuyas medidas de contingencia se abordan en el presente documento.

### 2 OBJETIVOS

El objetivo principal del plan de contingencias es prevenir y controlar sucesos no planificados, pero previsibles, y describir la capacidad y las actividades de respuesta inmediata para controlar las emergencias de manera oportuna y eficaz. Los objetivos específicos son:

- Establecer un procedimiento formal y escrito que indique las acciones a seguir para afrontar con éxito un accidente o emergencia, de tal manera que cause el menor impacto a la salud y al ambiente.
- Optimizar el uso de los recursos humanos y materiales comprometidos en el control de derrames, fugas y emergencias.
- Establecer la estructura organizativa y la conformación del comité de crisis para la actuación en caso de emergencias.
- Establecer procedimientos a seguir para lograr una comunicación efectiva y sin interrupciones entre el personal en general, empresas contratistas y entidades estatales.
- Restaurar las áreas afectadas para su pronta operatividad con el menor costo posible y considerando estándares de seguridad adecuados para la continuidad de las operaciones.

Proyecto N°440445 440445-100-103-PCON-003 Rev. 0	<b>ICM PACHAPAQUI S.A.C.</b> AFIANZAMIENTO HÍDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA <b>PLAN DE CONTINGENCIAS</b>	Fecha: 22/07/2019 Página 4 de 13
--	--	--



### 3 DEFINICIONES

Para propósitos del presente plan de contingencia y emergencias, se aplicarán los términos y definiciones siguientes:

- **Emergencia:** Evento que se presenta en forma natural o como consecuencia de un trabajo mal efectuado dentro del centro de trabajo, el cual requiere de una acción en forma inmediata.
- **Peligro:** Fuente o situación con el potencial de daño en términos de lesiones o enfermedades, daño a la propiedad, daño al ambiente de trabajo o la combinación de ellos.
- **Riesgo:** Combinación de la probabilidad y la consecuencia de ocurrencia de un evento peligroso.
- **Incidente:** Evento que da lugar a un accidente o tiene el potencial de conducir a un accidente. Un incidente que no resulte en enfermedades, lesiones, daño u otra pérdida, se denomina también cuasi-accidente. El término incidente incluye a los “cuasi-accidentes”.
- **Accidente:** Evento no deseado que da lugar a muerte, enfermedad, lesiones y daños u otras pérdidas.
- **Jefe de brigada:** Persona encargada de dirigir las operaciones de control de la emergencia, reportando constantemente al coordinador general de la emergencia.
- **Brigada:** Conjunto de personas debidamente capacitadas, escogidas previamente voluntaria o en forma coordinada con su supervisor inmediato, las cuales se reúnen para realizar un trabajo determinado. Reciben directivas del jefe de brigada correspondiente, participan directamente en las acciones de control de la emergencia.

### 4 IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

En el desarrollo de las actividades del proyecto, tanto en la etapa de construcción, como de operación y cierre; estarán expuestos todos los trabajadores, contratistas y personas en general, dentro de las instalaciones del proyecto, a diversos factores tanto naturales como fallas humanas, que pueda desencadenar en emergencias. A continuación, en el 0 y Cuadro N°2, se presenta los principales riesgos asociados a la implementación de los componentes del proyecto:

**CUADRO N°1 RIESGOS DE LOS COMPONENTES**

ÁREAS	RIESGOS
Acceso	Derrames de hidrocarburos Accidentes de tránsito Deslizamiento y derrumbes Accidentes de trabajo
Dique de presa	Fallas en la infraestructura del dique Accidentes de trabajo Incendio en componentes auxiliares

Fuente: ECOTEC, 2019

Proyecto N°440445 440445-100-103-PCON-003 Rev. 0	<b>ICM PACHAPAQUI S.A.C.</b> AFIANZAMIENTO HÍDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA <b>PLAN DE CONTINGENCIAS</b>	Fecha: 22/07/2019 Página 5 de 13
--	--	--



## CUADRO N°2 RIESGOS DE LOS COMPONENTES PARA SISMOS E INUNDACIONES

ÁREAS	RIESGOS
Dique de presa	Ruptura del dique generando inundación Deslizamiento y derrumbes por sismos

Fuente: ECOTEC, 2019

### 4.1 MEDIDAS DE CONTINGENCIA EN CASO DE RIESGOS

#### 4.1.1 DIQUE DE PRESA

- En caso de fallas en la infraestructura del dique y/o ruptura, se ha elaborado un informe de riesgo de colapso de presa (Ver Anexo 1 Informe de Riesgo de Colapso de Presa), cuyas conclusiones en un escenario crítico bajo condiciones que exceden por demasía los criterios de diseño de la estructura (periodos de retorno de 10 000 años y Aceleraciones sísmicas mayores a 0.50G); nos da como resultado un tránsito de máxima avenida inducida que discurriría quebrada abajo, a través de zonas de retención explanaciones donde el flujo es atenuado en proporción tal que, en el tramo de interés (zona aledaña al C.P. Santa Rosa) el flujo quedaría contenida casi en su totalidad dentro del cauce natural de la Quebrada Desagüe.
- En caso de incendio en los componentes auxiliares como almacén, se activará la alarma de emergencia cuyos pasos se desarrollan en las siguientes secciones.

#### 4.1.2 MEJORA DE ACCESO

- En caso de derrames de hidrocarburos, accidentes de tránsito vehicular y/o accidentes de trabajo se activará la alarma de emergencia cuyos pasos se desarrollan en las siguientes secciones.
- En caso de ruptura del suelo de los accesos, deslizamiento y derrumbes, inhabilitación de la carretera y/o accidentes vehiculares por desastres naturales (sismo y/o inundaciones) se activará la alarma de emergencia cuyos pasos se desarrollan en las siguientes secciones.

### 4.2 ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA DE RESPUESTA A LAS CONTINGENCIAS

#### 4.2.1 ORGANIZACIÓN DEL PERSONAL

##### COMITÉ DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (SST)

El Comité de SST, constituido según la Ley de Seguridad y Salud Ocupacional N°29783, tendrá como función promover y monitorear la aplicación de las normas de seguridad y salud ocupacional. El comité de SST es el organismo responsable de la organización y funciones de las brigadas de emergencia. Dentro de sus responsabilidades se encuentra:

- Definir las competencias, funciones y responsabilidades de los miembros de la Brigada de Emergencia.

Proyecto N°440445 440445-100-103-PCON-003 Rev. 0	<b>ICM PACHAPAQUI S.A.C.</b> AFIANZAMIENTO HÍDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA <b>PLAN DE CONTINGENCIAS</b>	Fecha: 22/07/2019 Página 6 de 13
--	--	--



- Designar a los integrantes de la Brigada de Emergencia de acuerdo a los requerimientos establecidos.
- Constituir la estructura organizacional del equipo de respuesta a emergencias.

### **COORDINADOR DE RESPUESTA A EMERGENCIAS**

Las funciones del coordinador de respuesta a emergencias son:

- Desarrollar la estrategia a seguir para el adecuado, seguro y rápido control de una emergencia.
- Coordinar la intervención y/o acciones que deberá realizar la brigada y personal de apoyo interno y externo.
- Coordinar las capacitaciones y entrenamientos de la Brigada de Emergencia.
- Verificar si los integrantes de la brigada están suficientemente capacitados y entrenados para afrontar las emergencias.
- Coordinar la realización de los simulacros.
- Se encarga de brindar información completa de la emergencia a la máxima autoridad de al representante asignado de la compañía de seguros, y a la estación de bomberos.
- Diseñar los Planos de Evacuación y los Mapas de Riesgo con apoyo del personal correspondiente.

### **FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES DE LAS BRIGADAS DE EMERGENCIA**

Las funciones generales que realizarán los brigadistas son los siguientes:

- Participar en la elaboración del inventario de recursos humanos y materiales para la atención de emergencias.
- Participar en los programas de capacitación.
- Participar en la promoción y ejecución de ejercicios de simulación por desastres.

### **JEFE DE LAS BRIGADAS**

#### **a) En la Fase de Prevención**

- Conocer el Plan de Contingencia y asistir a todas las capacitaciones de brigadas.
- En coordinación con los responsables de las áreas involucradas, organiza a las Brigadas de Emergencia con la finalidad de prevenir y/o neutralizar situaciones de riesgo que pudieran presentarse.
- Tener identificados los riesgos por área de trabajo para toda la planta, lo mismo que las salidas de emergencia, ubicación de la estación de emergencia, botiquines y extintores

#### **b) En la Fase Operativa**

- Coordina las labores de las Brigadas de Emergencia.

Proyecto N°440445 440445-100-103-PCON-003 Rev. 0	<b>ICM PACHAPAQUI S.A.C.</b> AFIANZAMIENTO HÍDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA <b>PLAN DE CONTINGENCIAS</b>	Fecha: 22/07/2019 Página 7 de 13
--	--	--



- En coordinación con los responsables de las áreas involucradas, da las disposiciones necesarias para evitar riesgos en el personal y materiales.
- Activa el Centro de Operaciones de Emergencia dirigiendo y controlando las acciones y disposiciones que se hayan planificado.

**c) En la Fase de Rehabilitación**

- Colabora en la reanudación de las labores normales.

**BRIGADA CONTRA INCENDIOS**

**a) En la Fase de Prevención**

- Revisar la ubicación de los extintores.
- Estar lo suficientemente capacitados y entrenados para actuar en caso de amago de incendio.
- Se instruyen en el manejo de los extintores.
- Realiza inspecciones permanentes a los extintores.
- Conoce la ubicación de las llaves de fluido eléctrico, llave general de agua, etc.

**b) En la Fase de Operación**

- Revisan el local y comunican de manera inmediata al Jefe de Brigada de la ocurrencia de un incendio.
- Actúan de inmediato haciendo uso de los equipos contra incendio (extintores portátiles), solo si se tratase de un amago de incendio.
- Activan las alarmas contra incendio colocadas en lugares estratégicos de las instalaciones.
- Recibida la alarma, el personal de la citada brigada se constituirá con urgencia en el nivel siniestrado.
- Arribando al nivel del fuego se evaluará la situación, la cual si es crítica informará para que se tomen los recaudos de evacuación de los pisos superiores.
- De ser necesario cortan el fluido eléctrico y el suministro de agua, y protegen los materiales inflamables.
- Al arribo de la Compañía de Bomberos informará las medidas adoptadas y las tareas que se están realizando, entregando el mando a los mismos y ofreciendo la colaboración de ser necesario.

Proyecto N°440445 440445-100-103-PCON-003 Rev. 0	<b>ICM PACHAPAQUI S.A.C.</b> AFIANZAMIENTO HÍDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA <b>PLAN DE CONTINGENCIAS</b>	Fecha: 22/07/2019 Página 8 de 13
--	--	--



**c) Rehabilitación de la Emergencia (Después)**

- Controlan la permanencia o evacuación de los empleados y visitas de las instalaciones del proyecto.

**BRIGADA DE SEGURIDAD Y EVACUACIÓN**

**a) En la Fase Preventiva**

- Con apoyo del Coordinador de emergencia, Jefe de Seguridad y Salud Ocupacional, Jefe de Brigada y planos, señalar las zonas críticas, áreas de seguridad interna y externa, reconocen las rutas de evacuación y los tableros eléctricos.
- Están suficientemente capacitados y entrenados para afrontar las emergencias.
- Conocen la ubicación de los tableros eléctricos, llaves de suministro de agua y tanques de combustibles.

**b) En la Fase Operativa**

- Comunican de manera inmediata al jefe de brigada del inicio del proceso de evacuación.
- Mantienen a las visitas de la empresa en las zonas de seguridad interna y concluido el sismo realizan la evacuación hacia las zonas de seguridad externa.
- Verifican que todo el personal y visitantes hayan evacuado las instalaciones.

**c) En la Fase de Rehabilitación**

- Apoyan en las acciones de control y seguridad.

**BRIGADA DE PRIMEROS AUXILIOS**

**d) En la Fase Preventiva**

- Conocen la ubicación de los botiquines en la instalación y están pendiente del buen abastecimiento con medicamento de los mismos.
- Se capacitan en nociones básicas de primeros auxilios y se entrenan para afrontar las emergencias.

**e) En la Fase Operativa**

- Se instalan en la zona de seguridad interna y/o externa, brindan los primeros auxilios a los heridos y disponen el traslado de los mismos al Centro de Salud más cercano si el caso lo requiere.



Proyecto N°440445 440445-100-103-PCON-003 Rev. 0	<b>ICM PACHAPAQUI S.A.C.</b> AFIANZAMIENTO HÍDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA <b>PLAN DE CONTINGENCIAS</b>	Fecha: 22/07/2019 Página 9 de 13
--	--	--



#### f) En la Fase Operativa

- Apoyan en la verificación de la posible existencia de empleados y visitas de la Empresa, atrapados en las instalaciones

**FIGURA N°1 ORGANIGRAMA DE LA BRIGADA DE EMERGENCIA**



*Fuente: ECOTEC, 2019*

### PERSONAL

#### a) Responsabilidades del Personal en general

Sin excepciones tienen la responsabilidad y el deber de cumplir lo siguiente:

- Cumplirán y harán cumplir las disposiciones de seguridad que contiene este plan de contingencia y los emanados por la empresa.
- Velarán por la integridad física de los ocupantes y de los visitantes que hubiera durante, una situación de emergencia.
- Los que conforman las brigadas, en especial el que la comanda deberá organizar, dirigir, coordinar, controlar y ejecutar lo que se indica de acuerdo a la brigada a la cual pertenece.
- Estarán siempre predispuestos para actuar con eficiencia y con cautela en situaciones adversas tales como incendios, sismos, etc.
- El personal dará cumplimiento a las disposiciones referidas a los relevos de turnos, consignas, llenado de libros y entrega de documentos debidamente firmados por el relevo entrante o saliente de ser el caso.
- El personal no permitirá la presencia en su sector de trabajo, del personal y/o usuarios extraños a su área.

Proyecto N°440445 440445-100-103-PCON-003 Rev. 0	<b>ICM PACHAPAQUI S.A.C.</b> AFIANZAMIENTO HÍDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA <b>PLAN DE CONTINGENCIAS</b>	Fecha: 22/07/2019 Página 10 de 13
--	--	---



## b) Personal en Situaciones Rutinarias

Las siguientes indicaciones tienen por objeto lograr la plena participación del personal que presta servicios en el área de trabajo en adición a las funciones que les han sido asignadas para ejercer sus cargos.

El personal deberá acatar las siguientes disposiciones:

- No fumar en los ambientes de trabajo.
- No bloquear las tapas, ocultar los extintores, en general las señalizaciones y el equipo de seguridad ya que todo ello obstaculiza su empleo en situaciones de emergencia.
- No bloquear o trancar las puertas de escape, de emergencia o de uso frecuente.
- No improvisar conexiones eléctricas.
- No acumular residuos o desperdicios fuera de los recipientes para basura, o de los espacios designados.
- Al concluir la jornada de trabajo deben de dejar todo el material de trabajo, equipo, etc. en orden y en el lugar que corresponda.
- Deberán conocer el plan de contingencia en su integridad, en particular lo que corresponda para su área de trabajo donde puedan ocurrir situaciones de emergencias.
- Deberán conocer el manejo del equipo de prevención del sistema de seguridad, de acuerdo a la brigada a la que pertenecen de ser el caso, ello facilitará la labor de cada una de ellas, ya que aún sin actuar directamente como brigadistas, al seguir las indicaciones que den, sabrán qué está pasando y el porqué de las medidas que en el momento se están adoptando.
- Observarán permanentemente las actividades, informarán deficiencias o actos inseguros que pongan en peligro la integridad física del personal, así como de las instalaciones de la empresa, para que se tomen las acciones correctivas del caso en forma inmediata.

## 5 NOTIFICACIÓN DE EMERGENCIAS

Cualquier persona puede comunicar la “emergencia” en las instalaciones de la empresa para dar inicio a la cadena de comunicaciones de emergencia. A continuación, se definen los criterios a tomar en cuenta para dar la alarma en caso de ocurrencia de las diferentes contingencias identificadas:

### 5.1 ACCIDENTES DE TRÁNSITO

- Colisión entre vehículos de la empresa que pueda generar golpes, contusiones y/o pérdida de vidas humanas.
- Atropello a eventuales transeúntes que pueda generar golpes, contusiones y/o pérdida de vidas humanas.

Proyecto N°440445 440445-100-103-PCON-003 Rev. 0	<b>ICM PACHAPAQUI S.A.C.</b> AFIANZAMIENTO HÍDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA <b>PLAN DE CONTINGENCIAS</b>	Fecha: 22/07/2019 Página 11 de 13
--	--	---



#### 5.1.1 DERRAME DE HIDROCARBUROS

- Afectación de un área mayor a 1m<sup>2</sup>.
- Flujo continuo o esorrentía.
- Salpicaduras en ojos, inhalación o ingesta casual.
- Emanación continúa de gases o vapores.
- Accesos restringidos.

#### 5.1.2 INCENDIO

- Llamas mayores de 10 cm de altura.
- Llamas continuas del fuego.
- Fuego cercano a almacenamiento de hidrocarburos o de sustancias peligrosas, entrada del abastecimiento de combustible de equipos.
- Cercanía de fuego a sistema eléctrico de equipos o de alumbrado de las instalaciones.

#### 5.1.3 DESLIZAMIENTO Y DERRUMBES

- Caída de masa de tierra con rocas.
- Continuidad de caída de tierra rocas.
- Conmoción cerebral o pérdida de conocimiento en trabajador por impacto de roca.
- Accesos restringidos.

#### 5.1.4 ACCIDENTES DE TRABAJO

- Pérdida de conocimiento, desmayo.
- Quemaduras en rostro que comprometan rostro, torso y cuerpo en su conjunto.
- Pérdida de cualquier parte del cuerpo.
- Hemorragia, pérdida constante de sangre.
- Taquicardia, presión elevada, cambio de coloración de piel.
- Proyección de elementos punzo cortantes en rostro y torso.

#### 5.1.5 INUNDACIONES

- Fenómeno natural de inundaciones pluviales por acumulación de agua de lluvias generadas por un régimen persistente en un tiempo muy breve.
- Inundaciones pluviales por acumulación de agua de lluvias generadas por un régimen moderado en un tiempo amplio y sobre un suelo poco permeable.
- Inundaciones fluviales causadas por colapso del dique de la presa.
- Inundaciones por operaciones incorrectas de obras de infraestructura hidráulica o rotura.

#### 5.1.6 SISMOS

- Fenómeno natural de movimiento de tierra que podría causar daños menores o mayores en el dique de la presa y/o acceso
- Inundaciones fluviales causadas por ruptura del dique de la presa como consecuencia de un sismo.
- Fracturas en los suelos.
- Lesiones y/o pérdidas de vidas humanas.

Proyecto N°440445 440445-100-103-PCON-003 Rev. 0	<b>ICM PACHAPAQUI S.A.C.</b> AFIANZAMIENTO HÍDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA <b>PLAN DE CONTINGENCIAS</b>	Fecha: 22/07/2019 Página 12 de 13
--	--	---



- Primeros auxilios y/o tratamiento médico.

## **6 ALARMA DE EMERGENCIAS**

Utilizando la palabra “emergencia”, la persona que notifique informará.

- Identificación personal y puesto de trabajo.
- Lugar exacto de la emergencia.
- Tipo de emergencia.

### **6.1 COMUNICACIONES EXTERNAS**

En los casos en que se requiera comunicar la emergencia fuera de la unidad minera, se tomarán en cuenta los siguientes lineamientos:

#### **6.1.1 COMUNICACIONES A OFICINAS**

El responsable, informará a jefatura o a sus representantes los siguientes puntos resultantes producto de la emergencia:

- Naturaleza de la emergencia.
- En caso de lesionados, cantidad e identidad de estos.
- Tipo de lesiones personales y posibilidad de nuevos lesionados.
- Los daños materiales y posibilidad de nuevos daños.
- Daños al medio ambiente.
- Información sobre grado de control de la emergencia.

#### **6.1.2 COMUNICACIÓN CON LA(S) COMUNIDAD(ES)**

En caso de tener que dirigir alguna comunicación a la comunidad, el único encargado es el responsable, quien define el momento adecuado y los niveles de competencia en que debe manejarse la información sobre la emergencia, dentro y fuera de la empresa.

## **7 INFORME DE CONTINGENCIAS**

El responsable se reunirá con los representantes, para evaluar el desempeño del plan de contingencias, teniendo como base la “hoja de seguimiento de acciones correctivas” y presentará las recomendaciones que permitan el mejor desarrollo del mismo en el “informe de contingencias”, detallándose:

- Recursos disponibles utilizados y los no utilizados.
- Recursos destruidos o recursos perdidos.
- Imagen institucional.
- Daño ambiental.

En el informe también se detallarán la evaluación de los niveles de comunicación y las acciones de respuesta.

### **7.1 ACTUALIZACIÓN Y REVISIÓN DEL PLAN**

El plan de contingencias será actualizado anualmente por el responsable y los representantes, cada vez que se produzcan cambios administrativos, estructurales, operacionales, ampliación del giro de la empresa,

Proyecto N°440445 440445-100-103-PCON-003 Rev. 0	<b>ICM PACHAPAQUI S.A.C.</b> AFIANZAMIENTO HÍDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA <b>PLAN DE CONTINGENCIAS</b>	Fecha: 22/07/2019 Página 13 de 13
--	--	---



normas, cambios en los números telefónicos, contactos y principalmente teniendo en cuenta los resultados de la evaluación del plan de contingencias durante su aplicación.

## 8 ANEXOS

ANEXO 1      INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA

# ANEXO 1

## INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA

**ICM PACHAPAQUI S.A.C.**

**AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE PARA LA  
INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA COMUNIDAD  
CAMPESENA DE AQUIA**

**440445-500-102-INF-001**

**INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA**

**Rev. 0**

**RECURSOS HÍDRICOS**

APROBADO POR:

Jefe de Proyecto: Juan Carlos González Flores \_\_\_\_\_

Gerente de Proyecto: María Liliana Sánchez Chacón \_\_\_\_\_

Cliente: ICM PACHAPAQUI S.A.C \_\_\_\_\_

Revisión	Hecho Por	Descripción	Fecha	Revisado	Aprobado
A	J. Gonzales L. / T. Velásquez	Emitido para Coordinación Interna	01/02/19	J. González	M. Sánchez
B	J. Gonzales L. / T. Velásquez	Emitido para Aprobación del Cliente	01/03/19	J. González	M. Sánchez
0	<b>J. Gonzales L. / T. Velásquez</b>	<b>Documento Final</b>	<b>04/04/19</b>	<b>J. González</b>	<b>M. Sánchez</b>

COMENTARIOS DEL CLIENTE:

440445-500-102-INF-001  Rev. 0	<p align="center"><b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b>  <b>AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE</b>  <b>PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA</b>  <b>COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA</b>  <b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b>  <b>RECURSOS HIDRICOS</b></p>	Fecha: 04/04/19  Página 2 de 37
--------------------------------------	--	---------------------------------------



## ÍNDICE

1	ASPECTOS GENERALES .....	3
2	OBJETIVOS.....	3
2.1	Objetivo general.....	3
2.2	Objetivos específicos.....	3
3	ASPECTOS GENERALES DEL ANÁLISIS .....	3
3.1	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ANÁLISIS.....	3
3.2	METODOLOGÍA DE ANÁLISIS .....	5
3.2.1	Requerimiento de información básica del proyecto.....	5
3.2.2	Caracterización física del proyecto .....	5
3.2.3	Caracterización hidrológica del proyecto .....	6
3.2.4	Caracterización hidráulica del proyecto .....	7
3.2.4.1	Análisis de la rotura de presa .....	7
3.2.4.2	Modelamiento hidráulico de inundación .....	8
4	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA .....	8
4.1	RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL PROYECTO.....	8
4.1.1	Parámetros geomorfológicos .....	8
4.2	RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DEL PROYECTO .....	13
4.2.1	Análisis de información de precipitaciones máximas en 24 horas .....	13
4.2.2	Selección del periodo de retorno.....	14
4.2.3	Modelo hidrológico de máximas.....	14
4.2.4	Precipitación de diseño para la zona de estudio .....	15
4.2.5	Calculo del Tiempo de concentración por unidad de análisis.....	15
4.2.6	Generación de hietogramas de avenida .....	15
4.2.7	Modelo hidrológico para determinación de hidrogramas de Avenida .....	15
4.3	RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN HIDRÁULICA DEL PROYECTO .....	18
4.3.1	Modelo digital del terreno de la quebrada Desagüe .....	18
4.3.1.1	Tramo 1.....	18
4.3.1.2	Tramo 2.....	18
4.3.2	Determinación de las condiciones de rotura de presa .....	20
4.3.3	Nivel del embalse.....	20
4.3.4	Condición de rotura.....	21
4.4	MODELAMIENTO HIDRÁULICO DE INUNDACIÓN .....	26
4.4.1	Coeficientes de rugosidad “n” de Manning.....	26
4.5	CONDICIONES DE FRONTERA.....	27
4.6	RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO DE INUNDACIÓN .....	28
5	Determinación de la posible afectación al centro poblado denominado Santa Rosa del Desagüe.....	34
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	36
7	ANEXOS.....	37



440445-500-102-INF-001  Rev. 0	<p align="center"><b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b>  <b>AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE</b>  <b>PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA</b>  <b>COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA</b>  <b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b>  <b>RECURSOS HIDRICOS</b></p>	Fecha: 04/04/19  Página 3 de 37
--------------------------------------	--	---------------------------------------



## **INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA**

### **1 ASPECTOS GENERALES**

La compañía ICM Pachapaqui S.A.C, dentro del marco de responsabilidad social, y considerando las necesidades de la población, viene desarrollando el proyecto: Afianzamiento hídrico de la quebrada Desagüe para la incorporación de áreas agrícolas en la comunidad campesina de Aquia, considerando para ello la implementación de la presa Torregaga en la laguna Yanacocha 1.

Como parte de los estudios básicos requeridos para el desarrollo de este proyecto, es necesario realizar el análisis del colapso de presa, con la finalidad de evaluar el riesgo asociado a dicho evento crítico de falla y cómo repercutirá, respecto a la localidad más cercana aguas abajo del proyecto (centro poblado Sta. Rosa), analizando para ello la crecida del cauce y la afectación por inundaciones a dicha localidad.

### **2 OBJETIVOS**

#### **2.1 Objetivo general**

El objeto del presente informe es analizar los impactos generados ante un hipotético colapso de la Presa Torregaga, en su fase de operación (cota de corona: 4566.25 msnm), el tránsito asociado en la quebrada Desagüe hasta el centro poblado de Santa Rosa (localidad más cercana al proyecto) y los niveles de inundación alcanzados.

#### **2.2 Objetivos específicos**

- Caracterización de los principales parámetros físicos (topografía y relieve) de las zonas de interés en la quebrada Desagüe.
- Definición de la brecha y progresión de la rotura de presa, considerando para ello: el análisis pseudo-estático de la infraestructura y/o criterios basados en ecuaciones empíricas de análisis de brecha.
- Desarrollo del modelo hidráulico para análisis de inundaciones aguas debajo de la presa, a lo largo de la quebrada Desagüe zona aledaña al centro poblado Santa Rosa.

### **3 ASPECTOS GENERALES DEL ANÁLISIS**

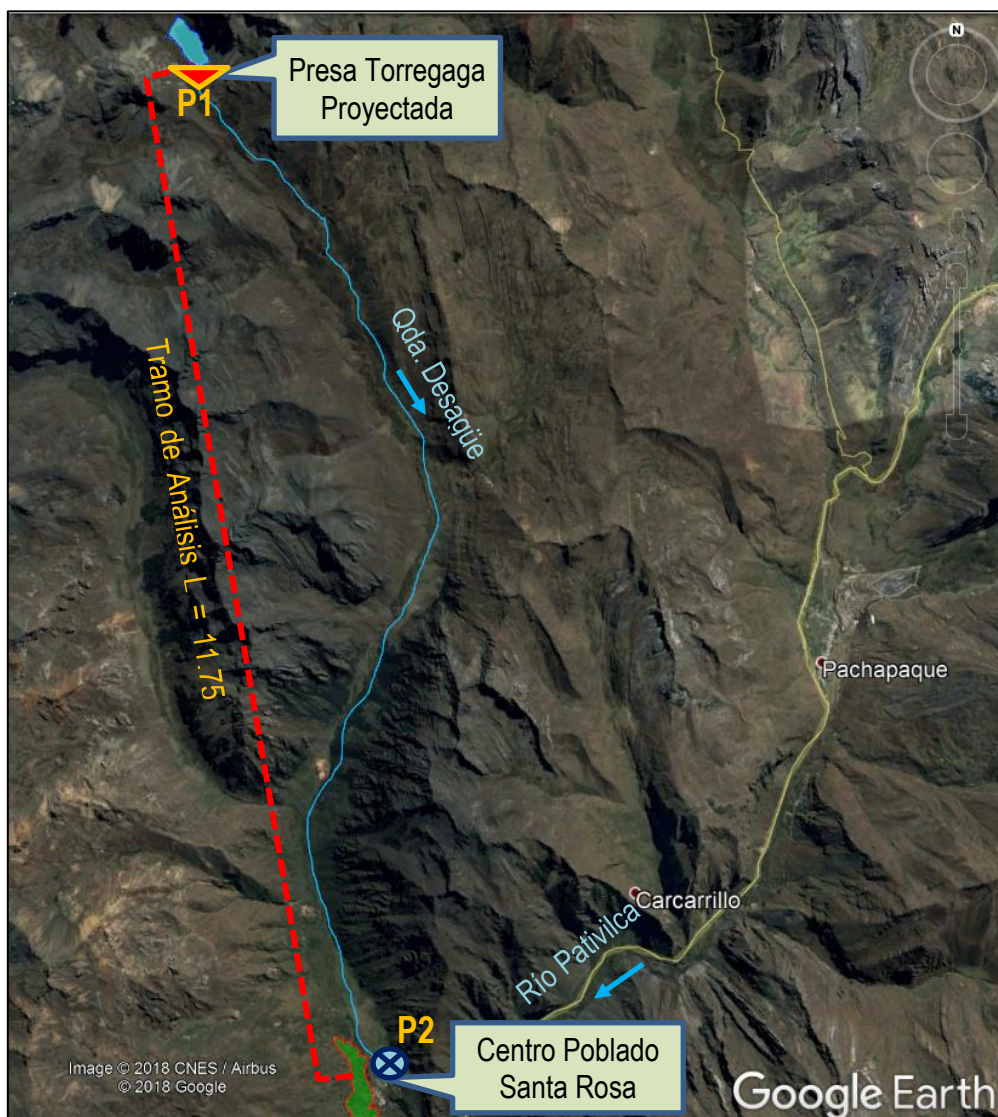
#### **3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ANÁLISIS**

A nivel regional el área de estudio se encuentra localizada en la zona centro - norte del Perú, en el departamento de Ancash, provincia de Bolognesi, distrito de Aquia. Específicamente, la zona de emplazamiento de la presa Torregaga, se encuentra en la boquilla de la laguna Yanacocha 1, en la cabecera de la quebrada Iscococho, denominada posteriormente como quebrada Desagüe, la que discurre sus aguas quebrada abajo con una longitud de 11.75 km, hasta la zona aledaña al centro poblado Santa Rosa, dicho tramo constituye el tramo de interés a ser analizado en el presente documento.

440445-500-102-INF-001 Rev. 0	<b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b> <b>AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE</b> <b>PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA</b> <b>COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA</b> <b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b> <b>RECURSOS HIDRICOS</b>	Fecha: 04/04/19 Página 4 de 37
----------------------------------	--	-----------------------------------



**Figura N° 1: Esquema general de la zona de análisis**



Fuente: ECOTEC, abril 2019

Como se puede apreciar, se determinaron los puntos de interés que definen el tramo de análisis donde se evaluará el tránsito de la máxima avenida producida por el evento crítico de rotura de presa. A continuación, se presenta la localización geográfica de dichos puntos:

**Cuadro N° 1: Ubicación geográfica del punto de captación**

Código	Descripción	Coordenadas UTM – WGS84 – 18L	
		Norte (m)	Este (m)
P1	Dique proyectado	8 903 923.0	263 464.0
P2	C.P. Santa Rosa	8 893 982.6	265 567.1

Fuente: ECOTEC, abril 2019

440445-500-102-INF-001  Rev. 0	<p align="center"><b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b>  <b>AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE</b>  <b>PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA</b>  <b>COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA</b>  <b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b>  <b>RECURSOS HIDRICOS</b></p>	Fecha: 04/04/19  Página 5 de 37
--------------------------------------	--	---------------------------------------



### 3.2 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

A continuación, se presenta el resumen de las actividades y/o procedimientos metodológicos realizados para la estimación del riesgo de colapso de presa dentro del proyecto de afianzamiento hídrico de la quebrada Desagüe para la incorporación de Áreas agrícolas en la comunidad campesina de Aquia.

#### 3.2.1 Requerimiento de información básica del proyecto

Para el desarrollo del análisis del colapso de presa es requerida cierta información básica de la zona de análisis, la cual será recopilada para la elaboración del presente informe:

- **Información Cartográfica y satelital**

- Cartas nacionales a escala 1/100 000 – IGN (Hojas 20-i y 21-i)
- Información satelital de la zona (Landsat – google earth, Bing, etc.)

- **Información topográfica de la zona**

Se recabará información topográfica de tipo primaria y secundaria del área de interés (Qda. Desagüe):

- Levantamiento topográfico del área de emplazamiento y vaso de la presa Torregaga desarrollado como parte del expediente antecedente del proyecto, elaborado por Estrategia y Diálogo Social para ICM Pachapaqui S.A.C, en marzo 2013.
- Levantamiento y actualización de la quebrada Desagüe en inmediaciones del centro poblado Santa Rosa (1.39 Km Aguas arriba y 340 m aguas abajo, del mismo), desarrollado por Ecología y tecnología Ambiental S.A.C, en setiembre 2018.
- Complementación de zonas y áreas con apoyo de información secundarias proveniente de la información cartográfica y de imágenes satelitales (generación de modelos digitales de elevación – DEM), integración a los levantamientos topográficos para el análisis.

- **Información meteorológica**

Registros de precipitación máxima en 24 horas (SENAMHI), de estaciones representativas de la zona:

- Estación Chiquian (3 350 msnm), periodo: 1964 – 2010
- Estación Milpo (4 400 msnm), periodo: 1998 – 2007

#### 3.2.2 Caracterización física del proyecto

Con base en la información topográfica, cartas e imágenes satelitales se realiza la caracterización física (geomorfológica de la zona de análisis, a continuación, se presenta el resumen de las principales características geomorfológicas relevantes para el proyecto, que fueron considerados en el presente estudio:

- **Delimitación de la microcuenca de análisis**

Se delimitó la microcuenca al cierre o boquilla de la laguna Yanacocha 1, donde se ubicará la presa Torregaga a fin de caracterizar dicha unidad hidrográfica, mediante los siguientes parámetros:

440445-500-102-INF-001  Rev. 0	<p style="text-align: center;"><b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b>  <b>AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE</b>  <b>PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA</b>  <b>COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA</b>  <b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b>  <b>RECURSOS HIDRICOS</b></p>	Fecha: 04/04/19  Página 6 de 37
--------------------------------------	---	---------------------------------------



- Tamaño de la cuenca
- Coeficiente de compacidad
- Factor de forma
- Relación de elongación
- Pendiente media de la cuenca
- Mediciones lineales: Perímetro, longitud de cuenca, ancho mayor, longitud de cauce principal, etc.

### 3.2.3 Caracterización hidrológica del proyecto

Una vez determinadas las características físicas del área de análisis, se procede a caracterizar hidrológicamente la zona, con la finalidad de establecer los escenarios hidrológicos relacionados a eventos extraordinarios, para ello se consideran las siguientes actividades:

- **Análisis de la precipitación máxima en 24 horas**

Los registros de precipitación máxima en 24 horas (Milpo y Chiquian), serán evaluados bajo diferentes distribuciones de ajuste para diferentes periodos de retorno:  $Tr = 100, 200, 500, 1000$  y  $10\,000$  años.

- **Precipitación áreal en la zona de estudio**

Finalmente se obtendrá los valores de precipitación áreal específica a la zona del proyecto, bajo la metodología de la inversa de la distancia del punto de interés a las estaciones circundantes, mediante la siguiente relación con las estaciones circundantes:

$$Pp_{med} = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{Pp_i}{d_i} \right)}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i}}$$

Dónde:

- $Pp_{med}$  = Precipitación media en la zona de interés (mm)  
 $Pp_i$  = Precipitación en cada Estación de análisis (mm)  
 $d_i$  = Distancia entre la estación y el punto de interés (m)

- **Selección del periodo de retorno para el modelo**

Se seleccionará un periodo de retorno Deca-milenario ( $TR = 10,000$  años); según lo recomendado en la normativa del “Reglamento de Seguridad de Presas Publicas de embalse de agua”, aprobado con Resolución Jefatural N° 272-2018-ANA.

- **Modelo hidrológico de máximas avenidas**

Se considera para efectos de este análisis que el modelo hidrológico establecido, considerará un evento de máxima avenida en la presa Torregaga, que antecederá a la inminente rotura de presa. Para ello se requerirá lo siguiente:

- Delimitación de la unidad hidrográfica (microcuenca de análisis Presa Torregaga)
- Determinación de la precipitación de diseño para la unidad hidrográfica

$$Pd = 1.13 * PP_{máx}$$

440445-500-102-INF-001  Rev. 0	<p style="text-align: center;"><b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b>  <b>AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE</b>  <b>PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA</b>  <b>COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA</b>  <b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b>  <b>RECURSOS HIDRICOS</b></p>	Fecha: 04/04/19  Página 7 de 37
--------------------------------------	---	---------------------------------------



- Calculo del Tiempo de concentración (TC) para la unidad hidrográfica
  - Kerby
  - Kirpich
  - Bransby-Williams
  - Agencia Federal de Aviación A.F.A
  - U.S. Corps of Engineers
  - Hathaway
  - Témez
  - California
  - Giandotti
  - Passini

- Estimación del número de curva representativa del área de análisis (CN)
- El tiempo de retardo a nivel de microcuenca se establecerá como:

$$T_{lag} = 0.60 * T_c$$

- Generación de hietogramas de precipitación distribuida en 24 horas (SCS Tipo 1), con apoyo del software SMADA 5.0.
- Determinación de la hidrograma de avenida en la microcuenca de análisis (Presa Torregaga), con apoyo del software HEC-hms 4.2.1

### 3.2.4 Caracterización hidráulica del proyecto

La caracterización hidráulica del proyecto, considera dos escenarios diferenciados: el primero será el análisis de la rotura de presa, situación hipotética que precede al tránsito de la avenida extraordinaria y el segundo el análisis o modelamiento hidráulico de la inundación quebrada abajo, donde se evalúa los niveles de agua alcanzados en relación con el centro poblado más cercano al proyecto (C.P. Santa Rosa).

#### 3.2.4.1 Análisis de la rotura de presa

- **Modelo digital del terreno (Qda. Desagüe)**

Con base en la información topográfica primaria y secundaria se elaboró un modelo de elevación o superficie del tramo de análisis hasta el C.P. Santa Rosa.

- **Determinación de las condiciones de rotura de presa**

A continuación, se presentan los parámetros y criterios para la definición de la rotura de presa:

- Nivel de embalse: NAMO (4565.45 msnm) y embalse registrado a dicha cota (954 650.0 m<sup>3</sup>)
- Formación de brecha: se considera dos (02 escenarios de análisis)
  - Verificación de la falla por overtopping y desarrollo de fórmulas teóricas (MacDonald, Froehlich, Von Thun& gillete y Xu&Zhang)
  - Verificación de formación de brecha por acción sísmica: este criterio fue establecido debido a que la falla por overtopping no es significativa, dadas las condiciones del vaso de almacenamiento. El criterio por acción sísmica evalúa la inestabilidad de cada paño de la presa ante incrementos por encima del valor de diseño de la aceleración sísmica a fin de determinar cuáles podrían fallar.
- Progresión de brecha: se define una progresión casi lineal debido a los materiales que conforman el cuerpo de dique (concreto).



440445-500-102-INF-001  Rev. 0	<p style="text-align: center;"><b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b>  <b>AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE</b>  <b>PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA</b>  <b>COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA</b>  <b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b>  <b>RECURSOS HIDRICOS</b></p>	Fecha: 04/04/19  Página 8 de 37
--------------------------------------	---	---------------------------------------



### 3.2.4.2 Modelamiento hidráulico de inundación

Integrando los eventos críticos de colapso de presa y la ocurrencia de una avenida extraordinaria, se evalúa el impacto de este tránsito no controlado aguas abajo en la quebrada Desagüe estimando los niveles de inundación mediante modelos numéricos con apoyo del software HEC-ras 5.0.5, considerándose lo siguiente:

- **Determinación de los coeficientes de rugosidad  $n$  de Manning**

Se determinaron con base en las características del cauce para ambas márgenes y el lecho, con base en tablas de clasificación de coeficientes de Manning (Ven te chow).

- **Condiciones de frontera**

Se establecieron las condiciones de frontera tanto aguas arriba como aguas abajo del tramo en análisis (Qda. Desagüe) como ingreso se considera el hidrograma de máxima avenida calculado anteriormente y como salida las pendientes del cauce principal.

- **Presentación de resultados y verificación de la no afectación al C.P. Santa Rosa**

Se presentarán los resultados del modelo de inundación bajo las condiciones de rotura de presa y tránsito de avenida máxima del software HEC-ras 5.0.5. donde se observa la interacción con la quebrada en el tramo evaluado del centro poblado Santa Rosa.

- **Presentación de resultados y verificación de la no afectación al C.P. Santa Rosa**

## 4 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA

Una vez recabada toda la información básica del proyecto (ítem 3.2.1), se procede a desarrollar los cálculos respectivos, según la metodología explicada anteriormente, caracterizando físicamente el entorno de análisis, realizando la evaluación de las condiciones hidrológicas del proyecto para finalmente caracterizar hidráulicamente la zona, definir las condiciones de falla de la estructura y finalmente verificar los niveles de inundación aguas abajo en el centro poblado Santa Rosa. Bajo este esquema se tiene lo siguientes resultados del análisis:

### 4.1 RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL PROYECTO

#### 4.1.1 Parámetros geomorfológicos

- **Tamaño de la cuenca.**

Propiedad más importante relacionada con el potencial de escorrentía que puede generar una superficie expuesta.

440445-500-102-INF-001 Rev. 0	<b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b> AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA <b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b> <b>RECURSOS HIDRICOS</b>	Fecha: 04/04/19 Página 9 de 37
----------------------------------	---	-----------------------------------



**Cuadro N° 1: Valores de tamaño de cuenca**

Tamaño de la cuenca (Km²)	Valor
< 25	Muy pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia - pequeña
500 a 2500	Intermedia - grande
2500 a 5000	Grande
> 5000	Muy grande

Fuente: ECOTEC, abril 2019

- Coeficiente de compacidad o Índice de Gravelius (1914)**

Es la relación entre el perímetro de la cuenca y el de una circunferencia; está basado en la clasificación de Campos (1992). Cuánto más cercano esté el índice a la unidad, la cuenca será más circular y más compacta, y en la media que aumenta, la cuenca adquiere una forma más oval (Viramontes-Olivas et al., 2007).

La fórmula está dada por:

$$C_c = \frac{0.282 P}{A^{1/2}}$$

Dónde:

$C_c$	=	Coeficiente de Compacidad
$P$	=	Perímetro de la cuenca (km)
$A$	=	Área de la cuenca (km²)

**Cuadro N° 2: Formas de la cuenca (Campos,1992)**

Forma	Coef. compacidad	Forma de la cuenca
Clase I	1.0 - 1.25	Casi redonda a oval-redonda
Clase II	1.26 - 1.50	Oval-redonda a oval-oblonga
Clase III	1.51 a más de 2	Oval-oblonga a rectangular-oblonga

Fuente: ECOTEC, abril 2019

- Factor de Forma.**

El factor de forma, fue propuesta por Horton (1945) y relaciona el área de la cuenca y la longitud de la misma. Por tanto, valores cercanos a cero indican cuencas alargadas y los cercanos a uno, indican cuencas redondeadas (Viramontes-Olivas et al., 2007), se establece mediante la siguiente relación:

440445-500-102-INF-001 Rev. 0	<b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b> AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA <b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b> <b>RECURSOS HIDRICOS</b>	Fecha: 04/04/19 Página 10 de 37
----------------------------------	---	------------------------------------



$$F_f = \frac{A}{L^2}$$

Dónde:

$F_f$	=	Factor de forma
$A$	=	Área de la cuenca (km <sup>2</sup> )
$L$	=	Longitud del cauce principal (km)

Los valores interpretativos de la relación de forma de Horton, pueden verse en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 3: Valores interpretativos del factor de forma**

Valores aproximados	Forma de la cuenca
<0.22	Muy alargada
0.22 – 0.30	Alargada
0.30 – 0.37	Ligeramente alargada
0.37 – 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 -0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 – 0.80	Ensanchada
0.80 – 1.20	Muy ensanchada
>1.20	Rodeando el desagüe

Fuente: ECOTEC, abril 2019

- Pendiente media de la cuenca**

Se calcula como la media ponderada de las pendientes de todas las superficies elementales de la cuenca en las que la línea de máxima pendiente se mantiene constante; es un índice de la velocidad media de la escorrentía y, por lo tanto, de su poder de arrastre o poder erosivo.

$$J = 100 \frac{\sum L_i E}{A}$$

Dónde:

$J$	=	Pendiente media de la cuenca
$L_i$	=	Longitud de cada una de las curvas de nivel (Km)
$E$	=	Equidistancia de las curvas de nivel (Km)
$A$	=	Área de la cuenca (Km <sup>2</sup> )

- Mediciones lineales**

Parámetros unidimensionales: la longitud de cuenca (L), longitud del cauce principal (Lc) o quebrada, que se relacionan con el flujo principal recorrido naturalmente.

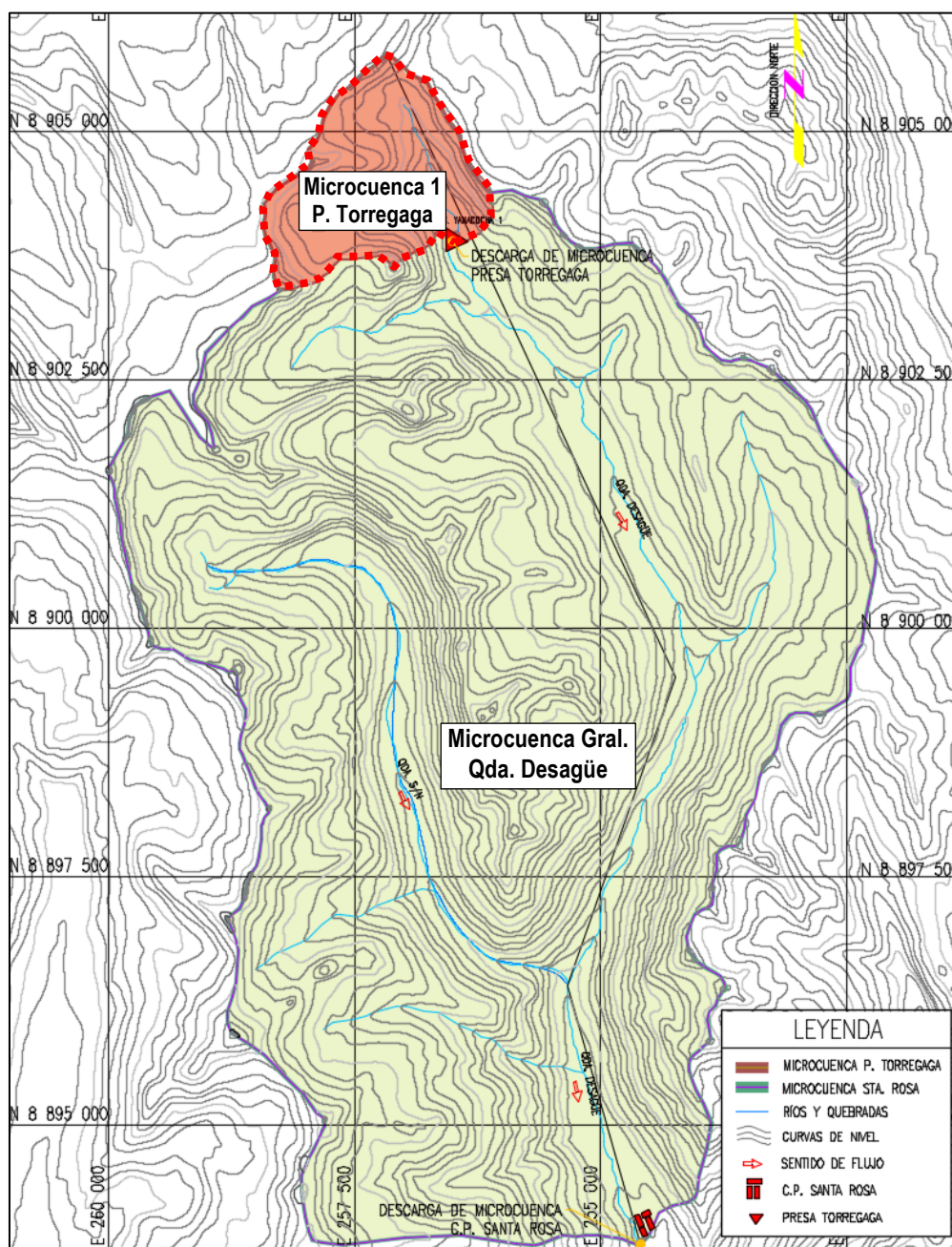


440445-500-102-INF-001  Rev. 0	<p style="text-align: center;"><b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b>  <b>AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE</b>  <b>PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA</b>  <b>COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA</b>  <b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b>  <b>RECURSOS HIDRICOS</b></p>	Fecha: 04/04/19  Página 11 de 37
--------------------------------------	---	--



Todos estos parámetros serán desarrollados para la microcuenca de análisis (Microcuenca 1 – Presa Torregaga). A continuación, se presenta la delimitación de la unidad hidrográfica de análisis en relación con la cuenca de la quebrada Desagüe y el cuadro resumen de parámetros geomorfológicos.

**Figura N° 2: Microcuencas consideradas para el análisis**



Fuente: ECOTEC, abril 2019

440445-500-102-INF-001  Rev. 0	<b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b> AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA <b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b> <b>RECURSOS HIDRICOS</b>	Fecha: 04/04/19  Página 12 de 37
--------------------------------------	---	--



**Cuadro N° 4: Resumen de los parámetros morfométricos**

Característica	Unidad	Cantidades	
		Microcuenca 1 P. Torregaga	Microcuenca Qda Desagüe
Área de la microcuenca	km <sup>2</sup>	3.19	57.35
Perímetro de la Cuenca	km	7.72	35.83
Longitud del cauce principal	km	1.51	13.26
Longitud de la cuenca	km	2.00	12.93
Cota máxima	m.s.n.m.	5 150.00	5 200.00
Cota mínima	m.s.n.m.	4 550.00	3 850.00
Desnivel máxima	m	600.00	1 350.00
Ancho más largo de la microcuenca	km	2.57	7.16
Longitud más larga de la cuenca	km	2.00	12.26
Coefficiente de compacidad	Adimensional	1.22	1.33
Factor de forma	Adimensional	1.40	0.33
Relación de elongación	Adimensional	1.01	0.66
Elevación mediana de la microcuenca	m	4 835.70	4 645.96
Pendiente media de la cuenca	m/m	0.42	0.50
Densidad de drenaje	km/km <sup>2</sup>	0.47	0.23

Fuente: ECOTEC, abril 2019

Morfométricamente, la microcuenca 1 posee un área de 3.19 km<sup>2</sup>, según la clasificación de cuencas por superficie es considerada como una cuenca muy pequeña (menor a 25 Km<sup>2</sup>). El factor de forma y coeficiente de compacidad, indican que tiene una forma casi redonda u oval – redonda (Clase I), la relación de elongación nos da una referencia que la microcuenca es ensanchada; mientras que la microcuenca 2 posee un área de 57.35 km<sup>2</sup>, siendo considerada como pequeña (25 – 250 Km<sup>2</sup>). El factor de forma y coeficiente indican que tiene un forma oval – oblonga (Clase II), la relación de elongación nos da la referencia que la cuenca es ligeramente alargada. El desarrollo de los cálculos puede observarse en el Anexo 01. Parámetros Morfométricos.

De acuerdo a lo antes descrito, se determina que la cuenca alta posee una respuesta rápida para el tránsito de avenidas y eventos extraordinarios, sin embargo, la cuenca de referencias de la quebrada Desagüe, al poseer una mayor extensión, zonas hidromórficas y de retención (pastizales y/o bofedales) ve atenuado su compartimento hidráulico frente a este tipo de eventos extraordinarios.

440445-500-102-INF-001  Rev. 0	<b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b> AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA <b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b> <b>RECURSOS HIDRICOS</b>	Fecha: 04/04/19  Página 13 de 37
--------------------------------------	---	--



## 4.2 RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DEL PROYECTO

A continuación, se presenta el resumen de los cálculos hidrológicos que guardan relación con los alcances del presente análisis:

### 4.2.1 Análisis de información de precipitaciones máximas en 24 horas

A continuación, se presenta el resumen de los cálculos realizados para la estimación de la precipitación máxima en 24 horas (PPm24H), para diferentes periodos de retorno

**Cuadro N° 5: Valores de PPM24H para diferentes periodos de retorno**

Periodo de retorno	Estaciones base	
	Milpo	Chiquian
Tr=100 años	91.57 mm	49.66 mm
Tr=200 años	100.12 mm	54.53 mm
Tr=500 años	111.55 mm	61.07 mm
Tr=1000 años	120.34 mm	66.13 mm
Tr=10000 años	150.69 mm	83.71 mm

Fuente: ECOTEC, abril 2019

Para obtener la precipitación máxima en 24 horas específica para la zona de análisis se aplicó la metodología de la inversa del cuadrado a las demás estaciones, dicha metodología es explicada en el ítem 3.2.3. del presente informe. En el cuadro N°6 se presenta la precipitación específica para la microcuenca de análisis; mientras que el desarrollo de los cálculos puede observarse en el Anexo 02 Ajuste a Distribuciones Probabilísticas.

**Cuadro N° 6: Precipitación máxima en 24 horas para el proyecto**

Periodo de retorno	PP Max. 24 horas (1/D)
	Microcuenca 1 - P. Torregaga
Tr=100 años	82.17 mm
Tr=200 años	89.90 mm
Tr=500 años	100.23 mm
Tr=1000 años	108.18 mm
<b>Tr=10000 años</b>	<b>135.67 mm</b>

Fuente: ECOTEC, abril 2019



440445-500-102-INF-001  Rev. 0	<p align="center"><b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b>  <b>AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE</b>  <b>PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA</b>  <b>COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA</b>  <b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b>  <b>RECURSOS HIDRICOS</b></p>	Fecha: 04/04/19  Página 14 de 37
--------------------------------------	--	--



#### 4.2.2 Selección del periodo de retorno

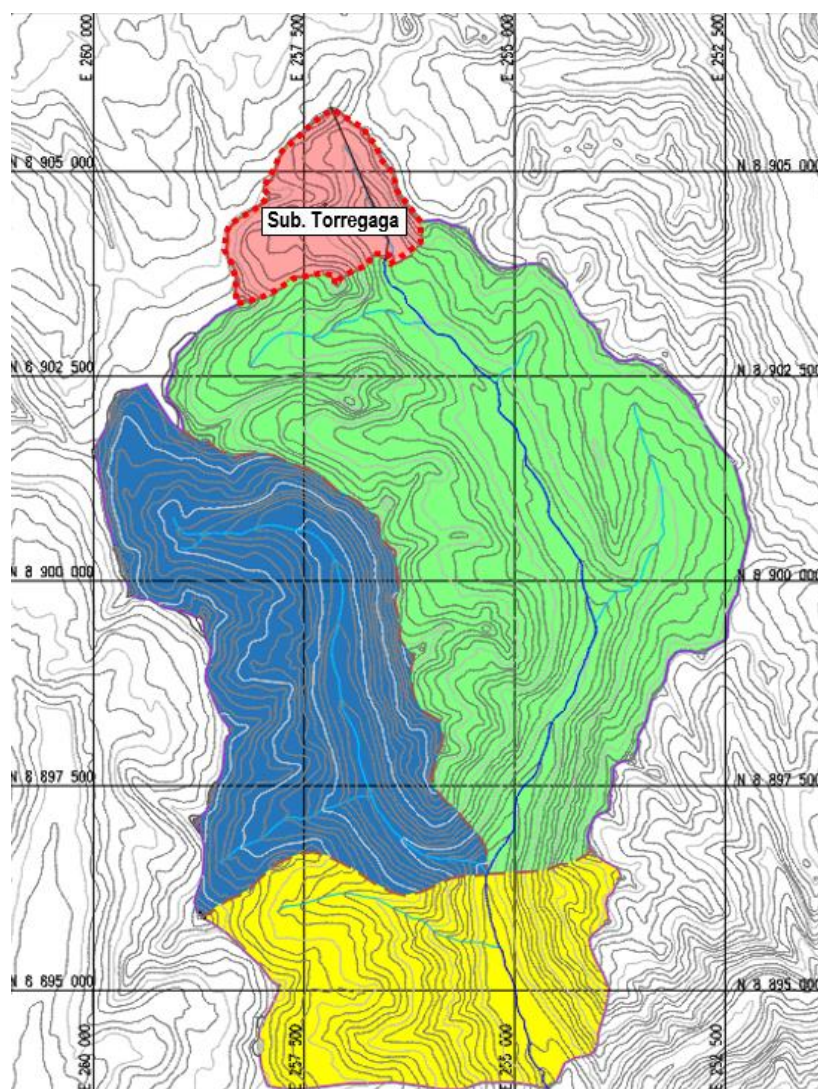
Para efectos del cálculo de un evento hidrológico máximo y en conformidad con el Reglamento de Seguridad de Presas Publicas de embalse de agua”, aprobado con Resolución Jefatural N° 272-2018-ANA. Se establece un periodo de retorno:

TR = 10 000 años

#### 4.2.3 Modelo hidrológico de máximas

Para establecer un modelo que estime un evento de máxima avenida extraordinaria, es requerido desarrollar la metodología anteriormente explicada. A continuación, se presenta un resumen del modelo hidrológico considerado y sus principales parametros, procesados con apoyo del software HEC hms 4.2.1.

**Figura N° 3: Unidad de análisis consideradas para el análisis de máxima avenida**



Fuente: ECOTEC, abril 2019

440445-500-102-INF-001  Rev. 0	<b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b> AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA <b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b> <b>RECURSOS HIDRICOS</b>	Fecha: 04/04/19  Página 15 de 37
--------------------------------------	---	--



#### 4.2.4 Precipitación de diseño para la zona de estudio

Considerando la metodología del inverso de la distancia, mencionada en el ítem 3.4.1; se determina la precipitación máxima y precipitación de diseño ( $1.13 * PPM_{\max}$ ), por cada unidad hidrográfica.

**Cuadro N° 7: Precipitación máxima en 24 horas para el proyecto**

Unidades de Análisis	Precipitación Máxima Estimada	Factor de corrección	Precipitación Máxima de Diseño
Sub. Torregaga	135.67 mm	1.13	153.31 mm

Fuente: ECOTEC, abril 2019

#### 4.2.5 Calculo del Tiempo de concentración por unidad de análisis

Para el desarrollo del modelo, se determinó el tiempo de concentración para las unidades de análisis consideradas, a continuación, se presenta el cuadro resumen de los Tiempos de concentración ( $T_c$ ) estimados por cada uno de ellos. En el Anexo 03, Calculo del TC se observa el desarrollo de los mismos.

**Cuadro N° 8: Precipitación máxima en 24 horas para el proyecto**

Unidades de Análisis	Tiempo e concentración (TC)	
	Horas	Minutos
Sub. Torregaga	0.719 hr	43.10 min

Fuente: ECOTEC, abril 2019

#### 4.2.6 Generación de hietogramas de avenida

Con la información obtenida, se distribuyeron las precipitaciones máximas obtenidas por cada unidad hidrológica de análisis, considerando una tormenta típica den 24 horas (SCS Tipo 1), con apoyo del programa SMADA 5.0; a fin de obtener los hietogramas de lluvia que serán utilizados en el modelo de generación de hidrogramas de flujo a nivel de la quebrada Desagüe. En el Anexo 4, Distribución de la Precipitación Máxima; puede apreciarse la generación respectiva por cada unidad hidrológica de análisis.

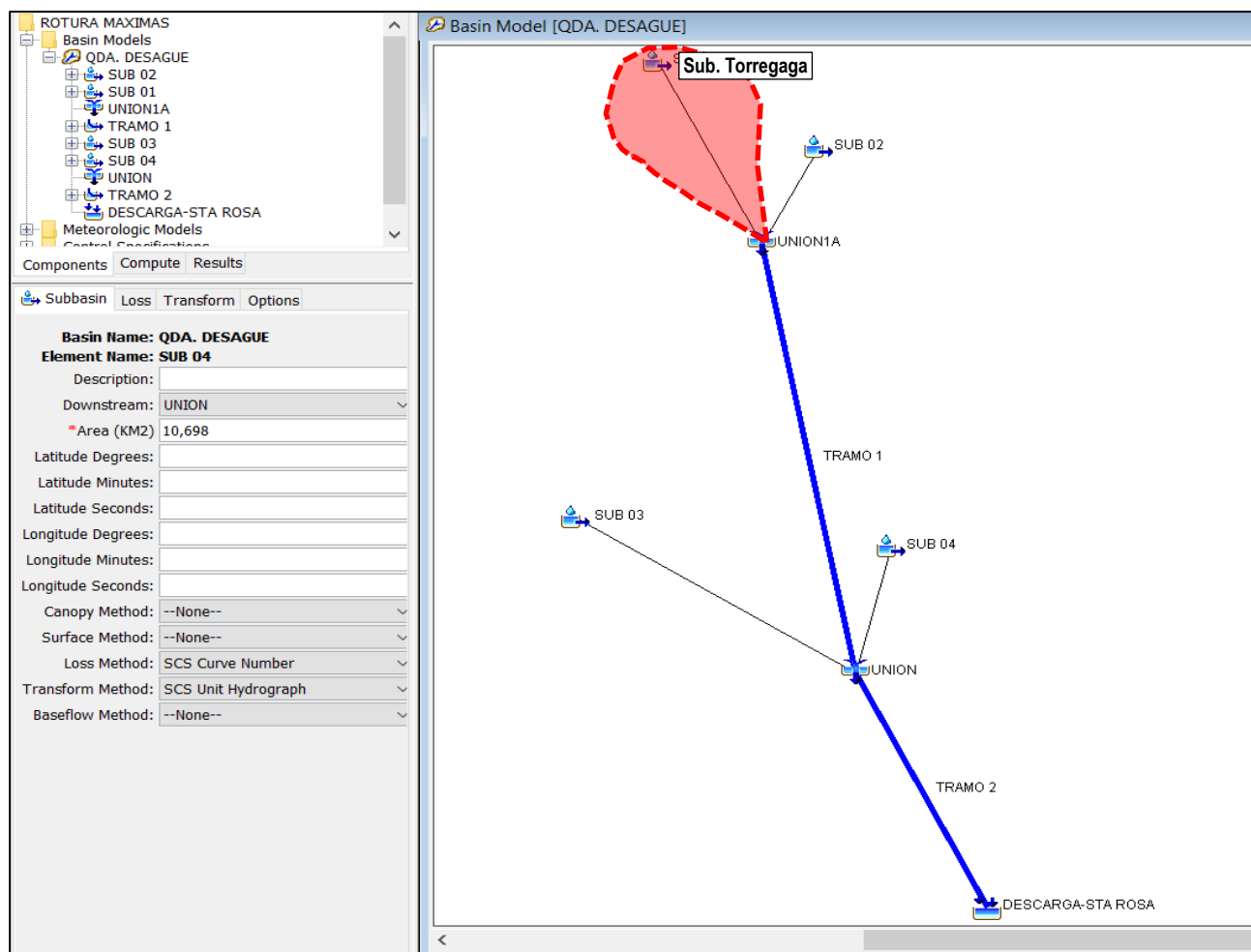
#### 4.2.7 Modelo hidrológico para determinación de hidrogramas de Avenida

Con ayuda del programa HEC – hms 4.2.1 se obtuvieron los hidrogramas de avenida a nivel de unidades hidrológicas que componen la quebrada Desagüe.

440445-500-102-INF-001  Rev. 0	<p align="center"><b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b>  <b>AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE</b>  <b>PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA</b>  <b>COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA</b>  <b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b>  <b>RECURSOS HIDRICOS</b></p>	Fecha: 04/04/19  Página 16 de 37
--------------------------------------	--	--



**Figura N° 4: Modelo hidrológico del tramo en análisis Qda. Desagüe**



Fuente: ECOTEC, abril 2019

**Cuadro N° 9: Resumen de Caudal Pico – Presa Torregaga**

Summary Results for Subbasin "SUB 01"			
Project: ROTURA MAXIMAS Simulation Run: Run 2			
Subbasin: SUB 01			
Start of Run:	19ene2019, 00:00	Basin Model:	QDA. DESAGUE
End of Run:	20ene2019, 00:00	Meteorologic Model:	Met 1
Compute Time:	28ene2019, 19:29:34	Control Specifications:	Control 1
Volume Units: <input type="radio"/> MM <input checked="" type="radio"/> 1000 M3			
Computed Results			
Peak Dischar...	25,7 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	19ene2019, 10:00
Precipitation Volu...	489,1 (1000 M3)	Direct Runoff Volume:	374,8 (1000 M3)
Loss Volu...	109,4 (1000 M3)	Baseflow Volume:	0,0 (1000 M3)
Excess Volu...	379,6 (1000 M3)	Discharge Volume:	374,8 (1000 M3)

Fuente: ECOTEC, marzo 2019



440445-500-102-INF-001

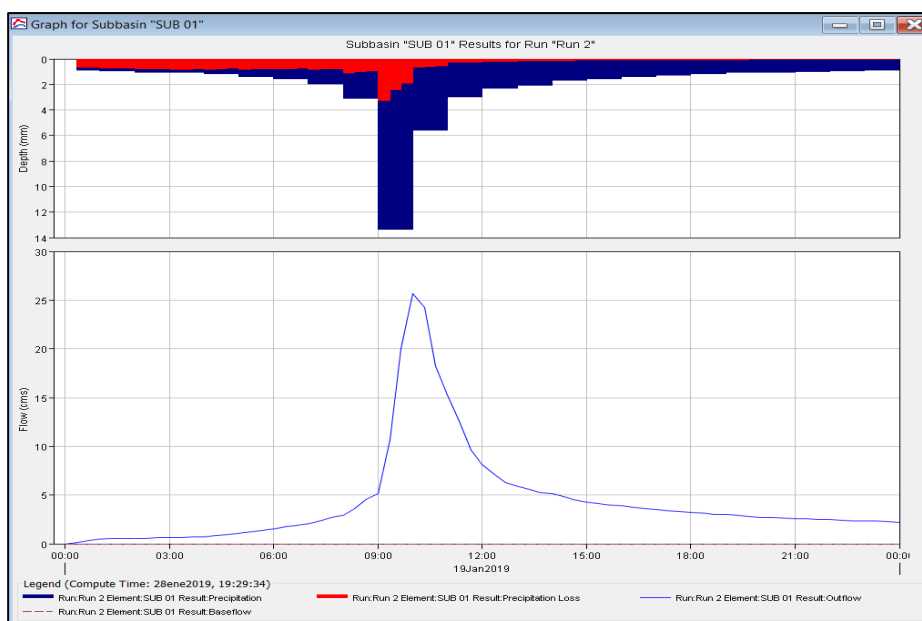
Rev. 0

**ICM PACHAPQUI S.A.C**  
**AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE**  
**PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA**  
**COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA**  
**INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA**  
**RECURSOS HIDRICOS**

Fecha: 04/04/19

Página 17 de 37

**Figura N° 5: Hidrograma de Flujo y cuadro de serie – Presa Torregaga**



Time-Series Results for Subbasin "SUB 01"

Project: ROTURA MAXIMAS    Simulation Run: Run 2  
Subbasin: SUB 01

Start of Run: 19ene2019, 00:00    Basin Model: QDA. DESAGUE  
End of Run: 20ene2019, 00:00    Meteorologic Model: Met 1  
Compute Time: 28ene2019, 19:29:34    Control Specifications: Control 1

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
19ene2019	02:20	1,02	0,78	0,24	0,6	0,0	0,6
19ene2019	02:40	1,02	0,78	0,24	0,6	0,0	0,6
19ene2019	03:00	1,02	0,78	0,24	0,6	0,0	0,6
19ene2019	03:20	1,07	0,82	0,25	0,6	0,0	0,6
19ene2019	03:40	1,07	0,80	0,27	0,7	0,0	0,7
19ene2019	04:00	1,07	0,76	0,31	0,7	0,0	0,7
19ene2019	04:20	1,18	0,80	0,38	0,8	0,0	0,8
19ene2019	04:40	1,18	0,76	0,41	0,9	0,0	0,9
19ene2019	05:00	1,18	0,73	0,45	1,1	0,0	1,1
19ene2019	05:20	1,38	0,82	0,56	1,2	0,0	1,2
19ene2019	05:40	1,38	0,78	0,60	1,4	0,0	1,4
19ene2019	06:00	1,38	0,74	0,64	1,5	0,0	1,5
19ene2019	06:20	1,53	0,78	0,75	1,7	0,0	1,7
19ene2019	06:40	1,53	0,74	0,79	1,9	0,0	1,9
19ene2019	07:00	1,53	0,70	0,83	2,0	0,0	2,0
19ene2019	07:20	1,94	0,84	1,10	2,3	0,0	2,3
19ene2019	07:40	1,94	0,79	1,15	2,7	0,0	2,7
19ene2019	08:00	1,94	0,75	1,20	2,9	0,0	2,9
19ene2019	08:20	3,07	1,09	1,97	3,6	0,0	3,6
19ene2019	08:40	3,07	1,00	2,06	4,6	0,0	4,6
19ene2019	09:00	3,07	0,92	2,14	5,2	0,0	5,2
19ene2019	09:20	13,34	3,28	10,06	10,6	0,0	10,6
19ene2019	09:40	13,34	2,43	10,91	20,0	0,0	20,0
19ene2019	10:00	13,34	1,87	11,46	25,7	0,0	25,7
19ene2019	10:20	5,57	0,66	4,91	24,3	0,0	24,3
19ene2019	10:40	5,57	0,60	4,97	18,3	0,0	18,3
19ene2019	11:00	5,57	0,55	5,02	15,3	0,0	15,3
19ene2019	11:20	2,96	0,28	2,69	12,6	0,0	12,6
19ene2019	11:40	2,96	0,26	2,70	9,6	0,0	9,6
19ene2019	12:00	2,96	0,25	2,71	8,1	0,0	8,1
19ene2019	12:20	2,30	0,19	2,11	7,2	0,0	7,2
19ene2019	12:40	2,30	0,18	2,12	6,3	0,0	6,3
19ene2019	13:00	2,30	0,18	2,12	5,9	0,0	5,9
19ene2019	13:20	2,04	0,15	1,89	5,6	0,0	5,6
19ene2019	13:40	2,04	0,15	1,89	5,3	0,0	5,3
19ene2019	14:00	2,04	0,15	1,90	5,1	0,0	5,1
19ene2019	14:20	1,69	0,12	1,57	4,9	0,0	4,9
19ene2019	14:40	1,69	0,11	1,57	4,5	0,0	4,5
19ene2019	15:00	1,69	0,11	1,57	4,3	0,0	4,3
19ene2019	15:20	1,53	0,10	1,43	4,1	0,0	4,1
19ene2019	15:40	1,53	0,10	1,43	4,0	0,0	4,0
19ene2019	16:00	1,53	0,10	1,44	3,9	0,0	3,9

Fuente: ECOTEC, abril 2019

440445-500-102-INF-001  Rev. 0	<p align="center"><b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b>  <b>AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE</b>  <b>PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA</b>  <b>COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA</b>  <b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b>  <b>RECURSOS HIDRICOS</b></p>	Fecha: 04/04/19  Página 18 de 37
--------------------------------------	--	--



Como se puede observar, del análisis hidrológico realizado obtenemos un caudal pico de máxima avenida, así como el hidrograma respectivo para la caracterización de un evento de máxima avenida que precede a la rotura de presa.

### **4.3 RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN HIDRÁULICA DEL PROYECTO**

#### **4.3.1 Modelo digital del terreno de la quebrada Desagüe**

El modelo digital del terreno, o DEM por sus siglas en inglés (Digital Elevation Model) ha sido elaborado para la Quebrada Desagüe con base en información primaria e información secundaria de la Quebrada Desagüe diferenciando hasta 02 tramos:

##### **4.3.1.1 Tramo 1**

El Tramo 1 está comprendido en la cuenca alta de la laguna Yanacocha 1, área de emplazamiento que fue levantada topográficamente para los estudios antecedentes al proyecto y complementado aguas abajo, con apoyo de información satelital (softwares PlexEarth3.0, Google Earth Pro y Civil 3D), a fin de caracterizar el relieve desde la desembocadura de la presa Torregaga hasta aproximadamente 1.39 km, aguas arriba de la ubicación del centro poblado Santa Rosa del Desagüe. Conformando un tramo de análisis en el cual el flujo resultante transitará sin inconvenientes por zonas no habitadas

##### **4.3.1.2 Tramo 2**

El Tramo 2 está comprendido desde los 1.39 km aguas arriba de la ubicación del centro poblado Santa Rosa del Desagüe hasta 340 metros aguas abajo de dicho centro poblado. En este fue empleada información primaria, con base en un levantamiento topográfico utilizando sensores remotos y fotogrametría (uso de vehículos aéreos no tripulados - dron), pues es requerido una mayor precisión, considerando la importancia de conocer el comportamiento del flujo en inmediaciones de las zonas pobladas aledañas al cauce de la quebrada Desagüe para evaluar posibles interacciones ante un evento de falla.

El detalle de los trabajos realizados en campo y de la metodología de procesamiento empleada para la obtención del DEM para el Tramo 2 se muestra en el Anexo 5.



<p>440445-500-102-INF-001</p> <p>Rev. 0</p>	<p><b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b></p> <p>AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA</p> <p><b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b></p> <p><b>RECURSOS HIDRICOS</b></p>	<p>Fecha: 04/04/19</p> <p>Página 19 de 37</p>
---	--	---



**Figura N° 6: Modelo digital del terreno para el Tramo 1**

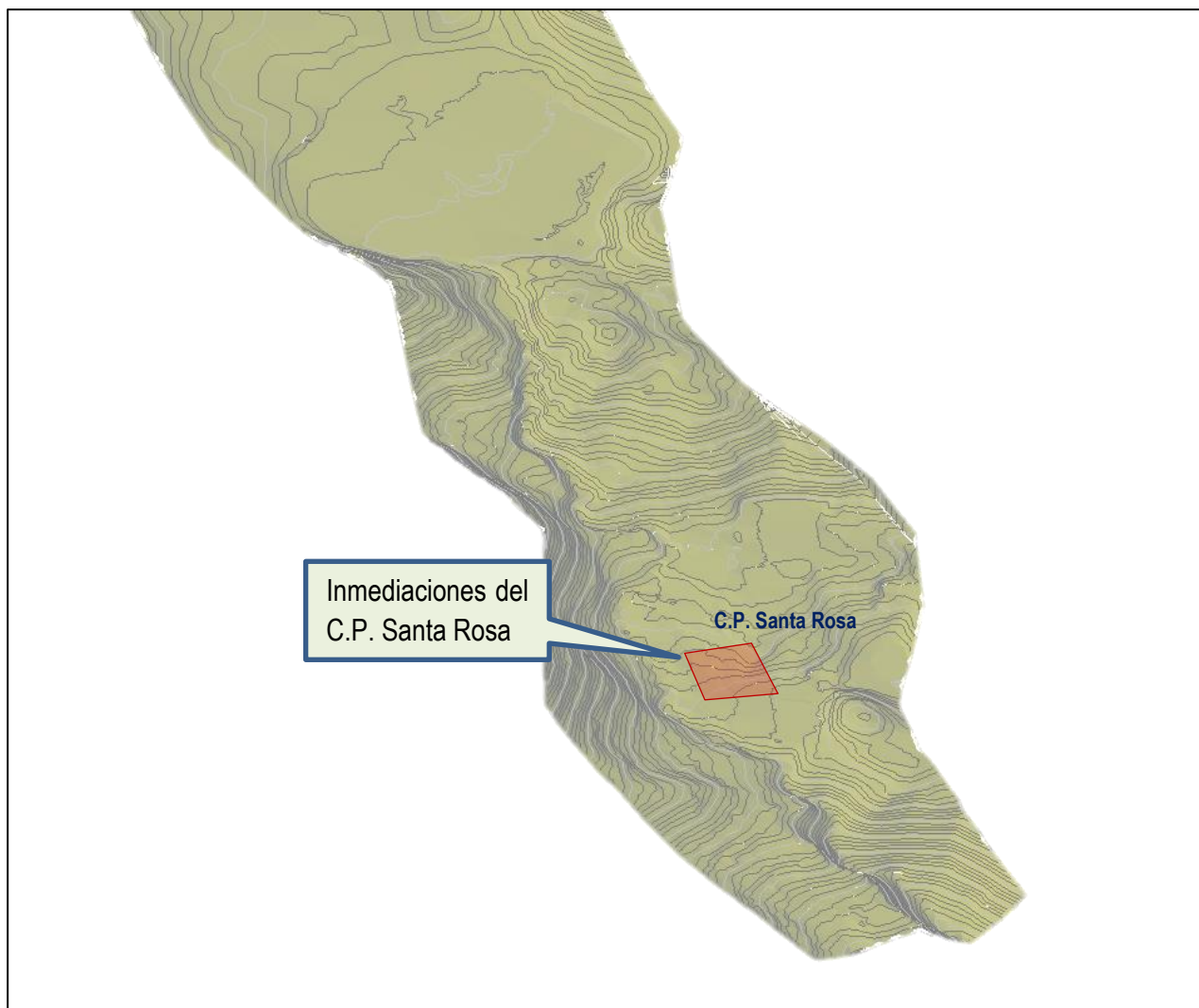


Fuente: ECOTEC, abril 2019

440445-500-102-INF-001 Rev. 0	<b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b> AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA <b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b> <b>RECURSOS HIDRICOS</b>	Fecha: 04/04/19 Página 20 de 37
----------------------------------	---	------------------------------------



**Figura N° 7: Modelo digital del terreno para el Tramo 2**



*Fuente: ECOTEC, abril 2019*

#### **4.3.2 Determinación de las condiciones de rotura de presa**

A continuación, se presenta los diferentes parámetros considerados para la determinación de las condiciones de rotura de presa:

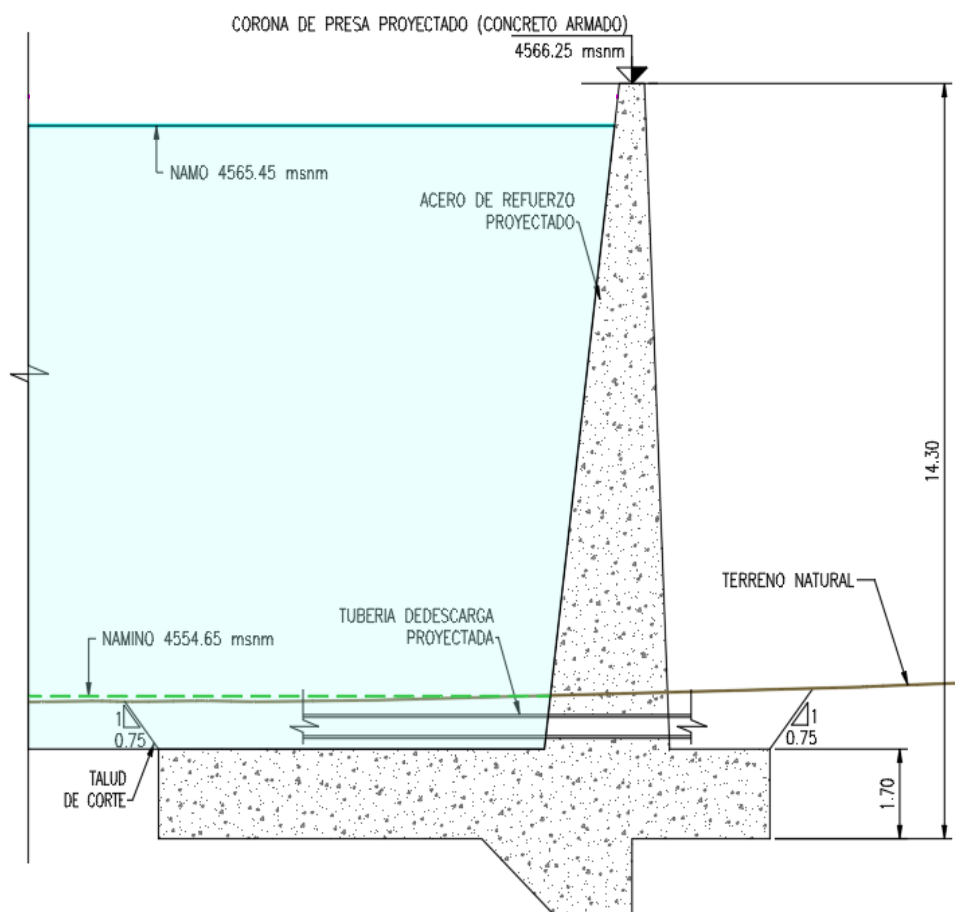
#### **4.3.3 Nivel del embalse**

Se ha considerado que, al momento de la ocurrencia de la rotura de presa, el embalse se encontrará lleno, es decir, el nivel del agua corresponderá al NAMO (Nivel de Aguas Máximo Ordinario). Dicho nivel de operación de embalse equivale a tener el espejo de agua en la cota 4565.45 m.s.n.m. y una altura de columna de agua de 11.80 metros desde el fondo o base de muro, en la sección principal (central).

440445-500-102-INF-001 Rev. 0	<b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b> <b>AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE</b> <b>PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA</b> <b>COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA</b> <b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b> <b>RECURSOS HIDRICOS</b>	Fecha: 04/04/19 Página 21 de 37
----------------------------------	--	------------------------------------



**Figura N° 8: Nivel del Embalse – Sección principal presa**



Fuente: ECOTEC, abril 2019

#### 4.3.4 Condición de rotura

Según el Comité Internacional de Grandes Presas, se define la falla o rotura como el “colapso o movimiento de una parte de la presa que no puede retener el agua almacenada”.

Considerando que la obra de regulación (presa) estará conformada por un dique de concreto armado, es poco probable la ocurrencia de una brecha o rotura en el cuerpo de ésta, a través de la cual pudiera descargarse un volumen considerable del recurso almacenado. En presas de concreto armado u hormigón, es usual la ocurrencia de grietas, generadas principalmente por eventos sísmicos, a través de las cuales se filtran caudales menores de manera constante, generando así importantes pérdidas en el almacenamiento. Dichas grietas podrán ser detectadas durante la operación de la presa, luego de lo cual se deberán tomar las medidas respectivas para su reparación o sellado, o en su defecto, el rápido desembalse de los volúmenes del vaso, hasta los límites o niveles de seguridad necesarios. Bajo esta premisa, es poco probable la ocurrencia de una rotura de presa que pudiera ocasionar una avenida significativa que genere un impacto negativo aguas abajo de la estructura.

440445-500-102-INF-001  Rev. 0	<b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b> <b>AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE</b> <b>PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA</b> <b>COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA</b> <b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b> <b>RECURSOS HIDRICOS</b>	Fecha: 04/04/19  Página 22 de 37
--------------------------------------	--	--

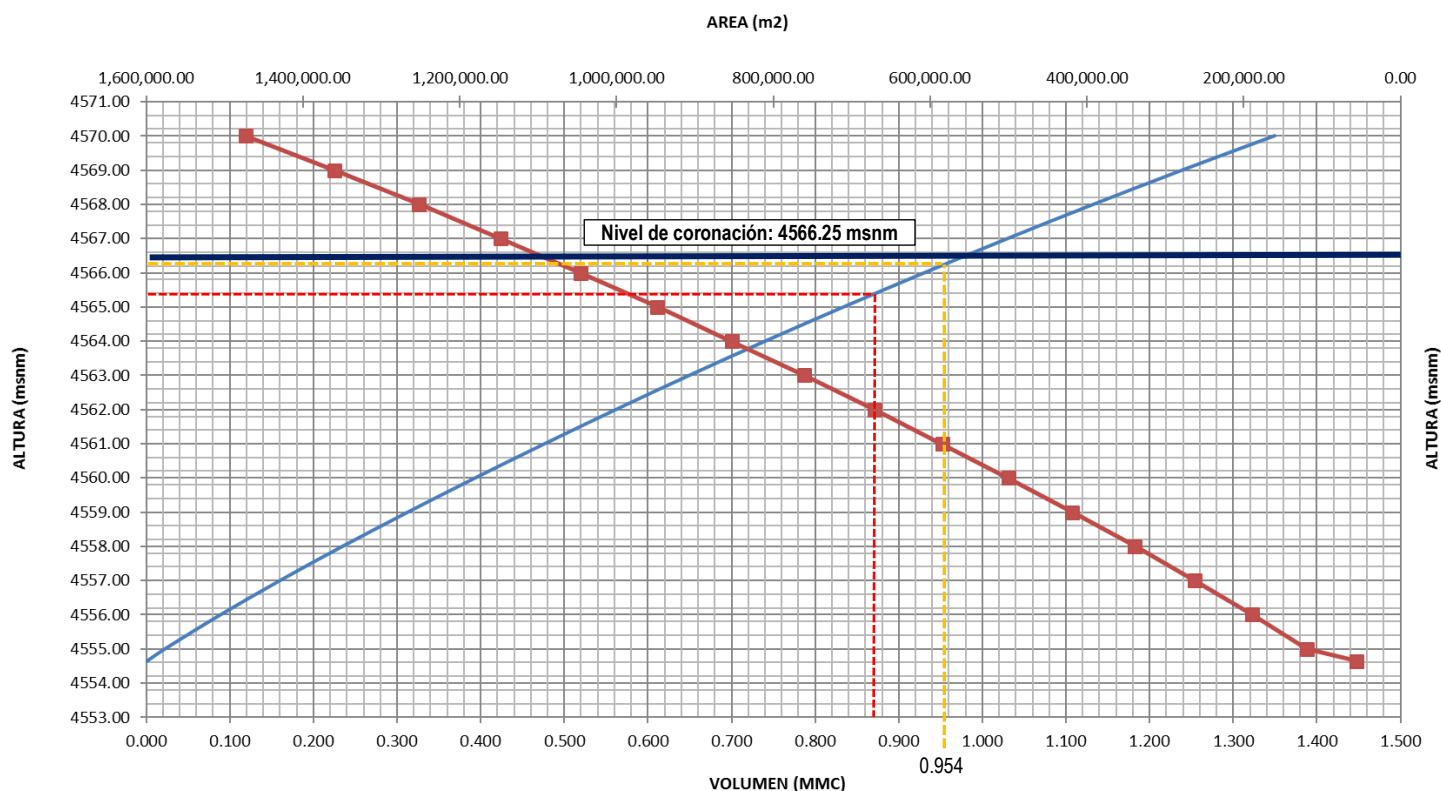


Sin embargo, para efectos de la evaluación de un escenario crítico de falla inminente, se considerara el análisis de la rotura de dique, en el cual se verificarán brechas teóricas mediante fórmulas empíricas y también bajo un análisis estructural Pseudo-estático a fin de estimar una geometría de falla en el cuerpo del dique bajo condiciones que excedan, de por sí, los límites de seguridad a las que fue diseñado, únicamente con la finalidad de estimar eventos supuestos y cómo influyen aguas abajo en el centro poblado más cercano (C.P. Santa Rosa).

### A. Formación de brechas por Desbordamiento (Overtopping)

La formación de una Falla o brecha por Overtopping o desbordamiento por encima de la presa, bajo las condiciones del proyecto, es poco probable, debido principalmente a que la microcuenca de análisis está localizada en la cabecera de cuenca, no teniendo un área considerable de esorrentía que nos dé una respuesta hidrológica magnificada, por tanto, el tránsito de la máxima avenida de análisis (TR = 10 000 años), quedará contenido en el volumen de almacenamiento comprendido entre el NAMO y la corona de la Presa; considerando, además el funcionamiento del aliviadero de demasías a su máxima capacidad esta altura de transito sería disminuida.

**Figura Nº 9: Curva Área – Altura – Volumen Presa Torregaga**



Fuente: ECOTEC, abril 2019

Como se puede apreciar la cota alcanzada para el volumen final de máxima avenida queda contenida en el nivel de coronación de la presa proyectada.

440445-500-102-INF-001  Rev. 0	<p align="center"><b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b>  <b>AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE</b>  <b>PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA</b>  <b>COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA</b>  <b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b>  <b>RECURSOS HIDRICOS</b></p>	Fecha: 04/04/19  Página 23 de 37
--------------------------------------	--	--



A continuación, se presenta el resumen de cálculos obtenidos con apoyo del programa HEC-ras 5.0.3 con fines referenciales bajo formulas empíricas de formación de brecha:

**Figura N° 10: Estimación de la brecha por Formulas empíricas**

Dam (Inline Structure) Breach Data

Inline Structure: QDA. DESAGUE QDA. DESAGUE 11900

☒ **Breach This Structure**

Breach Method: User Entered Data

Center Station: 220

Final Bottom Width: 55

Final Bottom Elevation: 4557.85

Left Side Slope: 0.05

Right Side Slope: 0.05

Breach Weir Coef: 1.44

Breach Formation Time (hrs): 0.6

Failure Mode: Overtopping

Piping Coefficient: 0.5

Initial Piping Elev:

Trigger Failure at: Set Time

Start Date: 19ene19

Start Time: 05:00

Breach Plot | Breach Progression | Simplified Physical | Parameter Calculator | Breach Repair (optional)

Input Data

Top of Dam Elevation (m): 4566.25

Breach Bottom Elevation (m): 4557.85

Pool Elevation at Failure (m): 4566.25

Pool Volume at Failure (1000 m3): 954.65

Failure mode: Overtopping

MacDonald

Dam Crest Width (m): 0.50

Slope of US Dam Face Z1 (H:V): 0.10

Earth Fill Type: Fine homogeneous

Slope of DS Dam Face Z2 (H:V): 0.05

Xu Zhang (and Von Thun)

Dam Type: Concrete-faced dam

Dam Erodibility: Low

Method	Breach Bottom Width (m)	Side Slopes (H:V)	Breach Development Time (hrs)	
MacDonald et al	557	0.5	0.41	Select
Froehlich (1995)	19	1.4	0.55	Select
Froehlich (2008)	23	1	0.65	Select
Von Thun & Gillete	23	0.5	0.42	Select
Xu & Zhang	17	0.96	2.11 *	Select

\* Note: the breach development time from the Xu Zhang equation includes more of the initial erosion period and post erosion than what is used in the HEC-RAS breach formation time.

Fuente: ECOTEC, abril 2019

Como se puede apreciar, de la estimación de las diferentes brechas teóricas nos dan valores referenciales, en promedio de unos 23 metros de ancho con una altura entre 8.4 metros.

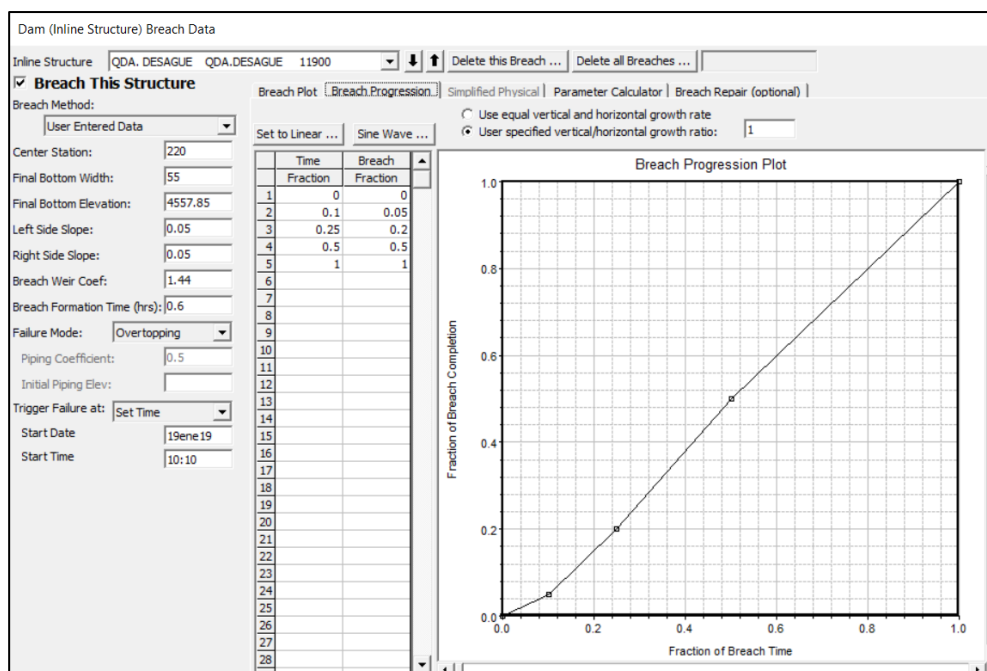
- **Progresión de Brecha:**

Se asume una progresión de brecha con un comportamiento casi lineal debido a que el tipo de material conformante del cuerpo del dique es homogéneo

440445-500-102-INF-001  Rev. 0	<p style="text-align: center;"><b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b>  <b>AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE</b>  <b>PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA</b>  <b>COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA</b>  <b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b>  <b>RECURSOS HIDRICOS</b></p>	Fecha: 04/04/19  Página 24 de 37
--------------------------------------	---	--



**Figura N° 11: Estimación de la brecha por Formulas empíricas**



## B. Formación de brechas estructural por acción Sísmica

En vista que la falla por overtopping es improbable, se evaluará la formación de una brecha teniendo en cuenta la ocurrencia de un sismo con un valor muy por encima de los valores de diseño del proyecto, con la finalidad de evaluar el comportamiento estructural de los paños conformantes del cuerpo o dique de presa.

Del análisis, se obtuvo que, a partir de incrementos en la aceleración Sísmica, por encima del valor máximo establecido en el proyecto (0.40G para una excedencia de TR 500 años), los valores de factores de seguridad empiezan a disminuir progresivamente hasta ya no cumplir con los valores aceptados. En tal sentido, con una aceleración sísmica máxima de 0.58G, se puede apreciar que los factores de seguridad de los paños Tipo 1, Tipo 2 y Tipo 3, se encuentran por debajo de los valores estándares, por tanto, se asume una falla o rotura de los mismos a partir de un tercio de la altura del paño respectivo.

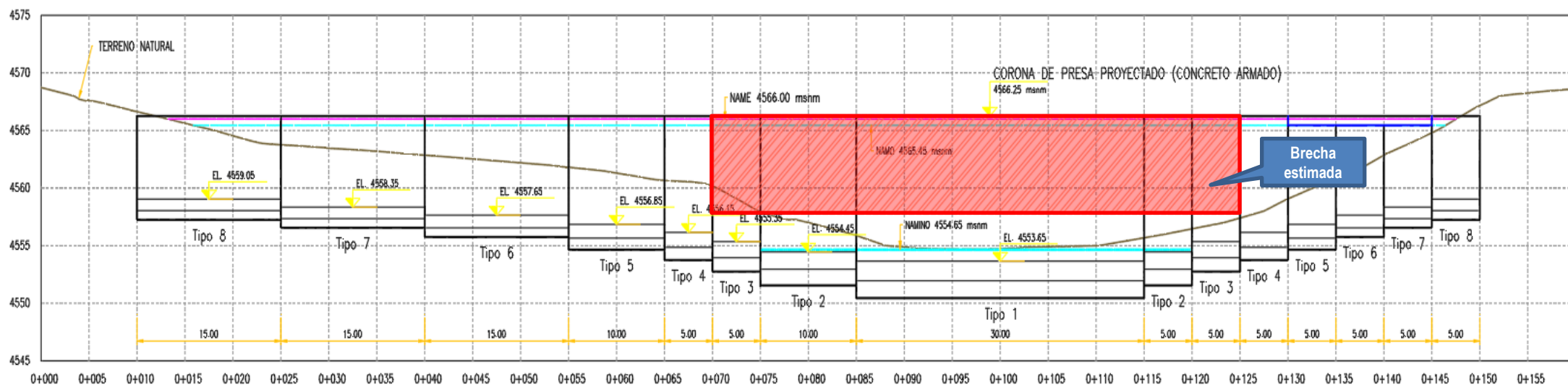
A continuación, se presenta un gráfico que muestra la brecha estimada en función del análisis estructural con acción sísmica magnificada por encima de los valores de diseño.



440445-500-102-INF-001  Rev. 0	<b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b> <b>AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE</b> <b>PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA</b> <b>COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA</b> <b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b> <b>RECURSOS HIDRICOS</b>	Fecha: 04/04/19  Página 25 de 37
--------------------------------------	--	--



**Figura N° 12: Formación estructuras de brecha por acción sísmica**



Fuente: ECOTEC, abril 2019

Como se puede apreciar del análisis estructural por acción sísmica nos da como resultado la formación de una brecha de 55 metros de ancho y 8.4 metros de alto, lo cual supondría una brecha de aproximadamente 60% del área de dique, siendo este el caso más desfavorable.

En el Anexo 6. Formación de brecha por acción sísmica puede observarse el desarrollo de los cálculos por cada paño para la definición de la rotura.



440445-500-102-INF-001  Rev. 0	<p style="text-align: center;"><b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b>  <b>AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE</b>  <b>PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA</b>  <b>COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA</b>  <b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b>  <b>RECURSOS HIDRICOS</b></p>	Fecha: 04/04/19  Página 26 de 37
--------------------------------------	---	--



#### 4.4 MODELAMIENTO HIDRÁULICO DE INUNDACIÓN

Para la elaboración del modelo hidráulico de inundación se utilizó el programa HEC-RAS 5.0.5, el cual requiere como insumos el modelo de elevación o superficie generada por las curvas de nivel, las condiciones de rotura, la estimación de los coeficientes de rugosidad de Manning de la Quebrada Desagüe y las condiciones de frontera de la misma, los que se detallan a continuación:

##### 4.4.1 Coeficientes de rugosidad “n” de Manning

El valor de “n” es muy variable y depende de muchos factores: rugosidad de la superficie, presencia de vegetación, irregularidades, alineamiento, zonas de sedimentación y socavación, obstrucciones, etc.

Ven Te Chow en su obra clásica “Hidráulica en Canales Abiertos” estudia tres métodos de evaluar el coeficiente “n” de Manning:

- Consultar una tabla de valores típicos de “n” para varios tipos de canales y/o zonas.
- Examinar y comparar el canal en estudio con la apariencia de ciertos canales típicos cuyos coeficientes de rugosidad son conocidos.
- Considerar el valor de “n” como el resultado de la acción combinada de una serie de factores que lo afectan. Esta forma es llamada como el método de Cowan.

Considerando que el tramo en estudio de la Quebrada Desagüe presenta una longitud de aproximadamente 12 km, se dificulta la estimación del coeficiente de rugosidad “n” utilizando las metodologías propuestas en la segunda y tercera viñeta, motivo por el cual, para estimar estos valores se utilizó la siguiente tabla:

**Figura N° 13: Valores del coeficiente de rugosidad de Manning**

<b>D. Cursos naturales</b>			
<b>D-1. Cursos menores (ancho superior al nivel de crecida &lt; 100 ft).</b>			
<b>a. Cursos en planicie</b>			
1. Limpio, recto, nivel lleno, sin fallas o pozos profundos	0.025	<u>0.030</u>	0.033
2. Igual que arriba, pero más piedras y pastos	0.030	0.035	0.040
3. Limpio, curvado, algunos pozos y bancos	0.033	0.040	0.045
4. Igual que arriba, pero algunos pastos y piedras	0.035	0.045	0.050
5. Igual que arriba, nivel inferiores, más pendiente y sección inefectivas.	0.040	0.048	0.055
Igual que 4, pero más piedras	0.045	0.050	0.060
7. Tramos sucios, con pastos y pozos profundos	0.050	0.070	0.080
8. Tramos con muchos pastos, pozos profundos o recorridos de la crecida con mucha madera y arbustos bajos.	0.075	0.100	0.150
<b>b. Cursos en montaña, sin vegetación en el canal, laderas con pendientes usualmente pronunciadas, árboles y arbustos a lo largo de las laderas sumergidos para niveles altos.</b>			
1. Fondo: grava, canto rodado y algunas rocas	0.030	0.040	0.050
2. Fondo: cantos rodados con grandes rocas	0.040	0.050	0.070

Fuente: hidráulica - Ven Te Chow, 1959

Los valores adoptados con base en la tabla y de la inspección de campo fueron los siguientes:

440445-500-102-INF-001  Rev. 0	<b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b> <b>AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE</b> <b>PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA</b> <b>COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA</b> <b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b> <b>RECURSOS HIDRICOS</b>	Fecha: 04/04/19  Página 27 de 37
--------------------------------------	--	--



**Cuadro N° 10: Coeficientes de rugosidad utilizados en el modelo hidráulico**

Ubicación	Valor de "n" asumido	Descripción
Margen derecha	0.038	Curso menor; limpio, curvado, algunos pozos y bancos. Se tomó el valor medio.
Lecho de quebrada	0.055	Curso menor; limpio, curvado, algunos pozos y bancos, algunos pastos y más piedras. Se tomó el valor mínimo.
Margen izquierda	0.040	Curso menor; limpio, curvado, algunos pozos y bancos, algunos pastos y piedras. Se tomó el valor mínimo.

Fuente: ECOTEC, abril 2019

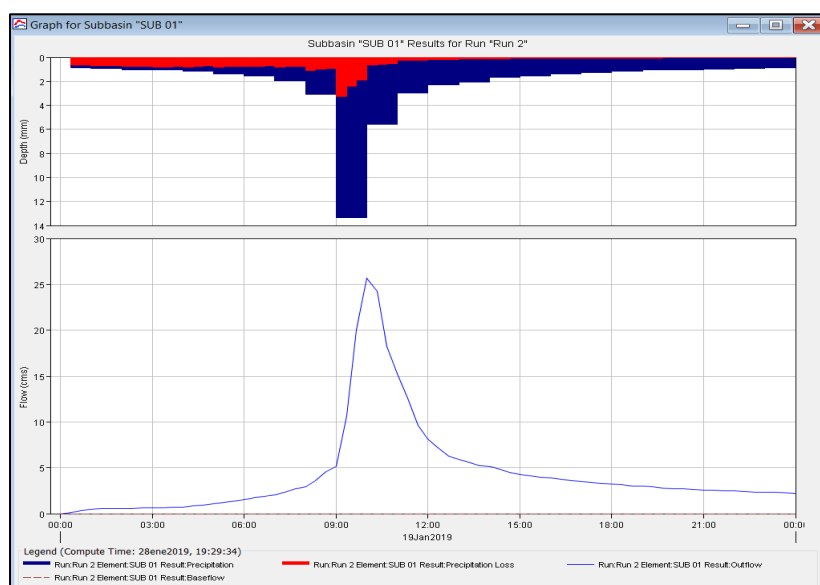
## 4.5 CONDICIONES DE FRONTERA

Las condiciones de frontera adoptadas en el presente modelo hidráulico fueron las siguientes

### 4.5.1 Aguas arriba

Para el análisis aguas arriba se establece una condición de frontera de flujo normal con una pendiente aguas arriba  $S = -4.39\%$ . Adicionalmente en este tramo de análisis se considera la incidencia de un tránsito de máxima avenida en el embalse mediante un hidrográma de máximas resultante de ella interacción de eventos extraordinarios.

**Figura N° 14: Hidrográma de entrada para condiciones de frontera**



Time-Series Results for Subbasin "SUB 01"									
Project: ROTURA MAXIMAS Simulation Run: Run 2 Subbasin: SUB 01									
Start of Run: 19ene2019, 00:00		Basin Model: QDA, DESAGUE							
End of Run: 20ene2019, 00:00		Meteorologic Model: Met 1							
Compute Time: 28ene2019, 19:29:34		Control Specifications: Control 1							
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)		
19ene2019	02:20	1,02	0,78	0,24	0,6	0,0	0,6		
19ene2019	02:40	1,02	0,78	0,24	0,6	0,0	0,6		
19ene2019	03:00	1,02	0,78	0,24	0,6	0,0	0,6		
19ene2019	03:20	1,07	0,82	0,25	0,6	0,0	0,6		
19ene2019	03:40	1,07	0,80	0,27	0,7	0,0	0,7		
19ene2019	04:00	1,07	0,76	0,31	0,7	0,0	0,7		
19ene2019	04:20	1,18	0,80	0,38	0,8	0,0	0,8		
19ene2019	04:40	1,18	0,76	0,41	0,9	0,0	0,9		
19ene2019	05:00	1,18	0,73	0,45	1,1	0,0	1,1		
19ene2019	05:20	1,38	0,82	0,56	1,2	0,0	1,2		
19ene2019	05:40	1,38	0,78	0,60	1,4	0,0	1,4		
19ene2019	06:00	1,38	0,74	0,64	1,5	0,0	1,5		
19ene2019	06:20	1,53	0,78	0,75	1,7	0,0	1,7		
19ene2019	06:40	1,53	0,74	0,79	1,9	0,0	1,9		
19ene2019	07:00	1,53	0,70	0,83	2,0	0,0	2,0		
19ene2019	07:20	1,94	0,84	1,10	2,3	0,0	2,3		
19ene2019	07:40	1,94	0,79	1,15	2,7	0,0	2,7		
19ene2019	08:00	1,94	0,75	1,20	2,9	0,0	2,9		
19ene2019	08:20	3,07	1,09	1,97	3,6	0,0	3,6		
19ene2019	08:40	3,07	1,00	2,06	4,6	0,0	4,6		
19ene2019	09:00	3,07	0,92	2,14	5,2	0,0	5,2		
19ene2019	09:20	13,34	3,28	10,06	10,6	0,0	10,6		
19ene2019	09:40	13,34	2,43	10,91	20,0	0,0	20,0		
19ene2019	10:00	13,34	1,87	11,46	25,7	0,0	25,7		
19ene2019	10:20	5,57	0,66	4,91	24,3	0,0	24,3		
19ene2019	10:40	5,57	0,60	4,97	18,3	0,0	18,3		
19ene2019	11:00	5,57	0,55	5,02	15,3	0,0	15,3		
19ene2019	11:20	2,96	0,28	2,69	12,6	0,0	12,6		
19ene2019	11:40	2,96	0,26	2,70	9,6	0,0	9,6		
19ene2019	12:00	2,96	0,25	2,71	8,1	0,0	8,1		
19ene2019	12:20	2,30	0,19	2,11	7,2	0,0	7,2		
19ene2019	12:40	2,30	0,18	2,12	6,3	0,0	6,3		
19ene2019	13:00	2,30	0,18	2,12	5,9	0,0	5,9		
19ene2019	13:20	2,04	0,15	1,89	5,6	0,0	5,6		
19ene2019	13:40	2,04	0,15	1,89	5,3	0,0	5,3		
19ene2019	14:00	2,04	0,15	1,90	5,1	0,0	5,1		
19ene2019	14:20	1,69	0,12	1,57	4,9	0,0	4,9		
19ene2019	14:40	1,69	0,11	1,57	4,5	0,0	4,5		
19ene2019	15:00	1,69	0,11	1,57	4,3	0,0	4,3		
19ene2019	15:20	1,53	0,10	1,43	4,1	0,0	4,1		
19ene2019	15:40	1,53	0,10	1,43	4,0	0,0	4,0		
19ene2019	16:00	1,53	0,10	1,44	3,9	0,0	3,9		

Fuente: ECOTEC, marzo 2019

440445-500-102-INF-001  Rev. 0	<b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b> <b>AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE</b> <b>PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA</b> <b>COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA</b> <b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b> <b>RECURSOS HIDRICOS</b>	Fecha: 04/04/19  Página 28 de 37
--------------------------------------	--	--



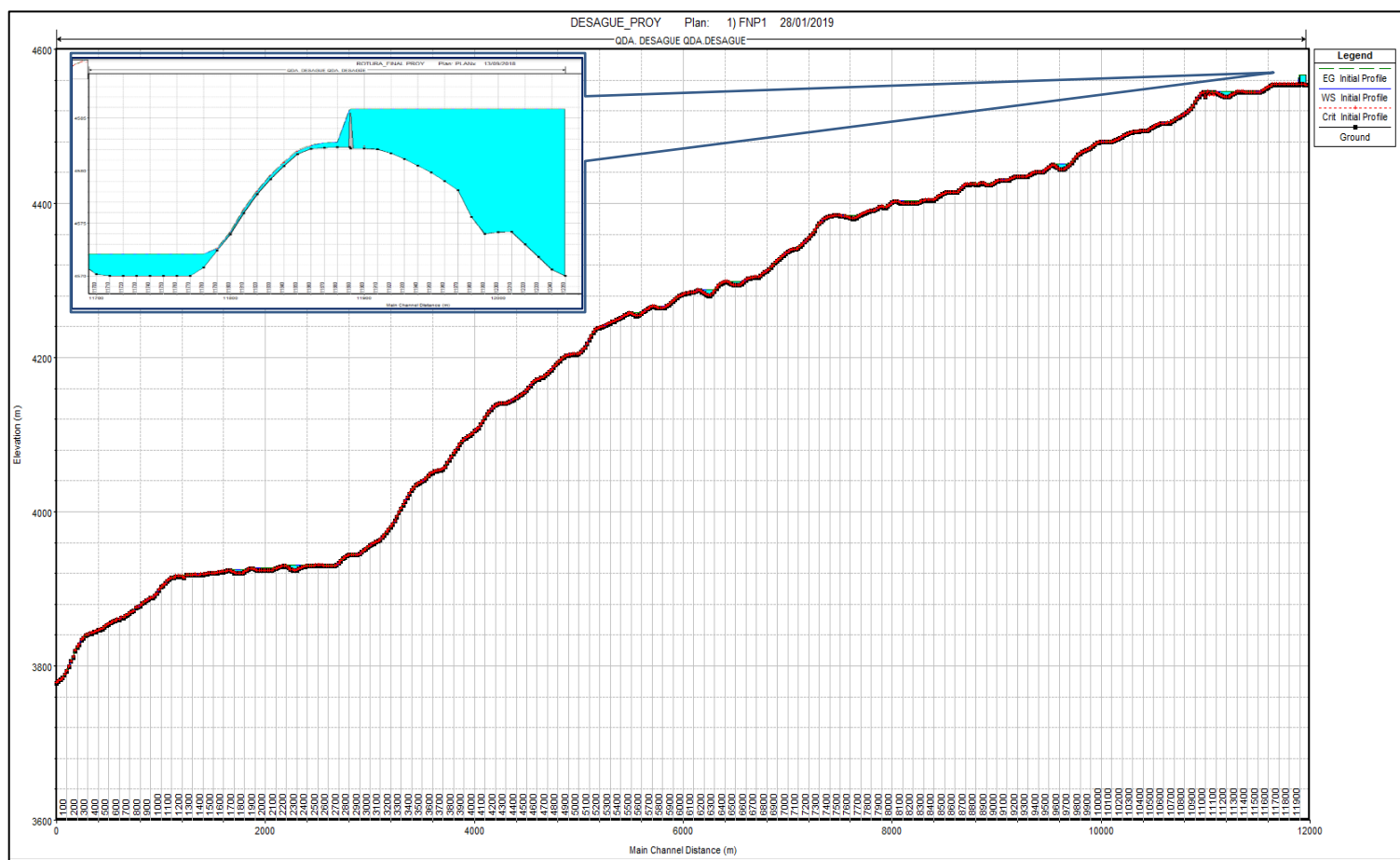
#### 4.5.2 Aguas abajo

De forma similar para el modelo hidráulico aguas abajo se tiene una condición de frontera de flujo normal con una pendiente aguas debajo de  $S = -8.5\%$ , tramo por el cual discurrirá el volumen de agua resultante del desembalse rápido producto de la rotura.

#### 4.6 RESULTADOS DEL MODELO HIDRÁULICO DE INUNDACIÓN

El modelo hidráulico de inundación da como resultado el perfil hidráulico de la quebrada desagüe, en el cual se observa el tirante máximo registrado a lo largo de todo el cauce. De igual manera se tiene como resultado el detalle de los niveles de agua obtenidos para cada sección topográfica que conformó el modelo (para el presente caso de obtuvieron secciones cada 10 metros de distancia a lo largo del eje de la quebrada). Finalmente, con base en el eje establecido para la quebrada y en los niveles de agua registrados para cada sección topográfica, se obtiene el área de inundación. A continuación, se muestran dichos resultados:

**Figura N° 15: Perfil hidráulico de la Quebrada Desagüe**

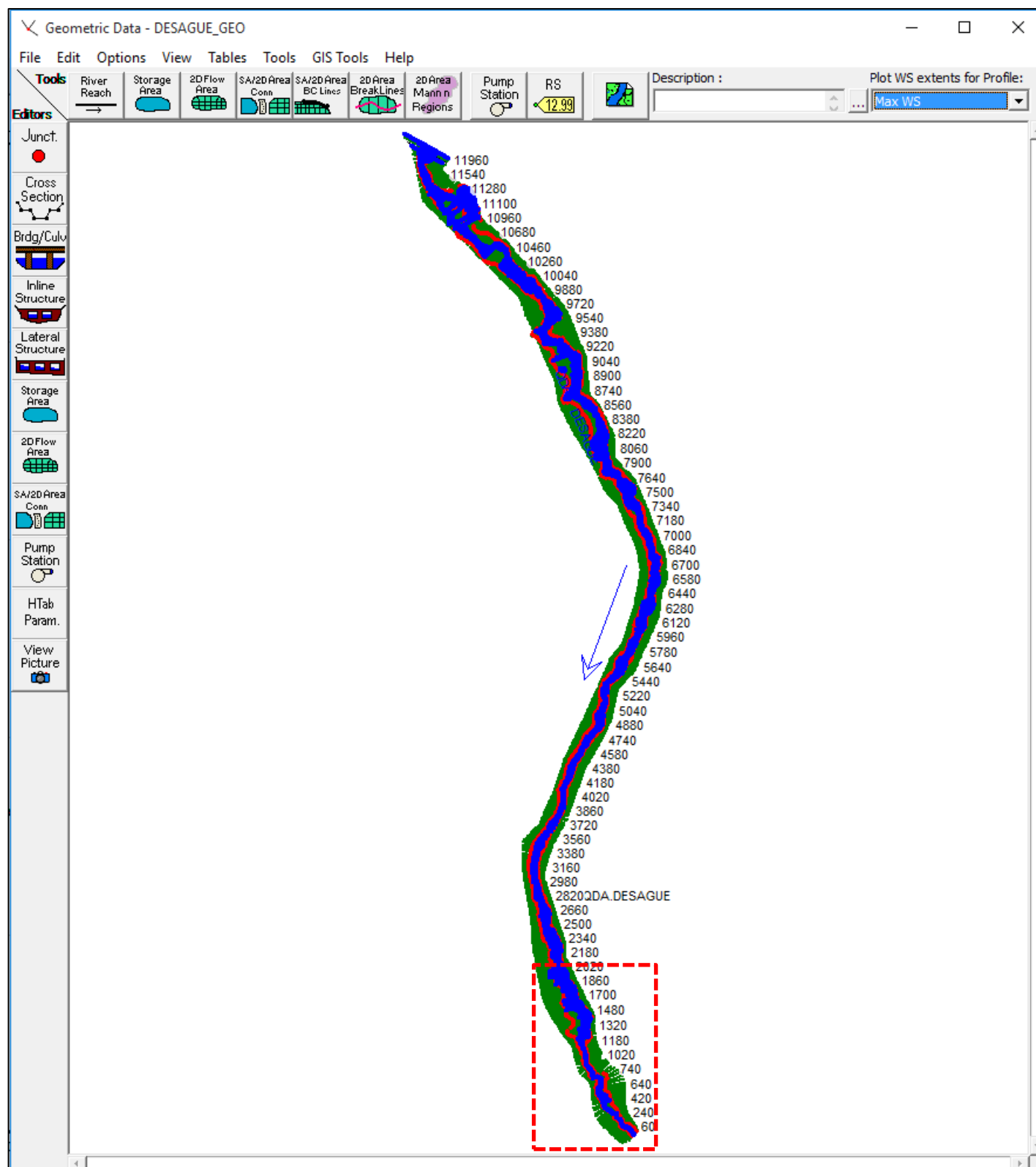


Fuente: ECOTEC, abril 2019

<p>440445-500-102-INF-001</p> <p>Rev. 0</p>	<p><b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b></p> <p>AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA</p> <p><b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA RECURSOS HIDRICOS</b></p>	<p>Fecha: 04/04/19</p> <p>Página 29 de 37</p>
---	--	---



**Figura N° 16: Área de inundación en la Quebrada Desagüe**

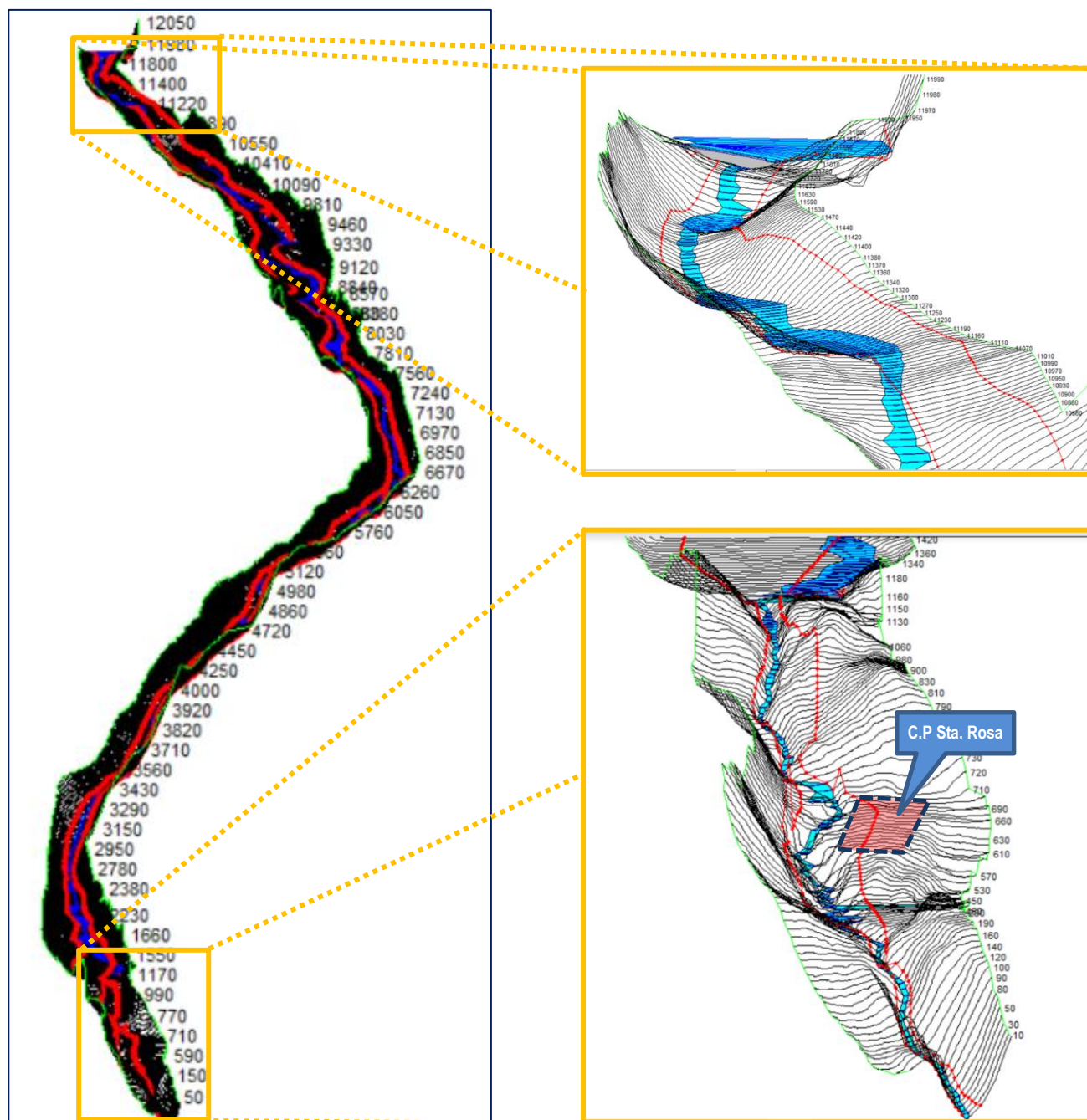


Fuente: ECOTEC, abril 2019

<p>440445-500-102-INF-001</p> <p>Rev. 0</p>	<p><b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b></p> <p>AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA</p> <p><b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA RECURSOS HIDRICOS</b></p>	<p>Fecha: 04/04/19</p> <p>Página 30 de 37</p>
---	--	---



**Figura N° 17: Vista isométrica del modelo de inundación y zonas relevantes**



Fuente: ECOTEC, abril 2019



440445-500-102-INF-001

Rev. 0

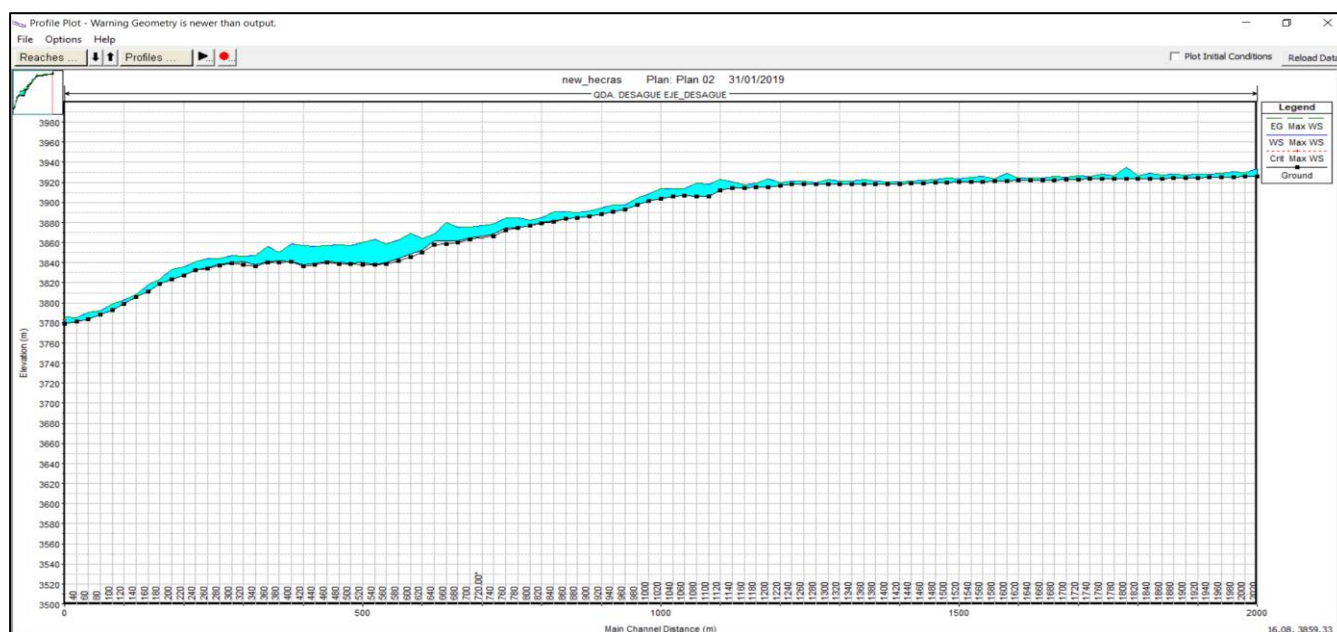
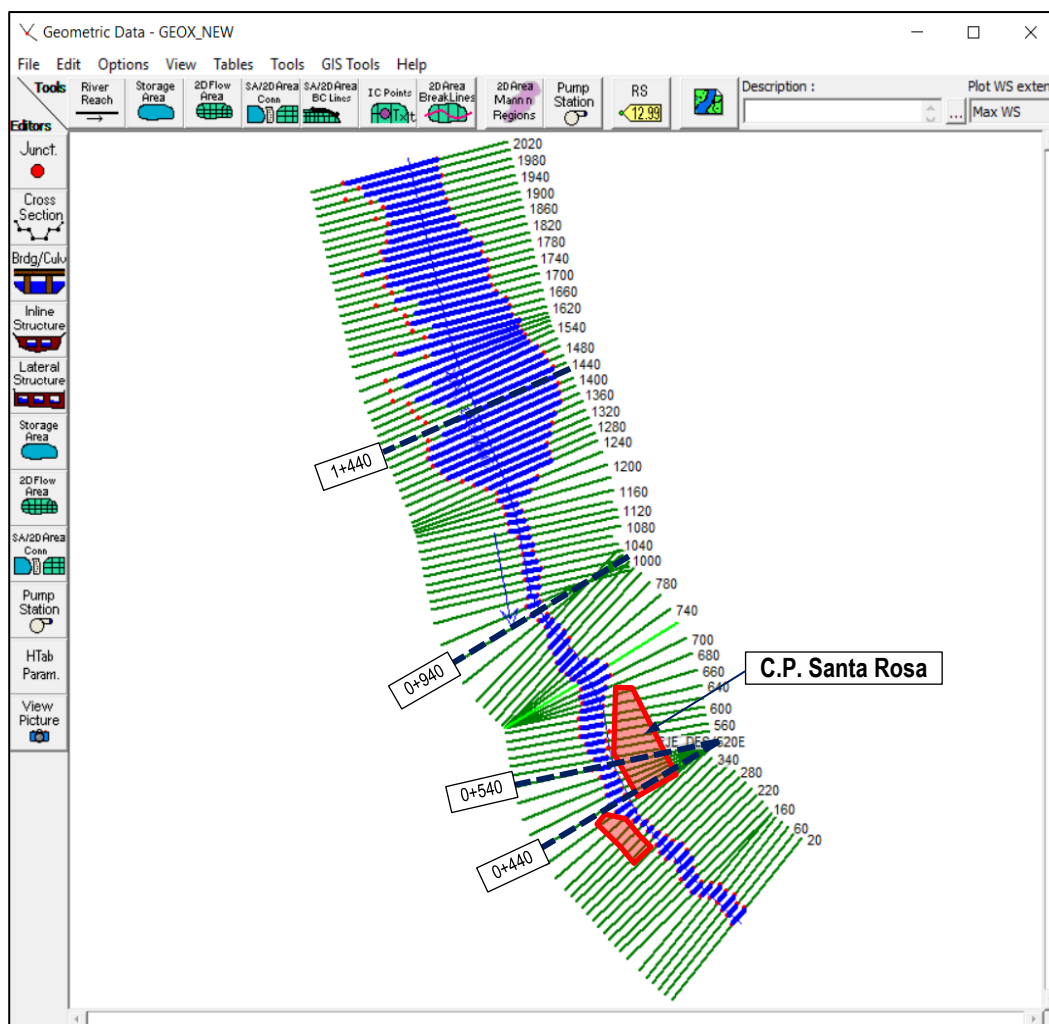
**ICM PACHAPAQUI S.A.C**  
**AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE**  
**PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA**  
**COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA**  
**INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA**  
**RECURSOS HIDRICOS**

Fecha: 04/04/19

Página 31 de 37



**Figura N° 18: Vista ampliada área de análisis C.P. Santa Rosa – Planta e Isométrico**

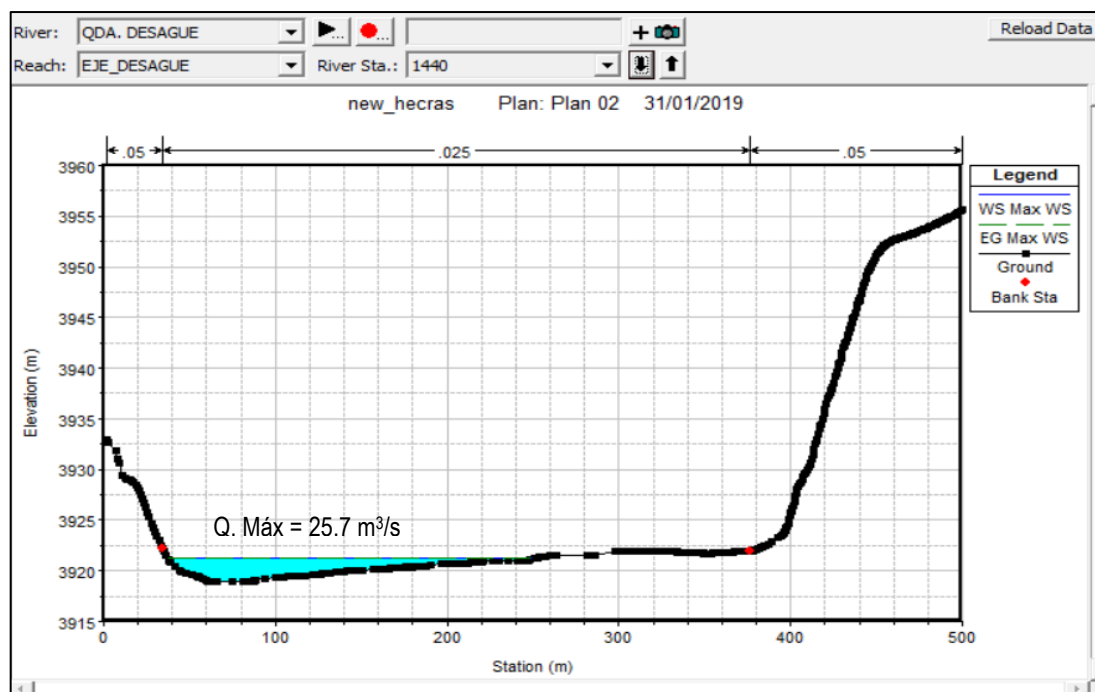


Fuente: ECOTEC, marzo 2019

<p>440445-500-102-INF-001</p> <p>Rev. 0</p>	<p>ICM PACHAPAQUI S.A.C</p> <p>AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA</p> <p><b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b></p> <p><b>RECURSOS HIDRICOS</b></p>	<p>Fecha: 04/04/19</p> <p>Página 32 de 37</p>
---	---	---

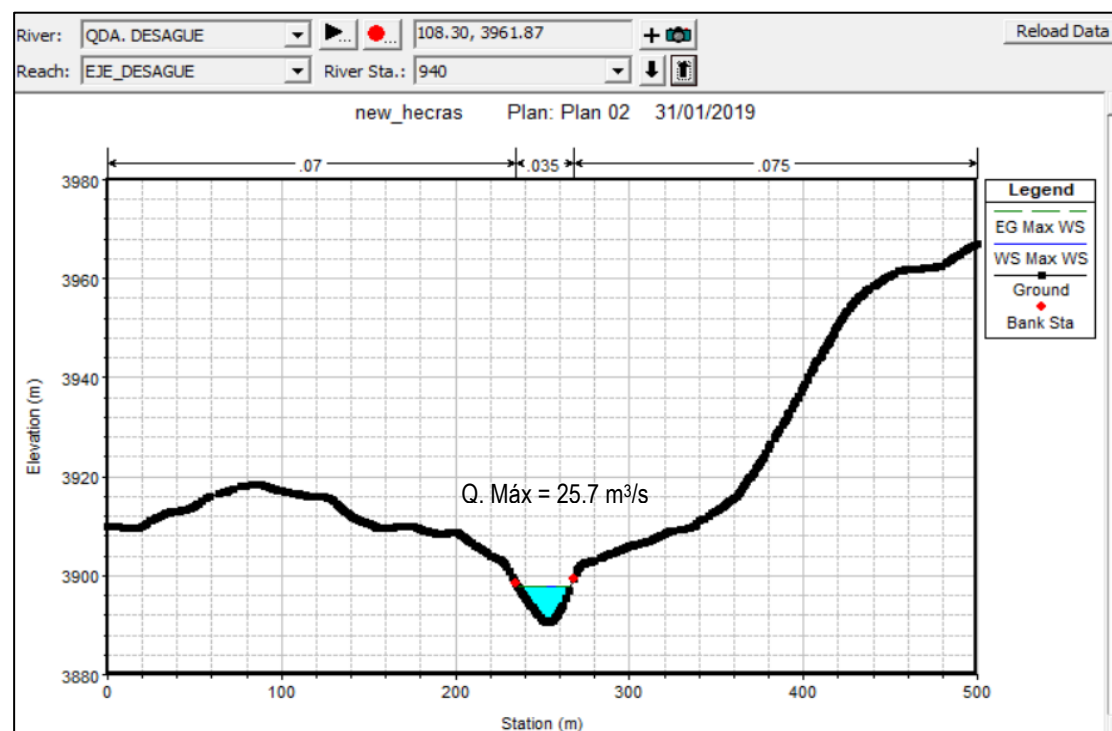


**Figura N° 19: Sección analizada 1+440 – Transito de avenida máxima**



Fuente: ECOTEC, marzo 2019

**Figura N° 20: Sección analizada 0+940 – Transito de avenida máxima**



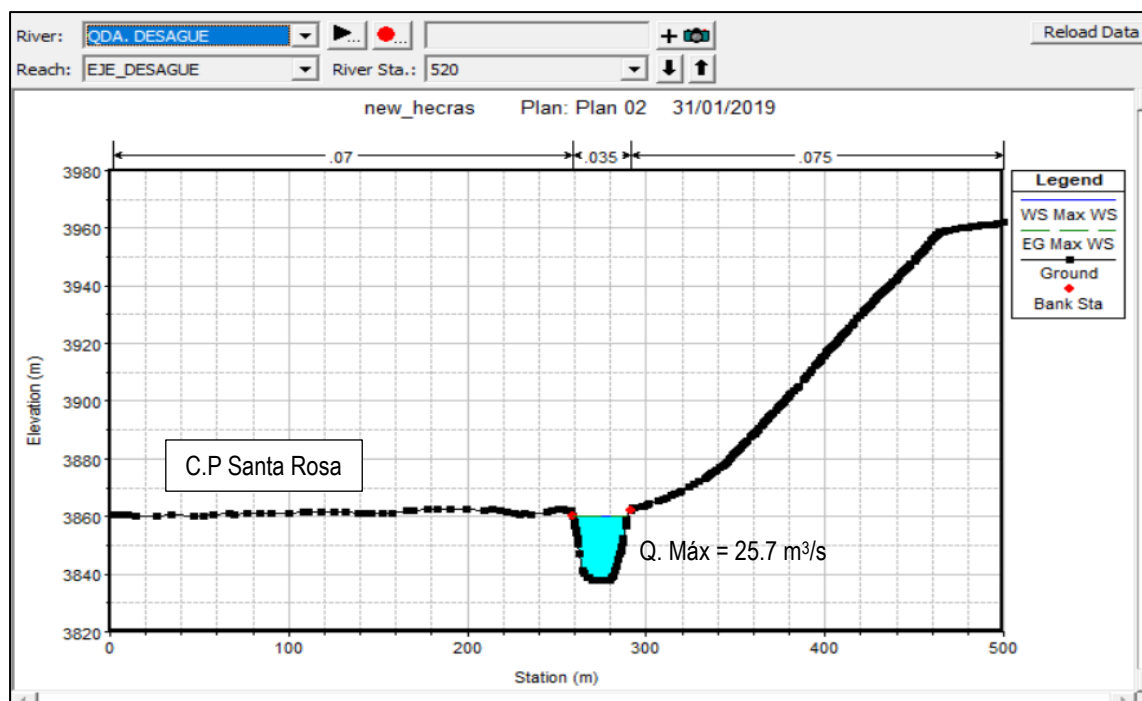
Fuente: ECOTEC, marzo 2019



<p>440445-500-102-INF-001</p> <p>Rev. 0</p>	<p><b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b></p> <p>AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA</p> <p><b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b></p> <p><b>RECURSOS HIDRICOS</b></p>	<p>Fecha: 04/04/19</p> <p>Página 33 de 37</p>
---	--	---

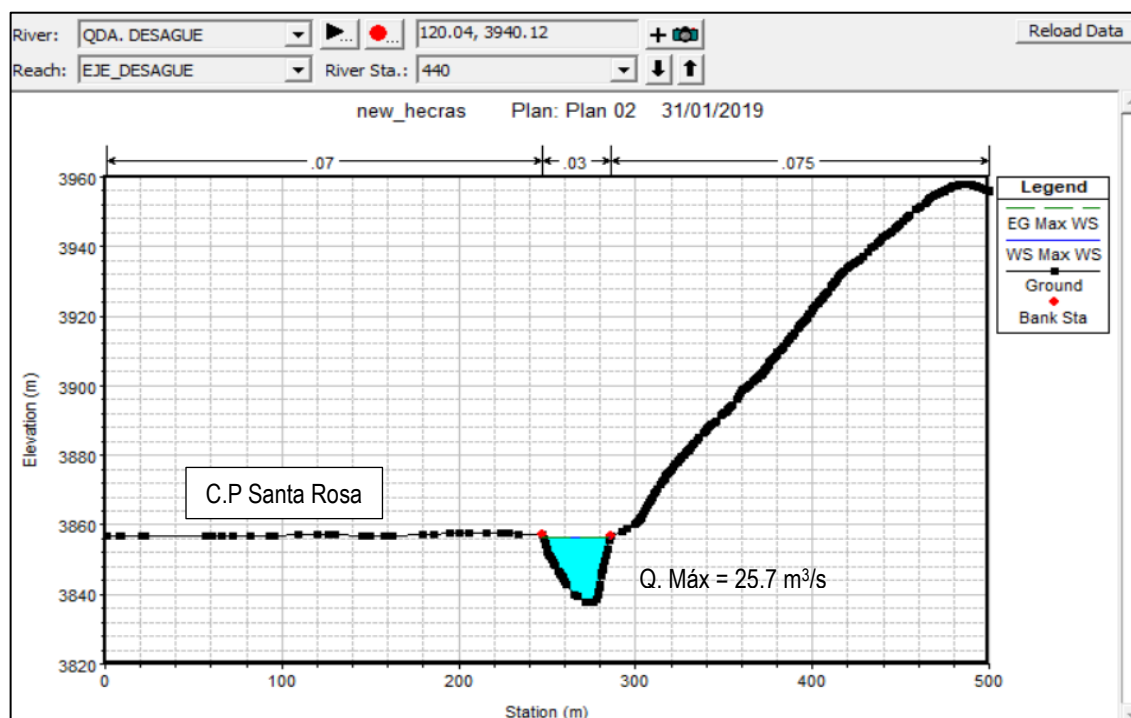


**Figura N° 21: Sección analizada 0+520 – Transito de avenida máxima**



Fuente: ECOTEC, marzo 2019

**Figura N° 22: Sección analizada 0+440 – Transito de avenida máxima**

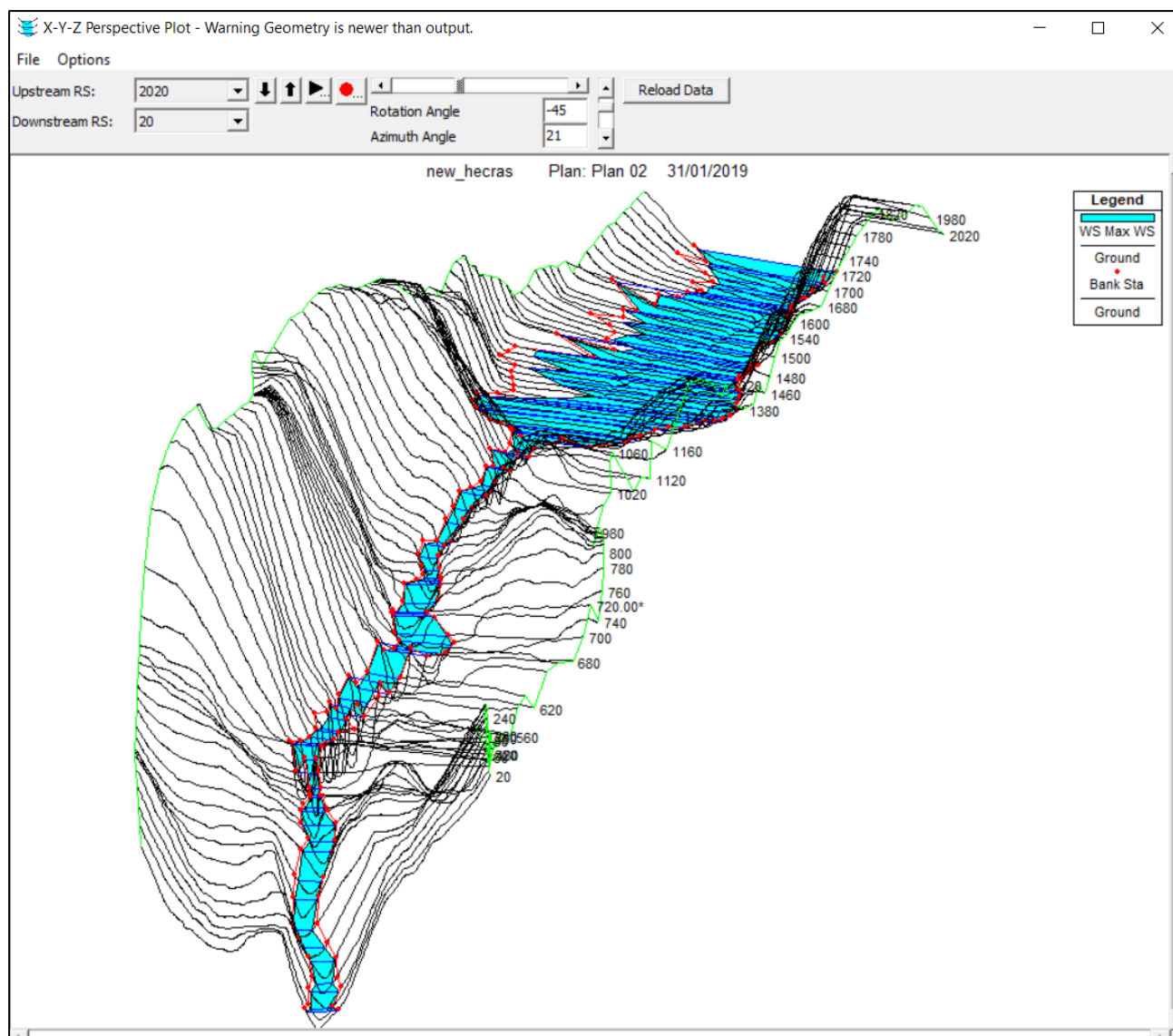


Fuente: ECOTEC, marzo 2019

440445-500-102-INF-001  Rev. 0	<p align="center"><b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b>  <b>AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE</b>  <b>PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA</b>  <b>COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA</b>  <b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b>  <b>RECURSOS HIDRICOS</b></p>	Fecha: 04/04/19  Página 34 de 37
--------------------------------------	--	--



**Figura N° 23: Vista isométrica del modelo de inundación ampliado**



*Fuente: ECOTEC, abril 2019*

## 5 Determinación de la posible afectación al centro poblado denominado Santa Rosa del Desagüe

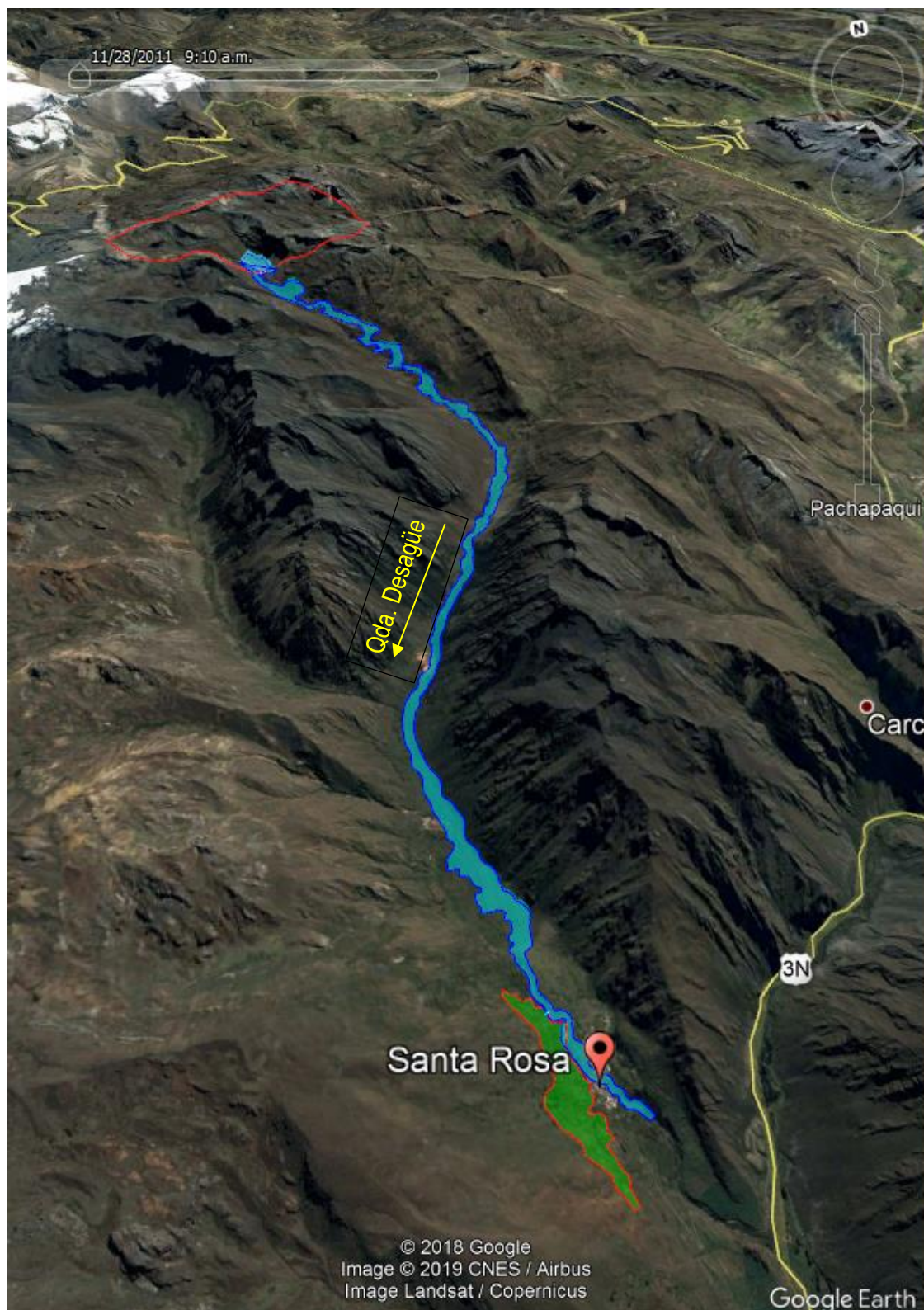
La determinación de la posible afectación al centro poblado Santa Rosa del Desagüe fue realizada superponiendo su ubicación sobre los resultados del modelo hidráulico de inundación.

La ubicación de las viviendas e infraestructura del centro poblado fueron tomadas de una imagen satelital de Google Earth Pro de fecha junio de 2017.

<p>440445-500-102-INF-001</p> <p>Rev. 0</p>	<p><b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b></p> <p>AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA</p> <p><b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA RECURSOS HIDRICOS</b></p>	<p>Fecha: 04/04/19</p> <p>Página 35 de 37</p>
---	--	---



**Figura N° 24: Determinación de la afectación al centro poblado Santa Rosa del Desagüe**



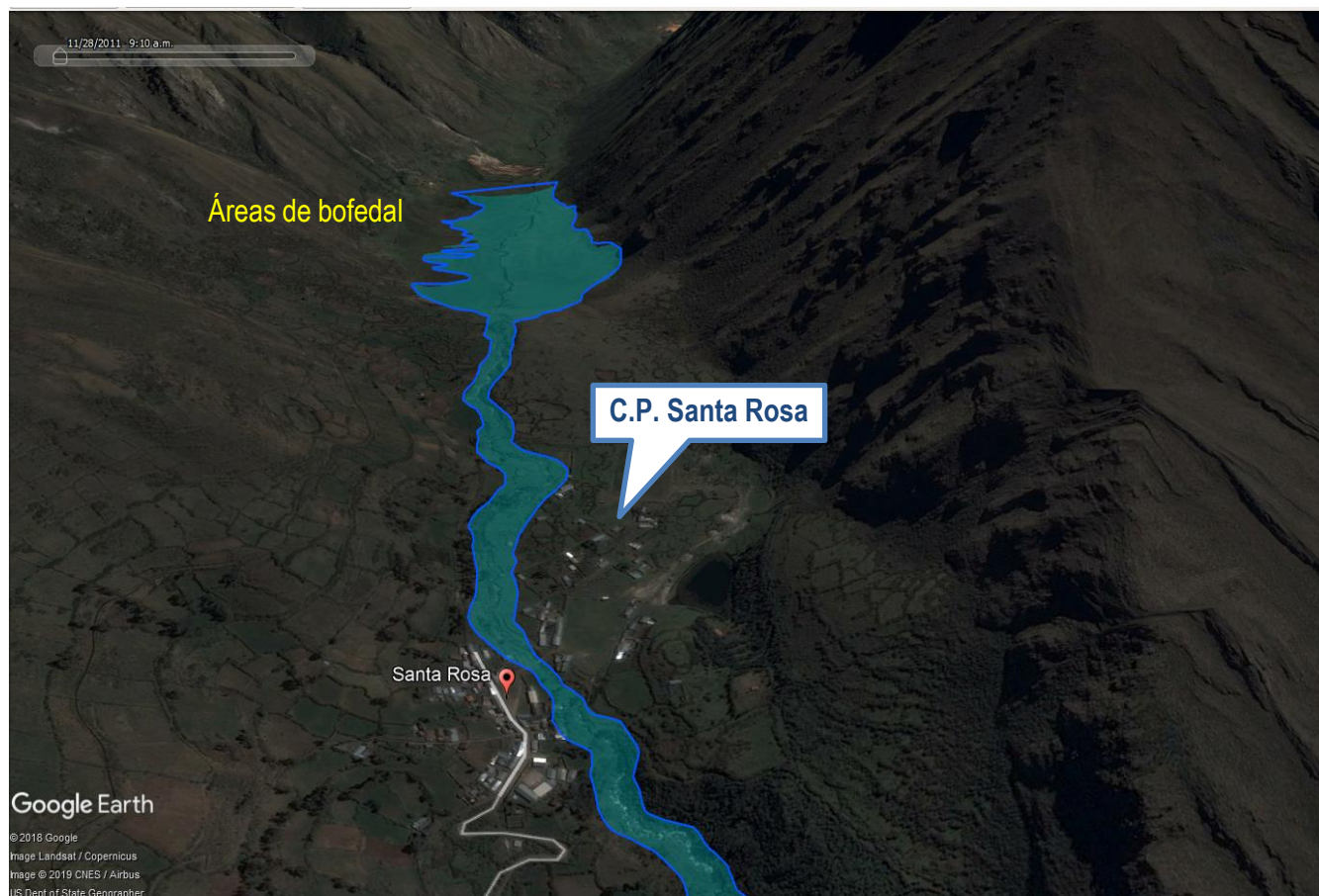
Fuente: ECOTEC, abril 2019



440445-500-102-INF-001  Rev. 0	<b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b> <b>AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE</b> <b>PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA</b> <b>COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA</b> <b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b> <b>RECURSOS HIDRICOS</b>	Fecha: 04/04/19  Página 36 de 37
--------------------------------------	--	--



**Figura N° 25: Vista ampliada del análisis con el centro poblado Santa Rosa del Desagüe**



*Fuente: ECOTEC, abril 2019*

Luego de realizada la superposición respectiva en las imágenes satelitales disponibles, se puede observar que un evento de rotura o colapso de presa y la consiguiente avenida, discurre quebrada abajo (12Km) hasta la zona aledaña al C.P. Santa Rosa. Cabe mencionar que, en dicho recorrido, el flujo atraviesa diferentes zonas de retención (conformado por bofedales y explanaciones en la cuenca alta y media de la quebrada Desagüe). Estas zonas atenúan el flujo transitado, no impactando significativamente sobre la zona urbana del centro poblado Santa Rosa (viviendas emplazadas), presentando mínimas intervenciones en aquellas parcelas colindantes al cauce (que no consideraron la faja marginal, respectiva).

## **6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- La ocurrencia de un escenario crítico de colapso de una fracción del dique de la presa, bajo condiciones que exceden por demasía los criterios de diseño de la estructura (periodos de retorno de 10 000 años y Aceleraciones sísmicas mayores a 0.50G); nos da como resultado un tránsito de máxima avenida inducida que discurriría quebrada abajo, a través de zonas de retención explanaciones donde el flujo es atenuado en proporción tal que, en el tramo de interés (zona aledaña al C.P. Santa Rosa), el flujo quedaría contenida casi en su totalidad dentro del cauce natural de la Quebrada Desagüe.

440445-500-102-INF-001  Rev. 0	<p align="center"><b>ICM PACHAPAQUI S.A.C</b>  <b>AFIANZAMIENTO HIDRICO DE LA QUEBRADA DESAGÜE</b>  <b>PARA LA INCORPORACIÓN DE ÁREAS AGRÍCOLAS EN LA</b>  <b>COMUNIDAD CAMPESINA DE AQUIA</b>  <b>INFORME DE RIESGO DE COLAPSO DE PRESA</b>  <b>RECURSOS HIDRICOS</b></p>	Fecha: 04/04/19  Página 37 de 37
--------------------------------------	--	--



- Se recomienda considerar como parte del diseño de la obra de regulación, una estructura de descarga capaz de producir un rápido desembalse controlado en el corto tiempo, en caso se detecten grietas en la estructura que puedan generar la ocurrencia de una brecha de mayores dimensiones, así como prever la reparación inmediata de dichos problemas.
- Es recomendable para las poblaciones aledañas a las riberas de los ríos en la zona delimitar o respetar las fajas marginales del estado, las cuales deben ser establecidas bajo criterios hidrológicos e hidráulicos, huella hídrica recurrente y/o replegando los terrenos una distancia prudente en ambas márgenes.

## 7 ANEXOS

- Anexo 01. Parámetros Geomorfológicos
- Anexo 02. Ajuste a Distribuciones Probabilísticas
- Anexo 03. Calculo del Tiempo de concentración (TC)
- Anexo 04. Distribución de la Precipitación máxima en 24 horas
- Anexo 05. Modelo de elevación digital de terreno
- Anexo 06. Estimación de la Brecha – sísmico