

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD
“MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO EN
RÍO CLARO DE RENGO, REGIÓN DEL
LIBERTADOR GENERAL BERNARDO
O’HIGGINS”

INFORME FINAL
TOMO II – REVISIÓN DE ANTECEDENTES Y
DIAGNÓSTICO PRELIMINAR

SANTIAGO, JUNIO 2013





ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD
“MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO EN
RÍO CLARO DEL RENGÓ, REGIÓN DEL
LIBERTADOR GENERAL BERNARDO
O’HIGGINS”

INFORME FINAL

TOMO II – REVISIÓN DE ANTECEDENTES Y DIAGNÓSTICO PRELIMINAR

SANTIAGO, JUNIO 2013

Estudio Elaborado por:



SMI LTDA.

Dirección: Galvarino Gallardo 1576, PROVIDENCIA – SANTIAGO

Fono: +56 02 22359094

www.smi-chile.cl

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD
MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO EN RÍO CLARO DE RENGO**

INFORME FINAL

CONTENIDO

TOMO II – REVISIÓN DE ANTECEDENTES

1. INTRODUCCIÓN	1-1
1.1 Generalidades	1-1
1.2 Objetivos	1-1
1.2.1 Objetivo General	1-1
1.2.2 Objetivos Específicos	1-1
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	2-1
2.1 Localización	2-1
2.2 Caracterización Hidrográfica y Geográfica	2-2
2.2.1 Hidrografía	2-2
2.2.2 Geografía	2-2
3. ANTECEDENTES	3-1
3.1 Estudios Anteriores	3-1
3.1.1 “Embalse para el Riego del Río Claro de Rengo, 1ª Sección” DOH- CONIC – BF”. Noviembre 2000	3-1
3.1.1.1 Restitución Aerofotogramétrica 1:10.000	3-2
3.1.2 “Mejoramiento de la Red de Canales de Riego del Río Claro de Rengo 1ª Sección, VIª Región” DOH – Electrowatt. Enero 2011	3-2
3.1.3 “Consultoría PM – 34: Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas de Lluvia Río Claro de Rengo. Región del Libertador General Bernardo O’Higgins” DOH – Prisma Ingeniería Ltda.	3-2
3.1.4 “Determinación de Superficie Regada, Tipos de Cultivos y Demanda Hídrica Mediante Imágenes Hiperespectrales: Estudio de Caso en la Cuenca del Río Claro de Rengo” CNR – Centro de Ecología Aplicada Ltda. Julio 2012	3-2
3.2 Antecedentes Geológicos	3-3
3.3 Antecedentes Geotécnicos	3-3
3.4 Antecedentes Técnicos	3-3
3.5 Antecedentes Legales y Administrativos	3-5

3.5.1 Organización de Usuarios y Derechos de Agua	3-5
3.5.2 Expropiaciones	3-6
4. VISITA A TERRENO, RECONOCIMIENTO Y ANÁLISIS TÉCNICO DE LAS OBRAS	4-1
4.1 Objetivo de la Visita	4-1
4.2 Análisis Técnico de las Obras	4-1
4.2.1 Alternativa Frangollo	4-2
4.2.2 Alternativa Piedra Lisa	4-3
4.2.3 Alternativa Bollenar	4-4
4.2.4 Alternativa Bollenar Alto	4-5
4.2.5 Análisis Comparativo de las Alternativas	4-7
4.3 Otros Aspectos	4-9
4.3.1 Yacimientos	4-9
4.3.2 Interferencia con Otras Obras	4-10
5. REVISIÓN DE ANTECEDENTES AMBIENTALES Y DIAGNÓSTICO PRELIMINAR	5-1
5.1 Revisión de Información Ambiental Existente	5-1
5.2 Visitas a Terreno	5-2
5.3 Diagnóstico Preliminar y Análisis Conceptual	5-2
5.3.1 Identificación Preliminar de Posibles Impactos en la Etapa de Construcción	5-2
5.3.1.1 Medio Físico	5-2
5.3.1.2 Medio Biótico	5-3
5.3.1.3 Medio Socioeconómico, Cultural e Infraestructura	5-3
5.3.2 Identificación Preliminar de Posibles Impactos en la Etapa de Operación	5-3
5.3.2.1 Medio Físico	5-3
5.3.2.2 Medio Biótico	5-3
5.3.2.3 Medio Socioeconómico y Cultural	5-3

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

El importante desarrollo agrícola que presenta la zona de estudio, comprendida como la superficie bajo riego de la Primera Sección del río Claro, se ha visto limitado por la carencia de obras de regulación que permitan efectuar un manejo óptimo de los recursos hídricos.

Por tanto, mediante un llamado a licitación, la Comisión Nacional de Riego (CNR) ha encomendado a SMI Ltda. el desarrollo de los estudios y trabajos para definir el mejoramiento del riego en la zona correspondiente a la Primera Sección del Río Claro, localidad de Rengo en la VI Región, que considere una obra de embalse para riego, el mejoramiento y/o diseño de las redes de conducción y distribución que permitan transportar el agua al embalse, además de un análisis del potencial de generación hidroeléctrica que pudiera obtenerse de este embalse.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Proponer y evaluar alternativas de mejoramiento del sistema de riego de la cuenca del río Claro de Rengo, 1ª Sección.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Desarrollar trabajos de reconocimiento en el terreno, de tipo agronómico, civil y ambiental, que aseguren en los distintos ámbitos, una fiel representación de las condiciones reales existentes
- Analizar la Prefactibilidad técnica, económica, legal y ambiental del mejoramiento y modernización del sistema de riego del río Claro de Rengo, estudiando alternativas de obras de regulación, a través de la construcción de un embalse, analizar las posibilidades de hidrogenación en el embalse y mejorar la red de distribución
- Elaborar el prediseño de las obras del embalse, incluyendo las necesarias para la eventual implementación de microcentrales al pie de la presa
- Precisar los impactos ambientales, las medidas de mitigación y sus costos, tanto para el embalse y sus redes de distribución como para las posibles obras de hidrogenación
- Evaluar económicamente la alternativa seleccionada, para diferentes escenarios de capacidades del embalse y mejoramiento y/o construcción de la red de canales, y recomendar la más conveniente

2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1 Localización

El área de estudio corresponde al río Claro de Rengo y sus afluentes, en el tramo comprendido entre su nacimiento en la Cordillera de los Andes y la zona de acceso al valle central (6,5 km aguas arriba de la Ruta 5, en puente La Chimba). Comprende en términos generales, el área delimitada por el pueblo de Rosario por el norte, la localidad de Pelequén por el sur y los faldeos cordilleranos y la Ruta 5 por el oriente y poniente, respectivamente.

Este sector se encuentra dentro de la comuna de Rengo, la que depende administrativamente de la provincia del Cachapoal, en la VI Región del país. Se ubica aproximadamente a 130 km al sur de Santiago, siendo su principal acceso la Ruta 5 Sur, para luego comunicarse con la Ruta H-65, que bordea la ribera sur del río Claro.

La Figura 2-1 representa un esquema con la ubicación general del área de estudio.

Figura 2-1 Ubicación General del Área de Estudio



2.2 Caracterización Hidrográfica y Geográfica

2.2.1 Hidrografía

El río Claro de Rengo, nace en la cordillera de los Andes, aguas abajo de la confluencia del río Tapado con la Quebrada La Pandina, dando origen a un cauce de segundo orden. En efecto, el río Tapado correspondería a la prolongación hacia el oriente del río Claro, siendo un cauce de segundo orden que se forma por la confluencia de los desagües del embalse Laguna Los Cristales y la Laguna Negra, ambos de escasa hoya aportante. Por otro lado, la quebrada La Pandina corresponde a un cauce de primer orden, que confluye al río Tapado por el costado norte.

Hacia aguas abajo, antes de ingresar a la depresión intermedia (en donde principalmente se desarrollan las actividades agrícolas), confluyen progresivamente hacia el río Claro los siguientes cauces de importancia: las quebradas del Cepillo y Tierras Fofas por el costado norte, Bollenar por el sur y posteriormente El Peralito, La Viuda y La Cortina por el norte. Se debe hacer notar que, dado que todos estos cauces serían de primer orden, en el tramo mencionado no cambiaría de orden.

2.2.2 Geografía

El área analizada, a objeto de evaluar la posibilidad de ubicar un embalse de riego, corresponde al cajón precordillerano del río Claro de Rengo y sus afluentes laterales, en el tramo comprendido entre su nacimiento, aguas abajo de la confluencia de los efluentes del embalse Laguna Los Cristales y de la laguna Negra, y el acceso a la zona de riego limitada aproximadamente por el cerro El Peñón. Incluye, además, las quebradas laterales que drenan hacia la zona de riego, en el tramo comprendido entre el estero Tipaume y el río Claro.

En este sector el cauce en general se presenta encajonado, con un lecho acorazado y de granulometría extendida. Las pendientes medias se incrementan progresivamente desde 1,8% en la parte baja hasta alcanzar un 8,5% en el sector alto.

En las laderas de los cerros adyacentes al cauce, en general se observan taludes estables, con pendientes que fluctúan alrededor de los 45°. En el recorrido de la zona, se aprecian afloramientos rocosos, los cuales presentan características distintas dependiendo del sector en que se ubiquen.

3 ANTECEDENTES

El presente capítulo contempla un análisis de antecedentes desarrollado en base a los estudios existentes en la primera sección del río claro de rengo y en la primera visita a terreno realizada por la consultora en conjunto con la directiva de la junta de vigilancia del río claro de rengo el día 3 de agosto de 2012.

3.1 Estudios Anteriores

3.1.1 “Embalse para el Riego del Río Claro de Rengo, 1ª Sección” DOH - CONIC-BF” Noviembre 2000.

El desarrollo del proyecto “Embalse para el Riego del Río Claro de Rengo 1° Sección” perteneciente al Programa de Obras Medianas y Menores (PROMM), lo llevó a cabo la Consultora CONIC-BF a nivel de perfil avanzado. El principal objetivo del estudio fue determinar la ubicación de tres posibles alternativas de embalse en el Río Claro de Rengo con la finalidad de regular los recursos del valle, incrementando la seguridad y/o superficie bajo riego seguro.

En el estudio se preseleccionaron siete zonas de emplazamiento de la presa, con lo cual se realizó una comparación técnico – económica dando como resultados 3 alternativas factibles de emplazamiento. Dichas alternativas corresponden a las ubicaciones denominadas: Frangollo, Piedra Lisa y Bollenar, con lo cual se presentó el prediseño de las obras a nivel de perfil.

Se presenta un análisis de necesidades de regulación requeridas para las distintas alternativas de embalse, el cual concluye que para regar unas 8.000Ha con un 85% de seguridad, los embalses deberían diseñarse para una capacidad total comprendida entre 20 y 30 millones de metros cúbicos.

El tipo de solución técnica para el muro del embalse y obras anexas se consideran iguales para las 3 alternativas seleccionadas, lo cual incluye: muro tipo CFGD, obra de evacuación de crecidas, ataguía de desvío, túnel de desvío y obra de entrega. En términos de inversión se concluye que la alternativa Bollenar es la de menor costo.

De forma adicional se presenta un análisis global de costos totales de inversión de la alternativa Bollenar comparado con los costos de los embalses Santa Juana (río Huasco) y Puclaro (Río Elqui). Dicho análisis concluye que la construcción de un embalse para mejorar la seguridad de riego en la primera sección del Río Claro de Rengo presenta costos de inversión elevados, sobre todo si se compara con la situación de otros embalses similares proyectados o construidos en el país, respecto a su eficiencia en cuanto capacidad de almacenamiento de recursos.

3.1.1.1 Restitución Aerofotogramétrica 1:10.000

Como antecedentes topográfico de los sitios de embalse, se dispone de una restitución aerofotogramétrica del área desarrollada en el estudio "Embalse para el Riego del Río Claro de Rengo 1° Sección" DOH 2.000 por CONIC – BF Ltda.

Esta restitución se realizó en un área de 14.000Ha aproximadamente de la cuenca del Río Claro de Rengo, sobre la base de fotografías aéreas a escalas 1:70.000 y 1:50.000, obtenidas en un vuelo de SAF del año 1997.

3.1.2 "Mejoramiento de la Red de Canales de Riego del Río Claro de Rengo, 1ª Sección, VIª Región" DOH – Electrowatt. Enero 2001

Este estudio abarca un diagnóstico detallado tanto de los aspectos legales como la situación para la fecha de la red de canales de la 1° Sección del Río Claro de Rengo. Se desarrollada además una propuesta de mejoramiento de la red de canales que incluye los canales matrices y derivados. Por último, se presenta un diagnóstico del Embalse Laguna Los Cristales.

3.1.3 "Consultoría PM – 34: Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas de Lluvia Río Claro de Rengo. Región del Libertador General Bernardo O'Higgins" DOH – Prisma Ingeniería Ltda. Junio 2011.

Los informes topográficos presentes en los Anexos 1, 2 y 3 del estudio presentan información sobre la restitución aerofotogramétrica digitalizada del área de estudio, topografía y catastro del Río Claro de Rengo.

El desarrollo de la restitución aerofotogramétrica se realizó a través de un vuelo a escala 1:8.000, con lo que se obtuvieron planos a escala 1:2.500 con curvas de nivel cada 1m y fotogramas a color correspondientes, adicionado al apoyo terrestre realizado posterior a la obtención de fotografías.

3.1.4 "Determinación de Superficie Regada, Tipos de Cultivos y Demanda Hídrica Mediante Imágenes Hiperespectrales: Estudio de Caso en la Cuenca del Río Claro de Rengo" CNR – Centro de Ecología Aplicada Ltda. Julio 2012

El principal objetivo de este estudio es determinar la superficie bajo riego, los principales tipos de cultivos relacionados y la demanda hídrica asociada a ellos en la cuenca Río Claro de Rengo, mediante la aplicación de técnicas de teledetección hiperespectral.

3.2 Antecedentes Geológicos

Se recopiló la información geológica del área de emplazamiento de las alternativas de embalse, la cual fue completada con la primera visita a terreno realizada el 3 de agosto de 2012 con la directiva de la Junta de Vigilancia de Río Claro de Rengo y otras realizadas por parte del Consultor que tuvieron como finalidad mantener un control y evaluación de las exploraciones efectuadas en los sitios de presa. La información consultada corresponde a la siguiente:

- **Plano Geológico de Chile publicado por el Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin). Hoja 4 de 6, escala 1:1.000.000:** presenta la geología regional del sector en donde se aprecia una monotonía de unidades concentradas en rocas del Cretácico superior a Terciario inferior, las cuales corresponden a rocas del tipo volcánicas andesíticas y sedimento continentales del tipo fundamentalmente brechas.
- **Cartas Instituto Geográfico Militar (IGM), escala 1:50.000:** la información recopilada en conjunto con fotografías satelitales del sistema Google, permite establecer la potencialidad de riesgos del área.

3.3 Antecedentes Geotécnicos

En el estudio “Embalse para el Riego del Río Claro de Rengo, 1ª Sección” desarrollado por CONIC – BF para la DOH se realizó un estudio geotécnico a través de los resultados de ensayos de 20 calicatas ubicadas en los sitios Bollenar, Piedra Lisa y Frangollo, el cual tuvo por objetivo principal presentar una caracterización preliminar del los sitios escogidos, así como realizar recomendaciones del tipo de presa a considerar en el proyecto y la ubicación de materiales de empréstitos.

Los resultados de las estratigrafías muestran que existen un depósito de materiales fluviales y/o coluviales en la caja del río con espesores superiores a los 3m, compuesto por materiales granulares gruesos y abundantes bolones y bloques. En muchos puntos la roca aflora, por lo que se estima que sobre la roca basal la cobertura del suelo en la caja del río no debe ser superior a un rango de 5 a 10m.

Se concluye que para las tres alternativas las condiciones son similares en cuanto al tipo de materiales disponibles, los cuales solo permiten construir una presa de grava compactada con pantalla impermeables de hormigón.

3.4 Antecedentes Técnicos

Con el objetivo de ahondar más el conocimiento de las características de los distintos emplazamientos visualizados en los estudios anteriores para una obra de regulación, se realiza una comparación de los de tres emplazamientos, denominados, en el orden que entrega su identificación desde aguas abajo hacia aguas arriba:

- Frangollo
- Piedra Lisa
Bollenar

Las ubicación de las alternativas se muestran en la foto obtenida del Google Earth denominada Figura 3-1.

Los tres sitios individualizados se encuentran sobre el lecho del Río Claro distantes entre sí a las siguientes distancias:

- Alternativa Bollenar – Alternativa Piedra Lisa : 2,4 km
- Alternativa Piedra Lisa – Alternativa Frangollo : 1,4 km

Figura 3-1 Posición geográfica de alternativas Bollenar, Piedra Lisa y Frangollo



De acuerdo con el estudio realizado de CONIC-BF, las características de los emplazamientos indicados son las siguientes, destacando que se trata de alternativas para el almacenamiento de 30 millones de metros cúbicos, que será el volumen a utilizar en los análisis que a continuación se detallan, y que están orientados a poder definir las bondades y características bajo el prisma de esta nueva mirada.

- a. Tipo de Presa: Concrete Face Rockfill Dam (CFRD)
- b. Taludes
 - 1,5:1 Aguas arriba
 - 1,6:1 Aguas abajo
- c. Alternativa Bollenar para 30 millones
 - Volumen Muro : 2.880.000 m³
 - Altura : 94 m
 - Longitud de Coronamiento : 441 m
 - Relación Vemb / Vmuro : $30/2,88 = 10,4$
- d. Alternativa Piedra Lisa para 30 millones
 - Volumen Muro : 3.220.000 m³
 - Altura : 83 m
 - Longitud de Coronamiento : 531 m
 - Relación Vemb / Vmuro : $30/3,22 = 9,3$
- e. Alternativa Frangollo para 30 millones
 - Volumen Muro : 2.850.000 m³
 - Altura : 75 m
 - Longitud de Coronamiento : 490 m
 - Relación Vemb / Vmuro : $30/2,85 = 10,5$

Cabe hacer notar en este punto que hay una contradicción en los valores entregados en el informe del año 2000, ya que los valores expuestos corresponden a aquellos mostrados en el punto 6.2 Prediseño de la Obras letra a), mientras que en la figura donde se entrega una "Comparación preliminar de embalses – Listado de Atributos", para las alternativas Bollenar y Frangollo se leen los siguientes valores:

- a. Alternativa Bollenar para 30 millones Según Figura estudio 2.000
 - Volumen Muro : 3.600.000 m³
 - Altura : 77 m
 - Longitud de Coronamiento : 450 m
 - Relación Vemb / Vmuro : $30/3,6 = 8,3$
- b. Alternativa Frangollo para 30 millones Según Figura estudio 2.000
 - Volumen Muro : 3.800.000 m³
 - Altura : 68 m
 - Longitud de Coronamiento : 490 m
 - Relación Vemb / Vmuro : $30/3,8 = 7,9$

No se indica nada respecto a la alternativa Piedra Lisa.

3.5 Antecedentes Legales y Administrativos

3.5.1 Organizaciones de Usuarios y Derechos de Agua

La organización de usuario existente en la primera sección del Río Claro de Rengo es la "Junta de Vigilancia del Río Claro de Rengo, Primera Sección" (JVRCR), constituida

judicialmente de conformidad con lo preceptuado en el artículo 164 inciso 1° del Código de Aguas (actual artículo 269) el día 28 de diciembre de 1951 ante el Juzgado de Letras de Rengo.

Dicha constitución fue aprobada mediante Decreto Supremo N°464 del Ministerio de Obras Públicas y Vías de Comunicación, de fecha 10 de marzo de 1953 y posterior publicación en el Diario Oficial N° 22.533 de fecha 25 de abril de 1953. Los estatutos de la JVRRCR constan en escritura pública de fecha 3 de junio de 1952, otorgada ante el notario del Departamento de Caupolicán - Rengo, don Francisco S. Letelier.

La JVRRCR está constituida en la actualidad por 5.795 partes o acciones distribuidas en 24 canales, que a su vez se dividen en tres Asociaciones de Canalistas legalmente constituidas y veinticinco Comunidades de Aguas que conforme al Código de Aguas funcionan en base a una organización de hecho.

En relación a los derechos de agua de la 1° sección del Río Claro de Rengo, se solicitaron antecedentes al Centro de Información de Recursos Hídricos de la DGA (CIRH) respecto a la situación de derechos superficiales y subterráneos de la cuenca. Con lo anterior se estableció una base de datos de derechos de agua no regularizados y regularizados.

Los derechos no regularizados están conformados por los derechos de agua consuntivos no permanentes en poder de la JVRRCR (5.975 acciones), los cuales al no estar perfeccionados no presentan una equivalencia clara de su conversión de acciones a metros cúbicos por segundo.

En relación a los derechos de agua regularizados, la JVRRCR presenta un derecho de agua del tipo no consuntivo, solicitado según indicó la propia JVRRCR para la futura implementación de un proyecto de microgeneración.

Cabe destacar que de la información obtenida en el CIRH de la DGA, se tiene conocimiento de derechos asignados del tipo no consuntivos a terceros en la zona de emplazamiento de alternativas de embalse, destacándose los otorgados a ENERPLUS, CGE y Violeta Moraga Perez y otros.

El análisis de la información recopilada se presenta con detalle en el Vol. III Cap. 2 Derechos de Agua y Organizaciones de Usuarios

3.5.2 Expropiaciones

Se estudiaron los posibles predios afectados para cada una de las alternativas de emplazamiento del embalse, para todas las opciones las expropiaciones de terrenos necesarias se concentran en los siguientes predios:

- Ribera Norte del Río Claro: Higuera B de Hacienda las Nieves, propiedad de doña María de la Luz Goycoolea Figueroa. Rol de Avalúos S.I.I: 221-133
- Ribera Sur del Río Claro: Higuera A de Hacienda las Nieves, propiedad de don José Miguel Goycoolea Figueroa. Rol Avalúos S.I.I: 221-064

Se observa que la cantidad de dueños afectados en los predios involucrados es mínima, por lo cual se estima que a futuro no existirán mayores problemas legales al momento de realizar las negociaciones entre el estado y el privado.

4 VISITA A TERRENO, RECONOCIMIENTO Y ANÁLISIS TÉCNICO DE LAS OBRAS

Con el propósito de complementar la recopilación de antecedentes relacionados con el conocimiento de las características de los emplazamientos, el día 3 de agosto de 2012 se realizó una visita de carácter multidisciplinario al sitio, visita que contó con la participación de los siguientes profesionales y participantes de los estudios:

- Luis San Martín, Ingeniero Civil experto en presas
- Hugo Delucchi, Geólogo Asesor en Geología y Geotecnia
- Germán Bäuerle, Sociólogo y encargado de la Participación Ciudadana
- Gerardo Valdebenito, Ingeniero Civil Coordinador General del los estudios
- Jorge Flores, Geomensor y encargado de los trabajos de geomensura
- Lidia Valdivia, encargada de la ejecución de las prospecciones

Acompañaron a esta visita los señores:

- Carlos Ortiz, Director de la junta de Vigilancia de la primera sección del Río Claro
- José Muñoz, Administrador de la Junta de Vigilancia de la primera sección del Río Claro

4.1 Objetivo de la Visita

Entregar la visión general de la zona de estudio y complementarla con los antecedentes recopilados y analizados, y generar recomendaciones generales para proseguir con los estudios y los respectivos trabajos de terreno, de modo de poder optimizar tanto los plazos como los recursos disponibles.

4.2 Análisis Técnico de las Obras

Debido a la contradicción que existe respecto a las propiedades de las alternativas propuestas en el estudio realizado por CONIC BF en el año 2.000, se procedió a recalcular tanto la curva de capacidad para cada sitio como la curva Volumen Muro v/s Altura para cada caso.

En la definición de las curvas características se utilizó la restitución disponible escala 1:10.000, considerando presas del tipo CFGD similares a las ya realizadas por la DOH en distintas partes del país. Utilizando el software AutoCAD se ingresaron una serie de puntos del tipo cota – volumen de almacenamiento, con lo cual mediante la interpolación de datos se construyeron las curvas para alternativa.

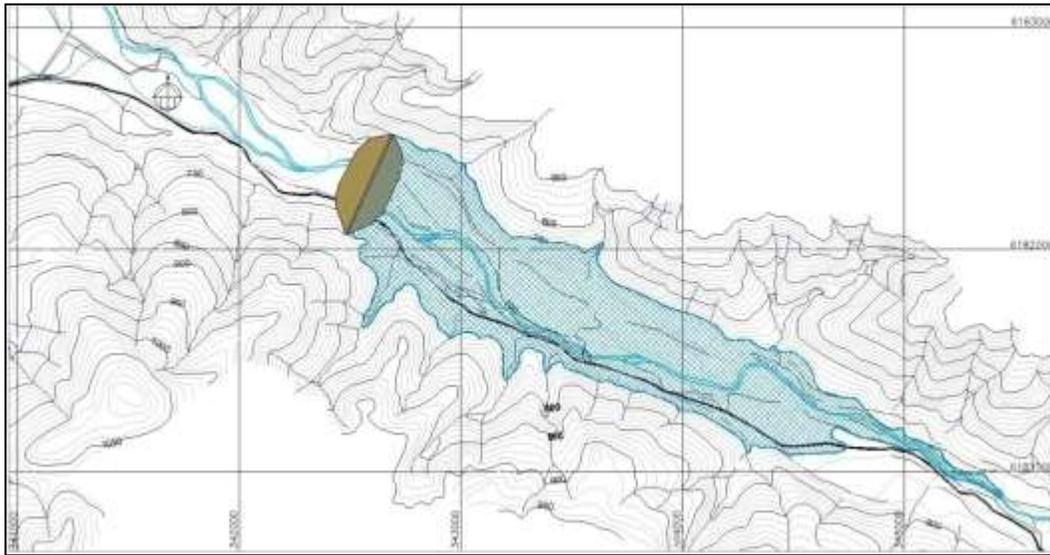
En el estudio realizado por CONIC BF se realiza un análisis de regulación para las distintas alternativas de embalse, en el cual se establece que el volumen útil para satisfacer una demanda de riego de 8000Ha con un 85% de seguridad se encuentra entre 19 y 27 millones de metros cúbicos, suponiendo tasas de riego similares a las actuales. Si se consideran los sedimentos acumulados en 50 años, se concluye que la capacidad total está comprendida entre

20 y 30 millones de metros cúbicos. Por lo anterior, se adopta como condición inicial de diseño un embalse de 30Hm³ de capacidad.

4.2.1 Alternativa Frangollo

En la Figura 4-1 se muestra en planta la traza del muro y la superficie de inundación resultante para un volumen de almacenamiento de 30 millones de metros cúbicos en la alternativa Frangollo.

Figura 4-1 Ubicación muro presa y superficie de inundación en Río Claro de Rengo, Alternativa Frangollo



Coordenadas (SIRGAS – CHILE) zona del muro: N 6182268.50 E 342531.27

Los valores de volumen almacenamiento y volumen muro (Ve/Vm) y las respectivas relaciones de embalse se muestran en la tabla siguiente para esta alternativa.

Tabla 4-1 Volumen de almacenamiento y relación (Ve/Vm), Alternativa Frangollo

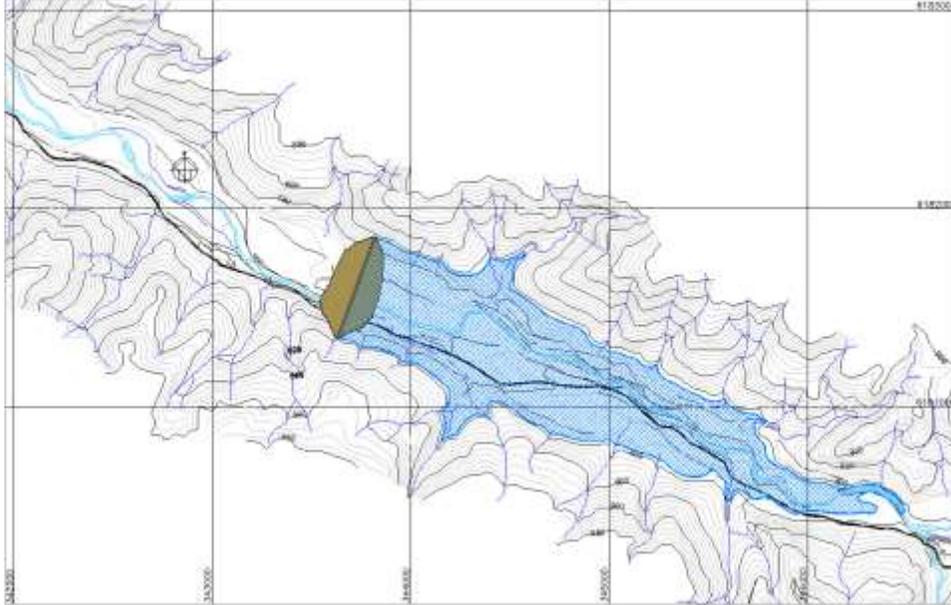
Cota (m.s.n.m.)	Altura Muro (m)	Volumen de almacen. (mill. m ³)	Volumen Relleno Muro (mill. m ³)	Ve/Vm
680	0	0	0	-
690	10	0,820	0,057	14,4
700	20	2,982	0,208	14,4
710	30	6,577	0,470	14,0
720	40	11,931	0,857	13,9
730	50	18,899	1,376	13,7
740	60	27,755	2,038	13,6
750	70	38,771	2,858	13,6
760	80	51,832	3,845	13,5
770	90	67,312	5,001	13,5
780	100	85,611	6,352	13,5

En este caso la relación V_e/V_m para un volumen de almacenamiento de los 30 millones de metros cúbicos es del orden de 13,6.

4.2.2 Alternativa Piedra Lisa

En la Figura 4-2 se muestra la planta resultante de la presa y zona de inundación para la alternativa Piedra Lisa.

Figura 4-2 Ubicación muro presa y superficie de inundación en Río Claro de Rengo, Alternativa Piedra Lisa



Coordenadas (SIRGAS – CHILE) zona del muro: N 6181565.09 E 343823.74

Los valores obtenidos para la curva de capacidad, volumen muro y relación de embalse (V_e/V_m) para esta alternativa se muestran en el cuadro siguiente.

Tabla 4-2 Volumen de almacenamiento y relación (V_e/V_m), Alternativa Piedra Lisa

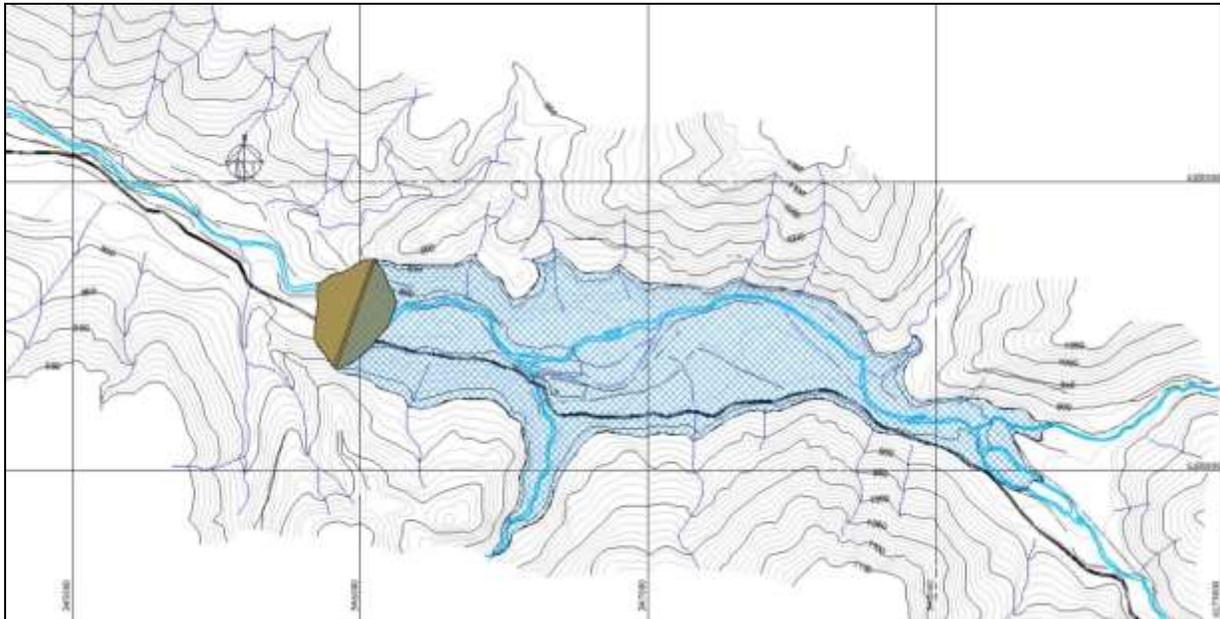
Cota (m.s.n.m.)	Altura Muro (m)	Volumen de almacen. (mill. m ³)	Volumen Relleno Muro (mill. m ³)	V_e/V_m
710	0	0	0	-
720	10	0,301	0,039	7,8
730	20	1,328	0,154	8,6
740	30	3,482	0,381	9,1
750	40	7,013	0,742	9,4
760	50	11,825	1,252	9,4
770	60	18,237	1,928	9,5
780	70	26,635	2,785	9,6
790	80	37,033	3,826	9,7
800	90	49,480	5,057	9,8
810	100	64,299	6,647	9,7

En este caso la relación V_e/V_m para un volumen de almacenamiento de los 30 millones de metros cúbicos es del orden de 9,6.

4.2.3 Alternativa Bollenar

En la Figura 4-3 se muestra la planta resultante de la presa y de la zona de inundación para un embalse de 30 millones de metros cúbicos en el emplazamiento Bollenar.

Figura 4-3 Ubicación muro presa y superficie de inundación en Río Claro de Rengo, Alternativa Bollenar



Coordenadas (SIRGAS – CHILE) zona del muro: N 6180525.07 E 345904.55

Tabla 4-3 Volumen de almacenamiento y relación (V_e/V_m), Alternativa Bollenar

Cota (m.s.n.m.)	Altura Muro (m)	Volumen de almacen. (mill. m ³)	Volumen Relleno Muro (mill. m ³)	V_e/V_m
780	0	0	0	-
790	10	0,232	0,028	8,3
800	20	1,041	0,109	9,6
810	30	2,827	0,262	10,8
820	40	5,698	0,506	11,3
830	50	9,839	0,866	11,4
840	60	15,806	1,336	11,8
850	70	23,584	1,922	12,3
860	80	32,972	2,629	12,5
870	90	44,110	3,858	11,4
880	100	57,304	5,258	10,9

En este caso la relación V_e/V_m para un volumen de almacenamiento de los 30 millones de metros cúbicos es del orden de 12,4.

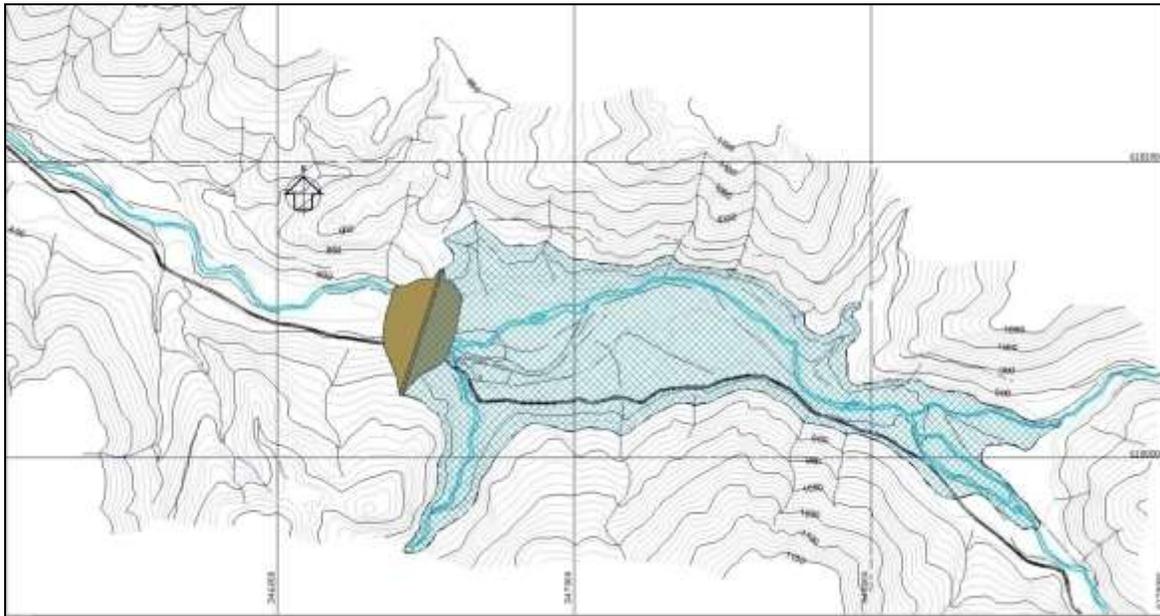
Como se puede apreciar, las mejores relaciones Volumen embalse / Volumen muro, las posee la Alternativa Frangollo, sin embargo durante la visita a terreno se pudo notar que el emplazamiento propuesto para la alternativa Bollenar podía ser optimizado desplazando unos 500 m hacia aguas arriba el eje, posicionándolo justo aguas abajo de la confluencia de una quebrada que acomete desde la ribera sur.

4.2.4 Alternativa Bollenar Alto

Dicho emplazamiento se aprecia mejor, no sólo por la presencia cierta de roca de buena calidad muy cercana a la superficie en todo el contorno de la traza, incluyendo el sector del lecho, sino que además, porque ahí se produce un mayor angostamiento, a esta alternativa la hemos denominado Bollenar Alto.

En la Figura 4-4 se muestra en planta la traza de la presa y la zona de inundación resultante para un volumen de almacenamiento de 30 millones de metros cúbicos.

Figura 4-4 Ubicación muro presa y superficie de inundación en Río Claro de Rengo, Alternativa Bollenar Alto



Coordenadas (SIRGAS – CHILE) zona del muro: N 6180401.75 E 346414.58

A continuación se entregan los volúmenes y relaciones obtenidas para Bollenar Alto.

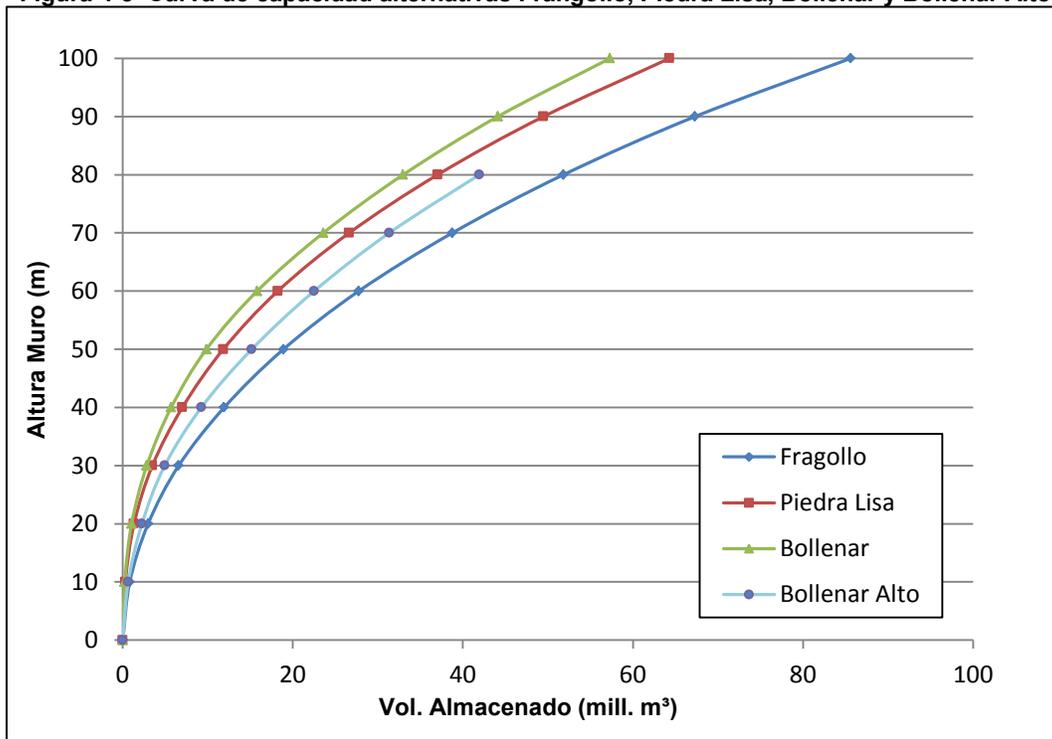
Tabla 4-4 Volumen de almacenamiento y relación (Ve/Vm), Alternativa Bollenar Alto

Cota (m.s.n.m.)	Altura Muro (m)	Volumen de almacen. (mill. m ³)	Volumen Relleno Muro (mill. m ³)	Ve/Vm
800	0	0	0	-
810	10	0,636	0,034	18,9
820	20	2,256	0,135	16,7
830	30	4,938	0,309	16,0
840	40	9,247	0,575	16,1
850	50	15,176	0,929	16,3
860	60	22,509	1,400	16,1
870	70	31,343	2,040	15,4
880	80	41,948	2,894	14,5

En este caso la relación V_e/V_m mejora bastante situándose en el entorno de 15,5 para un volumen de almacenamiento del orden de los 30 millones de metros cúbicos.

En el gráfico siguiente se muestran las curvas de capacidad de cada una de las cuatro alternativas ya descritas.

Figura 4-5 Curva de capacidad alternativas Frangollo, Piedra Lisa, Bollenar y Bollenar Alto



4.2.5 Análisis Comparativo de las Alternativas

Sobre la base de los antecedentes recopilados y los trabajos de gabinete realizados, es posible desarrollar el siguiente análisis comparativo entre las cuatro alternativas descritas.

Desde el punto de vista de la geometría de cada emplazamiento, la mejor de todas es la alternativa Bollenar Alto, dado que para un igual volumen de almacenamiento de 30 millones de metros cúbicos, es el que requiere un menor volumen de muro.

Observando los valores correspondientes a un embalse de 30 millones de metros cúbicos de capacidad, se aprecia que para cada una de las cuatro alternativas serían los siguientes, interpolando en cada caso los valores de las curvas obtenidas.

Tabla 4-5 Volumen de muro y relación (Ve/Vm), resumen de alternativas

Alternativa	Volumen Muro (m ³)	Ve / Vm
Frangollo	2.210.000	13,6
Piedra lisa	3.120.000	9,6
Bollenar	2.410.000	12,5
Bollenar Alto	1.940.000	15,4

Como se puede apreciar se produce un ahorro de unos 270.000m³ de relleno para la alternativa Bollenar Alto. (Equivale a más de un 10% de los rellenos de Frangollo).

Desde el punto de vista geológico geotécnico también se puede apreciar una importante diferencia entre las alternativas Frangollo y Bollenar Alto. A continuación, se muestran los perfiles transversales de cada una de ellas. Sobre los cuales caben los siguientes comentarios:

Figura 4-8 Afloramiento de roca en sector emplazamiento muro, Alternativa Bollenar Alto



Esta situación se verificó durante el desarrollo de los estudios con las respectivas exploraciones cuyos resultados se presentan en el Vol. IV Estudios Básicos y Trabajos de Terreno del presente Informe.

4.3 Otros Aspectos

Como toda obra de esta naturaleza, es importante, al momento de realizar un análisis comparativo, el tener presente otro tipo de antecedentes, como lo son la disponibilidad de materiales para la materialización de la obra y la interferencia o efectos sobre obras y/o instalaciones existentes.

Es así como sobre dicha materia caben los siguientes comentarios y apreciaciones.

4.3.1 Yacimientos

Tal como se ha expuesto anteriormente, sobre la base de las características de la zona del emplazamiento de todas las alternativas, la mejor opción de muro corresponde a una presa del tipo CFGD (Concrete Face Gravel Dam), aspecto que se ve reforzado por la

presencia de gravas de buena calidad a lo largo del cauce del río Claro, tal como se demarca en la Figura 4-9.

Figura 4-9 Afloramiento de roca en sector emplazamiento muro, Alternativa Frangollo



Sobre la base de lo observado en terreno en conjunto con el análisis de las fotos que proporciona el Google Earth, es posible augurar que se dispone en la zona una de materiales, tanto en calidad como en cantidad, aptos para abordar una presa como la expuesta, destacando, eso sí, que sólo sobre la base de una acuciosa campaña de prospecciones, no correspondiente a este estudio de prefactibilidad, se estaría en condiciones de pronosticar si todo el material se podrá extraer de la zona de inundación.

4.3.2 Interferencia con Otras Obras

Durante la visita a terreno se pudo observar que en la zona de la alternativa Piedra Lisa existen antiguas instalaciones correspondientes a una antigua central de generación hidroeléctrica, que aun cuando en la actualidad estaría fuera de servicio, aun persisten algunas obras y aparentemente sus derechos de aprovechamiento estarían vigentes, aspecto que afecta en forma directa a las alternativas Frangollo y Piedra Lisa, pero no así, al menos tan directamente en lo que a las obras se refiere, a las alternativas Bollenar y Bollenar Alto. Los vestigios de las obras se muestran en la Foto 4-1.

Foto 4-1 Vestigios de obras, sector Piedra Lisa



También, frente al emplazamiento de la alternativa Piedra Lisa, se pudo apreciar la existencia de lo que aparentemente es un centro de recreación, que se muestra en la Foto 4-2, que también representa un aspecto a considerar al momento de proceder con las expropiaciones y compensaciones.

Foto 4-2 Aparente centro recreacional, sector Piedra Lisa



5 REVISIÓN ANTECEDENTES AMBIENTALES Y DIAGNÓSTICO PRELIMINAR

5.1 Revisión de Información Ambiental Existente

A continuación se presentan según medio y componente ambiental, la principal referencia de los antecedentes generales que fueron recopilados y analizados para el desarrollo del estudio. Estos antecedentes comprenden la información bibliográfica de acuerdo a la Propuesta Técnica entregada.

a. Medio Físico

- **Clima y meteorología:** Información existente en centros de documentación técnica de organismos como CIREN o DGA.
- **Geomorfología:** Información existente en centros de documentación técnica del IGM en base al autor Reinaldo Börgel.
- **Suelos:** Información existente en centros de documentación técnica de organismos como CIREN, IGM, Geografía de los Suelos, Municipio e Intendencia.
- **Hidrografía e Hidrología:** Información existente en centros de documentación técnica del IGM, DGA, Comisión Nacional de Riego (CNR).

b. Medio Biótico

- **Flora y vegetación terrestre:** Información de los estudios de flora y vegetación que se han realizado en la zona del proyecto que describen las regiones y sub-regiones ecológicas del área. La revisión consideró básicamente el Sistema de Clasificación de la Vegetación Natural Chilena (Gajardo, 1994) y el esquema de pisos de vegetación propuesto por Luebert y Pliscoff (2007).

Además de las especies mencionadas en las propuestas de CONAMA-SEGPRES 2007-2010, el Libro Rojo de la Flora de Chile (CONAF, 1989), y otras publicaciones como: Baeza et al.1998, Belmonte et al, 1998 y Ravenna et al, 1998.

- **Fauna terrestre:** Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (1988), Ley de Caza 19.473 y su Reglamento versión 2010. El Reglamento entrega el listado con las especies de mamíferos, aves, reptiles y anfibios que se encuentran en alguna categoría de conservación y su importancia en el ecosistema.
- **Estado de conservación:** Decretos generados en el marco del Reglamento de Clasificación de Especies: DS N° 151 de 2007, DS N° 50 de 2008, DS N° 51 de 2008, DS N° 23 de 2009 y DS N° 33 de 2012, todos de MINSEGPRES.

c. Medio Socioeconómico y Cultural

- Información disponible en diversos organismos públicos tales como el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, Dirección de Obras Municipales, Secretaría Comunal de Planificación, Ministerio de Obras Públicas, SERPLAC, SERNATUR, MIDEPLAN, MINEDUC, Gobierno Regional, INE.

5.2 Visitas a Terreno

El área prospectada contempló fundamentalmente la zona inundación. Las restantes visitas, fueron alejadas de ésta, hacia áreas puntuales dentro del mejoramiento de los canales para identificar y caracterizar el entorno, con énfasis en población.

Las visitas a terreno en el área de inundación, correspondieron a levantar información temática, de acuerdo a los componentes Bióticos, asociado a todo el levantamiento de Bosques y Flora nativa. Asimismo, se analizó información asociado a la Fauna íctica y Terrestre.

Por otro lado, respecto al componente cultural y arqueológico, se desarrolló una prospección arqueológica pedestre, en una zona de explanada, la cual permitió rastrear el área más accesible.

5.3 Identificación de Impactos Ambientales

Con la línea base desarrollada, y tras un análisis de los diferentes componentes ambientales, a continuación se señalan los impactos ambientales más generales que podría ocasionar la materialización del embalse.

5.3.1 Identificación de Posibles Impactos en la Etapa de Construcción

5.3.1.1 Medio Físico

- a. Generación de Ruidos en los asentamientos cercanos a las obras como La Chimba, Popeta y Las Nieves.
- b. Emisión de gases y material particulado. Este impacto recaerá en los asentamientos cercanos a las obras como La Chimba, Popeta y Las Nieves.
- c. Contaminación de suelo agrícola. La posibilidad de ocurrencia de este impacto se encuentra en las obras próximas a áreas agrícolas en las obras del canal Popeta.
- d. Contaminación de aguas en los canales. Se podrían introducir elementos contaminantes como aceites, grasas lubricantes, desechos sólidos y líquidos en forma accidental o intencionada a los canales.
- e. Posible alteración de la calidad de agua del Río Claro

5.3.1.2 Medio Biótico

- f. Corte de vegetación nativa.
- g. Alteración o destrucción del hábitat de fauna terrestre
- h. Afectación de hábitat de flora y fauna acuática

5.3.1.3 Medio Socioeconómico, Cultural e Infraestructura

- i. Alteración de transporte en ruta H-65.
- j. Generación de empleo.
- k. Demanda de servicios.
- l. Posibilidad de Hallazgo de Sitios Arqueológicos y posibilidad de afectación a sitios detectados
- m. Intervención infraestructura pública o privada

5.3.2 Identificación Preliminar de Posibles Impactos en la Etapa de Operación

5.3.2.1 Medio Físico

- n. Pérdida de suelos para ganadería.
- o. Modificación del régimen de escurrimiento
- p. Alteración de hábitat de fauna terrestre

5.3.2.2 Medio Biótico

- q. Alteración de hábitat de fauna terrestre
- r. Alteración de hábitat y pérdida de fauna acuática

5.3.2.3 Medio Socioeconómico y Cultural

- s. Afectación de actividades económicas actuales. En el área de inundación del embalse se producirá un cambio de uso de suelo afectando fundamentalmente actividades ganaderas.
- t. Mejora de la entrega de caudal para riego de superficies agrícolas. Impacto Positivo.
- u. Aumento en demanda de mano de obra agrícola. Impacto Positivo.
- v. Modificación del paisaje.