COMISION NACIONAL DE RIEGO (CNR)

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO "MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO, PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

N° 3853-0000-GO-INF-005_1

ESTUDIO GEOLÓGICO

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
A	Nombre Firma	P. González	P. Talloni	A. Gómez	Coordinación Interna
	Fecha	30.07.12	31.07.12	31.07.12	
B	Nombre Firma	P. González	P. Talloni	A. Gómez	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	06.09.12	06.09.12	06.09.12	
0	Nombre Firma	P. González	P. Talloni	A. Gómez	Aprobado Cliente
	Fecha	09.10.12	09.10.12	09.10.12	
1	Nombre Firma	P. González / M. Sánchez	P. Talloni	A. Gómez	Aprobado Cliente
	Fecha	06.12.12	07.12.12	31.01.13	

ARCADIS Chile
Antonio Varas 621, Providencia. Santiago
Teléfono: +56 02 381 6000
Fax: +56 02 381 6001
CP: 750 0966
www.arcadis.cl

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO "MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO, PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

ESTUDIO GEOLÓGICO

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 5

2 GEOLOGÍA REGIONAL 5

2.1 ROCAS ESTRATIFICADAS 5

2.1.1 Formación Cura-Mallín (EMcm) 6

2.1.2 Formación Cola de Zorro (PPlcz) 7

2.2 ROCAS INTRUSIVAS 10

2.2.1 Batolito Santa Gertrudis-Bullileo (Kg) 10

2.3 DEPÓSITOS DE SUELOS 11

2.3.1 Depósitos de Remoción en Masa (Qrm) 12

2.3.2 Depósitos Aluviales de Conos de Deyección (Qa) 13

2.3.3 Depósitos Fluviales Antiguos (Qfa) 14

2.3.4 Depósitos Coluviales (Qc) 16

2.3.5 Depósitos Fluviales Actuales (Qf) 17

2.4 FALLAS Y ESTRUCTURAS 18

3 GEOLOGÍA DE LOS SITIOS DE EMBALSE 20

3.1 SITIO 1 20

3.1.1 Caracterización Geológica – Presa 20

3.1.2 Caracterización Geológica – Vaso de Inundación 22

3.2 SITIO 2 24

3.2.1 Caracterización Geológica – Presa 24

3.2.2 Caracterización Geológica – Vaso de Inundación 26

3.3 SITIO 3 26

3.3.1 Caracterización Geológica – Presa 27

3.3.2 Caracterización Geológica – Vaso de Inundación 29

4 RIESGOS GEOLOGICOS 31

4.1 RIESGO VOLCÁNICO 31

4.2 RIESGO DE REMOCIONES EN MASA 32

5 CONCLUSIONES 34

6 REFERENCIAS 36

LISTADO DE PLANOS

3853-1000-GO-LAM-009	Geología de la Zona de Estudio 1:10.000
3853-1000-GO-LAM-010	Perfiles Geológicos Zona de Estudio 1:10.000
3853-1000-GO-LAM-011	Geología del Sitio de Muro de Presa Sitio 1 1:2.000.
3853-1000-GO-LAM-012	Geología del Sitio de Muro de Presa Sitio 2 1:2.000.
3853-1000-GO-LAM-013	Geología del Sitio de Muro de Presa Sitio 3 1:2.000.

LISTADO DE FIGURAS

Figura 2-1: Figura esquemática con la ubicación de los sitios de embalse y la traza de la falla Alto del Padre. 19

Figura 4-1: Esquema de ubicación general de la zona de estudio y el Complejo Volcánico Nevados de Chillán, situado 17 km al SE. 31

Figura 4-2: Imagen satelital indicando el depósito de remoción en masa ubicado aguas arriba del muro del Sitio 2. Se observa también el escarpe dejado por el desprendimiento de esa masa de roca. 32

LISTADO DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 2-1: Vista al sur desde la ladera derecha del valle del río Niblinto. En primer plano, el flanco izquierdo del río Niblinto constituido por depósitos de pie de monte sobre sedimentos fluviales aterrazados. En segundo plano, sobre la línea roja, se observan afloramientos pertenecientes a la Fm. Cura-Mallín. 6

Fotografía 2-2: Vista hacia aguas arriba del río Niblinto desde la ladera izquierda del valle homónimo. En el fondo se observa la Fm. Cola de Zorro y a la derecha la Fm. Cura-Mallín cubierta por depósitos coluviales. 7

Fotografía 2-3: Afloramiento de rocas del Miembro Inferior de la Formación Cola de Zorro. Vista del río Niblinto aguas abajo, en las cercanías del eje de la presa de el Sitio 1. 8

Fotografía 2-4: Afloramiento de rocas del Miembro Superior de la Fm. Cola de Zorro desarrollando disyunción columnar. Vista del estribo izquierdo del muro de el Sitio 3. 9

Fotografía 2-5: Afloramiento de rocas pertenecientes al Batolito Santa Gertrudis-Bullileo tomada en las cercanías de la cola de el Sitio 3. 11

Fotografía 2-6: En primer plano depósito de remoción en masa ubicado a 2 km aguas arriba de el Sitio 2. 12

Fotografía 2-7: Corte existente en la ladera derecha del valle del río Niblinto, en las cercanías del muro de embalse del Sitio 2. El material de la izquierda de la foto es un suelo de origen coluvial; el de la derecha, depósitos volcánicos y volcanoclásticos. 13

Fotografía 2-8: Depósitos correspondientes al cono de deyección de la quebrada El Imposible. 14

Fotografía 2-9: Depósitos fluviales antiguos (Qfa2) formando terrazas situadas en las cercanías de el Sitio Nº3. 15

Fotografía 2-10: Corte en depósitos fluviales antiguos (Qfa1), posiblemente con mezclas de depósitos glaciofluviales. Fotografía tomada hacia el sur, en la ladera izquierda de la quebrada El Imposible. 16

Fotografía 2-11: Aspecto de los depósitos coluviales presentes en la zona de estudio. Es común encontrar dichos depósitos cubiertos por una capa de 0,5 – 1 m de suelo vegetal. .. 17

Fotografía 2-12: Vista del relleno fluvial actual del río Niblinto, aguas arriba de el Sitio 3, en las cercanías de la confluencia con la quebrada El Imposible..... 18

Fotografía 3-1: Vista del estribo izquierdo del muro del Sitio 1. Se observan afloramientos de roca bajo una cubierta de suelo coluvial. Fotografía tomada hacia sur-este desde la ribera derecha del río Niblinto. 21

Fotografía 3-2: Vista al sur-este (aguas arriba) del relleno cuaternario del valle del río Niblinto. Fotografía tomada desde la ribera derecha de éste último. 22

Fotografía 3-3: Fotografía del vaso de inundación del Sitio 1 tomada hacia aguas arriba del río Niblinto. En amarillo se ilustra la ubicación estimada del nivel de aguas del embalse. 23

Fotografía 3-4: Vista del estribo izquierdo del muro del Sitio 2. Se observan afloramientos de roca (tobas dacíticas) bajo una cubierta de suelo coluvial. Fotografía tomada hacia aguas abajo desde la ribera derecha del río Niblinto. 25

Fotografía 3-5: Vista hacia aguas abajo del relleno fluvial reciente del valle del río Niblinto. A la izquierda se observan los afloramientos de roca que forman el estribo izquierdo del muro. Fotografía tomada desde la ribera derecha de éste último..... 26

Fotografía 3-6: Vista del estribo izquierdo del muro del Sitio 3. Se observan afloramientos de tobas bajo una cubierta de suelo coluvial. Fotografía tomada hacia aguas abajo desde la ribera izquierda del río Niblinto. 28

Fotografía 3-7: Vista hacia aguas arriba del relleno fluvial reciente del valle del río Niblinto en la zona del eje de muro del Sitio 3. A la derecha se observan los depósitos fluviales aterrazados Qfa1. Fotografía tomada desde la ribera izquierda de éste último. 29

Fotografía 4-1: Depósitos fluviales antiguos (Qfa1) que presentan numerosas grietas de tensión en la parte alta. Fotografía tomada en las cercanías del muro del Sitio 3. 33

1 INTRODUCCIÓN

En el marco del estudio de prefactibilidad para el mejoramiento del riego del valle del río Cato, Embalse Niblinto, se realizó un levantamiento geológico en escala 1:10.000 del área sobre la cual se proyectan los sitios de embalses seleccionadas en etapas previas del estudio. Este levantamiento tiene como objetivo mejorar el conocimiento existente de las características geológicas del área de influencia de las obras del proyecto.

Dada la cercanía entre los sitios de ubicación de los embalses, lo anterior se traduce en la elaboración de una cartografía geológica del valle del río Niblinto.

2 GEOLOGÍA REGIONAL

La zona estudiada se ubica en los Andes del Sur a los 36,7°S entre los 71,5°W y 71,8°W, en la zona volcánica centro-sur de Chile (27°-38°S). La orientación general de las unidades morfoestructurales es N-S, entre las cuales se encuentra la Cordillera Principal (incluyendo el arco magmático actual), unidad donde se emplazan las obras de embalse estudiadas.

No se tiene registro de estudios de detalles del área de interés del proyecto, razón por la cual las características geológicas han sido determinadas principalmente en base a las observaciones realizadas en las visitas de terreno a la zona, utilizando como referencia la Hoja Concepción-Chillán (Gajardo, 1980) publicada por el Instituto de Investigaciones Geológicas y la Hoja Laguna del Maule (Muñoz y Niemeyer, 1984) del SERNAGEOMIN, ambas cartas regionales a escala 1:250.000.

Adicionalmente, Radic (2010) efectuó un análisis tectónico-estratigráfico en escala regional de las cuencas cenozoicas de la Cordillera Principal de los Andes, identificando estructuras de primer orden en las cercanías del área de estudios responsables de la orientación de dichas cuencas.

A continuación se describen las unidades de rocas reconocidas en el área de estudio (3853-1000-GO-LAM-009).

2.1 ROCAS ESTRATIFICADAS

La mayor parte de las rocas que afloran en el valle del río Niblinto corresponden a rocas de origen volcánico, principalmente tobas, tobas brechosas y andesitas, agrupadas en su mayoría dentro de la Formación Cola de Zorro. Sin embargo, es posible encontrar rocas volcánicas con intercalaciones sedimentarias, pertenecientes a la Formación Cura-Mallín en el curso medio y superior del río Niblinto las que se encuentran intensamente plegadas.

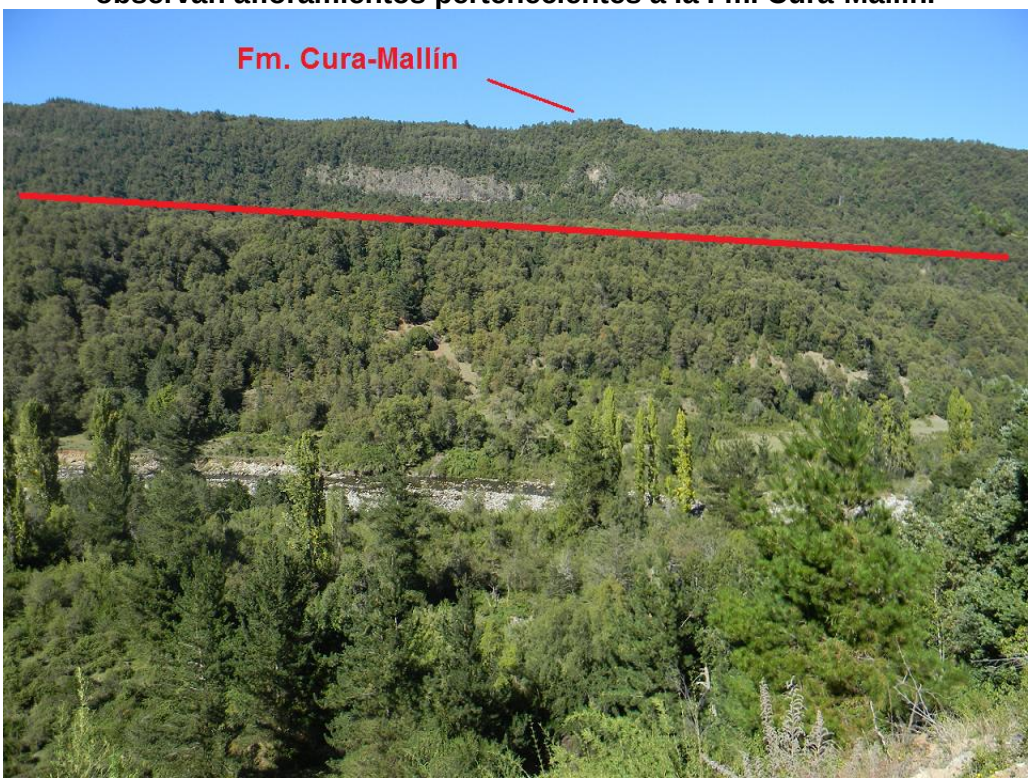
Las unidades de rocas, desde la más antigua a la más joven, son las siguientes.

2.1.1 Formación Cura-Mallín (EMcm)

La Formación Cura-Mallín corresponde a una unidad de origen volcano-sedimentario continental, de edad Eoceno-Oligoceno y posible Mioceno. Está constituida por tobas, brechas, areniscas, conglomerados y lutitas, con intercalaciones de calizas, niveles carbonosos, andesitas y dacitas.

Estratigráficamente, sobreyace en discordancia de erosión a rocas sedimentarias marinas-continentales de edad Jurásico-Cretáctico, y truncada al este por rocas pertenecientes al batolito Santa Gertrudis-Bullileo. Se encuentra cubierta en discordancia angular por las rocas volcánicas pertenecientes a la Fm. Cola de Zorro y por las rocas cuaternarias que conforman el edificio volcánico del Complejo Volcánico Nevados de Chillán.

Fotografía 2-1: Vista al sur desde la ladera derecha del valle del río Niblinto. En primer plano, el flanco izquierdo del río Niblinto constituido por depósitos de pie de monte sobre sedimentos fluviales aterrazados. En segundo plano, sobre la línea roja, se observan afloramientos pertenecientes a la Fm. Cura-Mallín.



Esta unidad aflora en la zona central del área de estudio, donde estaría en contacto, aparentemente, por fallamiento inverso sobre rocas de la Formación Cola de Zorro (Fotografía 2-1).

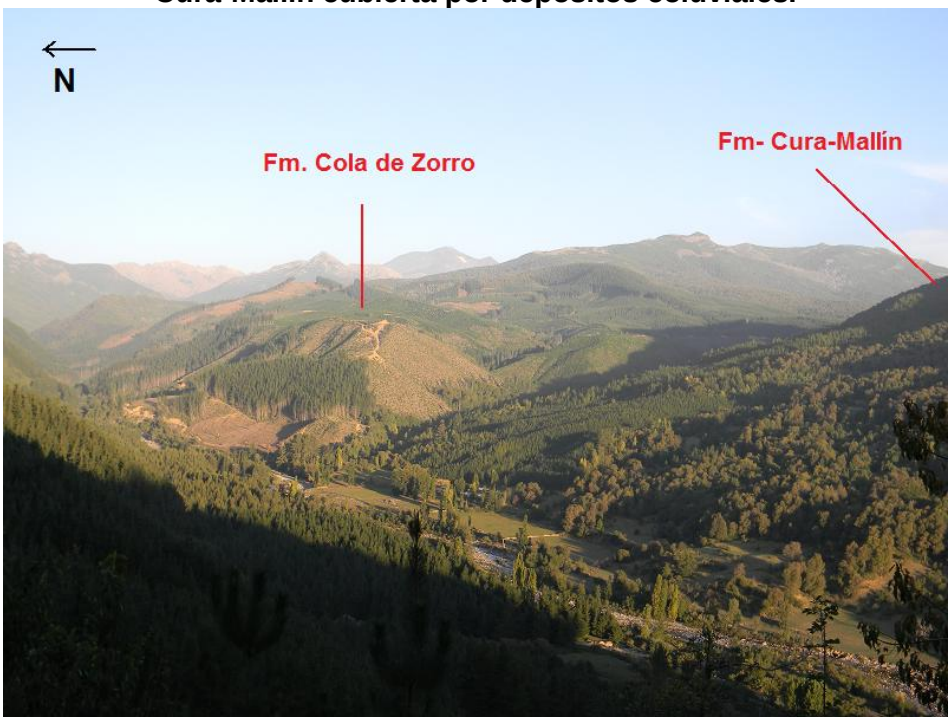
2.1.2 Formación Cola de Zorro (PPlcz)

La Formación Cola de Zorro ha sido definida como una secuencia volcánica de composición andesítica a basáltica, de gran extensión areal y actitud tectónica subhorizontal a horizontal. Se presenta formando mesetas originadas por estratos que se depositaron subhorizontalmente rellenando un antiguo relieve de rasgos paleofisiográficos accidentados. Esta unidad ha sido asignada por Muñoz y Niemeyer (1984) al Plioceno Superior – Pleistoceno mediante relaciones litoestratigráficas, lo cual ha sido posteriormente corroborado a través de dataciones radiométricas K-Ar.

La mayoría de las rocas que afloran en la zona de estudio forman parte de la Formación Cola de Zorro ya mencionada, la cual está constituida por rocas de origen volcánico y volcanoclástico con un rumbo general N-S, ligeramente basculadas hacia el oeste.

Es posible reconocer el límite inferior de la secuencia en dos sectores distintos: el primero de ellos se encuentra ubicado aproximadamente a 1 km aguas arriba de el Sitio 2 lugar en el cual aflora la Fm. Cura-Mallín (Fotografía 2 2). El segundo sector se ubica algunos metros aguas abajo de la confluencia de la quebrada El Imposible con el río Niblinto, lugar en el cual se dispone en discordancia angular sobre rocas también pertenecientes a la Formación Cura-Mallín (Oligoceno Superior – Mioceno Inferior). En ambos sectores se puede estimar una potencia mínima de 400 m para la unidad.

Fotografía 2-2: Vista hacia aguas arriba del río Niblinto desde la ladera izquierda del valle homónimo. En el fondo se observa la Fm. Cola de Zorro y a la derecha la Fm. Cura-Mallín cubierta por depósitos coluviales.



La Formación Cola de Zorro ha sido dividida en el presente trabajo en dos miembros, los cuales se describen a continuación:

Miembro Inferior

Sobreyace en discordancia angular a las rocas pertenecientes a la Formación Cura-Mallín (Muñoz & Niemeyer, 1984). Consiste en una alternancia de rocas volcanoclásticas constituidas por tobas de cenizas y de lapilli, vítreas a cristalinas (PPlcza1), de un espesor estimado de 40 a 50 m intercaladas con tobas brechosas (PPlcza2) de espesor entre 15-20 m (Fotografía 2-3).

Se han identificado zonas alteradas asociadas a la existencia de fracturas por donde posiblemente circularon fluidos. Dicha alteración es de muy bajo grado y solamente produce una leve decoloración de la matriz de la roca.

Esta unidad aflora prácticamente en toda la zona de estudio, siendo menos importante hacia el límite oriental de ésta. El espesor de esta subunidad es desconocido en la zona de estudio, sin embargo se estima una potencia mínima de 150 m.

Fotografía 2-3: Afloramiento de rocas del Miembro Inferior de la Formación Cola de Zorro. Vista del río Niblinto aguas abajo, en las cercanías del eje de la presa de el Sitio 1.



Miembro Superior

Constituido mayoritariamente por rocas volcánicas de composición intermedia-básica (PPlczb), la cual se dispone sobre la secuencia descrita anteriormente. Está formado principalmente por coladas andesíticas y andesítica-basálticas de un espesor promedio

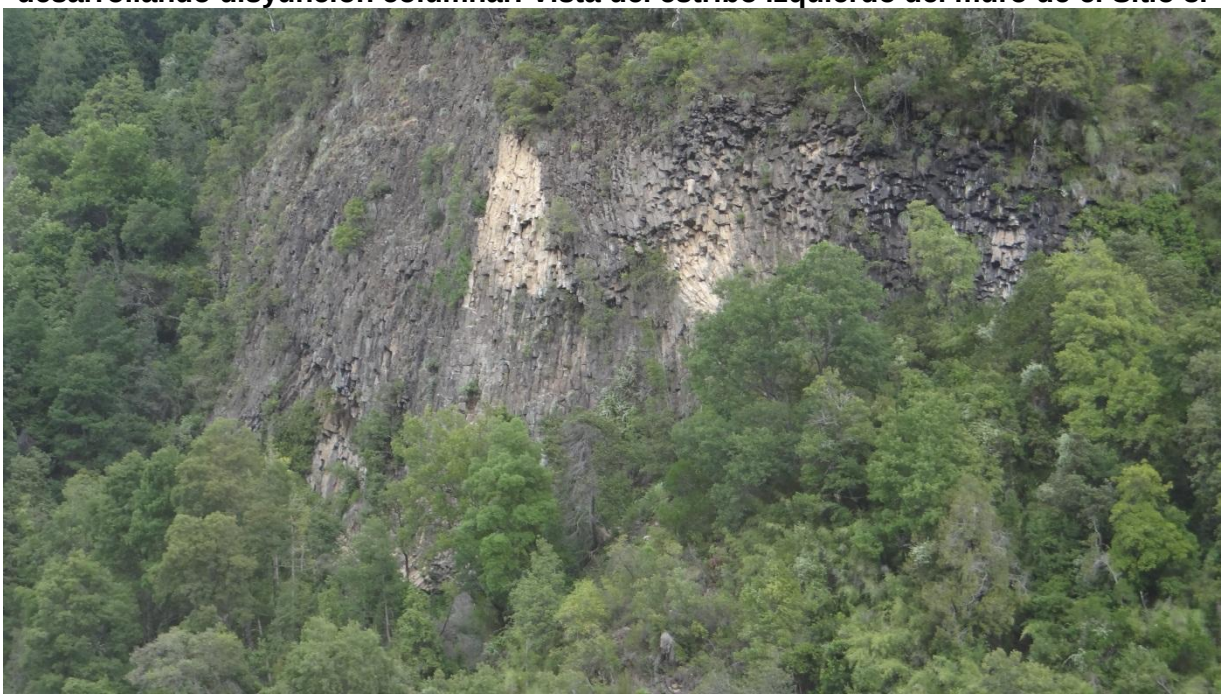
cercano a los 60 - 70 m. Se observan ocasionales intercalaciones métricas volcanoclásticas correspondientes a tobas líticas.

Las rocas volcánicas constituyen niveles de alta resistencia a la compresión (estimada con martillo), muy fracturados y aparentemente con bajo grado de alteración y meteorización. Dichos niveles desarrollan disyunción columnar, los que potencialmente constituiría zonas de alta permeabilidad (Fotografía 2-4).

Se encuentran prácticamente ausentes en las laderas del curso inferior del río Niblinto. Sin embargo, desde aguas abajo de la quebrada El Imposible existe un predominio evidente de las rocas pertenecientes a esta unidad, lo que se traduce en laderas escarpadas del valle debido al aumento significativo de la dureza de la roca.

A pesar de que el límite superior de la unidad no fue reconocido en terreno, se puede estimar un espesor para esta secuencia de 250 m, el cual iría disminuyendo hacia el oeste.

Fotografía 2-4: Afloramiento de rocas del Miembro Superior de la Fm. Cola de Zorro desarrollando disyunción columnar. Vista del estribo izquierdo del muro de el Sitio 3.



2.2 ROCAS INTRUSIVAS

2.2.1 Batolito Santa Gertrudis-Bullileo (Kg)

Corresponde a un extenso complejo plutónico, de orientación general norte-sur, que se distribuye principalmente al este de la zona de estudio.

Petrográficamente, el batolito incluye facies con textura fanerítica de monzogranito, granodiorita, monzonita cuarcífera y diorita cuarcífera (Fotografía 2-5).

En la zona noroeste del Complejo Nevados de Chillán, en las nacientes del río Niblinto, se encuentra cubierto en discordancia de erosión por las coladas de lava y materiales piroclásticos de la Formación Cola de Zorro y por coladas de lava cuaternarias provenientes de dicho volcán.

Dataciones radiométricas K-Ar incluidas en la Hoja Geológica Laguna del Maule (al oeste de la zona de estudio), sugieren una edad entre 5,8 +- 0,3 y 17,2 +- 0,88 Ma (Mioceno). Sin embargo, en el límite oriental del área del proyecto, en afloramientos de rocas intrusivas que tienen, aparentemente, continuidad con el Batolito Santa Gertrudis-Bullileo, se han realizado dataciones que entregan edades de 82,9 +- 3,8 y 85,4 +- 5,2 Ma (Cretácico superior), lo cual podría indicar que este batolito representa un complejo plutónico integrado por rocas asociadas a distintos eventos intrusivos. Sin embargo, en la zona de estudio no se encuentran bien documentados los eventos post-cretácico.

Fotografía 2-5: Afloramiento de rocas pertenecientes al Batolito Santa Gertrudis-Bullileo tomada en las cercanías de la cola de el Sitio 3.



2.3 DEPÓSITOS DE SUELOS

A medida que se recorre longitudinalmente el valle del río Niblinto se reconocen importantes niveles de depósitos cuaternarios de origen fluvial, coluvial y aluvial, así como también depósitos aterrazados antiguos de origen fluvial y aluvial.

De acuerdo a la morfología del valle del río Niblinto y a los depósitos reconocidos en éste, es probable que la acción glaciar haya estado restringida a la zona de aguas arriba de la quebrada El Imposible, fuera de la zona que comprende el presente estudio. Este valle, aguas abajo de la quebrada ya mencionada, presenta la morfología característica de aquellas zonas en donde predomina la acción fluvial.

A continuación se describen las unidades de suelo, de más antiguas a más recientes, identificadas en terreno.

2.3.1 Depósitos de Remoción en Masa (Qrm)

Corresponden a depósitos originados por deslizamientos, caídas de rocas, sedimentos o mezclas de los anteriores en distintas proporciones. Dicho movimiento puede ser generado por una serie de factores desencadenantes (Hauser, 1993) y en los cuales el movimiento descendente está controlado fundamentalmente por efectos de la gravedad (Cruden, 1991).

Estos depósitos están constituidos por complejas mezclas de fragmentos rocosos, homocomposicionales, angulares, inalterados, resistentes, cuya granulometría varía desde bloques a gravas, con matriz de arena limosa poco importante. Constituyen un conjunto carente de estratificación, de baja compacidad y de moderada a alta permeabilidad estimada.

A pesar de que se reconocen frecuentes depósitos originados por fenómenos de remoción en masa, el único caso de dimensiones considerables para el proyecto corresponde a un deslizamiento ubicado aproximadamente a 2 km aguas arriba del Sitio 2, en el flanco derecho del valle del río Niblinto (Fotografía 2-6).

Fotografía 2-6: En primer plano depósito de remoción en masa ubicado a 2 km aguas arriba de el Sitio 2.



Este depósito sería relativamente antiguo ya que se ubica estratigráficamente bajo los depósitos fluviales aterrazados del río Niblinto. Sin embargo, existe evidencia de reactivamientos recientes en el extremo occidental del depósito, en el cual se aprecian fallas que estarían afectando a niveles de suelo actual (
Fotografía 2-7). El depósito se encuentra, parcialmente, dentro del área inundada por los Sitios1 y 2. Por lo anterior, su influencia en el proyecto será analizado con más detalle en el capítulo de Riesgos Geológicos.

Fotografía 2-7: Corte existente en la ladera derecha del valle del río Niblinto, en las cercanías del muro de embalse del Sitio 2. El material de la izquierda de la foto es un suelo de origen coluvial; el de la derecha, depósitos volcánicos y volcanoclásticos.



2.3.2 Depósitos Aluviales de Conos de Deyección (Qa)

Su origen está relacionado con flujos de detritos generados a lo largo de estrechas quebradas tributarias, que descargan al valle del río Niblinto.

Son de típica forma cónica, cuyos ápices se encuentran en la parte alta de las quebradas que confluyen al valle del río Niblinto, mientras que su porción distal o terminal, con morfología lobular, se ve en ocasiones truncada por depósitos fluviales aterrazados, lo que indica que se estaría en presencia de antiguos conos aluviales los cuales actualmente se encontrarían inactivos Fotografía 2-8.

Estos depósitos están constituidos, mayoritariamente, por potentes acumulaciones de gravas, bolones y bloques, en una matriz limoarenosa. Los clastos son angulosos a subangulosos, con tamaños que llegan excepcionalmente hasta los 2 m, pero que en general son de un diámetro menor a 70 cm, inalterados, duros a muy duros. Corresponden a suelos de moderada compacidad, sin rasgos de estratificación.

Fotografía 2-8: Depósitos correspondientes al cono de deyección de la quebrada El Imposible.



Es común encontrar estos materiales a lo largo de todo el valle del río Niblinto. Sin embargo, los depósitos más importantes se encuentran en el curso superior del valle, en las cercanías de la quebrada El Imposible.

2.3.3 Depósitos Fluviales Antiguos (Qfa)

De acuerdo a las observaciones de terreno, se reconoce en ambas laderas del valle del río Niblinto, por sobre el cauce del río actual, remanentes de antiguas terrazas fluviales asociadas al río Niblinto, cuando éste escurría a cotas ligeramente más altas.

Estos depósitos están constituidos por gravas limpias y gravas arenosas con limos, además de algunos niveles francamente arenosos y limosos, los que incluyen bloques subangulosos a redondeados de hasta 1,5 m de tamaño máximo, en general variables entre 15 y 50 cm.

Las gravas y bolones presentes son en general redondeados; algunos clastos rocosos tienen un moderado grado de meteorización o descomposición, siendo en general duros a muy duros. La matriz está constituida por gravas, gravas arenosas, arenas y finos limosos.

Poseen estratificación gruesa y se presentan bien trabados, de moderada a alta compacidad y regular a baja porosidad. Tienen un espesor variable a lo largo del valle entre 3 y 9 m, tal como se observa en el relleno del valle del Sitio 3 (Fotografía 2.9), aunque podrían llegar a alcanzar unos 15 m.

Fotografía 2-9: Depósitos fluviales antiguos (Qfa2) formando terrazas situadas en las cercanías de el Sitio Nº3.



Se reconoce la existencia de remanentes discontinuos de terrazas fluviales antiguas en forma de parches, ubicados a unos 100 m en promedio sobre el nivel actual del río Niblinto (Qfa1). Dichos depósitos son de similares características a aquellos encontrados al nivel del río, que fueron descritos anteriormente (Qfa2). Sin embargo, poseen una mayor compacidad y un mayor espesor pudiendo llegar hasta los 20-25 m (Fotografía 2 10). Algunos de estos depósitos poseen grietas de tensión en la parte superior, lo que deberá ser analizado en etapas posteriores.

De acuerdo a observaciones geomorfológicas y experiencia del consultor en otros proyectos, es probable que estos depósitos correspondan a una mezcla de materiales de origen fluvial y glaciofluvial.

Fotografía 2-10: Corte en depósitos fluviales antiguos (Qfa1), posiblemente con mezclas de depósitos glaciofluviales. Fotografía tomada hacia el sur, en la ladera izquierda de la quebrada El Imposible.



2.3.4 Depósitos Coluviales (Qc)

En el área de estudio, el substrato rocoso está discontinuamente cubierto por espesores muy variables de depósitos coluviales, que en general incluyen una importante cubierta de suelos volcánicos limosos del tipo "trumaos", con una tupida vegetación.

Corresponden a gravas limosas y arenosas, bolones y bloques angulares a subangulares, de variados tamaños, aunque predominan los menores a 50 cm. Estos fragmentos se aprecian en general poco alterados, duros y resistentes, englobados en una abundante matriz constituida por gravas arenosas y limosas, además de arenas limosas (Fotografía 2-11).

Estos depósitos coluviales se han generado por una meteorización química y física de rocas, localizadas en las partes altas de ambas laderas del valle Niblinto, las cuales presentan en general un fuerte fracturamiento con el consecuente desprendimiento de bloques de diversos tamaños, provocado por lluvias intensas, marcados ciclos de hielo y deshielo y/o sismos, los que bajo la acción de la gravedad se movilizan pendiente abajo, depositándose en los faldeos de cerros de moderada a suave pendiente y en pequeñas depresiones.

De acuerdo a las observaciones de terreno se estima que el espesor de estos depósitos varía entre 2 y 3 metros aproximadamente, pudiendo incluso alcanzar un espesor cercano a los 15 m en el sector de las Sitio 2 y 3.

Fotografía 2-11: Aspecto de los depósitos coluviales presentes en la zona de estudio. Es común encontrar dichos depósitos cubiertos por una capa de 0,5 – 1 m de suelo vegetal.



2.3.5 Depósitos Fluviales Actuales (Qf)

Los depósitos expuestos en las riberas del actual cauce del río Niblinto, están constituidos principalmente por gravas limpias y gravas arenosas con bolones, además de intercalaciones de arenas con gravas, los cuales rellenan parcialmente el cauce del río y algunos paleocauces correspondientes a cursos de agua predecesores de este río. Los bolones y gravas son de formas subredondeadas a redondeadas, con bloques de tamaños medios variables entre 15 y 50 cm, siendo posible encontrar, ocasionalmente, bloques de tamaño superior a 1 m de diámetro. Los clastos se presentan en general inalterados y muy duros, y los depósitos mismos son de baja compacidad, presumiblemente muy permeables.

Fotografía 2-12: Vista del relleno fluvial actual del río Niblinto, aguas arriba de el Sitio 3, en las cercanías de la confluencia con la quebrada El Imposible.



Se aprecian lentes de arenas medias a gruesas, granulométricamente muy heterogéneos, de baja compacidad, porosos y permeables. Estas intercalaciones posiblemente estarían asociadas a eventos puntuales de desbordes del río en épocas de crecidas.

En términos generales, son depósitos con espesores estimados del orden de 10 a 20 metros aunque es posible encontrar zonas con espesores menores. Ejemplos de estos depósitos se encuentran en el curso superior del río, en las cercanías del sitio de embalse 3, ubicados a algunas decenas de metros aguas abajo de la quebrada El Imposible (Fotografía 2-12).

2.4 FALLAS Y ESTRUCTURAS

La tupida capa de vegetación presente en la zona y los espesores de suelos coluviales dificulta, obviamente, el reconocimiento de fallas o estructuras importantes que pudiesen estar aflorando en superficie. Sin embargo, a partir de la información geológica levantada en las campañas de terreno y en base a una interpretación fotogeológica de la zona, es posible reconocer la presencia de estructuras a escala regional y, a la vez, inferir la existencia de otras estructuras que se encontrarían cubiertas por materiales volcánicos recientes.

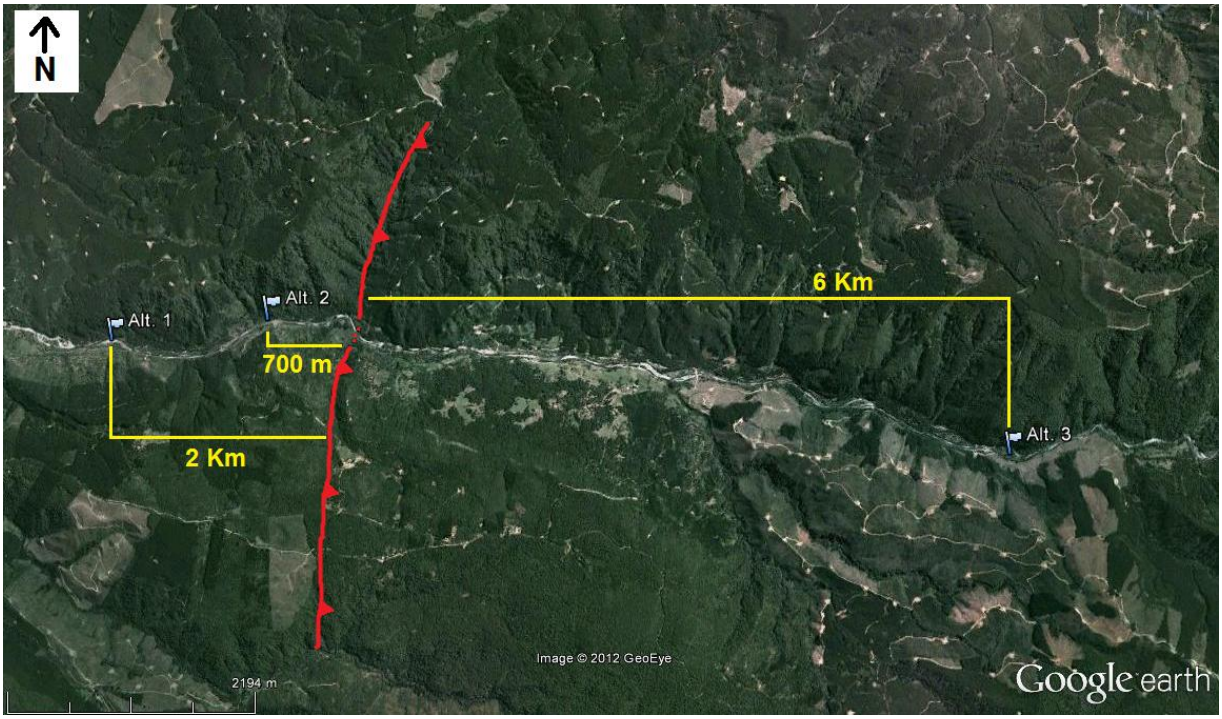
La zona de estudio corresponde a la parte oriental de una cuenca extensional de rift continental de orientación general norte-sur, con un largo de 70 km y un ancho 60 km, originada durante el Oligoceno-Mioceno (Radic, 2010). Los materiales que conforman el relleno de la cuenca corresponden a rocas volcánicas y volcanoclásticas de la Formación Cura-Mallín.

En su origen, durante el período Oligoceno-Mioceno, dichas estructuras tuvieron movimiento normal y posteriormente muchas de ellas fueron invertidas tectónicamente producto del evento compresivo que afectó a la Cordillera de los Andes durante el Mioceno Tardío (Jordan *et al*., 2001; Folguera *et al*., 2006; Radic *et al*., 2002; Melnick *et al*., 2006), exhumando y deformando intensamente las rocas que conformaban su relleno.

Las estructuras presentes en el área estudiada que controlan la orientación de la cuenca son de importancia regional y corresponderían a fallas de vergencia hacia el este y rumbo general NS. Una de estas estructuras ha sido reconocida aproximadamente a 700 m aguas arriba del sitio de presa del Sitio 2, la cual ha sido denominada Falla Alto del Padre, por su cercanía al cerro homónimo (Figura 2-1). Esta se encuentra afectando rocas de la unidad superior de la Formación Cola de Zorro, lo que indica una posible actividad hasta el Pleistoceno (2,5 – 0,1 Ma).

Adicionalmente se ha inferido, en base a la disposición de las unidades de rocas de la Formación Cura-Mallín que afloran en el sector cercano al sitio del muro del Sitio 3, la presencia de una estructura cuya traza se ubica 2 km aguas arriba del muro, denominada en el presente estudio Falla Loma Bonita, la cual se encuentra cubierta por las rocas de la Formación Cola de Zorro y habría afectado solamente rocas de la Fm. Cura-Mallín. Por lo anterior, se estima que no ha tenido movimientos post-Plioceno (2,5 - 5,3 Ma).

Figura 2-1: Figura esquemática con la ubicación de los sitios de embalse y la traza de la falla Alto del Padre.



No se observaron evidencias de movimientos recientes de las estructuras identificadas en este estudio. Sin embargo, lo anterior debe ser estudiado con mayor detalle en etapas posteriores.

3 GEOLOGÍA DE LOS SITIOS DE EMBALSE

3.1 SITIO 1

Corresponde al sitio de embalse en la cual el muro se ubica aproximadamente a unos 15 km aguas arriba de la confluencia entre el río Cato y el río Niblinto.

Para explorar y caracterizar los materiales que conforman tanto el sitio de presa como el vaso de inundación del Sitio 1, se realizaron los sondajes S-1 y S-3. Adicionalmente, se cuenta con la información de 39 calicatas y 3 perfiles de refracción sísmica: LSNB-1 realizado transversalmente al eje del río Niblinto, en el eje del muro; LSNB-2 y LSNB-3 realizados aproximadamente 900m aguas arriba del sitio de muro.

A partir de lo anterior, en conjunto con las observaciones de terreno, se ha realizado una caracterización geológica del Sitio 1 (3853-1000-GO-LAM-011).

3.1.1 Caracterización Geológica – Presa

Los estribos del muro o presa del Sitio 1, estarían constituidos por una capa de suelo coluvial de un espesor cercano a los 5-10 m en caso del estribo izquierdo y de 15-20 m en el caso del estribo derecho.

Bajo este nivel de suelo, se encontrarían las rocas volcanoclásticas pertenecientes al Miembro Inferior de la Formación Cola de Zorro (PPlcza1). Tomando en cuenta las descripciones microscópicas de cortes transparentes realizados a muestras obtenidas de los sondajes S-1 y S-3, éstas corresponderían a tobas dacíticas a riolíticas, con intercalaciones menores de andesitas amigdaloidales y filones de composición intermedia-básica (diabasas).

Los afloramientos de rocas que conforman el estribo izquierdo, poseen un bajo a medio grado de meteorización y se encuentran medianamente fracturadas. Debido a las características genéticas de estas rocas, estos afloramientos presentan numerosas oquedades, presumiblemente como resultado de una erosión diferencial de sus clastos (Fotografía 3-1).

Fotografía 3-1: Vista del estribo izquierdo del muro del Sitio 1. Se observan afloramientos de roca bajo una cubierta de suelo coluvial. Fotografía tomada hacia sur-este desde la ribera derecha del río Niblinto.



El piso del valle del río Niblinto, el cual tendría un ancho aproximado de 200 m, estaría compuesto por sedimentos de origen fluvial pertenecientes a las unidades Qf y Qfa2, con intercalaciones ocasionales en los sectores cercanos al pie de la ladera derecha de depósitos aluviales (Qa) y coluviales (Qc) (Fotografía 3-2). A partir de la información obtenida del sondaje S-1 y las calicatas ubicadas en el eje del muro de este sitio, estos depósitos tendrían un espesor del orden de 6 m y presentarían alta permeabilidad.

Fotografía 3-2: Vista al sur-este (aguas arriba) del relleno cuaternario del valle del río Niblinto. Fotografía tomada desde la ribera derecha de éste último.



Bajo el relleno fluvial descrito anteriormente, se encontraría un sustrato rocoso de similares características que las que conforman los estribos. En efecto, consisten en rocas volcanoclásticas y subordinadamente rocas volcánicas con pequeñas intrusiones de filones de composición básica (PPlcza1). Sin embargo, en base a los resultados de un perfil sísmico de refracción, las rocas de los primeros 10 m del sustrato rocoso del piso del valle del río Niblinto se encontrarían notablemente más fracturadas y meteorizadas que aquellas presentes en los apoyos del muro. De acuerdo a los resultados de los ensayos de compresión simple, estas rocas tendrían una resistencia aproximada en el rango de los 20-40 MPa (moderadamente duras).

3.1.2 Caracterización Geológica – Vaso de Inundación

El área inundada por el Sitio 1 se extiende por 7 km siguiendo el curso del río Niblinto. La cola del embalse estaría ubicada a algunos centenares de metros aguas abajo del sitio de presa del Sitio 3 y cerca de 2 km aguas abajo de la quebrada El Imposible.

El relleno del valle del río Niblinto estaría compuesto principalmente por depósitos fluviales antiguos (Qfa1) los cuales se encuentran formando terrazas que tienen un espesor promedio de 5 m, de acuerdo a las prospecciones ejecutadas. Sin embargo, observaciones de terreno permiten identificar una zona donde, en base a su morfología, posiblemente se supere ampliamente este espesor. Dicho sector se encuentra aproximadamente unos 2 km aguas arriba del sitio proyectado para ubicar la presa (Fotografía 3-3).

Hacia los bordes del valle los depósitos fluviales estarían interdigitados con sedimentos de origen coluvial y aluvial. Los depósitos coluviales tienen un espesor cercano a los 20 m en la ladera derecha, mientras que en la ladera izquierda estos tendrían un menor espesor.

Fotografía 3-3: Fotografía del vaso de inundación del Sitio 1 tomada hacia aguas arriba del río Niblinto. En amarillo se ilustra la ubicación estimada del nivel de aguas del embalse.



Se reconoce en la parte media del vaso de inundación del embalse, un depósito de remoción en masa (Qrm) de dimensiones importantes para la escala del proyecto. Se estima que esta remoción se encuentra inactiva, pero se han detectado reactivamientos recientes en los sectores distales de éste.

El sustrato rocoso de la ladera izquierda del valle del río Niblinto, estaría compuesto por rocas volcanoclásticas con intercalaciones sedimentarias que forman parte de la Formación Cura-Mallín y rocas volcanoclásticas del miembro inferior de la Formación Cola de Zorro.

La ladera derecha de este valle está constituida principalmente por rocas volcanoclásticas del miembro inferior de la Formación Cola de Zorro. En sectores cercanos a la cola del embalse, en la parte superior de la ladera derecha, es posible encontrar coladas de lavas andesíticas del miembro superior la Formación Cola de Zorro.

Aguas arriba del sitio 1, se identificó la presencia de una falla, la cual cruzaría el vaso del embalse aproximadamente a 2 km de este punto. Esta estructura es una falla inversa de importancia regional y pone en contacto a la Formación Cura-Mallín sobre la Formación Cola de Zorro. Es necesario realizar estudios de mayor detalle para determinar las características de esta falla, tales como: edad del último movimiento, ubicación, largo, ancho del área afectada, profundidad, naturaleza y propiedades de los materiales involucrados, de manera de estimar el potencial de filtración de esta estructura y el riesgo sísmico asociado, en caso que esta se considere activa.

3.2 SITIO 2

Sitio ubicado aproximadamente 1 km aguas arriba del Sitio 1, descrita anteriormente.

Para identificar y caracterizar los materiales que constituyen los estribos de la presa y el área de inundación del Sitio 2, se tiene el registro de los sondajes S-2 y S-4. De manera complementaria, se cuenta con la información de 39 calicatas y el perfil sísmico LSNB-4 realizada a lo largo del eje de presa, es decir, transversal al río Niblinto.

Con la información anterior y las observaciones de terreno, se realizó una caracterización geológica del Sitio 2 (3853-1000-GO-LAM-012).

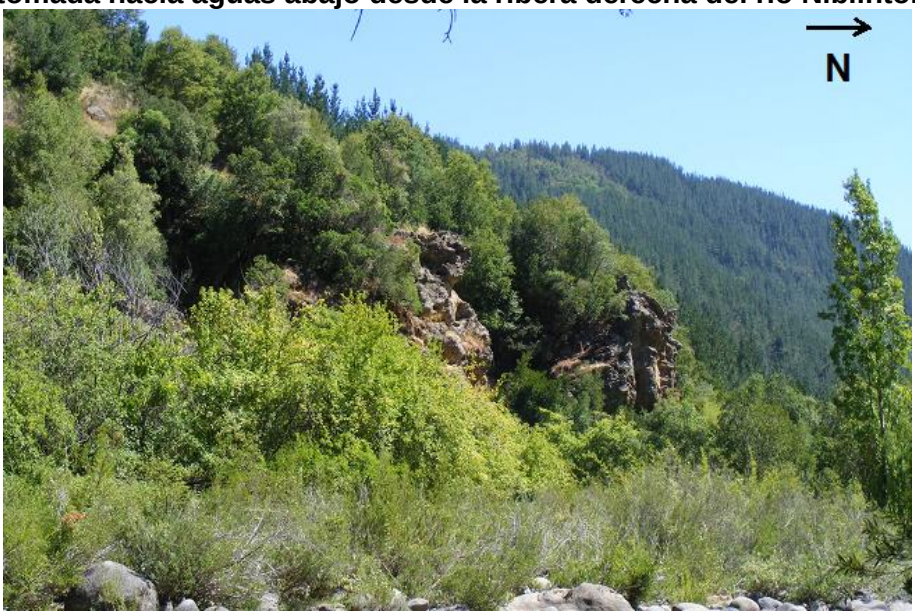
3.2.1 Caracterización Geológica – Presa

Los estribos del muro del Sitio 2, estarían constituidos por una capa de suelo permeable de origen coluvial con un espesor entre 1 y 5 m.

En ambos estribos, inmediatamente bajo esta capa de sedimentos, presumiblemente se tendría una secuencia constituida principalmente por las rocas volcanoclásticas del Miembro Inferior de la Formación Cola de Zorro (PPlcza2). De acuerdo a las descripciones de cortes transparentes realizados a muestras de rocas obtenidas de los sondajes S-2 y S-4, éstas corresponderían a tobas dacíticas a riolíticas de cristales (Fotografía 3 4).

Los afloramientos de rocas que conforman ambos estribos, poseen bajo grado de meteorización y bajo fracturamiento. De acuerdo a lo observado en los testigos de los sondajes, la mayoría de las fracturas son el resultado de la manipulación de éste durante el proceso de perforación, fácilmente distinguibles de aquellas originadas naturalmente las cuales ejercen un notorio control sobre las zonas alteradas en testigo de roca. Sin embargo, a pesar del bajo fracturamiento que poseen, son rocas muy blandas con una baja resistencia a la compresión simple, estimada con martillo.

Fotografía 3-4: Vista del estribo izquierdo del muro del Sitio 2. Se observan afloramientos de roca (tobas dacíticas) bajo una cubierta de suelo coluvial. Fotografía tomada hacia aguas abajo desde la ribera derecha del río Niblinto.



El valle del río Niblinto tiene un ancho aproximado de 100 m, el cual se encuentra relleno con materiales fluviales pertenecientes a las unidades Qf y Qfa2 con un importante contenido de bloques y bolones. De acuerdo al perfil sísmico LSNB-4 y a las calicatas ejecutadas en la zona del eje del muro de presa, el relleno cuaternario tendría un espesor del orden de 6 m (Fotografía 3-5) y presentaría elevada permeabilidad.

Fotografía 3-5: Vista hacia aguas abajo del relleno fluvial reciente del valle del río Niblinto. A la izquierda se observan los afloramientos de roca que forman el estribo izquierdo del muro. Fotografía tomada desde la ribera derecha de éste último.



El sustrato rocoso bajo la secuencia sedimentaria descrita anteriormente, correspondería a rocas pertenecientes al miembro inferior de la Formación Cola de Zorro, consistente en tobas de ceniza y de lapilli, vítreas a cristalinas, con algunas intrusiones de filones de espesor métrico de composición básica (PPlcza2). De acuerdo a los resultados de los ensayos de compresión simple, estas rocas tendrían una resistencia aproximada en el rango de los 50-80 MPa (roca dura), lo que es consistente con los valores estimados en terreno.

3.2.2 Caracterización Geológica – Vaso de Inundación

Dada la cercanía entre los Sitios 1 y 2, las características descritas para el vaso de inundación de la primera son igualmente válidas para el sitio 2.

En este caso, la falla mencionada anteriormente se ubica aproximadamente a 1 km aguas arriba del sitio 2. El grado de incerteza respecto de sus características debe ser disminuido con investigaciones de terreno de mayor detalle.

3.3 SITIO 3

Sitio ubicado aproximadamente a 1 km aguas abajo de la confluencia de la quebrada El Imposible con el río Niblinto.

La caracterización de los materiales que conforman los estribos de la presa y el área de inundación del Sitio 3, está basada en el registro de los sondajes S-5 y S-6. Adicionalmente,

se cuenta con la información de 17 calicatas ejecutadas en toda el área involucrada (4 de ellas en las cercanías del eje de muro) y 2 perfiles de refracción sísmica en el sitio del muro: LSNB-5 longitudinalmente al río Niblinto y el perfil LSNB-6 realizado por el eje de la presa.

A continuación se describen las características geológicas de los materiales que conforman los estribos del muro de presa y el vaso de inundación del Sitio 3 (3853-1000-GO-LAM-013).

3.3.1 Caracterización Geológica – Presa

No se cuenta con ensayos ni prospecciones que permitan caracterizar los materiales que conforman los estribos del muro del Sitio 3. Sin embargo, en base a observaciones de terreno de la geología y geomorfología del valle en este sector, los estribos estarían constituidos superficialmente por una capa de suelo permeable de origen coluvial, con un espesor cercano a los 4 m.

Bajo esta capa de suelo, el macizo rocoso está formado principalmente por las rocas volcánicas del miembro superior e inferior de la Formación Cola de Zorro (PPlcz). Tomando en consideración la descripción microscópica de un corte transparente realizado en una muestra obtenida de un bloque procedente de la parte superior de la ladera izquierda en la zona del muro de presa, estas rocas corresponderían a andesitas.

Los afloramientos de rocas que conforman ambos estribos, poseen bajo grado de meteorización, alto grado de fracturamiento debido al desarrollo de disyunción columnar en los niveles volcánicos y consecuentemente alta permeabilidad. Sin embargo, es posible observar intercalaciones menores de tobas de un aspecto masivo, muy fracturadas y con bajo a medio grado de alteración y meteorización (Fotografía 3-6).

Fotografía 3-6: Vista del estribo izquierdo del muro del Sitio 3. Se observan afloramientos de tobas bajo una cubierta de suelo coluvial. Fotografía tomada hacia aguas abajo desde la ribera izquierda del río Niblinto.



La predominancia de las facies volcánicas sobre las volcanoclásticas, produce una escarpada morfología del valle del río Niblinto por el importante aumento de la dureza de la roca. Lo anterior impidió la ejecución de prospecciones geotécnicas en los estribos de la presa.

En el sitio de presa el valle del río Niblinto tiene un ancho aproximado de 120 m el cual se encuentra relleno con materiales fluviales con un importante contenido de bloques y bolones que superan los 1,5 m (Qf y Qfa2) interdigitados con sedimentos coluviales (Qc) provenientes de las laderas (Fotografía 3 7). De acuerdo a los perfiles sísmicos LSNB-5 y LSNB-6 realizados por el eje del muro del Sitio 3, el relleno del valle del río Niblinto tendría un espesor del orden de 8 m. Esta información es contradictoria con los datos obtenidos del registro geológico de los sondajes S-5 y S-6 donde se detectó, en ambos casos, hasta los 22 m de profundidad la presencia de materiales cuaternarios, los cuales corresponderían a los depósitos fluviales identificados, con elevadas permeabilidades.

Fotografía 3-7: Vista hacia aguas arriba del relleno fluvial reciente del valle del río Niblinto en la zona del eje de muro del Sitio 3. A la derecha se observan los depósitos fluviales aterrazados Qfa1. Fotografía tomada desde la ribera izquierda de éste último.



A pesar de que se desconoce la profundidad del sustrato rocoso, éste estaría constituido por rocas volcanoclásticas pertenecientes al miembro inferior de la Formación Cola de Zorro (PPlcza2).

3.3.2 Caracterización Geológica – Vaso de Inundación

El área inundada por el Sitio 3 se extiende por 7 km aguas arriba del río Niblinto desde el muro de ésta. La cola del embalse se ubicaría a unos 6 km aguas arriba de la quebrada El Imposible.

Los materiales del fondo del valle del río Niblinto en el área inundada por este sitio, tienen un origen principalmente fluvial. Junto con los sedimentos actuales del río (Qf) se reconoce la presencia de depósitos fluviales antiguos (Qfa2) los cuales se encuentran formando terrazas. Hacia los bordes del valle, éstos estarían interdigitados con depósitos coluviales (Qc) provenientes de las laderas, de moderada a fuerte pendiente (la ladera derecha posee en general una mayor pendiente que la opuesta), con depósitos aluviales (Qa) que en su mayoría se presentan en forma de abanicos o conos asociados a quebradas tributarias del río Niblinto. El más importante corresponde al cono de deyección de la quebrada El Imposible, la cual actualmente está encajonada y restringida a un curso de agua que no supera los 2 m de ancho, cuyo lecho se encuentra relleno por una gran cantidad de bolones y bloques, estos últimos de tamaño mayor a 1 m.

Ocasionalmente es posible encontrar remanentes fluviales antiguos colgados a mitad de laderas (Qfa1). Estos depósitos se deberán estudiar con posterioridad para evaluar la posibilidad de utilizarlos como materiales de yacimientos de empréstitos para la construcción del muro y obras anexas.

Bajo la capa superficial de suelo presente en el área del valle del río Niblinto involucrada por este sitio hasta la quebrada El Imposible, se encontrarían principalmente rocas del miembro superior de la Formación Cola de Zorro (PPlczb). Hacia aguas arriba la quebrada El Imposible, la ladera derecha del valle del río Niblinto estaría formada, en su parte inferior, por rocas pertenecientes al Batolito Santa Gertrudis-Bullileo correspondientes a granodioritas, y en su parte superior por rocas volcanoclásticas y volcánicas de la Formación Cola de Zorro. Por su parte, la ladera izquierda del mismo valle estaría formada por rocas volcanoclásticas-sedimentarias de la Formación Cura-Mallín, principalmente tobas.

El tramo final, cercano a la cola del embalse, estaría exclusivamente en rocas graníticas del Batolito Santa Gertrudis-Bullileo.

Por las características genéticas del miembro superior de la Formación Cola de Zorro, es probable que las rocas de esta unidad posean una alta permeabilidad. Lo anterior debido a que en la mayoría de los afloramientos observados dichas rocas presenta disyunción columnar, exhibiendo una elevada cantidad de fracturas subverticales. Es posible que a través de estos niveles puedan, eventualmente, producirse filtraciones del embalse lo cual debería analizarse en próximas etapas del proyecto.

De la misma forma, en aquellos sectores cercanos a la traza de una falla que intersecta el vaso de inundación del embalse cerca de la confluencia de la quebrada El Imposible con el río Niblinto, es necesario realizar estudios de mayor detalle para determinar las características de la falla, tales como: edad del último movimiento, ubicación, largo, ancho del área afectada, profundidad, naturaleza y propiedades de los materiales involucrados, con el objeto de estimar el potencial de filtraciones a lo largo de esta estructura.

4 RIESGOS GEOLOGICOS

El análisis de los riesgos geológicos primeramente se realizó mediante interpretación fotogeológica de las fotografías aéreas existentes. Adicionalmente, se revisaron aquellas publicaciones, estudios de impacto ambiental, memorias de título, etc., realizadas en zonas cercanas y de similares características, con la finalidad de identificar riesgos declarados o actuales.

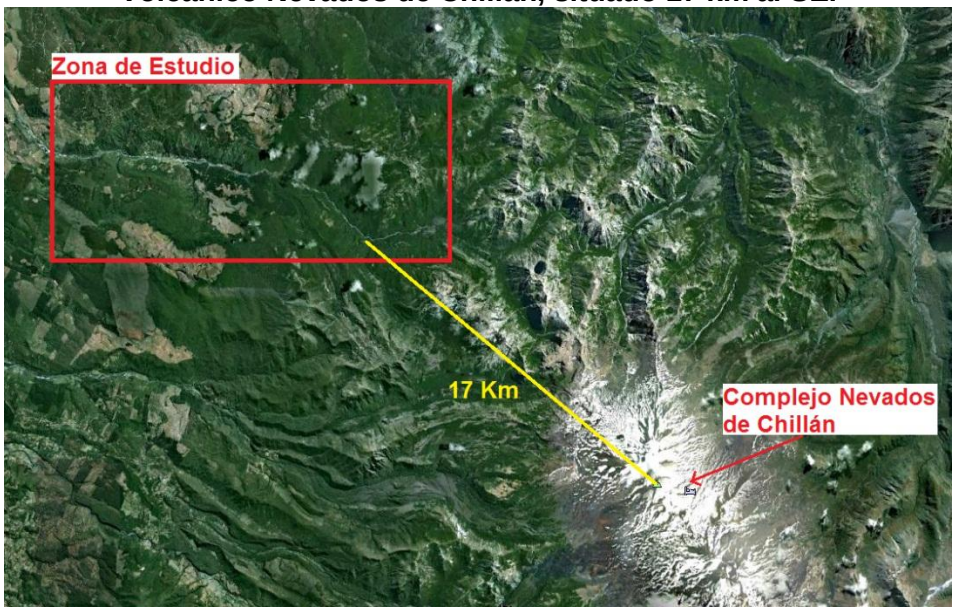
Para completar y verificar los estudios de riesgos geológicos en las áreas de influencia del proyecto, se realizó una visita a terreno. Durante ésta se recorrió la zona examinando y verificando los riesgos identificados previamente en el estudio de gabinete efectuando nuevas observaciones en aquellos sectores que podrían presentar una alta potencialidad de ocurrencia, analizando las evidencias de terreno que permitan definir eventuales riesgos potenciales.

4.1 RIESGO VOLCÁNICO

Tal como fue mencionado con anterioridad, la zona de estudio se ubica en la zona volcánica central del sur de Chile. El centro volcánico más cercano es el Complejo Volcánico Nevados de Chillán, situado aproximadamente a 17 km del área del proyecto (Figura 4-1). Este corresponde a un complejo que se edificó sobre un basamento de lavas y rocas graníticas, el cual presenta numerosos centros de emisión orientados en una franja de dirección NO de 10 km de extensión.

No se tienen registro de estudios específicos del peligro volcánico asociado a los numerosos centros de emisión de este complejo volcánico.

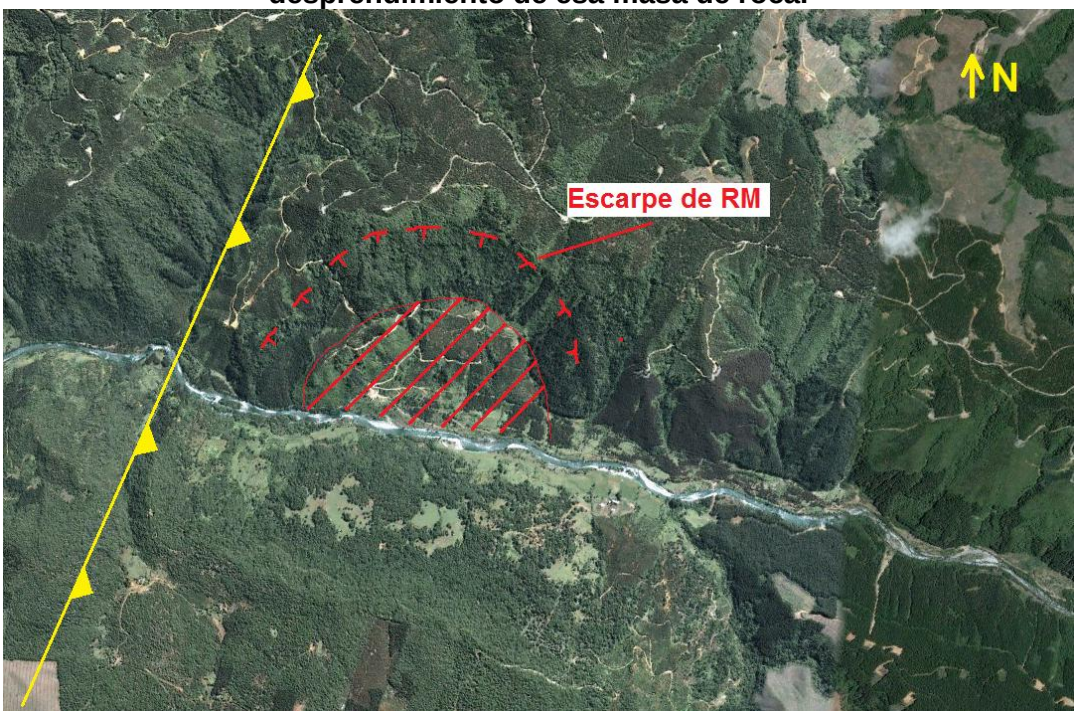
Figura 4-1: Esquema de ubicación general de la zona de estudio y el Complejo Volcánico Nevados de Chillán, situado 17 km al SE.



4.2 RIESGO DE REMOCIONES EN MASA

La única evidencia de una remoción en masa en relación a los sitios de embalse, corresponde al depósito que se ubica en el flanco derecho del valle 2 km aguas arriba del muro del Sitio 2. Se estima preliminarmente un volumen del orden de $7x10^6$ m^3. Dado el tamaño de esta remoción en masa, es conveniente la ejecución de nuevos estudios en una próxima etapa del Proyecto debido a que se identificaron reactivamientos recientes del depósito en el extremo sur-occidental.

Figura 4-2: Imagen satelital indicando el depósito de remoción en masa ubicado aguas arriba del muro del Sitio 2. Se observa también el escarpe dejado por el desprendimiento de esa masa de roca.



Se reconocieron a lo largo del valle del río Niblinto, riesgos declarados asociados a flujos de detritos, que han originado depósitos de pequeña envergadura. El único caso de dimensiones importantes corresponde a los flujos que presumiblemente originaron el cono de la quebrada El Imposible. Se estima poco probable la ocurrencia de un fenómeno de tales dimensiones, debido a que actualmente el curso de la quebrada se encuentra encajonada y restringida a un ancho inferior a 2 m, con una gran cantidad de bolones y bloques de tamaño superior a 1 m en su lecho.

Debido a las características geomorfológicas del valle del río Niblinto, el clima imperante, la cubierta de suelo con espesores de hasta 10 m y laderas de moderada a fuerte pendiente, los flujos de detritos son calificados como un riesgo declarado de baja importancia y una probabilidad de recurrencia baja a media. Lo anterior debe ser profundizado posteriormente con estudios de riesgos geológicos de mayor detalle.

Adicionalmente, se identificaron algunos afloramientos de sedimentos potencialmente desfavorables desde el punto de vista de la estabilidad. Estas corresponderían a algunos depósitos fluviales antiguos que están adosados a la parte media de algunas de las laderas del valle del río Niblinto (Qfa1). Es común observar grietas de tensión en la parte alta de estos depósitos (Fotografía 4-1). Cabe la posibilidad que estos materiales formen parte del vaso de los embalses, de modo que es necesario analizar su estabilidad considerando distintos escenarios, incluyendo el llenado y vaciado rápido de estos sitios de embalses.

Fotografía 4-1: Depósitos fluviales antiguos (Qfa1) que presentan numerosas grietas de tensión en la parte alta. Fotografía tomada en las cercanías del muro del Sitio 3.



5 CONCLUSIONES

La zona involucrada en el estudio de prefactibilidad corresponde al tramo del valle del río Niblinto comprendido entre 15 km aguas arriba de la confluencia de los ríos Niblinto y Cato, hasta 5 km aguas arriba de la quebrada El Imposible. Esta franja se ubica en la zona volcánica central del sur de Chile, en la unidad morfoestructural correspondiente a la Cordillera Principal, la cual incluye el arco magmático actual, área en la cual se emplazan las obras de embalse estudiadas.

Las rocas existentes en la zona de estudio consisten mayoritariamente en materiales volcánicos y volcanoclásticos de la Fm. Cola de Zorro (Plioceno superior-Pleistoceno) y de la Fm. Cura-Mallín (Eoceno-Mioceno). Adicionalmente, se encontraron rocas intrusivas granodioríticas pertenecientes al batolito Santa Gertrudis Bullileo.

Las rocas pertenecientes a la Formación Cola de Zorro poseen rumbo general N-S y actitud tectónica subhorizontal a horizontal. Dicha unidad fue dividida en el presente trabajo en dos miembros: uno inferior con predominancia de rocas volcanoclásticas que incluyen tobas de ceniza y de lapilli, vítreas a cristalinas. El miembro superior estaría formado por rocas volcánicas de composición intermedia-básica, principalmente de andesitas y andesitas-basálticas y en menor medida rocas volcanoclásticas de similares características a las del miembro inferior.

Las observaciones realizadas durante las campañas de terreno permiten identificar la existencia de fallas de importancia regional que estarían afectando los sectores del vaso de inundación de los 3 Sitios de embalse. Sin embargo, no se reconocieron evidencias que permitiesen restringir la edad del último movimiento de dichas estructuras. No obstante, se puede afirmar que estuvieron activas durante el Mioceno superior tardío.

El relleno sedimentario del valle del río Niblinto consiste en materiales de origen fluvial, coluvial y aluvial. Los depósitos fluviales están constituidos por bolones, bloques, arenas y gravas con un bajo contenido de finos, asociados al cauce actual y paleocauces del río Niblinto, esto último evidenciado por la presencia de terrazas fluviales formadas cuando el río escurría a cotas más altas. Los depósitos coluviales consisten en gravas limosas y arenosas, bolones y bloques angulares a subangulares, los cuales se encuentran ubicados al pie de las laderas del valle. Los materiales de origen aluvial consisten en gravas, bolones y bloques, en una matriz limoarenosa, los cuales están relacionados con flujos de detritos generados a lo largo de estrechas quebradas tributarias, que descargan al valle del río Niblinto.

Se reconoció la presencia de un antiguo depósito de remoción en masa que habría afectado a las rocas que forman la ladera derecha del valle del río Niblinto, aproximadamente a 2 km aguas arriba del muro del Sitio 2. Este correspondería a un deslizamiento de materiales pertenecientes a la Fm. Cola de Zorro. Se identificaron reactivamientos recientes del depósito en el extremo sur-occidental.

En conjunto con lo anterior, se identificó un antiguo flujo de detritos cuyo depósito corresponde al cono de la quebrada El Imposible. En la actualidad, es poco probable que se generen flujos de tales dimensiones a lo largo de éstas, ya que la configuración de la quebrada ha cambiado y se encuentra encajonada varios metros bajo su paleocauce.

Las observaciones realizadas en terreno y la información obtenida de las investigaciones y ensayos realizados en los 3 Sitios de embalse, han permitido identificar una serie de incertidumbres, fundamentalmente asociadas a: la caracterización particular del macizo rocoso que constituye los estribos de los 3 Sitios, que no resultaron accesibles de modo que no fue posible ejecutar sondajes, perfiles sísmicos ni calicatas; la presencia de depósitos fluviales potencialmente desfavorables desde el punto de vista de la estabilidad de laderas en el vaso de los Sitios 2 y 3; la existencia de una falla inversa posiblemente activa en el área del vaso de los Sitios 1 y 2 y, para el Sitio 3, el espesor y características hidrogeológicas de los materiales existentes en el fondo del valle, así como sus relaciones con el resto de materiales identificados en el sector, y la presencia de una falla que intersecta el vaso de inundación de este embalse cerca de la confluencia de la quebrada El Imposible con el río Niblinto.

Estas incertidumbres identificadas deberán ser subsanadas o aclaradas mediante la ejecución de nuevos trabajos en terreno y estudios de mayor detalle en el desarrollo de las siguientes fases de proyecto.

6 REFERENCIAS

Cruden D.M., 1991. A simple definition of a landslide. International Association for Engineering Geology Bulletin 43, 27-29.

Folguera, A.; Zapata, T.; Ramos, V.A. 2006. Late Cenozoic extension and the evolution of the Neuquén Andes. In Evolution of an Andean margin: A tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35°-39°S lat.) (Kay, S.; Ramos, V.; editors). Geological Society of America, Special Paper 407: 267-285, doi:10.1130/206.2407(12).

Gajardo, A. 1981. Hoja de Concepción-Chillán. Región del Bío-Bío. Instituto de Investigaciones Geológicas. Mapas Geológicos Preliminares 4: 32 p., escala 1:250.000.

Hauser, A., 1993. Remociones en masa en Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago, Boletín No. 45.

Jordan, T.; Burns, M.; Veiga, R.; Pángaro, F.; Copeland, P.; Kelley, S.; Mpodozis, C. 2001. Extension and basin formation in the southern Andes caused by increased convergence rate: A mid-Cenozoic trigger for the Andes. Tectonics 20 (3): 308-324.

Melnick, D.; Rosenau, M.; Folguera, A.; Echtler, H. 2006. Neogene tectonic evolution of the Neuquén Andes western flank (37º-39ºS). In Evolution of an Andean margin: A tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35°-39°S lat) (Kay S.; Ramos V.; editors). Geological Society of America, Special Paper 407: 73-95. doi:10.1130/206.2407(04).

Muñoz, J.; Niemeyer, H: 1984. Hoja Laguna del Maule, Regiones del Maule y Biobío. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile 64: 98 p.

Radic, J.P.; Rojas, L.; Carpinelli, A.; Zurita, E. 2002. Evolución tectónica de la cuenca terciaria de Cura- Mallín, región cordillerana chileno argentina (36°30´ - 39°00´S). In Congreso Geológico Argentino, No.15, Actas 3: 233-237. Calafate.

Radic, J.P. 2010. Las cuencas cenozoicas y su control en el volcanismo de los Complejos Nevados de Chillan y Copahue-Callaqui (Andes del Sur, 36-39°S). Andean Geology, 37 (1): 220-246.

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO (CNR)

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD "MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO, PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO."

N° 3853-0000-GO-INF-006_1

ESTUDIO GEOTÉCNICO

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
A	Nombre Firma	M. Sánchez	P. Talloni	A. Gómez	Coordinación Interna
	Fecha	27.07.12	27.07.12	27.07.12	
B	Nombre Firma	M. Sánchez	P. Talloni	A. Gómez	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	02.08.12	02.08.12	06.08.12	
0	Nombre Firma	M. Sánchez	P. Talloni	A. Gómez	Aprobado Cliente
	Fecha	05.10.12	08.10.12	08.10.12	
1	Nombre Firma	M. Sánchez	P. Talloni	A. Gómez	Aprobado Cliente
	Fecha	07.12.12	07.12.12	31.01.13	

ARCADIS Chile
Antonio Varas 621, Providencia. Santiago
Teléfono: +56 02 381 6000
Fax: +56 02 381 6001
CP: 750 0966
www.arcadis.cl

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD "MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO, PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO."

ESTUDIO GEOTÉCNICO

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 7

2 TRABAJOS REALIZADOS 7

2.1 GEOLOGÍA SUPERFICIAL 7

2.2 PROSPECCIONES 7

2.2.1 Sondajes 8

2.2.1.1 Ensayos in situ en sondajes 9

2.2.2 Calicatas 14

2.2.3 Geofísica 20

2.3 ENSAYOS DE LABORATORIO 21

2.3.1 Ensayos de laboratorio en muestras de sondajes 21

2.3.2 Ensayos de laboratorio en muestras de calicatas 23

3 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA 29

3.1 CARACTERIZACIÓN SITIO 1 29

3.1.1 Unidades de Suelo 29

3.1.2 Unidades de Roca 32

3.1.3 Geofísica 34

3.1.4 Nivel de agua subterránea 36

3.1.5 Caracterización del Fondo del Valle – Muro de presa 37

3.1.6 Caracterización de Estribos Derecho e Izquierdo – Muro de Presa 38

3.1.7 Caracterización del vaso de inundación 38

3.2 CARACTERIZACIÓN SITIO 2 39

3.2.1 Unidades de Suelo 39

3.2.2 Unidades de Roca 42

3.2.3 Geofísica 45

3.2.4 Nivel de agua subterránea 46

3.2.5 Caracterización del Fondo de Valle – Muro de Presa 47

3.2.6 Caracterización de Estribos Derecho e Izquierdo – Muro de Presa 48

3.2.7 Caracterización del vaso de inundación 48

3.3 CARACTERIZACIÓN ÁREA ENTRE SITIOS 1 Y 2 48

3.3.1 Unidades de Suelo 49

3.3.2 Unidades de Roca 50

3.3.3 Geofísica 53

3.3.4 Nivel de agua subterránea 54

3.3.5 Caracterización del área 55

3.4 CARACTERIZACIÓN SITIO 3 56

3.4.1 Unidades de Suelo 56

3.4.2 Unidades de Roca 62

3.4.3 Geofísica 63
3.4.4 Nivel de agua subterránea 63
3.4.5 Caracterización del Fondo de Valle – Muro de Presa 64
3.4.6 Caracterización de Estribos Derecho e Izquierdo – Muro de Presa 65
3.4.7 Caracterización del vaso de inundación 65
3.5 CARACTERIZACIÓN CANALES MATRICES 67
3.5.1 Canal Matriz N°1 67
3.5.2 Canal Matriz N°2 68
3.5.3 Canal Matriz N°3 68
3.5.4 Canal Matriz N°4 69
3.5.5 Canal Matriz N°5 70
3.5.6 Canales de trasvase 70

4 YACIMIENTOS DE MATERIALES DE EMPRESTITOS 72
4.1 REQUERIMIENTO DE MATERIALES DE EMPRÉSTITOS 72
4.2 RESULTADOS ENSAYOS DE LABORATORIO 76
4.2.1 Áreas de Empréstitos 76
4.2.1.1 Yacimiento de Empréstito ENA-1 76
4.2.1.2 Yacimiento de Empréstito ENA-2 79
4.2.1.3 Yacimiento de Empréstito ENA-3 81
4.2.1.4 Yacimiento de Empréstito ENA-4 84
4.2.1.5 Yacimiento de Empréstito ENA-5 86
4.2.1.6 Yacimiento de Empréstito ENA-6 89
4.2.1.7 Yacimiento de Empréstito ENA-7 91
4.2.1.8 Otros sectores de empréstito 93

5 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS 97

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 99
6.1 SITIO 1 99
6.2 SITIO 2 101
6.3 ÁREA COMPRENDIDA ENTRE LOS SITIOS 1 Y 2 102
6.4 SITIO 3 103
6.5 CANALES MATRICES 104
6.6 EMPRÉSTITOS 106
6.7 PROGRAMA DE PROSPECCIONES PROPUESTAS 109

LISTADO DE ANEXOS

Anexo A Informes de Sondajes
Anexo B Fotos de Sondajes
Anexo C Ensayos Lefranc-Mandel
Anexo D Ensayos Lugeon
Anexo E Estratigrafía Calicatas
Anexo F Fotos Calicatas
Anexo G Ensayos de Laboratorio
Anexo H Estudio de Refracción Sísmica
Anexo I Planillas (digital)

LISTADO DE PLANOS

3853-1000-GO-LAM-001	Planta disposición de sondajes y calicatas 1 de 3
3853-1000-GO-LAM-002	Planta disposición de sondajes y calicatas 2 de 3
3853-1000-GO-LAM-003	Planta disposición de sondajes y calicatas 3 de 3
3853-1000-GO-LAM-004	Planta ubicación perfiles de refracción sísmica Sitio 1 y 2
3853-1000-GO-LAM-005	Planta ubicación perfiles de refracción sísmica Sitio 3
3853-1000-GO-LAM-008	Planta disposición de calicatas en zona de riego
3853-1000-GO-LAM-016	Planta disposición de yacimientos de empréstitos 1 de 3
3853-1000-GO-LAM-017	Planta disposición de yacimientos de empréstitos 2 de 3
3853-1000-GO-LAM-018	Planta disposición de yacimientos de empréstitos 3 de 3

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2-1: Características de los Sondajes 8
Tabla 2-2: Clasificación materiales rocosos según su permeabilidad 10
Tabla 2-3: Resumen de Ensayos de permeabilidad en Sondajes 13
Tabla 2-4: Resumen de las características de las calicatas excavadas. 15
Tabla 2-5: Resumen Calicatas Canales Matrices 17
Tabla 2-6: Perfiles Sísmicos de Refracción 21
Tabla 2-7: Resumen de Resultados de Ensayos de Resistencia a Compresión Simple 21
Tabla 2-8: Resumen de Estudios Petrográficos 22
Tabla 2-9: Resumen de Ensayos Calicatas Embalses 24
Tabla 2-10: Resumen de Ensayos Calicatas Canales 27
Tabla 4-1: Volúmenes estimados de materiales de empréstitos 73
Tabla 4-2: Identificación y tipo de materiales en muro CFRD 75
Tabla 4-3: Volúmenes de materiales obtenidos de la excavación de obras anexas 96
Tabla 5-1: Parámetros geotécnicos embalses 97
Tabla 5-2: Parámetros geotécnicos área de riego 97
Tabla 5-3: Aceleraciones máximas del suelo (g) esperadas según fuente sismogénica 98

LISTADO DE FIGURAS

Figura 2-1: Configuración ensayo Lugeon (González Vallejo, 2.002) 9
Figura 2-2: Diagramas Lugeon tipo 11
Figura 3-1: Banda granulométrica. Suelos zona fundación muro de presa sitio 1 30
Figura 3-2: Banda granulométrica. Suelos área de inundación sitio 1. 31
Figura 3-3: Permeabilidad vs. Profundidad Ensayos Lefranc Sondaje S-1. 34
Figura 3-4: Perfil sísmico LSNB-1. 35
Figura 3-5: Banda granulométrica. Suelos zona de fundación muro de presa sitio 2. 40
Figura 3-6: Banda granulométrica. Suelos área de inundación sitio 2. 41
Figura 3-7: Resistencia a compresión uniaxial vs. profundidad. Zona de fundación muro de presa sitio 1. 43
Figura 3-8: Permeabilidad vs. Profundidad ensayos Lugeon sondajes S-2 y S-4. 45
Figura 3-9: Perfil sísmico LSNB-4. 46
Figura 3-10: Banda granulométrica. Suelos zona de fundación muro de presa sitio intermedio. 49
Figura 3-11: Resistencia a compresión uniaxial vs. profundidad. Sondaje S-3. 51
Figura 3-12: Permeabilidad vs. Profundidad. Sondaje S-3. 52
Figura 3-13: Perfil sísmico LSNB-2. 53
Figura 3-14: Perfil sísmico LSNB-4. 54
Figura 3-15: Banda granulométrica. Suelos zona de fundación muro de presa sitio 3. 57
Figura 3-16: Banda granulométrica. Suelos área de inundación sitio 3. Unidad Qfa. 58
Figura 3-17: Banda granulométrica. Suelos área de inundación sitio 3. Unidad Qa. 59
Figura 3-18: Banda granulométrica. Suelos área de inundación sitio 3. Unidad Qc. 60
Figura 3-19: Estado natural. Suelos área de inundación sitio 3. Unidad Qc. 61
Figura 3-20: Permeabilidad vs. Profundidad. Sondajes S-5 y S-6. 62
Figura 4-1: Representación de disposición de materiales en muro CFRD. 74
Figura 4-2: Banda granulométrica característica del yacimiento ENA-1 78
Figura 4-3: Banda granulométrica característica del yacimiento ENA-2 81
Figura 4-4: Banda granulométrica característica del yacimiento ENA-3 83
Figura 4-5: Banda granulométrica representativa del yacimiento ENA-4. 86
Figura 4-6: Banda granulométrica representativa del yacimiento ENA-5. 89
Figura 4-7: Banda granulométrica representativa del yacimiento ENA-6. 91
Figura 4-8: Banda granulométrica representativa del yacimiento ENA-7. 93

Figura 4-9: Ubicación posible zona de empréstito fuera del área de inundación 94
Figura 4-10: Ubicación posibles zonas de empréstitos área de inundación Sitio 3..... 95

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento constituye el estudio geotécnico de los tres sitios de presa seleccionados con anterioridad y de los yacimientos de materiales de empréstitos disponibles en el entorno, susceptibles de ser utilizados en la ejecución del proyecto.

Durante el desarrollo del presente estudio de prefactibilidad, ARCADIS Chile ejecutó un total de **6 sondajes y 2.061 ml de perfiles de refracción sísmica** en los 3 sitios de presas seleccionados en las primeras etapas del mismo. Adicionalmente, se excavaron **67 calicatas** repartidas en la zona de presa, zona de inundacion y alternativas de yacimientos de materiales de empréstitos**y 23 calicatas** adicionales en zona de riego, para la investigación del trazado de los canales matrices a proyectar.

Las láminas 3853-1000-GO-LAM-001 a 3853-1000-GO-LAM-005 y la lámina 3853-1000-GO-LAM-008 detallan la ubicación de las prospecciones realizadas.

2 TRABAJOS REALIZADOS

A continuación se presenta un resumen de los trabajos realizados, tanto en terreno como en laboratorio, utilizados en el análisis de las características geológico-geotécnicas de las zonas de embalse previstas.

2.1 GEOLOGÍA SUPERFICIAL

Se realizó una cartografía geológica de superficie en la zona de los muros propuestos, así como del vaso de cada una de las alternativas seleccionadas.

En esta cartografía se detallan las unidades de rocas y de suelos existentes, así como las características estructurales de los materiales presentes.

Con el apoyo de esta cartografía y en base a los reconocimientos en terreno y la bibliografía existente, se pudo desarrollar el Informe Geológico presentado en esta misma etapa, que constituye un complemento a este documento.

2.2 PROSPECCIONES

En el área de estudio se realizaron diversas prospecciones que han proporcionado información sobre las características geológico-geotécnicas de los materiales, tanto en superficie como en profundidad.

La investigación en terreno ha consistido en la ejecución de sondeos mecánicos, calicatas y perfiles sísmicos de refracción. Con la realización de dichas prospecciones, se obtuvieron diversas muestras del terreno que fueron sometidas a diferentes ensayos “in-situ” y de laboratorio, con la finalidad de determinar los parámetros de estado natural y de puesta en obra, parámetros de resistencia y deformabilidad, excavabilidad, aprovechabilidad, etc. de cada uno de los materiales presentes.

Los resultados de estos estudios, constituyen una primera aproximación a las condiciones de fundación de las obras; no obstante lo anterior, para el diseño de la presa y obras anexas, será necesario contar con mayor información, para lo cual deberá elaborarse a posteriori un programa de prospecciones que permita resolver todas las incertidumbres asociadas a las características geológico-geotécnicas de los sectores mencionados.

2.2.1 Sondajes

Para este estudio fueron ejecutados un total de **6 sondajes**, con profundidades de entre 22 y 30 m, ubicados en zonas consideradas de especial interés en torno a los ejes de los muros proyectados para las alternativas de embalse.

En total fueron **perforados 158.5 metros** entre los meses de febrero y abril de 2.012, previo a la temporada de lluvias en la zona, aspecto que debe ser tenido en consideración en el análisis de los niveles de aguas subterráneas detectados.

La Tabla 2-1 presenta las principales características de los sondajes ejecutados y en los planos 3853-1000-GO-LAM-001 a3853-1000-GO-LAM-003 se indica su ubicación.

Tabla 2-1: Características de los Sondajes

Sitio	Sondaje	Coordenadas (WGS84, H19)**		Inclinación* (°)	Prof. máx. (m)	Resumen Estratigrafía	Nivel Napa (Prof., m)
		Norte	Este				
Sitio 1	S-1	5934553	258493	0	30,00	0,00-0,60m: Suelo vegetal 0,60-6,00m: $Q_{Fluvial}$ 6,00-30,00m: Roca (Tobas)	6,20
Sitio 2	S-2	5934780	259636	0	30,00	0,00-0,30m: Suelo vegetal 0,30-2,00m: $Q_{Fluvial}$ 2,00-30,00m: Roca (Tobas)	4,50
Área Intermedia Sitios 1 y 2	S-3	5934532	259011	0	30,00	0,00-1,70m: Suelo vegetal 1,70-30,00m: Roca (Alternancia de brechas y tobas)	5,10
Sitio 2	S-4	5934713	259620	0	24,50	0,00-0,60m: Suelo vegetal 0,60-3,50m: $Q_{Fluvial}$ 3,50-24,50m: Roca (Tobas)	5,00
Sitio 3	S-5	5933720	266372	0	22,00	0,00-1,40m: Suelo vegetal 1,40-22,00m: $Q_{Fluvial}$	6,20
Sitio 3	S-6	5933683	266344	0	22,00	0,00-0,40m: Suelo vegetal 0,40-22,00m: $Q_{Fluvial}$	No detectado

(*) Inclinación respecto de la vertical.
(**) Coordenadas sistema GPS.

2.2.1.1 Ensayos in situ en sondajes

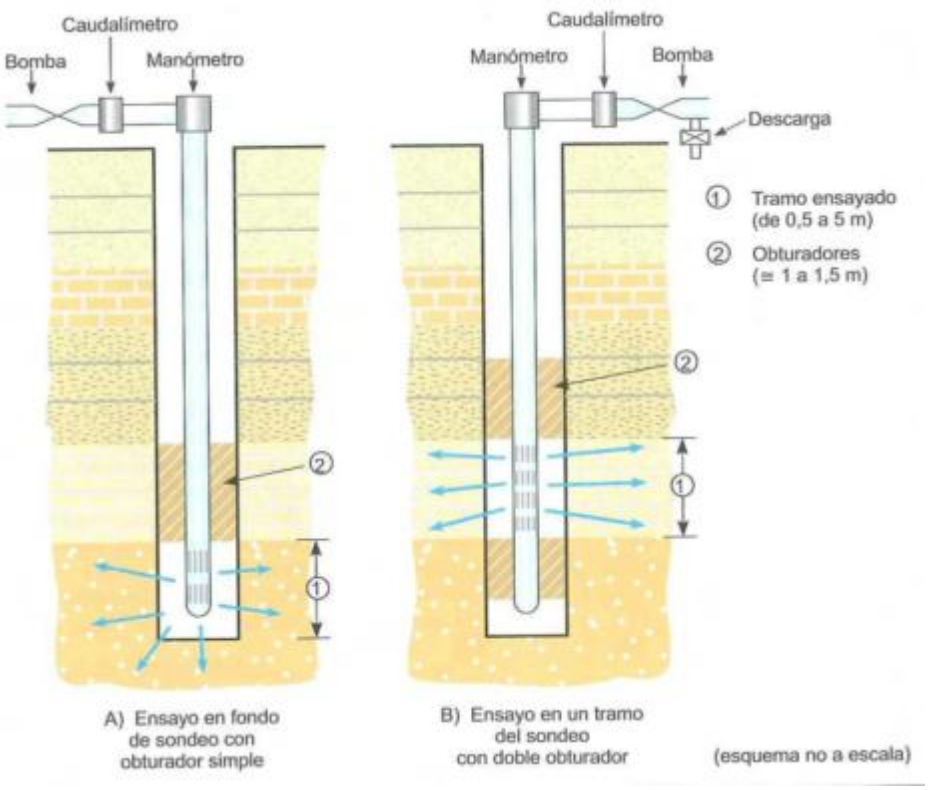
Durante la ejecución de los sondajes, y con el objeto de caracterizar el macizo rocoso desde el punto de vista hidrogeológico (fracturación, percolación e inyectabilidad), aspecto que puede resultar determinante en un proyecto de estas características, se definió la realización de ensayos de admisión de agua de tipo Lugeon.

El método Lugeon, utilizado fundamentalmente en rocas competentes, consiste en inyectar agua a presión sobre un tramo determinado del sondaje, de modo que permite calcular semicuantitativamente la permeabilidad de los macizos rocosos.

Normalmente se ensayan tramos de 5 m de sondaje, aislando el tramo de ensayo del resto del sondaje mediante el empleo de obturadores (en el caso de utilizarse dos obturadores, este ensayo se conoce también como packer test).

Si el ensayo se realiza en el fondo del sondaje (5 m finales de la perforación), únicamente es necesario el empleo de un obturador, tal como su autor, Maurice Lugeon definió el ensayo.

Figura 2-1: Configuración ensayo Lugeon (González Vallejo, 2.002)



Durante la ejecución del ensayo Lugeon, la presión se aplica en escalones sucesivos de carga y descarga, manteniendo la presión en cada escalón durante 10 minutos.

Siempre deben alcanzarse los 10 kp/cm^2, excepto en rocas blandas en las que se puede producir fractura hidráulica antes de llegar a dicha presión.

Debe destacarse que los valores de permeabilidad obtenidos a 5 y 10 kp/cm^2 no pueden extrapolarse linealmente para presiones mayores.

La unidad de medida del ensayo es el lugeon, que corresponde a una absorción de agua de 1 litro por metro de sondaje y por minuto, realizando el ensayo a 10 atm de presión durante 10 minutos. Una unidad lugeon equivale a un coeficiente de permeabilidad de 10^{-5} cm/s.

Los resultados de esta prueba se presentan en función de la profundidad, en unidades lugeon, o admisión en l/m x min en función de la presión ensayada.
Con los resultados obtenidos de los ensayos realizados, se puede clasificar los materiales rocosos en función de la permeabilidad, tal como proponen Olalla y Sopeña (1.991):

Tabla 2-2: Clasificación materiales rocosos según su permeabilidad

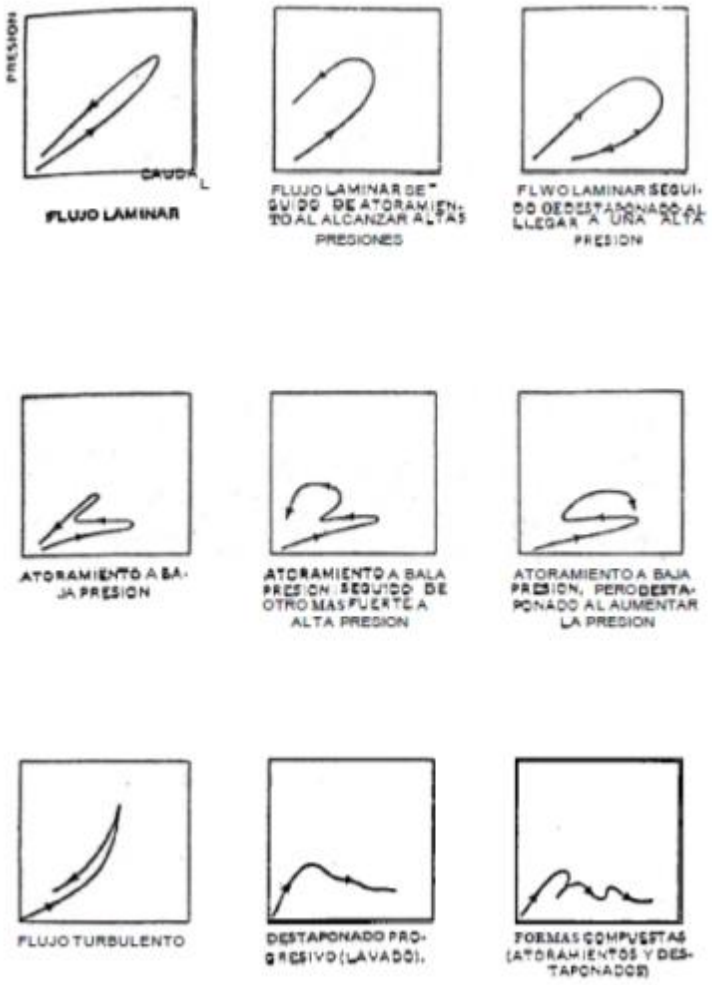
Tipo de macizo	Unidades Lugeon	Presión (kp/cm^2)
Muy impermeable	0-1	10
Prácticamente impermeable	1-3	10
Permeable	>3	10
	1.5-6	5
Muy permeable	>3	10
	>6	5

El ensayo Lugeon tiene también una interpretación cualitativa en forma gráfica y que se utiliza para analizar el efecto que la presión produce en el medio ensayado.

Como se estableció anteriormente, los ensayos Lugeon suelen realizarse por escalones, elevando progresivamente la presión y posteriormente disminuyéndola.

En ocasiones, al aumentar la presión aumenta la permeabilidad, lo que indica apertura o lavado de fisuras. Otras veces se producen colmataciones, fracturaciones, etc. Todo ello conduce a una variedad de tipos de curvas, a las que se denomina diagramas Lugeon. Estos diagramas indican diversas tendencias de comportamiento del medio frente al ensayo tal como aparecen sistemáticamente en la Figura 2-2 (catálogo IGME).

Figura 2-2: Diagramas Lugeon tipo



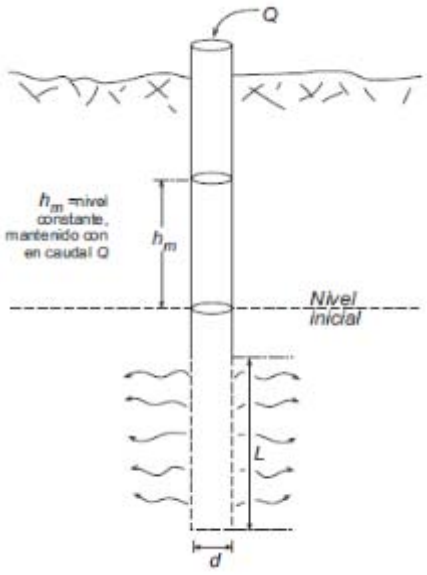
En un diagrama Lugeon se representan caudales de absorción en l/min/m frente a presiones en kg/cm^2 medidas en el manómetro, si no se tiene en cuenta el peso de la columna de agua los puntos se alinearían en una recta que pasaría por el origen, como corresponde a la relación teórica que existe entre caudales y presión.

Observando el diagrama Lugeon se deduce pues el efecto que la presión tiene sobre el medio ensayado.

En aquellos sondajes en los que los materiales existentes desaconsejaban el uso de este método, se sustituyó la ejecución de ensayos Lugeon por ensayos de permeabilidad de tipo Lefranc-Mandel.

Estos ensayos se utilizan para estimar el coeficiente de permeabilidad en suelos permeables o semipermeables, preferiblemente de tipo granular, y en rocas muy fracturadas.

El procedimiento consiste en rellenar de agua el sondaje y medir el caudal necesario para mantener el nivel constante (ensayo a régimen permanente) o bien medir la velocidad de descenso del nivel del agua (ensayo a régimen variable).
En el ensayo Lefranc a nivel constante, se introduce un caudal constante, *Q*, para mantener el nivel de agua dentro del sondaje estabilizado a una altura *hm*. Atendiendo a la siguiente configuración, la conductividad hidráulica se obtiene por la expresión:



$$K = \frac{Q}{C * hm}$$

Donde:
K = conductividad hidráulica
Q = caudal inyectado
h_m = altura del agua dentro del sondaje, por encima del nivel estático previo
C = factor de forma

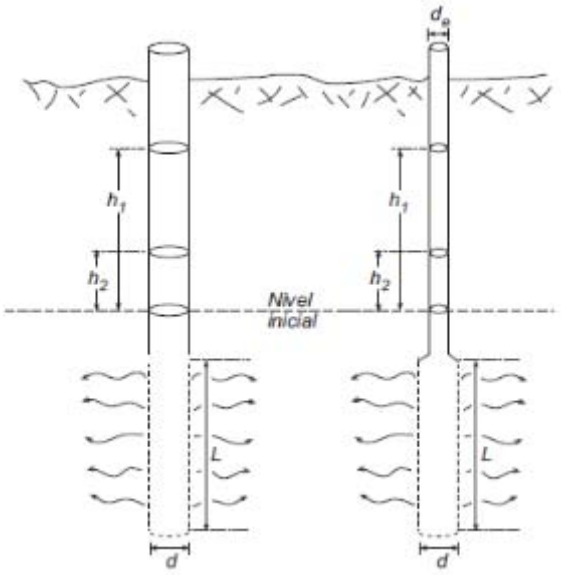
$$C = \frac{2\pi L}{\ln(2L/d)}$$

L = longitud de la zona filtrante
D = diámetro del sondaje

Si bien el ensayo de permeabilidad Lefranc a nivel variable se considera poco fiable y meramente indicativo (como ejemplo cabe mencionar que NAVFAC, desde 1.986, no los considera como ensayos Lefranc, aunque utiliza la misma formulación), estos ensayos también permiten, de manera rápida, obtener información adicional dentro del sondaje perforado.

En este caso, se hace subir el nivel de agua en el interior del sondaje hasta una altura h0, y posteriormente se miden los niveles h1 y h2, entre los que ha transcurrido un tiempo t.

La permeabilidad se calcula mediante la expresión:



$$K = \frac{de^2 \ln(\frac{2L}{d})}{8\,L\,t} \ln \frac{h1}{h2}$$

donde:

K= conductividad hidráulica
h_1, h_2 = altura del agua al principio y al final del ensayo
t = tiempo transcurrido entre la observación delos niveles h_1 y h_2
L = longitud de la zona filtrante
d = diámetro de la zona filtrante
d_e = diámetro de la entubación

En la Tabla 2-3 se presenta el número y profundidad de los ensayos de permeabilidad realizados en cada uno de los sondajes.

Tabla 2-3: Resumen de Ensayos de permeabilidad en Sondajes

Sitio	Sondaje	Coordenadas (WGS84, H19)		Ensayos in situ	
		Norte	Este	Lugeon (N° y Prof.)	Lefranc Mandel (N° y Prof.)
Sitio 1	S-1	5934553	258493	01 - 15,00-20,00m 02 - 20,00-25,00m 03 - 25,00-30,00m	01 - 4,00-5,00m 02 - 9,00-10,00m 03 - 14,00-15,00m
Sitio 2	S-2	5934780	259636	00 - 5,00-10,00m 01 - 10,00-15,00m 02 - 15,00-20,00m 03 - 20,00-25,00m 04 - 25,00-30,00m	-
Área Sitios 1 y 2	S-3	5934532	259011	01 - 15,00-20,00m 02 - 20,00-25,00m 03 - 25,00-30,00m	01 - 4,00-5,00m 02 - 9,00-10,00m
Sitio 2	S-4	5934713	259620	00 - 5,00-10,00m 01 - 9,50-14,50m 02 - 14,50-19,50m 03 - 19,50-24,50m	-
Sitio 3	S-5	5933720	266372	-	01 - 4,00-5,00m 02 - 9,00-10,00m 03 - 14,00-15,00m 04 - 19,00-20,00m

Sitio	Sondaje	Coordenadas (WGS84, H19)		Ensayos in situ	
		Norte	Este	Lugeon (N° y Prof.)	Lefranc Mandel (N° y Prof.)
Sitio 3	S-6	5933683	266344	-	01 - 4,00-5,00m 02 - 9,00-10,00m 03 - 14,00-15,00m 04 - 19,00-20,00m
Totales				**15**	**13**

Los informes y fotografías de los 6 sondajes realizados se detallan en los Anexos A y B y los resultados de los ensayos de permeabilidad efectuados se incluyen en los Anexos C y D.

2.2.2 Calicatas

En el área de las 3 alternativas en estudio se ejecutaron un total de **67 calicatas**, con profundidades variables entre 2,1 y 5,4 metros, con el propósito de analizar los suelos de sobrecarga en el área de las presas y las características generales de sus áreas de inundación, así como analizar los materiales del sector para su posible reutilización en las obras previstas.

Debido a la proximidad de las distintas alternativas, la coincidencia en gran parte del área del vaso de inundación de los sitios 1 y 2, y teniendo en cuenta que los materiales son de características muy similares en todos los casos y las necesidades de materiales de empréstito son importantes, se optó por orientar la mayor parte de ellas a estimar los volúmenes de materiales disponibles para el cuerpo de la presa.

A continuación se presenta la Tabla 2-4 donde se incluye un resumen de las características de los materiales excavados.

Tabla 2-4: Resumen de las características de las calicatas excavadas.

Objeto	Calicatas	Prof. Máx. (m)	Resumen Estratigrafía	Nivel de Napa (m)	Causa fin excavación
Sitio 1	**CCT-1 a CCT-5**	3,5-5,0	0,40-1,00m: Suelo Vegetal 0,40-5,00m: Gravas areno-arcillosas / Bolones y bloques de hasta 35" con matriz de grava arenosa y algunas raíces.	CCT-2: No detectado Resto: Entre 3,40 y 4,00 m	Presencia de grandes bloques
Vaso	CCT-6	4,00	0,00-0,50m: Suelo Vegetal 0,50-0,90m: Arena con grava dispersa de tam. máx. 3/4". Restos de materia orgánica. Raíces. 0,90-4,00m: Bolones y bloques de hasta 36" con matriz de grava arenosa y algunas raíces.	2,40	Presencia de grandes bloques
Área intermedia sitios 1 y 2	**CCT-7 a CCT-11**	2,5-3,8	0,00-1,00m: Suelo Vegetal 0,40-2,50m: Limo arenoso de color pardo con abundantes raíces. 0,40-3,80m: Bolones y bloques de hasta 42" con matriz de grava arenosa y algunas raíces.	CCT-7, 8 y 11: No detectado Resto: entre 3,60-3,70 m	Presencia de grandes bloques
Vaso	CCT-12	2,60	0,00-0,60m: Suelo Vegetal 0,60-2,60m: Grava arenosa con bolones y bloques dispersos, de hasta 30", y algunas raíces.		Presencia de grandes bloques
Sitio 2	**CCT-13 a CCT-16**	2,2-3,1	0,30-0,60m: Suelo Vegetal 0,30-1,80m: Limo arcillo-arenoso color pardo con algunas raíces. 0,40-3,10m: Bolones y bloques de hasta 47" con matriz de grava arenosa y algunas raíces.	CCT-14: 2,50 m Resto: No detectado	Presencia de grandes bloques
Vaso	CCT-17 y CCT-18	3,8-4,0	0,40-0,70m: Suelo Vegetal 0,40-4,00m: Arenas limo-arcillosas con gravas, bolones y bloques de hasta 74".	Húmedo	Presencia de grandes bloques
Yacimientos	CCT-19 a CCT-44 y CCT-63 a CCT-67	2,1-5,4	0,15-1,40m: Suelo Vegetal (CCT-42) Resto: mismas unidades (limos arenosos / arenas y gravas con bolones y bloques)	Muy variable: No detectado a 0,80 m	Presencia de grandes bloques / Presencia de agua

Objeto	Calicatas	Prof. Máx. (m)	Resumen Estratigrafía	Nivel de Napa (m)	Causa fin excavación
Vaso	CCT-45	5,00	0,00-2,10m: Limos arenosos con posible presencia de arcillas de plasticidad media. 2,10-5,00m: Granodiorita fuertemente alterada.	No detectado	Roca
Sitio 3	**CCT-46 a CCT-49**	2,9-3,8	0,35-1,50m: Suelo Vegetal 0,35-3,50m: Limos arenosos con gravas, bolones y bloques dispersos de hasta 32". 1,80-3,70m: Maicillo	CCT-46: No detectado Resto: Entre 1,30 y 3,30 m	
Vaso	CCT-50	3,40	0,00-0,20m: Suelo Vegetal 0,20-1,40m: Limos arenosos con gravas, bolones y bloques dispersos de hasta 26". 1,40-3,40m: Arenas limosas con gravas y bolones de hasta 10".	3,00	Presencia de agua
Yacimientos	CCT-51 a CCT-62	2,8-4,5	0,20-0,40m: Suelo Vegetal 0,20-3,70m: Limos arenosos con gravas, bolones y bloques dispersos de hasta 33". 1,90-4,5m: Arenas medias a gruesas con gravas, bolones y bloques de hasta 35". En ocasiones, maicillo.	CCT-61: 4.40m CCT-62: 4.30m Resto: No detectado	Presencia de grandes bloques

Todas las calicatas fueron muestreadas de manera de clasificar los distintos materiales excavados y cuantificar el volumen disponible, requerido en la construcción del muro de presa.

Posteriormente, una vez identificados los distintos materiales, se seleccionaron las muestras consideradas más representativas y se definieron los ensayos fundamentales para su caracterización.

Por su parte, para el estudio de los **canales matrices** se han ejecutado **23 calicatas** ubicadas a lo largo de los trazados de los nuevos canales, con profundidades variables entre 1,4 y 3,9 metros.

En la Tabla 2-5 se indican las principales características de estas calicatas.

Tabla 2-5: Resumen Calicatas Canales Matrices

Calicata	Coordenadas (WGS84, H19)**		Prof. Máx. (m)	Resumen Estratigrafía	Nivel de Napa (m)	Causa fin excavación
	Norte	Este				
C-1	5929946	249989	3,10	0,00-0,60m: Suelo vegetal 0,60-1,80m: Arenas de grano medio a grueso con gravillas y bloques hasta 15", y limos-arcillosos color ocre. 1,80-3,10m: Arenas gruesas limosas con abundantes gravas y bloques hasta 26".	No detectado	Presencia de grandes bloques.
C-2	5931302	248509	1,60	0,00-0,60m: Suelo vegetal 0,60-1,60m: Arenas limo-arcillosas con algo de grava y bolones hasta 7".	0,60	Presencia de agua.
C-3	5933078	247678	1,85	0,00-0,70m: Suelo vegetal 0,70-1,85m: Arenas limo-arcillosas con algo de grava y bolones hasta 10".	1,30	Presencia de agua.
C-4	5934471	247012	2,55	0,00-0,70m: Suelo vegetal 0,70-1,80m: Arenas de grano medio a grueso, limosas, con gravillas y algunos bolones dispersos de hasta 6". 1,80-2,55m: Arenas gruesas limosas con abundantes gravas y algunos bolones hasta 12".	2,35	Presencia de agua.
C-5	5936141	246742	2,50	0,00-0,85m: Suelo vegetal 0,85-1,90m: Arenas limosas, de grano medio a grueso, con escasas gravas. 1,90-2,50m: Arenas gruesas gravosas con algunos limos y bolones hasta 6".	2,40	Presencia de agua.
C-6	5937888	246671	2,05	0,00-0,60m: Suelo vegetal 0,60-2,05m: Arenas gravosas con limos color negruzco, y algunos bolones de hasta 8".	1,85	Presencia de agua.
C-7	5939764	245829	3,10	0,00-0,40m: Suelo vegetal 0,40-2,00m: Arenas limosas compactas, color ocre, con algunos bolones de hasta 6". 2,00-2,90m: Arenas limosas (maicillo). 2,90-3,10m: Arenas gravosas con algunos limos y bolones de hasta 8".	3,65	Presencia de agua.

Calicata	Coordenadas (WGS84, H19)**		Prof. Máx. (m)	Resumen Estratigrafía	Nivel de Napa (m)	Causa fin excavación
	Norte	Este				
C-8	5941201	246112	1,40	0,00-0,70m: Suelo vegetal 0,70-1,40m: Arenas graníticas con limo-arcilloso de color oscuro.	1,30	Presencia de agua.
C-9	5943723	245210	3,40	0,00-0,70m: Suelo vegetal 0,70-2,40m: Limos arenosos con posible presencia de arcillas, color café claro. 2,40-3,40m: Arenas gruesas gravosas con algunos limos y bolones y bloques espaciados, de hasta 28".	3,35	Presencia de agua.
C-10	5936689	252754	3,90	0,00-0,65m: Suelo vegetal 0,65-3,90m: Limos arenosos color café claro, con fuerte cementación a partir de 1,20 m.	No detectado	Presencia de grandes bloques.
C-11	5936762	251241	2,20	0,00-0,40m: Suelo vegetal 0,40-2,20m: Arenas de grano medio a grueso con gravas y limos y algunos bolones de hasta 12".	1,90	Presencia de agua.
C-12	5937055	249389	3,65	0,00-0,40m: Suelo vegetal 0,40-1,60m: Limos arenosos color café claro con algunos bolones dispersos de hasta 7". 1,60-3,65m: Arenas gruesas limosas color pardo con cementación moderada.	3,65	Presencia de agua.
C-13	5937326	251371	3,85	0,00-0,20m: Suelo vegetal 0,20-3,85m: Limos color café claro con arenas medias a finas.	3,65	Presencia de agua.
C-14	5937658	249691	3,30	0,00-0,50m: Suelo vegetal 0,50-2,60m: Limos arenosos café oscuro, con cementación débil a moderada. 2,60-3,30m: Arenas gruesas limosas con algunas gravas y bolones dispersos de hasta 4".	3,15	Presencia de agua.
C-15	5938441	248135	1,70	0,00-0,40m: Suelo vegetal 0,40-1,20m: Arenas limosas color grisáceo. 1,20-1,70m: Arenas gruesas limosas graníticas.	No detectado	Presencia de grandes bloques.

Calicata	Coordenadas (WGS84, H19)**		Prof. Máx. (m)	Resumen Estratigrafía	Nivel de Napa (m)	Causa fin excavación
	Norte	Este				
C-16	5940679	247245	1,70	0,00-0,60m: Suelo vegetal 0,60-1,70m: Arenas de grano medio a grueso limosas, con algunas gravas y bolones dispersos de hasta 10".	3,15	Presencia de agua.
C-17	5941725	247123	3,30	0,00-0,40m: Suelo vegetal 0,40-3,30m: Limos arenosos, con algo de arcilla y algunas gravas y bolones de hasta 4".	1,80	Presencia de agua.
C-18	5943695	246470	3,10	0,00-0,50m: Suelo vegetal 0,50-1,50m: Arenas de grano grueso con gravas y algunos limos, y bolones de hasta 12". 1,50-3,10m: Arenas de grano medio a grueso, gravosas, con algunos limos y bloques dispersos de hasta 15".	2,80	Presencia de agua.
C-19	5941188	252263	2,20	0,00-0,70m: Suelo vegetal 0,70-1,70m: Limos arenosos con gravas gruesas y bolones de hasta 11", con abundante materia orgánica. 1,70-2,20m: Arenas gruesas a medias, graníticas, con gravas y bloques de hasta 15".	2,00	Presencia de agua.
C-20	5943012	251172	3,00	0,00-0,15m: Suelo vegetal 0,15-3,00m: Limos arenosos color café claro, con algo de arcilla de plasticidad media.	2,90	Presencia de agua.
C-21	5944313	249438	1,85	0,00-0,15m: Suelo vegetal 0,15-0,50m: Limos arenosos color pardo con presencia de gravilla. 0,50-1,85m: Arenas de grano grueso, con abundantes gravas y bolones de hasta 6", y algunos limos.	1,60	Presencia de agua.
C-22	5945739	248416	1,50	0,00-0,15m: Suelo vegetal 0,15-1,60m: Arenas limosas con algunas gravas y bolones de hasta 5", de color pardo, con cementación fuerte.	1,60	Presencia de agua.

Calicata	Coordenadas (WGS84, H19)**		Prof. Máx. (m)	Resumen Estratigrafía	Nivel de Napa (m)	Causa fin excavación
	Norte	Este				
C-23	5947302	248175	2,50	0,00-0,50m: Suelo vegetal 0,50-1,25m: Limos arenosos de color pardo, con cementación débil. 1,25-2,50m: Limos arenoso color café claro con posible presencia de arcillas y cementación débil.	1,95	Presencia de agua.

(**) Coordenadas sistema GPS.

De cada una de estas calicatas también se extrajo muestra para su posterior ensayo en laboratorio.

La descripción estratigráfica de todas las calicatas y sus fotografías se presentan en los Anexos E y F.

En los planos 3853-1000-GO-LAM-001 a 3853-1000-GO-LAM-003 se indica la ubicación de las calicatas excavadas en las zonas de embalse y en el plano 3853-1000-GO-LAM-008 las excavadas para el estudio de los canales matrices.

Todas estas calicatas se excavaron en entre los meses de abril y junio de 2.012, previo a la temporada de lluvias en el sector. Esto implica que los niveles de aguas subterráneas detectados en las excavaciones serían, presumiblemente, más profundos que los registrados en períodos de julio a octubre de cada año.

2.2.3 Geofísica

Los estudios geofísicos ejecutados durante la etapa de prefactibilidad, abarcan las principales zonas de interés para este estudio, correspondientes a las zonas de ubicación de los muros, y al sector comprendido entre la ubicación del sitio 1 y el 2, con el fin de caracterizar el área intermedia.

En total, fueron ejecutados **6 perfiles de refracción sísmica**, con un total de **2.061 metros** prospectados.

En la Tabla 2-6 se describen sus principales características y en los planos 3853-1000-GO-LAM-004 y 3853-1000-GO-LAM-005, se presenta su ubicación en planta.

Tabla 2-6: Perfiles Sísmicos de Refracción

Perfil sísmico	Zona de estudio	Coordenadas punto inicial (WGS84, H19)		Coordenadas punto final (WGS84, H19)		Longitud (m)	Sondajes de apoyo
		Norte	Este	Norte	Este		
LSNB-1	Sitio 1	5934576	258482	5934441	258488	158	S-1
LSNB-2	Área intermedia sitios 1 y 2	5934632	259124	5934396	259315	321	S-3, S-2 y S-4
LSNB-3		5934509	259249	5934667	259536	365	
LSNB-4	Sitio 2	5934870	259662	5934671	259663	228	S-2, S-4
LSNB-5	Sitio 3	5933813	266057	5933712	266741	730	S-5, S-6
LSNB-6		5933823	266398	5933593	266347	259	

En el Anexo H se detallan los resultados de este trabajo.

2.3 ENSAYOS DE LABORATORIO

Con las muestras extraídas de sondajes y calicatas efectuados, se llevaron a cabo, en centros especializados, los ensayos de laboratorio que se describen a continuación.

2.3.1 Ensayos de laboratorio en muestras de sondajes

Para la descripción petrográfica de los materiales rocosos predominantes en los testigos de sondajes, se efectuaron **7 cortes transparentes**.

Con el objeto de caracterizar la resistencia y de formabilidad del macizo, se tomaron **15** muestras para la realización de ensayos de resistencia a **compresión simple** con medida de módulos de deformación y determinación de pesos unitarios.

Los resultados de los ensayos de resistencia a compresión simple realizados se muestran en la siguiente tabla resumen:

Tabla 2-7: Resumen de Resultados de Ensayos de Resistencia a Compresión Simple

Sondaje	Muestra	Prof. Inicial	Peso Unitario	Esfuerzo Ruptura (s_1)	Módulo de Young Secante	Razón de Poisson	Tipo de Ruptura
		m	t/m^3	MPa	GPa		
S-4	ME008	5,23	1,72	50,34	10,32	0,13	Matriz
S-4	ME009	13,17	1,68	52,20	11,84	0,18	Matriz
S-4	ME010	16,24	1,21	27,80	5,86	0,33	Matriz
S-4	ME011	23,10	1,32	41,70	12,37	0,15	Matriz
S-2	ME012	5,71	1,80	63,28	24,24	0,26	Matriz
S-2	ME013	9,00	1,80	109,69	28,30	0,19	Matriz
S-2	ME014	13,73	1,78	72,12	20,16	0,21	Matriz

Sondaje	Muestra	Prof. Inicial	Peso Unitario	Esfuerzo Ruptura (s_1)	Módulo de Young Secante	Razón de Poisson	Tipo de Ruptura
		m	t/m^3	MPa	GPa		
S-2	ME015	25,00	1,74	87,44	18,08	0,25	Matriz
S-3	ME001	6,95	2,28	33,77	17,54	0,16	Matriz
S-3	ME002	11,10	2,12	29,45	6,86	0,24	Matriz
S-3	ME004	15,15	2,18	38,07	7,07	0,18	Matriz
S-3	ME005	18,00	1,96	36,67	14,10	0,16	Matriz
S-3	ME006	20,20	1,94	18,54	6,97	0,18	Matriz
S-3	ME007	27,80	2,31	60,91	19,08	0,20	Matriz
S-6	ME016	12,65	2,58	153,62	54,44	0,27	Matriz

Los resultados de los estudios petrográficos realizados pueden resumirse del siguiente modo:

Tabla 2-8: Resumen de Estudios Petrográficos

Sondaje	Prof. Muestra (m)	Clasificación petrográfica	Textura	Objeto
S-1	11,90	Diabasa de piroxeno y seudomorfos de olivino	Porfídica seriada con parcial a fuerte fluidez	Sitio 1
S-2	7,87	Toba dacítica/riolítica de cristales	Volcanoclástica, con fragmentos de cristales y matriz parcialmente desvitrificada	Sitio 2
S-2	16,07	Toba dacítica/riolítica de cristales	Volcanoclástica, con fragmentos de cristales y matriz fluidal parcialmente desvitrificada	Sitio 2
S-4	15,37	Toba dacítica/riolítica de cristales	Volcanoclástica, con fragmentos de cristales y matriz parcialmente desvitrificada	Sitio 2
S-4	22,20	Toba dacítica/riolítica de cristales	Volcanoclástica, con fragmentos de cristales y matriz parcialmente desvitrificada	Sitio 2
S-3	29,25	Andesita amigdaloidal	Porfídica, con masa fundamental microlítica afieltrada	Área Intermedia Sitios 1 y 2
S-6	12,50	Andesita de piroxeno	Porfídica, con masa fundamental intergranular	Sitio 3

En el Anexo G se incluyen los certificados de los resultados enviados por los laboratorios.

2.3.2 Ensayos de laboratorio en muestras de calicatas

Las muestras tomadas en las calicatas de reconocimiento, fueron sometidas a los siguientes ensayos de laboratorio:

- Granulometría, límites de Atterberg, humedad natural, peso específico y clasificación USCS para todas las muestras.
- Ensayos de compactación de tipo Proctor Modificado en muestras seleccionadas de las calicatas de los canales matrices.
- Se realizó una excavación adicional en el lecho del río Niblinto para el análisis sedimentológico del mismo, realizándose ensayos de granulometría integral e identificación de los materiales extraídos.

En las tablas que se presentan a continuación se presentan los resultados de los ensayos realizados.

Tabla 2-9: Resumen de Ensayos Calicatas Embalses

Calicata	Profundidad		Granulometría (% que pasa)												Lím. Atterberg		
	Inicial	Final													LL (%)	LP (%)	IP (%)
	(m)		100	80	63	50	40	25	20	10	5	2	0,50	0,08			
CCT-3	1,00	3,60	100	100	92	89	76	52	46	39	34	29	16	6	NO	NO	NP
CCT-5	0,70	3,50	100	95	87	73	59	50	40	32	29	27	14	7	NO	NO	NP
CCT-7	0,40	2,50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	84	42	NO	NO	NP
CCT-9	0,50	3,80	100	96	90	85	80	67	58	42	32	25	12	4	NO	NO	NP
CCT-11	0,30	3,50	100	100	96	83	76	62	56	45	36	29	15	5	NO	NO	NP
CCT-12	0,60	2,60	100	100	90	83	77	68	61	47	37	32	15	5	NO	NO	NP
CCT-15	0,30	1,80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	94	77	30	NO	NO	NP
CCT-16	1,20	3,00	100	100	100	83	74	63	59	52	46	38	16	5	NO	NO	NP
CCT-17	2,10	4,00	100	100	86	73	64	55	51	39	32	24	12	5	NO	NO	NP
CCT-19	3,00	4,10	100	96	93	79	73	65	58	43	32	24	10	3	NO	NO	NP
CCT-22	1,30	2,80	100	100	100	90	84	71	63	48	39	31	18	7	NO	NO	NP
CCT-24	0,55	2,10	100	100	92	83	76	62	56	41	29	22	11	3	NO	NO	NP
CCT-26	0,45	3,10	100	96	89	75	63	50	44	30	22	15	3	1	NO	NO	NP
CCT-27	0,80	3,50	100	100	100	93	81	70	61	44	30	17	5	2	NO	NO	NP
CCT-30	1,30	4,00	100	100	94	85	74	61	54	38	28	19	10	7	NO	NO	NP
CCT-32	2,10	2,50	100	63	59	50	44	38	34	27	20	16	8	3	NO	NO	NP
CCT-34	2,60	3,00	100	100	91	84	70	65	49	36	28	18	10	6	NO	NO	NP
CCT-36	0,70	3,10	100	88	84	81	66	48	42	32	25	17	9	4	NO	NO	NP
CCT-40	1,70	3,20	100	100	96	90	87	81	72	67	61	51	43	22	23,0	21,1	1,9
CCT-41	1,70	2,80	100	86	82	76	66	60	55	45	34	22	6	3	NO	NO	NP
CCT-43	0,00	2,10	100	89	79	72	65	52	47	35	22	17	8	5	NO	NO	NP
CCT-45	3,00	5,00	100	100	98	96	94	92	88	83	55	48	37	28	NO	NO	NP
CCT-46	2,10	3,80	100	100	96	79	69	61	56	46	39	30	15	6	NO	NO	NP
CCT-47	2,50	2,90	100	98	94	90	87	84	70	65	61	56	41	26	20,2	20,0	0,2

Calicata	Profundidad		Granulometría (% que pasa)												Lím. Atterberg		
	Inicial	Final													LL (%)	LP (%)	IP (%)
	(m)		100	80	63	50	40	25	20	10	5	2	0,50	0,08			
CCT-48	2,50	3,70	100	100	100	100	100	100	100	100	99	98	57	28	30,0	27,2	2,8
CCT-50	1,40	3,40	100	100	96	84	81	70	66	55	48	42	31	22	28,0	26,2	1,8
CCT-52	2,90	3,20	100	100	92	78	69	58	51	37	28	23	10	4	NO	NO	NP
CCT-53	3,30	3,80	100	100	100	100	100	100	100	93	91	87	64	33	NO	NO	NP
CCT-55	0,00	0,00	100	91	88	79	73	63	57	51	46	36	20	13	NO	NO	NP
CCT-56	0,40	1,80	100	100	96	83	75	65	60	54	48	41	26	19	NO	NO	NP
CCT-57	3,00	3,40	100	100	88	78	75	69	63	55	51	45	31	17	NO	NO	NP
CCT-59	3,50	3,80	100	100	90	82	78	67	58	49	43	38	29	15	NO	NO	NP
CCT-61	4,00	4,50	100	100	100	100	100	100	100	81	77	71	49	26	32,0	22,2	9,8
CCT-63	0,40	2,70	100	100	95	86	79	63	55	50	46	35	26	18	NO	NO	NP
CCT-67	2,40	2,70	100	98	88	77	66	62	51	46	39	32	24	20	NO	NO	NP
CS-1	0,00	0,50	95	91	79	57	47	39	33	24	17	13	6	4	NO	NO	NP
CS-1	0,50	1,00	98	92	85	63	52	45	38	29	21	16	10	6	NO	NO	NP
Total muestras ensayadas																	**37**

Calicatas	Humedad (%)	Peso específico (g/cm³)	Densidad Neta (g/cm³)	Densidad Partículas sólidas (g/cm³)	USCS
CCT-3	16,2	2,677	2,711	2,611	GW-GM
CCT-5	16,8	2,691	2,718	2,625	GP-GM
CCT-7	28,6	2,712		2,712	SM
CCT-9	15,6	2,686	2,725	2,604	GW
CCT-11	15,5	2,686	2,730	2,607	GW-GM
CCT-12	29,8	2,662	2,718	2,567	GP-GM
CCT-15	29,8	2,456		2,456	SM
CCT-16	15,3	2,662	2,741	2,569	GP-GM

Calicatas	Humedad (%)	Peso específico (g/cm³)	Densidad Neta (g/cm³)	Densidad Partículas sólidas (g/cm³)	USCS
CCT-17	18,8	2,671	2,727	2,551	GW-GM
CCT-19	20,6	2,703	2,753	2,598	GW
CCT-22	17,9	2,683	2,752	2,575	GW-GM
CCT-24	17,1	2,710	2,762	2,583	GP
CCT-26	24,2	2,685	2,704	2,616	GP
CCT-27	21,2	2,760	2,827	2,602	GW
CCT-30	24,6	2,763	2,820	2,616	GW-GM
CCT-32	18,3	2,717	2,746	2,601	GP
CCT-34	20,5	2,699	2,737	2,603	GP-GM
CCT-36	21,2	2,723	2,762	2,605	GP
CCT-40	28,9	2,493	2,605	2,421	GM
CCT-41	20,5	2,691	2,757	2,563	GP
CCT-43	19,5	2,700	2,737	2,567	GW-GM
CCT-45	30,2	2,506	2,603	2,426	GM
CCT-46	23,3	2,592	2,666	2,475	GP-GM
CCT-47	32,1	2,478	2,590	2,406	GM
CCT-48	34,5	2,565		2,565	SM
CCT-50	30,8	2,533	2,585	2,478	GM
CCT-52	27,8	2,688	2,729	2,582	GW
CCT-53	34,8	2,438		2,438	SM
CCT-55	25,6	2,440	2,530	2,335	GM
CCT-56	28,6	2,520	2,590	2,445	GM
CCT-57	29,2	2,642	2,716	2,571	GM
CCT-59	31,2	2,648	2,743	2,522	GM
CCT-61	35,8	2,455		2,455	SC
CCT-63	26,2	2,608	2,706	2,492	GM

Calicatas	Humedad (%)	Peso específico (g/cm³)	Densidad Neta (g/cm³)	Densidad Partículas sólidas (g/cm³)	USCS
CCT-67	27,2	2,696	2,750	2,536	GM
CS-1	32,60	2,69	2,73	2,51	GP
CS-1	34,20	2,71	2,75	2,55	GP-GM
				Total muestras ensayadas	**37**

Tabla 2-10: Resumen de Ensayos Calicatas Canales

Calicatas	Tipo de Muestra	Profundidad		Granulometría (% que pasa)												Lím. Atterberg		
		Inicial	Final													LL (%)	LP (%)	IP (%)
		(m)		100	80	63	50	40	25	20	10	5	2	0,50	0,08			
C-1	MA-1	0,60	1,80	100	100	100	100	100	98	93	85	78	75	46	31	34	22	12
C-3	MA-1	0,70	1,85	100	100	100	100	98	95	75	62	41	35	29	22	28	25	3
C-5	MA-1	1,90	2,50	100	100	90	88	80	66	58	52	48	36	18	9	NO	NO	NP
C-7	MA-1	2,90	3,10	100	100	96	92	78	71	63	51	43	34	15	8	NO	NO	NP
C-9	MA-1	0,70	2,40	100	100	100	100	100	100	97	91	82	73	48	25	33	22	11
C-11	MA-1	0,40	2,20	100	100	100	100	100	100	100	96	88	67	43	21	NO	NO	NP
C-13	MA-1	0,20	3,85	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	88	67	43	29	14
C-16	MA-1	0,60	1,70	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	83	62	41	28	13
C-18	MA-1	0,50	1,50	100	96	92	84	76	71	63	56	44	38	31	20	30	27	3
C-20	MA-1	0,15	3,00	100	100	100	100	100	100	100	99	92	87	78	72	45	26	19
C-23	MA-1	1,25	2,50	100	100	100	100	100	100	98	93	72	58	47	30	32	29	3
															Total Muestras Ensayadas	**23**		

Calicatas	Tipo de Muestra	Profundidad		Humedad (%)	Peso específico (g/cm³)	Dens. Neta (g/cm³)	Dens. Partículas sólidas (g/cm³)	USCS	Ensayo Proctor Modificado	
		Inicial	Final						Dens. Máx. Compact. Seca (g/cm^3)	Humedad óptima (%)
		(m)								
C-1	MA-1	0,60	1,80	33,7			2,210	SC	1,45	21,8
C-3	MA-1	0,70	1,85	24,8	2,65	2,724	2,544	GM	1,88	12,4
C-5	MA-1	1,90	2,50	19,8	2,67	2,765	2,567	GP-GM	2,08	7,9
C-7	MA-1	2,90	3,10	20,3	2,62	2,746	2,453	GP-GM	2,03	8,4
C-9	MA-1	0,70	2,40	31,5			2,450	SC	1,58	20,6
C-11	MA-1	0,40	2,20	24,6			2,420	SM	1,61	18,7
C-13	MA-1	0,20	3,85	36,4			2,390	ML	1,52	22,4
C-16	MA-1	0,60	1,70	35,2			2,410	ML	1,54	21,8
C-18	MA-1	0,50	1,50	22,3	2,71	2,771	2,632	GM	1,93	12,7
C-20	MA-1	0,15	3,00	38,5			2,430	CL	1,51	23,5
C-23	MA-1	1,25	2,50	25,2			2,570	SM	1,72	17,1
Total Muestras Ensayadas									**23**	

En el Anexo G se incluyen los certificados de los resultados de los ensayos de laboratorio realizados.

3 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

3.1 CARACTERIZACIÓN SITIO 1

Para facilitar la caracterización de los materiales existentes en la zona en que se ubica el muro del embalse en el denominado Sitio 1, se dispone de la información del sondaje S-1, 5 calicatas y el perfil de refracción sísmica LSNB-1, de 158 metros de longitud, efectuado sobre el eje del muro proyectado.

Se dispone además de la información de los perfiles de refracción sísmica LSNB-2 y LSNB-3, realizados a unos 900m aguas arriba del sitio de muro de presa proyectado, y el sondaje S-3, así como de 34 calicatas adicionales, que completan la información del área de inundación de este embalse.

Toda la información referente a las prospecciones realizadas se incluye en los Anexos A-H.

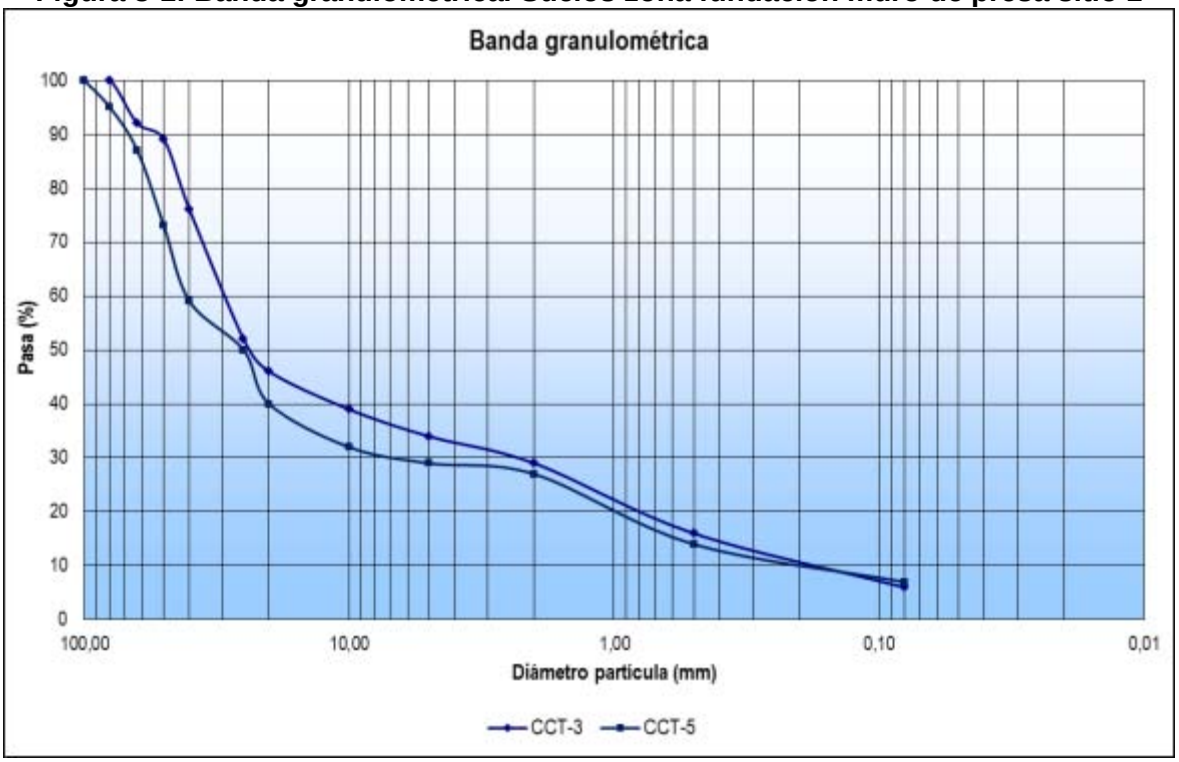
3.1.1 Unidades de Suelo

Las calicatas CCT-1 a CCT-5, realizadas en la zona de muro de presa de la alternativa N°1, fueron excavadas en materiales correspondientes a la unidad geológica Qfa (Depósitos fluviales aterrazados), constituida por gravas limpias y gravas arenosas con limos, además de algunos niveles francamente arenosos y limosos, que incluyen bloques subangulosos a redondeados de hasta 1,5 m de tamaño máximo, en general variables entre 15 y 50 cm.

En esta zona se dispone de los ensayos de laboratorio realizados sobre dos muestras de suelo obtenidas de las calicatas realizadas.

El contenido en finos de las muestras ensayadas se situó en el 6 y el 7%, siendo los finos no plásticos, y clasificándose estos materiales, según el sistema USCS de referencia habitual, como gravas del tipo GW-GM y GP-GM. A continuación se incluye la banda granulométrica obtenida de las muestras ensayadas:

Figura 3-1: Banda granulométrica. Suelos zona fundación muro de presa sitio 1



Además, durante la ejecución del sondaje S-1 en el fondo de valle del sitio de muro se llevó a cabo un ensayo de infiltración de tipo Lefranc del que se obtuvieron permeabilidades elevadas, del orden de 9,3E-03 cm/s en carga constante y 2,8E-05 cm/s en carga variable.

A lo largo del resto del área de inundación, se detectaron las unidades Qfa (Depósitos fluviales aterrazados) y Qc (Depósitos coluviales) mayoritariamente.

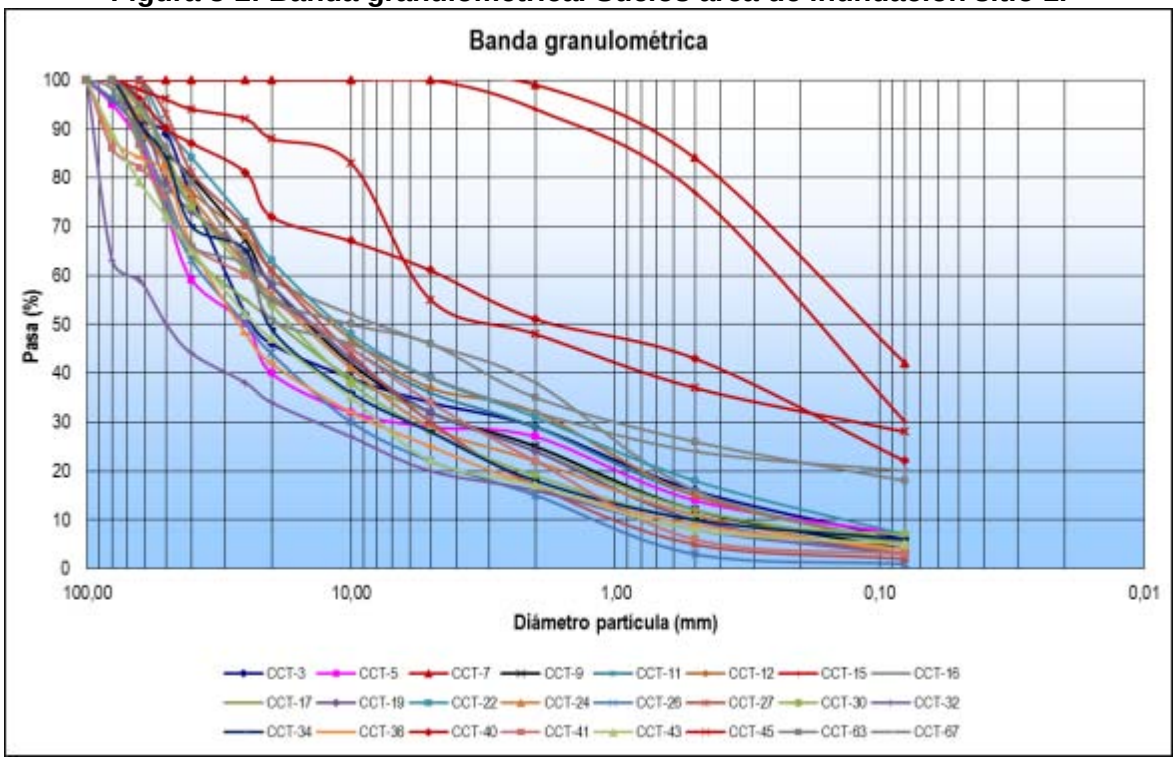
Los materiales mayoritariamente excavados, correspondientes a la unidad Qfa, se clasifican como gravas del tipo GW, GM y GP fundamentalmente, con contenidos en finos inferiores al 10% en la mayor parte de los casos, siendo estos finos no plásticos.

Por su parte, los materiales de la unidad Qc, presentan mayores porcentajes de finos (de hasta el 30%, resultando estos finos no plásticos, salvo en el caso de la muestra seleccionada de la calicata CCT-40 entre 1,70 y 3,20 m de profundidad, con un límite líquido del 23%, y un índice de plasticidad inferior a 2.

Así, estos materiales se clasificarían, según la USCS de referencia, como arenas limosas del tipo SM a gravas del tipo GM.

A continuación se presenta la curva granulométrica para los materiales ensayados.

Figura 3-2: Banda granulométrica. Suelos área de inundación sitio 1.



En lo que se refiere al estado natural de las muestras ensayadas, se realizaron ensayos de determinación del contenido en humedad natural de las muestras, peso específico, densidad neta y densidad de las partículas sólidas, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla a modo de resumen:

Calicata	Profundidad		Unidad Geológico-Geotécnica	Humedad (%)	Peso específico (g/cm³)	Densidad Neta (g/cm³)	Densidad de las partículas sólidas (g/cm³)	USCS
	Inicial	Final						
	(m)							
CCT-3	1,00	3,60	Qfa	16,2	2,677	2,711	2,611	GW-GM
CCT-5	0,70	3,50	Qfa	16,8	2,691	2,718	2,625	GP-GM
CCT-7	0,40	2,50	Qc	28,6	2,712		2,712	SM
CCT-9	0,50	3,80	Qfa	15,6	2,686	2,725	2,604	GW
CCT-11	0,30	3,50	Qfa	15,5	2,686	2,730	2,607	GW-GM
CCT-12	0,60	2,60	Qfa	29,8	2,662	2,718	2,567	GP-GM
CCT-15	0,30	1,80	Qc	29,8	2,456		2,456	SM
CCT-16	1,20	3,00	Qfa	15,3	2,662	2,741	2,569	GP-GM
CCT-17	2,10	4,00	Qfa	18,8	2,671	2,727	2,551	GW-GM
CCT-19	3,00	4,10	Qfa	20,6	2,703	2,753	2,598	GW
CCT-22	1,30	2,80	Qfa	17,9	2,683	2,752	2,575	GW-GM
CCT-24	0,55	2,10	Qfa	17,1	2,710	2,762	2,583	GP

Calicata	Profundidad		Unidad Geológico-Geotécnica	Humedad (%)	Peso específico (g/cm³)	Densidad Neta (g/cm³)	Densidad de las partículas sólidas (g/cm³)	USCS
	Inicial	Final						
	(m)							
CCT-26	0,45	3,10	Qfa	24,2	2,685	2,704	2,616	GP
CCT-27	0,80	3,50	Qfa	21,2	2,760	2,827	2,602	GW
CCT-30	1,30	4,00	Qfa	24,6	2,763	2,820	2,616	GW-GM
CCT-32	2,10	2,50	Qfa	18,3	2,717	2,746	2,601	GP
CCT-34	2,60	3,00	Qfa	20,5	2,699	2,737	2,603	GP-GM
CCT-36	0,70	3,10	Qfa	21,2	2,723	2,762	2,605	GP
CCT-40	1,70	3,20	Qc	28,9	2,493	2,605	2,421	GM
CCT-41	1,70	2,80	Qfa	20,5	2,691	2,757	2,563	GP
CCT-43	0,00	2,10	Qfa	19,5	2,700	2,737	2,567	GW-GM
CCT-45	3,00	5,00	Qc	30,2	2,506	2,603	2,426	GM
CCT-63	0,40	2,70	Qfa	26,2	2,608	2,706	2,492	GM
CCT-67	2,40	2,70	Qfa	27,2	2,696	2,750	2,536	GM
Nº Ensayos				24	24	22	24	24

3.1.2 Unidades de Roca

Las rocas del área del muro de la alternativa de embalse 1 pertenecen al Miembro Inferior de la Formación Cola de Zorro, constituido por rocas de composición andesítica y basáltica, de mediana dureza y competencia, con diferentes grados de fracturamiento y meteorización.

Para caracterizar el macizo rocoso, se cuenta con información obtenida del mapeo geológico-geotécnico superficial, de la descripción del sondaje S-1 perforado y de velocidades de ondas de compresión (Vp), obtenidas del perfil de refracción sísmica ejecutado.

El estudio petrográfico realizado sobre una muestra obtenida a 11,90 m de profundidad del sondaje S-1, clasifica los materiales existentes en el piso del muro de presa de la alternativa de embalse N°1 como diabasas de piroxeno y pseudomorfos de olivino, tratándose de una roca volcánica de textura porfídica seriada con parcial a fuerte fluidez.

En este sondaje, la roca fue detectada a 6,00 m de profundidad, con valores del índice RQD (Rock Quality Designation) muy variables, aunque generalmente inferiores al 75% (roca de calidad media a mala), siendo destacable la existencia de un tramo entre los 21,00 y 28,00 m de profundidad con valores de este índice inferiores al 25% (roca muy mala).

Índice RQD (%)	Tipo de Roca
90-100	Excelente
75-90	Buena
50-75	Media
25-50	Mala
0-25	Muy mala

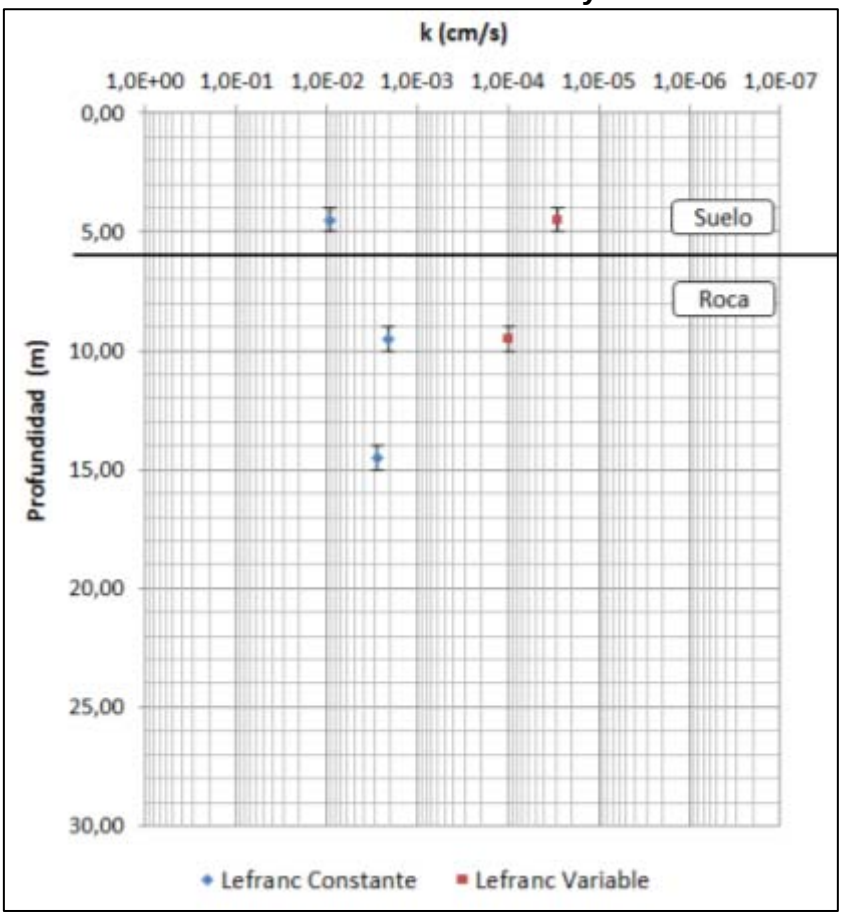
La conductividad hidráulica del macizo rocoso fue determinada a partir de ensayos de infiltración.

En este caso, no fue posible levantar presión de agua en los ensayos Lugeon realizados entre los 15 y 30 m de profundidad, debido a la elevada conductividad hidráulica del macizo rocoso (que corresponde a la mala calidad de la roca observada).

De manera alternativa se realizaron ensayos de infiltración tipo Lefranc (Figura 3-3).

Sondaje	Profundidad [m]		Ensayo Mandel Lefranc Permeabilidad k [cm/s]		Ensayo Lugeon		Observaciones
	Desde	Hasta	Constante	Variable	k [cm/s]	k [UL]	
S-1	9,00	10,00	2,1E-03	9,8E-05			Muy permeable
	14,00	15,00	2,8E-03				Muy permeable
	15,00	20,00			No sube presión		Muy permeable
	20,00	25,00			No sube presión		Muy permeable
	25,00	30,00			No sube presión		Muy permeable

Figura 3-3: Permeabilidad vs. Profundidad Ensayos Lefranc Sondaje S-1



Como se observa en la figura anterior, tanto las unidades de suelos como de rocas en esta zona son muy permeables hasta la profundidad máxima investigada.

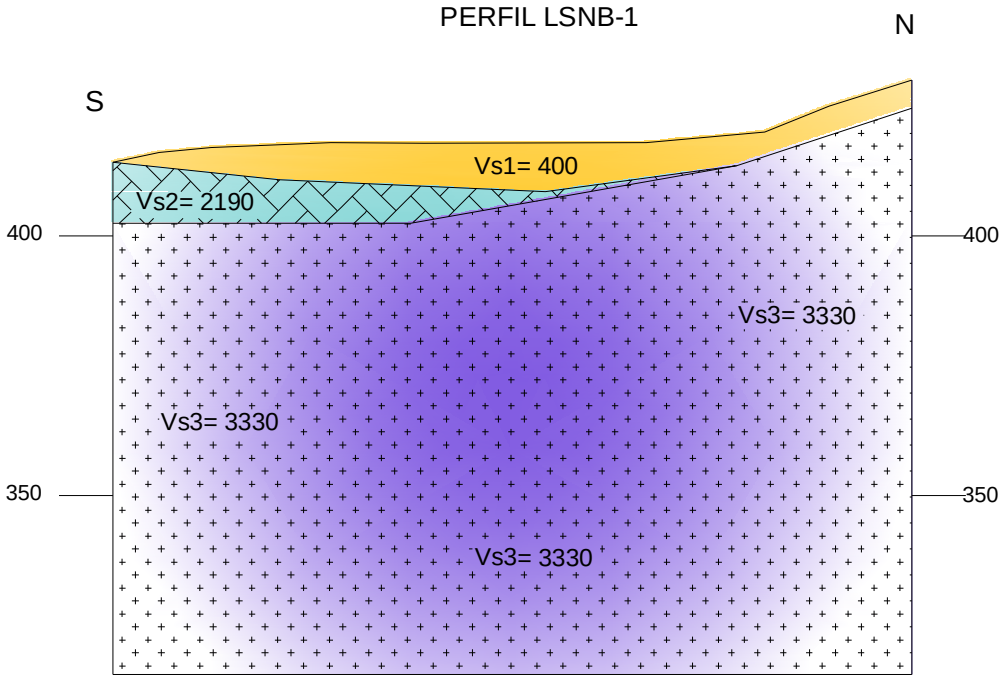
3.1.3 Geofísica

El perfil sísmico de refracción LSNB-1, de 158 m de longitud, realizado por el eje del muro proyectado para este sitio, indica la presencia de 3 unidades geosísmicas:

- Unidad 1: con un espesor variable entre 1 y 9m y una velocidad de onda sísmica del orden de 400m/s. Su espesor aumenta progresivamente hacia el centro del perfil. En el extremo S esta unidad se acuña desapareciendo, mientras que en el extremo N alcanza los 6m de espesor.
- Unidad 2: con velocidad sísmica de onda compresional del orden de 2.190m/s y un espesor que alcanza hasta 11,5m en el extremo S del perfil, que disminuye hacia el centro, hasta desaparecer.
- Unidad 3: con velocidad de onda sísmica de 3.330m/s detectada a lo largo de todo el perfil, con una profundidad variable entre 6 y 15m, aumentando hacia el Sur.

En la Figura 3-4 se muestra, sin escala, la sección sísmica obtenida en este perfil.

Figura 3-4: Perfil sísmico LSNB-1.



La información obtenida del perfil realizado, es consistente con las observaciones realizadas en terreno y los resultados del sondaje S-1.

3.1.4 Nivel de agua subterránea

El nivel de agua subterránea en la zona de fundación del muro de presa se situó entre los 3,40 y los 4,00 m en las calicatas CCT-1 y CCT-5. Únicamente en la calicata CCT-2, este nivel no fue detectado.

En el caso del sondaje S-1, el nivel de agua se estabilizó a los 6,20 m a la fecha de fin de perforación.

A continuación se presentan estos valores a modo de tabla resumen:

Investigación	Coordenadas		Cota (msnm)	Nivel de Napa (profundidad, m)	Nivel de Napa (msnm)
	Este	Norte			
S-1	258493	5934553	419,9	6,20	412,8
CCT-1	258486	5934569	424,0	4,00	420,0
CCT-2	258488	5934532	419,2	No detectado	-
CCT-3	258483	5934485	418,4	3,60	414,8
CCT-4	258475	5934473	418,2	3,80	414,4
CCT-5	258480	5934454	417,2	3,40	413,8

Desde la zona de muro y hacia el Este, también se realizaron distintas medidas del nivel de agua subterránea en cada una de las prospecciones realizadas, obteniéndose las lecturas que se resumen a continuación:

Calicatas	Prof. Máx. Excavada (m)	Nivel de Napa (m)
CCT-1 a CCT-5	3,50-5,00	CCT-2: No detectado Resto: Entre 3,40 y 4,00 m
CCT-6	4,00	2,40
CCT-7 a CCT-11	2,50-3,80	CCT-7, 8 y 11: No detectado Resto: entre 3,60 y 3,70 m
CCT-12	2,60	No detectado
CCT-13 a CCT-16	2,20-3,10	CCT-14: 2,50 m Resto: No detectado
CCT-17 y CCT-18	3,80-4,00	Húmedo
CCT-19 a CCT-44 y CCT-63 a CCT-67	2,10-5,40	Muy variable: No detectado a 0,80 m
CCT-45	5,00	No detectado

Atendiendo a la fecha de realización de las diferentes prospecciones, se considera que estos niveles corresponderían a los mínimos esperables en el entorno.

3.1.5 Caracterización del Fondo del Valle – Muro de presa

Las prospecciones ejecutadas en este sector, se componen de un sondaje (S-1), perforado en el eje de presa proyectada, 5 calicatas excavadas a lo largo del eje del muro de presa proyectado y 1 perfil sísmico ejecutado igualmente, a lo largo del eje del muro.

La ubicación de estas prospecciones se presenta en los planos 3853-1000-GO-LAM-001 y 3853-1000-GO-LAM-004.

El fondo del valle, de 200 metros de ancho aproximadamente, presenta suelos de sobrecarga que alcanzan espesores del orden de 6 metros (sondaje S-1), bajo los cuales se encuentran las rocas volcánicas asociadas a la Formación Cola de Zorro Inferior.

En las 5 calicatas excavadas se detectó entre 0,40 y 1,00m de suelo vegetal y hasta 5 m de gravas areno-arcillosas, con bolones y bloques de hasta 35" que corresponden a los depósitos fluviales de la unidad Qfa.

El sondaje S-1, perforado en el fondo del valle, detectó hasta los 6 m de profundidad, la presencia de estos materiales gruesos, gravas y fragmentos de bolones y bloques con escasos finos, que atendiendo a la información aportada por el perfil sísmico realizado, podrían alcanzar profundidades mayores.

Respecto de la permeabilidad de estos depósitos, los ensayos de infiltración tipo Lefranc realizados entre 4,00 y 5,00 m de profundidad en el sondaje determinaron coeficientes de permeabilidad de 9,3E-03 cm/s en carga constante y 2,8E-05 cm/s en carga variable.

Bajo estos suelos, se detecta la presencia de rocas de origen volcánico asociadas a la Formación Cola de Zorro Inferior, la cual se encuentra fracturada (el índice RQD del sondaje es bajo a medio) en el sector norte del piso del valle, mientras que en el sector sur, se encuentra mediana a levemente meteorizada e intensa a medianamente fracturada, atendiendo a los resultados del perfil sísmico.

No obstante lo anterior, es posible que la unidad geosísmica detectada con velocidad de 2.190 m/s presente en el sector sur, pudiese corresponder a suelos de alta compacidad y/o consistencia.

El sustrato rocoso, en el que se obtuvo velocidades sísmicas de ondas compresionales de entre 2.190 y 3.330 m/s, presenta permeabilidades en general muy elevadas (no pudiendo elevarse la presión del equipo para el ensayo de permeabilidad Lugeon entre 15 y 30 m de profundidad en el sondaje), correspondientes a rocas con valores para el índice RQD generalmente inferiores al 75% (roca de calidad media a mala), siendo destacable la existencia de un tramo entre los 21.00 y 28.00 m de profundidad con valores de este índice inferiores al 25% (roca muy mala).

Teniendo en consideración esta información, el muro podrá fundarse sobre los materiales rocosos reconocidos a una profundidad media de unos 6 m, de calidad media a mala, que presentan baja resistencia y alta permeabilidad, por lo que habrá de realizarse la impermeabilización de, al menos, los 30 o 35 m más superficiales.

3.1.6 Caracterización de Estribos Derecho e Izquierdo – Muro de Presa

Los estribos o apoyos derecho e izquierdo del muro de presa proyectado, se localizan en rocas volcánicas del Miembro Inferior de la Formación Cola de Zorro, donde se reconocen tobas brechosas (PPlcza2).

De la información obtenida de las prospecciones realizadas y la geología superficial se desprende que en la ladera derecha existiría una unidad de suelo que presentaría altos valores de permeabilidad, con velocidades sísmicas del orden de 400 m/s y espesores generalmente inferiores a los 6 m.

Por debajo de éstos, se encontraría el macizo rocoso con valores de velocidad de propagación de ondas compresionales de unos 3.300 m/s, que constituirían el apoyo del muro proyectado.

Por su parte, en la ladera izquierda, se reconoce una unidad de suelo de muy escaso espesor, seguida por una unidad de roca altamente fracturada o meteorizada, con velocidad sísmica de onda compresional del orden de 2.190m/s y un espesor que superaría los 11,5m.

El macizo rocoso de mejor calidad geotécnica en este estribo, que presenta velocidades sísmicas del orden de 3.330 m/s, aparecería a partir de los 15 m de profundidad.

En este estribo deberá analizarse, en posteriores fases de proyecto, la naturaleza de esos 10-15 metros de materiales de baja velocidad, con el fin de establecer la verdadera naturaleza de los materiales que constituyen el apoyo del muro en esta zona.

Considerándose las similitudes con los materiales perforados en el centro del valle y teniendo en cuenta las observaciones realizadas en terreno, es de suponer que los materiales rocosos de ambos estribos presenten también permeabilidades elevadas, lo cual deberá verificarse con sondajes adicionales, si bien permite establecer, a priori, la necesidad de tratamiento de impermeabilización en los estribos.

3.1.7 Caracterización del vaso de inundación

El área inundada por la alternativa de embalse 1 se extiende por 7 km siguiendo el curso del río Niblinto. La cola del embalse estaría ubicada a algunos centenares de metros aguas abajo del sitio de presa de la alternativa de embalse 3.

El relleno del valle del río Niblinto estaría compuesto principalmente por depósitos fluviales antiguos (Qfa) formando terrazas con un espesor promedio de 5 m, de acuerdo a las prospecciones ejecutadas. Sin embargo, observaciones de terreno permiten identificar una zona, aproximadamente unos 2 km aguas arriba del sitio proyectado para la ubicación del muro, donde, en base a su morfología, posiblemente se supere ampliamente este espesor, lo cual deberá ser analizado en posteriores fases del proyecto.

Hacia los bordes del valle los depósitos fluviales estarían interdigitados con sedimentos de origen coluvial y aluvial. Los depósitos coluviales tienen un espesor cercano a los 20 m en la ladera derecha, mientras que en la ladera izquierda estos tendrían un menor espesor.

Se reconoce en la parte media del vaso de inundación del embalse, un depósito de remoción en masa de dimensiones importantes para la escala del proyecto. Se estima que esta remoción encuentra inactiva, pero en el análisis geológico realizado se detectaron reactivamientos recientes en los sectores distales de éste, por lo que este aspecto también deberá ser considerado posteriormente.

El sustrato rocoso de la ladera izquierda del valle del río Niblinto, estaría compuesto por rocas volcanoclásticas con intercalaciones sedimentarias que forman parte de la Formación Cura-Mallín y rocas volcanoclásticas del miembro inferior de la Formación Cola de Zorro.

La ladera derecha de este valle está constituida principalmente por rocas volcanoclásticas del miembro inferior de la Formación Cola de Zorro. En sectores cercanos a la cola alternativa del embalse, en la parte superior de la ladera derecha, es posible encontrar coladas de lavas andesíticas del miembro superior la Formación Cola de Zorro.

Aguas arriba del sitio de la presa de la alternativa 1, se identificó la presencia de una falla, la cual cruzaría el vaso del embalse aproximadamente a 2 km de este punto. Esta estructura es una falla inversa de importancia regional y pone en contacto a la Formación Cura-Mallín sobre la Formación Cola de Zorro. Tal como se menciona en el Estudio Geológico de la presente etapa, será necesario realizar estudios de mayor detalle para determinar las características de la falla tales como: edad del último movimiento, ubicación, largo, ancho del área afectada, profundidad, naturaleza y propiedades de los materiales involucrados de manera de estimar el potencial de filtración de esta estructura y el riesgo sísmico asociado, en caso que ésta se considere activa.

3.2 CARACTERIZACIÓN SITIO 2

Con la finalidad de caracterizar el área ocupada por la alternativa del Sitio 2, se realizaron en esta zona los sondajes S-2 y S-4, un perfil de sísmica de refracción sobre el eje del muro proyectado y un total de 38 calicatas, cuya información puede consultarse en los anexos correspondientes.

3.2.1 Unidades de Suelo

En la zona de fundación del muro de presa proyectado para el sitio 2, se excavaron las calicatas CCT-13, CCT-14, CCT-15 y CCT-16 en materiales de las unidades Qfa (Depósitos fluviales antiguos) y Qc (Depósitos coluviales).

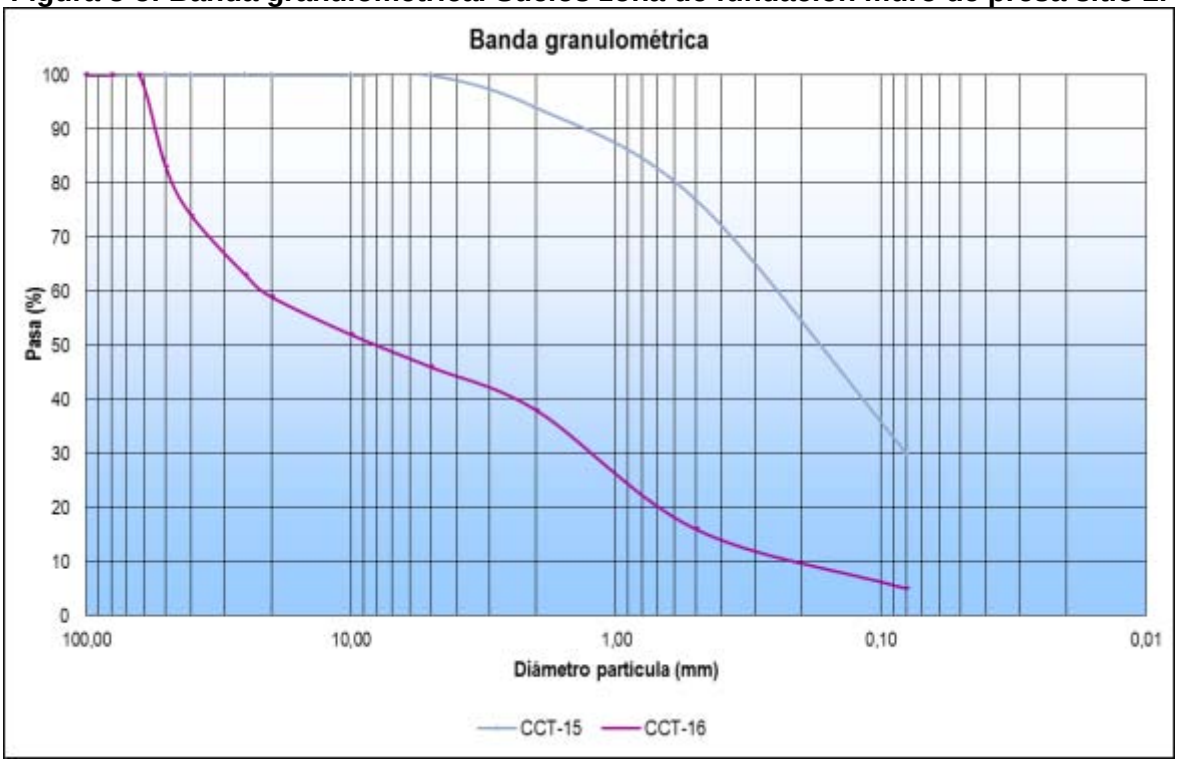
De las muestras extraídas, se seleccionaron, por su representatividad, las correspondientes a las calicatas CCT-15 y CCT-16, sobre las que se realizaron ensayos de clasificación completa en laboratorio.

En el caso de los materiales correspondientes a los depósitos fluviales antiguos (Qfa), el contenido en finos resultó ser del 5%, mientras que en el caso de los depósitos coluviales (Qc) este contenido se elevó hasta el 30%, resultando ser en cualquier caso materiales no plásticos.

De este modo, estas muestras pueden clasificarse como suelos de tipo GP-GM y SM, atendiendo a la clasificación USCS de referencia.

En la siguiente figura se representa la distribución granulométrica de las muestras ensayadas.

Figura 3-5: Banda granulométrica. Suelos zona de fundación muro de presa sitio 2.



Para completar la identificación y clasificación de estas muestras, se realizaron también ensayos de estado natural (contenido en humedad, peso específico, densidad neta y densidad de las partículas sólidas), cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla a modo de resumen:

Calicata	Profundidad		Unidad Geológico-Geotécnica	Humedad (%)	Peso específico (g/cm³)	Densidad Neta (g/cm³)	Densidad Partículas sólidas (g/cm³)	USCS
	Inicial	Final						
	(m)							
CCT-15	0,30	1,80	Qc	29,8	2,456		2,456	SM
CCT-16	1,20	3,00	Qfa	15,3	2,662	2,741	2,569	GP-GM

Desde el sitio de muro proyectado y hacia el Este (aguas arriba), se realizó una gran cantidad de prospecciones adicionales con el fin de completar la información correspondiente al área de inundación del embalse en estudio.

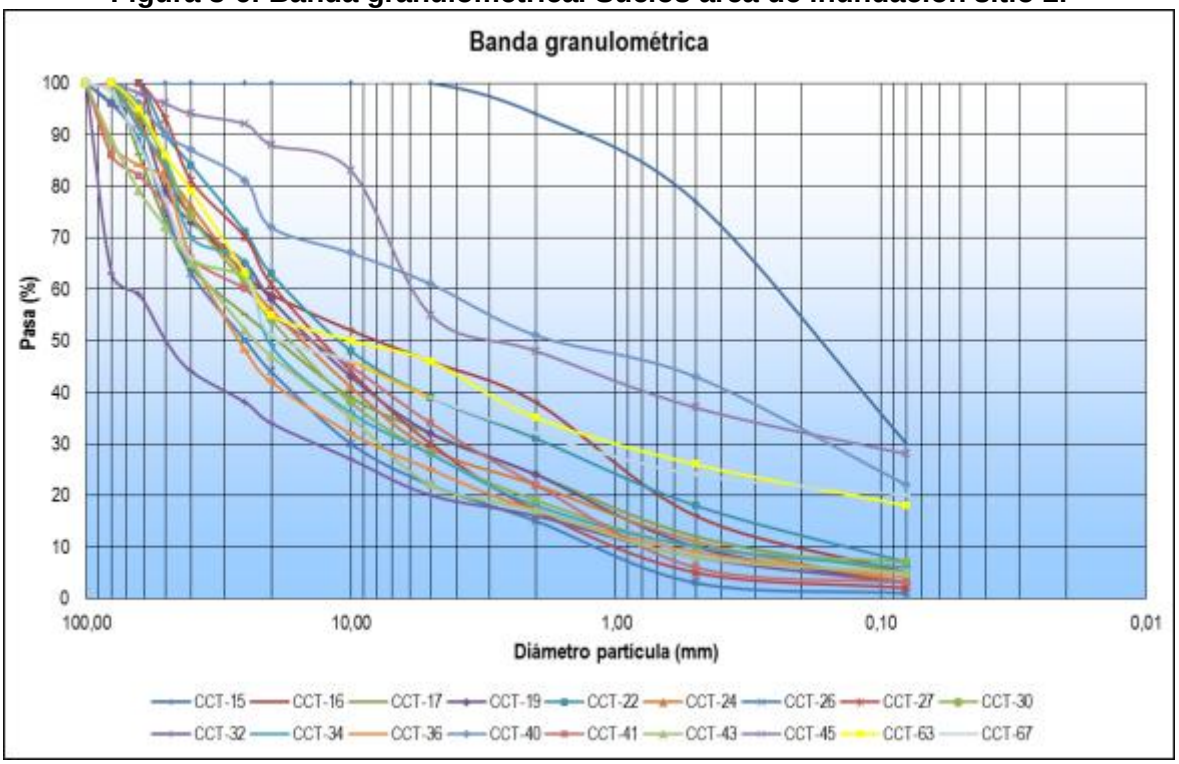
Las muestras consideradas más representativas, fueron sometidas a ensayos de laboratorio para su identificación y clasificación completa.

Al igual que en el área correspondiente al sitio 1, los materiales correspondientes a los depósitos fluviales antiguos de esta área de inundación se caracterizan por presentar contenidos de finos generalmente inferiores al 10%, siendo éstos no plásticos, de manera que pueden clasificarse estos suelos como gravas de tipo GM, GP y GW, según la clasificación USCS de referencia.

Por su parte, los materiales excavados dentro de la unidad de depósitos coluviales presentan contenidos en finos de entre el 20 y el 30%, siendo éstos no plásticos, salvo en el caso de la muestra seleccionada de la calicata CCT-40 entre 1,70 y 3,20 m de profundidad, donde se obtuvo un límite líquido del 23% con un índice de plasticidad inferior a 2. De este modo, los materiales pueden clasificarse como arenas y gravas limosas del tipo SM y GM según la clasificación USCS de referencia.

A continuación se muestra la banda granulométrica correspondiente a la totalidad de las muestras ensayadas.

Figura 3-6: Banda granulométrica. Suelos área de inundación sitio 2.



3.2.2 Unidades de Roca

Las rocas del área del muro de presa de la alternativa de embalse N°2 pertenecen al Miembro Inferior de la Formación Cola de Zorro, constituida por rocas piroclásticas de composición dacítica a riolítica, medianamente duras a muy duras, con un bajo grado de fracturamiento y meteorización.

Las zonas alteradas están asociadas a la existencia de fracturas por donde posiblemente circularon fluidos. Dicha alteración es de bajo grado y generalmente sólo produce una leve decoloración de la matriz de la roca.
El espesor de esta subunidad es desconocido en la zona de estudio, sin embargo se estima una potencia mínima de 150 m.

Los estudios petrográficos realizados sobre muestras de roca obtenidas de los sondajes S-2 y S-4, clasifican los materiales como tobas dacíticas/riolíticas de textura volcanoclástica, con fragmentos de cristales y matriz parcialmente desvitrificada.

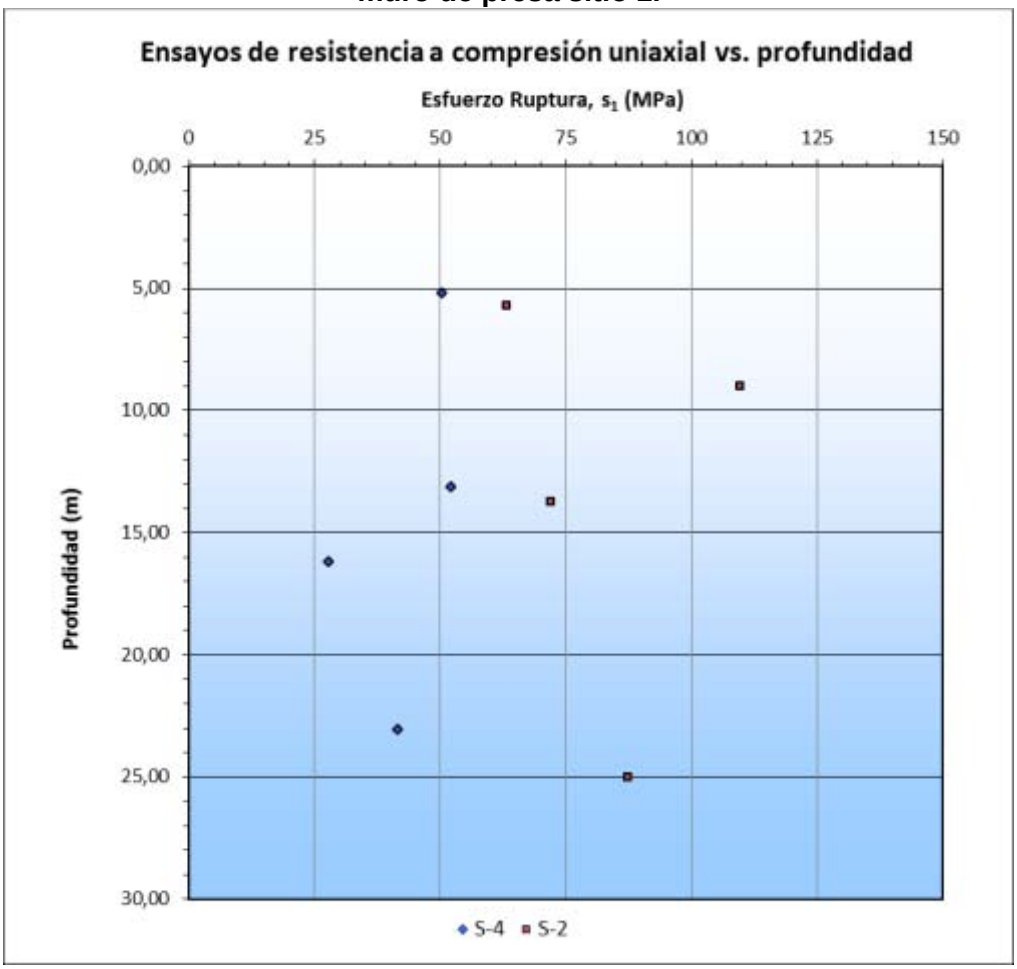
En el sondaje S-2, la roca se detectó a 2,00 m de profundidad, presentando, desde los primeros metros, índices RQD (Rock Quality Designation) generalmente superiores al 80% (roca de calidad buena a excelente), salvo en los siguientes tramos: 4,00-5,00m, 6,00-7,00m, 12,50-13,10m, 17,40-18,40m, 19,00-21,40m, 23,70-24,00m y 26,00-28,30m, en los que la calidad de la roca es generalmente mala, lo que coincide con la presencia de algunas fracturas detectadas.

En el sondaje S-4, se detectó la roca a una profundidad de 3,50 m, con valores del índice RQD generalmente superiores al 90% (roca de calidad excelente), en especial a partir de los 12,50 m de profundidad. A los 8,35 m de profundidad en el sondaje se detectó la presencia de una posible zona de falla.

Con el objeto de conocer las características de resistencia y deformabilidad de estos materiales, se realizaron 8 ensayos de resistencia a compresión uniaxial con medida de módulos de elasticidad estáticos, cuyos resultados se incluyen en el anexo correspondiente.

En la Figura 3-7 que se muestra a continuación, se presentan los resultados obtenidos para la resistencia a compresión frente a la profundidad de la muestra ensayada.

Figura 3-7: Resistencia a compresión uniaxial vs. profundidad. Zona de fundación muro de presa sitio 1.



Tal como se observa en la Figura 3-7, los resultados de los ensayos realizados no indican un incremento de la resistencia frente a la profundidad, si bien puede señalarse que la resistencia a compresión uniaxial es significativamente superior en las muestras de rocas obtenidas del sondaje S-2 (63-110 MPa) que en las obtenidas del sondaje S-4 (28-52 MPa).

En todo caso, tanto los índices RQD determinados como los resultados de los ensayos de compresión uniaxial coinciden en la buena calidad de la roca de manera generalizada, pudiendo considerarse elevadas capacidades de soporte para estos materiales respecto de las cargas esperables del muro proyectado.

Por otra parte, con el objeto de caracterizar el macizo rocoso desde el punto de vista hidráulico (fracturación, percolación e inyectabilidad), se realizaron 9 ensayos de admisión de agua de tipo Lugeon en los sondajes.

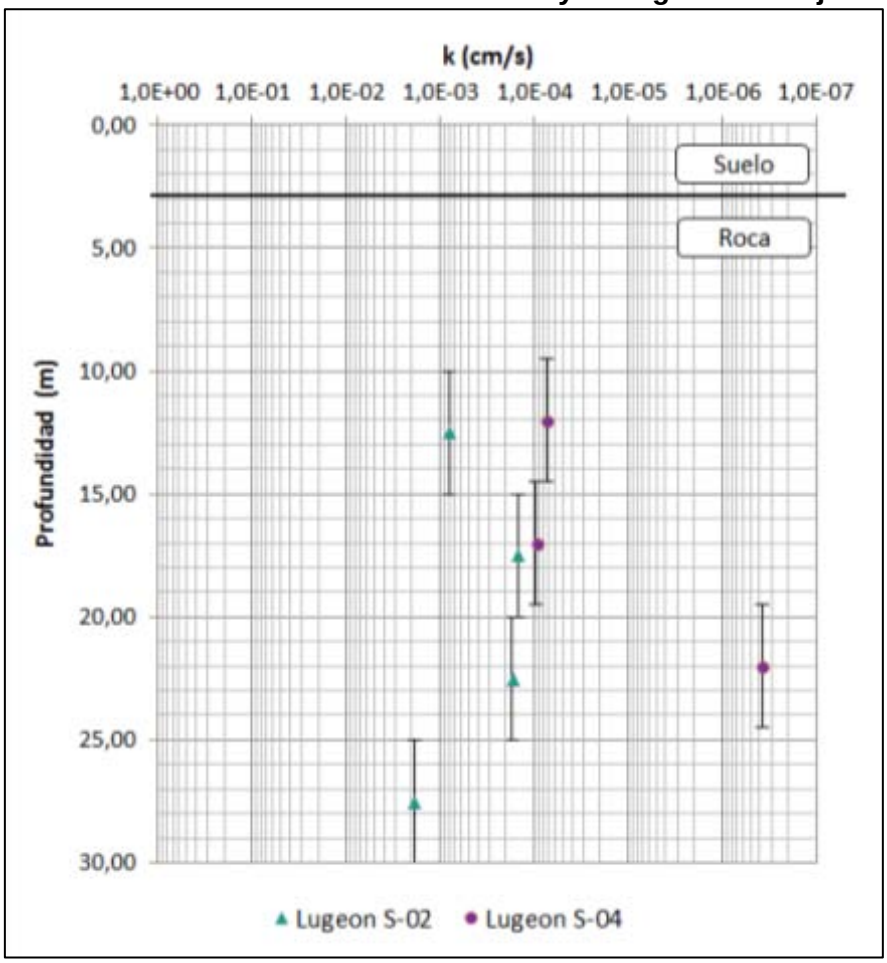
Los ensayos fueron realizados por el método descendente, en avance de la perforación, a partir de los 5,00 m de profundidad del sondaje. Los ensayos se propusieron en tramos de 5 m, con escalones de presión predefinidos en 0/1/3/5/7/10 kg/cm^2, sin embargo, debido a las características de los materiales, no fue siempre posible alcanzar la presión máxima exigible en este ensayo.

Los resultados de los ensayos realizados se muestran en la siguiente tabla a modo de resumen:

Sondaje	Profundidad [m]		Ensayo Lugeon Permeabilidad		Observaciones	Caracterización (según Olalla y Sopeña, 1991)
	Desde	Hasta	k [cm/s]	k [UL]		
S-2	5,00	10,00	-	-	No sube presión	Muy permeable
	10,00	15,00	8,1E-04		No sube presión (1,3 kg/cm^2)	Muy permeable
	15,00	20,00	1,5E-04		No sube presión (5 kg/cm^2)	Muy permeable
	20,00	25,00	1,7E-04		No sube presión (5 kg/cm^2)	Muy permeable
	25,00	30,00	1,9E-03		No sube presión (0 kg/cm^2)	Muy permeable
S-4	5,00	10,00	-	-	No sube presión	Muy permeable
	9,50	14,50	7,4E-05		No sube presión (7 kg/cm^2)	Muy permeable
	14,50	19,50	9,5E-05		No sube presión (8 kg/cm^2)	Muy permeable
	19,50	24,50	3,7E-07	0		Muy impermeable

En la Figura 3-8 se muestran los resultados de los ensayos de permeabilidad frente a la profundidad del tramo ensayado.

Figura 3-8: Permeabilidad vs. Profundidad ensayos Lugeon sondajes S-2 y S-4



Como se observa en la figura, los valores de permeabilidad obtenidos en los ensayos realizados son muy elevados para este tipo de materiales, lo que podría deberse a la presencia de fracturas abiertas en las zonas de peor calidad observadas en el sondaje S-2, salvo en el caso de los últimos metros de perforación del sondaje S-4, donde además de observó un aumento de la calidad de los testigos de roca, como se señala en la descripción del RQD correspondiente.

3.2.3 Geofísica

En el área en que se plantea el muro del sitio 2 se ha realizado un perfil sísmico de refracción por el eje del muro, de 228 m de longitud (LSNB-4), en el que se identificaron las siguientes unidades:

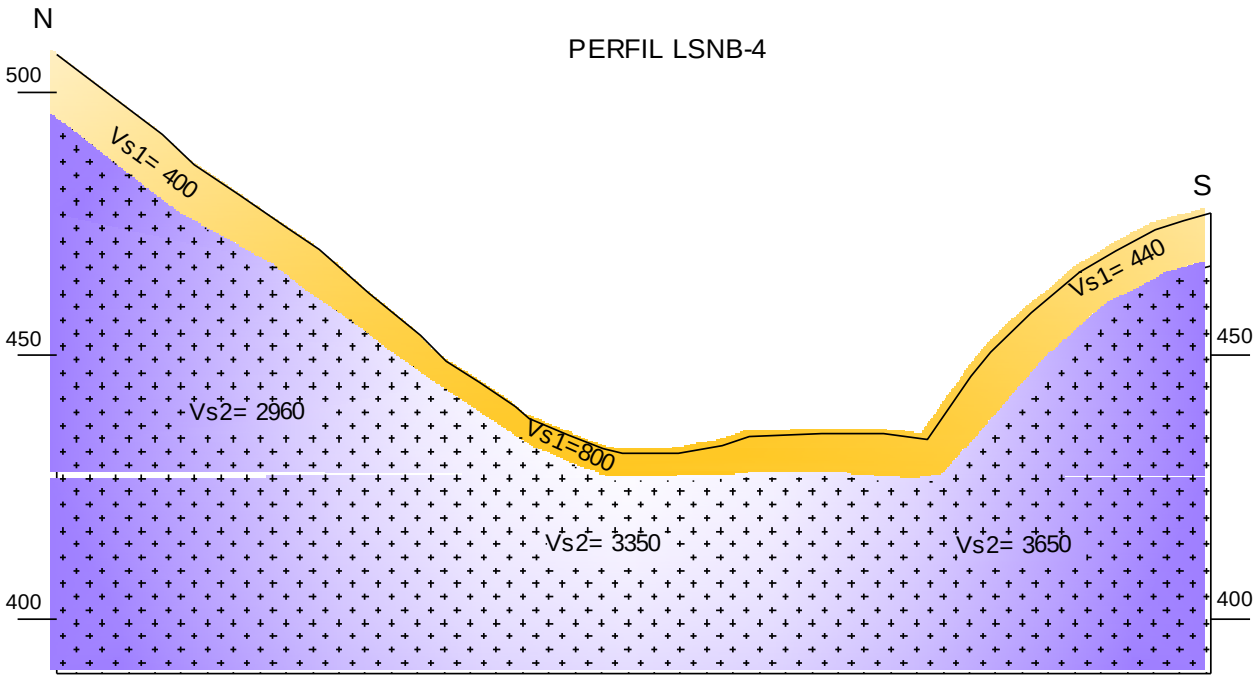
- Unidad 1: se manifiesta principalmente por una baja velocidad sísmica, 400 a 440m/s, caracterizando la presencia de sedimentos de baja compacidad. Su espesor promedio según estos perfiles es de unos 10m con leve disminución a 5m en la parte central del

perfil, habiéndose observado este nivel hasta los 2 y 3,5m de profundidad en los sondajes.

- Esta unidad muestra excepcionalmente en la parte central del perfil una velocidad de 800m/s.
- Unidad 2: Se manifiesta con velocidad sísmica variable entre 2.960m/s y 3.650m/s aumentando en dirección S. La profundidad promedio de esta unidad es 10m.

A continuación se muestra, sin escala, la sección sísmica obtenida en este perfil.

Figura 3-9: Perfil sísmico LSNB-4.



Esta información resulta consistente con la obtenida de los sondajes perforados y las observaciones realizadas en terreno.

3.2.4 Nivel de agua subterránea

El nivel de agua subterránea en la zona de fundación del muro de presa del sitio 2 no fue observado en la mayor parte de las calicatas excavadas. Únicamente en la calicata CCT-2, este nivel se detectó a los 2,50m de profundidad.

En el caso de los sondaje S-2 y S-4, el nivel de agua se estabilizó, a fecha de fin de la perforación, a los 4,50 y 5,00 m de profundidad respectivamente.

A continuación se presentan estos valores a modo de tabla resumen:

Objeto	Investigación	Coordenadas WGS84, Huso 19		Cota (msnm)	Nivel de Napa (profundidad, m)	Nivel de Napa (msnm)
		Este	Norte			
Sitio 2	S-2	259636	5934780	438,4	4,50	433,9
Sitio 2	S-4	259620	5934713	435,9	5,00	430,9
Sitio 2	CCT-13	259669	5934740	435,2	No detectado	-
Sitio 2	CCT-14	259666	5934711	437,3	2,50	434,8
Sitio 2	CCT-15	259660	5934721	435,8	No detectado	-
Sitio 2	CCT-16	259734	5934715	439,1	No detectado	-

3.2.5 Caracterización del Fondo de Valle – Muro de Presa

Las prospecciones ejecutadas en este sector, están constituidas por dos sondajes (S-2 y S-4), perforados en el eje del muro de presa proyectada, 4 calicatas y 1 perfil sísmico, ejecutados también a lo largo del eje del muro.

La ubicación de estas prospecciones se presenta en los planos 3853-1000-GO-LAM-001 y 3853-1000-GO-LAM-004.

El fondo del valle, de 100 metros de ancho aproximadamente en este punto, presenta suelos de sobrecarga que alcanzan espesores del orden de 2 a 4 metros (atendiendo a los sondajes realizados), bajo los cuales se encuentran rocas piroclásticas o volcanoclásticas asociadas a la Formación Cola de Zorro Inferior.

En las calicatas excavadas se detectó entre 0,30 y 0,50m de suelo vegetal y hasta 3,10m de gravas areno-arcillosas, con bolones y bloques de hasta 47" que corresponden a los depósitos fluviales de la unidad Qfa.

El sondaje S-2, perforado en el extremo Norte del fondo del valle, detectó hasta los 2,00m de profundidad, la presencia de estos materiales gruesos, gravas y fragmentos de bolones y bloques con escasos finos.

En el caso del sondaje S-4, perforado hacia el extremo Sur, se detectaron estos suelos granulares hasta los 3,50m de profundidad de perforación.

Bajo estos suelos, se detecta la presencia de rocas asociadas a la Formación Cola de Zorro Inferior.

Estos materiales rocosos, en los que se obtuvieron velocidades sísmicas de ondas compresionales de entre 2.960 y 3.650m/s, presentan permeabilidades muy elevadas (no pudiendo elevarse la presión del equipo para el ensayo de permeabilidad Lugeon en la mayor parte de los casos), salvo a partir de los 19,50m de profundidad del sondaje S-4, donde los materiales resultaron impermeables, lo que es consistente con la buena calidad geotécnica de la roca extraída.

El muro proyectado podrá fundarse sobre estos materiales rocosos que aparecen entre 2 y 4 m de profundidad media, con buena calidad geotécnica y resistencias a la compresión de entre 28 y 110 MPa, que permiten estimar elevadas capacidades de soporte.
Debido a las elevadas permeabilidades observadas, será necesaria la impermeabilización de, al menos, los 20-25 m más superficiales, con el objeto de limitar las filtraciones.

3.2.6 Caracterización de Estribos Derecho e Izquierdo – Muro de Presa

Los estribos o apoyos derecho e izquierdo del muro de presa proyectado, estarían constituidos por depósitos de suelos, que se estima resulten permeables, con velocidades sísmicas del orden de 400 m/s y espesores de hasta 10m. Por debajo de éstos, se encontraría el macizo rocoso con valores de velocidad de propagación de ondas compresionales de unos 3.000 m/s, presumiblemente compuesto por tobas o brechas volcánicas.

Considerándose las similitudes con los materiales perforados en el centro del valle y teniendo en cuenta las observaciones realizadas en terreno, es de suponer que los materiales rocosos en ambos estribos presenten también permeabilidades menos elevadas que los esperados en el caso del sitio 1, si bien probablemente requerirán de impermeabilizaciones.

3.2.7 Caracterización del vaso de inundación

Dada la cercanía entre las alternativas de embalse 1 y 2, las características descritas para el vaso de inundación de la primera son igualmente válidas para la alternativa 2.

En este caso, la falla mencionada anteriormente se ubica aproximadamente a 1 km aguas arriba del sitio de la presa de la alternativa 2. El grado de incerteza respecto de sus características debe ser disminuido con investigaciones de terreno de mayor detalle, como se señala en el Estudio Geológico de la presente etapa.

3.3 CARACTERIZACIÓN ÁREA ENTRE SITIOS 1 Y 2

Con la finalidad de caracterizar el área comprendida entre los muros de las alternativas de los Sitios 1 y 2, en busca de la posibilidad de un eventual cambio en el emplazamiento del muro en cualquier punto de esta zona, se realizó el sondaje S-3, de 30,00 m de profundidad, 7 calicatas y dos perfiles de sísmica de refracción, tal como se presenta en los planos de ubicación de prospecciones.

La descripción de las prospecciones realizadas y los resultados de los ensayos realizados puede consultarse en los anexos A a H.

3.3.1 Unidades de Suelo

Para facilitar la identificación y clasificación de los suelos existentes en la posible zona de fundación de esta alternativa adicional, se seleccionaron tres de las muestras obtenidas de las calicatas excavadas, sobre las que se efectuaron ensayos de identificación y clasificación completa en laboratorio.

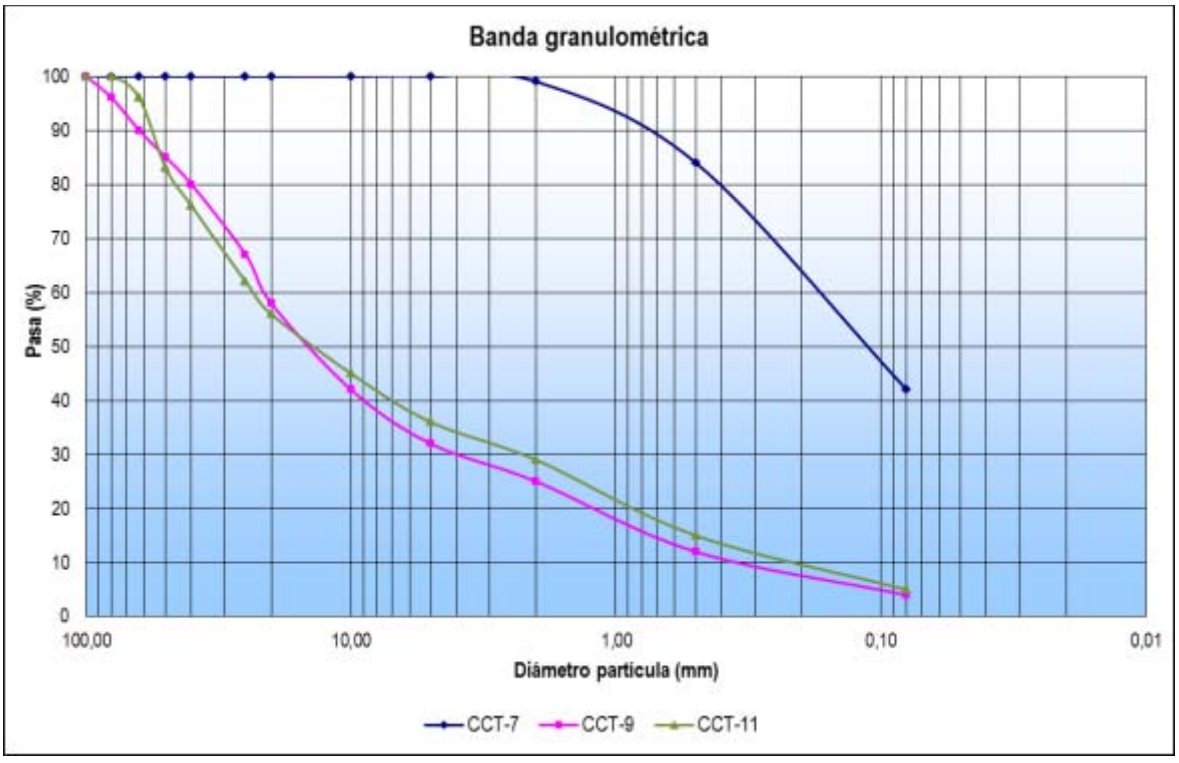
Los materiales identificados corresponden a los depósitos fluviales antiguos (Qfa) y coluviales (Qc) descritos en las ubicaciones previas.

En el caso de los primeros, el contenido en finos fue inferior al 10%, mientras que para los segundos, este porcentaje se elevó hasta el 42%.

En cualquier caso, los finos resultaron no plásticos, pudiendo clasificarse las muestras como gravas o arenas limosas del tipo GW-GM y SM, considerando la clasificación USCS de referencia.

La Figura 3-10 muestra la distribución granulométrica de las muestras ensayadas.

Figura 3-10: Banda granulométrica. Suelos zona de fundación muro de presa sitio intermedio.



3.3.2 Unidades de Roca

Las rocas que afloran en el área comprendida entre los muros de las alternativas de embalse 1 y 2 forman parte del Miembro Inferior de la Formación Cola de Zorro ya mencionada, constituida por rocas de origen volcánico y volcanoclástico.

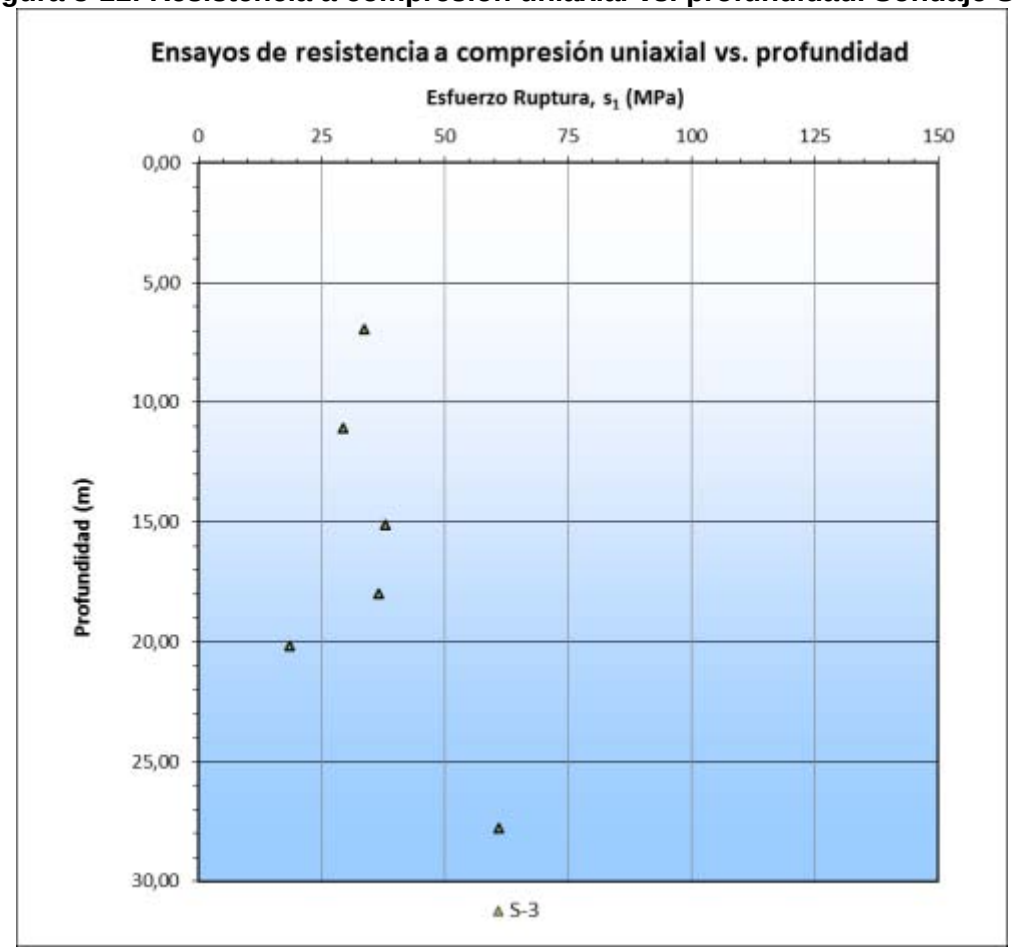
De la información obtenida del sondaje S-3, perforado en esta zona, se desprende la existencia de dos unidades de rocas de distintas características, que aparecen a partir de los 2,50 m de profundidad.

Así, se define la existencia de una alternancia de tobas volcánicas medianamente duras a duras, frescas a levemente meteorizadas, y brechas piroclásticas, de dureza y meteorización variable. Puede destacarse la presencia de una posible fractura detectada en el sondaje S-3 entre los 27 y 28,10 m de profundidad.
El estudio petrográfico realizado sobre una muestra de roca obtenida a 29,25 m de profundidad en el sondaje S-3, clasifica estos materiales como andesitas amigdaloidales, con textura porfídica y masa fundamental microlítica afieltrada.

Además, con el fin de conocer las características de resistencia y deformabilidad de estos materiales, se han llevado a cabo 6 ensayos de resistencia a compresión uniaxial con medida de módulos de deformación, en los que se obtuvieron resistencias de entre 19 y 61 MPa, que permiten estimar, considerando los criterios habituales (Hoek y Brown, 1.980 y Serrano y Olalla, 2.001), elevadas capacidades portantes de estos materiales frente a la fundación del muro previsto.

En la Figura 3-11, que se presenta a continuación, se muestra el valor de la resistencia compresión uniaxial de las muestras ensayadas frente a la profundidad.

Figura 3-11: Resistencia a compresión uniaxial vs. profundidad. Sondaje S-3.



No se observa, en estos materiales, una relación directa en el aumento de la resistencia a compresión uniaxial frente a profundidad.

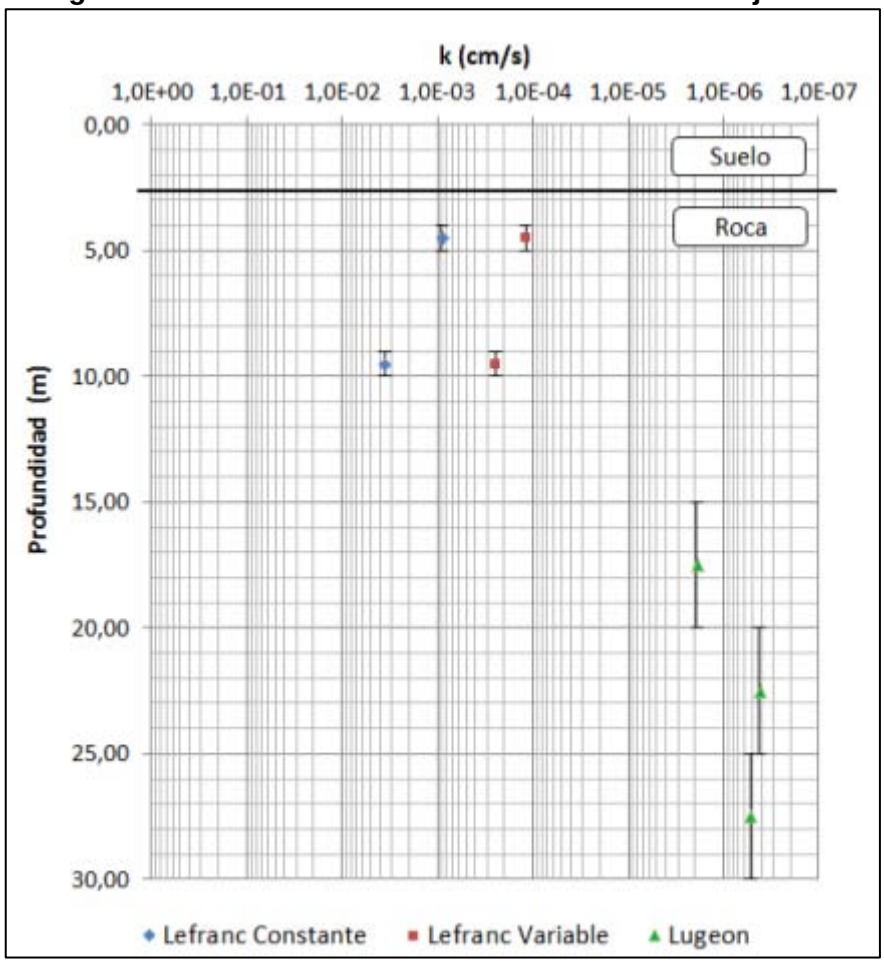
Con el objeto de caracterizar el macizo rocoso desde el punto de vista hidráulico, se realizaron ensayos de tipo Lefranc-Mandel y Lugeon, según permitieron las características de los materiales, abarcando toda la profundidad de investigación del sondaje S-3.

Los resultados de los ensayos realizados se muestran en la siguiente tabla a modo de resumen:

Sondaje	Profundidad [m]		Ensayo Mandel Lefranc Permeabilidad k [cm/s]		Ensayo Lugeon Permeabilidad		Observaciones	Clasificación según Olalla y Sopeña (1991)
	Desde	Hasta	Constante	Variable	k [cm/s]	k [UL]		
S-3	4,00	5,00	9,0E-04	1,2E-04				Muy permeable
	9,00	10,00	3,6E-03	2,5E-04				Muy permeable
	15,00	20,00			1,9E-06	0	Impermeable	Muy impermeable
	20,00	25,00			4,2E-07	0	No admite agua (5 kg/cm^2)	Muy impermeable
	25,00	30,00			5,1E-07	0	No admite agua (5 kg/cm^2)	Muy impermeable

En la Figura 3-12 se representa la permeabilidad obtenida de los ensayos realizados frente a su profundidad.

Figura 3-12: Permeabilidad vs. Profundidad. Sondaje S-3.



De acuerdo a la Figura 3-12, existe una significativa disminución de la permeabilidad de la roca a partir de los 15,00 m de profundidad en el sondaje, pudiendo caracterizarse como materiales muy impermeables, correlacionable con un incremento en el índice RQD (Rock Quality Designation) de la roca que, desde los 12,00 m aproximadamente y hasta los 30,00m de perforación, se sitúa en torno al 90% (roca de calidad excelente).

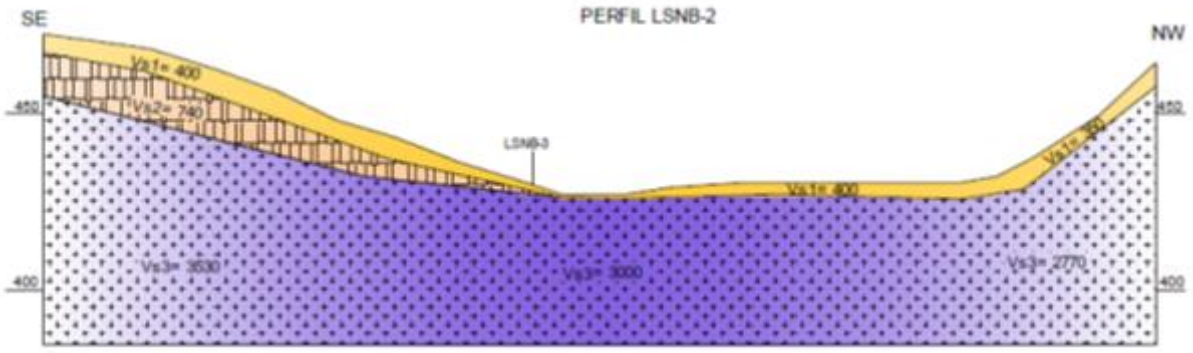
3.3.3 Geofísica

Con el objeto de caracterizar el área comprendida entre los sitios 1 y 2, se realizaron un perfil perpendicular al río (LSNB-2) de 321 m y otro paralelo al mismo, en su margen sur, de 365 m (LSNB-3).

En el perfil LSNB-02, se identificaron las siguientes 3 unidades geosísmicas:

- Unidad 1: con velocidades sísmicas entre 350 y 400 m/s y espesores significativos con promedio de 5 m disminuyendo a 1 m en el centro del perfil.
- Unidad 2: se identifica en el extremo SE del perfil con una velocidad de onda sísmica 740 m/s. Su espesor es máximo 12 m en el extremo SE del perfil y mínimo en el centro, acuñándose.
- Unidad 3: con velocidades sísmicas variables entre 2.770 y 3.530 m/s, a una profundidad de 5,5 m en el extremo NW, aumentando a 17 m en el extremo opuesto, SE.

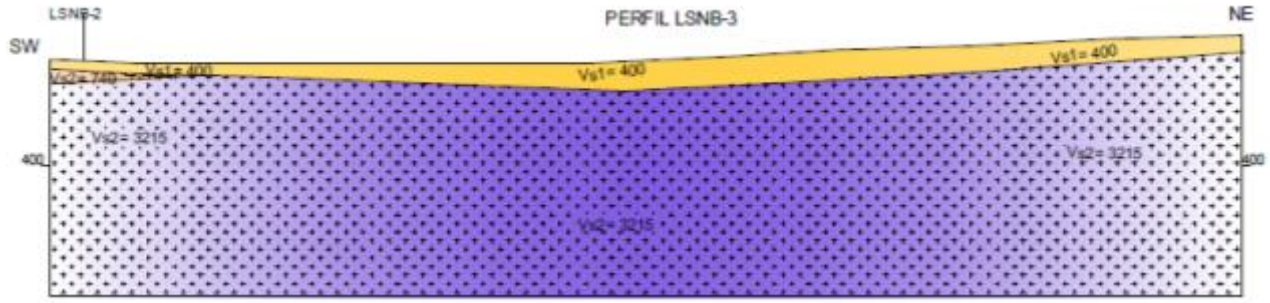
Figura 3-13: Perfil sísmico LSNB-2.



En el perfil LSNB-03, que corta transversalmente en su extremo SW la parte central del perfil anterior, se identificaron las siguientes unidades:

- Unidad 1: identificada por presentar una baja velocidad sísmica en superficie (400 m/s), con un espesor que varía entre 3 y 8,5 m, con aumento en la parte central del perfil.
- Unidad 2: se manifiesta solo en el extremo SW del perfil, con una velocidad sísmica de 740 m/s y un espesor máximo de 4 m, acuñándose hacia el centro del perfil.
- Unidad 3: con una velocidad sísmica del orden de 3.215 m/s. En el extremo SW del perfil, se encuentra a una profundidad de 7 m mientras que en la parte central del perfil aparece a 8,5 m y en el extremo NE, a una profundidad de 5 m.

Figura 3-14: Perfil sísmico LSNB-4.



La información obtenida de la prospección geofísica realizada, se ajusta a las observaciones realizadas en terreno.

3.3.4 Nivel de agua subterránea

El nivel de agua subterránea en esta zona intermedia, entre los muros de presa propuestos para los sitios 1 y 2, fue detectado entre los 2,40 y los 3,70m en las calicatas CCT-6, CCT-9 y CCT-10, mientras que no se observó la presencia de agua subterránea en las calicatas CCT-7, CCT-8, CCT-11 y CCT-12 hasta la profundidad de excavación (comprendida entre 2,50 y 3,50 m).

En el caso del sondaje S-3, el nivel de agua se estabilizó, a fecha de fin de la perforación, a los 5,10 m de profundidad.

A continuación se presentan las lecturas realizadas a modo de tabla resumen:

Prospección	Coordenadas UTM		Cota (mnsm)	Prof. Máx. Prospección (m)	Nivel de Napa (profundidad, m)	Nivel de Napa (msnm)
	Este	Norte				
S-3	259011	5934532	428,8	30,00	5,10	423,7
CCT-6	258661	5934471	420,0	4,00	2,40	417,6
CCT-7	259165	5934606	431,1	2,50	No detectado	-
CCT-8	259176	5934582	429,7	3,00	No detectado	-
CCT-9	259188	5934562	429,3	3,80	3,60	425,7
CCT-10	259186	5934549	428,9	3,70	3,70	425,2
CCT-11	259193	5934532	438,8	3,50	No detectado	-
CCT-12	259296	5934716	433,4	2,60	No detectado	-

3.3.5 Caracterización del área

Las prospecciones ejecutadas en este sector, están constituidas por el sondaje S-3 de 30,00 m de profundidad, 7 calicatas y dos perfiles de sísmica de refracción.

La ubicación de estas prospecciones se presenta en los planos 3853-1000-GO-LAM-001 y 3853-1000-GO-LAM-004.

El fondo del valle, de entre 100 y 150 metros de ancho aproximadamente en el sector comprendido entre los sitios 1 y 2, presenta suelos de sobrecarga que alcanzan espesores muy variables, de entre 1 y 8,5m atendiendo a la información obtenida de los perfiles sísmicos realizados.

En las calicatas excavadas se detectó entre 0,30 y 1,50m de suelo vegetal y hasta 4,00m de gravas areno-arcillosas, con bolones y bloques de hasta 42" que corresponden fundamentalmente a los depósitos fluviales de la unidad Qfa.

Por debajo de éstos, aparecen las rocas volcánicas asociadas a la Formación Cola de Zorro Inferior, donde se fundaría el posible muro.

Estos materiales rocosos, en los que se obtuvieron velocidades sísmicas de ondas compresionales de entre 2.770 y 3.530 m/s, presentan permeabilidades muy elevadas hasta los 15,00m de profundidad del sondaje S-3. Bajo los 15m, el sustrato rocoso sería impermeable, lo que es consistente con la buena calidad observada en la roca extraída.

Los sectores de apoyo o estribos de un posible nuevo muro de presa, se ubican en rocas volcánicas del Miembro Inferior de la Formación Cola de Zorro, donde se reconocen tobas brechosas (PPlcza2).

De la información recopilada se desprende que en ambas laderas se reconocería una unidad de suelo y, presumiblemente, roca meteorizada que podría presentar altos valores de permeabilidad, con velocidades sísmicas de entre 350 y 740 m/s y espesores de hasta 17 m en la ladera sur.

Por debajo de estos materiales se encontraría el macizo rocoso con valores de velocidad de propagación de las ondas compresionales de unos 3.000 m/s, correspondientes a roca en general meteorizada y/o fracturada.

Considerándose las similitudes con los materiales perforados en el centro del valle y teniendo en cuenta las observaciones realizadas en terreno, es de suponer que los materiales rocosos en ambos estribos presenten también permeabilidades menos elevadas que los esperados en el caso del sitio 1 y muy similares a los del sitio 2.

3.4 CARACTERIZACIÓN SITIO 3

Tal como se señaló en apartados previos, para la caracterización del Sitio 3 se dispone de 2 sondajes, 2 perfiles de sísmica de refracción y 17 calicatas, 4 de ellas excavadas en el entorno más próximo al eje del muro, y el resto, dentro del área de inundación del embalse proyectado.

En los Anexos A a H, se incluye toda la información correspondiente a estas prospecciones.

3.4.1 Unidades de Suelo

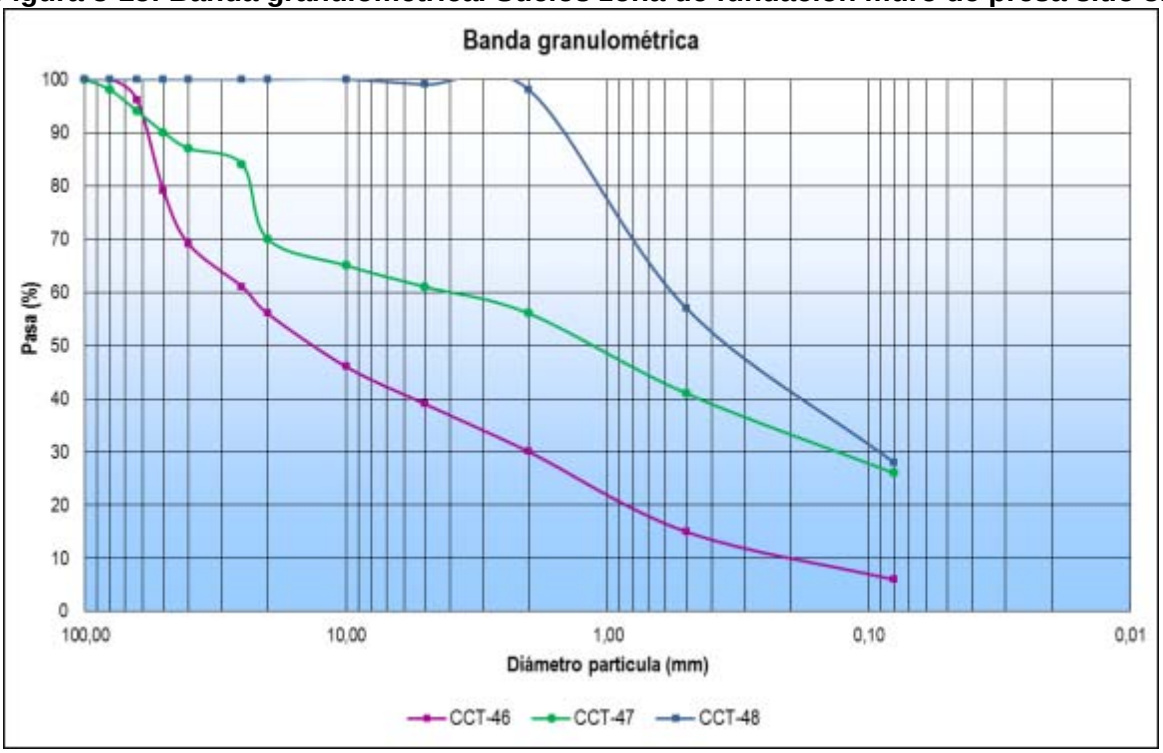
Las prospecciones realizadas en el sector de la alternativa de embalse del sitio 3 determinaron la existencia de un espesor superior a los 22,00 m de materiales clasificables como suelos, constituidos en primer lugar por gravas areno-arcillosas con bolones y bloques, algunos de sobre-tamaño, de naturaleza fundamentalmente andesítica.

Además, de las 4calicatas efectuadas entorno al eje del muro de presa proyectado en esta alternativa, se seleccionaron muestras para su posterior ensayo en laboratorio.

De estos ensayos se deduce que se trata, en todos los casos, de materiales con un contenido en finos inferior al 30%, resultando estos finos no plásticos en el caso de la muestra obtenida a 2,10 m de profundidad en la calicata CCT-46 y con límites líquidos de hasta el 30% e índices de plasticidad inferiores a 3 en los otros dos casos.

A continuación se muestra la banda granulométrica para cada una de las muestras ensayadas.

Figura 3-15: Banda granulométrica. Suelos zona de fundación muro de presa sitio 3.



Por otra parte y con el objeto de determinar el estado natural de los materiales, se llevaron a cabo ensayos para obtener el contenido en humedad, peso específico, densidad neta, y densidad de las partículas sólidas, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Calicata	Profundidad		Unidad Geológico-Geotécnica	Humedad (%)	Peso específico (g/cm³)	Densidad Neta (g/cm³)	Densidad Partículas sólidas (g/cm³)	USCS
	Inicial	Final						
	(m)							
CCT-46	2,10	3,80	Qfa	23,3	2,592	2,666	2,475	GP-GM
CCT-47	2,50	2,90	Qfa	32,1	2,478	2,590	2,406	GM
CCT-48	2,50	3,70	Qfa	34,5	2,565		2,565	SM

Considerando los resultados obtenidos, estos materiales pueden clasificarse como arenas y gravas limosas de los tipos SM y GM-GP, según la clasificación USCS de referencia.

De manera adicional, desde el sitio de muro proyectado y hacia el Este (aguas arriba), se realizaron prospecciones adicionales con el fin de completar la información correspondiente al área de inundación del embalse en estudio.

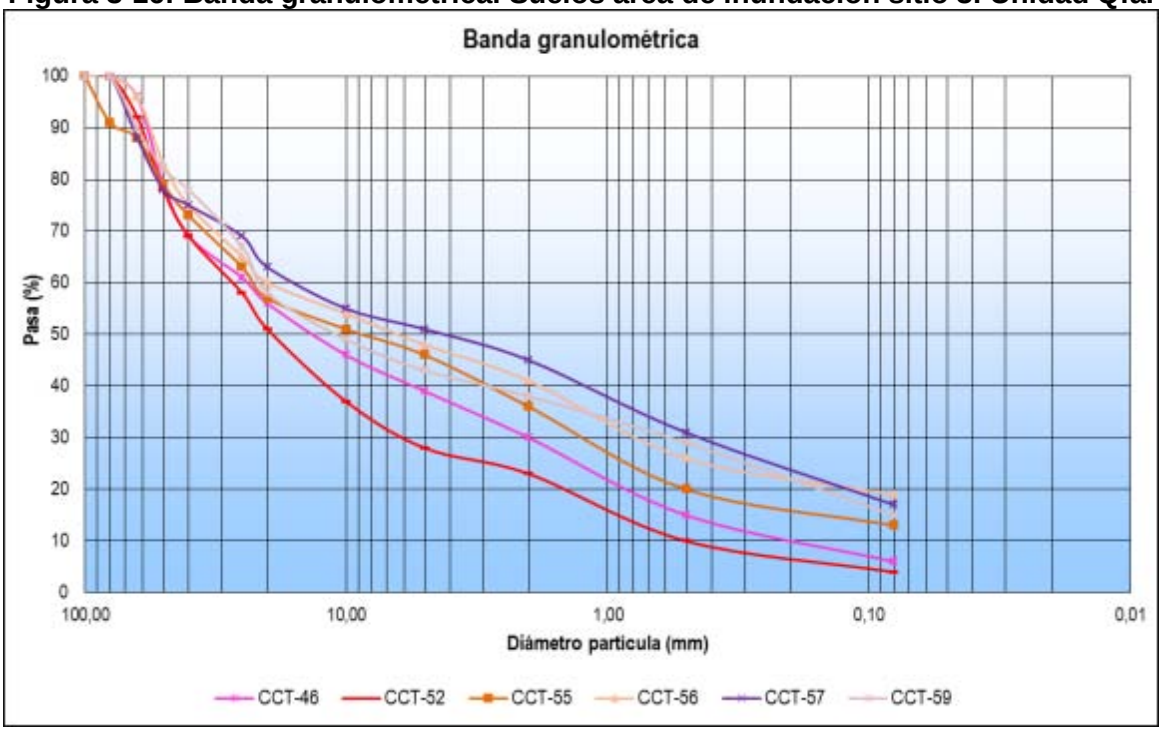
Después de seleccionar las muestras consideradas más representativas, se efectuaron también ensayos de laboratorio para su identificación y clasificación completa.

En este caso, las muestras analizadas corresponden a las tres unidades de suelos reconocidas en este sector.

Por un lado, 6 de las muestras ensayadas corresponden a los materiales de la unidad Qfa (depósitos fluviales antiguos), suelos granulares con contenidos en finos inferiores al 20%, que resultan no plásticos en todos los casos.

La Figura 3-16 representa la distribución granulométrica de las muestras ensayadas.

Figura 3-16: Banda granulométrica. Suelos área de inundación sitio 3. Unidad Qfa.



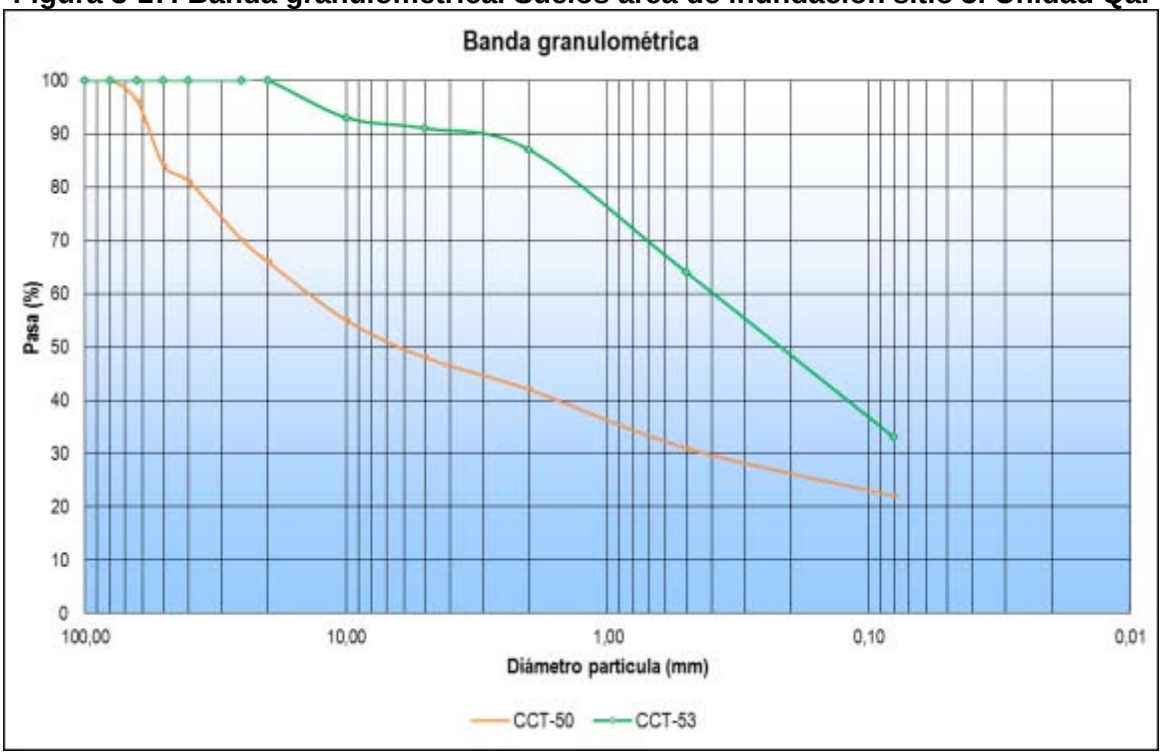
Además, se realizaron ensayos de determinación del estado natural de estas muestras, que incluyen contenido en humedad natural, peso específico, densidad neta y densidad de las partículas sólidas, cuyos resultados aparecen en la siguiente tabla resumen:

Calicata	Profundidad		Unidad Geológico-Geotécnica	Humedad (%)	Peso específico (g/cm³)	Densidad Neta (g/cm³)	Densidad de las Partículas sólidas (g/cm³)	USCS
	Inicial	Final						
	(m)							
CCT-46	2,10	3,80	Qfa	23,3	2,592	2,666	2,475	GP-GM
CCT-52	2,90	3,20	Qfa	27,8	2,688	2,729	2,582	GW
CCT-55	0,00	0,00	Qfa	25,6	2,440	2,530	2,335	GM
CCT-56	0,40	1,80	Qfa	28,6	2,520	2,590	2,445	GM
CCT-57	3,00	3,40	Qfa	29,2	2,642	2,716	2,571	GM
CCT-59	3,50	3,80	Qfa	31,2	2,648	2,743	2,522	GM

Con los resultados de los ensayos realizados, los materiales correspondientes a la unidad Qfa pueden clasificarse, según la USCS, como gravas limosas de tipo GM, fundamentalmente.

Fueron ensayadas también dos muestras, obtenidas en las calicatas CCT-50 y CCT-53, correspondientes a la unidad de suelos Qa (depósitos aluviales de conos de deyección), que se caracterizan por presentar un contenido en finos, de carácter limoso, de entre el 22 y el 33%, tal como se muestra en la Figura 3-17 que se incluye a continuación, de baja a nula plasticidad, y que clasifican las muestras como suelos de tipo SM a GM según la USCS.

Figura 3-17: Banda granulométrica. Suelos área de inundación sitio 3. Unidad Qa.



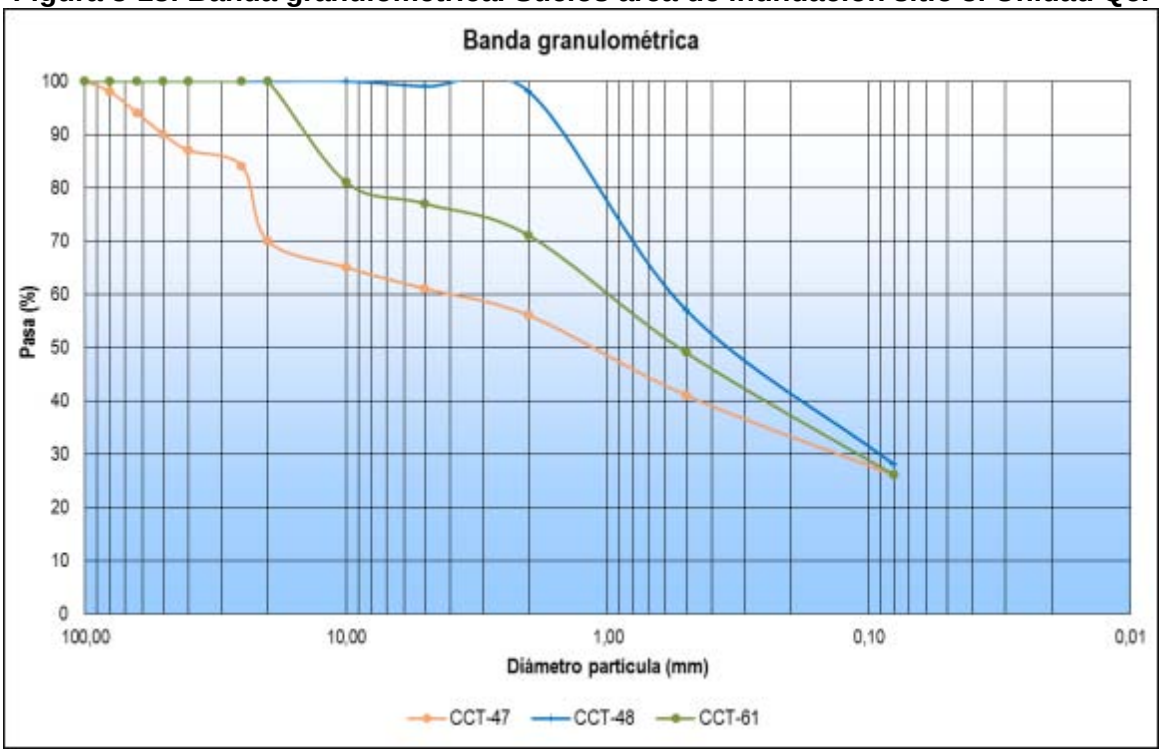
Por último, se determinó la existencia en esta área de materiales correspondientes a la unidad de suelos Qc (depósitos coluviales), con contenidos en finos de entre el 25 y el 30%.

En el caso de la plasticidad de la fracción fina, el límite líquido máximo se calculó en un valor del32%, el límite plástico en un valor de 27% y el índice de plasticidad entorno al 10%. En todo caso, estos materiales resultan de media-baja plasticidad, quedando mayoritariamente englobados dentro del campo de los limos y las arcillas ML-CL, según la clasificación USCS.

De manera global, estos materiales pueden calificarse como arenas limo-arcillosas (SM-SC) a gravas limosas (GM), según la clasificación USCS.

A continuación se adjuntan las curvas granulométricas correspondientes a la presente unidad:

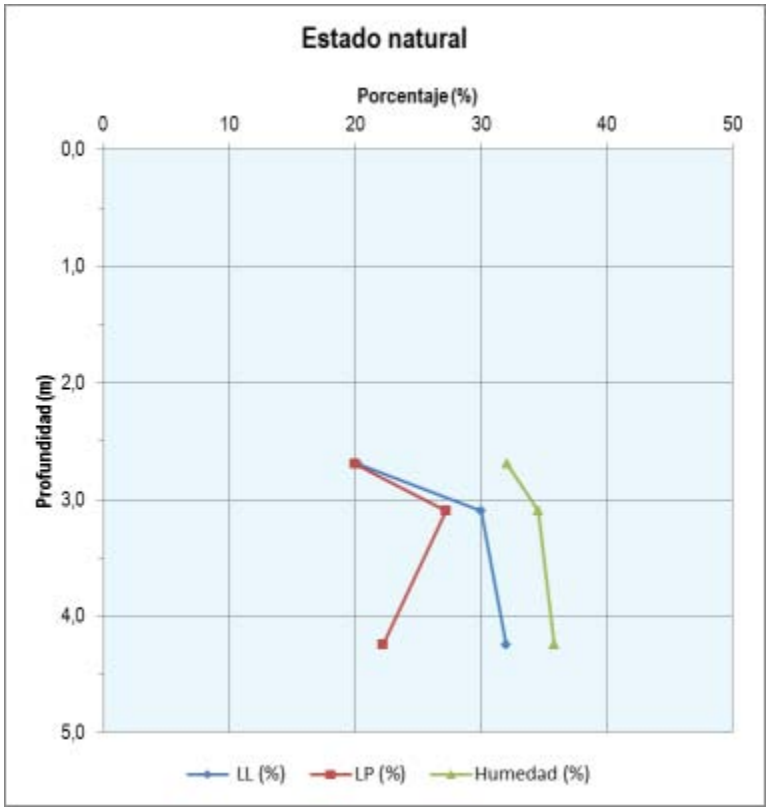
Figura 3-18: Banda granulométrica. Suelos área de inundación sitio 3. Unidad Qc.



Se han realizado tres ensayos de determinación de la humedad natural en muestras de estos suelos, habiéndose obtenido valores del 32,1, 34,5 y 35,8% en cada caso, con pesos específicos entre 2,45 y 2,56 g/cm^3.

Con respecto a su estado de consistencia natural se puede afirmar que las muestras presentan una humedad superior a la del límite plástico, lo que correspondería a suelos con un comportamiento de fluido viscoso, si bien debe hacerse notar que la muestra fue obtenida después de un período de precipitaciones en el sector. En la Figura 3-19 adjunta se muestra gráficamente esta situación.

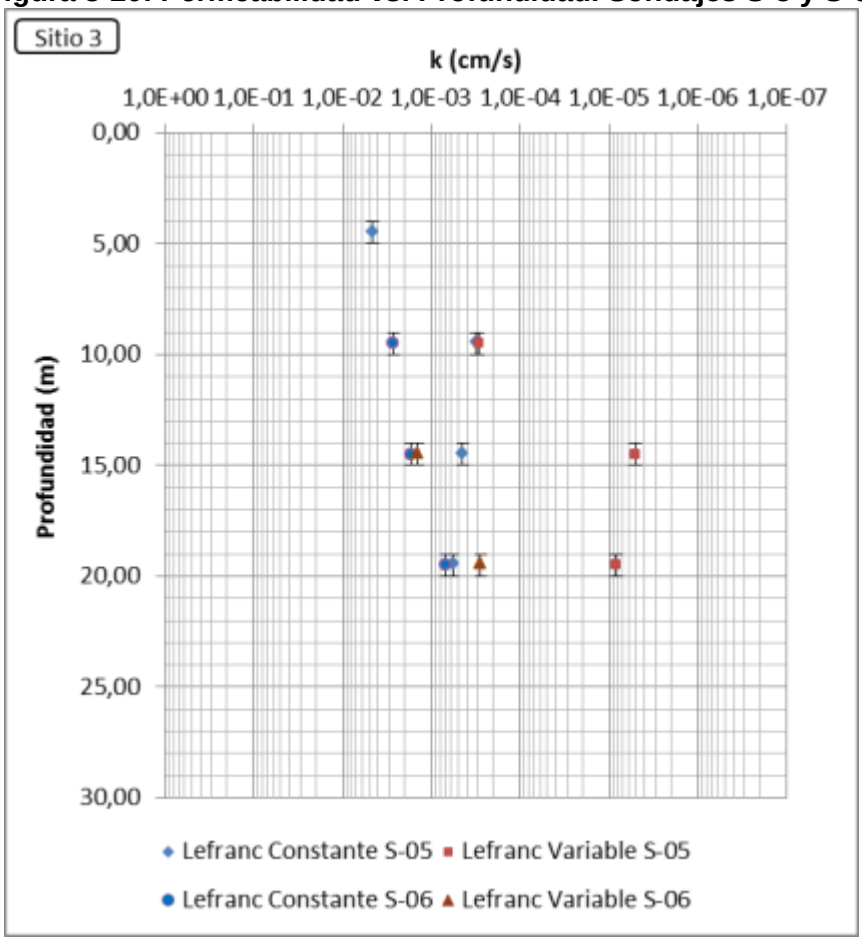
Figura 3-19: Estado natural. Suelos área de inundación sitio 3. Unidad Qc.



Finalmente, para conocer la permeabilidad de los suelos reconocidos a lo largo de toda el área de estudio, durante la perforación de los sondajes S-5 y S-6 se realizaron ensayos de tipo Lefranc-Mandel cada 5 metros de profundidad, de los que se obtuvieron coeficientes de permeabilidad muy variables aunque elevados, coherentes con la naturaleza de las litologías observadas, como se muestra en la siguiente tabla y en la Figura 3-20.

Sondaje	Profundidad [m]		Ensayo Mandel Lefranc Permeabilidad k [cm/s]		Observaciones
	Desde	Hasta	Constante	Variable	
S-5	4,00	5,00	4,6E-03		Muy permeable
	9,00	10,00	3,1E-04	2,9E-04	Muy permeable
	14,00	15,00	4,5E-04	5,1E-06	
	19,00	20,00	5,8E-04	8,4E-06	
S-6	4,00	5,00	0,0E+00	0,0E+00	No hay variación de nivel
	9,00	10,00	2,7E-03		Muy permeable
	14,00	15,00	1,7E-03	1,4E-03	Muy permeable
	19,00	20,00	6,8E-04	2,8E-04	Muy permeable

Figura 3-20: Permeabilidad vs. Profundidad. Sondajes S-5 y S-6.



3.4.2 Unidades de Roca

Las rocas que conforman los estribos del muro de presa de la alternativa de embalse del sitio N° 3 forman parte del Miembro Superior de la Formación Cola de Zorro, constituido principalmente por rocas volcánicas de composición intermedia-básica y formado fundamentalmente por coladas andesíticas y andesítico-basálticas de un espesor promedio cercano a los 60 - 70 m.

Se observan ocasionales intercalaciones métricas de materiales volcanoclásticos correspondientes a tobas líticas que constituyen niveles altamente competentes, muy fracturados y aparentemente con bajo grado de alteración y meteorización.

En este sector se observa un predominio de las facies volcánicas por sobre las volcanoclásticas, lo que se traduce en una morfología escarpada de los flancos del valle del río Niblinto debido al aumento significativo de la dureza y competencia de la roca, que imposibilitó el estudio de los estribos de la presa con investigaciones y ensayos in situ.

A pesar de que el límite superior de la unidad no fue reconocido en terreno, se puede estimar un espesor para esta secuencia de 250 m, el cual iría disminuyendo hacia el oeste.

3.4.3 Geofísica

En el área en que se plantea el muro del sitio 3 se han realizado dos perfiles sísmicos de refracción: uno longitudinal, de 259 m (LSNB-6) y otro transversal, de 730 m de longitud (LSNB-5).

El perfil LSNB-5 se ubica en la parte central del valle del río Niblinto siguiendo aproximadamente el curso de este en dirección W-E. En él se identificaron las siguientes unidades:

- Unidad 1: con bajas velocidades sísmicas de propagación de ondas compresionales, del orden de 400m/s y un espesor variable entre 5 y 11m.
- Unidad 2: con velocidades sísmicas del orden de 3.000m/s.

El perfil LSNB-6 se encuentra ubicado en forma perpendicular al anterior, aproximadamente por el eje del muro, con orientación S-N y en él se identificaron las siguientes unidades:

- Unidad 1: con una velocidad sísmica para ondas compresionales de 400m/s, y espesores de entre 1,5 y 11 m.
- Unidad 2: con velocidad sísmica para las ondas compresionales del orden de 3.000m/s.

En ambos casos, considerando la información obtenida de los sondajes S-5 y S-6, en los que se observaron bolones y megabloques de naturaleza mayoritariamente andesítica, las velocidades de ondas compresionales del orden de 3.000 m/s, no son concordantes con la presencia de dichos materiales.

3.4.4 Nivel de agua subterránea

Se prestó especial interés en la determinación del nivel de agua subterránea durante la ejecución de los trabajos de terreno, no obstante, en la mayor parte de las investigaciones realizadas en el entorno del muro de presa proyectado para este embalse, no fue observado dicho nivel.

Tan sólo en el sondaje S-5 y en las calicatas CCT-47 y CCT-48 se detectó el nivel freático a 6,20, 1,30 y 3,30 m, respectivamente.

A continuación se incluye una tabla resumen con las mediciones realizadas.

Investigación	Coordenadas UTM		Cota (msnm)	Prof. Máx. Prospección (m)	Nivel de Napa (profundidad, m)	Nivel de Napa (msnm)
	E (m)	N (m)				
S-5	266372	5933720	560,8	22,00	6,20	554,6
S-6	266344	5933683	563,7	22,00	No detectado	-
CCT-46	266254	5933733	559,5	3,80	No detectado	-
CCT-47	266334	5933714	565,5	2,90	1,30	564,2
CCT-48	266396	5933659	561,2	3,70	3,30	557,9
CCT-49	266430	5933669	564,9	3,50	3,20	561,7
CCT-50	266498	5933657	567,1	3,40	3,00	564,1
CCT-51	266573	5933670	570,7	3,70	No detectado	-
CCT-52	266746	5933742	571,4	3,20	No detectado	-
CCT-53	266901	5933773	577,5	3,80	No detectado	-
CCT-54	267298	5933680	627,8	2,80	No detectado	-
CCT-55	267363	5933513	660,9	0,00	No detectado	-
CCT-56	266818	5933762	574,8	3,70	No detectado	-
CCT-57	267063	5933837	581,6	3,40	No detectado	-
CCT-58	267114	5933886	581,7	2,30	No detectado	-
CCT-59	267361	5933824	599,6	3,80	No detectado	-
CCT-60	267314	5933860	597,1	3,05	No detectado	-
CCT-61	267256	5933674	627,6	4,50	4,30	623,3
CCT-62	267217	5933686	625,6	4,50	4,40	621,2

3.4.5 Caracterización del Fondo de Valle – Muro de Presa

Las prospecciones ejecutadas en este sector están constituidas por dos sondajes (S-5 y S-6) y un perfil sísmico, ejecutados a lo largo del eje del muro, y 4 calicatas excavadas en su entorno.

La ubicación de estas prospecciones se presenta en los planos 3853-1000-GO-LAM-003 y 3853-1000-GO-LAM-005.

En las calicatas excavadas se detectó entre 0,35 y 1,50m de suelo vegetal y hasta 3,80m de materiales de naturaleza fluvial y/o coluvial, constituidos por arenas y limos con gravas, bolones y abundantes bloques de hasta 62".

En los sondajes S-5 y S-6, perforados hacia el sur del río Niblinto, se detectó hasta los 3,50 y 3,20 m de profundidad, respectivamente, la presencia de arenas y limos, con abundante materia orgánica y gravas, bolones y bloques.

Bajo estos materiales, se identificó la presencia de bolones y bloques, algunos de diámetro métrico, de naturaleza fundamentalmente andesítica y granodiorítica, entre los que se detectaron algunos niveles de suelos granulares finos de entre 0,50 y 1,00 metro de espesor y niveles de conglomerados fuertemente cementados.

Tal como fue mencionado anteriormente, en estos sondajes no se reconoció el sustrato rocoso, no obstante la velocidad sísmica de 3.000m/s registrada en los perfiles LSNB-5 y LSNB-6.

Teniendo en consideración toda la información disponible, en este emplazamiento únicamente debería valorarse la construcción de un muro de materiales sueltos debido a las características del material de fundación. Este material, de naturaleza fluvial, deberá ser impermeabilizado hasta una profundidad de, al menos, 30-35 m.

3.4.6 Caracterización de Estribos Derecho e Izquierdo – Muro de Presa

No se dispone de prospecciones y ensayos de laboratorio para la caracterización de los materiales que constituyen los estribos del muro de presa proyectado en el sitio 3.

En base a las observaciones realizadas en terreno, pudo establecerse que las rocas que conforman los estribos del muro de presa de esta alternativa forman parte del Miembro Superior de la Formación Cola de Zorro, constituido principalmente por rocas volcánicas de composición intermedia-básica y formado principalmente por coladas andesíticas y andesítico-basálticas de un espesor promedio cercano a los 60 - 70 m, con desarrollo de disyunción columnar que generan zonas potencialmente de alta permeabilidad, por lo que es de prever la necesidad de impermeabilizaciones importantes en esta zona.

En ocasiones se observa la presencia de intercalaciones métricas de materiales volcanoclásticos constituidos por tobas líticas que forman niveles altamente competentes, muy fracturados y aparentemente con bajo grado de alteración y meteorización.

Además, en esta zona, son predominantes las facies volcánicas sobre las volcanoclásticas, lo que produce la escarpada morfología del valle del río Niblinto por el importante aumento de la dureza y competencia de la roca, que imposibilitó el estudio de los materiales con investigaciones y ensayos in situ.

A pesar de que el límite superior de la unidad no fue reconocido en terreno, se puede estimar un espesor para esta secuencia de 250 m, el cual iría disminuyendo hacia el oeste.

3.4.7 Caracterización del vaso de inundación

El área inundada por la alternativa de embalse 3 se extiende por 7 km aguas arriba del río Niblinto desde el muro de ésta. La cola del embalse se ubicaría a unos 6 km aguas arriba de la quebrada El Imposible.

Los materiales del fondo del valle del río Niblinto en el área inundada por esta alternativa, tienen un origen principalmente fluvial, si bien junto con los sedimentos actuales del río se reconoce la presencia de depósitos fluviales antiguos formando terrazas.

Hacia los bordes del valle, éstos estarían interdigitados con depósitos coluviales provenientes de laderas, de moderada a fuerte pendiente (la ladera derecha posee en general una mayor pendiente que la opuesta), con depósitos aluviales que en su mayoría se presentan en forma de abanicos o conos asociados a quebradas tributarias del río Niblinto. El más importante corresponde al cono de deyección de la quebrada El Imposible, que actualmente está encajonada y restringida a un curso de agua que no supera los 2 m de ancho, cuyo lecho se encuentra relleno por una gran cantidad de bolones y bloques de gran tamaño.

Ocasionalmente es posible encontrar remanentes fluviales antiguos colgados a mitad de laderas que podrían ser utilizarlos como materiales de yacimientos de empréstitos para la construcción del muro y obras anexas.

Bajo la capa superficial de suelo presente en el área del valle del río Niblinto involucrada por esta alternativa hasta la quebrada El Imposible, se encontrarían principalmente rocas del miembro superior de la Formación Cola de Zorro (PPlczb).

Hacia aguas arriba la quebrada El Imposible, la ladera derecha del valle del río Niblinto estaría formada, en su parte inferior, por rocas pertenecientes al Batolito Santa Gertrudis-Bullileo correspondientes a granodioritas, y en su parte superior por rocas volcanoclásticas y volcánicas de la Formación Cola de Zorro. Por su parte, la ladera izquierda del mismo valle estaría formada por rocas volcanoclásticas-sedimentarias de la Formación Cura-Mallín, principalmente niveles tobáceos de aproximadamente 50-90 cms de potencia.

El tramo final, cercano a la cola del embalse, estaría exclusivamente en rocas graníticas del Batolito Santa Gertrudis-Bullileo.

Por las características genéticas del miembro superior de la Formación Cola de Zorro, es probable que las rocas de esta unidad posean una alta permeabilidad, ya que en la mayoría de los afloramientos observados dichas rocas presenta disyunción columnar, exhibiendo una elevada cantidad de fracturas subverticales. Es posible que a través de estos niveles puedan, eventualmente, producirse importantes filtraciones del embalse, lo cual debería analizarse en futuras etapas del proyecto.

De la misma forma, en aquellos sectores cercanos a la traza de una falla que intersecta el vaso de inundación del embalse cerca de la confluencia de la quebrada El Imposible con el río Niblinto, será necesario realizar estudios de mayor detalle para determinar las características de la falla tales como: edad del último movimiento, ubicación, largo, ancho del área afectada, profundidad, naturaleza y propiedades de los materiales involucrados, con el objeto de estimar el potencial de filtraciones a lo largo de esta estructura.

3.5 CARACTERIZACIÓN CANALES MATRICES

Con objeto de caracterizar geotécnicamente el trazado de los canales proyectados, se excavaron **23 calicatas** de hasta 3,90 m de profundidad, en las que se realizó la descripción estratigráfica completa y se llevaron a cabo ensayos de laboratorio en las muestras consideradas más representativas.

Estos ensayos comprenden:

- Análisis granulométrico.
- Límites de Atterberg.
- Humedad.
- Peso específico.
- Densidad neta.
- Densidad de las partículas sólidas.
- Clasificación USCS.
- Próctor Modificado.

Con la ejecución de las calicatas, los análisis de laboratorio y las observaciones de terreno, se puede estimar con carácter preliminar la necesidad de revestimientos, la posible existencia de subpresiones y los sistemas de drenaje necesarios para disminuirlas en los canales proyectados.

Las subpresiones en los canales varían según las calidades de los distintos suelos, la topografía en la que se desarrolla el canal y el nivel de las aguas subterráneas existentes y registradas en las calicatas excavadas.

La presencia de agua en muchas de estas excavaciones permite adelantar la posibilidad de la ocurrencia de problemas durante la construcción, que puedan derivarse de su existencia, por lo que se hará necesario prestar especial atención al sistema de drenaje.

En los Anexos E y F se incluyen los registros y fotografías de las calicatas, cuya ubicación se muestra en el plano 3853-1000-GO-LAM-008.

Los certificados de los ensayos de laboratorio realizados se pueden consultar en el Anexo G.

A continuación se describen las características generales de los canales matrices proyectados.

3.5.1 Canal Matriz N°1

Para el análisis de las características geológico-geotécnicas del Canal Matriz N°1 se dispone de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5, C-6, C-7 y C-8, en las que se determinó la existencia de entre 0,40 y 0,85 m de suelo vegetal, seguido generalmente de un nivel de arenas limosas a limos arenosos de aproximadamente un metro de potencia, y finalmente un nivel de arenas con gravas sobre las que se propone la fundación de este canal.

Como puede observarse de las descripciones y ensayos disponibles, se trata de materiales con pocos finos, poco a nada plásticos, clasificables de acuerdo a la USCS como suelos del tipo SC y GP-GM.

Considerando la topografía del área, los taludes de corte necesarios serán de baja altura y se estima que, para garantizar su estabilidad, pueden proponerse inclinaciones del tipo 1:1 (H:V).

En el caso de hacerse necesaria la construcción de algún tramo en relleno, se estima conveniente utilizar taludes de diseño con inclinación 3:2 (H:V).

Teniendo en consideración toda la información disponible, se estima que las filtraciones pudieran ser elevadas, por lo que puede ser necesario el revestimiento del canal. Además, la presencia de aguas subterráneas a poca profundidad, hace necesario también la construcción de un sistema de drenaje para evitar subpresiones.

3.5.2 Canal Matriz N°2

Para el análisis de los suelos sobre los que se desarrolla este canal, se excavó la calicata C-9, en la que se determinó la existencia de unos 0,70 m de suelo vegetal, seguidos de 1,70 m de arenas limosas a limos arenosos, y arenas y gravas con pocos finos de baja a media plasticidad.

El nivel de agua subterránea fue detectado a una profundidad de 3,35 m, lo que impidió continuar con la excavación de la calicata.

El canal en proyecto deberá fundarse sobre las arenas y gravas del nivel inferior, eliminándose los posibles niveles limosos de tipo trumao que pudieran existir.

Los cortes proyectados en este canal serán de baja altura, atendiendo a la topografía de la zona, por lo que pueden proponerse inclinaciones del tipo 1H/1V.

En el caso de realizarse rellenos, los taludes recomendados son del tipo 3H/2V.

Considerando la información disponible de las prospecciones y observaciones realizadas, se estima que las filtraciones pudieran ser elevadas a lo largo de este canal, por lo que es recomendable su revestimiento. Adicionalmente, será necesario el diseño y construcción de un sistema de drenaje bajo el revestimiento, con el objeto de limitar posibles subpresiones debidas a la existencia de aguas subterráneas a poca profundidad.

3.5.3 Canal Matriz N°3

A lo largo del trazado del canal matriz n° 3 se excavaron las calicatas C-10, C-11 y C-12, de entre 2,20 y 3,90 m de profundidad.

En estas calicatas se determinó la presencia de entre 0,40 y 0,65 m de suelo vegetal, seguido de un nivel de arenas limosas con un contenido en finos del orden del 20%.

Se propone fundar el canal sobre las arenas limosas descritas en las calicatas, que según la estratigrafía realizada presentan algunos niveles cementados que, en la excavación, serán molidos y probablemente apisonados, dando lugar a una mayor cantidad de materiales finos que limiten las posibles filtraciones.

Sin embargo, el trazado del canal se proyecta a media ladera y, atendiendo a la información topográfica disponible, es posible que atraviese zonas con fuerte pendiente y muy próximas al estero Relbunco, por lo que finalmente se estima necesario el revestimiento del canal.

El nivel de agua subterránea fue detectado a poca profundidad (entre 1.90 y 3.65 m) lo que impidió continuar con la excavación de las calicatas C-11 y C-12. Por este motivo, deberá considerarse algún sistema de drenaje con el objeto de eliminar posibles subpresiones en el canal.

Se estima que puedan ser necesarios cortes de alturas superiores a los 5 m en algunos puntos, por lo que, para garantizar la estabilidad de los taludes proyectados, se proponen inclinaciones del tipo 1.5:1 (H:V). En el caso en que se detectase material rocoso, presumiblemente de naturaleza volcánica, en alguno de los cortes mayores, estos taludes podrían verticalizarse. En caso de proyectarse tramos en relleno, los taludes recomendados son del tipo 3:2 (H:V).

3.5.4 Canal Matriz N°4

Para el análisis preliminar de los materiales sobre los que se desarrolla el trazado del canal n° 4, se excavaron 6 calicatas (de C-13 a C-18) de entre 1,70 y 3,85 m de profundidad.

En las calicatas excavadas se detectó la presencia de aguas subterráneas entre los 1,80 y los 3,65 m, salvo en la calicata C-15, donde este nivel no fue observado.

De manera generalizada, los suelos sobre los que se desarrolla el trazado de este canal son fundamentalmente limos arenosos a arenas limosas, en ocasiones gravas con abundantes limos, con plasticidades medias, clasificables según la USCS como materiales del tipo ML y GM respectivamente.

Atendiendo a la naturaleza y características de estos materiales, se estima que, en la primera mitad del trazado, el canal pueda apoyarse sobre las arenas limosas identificadas en las calicatas. El alto contenido en finos determinado en las muestras ensayadas y las observaciones realizadas, permite considerar que no se producirán filtraciones considerables o pérdidas de agua, por lo que no sería necesario su revestimiento.

En esta primera mitad del trazado proyectado, podrían plantearse algunos cortes, en zonas puntuales, de alturas superiores a los 5 m según a la información topográfica disponible. Teniendo en consideración las características de los materiales excavados, con el objeto de garantizar la estabilidad de los taludes proyectados, se aconseja su diseño con inclinaciones del tipo 1.5:1 (H:V).

En el caso de encontrarse materiales rocosos en algún punto de los cortes de mayor altura, los taludes podrían verticalizarse sin riesgo para su estabilidad.

Desde la mitad del trazado aproximadamente, y hasta el final del mismo, el canal quedará fundado sobre los niveles arenosos con gravas descritos, que, atendiendo a las observaciones realizadas, podrían suponer mayores pérdidas de agua por infiltración.

En este tramo, el canal se desarrolla sobre una superficie topográfica relativamente llana, donde no se prevé la construcción de cortes de alturas importantes, próxima al río Coihueco, habiéndose encontrado la presencia de aguas subterráneas durante la excavación de las calicatas a profundidades de entre 1,60 y 2,80 m.

Por todas estas consideraciones, se considera que el canal deberá revestirse en esta zona y deberá plantearse un sistema de drenaje para evitar posibles subpresiones.

3.5.5 Canal Matriz N°5

Las calicatas C-19 a C-23 fueron excavadas a lo largo del trazado de este canal, donde se determinó la existencia de entre 0,15 y 0,70 m de suelo vegetal sobre niveles de limos arenosos a arenas limosas con más de un 30% de finos, clasificables como suelos de tipo CL y SM de manera generalizada.

Atendiendo a la topografía del área, los cortes proyectados serán de baja altura, por lo que se propone el diseño de los taludes de corte de tipo 1:1 (H:V) con objeto de garantizar su estabilidad.

En el caso de ser necesaria la construcción de algún relleno, éste podrá proyectarse con taludes del tipo 3:2 (H:V).

Se propone fundar el canal sobre las arenas limosas con gravas descritas en las calicatas, y sobre las arenas limosas que, según la estratigrafía realizada, presentan algunos niveles cementados que en la excavación serán molidos y probablemente apisonados, dando lugar a una mayor cantidad de materiales finos que limiten las posibles filtraciones. Por este motivo, no se estima necesario el revestimiento del canal.

En todas las calicatas excavadas se detectó la presencia de aguas subterráneas a escasa profundidad (entre 1,40 y 2,90 m). Adicionalmente, debido a la proximidad del canal al río Niblinto y las características topográficas del área en la que discurre el trazado, es de suponer la presencia de este nivel de agua muy próximo a la superficie, lo que deberá ser tenido en consideración para evaluar posibles subpresiones en las obras en proyecto.

3.5.6 Canales de trasvase

Los canales de trasvase proyectados, se desarrollan a media ladera en gran parte de sus trazados, en zonas de fuerte pendiente, por lo que se prevé que se proyecten cortes de gran altura y se hace necesario su revestimiento.

Además, en el catastro de canales realizado, se observó que los canales existentes en el área próxima al río Cato, en la que se proyecta en canal de trasvase a sector 1, presentan

filtraciones moderadas (Canales Baeza y Peña), lo que justifica el planteamiento del revestimiento del canal en esta zona.

De manera generalizada, estos canales de trasvase se desarrollarán sobre todo tipo de materiales: sedimentos volcanoclásticos in situ y redepositados, materiales fluvio-aluviales asociados a los ríos Cato, Niblinto y Coihueco, etc. que probablemente no garanticen la estanqueidad del canal, pudiendo producirse elevadas filtraciones. Por estos motivos, se estima que es recomendable el revestimiento de estos canales.

Adicionalmente, el canal de trasvase al sector 1 se desarrolla, al inicio, en un área muy próxima al río Cato, por lo que se supone la posible existencia de aguas subterráneas a poca profundidad, lo que haría necesaria la construcción de un sistema de drenaje, al menos en ese tramo.

Atendiendo a la información topográfica analizada, los cortes previstos en estos sectores de trasvase podrán alcanzar alturas, en algunos tramos, superiores a los 20 m, de forma que en posteriores fases de proyecto, se hará necesario un análisis individualizado de dichos tramos.

De manera generalizada puede proponerse que, en aquellos sectores en los que el trazado del canales de trasvase den lugar a la ejecución de cortes de más de 5 metros de altura, suponiendo que se trate de material rocoso (lo cual deberá ser verificado en posteriores fases del proyecto), podrían plantearse taludes con inclinaciones máximas del tipo 1:4 (H:V), con banquetas intermedias de 3 m de ancho cada 8 metros de altura para garantizar su estabilidad.

Si se considera que estos cortes pudieran estar ejecutados en materiales de tipo suelo, los taludes podrían proponerse con inclinaciones del tipo 2:3 (H:V) con banquetas intermedias de 3 m de ancho cada 6 m de altura.

En caso de ser necesaria la construcción de algún tramo en relleno, para éstos se recomienda utilizar taludes con inclinaciones 3:2 (H:V).

Todas estas consideraciones son muy preliminares, pero permiten obtener una visión general del área en la que se desarrolla la red de canales y de los posibles requerimientos de las obras previstas, si bien deberán ser ratificadas en posteriores fases de proyecto de forma que se pueda optimizar tanto las excavaciones a realizar, como la necesidad real de revestimientos y drenajes.

De cualquier forma, durante la construcción de los canales, la ejecución de los taludes deberá ser controlada por un especialista geotécnico, que pueda ratificarlos y/o modificarlos.

4 YACIMIENTOS DE MATERIALES DE EMPRESTITOS

La selección de los yacimientos de materiales de empréstitos, está orientada a cumplir con las características que requieren principalmente los distintos tipos de relleno que formarán parte del muro del embalse previsto.

Con el objeto de ofrecer una primera aproximación de la disponibilidad de materiales en el área de estudio, ARCADIS Chile programó una campaña de prospecciones geotécnicas y ensayos de laboratorio, coincidente con el estudio y análisis de los emplazamientos de muro seleccionados y el reconocimiento del área de inundación de cada uno de los embalses previstos.

Las prospecciones consistieron en la excavación de calicatas utilizando una máquina retroexcavadora, que fueron supervisadas y registradas por un técnico especialista que obtuvo la información más relevante de cada estrato (tamaño máximo de las partículas, color, graduación, plasticidad, forma de partículas de la grava, compacidad o consistencia y estructura natural).

De las 67 calicatas ejecutadas en las áreas de embalse, 42 se excavaron para investigar las posibilidades de obtener materiales de empréstitos.

Las profundidades de estas calicatas oscilaron entre 1,65 y 5,40 metros, lo que dependió de las características del terreno y/o la presencia de agua.

Su ubicación se definió de modo de tener la mejor distribución areal, limitado en parte, por la dificultad de los accesos.

4.1 REQUERIMIENTO DE MATERIALES DE EMPRÉSTITOS

Una primera estimación de los volúmenes de materiales requeridos para la construcción del muro de cada una de las alternativas planteadas, se presenta en la matriz de evaluación presentada al comienzo del estudio.

Con el avance en el conocimiento geológico-geotécnico del área de estudio y la cartografía desarrollada, dicha estimación pudo ser ajustada a las posibilidades de proyecto.

En la Tabla 4-1 se indican los volúmenes preliminares de materiales de empréstitos para los muros de los tres sitios, atendiendo a las diferentes cotas de coronamiento consideradas.

Tabla 4-1: Volúmenes estimados de materiales de empréstitos

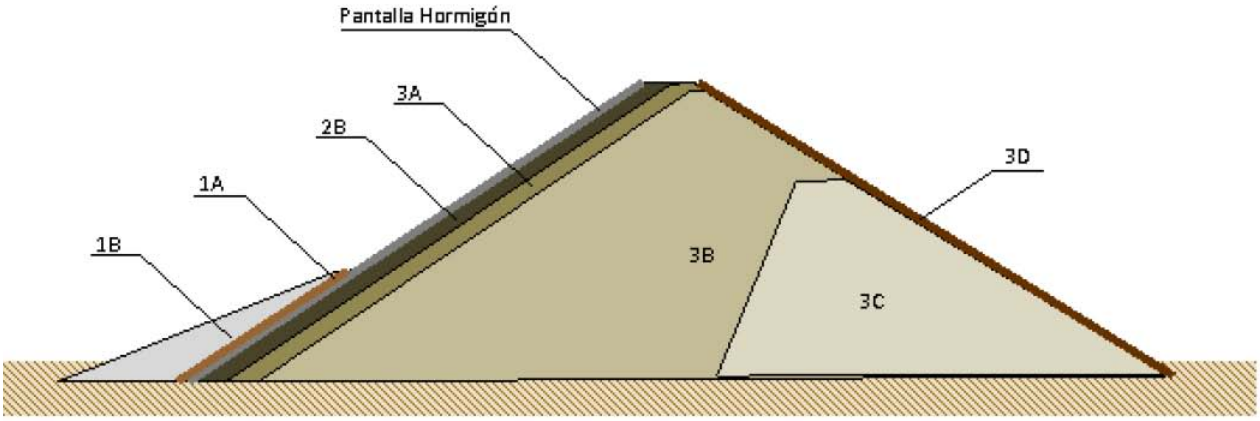
Sitio	Cota Coronamiento (msnm)	Altura Muro (m)	Volumen Muro (m^3)
Sitio 1	469	53	1.202.386,84
	484	68	2.032.480,33
	499	83	3.143.540,22
	514	98	4.565.027,46
	529	113	6.319.117,17
	544	128	8.413.560,60
	559	143	10.893.129,12
Sitio 2	487	53	770.754,85
	502	68	1.372.971,85
	517	83	2.232.698,72
	532	98	3.419.989,76
	547	113	5.002.449,42
	562	128	6.981.580,40
	572	138	8.539.768,91
Sitio 3	629,2	77	1.852.205,98
	644,2	92	2.834.445,11
	659,2	107	4.085.966,93
	674,2	122	5.658.315,36
	689,2	137	7.573.462,57
	704,2	152	9.845.466,75

Como puede observarse en la tabla anterior, para el Sitio 1 se considerarían entre 1.2 y 10.9 Hm^3 de materiales necesarios para la construcción del muro; en el Sitio 2, se necesitarían entre 0.8 y 8.5 Hm^3 y en el Sitio 3, entre 1.8 y 9.8 Hm^3 de materiales.

Cabe destacar que, para todas las alternativas evaluadas, el muro seleccionado es el de CFRD, por resultar más económico, una vez consideradas las características generales de cada uno de los sitios.

En la Figura 4-1 que se muestra a continuación, se establece la posición tipo de los diferentes materiales para necesarios para la constitución de esta clase de muros.

Figura 4-1: Representación de disposición de materiales en muro CFRD.



En general, para definir los rellenos que constituirán el muro de tipo CFRD, de 7 tipos distintos (1A, 1B, 2B, 3A, 3B, 3C y 3D), se puede considerar lo siguiente:

- El relleno 1A estará constituido por materiales con alto contenido en finos limosos. Se ubica aguas arriba de la pantalla de hormigón y tiene como propósito sellar potenciales fugas de agua en la zona del plinto y/o en la zona de la losa ubicada bajo la cota mínima de agua. La banda granulométrica recomendada de manera generalizada para estos materiales es la siguiente:

Diámetro (mm)	Límite inferior	Límite superior
4.76	95	100
2.00	80	100
0.42	45	65
0.074	15	30

- El relleno 1B generalmente está constituido por materiales granulares. Se ubica aguas arriba del relleno 1A y tiene como objeto dar confinamiento y estabilidad al relleno.

Para los rellenos 1A y 1B se podrá considerar un relleno único dado su reducida magnitud, con propiedades que representen más a los 1B que a los 1A debido a su preponderancia relativa en cuanto al volumen.

- El relleno 2B estará constituido por materiales granulares con tamaño máximo 3”, alto contenido en arenas y algunos finos limosos. Se ubica bajo la pantalla de hormigón y tiene como propósito dar soporte a la pantalla y reducir las fugas de agua en la eventualidad de producirse grietas en la pantalla de hormigón. Según recomendaciones ICOLD, la banda granulométrica a utilizar sería:

Diámetro (mm)	Límite inferior	Límite superior
75	90	100
35	70	100
19.10	55	80
4.76	35	55
0.60	8	30
0.074	5	15

- El relleno 3A debe ser filtro del 2B.
- El porcentaje de finos del 3B y 3C, está limitado a 10% (Sherard & Cooke) y su porcentaje de arena, está limitado a 35%.
- El resto de los materiales puede considerar la granulometría de los empréstitos, es decir, del material disponible.
- Los tamaños máximos estarán restringidos por los espesores de capa que se definan para la compactación.
- El espesor de las capas y su compactación deberá ser definido en posteriores fases del proyecto, toda vez se disponga de mayor información y se definan criterios de diseño, y de ello dependerán los módulos de elasticidad de cada uno de los rellenos y su permeabilidad o capacidad de drenaje.

De esta forma, atendiendo a la práctica habitual y los requerimientos generales de los materiales requeridos para conformar este tipo de muro, así como a las características de los depósitos analizados, se puede resumir:

Tabla 4-2: Identificación y tipo de materiales en muro CFRD

Identificación	Materiales - Uso
1A	Arenas limosas y limos arenosos - Sellar fugas de agua
1B	Gravas y arenas limosas – Estabilidad relleno 1A
2B	Gravas arenosas con finos limosos - Superficie de apoyo pantalla
3A	Gravas arenosas – Filtro de relleno 2B
3B	Gravas arenosas – Espaldón apoyo muro
3C	Gravas y bloques de roca - Espaldón apoyo muro
3D	Bolones - Protección del talud de aguas abajo

4.2 RESULTADOS ENSAYOS DE LABORATORIO

Tal como se indicó anteriormente, para evaluar la calidad y cantidad de materiales de empréstitos para los diferentes sitios de muro, se excavaron un total de 42 calicatas de hasta 5,40 m de profundidad.

La ubicación y profundidad de las calicatas excavadas en cada una de las alternativas, así como la información obtenida y disponible de ellas, se indica en la Tabla 2-4.

La descripción estratigráfica, las fotografías y los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio se adjuntan en los Anexos E a G.

La ubicación en planta de las calicatas se encuentra en los planos 3853-1000-GO-LAM-001 a 3853-1000-GO-LAM-003.

A partir de la descripción estratigráfica y de los resultados de laboratorio obtenidos de las muestras de calicatas, fue posible caracterizar los materiales disponibles en los diferentes yacimientos de empréstitos y evaluar su posible uso en las obras a diseñar.

Adicionalmente, para analizar la factibilidad de los áridos para fabricar hormigones, deberán llevarse a cabo, en sucesivas fases de estudio, los correspondientes ensayos de laboratorio con el objeto de verificar si cumplen con la normativa vigente.

4.2.1 Áreas de Empréstitos

De acuerdo a los resultados de las excavaciones y ensayos, los yacimientos de materiales de empréstitos están constituidos de manera generalizada por depósitos de naturaleza fluvial, con gravas areno-limosas, suelos gravo-arcillosos y bolones y bloques.

En total se identificaron e investigaron 7 posibles yacimientos, denominados: ENA-1, ENA-2, ENA-3, ENA-4, ENA-5, ENA-6 y ENA-7, además de identificarse 11 áreas potenciales, cuyas características principales se indican a continuación.

4.2.1.1 Yacimiento de Empréstito ENA-1

El yacimiento denominado ENA-1, comprendido entre los muros de los sitios 1 y 2 proyectados, está constituido principalmente por gravas y arenas limosas, asociado a depósitos fluviales antiguos.

Para el análisis de este sector, se dispuso de las calicatas efectuadas en el área de muro del sitio 1 y las calicatas efectuadas para el reconocimiento y caracterización de toda el área comprendida entre los sitios 1 y 2 (CCT-1 a CCT-12).

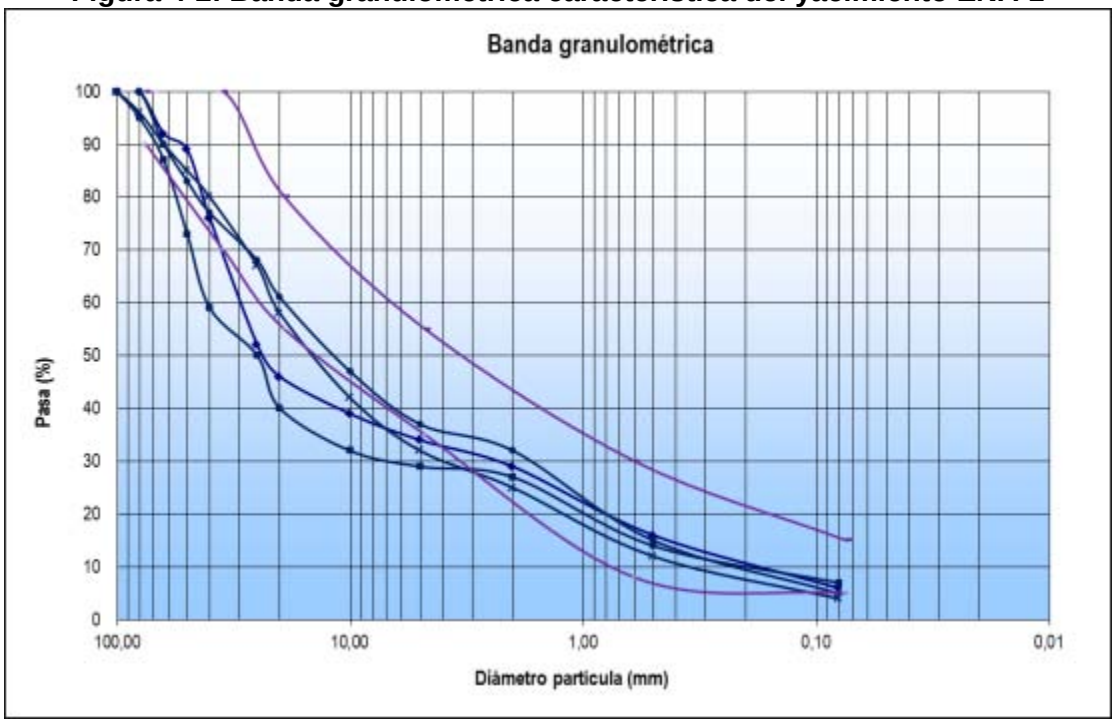
Las muestras obtenidas de las calicatas, una vez seleccionadas las más representativas, fueron sometidas a ensayos de laboratorio cuyos resultados se incluyen en las siguientes tablas:

CALICATA	Profundidad		Unidad Geológico-Geotécnica	GRANULOMETRÍA (% que pasa)												LÍM. ATTERBERG		
	Inicial	Final														LL	LP	IP
	(m)			100	80	63	50	40	25	20	10	5	2	0,50	0,08	(%)	(%)	(%)
CCT-3	1,00	3,60	Qfa	100	100	92	89	76	52	46	39	34	29	16	6	NO	NO	NP
CCT-5	0,70	3,50	Qfa	100	95	87	73	59	50	40	32	29	27	14	7	NO	NO	NP
CCT-9	0,50	3,80	Qfa	100	96	90	85	80	67	58	42	32	25	12	4	NO	NO	NP
CCT-12	0,60	2,60	Qfa	100	100	90	83	77	68	61	47	37	32	15	5	NO	NO	NP

CALICATA	Profundidad		Unidad Geológico-Geotécnica	Humedad (%)	Peso específico (g/cm³)	Densidad Neta (g/cm³)	Densidad de las Partículas sólidas (g/cm³)	USCS
	Inicial	Final						
	(m)							
CCT-3	1,00	3,60	Qfa	16,2	2,677	2,711	2,611	GW-GM
CCT-5	0,70	3,50	Qfa	16,8	2,691	2,718	2,625	GP-GM
CCT-9	0,50	3,80	Qfa	15,6	2,686	2,725	2,604	GW
CCT-12	0,60	2,60	Qfa	29,8	2,662	2,718	2,567	GP-GM

En la Figura 4-2, se muestra la banda granulométrica de los materiales del yacimiento ENA-1, constituido por gravas y arenas limosas, clasificables según la USCS como suelos de tipo GW-GM, fundamentalmente.

Figura 4-2: Banda granulométrica característica del yacimiento ENA-1



En la figura se representa la distribución granulométrica de las muestras ensayadas (en azul) y los límites inferior y superior correspondientes a los materiales necesarios para la constitución del relleno 2B del muro previsto, atendiendo a las recomendaciones ICOLD.

Para la estimación del volumen disponible, se consideró una franja de longitud aproximada de 1 km y un ancho variable entre 100 y 150 m.

El espesor útil, varía entre los 2,5 m y 5,0 m. En este contexto, y considerando que el nivel de agua subterránea en esta zona se localizó en torno a los 3,60 m de profundidad, el yacimiento tendría una potencia superior a 400.000 m^3.

La ubicación de esta área de empréstito se indica en el plano 3853-1000-GO-LAM-016.

De acuerdo a los resultados de los ensayos y a las características de los materiales requeridos por el proyecto, el yacimiento ENA-1, podría ser explotado para la construcción del muro, pudiendo utilizarse probablemente en los rellenos de tipo 3B.

Para cumplir con los requerimientos de los rellenos más restrictivos, el material del sector puede ser acondicionado para ajustarse a las distintas bandas granulométricas demandadas por el proyecto.

Atendiendo a las observaciones realizadas en terreno, al otro lado del río Niblinto, frente a este yacimiento, se estima la existencia de otro pequeño sector constituido por materiales de características muy similares, denominado en planos como ENA-X1, que podría dar lugar a un volumen de material utilizable del orden de 100.000 m^3 adicionales.

4.2.1.2 Yacimiento de Empréstito ENA-2

Este yacimiento denominado ENA-2, está constituido principalmente por suelos gravo arenosos y limosos (GW-GM), asociados a los depósitos fluviales antiguos representados en toda el área.

Se ubica en el sector norte del río Niblinto, aguas arriba del sitio 2, en tres áreas: la occidental, de unos 300 m de largo y 100 de ancho y la oriental, con unos 450 m de largo y 120 de ancho, en el margen norte del río Niblinto. Además, en el margen sur aparece una pequeña área constituida por materiales de las mismas características que resultaría también explotable. Su ubicación se indica en el plano 3853-1000-GO-LAM-016.

Las calicatas en el sector son CCT-13, CCT-14, CCT-15, CCT-16, CCT-17 y CCT-18.

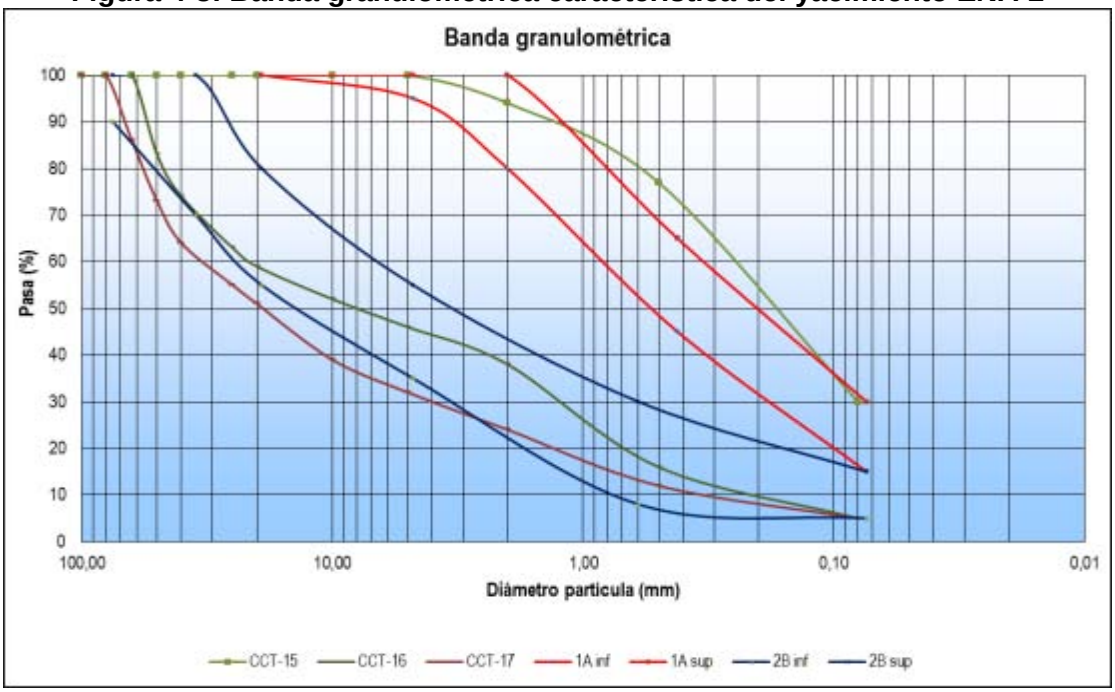
Atendiendo a las observaciones realizadas en terreno, se seleccionaron los materiales extraídos de las calicatas CCT-15, CCT-16 y CCT-17 para la realización de ensayos de identificación y clasificación completa en laboratorio, cuyos resultados se muestran en las siguientes tablas a modo de resumen:

Calicatas	Profundidad		Unidad Geológico-Geotécnica	Granulometría (% que pasa)												Lím. Atterberg		
	Inicial	Final														LL	LP	IP (%)
	(m)			100	80	63	50	40	25	20	10	5	2	0,50	0,08	(%)	(%)	
CCT-15	0,30	1,80	Qc	100	100	100	100	100	100	100	100	100	94	77	30	NO	NO	NP
CCT-16	1,20	3,00	Qfa	100	100	100	83	74	63	59	52	46	38	16	5	NO	NO	NP
CCT-17	2,10	4,00	Qfa	100	100	86	73	64	55	51	39	32	24	12	5	NO	NO	NP

Calicatas	Profundidad		Unidad Geológico-Geotécnica	Humedad (%)	Peso específico (g/cm³)	Dens. Neta (g/cm³)	Dens. Partículas sólidas (g/cm³)	USCS
	Inicial	Final						
	(m)							
CCT-15	0,30	1,80	Qc	29,8	2,456		2,456	SM
CCT-16	1,20	3,00	Qfa	15,3	2,662	2,741	2,569	GP-GM
CCT-17	2,10	4,00	Qfa	18,8	2,671	2,727	2,551	GW-GM

En la Figura 4-3, se muestra la banda granulométrica de los materiales del yacimiento ENA-2, constituido por suelos gravo arenosos y limosos, con bolones y bloques.

Figura 4-3: Banda granulométrica característica del yacimiento ENA-2



En la figura se representa las curvas granulométricas correspondientes a las tres muestras ensayadas y los límites inferior y superior correspondientes a los materiales necesarios para la constitución de los rellenos 1A (en rojo) y 2B (en azul) del muro previsto, atendiendo a las recomendaciones habituales.

El material del yacimiento ENA-2, podría satisfacer los requerimientos de los materiales necesarios para construir el muro proyectado. Para cumplir con los requerimientos de los rellenos más restrictivos, es posible que tales materiales deban ser cribados para ajustarse a las bandas granulométricas demandadas por el proyecto.

En esta zona, no se detectó el nivel de agua subterránea, con lo que el volumen total disponible podría ser superior a los 400.000 m³.

4.2.1.3 Yacimiento de Empréstito ENA-3

Este yacimiento denominado ENA-3, está constituido principalmente por gravas y arenas limosas, asociado a depósitos fluviales antiguos. Las calicatas excavadas en el sector son las calicatas CCT-19, CCT-20, CCT-21, CCT-22, CCT-23, CCT-24 y CCT-67.

De acuerdo a las observaciones realizadas en terreno, se seleccionaron muestras de las calicatas para ser ensayadas en laboratorio.

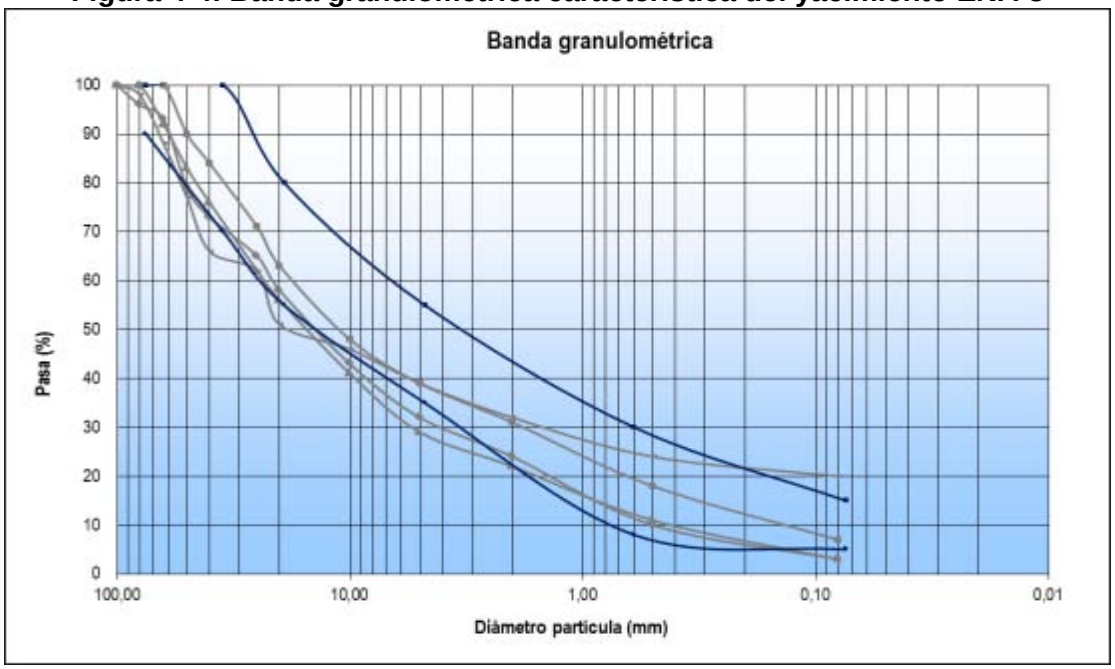
En las muestras seleccionadas se realizaron ensayos de identificación y clasificación completa, tal como muestran las siguientes tablas a modo de resumen:

Calicata	Profundidad		Unidad Geológico-Geotécnica	Granulometría (% que pasa)												Lím. Atterberg		
	Inicial	Final		100	80	63	50	40	25	20	10	5	2	0,50	0,08	LL (%)	LP (%)	IP (%)
	(m)																	
CCT-19	3,00	4,10	Qfa	100	96	93	79	73	65	58	43	32	24	10	3	NO	NO	NP
CCT-22	1,30	2,80	Qfa	100	100	100	90	84	71	63	48	39	31	18	7	NO	NO	NP
CCT-24	0,55	2,10	Qfa	100	100	92	83	76	62	56	41	29	22	11	3	NO	NO	NP
CCT-67	2,40	2,70	Qfa	100	98	88	77	66	62	51	46	39	32	24	20	NO	NO	NP

Calicata	Profundidad		Unidad Geológico-Geotécnica	Humedad (%)	Peso específico (g/cm³)	Densidad Neta (g/cm³)	Densidad de las Partículas sólidas (g/cm³)	USCS
	Inicial	Final						
	(m)							
CCT-19	3,00	4,10	Qfa	20,6	2,703	2,753	2,598	GW
CCT-22	1,30	2,80	Qfa	17,9	2,683	2,752	2,575	GW-GM
CCT-24	0,55	2,10	Qfa	17,1	2,710	2,762	2,583	GP
CCT-67	2,40	2,70	Qfa	27,2	2,696	2,750	2,536	GM

En la Figura 4-4, se muestra la banda granulométrica de los materiales del yacimiento ENA-3, constituido por gravas y arenas limosas, con bolones y bloques de hasta 56", clasificables según la USCS como suelos de tipo GW-GM, fundamentalmente.

Figura 4-4: Banda granulométrica característica del yacimiento ENA-3



En la figura se representa la distribución granulométrica de las muestras ensayadas (en gris) y los límites inferior y superior correspondientes a los materiales necesarios para la constitución del relleno 2B (en azul) del muro previsto, atendiendo a las recomendaciones habituales.

Para la estimación del volumen disponible, se consideró una franja de longitud aproximada de 2 km y un ancho variable entre 300 m y 100 m. El espesor útil, considerando el nivel de agua subterránea detectado en esta zona, varía entre los 1,5 m y 3 m. En este contexto, el yacimiento tendría un volumen superior a 800.000 m^3.

La ubicación de esta área de empréstito se indica en el plano 3853-1000-GO-LAM-017.

De acuerdo a los resultados de los ensayos y características de los materiales, el material del yacimiento ENA-3, podría explotarse para la construcción del muro proyectado.

Adicionalmente, en el margen sur del río Niblinto, frente al yacimiento ENA-3, pudo observarse la existencia de materiales de características muy similares a las descritas.

De este modo, se estima que en esa zona pudiera explotarse todo un sector (denominado en los planos como ENA-X2), de unos 2 km de largo y 150 m de anchura media, que podría dar lugar a un volumen adicional de más de 600.000 m^3. Este posible yacimiento deberá ser estudiado en mayor profundidad en posteriores fases de proyecto.

4.2.1.4 Yacimiento de Empréstito ENA-4

Este yacimiento denominado ENA-4, está constituido principalmente por suelos gravo limosos y gravo arenosos, con abundantes bolones y bloques de hasta 29", característicos de los depósitos fluviales antiguos del área de estudio.

El área potencialmente explotable en este sector se considera de 850 m de longitud y entre 120 y 210 m de ancho y su ubicación se indica en el plano 3853-1000-GO-LAM-017.

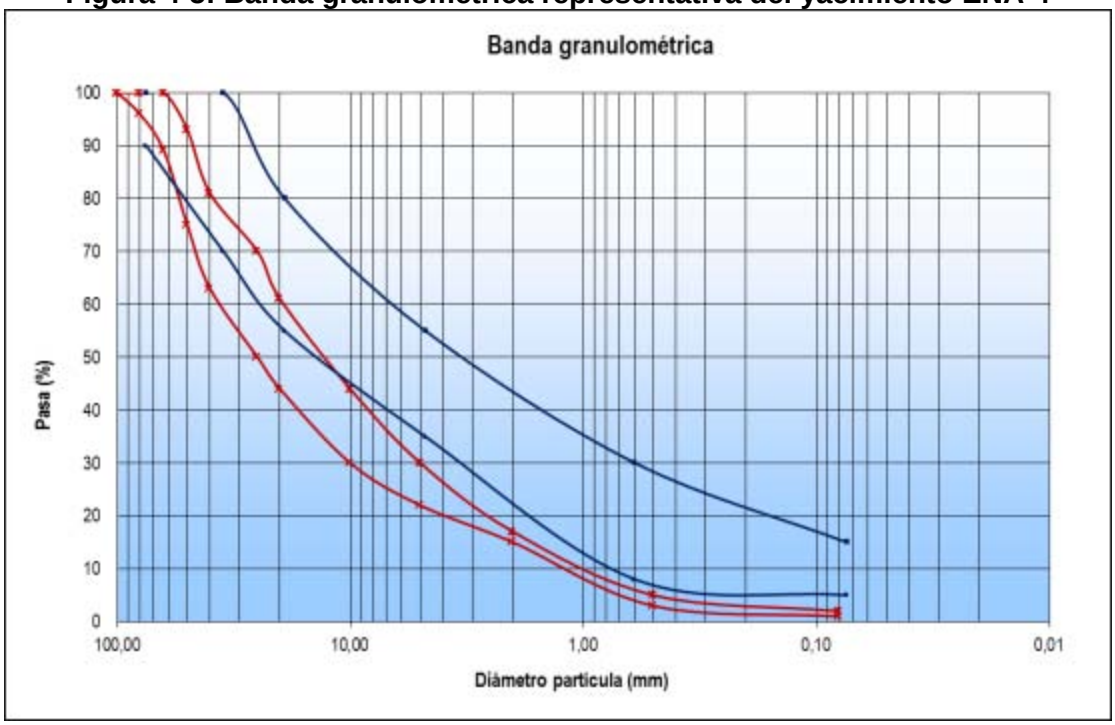
Las calicatas excavadas en esta zona son CCT-25, CCT-26, CCT-27, CCT-28 y CCT-66, de las que se obtuvieron muestras para su posterior ensayo en laboratorio, cuyos resultados se muestran en las siguientes tablas, a modo de resumen:

Calicata	Profundidad		Granulometría (% que pasa)												Lím. Atterberg		
	Inicial	Final													LL (%)	LP (%)	IP (%)
	(m)		100	80	63	50	40	25	20	10	5	2	0,50	0,08			
CCT-26	0,45	3,10	100	96	89	75	63	50	44	30	22	15	3	1	NO	NO	NP
CCT-27	0,80	3,50	100	100	100	93	81	70	61	44	30	17	5	2	NO	NO	NP

Calicata	Profundidad		Humedad (%)	Peso específico (g/cm³)	Densidad Neta (g/cm³)	Densidad de las Partículas sólidas (g/cm³)	USCS
	Inicial	Final					
	(m)						
CCT-26	0,45	3,10	24,2	2,685	2,704	2,616	GP
CCT-27	0,80	3,50	21,2	2,760	2,827	2,602	GW

En la Figura 4-5, se muestra la banda granulométrica característica de los materiales del yacimiento ENA-4 y los límites inferior y superior correspondientes a los materiales necesarios para la constitución del relleno de tipo 2B (en azul) del muro previsto, según la recomendación ICOLD.

Figura 4-5: Banda granulométrica representativa del yacimiento ENA-4



De acuerdo a las observaciones realizadas en terreno, a los resultados de los ensayos de laboratorio disponibles y a las características de los materiales de empréstitos posiblemente demandados por el proyecto, el material del yacimiento ENA-4, podría ser explotado para construir el muro de presa proyectado en aquellos rellenos con menores restricciones granulométricas, cumpliendo con los requisitos mínimos de los rellenos 3B y 3C en los que a contenidos de arenas y finos se refiere.

El volumen disponible, se estima en, aproximadamente, 400.000 m³.

4.2.1.5 Yacimiento de Empréstito ENA-5

Este yacimiento denominado ENA-5, está constituido principalmente por suelos areno-limosos con abundantes gravas, bolones y bloques, asociados a los depósitos fluviales antiguos del sector, con más de 5,00 m de espesor en algunas zonas.

En menor medida, también se detectaron en el sector materiales areno-limosos característicos de los depósitos coluviales asociados a los relieves del área (calicata CCT-40).

Las calicatas excavadas en el yacimiento ENA-5 son CCT-29, CCT-30, CCT-31, CCT-32, CCT-33, CCT-34, CCT-35, CCT-36, CCT-37, CCT-38, CCT-39, CCT-40, CCT-41, CCT-42, CCT-43, CCT-63, CCT-64 y CCT-65.

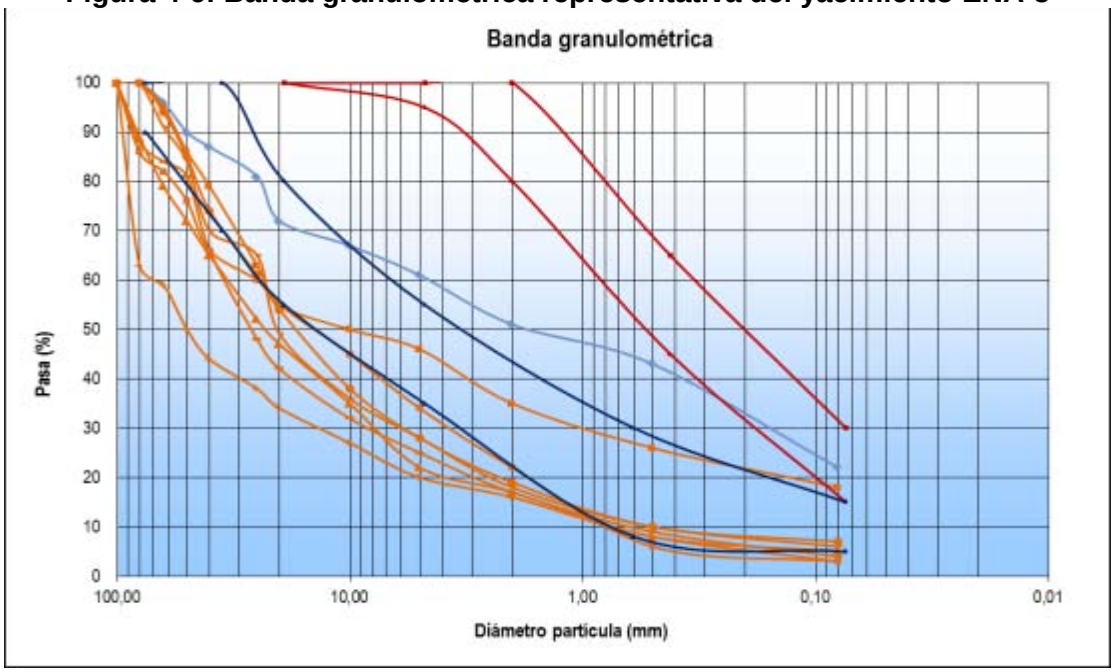
Se dispone además de ensayos de identificación y clasificación completa sobre muestras extraídas de las calicatas excavadas, cuyos resultados se muestran en las siguientes tablas resumen:

Calicata	Profundidad		Unidad Geológico-Geotécnica	Granulometría (% que pasa)												Lím. Atterberg		
	Inicial	Final		100	80	63	50	40	25	20	10	5	2	0,50	0,08	LL (%)	LP (%)	IP (%)
	(m)																	
CCT-30	1,30	4,00	Qfa	100	100	94	85	74	61	54	38	28	19	10	7	NO	NO	NP
CCT-32	2,10	2,50	Qfa	100	63	59	50	44	38	34	27	20	16	8	3	NO	NO	NP
CCT-34	2,60	3,00	Qfa	100	100	91	84	70	65	49	36	28	18	10	6	NO	NO	NP
CCT-36	0,70	3,10	Qfa	100	88	84	81	66	48	42	32	25	17	9	4	NO	NO	NP
CCT-40	1,70	3,20	Qc	100	100	96	90	87	81	72	67	61	51	43	22	23,0	21,1	1,9
CCT-41	1,70	2,80	Qfa	100	86	82	76	66	60	55	45	34	22	6	3	NO	NO	NP
CCT-43	0,00	2,10	Qfa	100	89	79	72	65	52	47	35	22	17	8	5	NO	NO	NP
CCT-63	0,40	2,70	Qfa	100	100	95	86	79	63	55	50	46	35	26	18	NO	NO	NP

Calicata	Profundidad		Unidad Geológico-Geotécnica	Humedad (%)	Peso específico (g/cm^3)	Densidad Neta (g/cm^3)	Densidad de las Partículas sólidas (g/cm^3)	USCS
	Inicial	Final						
	(m)							
CCT-30	1,30	4,00	Qfa	24,6	2,763	2,820	2,616	GW-GM
CCT-32	2,10	2,50	Qfa	18,3	2,717	2,746	2,601	GP
CCT-34	2,60	3,00	Qfa	20,5	2,699	2,737	2,603	GP-GM
CCT-36	0,70	3,10	Qfa	21,2	2,723	2,762	2,605	GP
CCT-40	1,70	3,20	Qc	28,9	2,493	2,605	2,421	GM
CCT-41	1,70	2,80	Qfa	20,5	2,691	2,757	2,563	GP
CCT-43	0,00	2,10	Qfa	19,5	2,700	2,737	2,567	GW-GM
CCT-63	0,40	2,70	Qfa	26,2	2,608	2,706	2,492	GM

En la Figura 4-6, se muestra la banda granulométrica de los materiales del yacimiento ENA-5 respecto de los límites inferior y superior correspondientes a los materiales necesarios para la constitución de los rellenos 1A (en rojo) y 2B (en azul) del muro previsto, atendiendo a las recomendaciones habituales.

Figura 4-6: Banda granulométrica representativa del yacimiento ENA-5



Los materiales de empréstitos del yacimiento ENA-5, situado en la cola de los embalses 1 y 2, de unos 1.800 metros de longitud y un ancho de entre 50 y 100 m, podría dar lugar a más de 400.000 m³ de material apto principalmente para ser utilizado en los rellenos menos restrictivos en la construcción del muro proyectado.

La ubicación el área estimada para este empréstito se indica en los planos 3853-1000-GO-LAM-017 y 3853-1000-GO-LAM-018.

4.2.1.6 Yacimiento de Empréstito ENA-6

El yacimiento denominado ENA-6, está constituido principalmente por suelos areno-limosos con porcentajes variables de gravas, bolones y bloques de hasta 36”, con un espesor estimado en más de 4 m, mayoritariamente correspondientes a los depósitos fluviales antiguos del área.

Su ubicación se indica en el plano 3853-1000-GO-LAM-018.

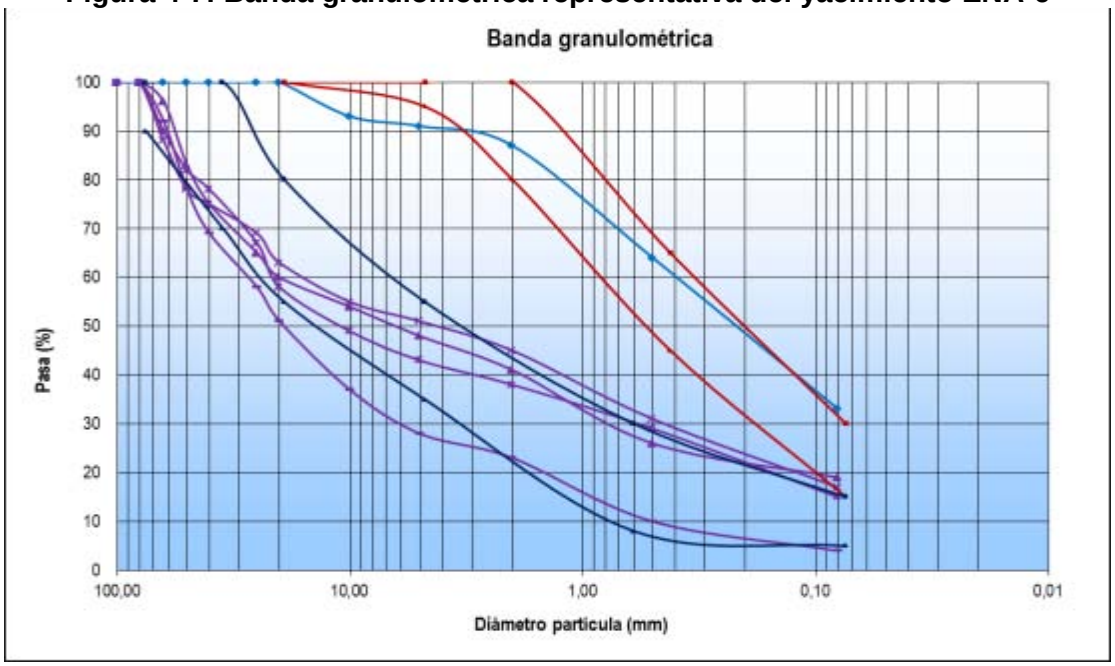
En este sector se excavaron las calicatas CCT-52, CCT-53, CCT-56, CCT-57, CCT-58, CCT-59 y CCT-60.
De las muestras seleccionadas de las calicatas y ensayadas en laboratorio, se obtuvieron los siguientes resultados de identificación y caracterización completa:

Calicata	Profundidad		Unidad Geológico-Geotécnica	Granulometría (% que pasa)												Lím. Atterberg		
	Inicial	Final		100	80	63	50	40	25	20	10	5	2	0,50	0,08	LL (%)	LP (%)	IP (%)
	(m)																	
CCT-52	2,90	3,20	Qfa	100	100	92	78	69	58	51	37	28	23	10	4	NO	NO	NP
CCT-53	3,30	3,80	Qc	100	100	100	100	100	100	100	93	91	87	64	33	NO	NO	NP
CCT-56	0,40	1,80	Qfa	100	100	96	83	75	65	60	54	48	41	26	19	NO	NO	NP
CCT-57	3,00	3,40	Qfa	100	100	88	78	75	69	63	55	51	45	31	17	NO	NO	NP
CCT-59	3,50	3,80	Qfa	100	100	90	82	78	67	58	49	43	38	29	15	NO	NO	NP

Calicata	Profundidad		Unidad Geológico-Geotécnica	Humedad (%)	Peso específico (g/cm³)	Densidad Neta (g/cm³)	Densidad de las Partículas sólidas (g/cm³)	USCS
	Inicial	Final						
	(m)							
CCT-52	2,90	3,20	Qfa	27,8	2,688	2,729	2,582	GW
CCT-53	3,30	3,80	Qc	34,8	2,438		2,438	SM
CCT-56	0,40	1,80	Qfa	28,6	2,520	2,590	2,445	GM
CCT-57	3,00	3,40	Qfa	29,2	2,642	2,716	2,571	GM
CCT-59	3,50	3,80	Qfa	31,2	2,648	2,743	2,522	GM

En la Figura 4-7, se muestra la banda granulométrica de los materiales yacimiento ENA-6.

Figura 4-7: Banda granulométrica representativa del yacimiento ENA-6



En la figura se representan las curvas granulométricas correspondientes a las muestras ensayadas y los límites inferior y superior correspondientes a los materiales necesarios para la constitución de los rellenos 1A (en rojo) y 2B (en azul) del muro previsto, atendiendo a las recomendaciones habituales.

El volumen estimado de material extraíble de este yacimiento es del orden de 600.000 m^3, que sería aprovechable principalmente para la construcción del muro proyectado, ajustándose bastante bien a los requerimientos de los rellenos de tipo 1A y 2B.

4.2.1.7 Yacimiento de Empréstito ENA-7

Dentro del área de inundación del sitio 3, muy próximo al sector dela quebrada El Imposible, se detectó la existencia de materiales fluviales antiguos, constituidos mayoritariamente por arenas y gravas limosas, con bolones y bloques de naturaleza fundamentalmente andesítica.

Estos materiales fueron investigados mediante la excavación de las calicatas CCT-54, CCT-55, CCT-61 y CCT-62.

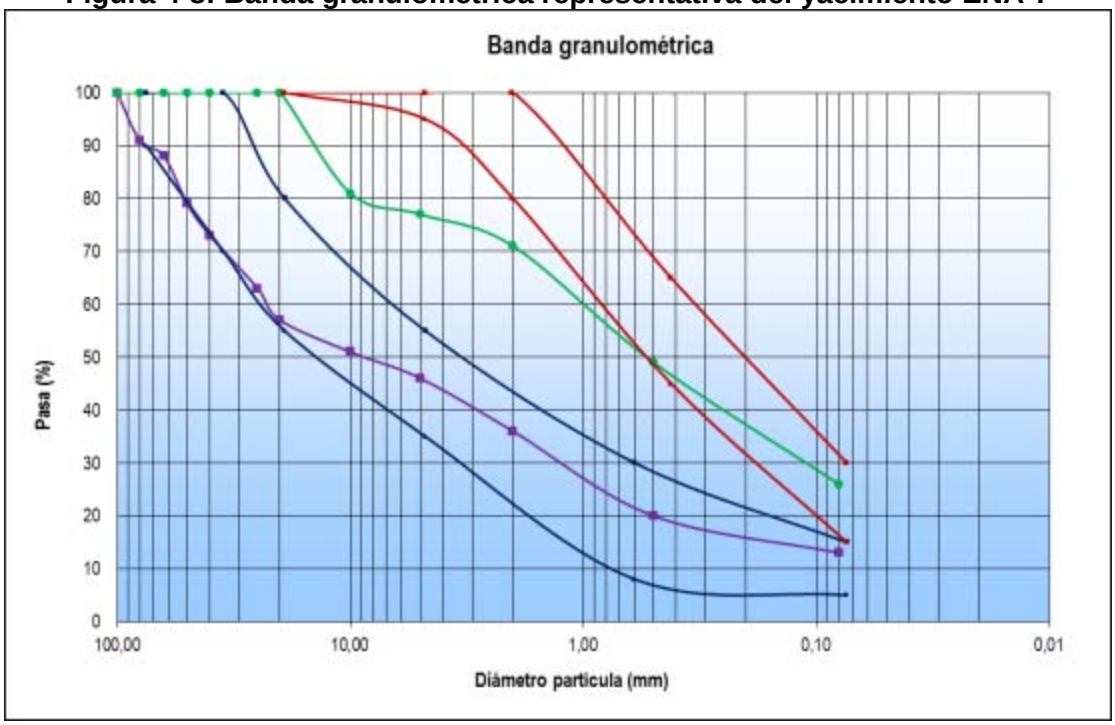
Las muestras obtenidas de las calicatas excavadas, fueron sometidas a ensayos de identificación y clasificación completa, cuyos resultados se muestran a continuación, y que caracterizaron estos materiales fluviales antiguos, así como algunos materiales, posiblemente coluviales, con un contenido en finos ligeramente superior, aunque de baja plasticidad.

Calicata	Profundidad		Unidad Geológico-Geotécnica	Granulometría (% que pasa)												Lím. Atterberg		
	Inicial	Final		100	80	63	50	40	25	20	10	5	2	0,50	0,08	LL (%)	LP (%)	IP (%)
	(m)																	
CCT-55	0,00	0,00	Qfa	100	91	88	79	73	63	57	51	46	36	20	13	NO	NO	NP
CCT-61	4,00	4,50	Qc	100	100	100	100	100	100	100	81	77	71	49	26	32,0	22,2	9,8

Calicata	Profundidad		Unidad Geológico-Geotécnica	Humedad (%)	Peso específico (g/cm³)	Densidad Neta (g/cm³)	Densidad de las Partículas sólidas (g/cm³)	USCS
	Inicial	Final						
	(m)							
CCT-55	0,00	0,00	Qfa	25,6	2,440	2,530	2,335	GM
CCT-61	4,00	4,50	Qc	35,8	2,455		2,455	SC

En la Figura 4-8 se muestra la banda granulométrica de los materiales del yacimiento de empréstito ENA-7 respecto de los límites inferior y superior de los materiales necesarios para la constitución de los rellenos 1A (en rojo) y 2B (en azul) del muro previsto, atendiendo a las recomendaciones ICOLD.

Figura 4-8: Banda granulométrica representativa del yacimiento ENA-7



Este pequeño sector, podría proporcionar, al menos, 200.000 m^3 de material apto para su uso en las obras a proyectar.

Como puede observarse, la muestra correspondiente a los depósitos aluviales se ajusta perfectamente a los requerimientos habituales para los rellenos de tipo 2B.

4.2.1.8 Otros sectores de empréstito

De acuerdo a los volúmenes requeridos y disponibles de materiales de empréstitos necesarios para las obras previstas, y habida cuenta que se requerirán materiales de características más restrictivas a los disponibles, se hace necesario, en posteriores fases de proyecto, el análisis de nuevas áreas de empréstito, que deberán considerar análisis ambientales adicionales, puesto que podrían encontrarse fuera de las áreas de inundación previstas.

Como ejemplo, puede destacarse la existencia de un área, situada a una distancia de entre 1 y 7 km aproximadamente aguas abajo del muro previsto en el Sitio 1, de más de 6.000 m de longitud y hasta 300 m de ancho en cada margen del río, en la que se estima la existencia de, al menos, 10 m de espesor de materiales granulares correspondientes a antiguas terrazas fluviales del río Niblinto.

Este depósito ya fue identificado en la cartografía geológica disponible, a escala 1/75.000, incluida en etapas previas de este estudio, y está constituido por arenas, gravas, bolones y bloques, que podrían ser utilizables en las obras previstas, cubriendo gran parte de los volúmenes necesarios en las mismas.

Se estima que, por sus características, estos materiales podrían resultar especialmente indicados para la obtención de los rellenos 3A, 3B, 3C y 3D, que requieren los mayores volúmenes y donde se limita el porcentaje de diversas granulometrías, tratándose en cualquier caso de materiales granulares, fácilmente obtenibles de una misma área mediante separación y/o cribado.

Teniendo en consideración la superficie del área explotable, si bien pudiera limitarse su excavación a uno de los márgenes del río y hasta una profundidad no superior a los 5 metros, por motivos de operativos y por la posible presencia de aguas subterráneas, y a pesar de minorarse la aprovechabilidad de los materiales considerándose que parte del producto de su explotación pudiera no ser apto para su empleo en las obras proyectadas, podrían obtenerse de este sector más de 4.5 Hm^3 de materiales.

En la Figura 4-9 se muestra la ubicación de esta posible zona de empréstito.

Figura 4-9: Ubicación posible zona de empréstito fuera del área de inundación



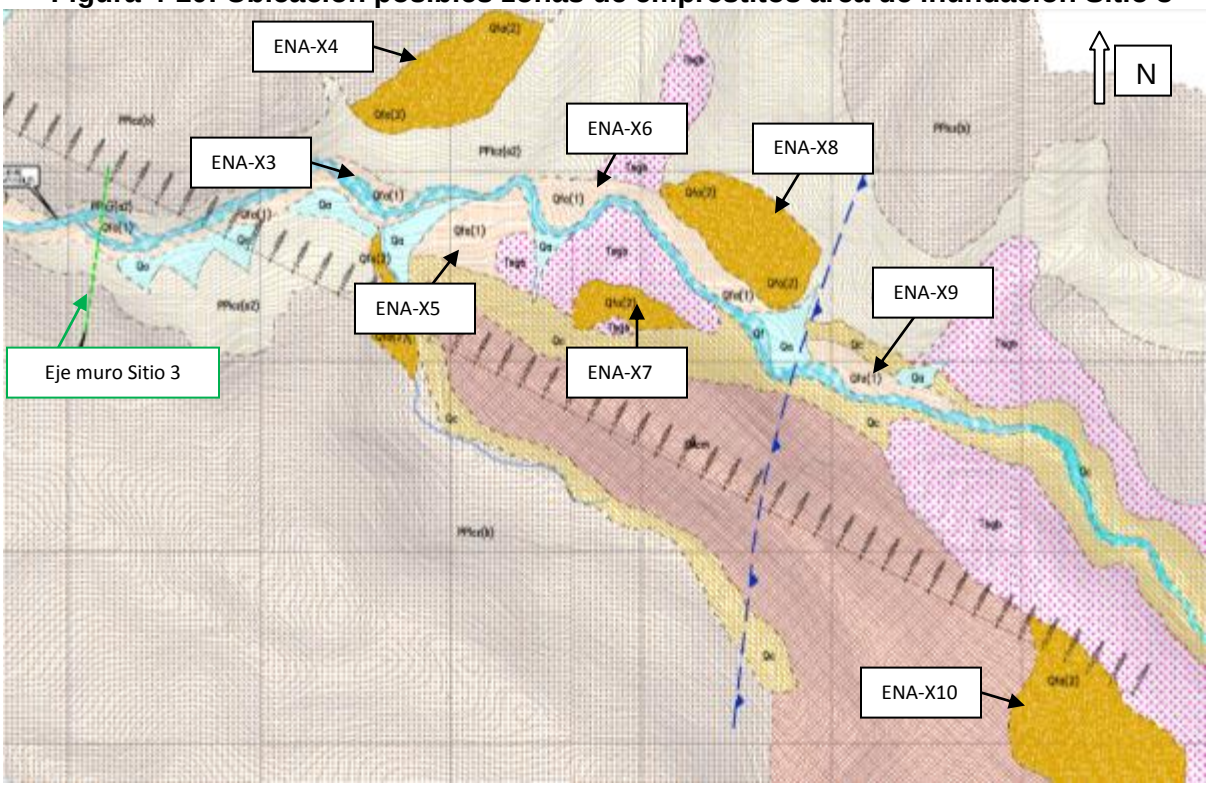
Además, debido a las dificultades de accesos, parte del área de inundación correspondiente al sitio 3 no pudo ser investigada mediante prospecciones geológico-geotécnicas.

En cualquier caso, sí pudo realizarse un recorrido de esta área, donde pudieron observarse diferentes sectores constituidos por depósitos fluviales de distinta edad, formados por arenas y gravas con diferentes proporciones de limos.

Estos materiales, en base a las observaciones realizadas en terreno, también serían susceptibles de explotación para el aprovechamiento de materiales.

En la Figura 4-10 se identifican, sobre el plano geológico del área de inundación del Sitio 3, un total de 8 áreas que podrían explotarse para su aprovechamiento en las obras proyectadas, atendiendo a su naturaleza y las características de los materiales observadas, y a la homogeneidad presente en estas unidades en toda la zona de estudio.

Figura 4-10: Ubicación posibles zonas de empréstitos área de inundación Sitio 3



En los planos de ubicación de yacimientos, se han señalado los sectores ENA-X3 y ENA-X4, situados a poco más de un kilómetro aguas arriba del eje del muro proyectado en el sitio 3, constituidos por este tipo de materiales, que podrían dar lugar a más de 100.000 y 250.000 m^3 de materiales aptos para la construcción de las diferentes unidades de la presa, respectivamente.

Además, se estima que de los posibles yacimientos denominados ENA-X5 a ENA-X10 se podrían obtener más de 1.85 Hm^3 de materiales aptos para la construcción de los diferentes rellenos que conforman el muro de tipo CFRD, habiéndose limitado la posible explotación y uso de los mismos eliminando la capa vegetal media estimada, la posibilidad de rechazo de parte del material excavado por no ajustarse a las recomendaciones habituales y considerando la posible presencia de aguas subterráneas, atendiendo a su situación topográfica.

Puede destacarse también que, atendiendo a la homogeneidad observada en los materiales del entorno y a la variabilidad de granulometrías necesarias para la configuración de un muro de tipo CFRD, muy probablemente se podrán reutilizar los materiales obtenidos de las excavaciones que deberán realizarse para la fundación del muro y para la construcción del vertedero y túnel de desvío (ya que la roca obtenida podrá formar parte del relleno 3C).

Estos volúmenes han sido calculados para el presente estudio de prefactibilidad atendiendo a las diferentes cotas de coronamiento del muro consideradas. En la Tabla 4-3 que se muestra a continuación, se han incluido los volúmenes máximo y mínimo de excavación para la construcción de vertederos, así como el volumen de excavación de los túneles de desvío proyectados.

En esta misma tabla, se ha valorado la posibilidad de aprovechamiento de hasta un 60% del material obtenido de la excavación de estas obras, atendiendo también a los máximos y mínimos indicados.

Tabla 4-3: Volúmenes de materiales obtenidos de la excavación de obras anexas

Embalse	Volúmenes de Excavación			Volúmenes aprovechables	
	Vertedero máx. (m^3)	Vertedero mín. (m^3)	Túnel (m^3)	Máx. (m^3)	Mín. (m^3)
Sitio 1	1.387.280	605.610	17.901	840.000	370.000
Sitio 2	1.129.272	462.509	21.286	690.000	290.000
Sitio 3	1.599.030	917.958	16.790	970.000	560.000

5 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

La metodología utilizada para la estimación de los parámetros geotécnicos para los diseños preliminares de los muros y del terreno de fundación, consistió en analizar los resultados de los ensayos realizados y en la recopilación de antecedentes disponibles de rellenos con características similares.

Tal como se describe en los capítulos previos, en general, los materiales disponibles en los yacimientos de empréstitos identificados, que son considerados adecuados para su utilización en las obras previstas, corresponden a los depósitos fluviales antiguos asociados al río Niblinto, con un amplio predominio de gravas y bolones en una matriz arenosa con un contenido de finos variable.

Por su parte, la fundación de los muros proyectados y de las obras anexas, como vertederos, se propone que se realicen sobre el sustrato rocoso.

De este modo, debido a la homogeneidad observada en los materiales en toda el área de estudio, y teniendo en consideración la experiencia y práctica habitual, se pueden considerar los siguientes parámetros medios representativos:

Tabla 5-1: Parámetros geotécnicos embalses

Tipo de material	Cohesión	Ángulo fricción	Peso Unitario	RCS	Módulo Young Sec.	Módulo Tang.	Coeficiente de Poisson	Velocidad sísmica	Permeabilidad
	c (t/m^2)	Φ (°)	γ (t/m^3)	(MPa)	(GPa)	(GPa)	υ	Vp* (m/s)	K (cm/s)
Roca: Sitio 1	-	-	2,1	35	12	10	0,2	3.300	10^{-2} - 10^{-4}
Roca: Sitio 2	-	-	1,8	60	16	15	0,2	3.600	10^{-4} - 10^{-7}
Depósitos fluviales (Qfa)	1	38	2,4	-	-	-	-	400	10^{-3} – 10^{-5}
Depósitos coluviales (Qc)	2	37	2,0	-	-	-	-	400	-

*Vp: velocidad de propagación de ondas de compresión.

De igual forma, atendiendo a las observaciones realizadas en el área de riego, los suelos involucrados en el diseño de los canales corresponderán fundamentalmente a depósitos fluviales y coluviales de características muy similares a los anteriores, así como suelos volcánicos de tipo trumao.

Para estos materiales se pueden considerar, a efectos de prediseño, los parámetros que se muestran en la Tabla 5-2.

Tabla 5-2: Parámetros geotécnicos área de riego

Tipo de suelo	Cohesión	Ángulo de fricción	Peso Unitario	Velocidad sísmica	Permeabilidad
	c (t/m^2)	Φ (°)	γ (t/m^3)	Vp* (m/s)	K (cm/s)
Depósitos fluviales (Qfa)	1	38	2,4	400	10^{-3} – 10^{-5}
Depósitos coluviales (Qc)	2	37	2,0	400	-
Trumaos	1,5	37	1,3	-	10^{-4}

*Vp: velocidad de propagación de ondas de compresión.

Los parámetros geotécnicos de los diferentes depósitos fueron estimados considerando las características granulométricas, de compacidad, contenido de finos, etc. de cada uno de estos materiales y la experiencia de este Consultor en materiales de semejantes características. Dichos parámetros deberán ser confirmados en posteriores fases de proyecto, una vez que se realicen los ensayos específicos.

Considerando las observaciones realizadas en el Estudio Sísmico de este proyecto (3853-0000-GO-INF-003_B) y las aceleraciones máximas del suelo (g) esperadas, que se resumen en la Tabla 5-3, puede obtenerse el coeficiente sísmico horizontal para el diseño de las obras previstas.

Tabla 5-3: Aceleraciones máximas del suelo (g) esperadas según fuente sismogénica

Vida útil (años)	Período de retorno (años)	Sismicidad interplaca	Sismicidad intraplaca	Sismicidad cortical
20	190	0.207	0.694	0.273
50	475	0.209	0.709	0.277
75	712	0.209	0.713	0.278
100	949	0.209	0.715	0.279

Con estos datos, se concluye que el análisis es controlado por la sismicidad intraplaca de profundidad intermedia, con magnitudes de 7.8MM y aceleraciones horizontales máximas del suelo del orden de 0.7g para los distintos períodos de retorno considerados.

De esta forma, siguiendo las recomendaciones de coeficientes de diseño para terremotos intraplaca de profundidad intermedia (Saragoni), se estima adecuado considerar el coeficiente Kh según la relación:

$$K_h = \begin{cases} 0.214\dfrac{a_{max}}{g} & ; \quad a_{max} \le 660\ gals \\ 0.22\left(\dfrac{a_{max}}{2.51g}\right)^{1/3} & ; \quad a_{max} > 660\ gals \end{cases}$$

1 gal = 1 cm/s^2

Con estos valores se obtiene un Kh muy próximo a 0,15 para todo el sector, que deberá considerarse en las evaluaciones de estabilidad de las diferentes unidades de obra.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 SITIO 1

- Las prospecciones geológico-geotécnicas ejecutadas en el sitio de embalse1fueron los sondajes S-1 y S-3, de 30 metros de profundidad cada uno, 39 calicatas y el perfil de refracción sísmica LSNB-1, de 158 metros de longitud, efectuado sobre el eje del muro proyectado. Se dispone además de la información de los perfiles de refracción sísmica LSNB-2 y LSNB-3, realizados a unos 900m aguas arriba del sitio de muro de presa proyectado, que completan la información del área de inundación de este embalse.

- En las calicatas excavadas sobre el eje del muro de presa se detectó entre 0,40 y 1,00 m de suelo vegetal y hasta 5m de gravas areno-arcillosas, con bolones y bloques de hasta 35" que corresponden a los depósitos fluviales de la unidad Qfa.El sondaje S-1, detectó hasta los 6 m de profundidad, la presencia de estos materiales gruesos, gravas y fragmentos de bolones y bloques con escasos finos, que atendiendo a la información aportada por el perfil sísmico realizado, podrían alcanzar profundidades mayores. Las velocidades sísmicas obtenidas en estos materiales fueron del orden de los 400 m/s.

- Bajo estos suelos, se detecta la presencia de tobas cristalinas y brechas piroclásticas pertenecientes a la Formación Cola de Zorro Inferior, las cuales se encuentran mediana a intensamente fracturadas (índice RQD 0-70%) y moderadamente meteorizadas en el sector norte del piso del valle, mientras que en el sector sur, se encuentran mediana a levemente meteorizadas e intensa a medianamente fracturadas, de acuerdo a los resultados del perfil sísmico disponible. No obstante lo anterior, es posible que la unidad geosísmica detectada con velocidad de 2.190 m/s presente en el sector sur, pudiese corresponder a suelos de alta compacidad y/o consistencia, lo que deberá investigarse en etapas ulteriores del proyecto.

- Los ensayos de infiltración tipo Lefranc realizados en los depósitos de suelos entre 4,00 y 5,00 m de profundidad en el sondaje S-1 determinaron coeficientes de permeabilidad muy elevados (9,3E-03 cm/s en carga constante y 2,8E-05 cm/s en carga variable).

- El sustrato rocoso, bajo los depósitos de suelos, presenta permeabilidades en general muy elevadas, dado que no fue posible elevar la presión del equipo para el ensayo de permeabilidad Lugeon entre 15 y 30 m de profundidad en el sondaje, lo cual es consistente con los valores del índice RQD, en general inferiores al 75% (roca de calidad media a mala), siendo destacable la existencia de un tramo entre los 21.00 y 28.00 m de profundidad con valores de este índice inferiores al 25% (roca muy mala).

- Los estribos o apoyos derecho e izquierdo del muro de presa proyectado, no pudieron ser investigados mediante prospecciones geológico-geotécnicas, dado lo abrupto del terreno y la vegetación existente. De la información obtenida de la geología superficial, se desprende que en la ladera derecha existiría una unidad de suelo que podría presentar altos valores de permeabilidad, con velocidades sísmicas del orden de 400 m/s y espesores generalmente inferiores a los 6 m. Por debajo de estos depósitos, se encontraría el macizo rocoso con valores de velocidad de propagación de ondas compresionales de unos 3.300 m/s.

- En la ladera izquierda, se reconoce una unidad de suelo de muy escaso espesor, seguida por una unidad de roca altamente fracturada o meteorizada (o suelos de alta compacidad y/o consistencia), con velocidad sísmica de onda compresional del orden de 2.190m/s y un espesor que superaría los 11,5m.El macizo rocoso de mejor calidad geotécnica en este estribo, que presenta velocidades sísmicas del orden de 3.330 m/s, aparecería a partir de los 15 m de profundidad.

- Considerándose las similitudes con los materiales perforados en el centro del valle y teniendo en cuenta las observaciones realizadas en terreno, es de suponer que los materiales rocosos de ambos estribos presenten también permeabilidades elevadas (10-2 a 10-4 cm/s), lo cual deberá verificarse con prospecciones adicionales.

- Atendiendo a esta información, el muro podrá fundarse sobre las rocas volcánicas asociadas a la Formación Cola de Zorro Inferior (tobas y brechas) que aparecen a una profundidad media de 6 m en el fondo del valle y el estribo izquierdo, de calidad media a mala, que presentan baja resistencia y alta permeabilidad. Si bien no se estima que la calidad de la roca comprometa el muro en proyecto, puesto que la capacidad portante de los materiales estará muy por encima de la carga estimada para un muro de tierras, sí habrá de realizarse la impermeabilización de, al menos, los 30 o 35 m más superficiales.

- Considerando la estimación de que en la ladera derecha existiría una unidad de suelo con espesores generalmente inferiores a los 6 m, por debajo de los que se encontraría el macizo rocoso, sería aconsejable ubicar en esta zona el evacuador de crecidas, que se podrá fundar directamente en roca de buenas características.

- Por su parte, en la ladera izquierda, donde se reconoce una unidad de suelo y/o roca de mala calidad geotécnica hasta una profundidad estimada de 15 m, podría ubicarse el túnel de desvío, excavado en las rocas de la Formación Cola de Zorro (tobas y brechas), cuyos portales de entrada y salida atravesarían presumiblemente los depósitos coluviales observados, constituidos por gravas limosas y arenosas, ripios y bloques, con un espesor estimado en unos 5 m.

- El depósito de remoción en masa que fue reconocido en la parte media del vaso de inundación del embalse, si bien se estima que obedece a un fenómeno inactivo, deberá ser analizado en posteriores fases de proyecto, con objeto de garantizar la estabilidad de la ladera en el sector.

6.2 SITIO 2

- En el área ocupada por la alternativa de embalse del Sitio 2, se realizaron los sondajes S-2 y S-4 de 30 y 24,50 m de profundidad respectivamente, un perfil de sísmica de refracción sobre el eje del muro proyectado y un total de 38 calicatas, 4 de ellas sobre el eje del muro de la presa proyectada.

- En las calicatas excavadas se detectó entre 0,30 y 0,50m de suelo vegetal y hasta 3,10m de gravas areno-arcillosas, con bolones y bloques de hasta 47" que corresponden a los depósitos fluviales de la unidad Qfa. El sondaje S-2, perforado en el extremo norte del fondo del valle, detectó hasta los 2,00m de profundidad, la presencia de estos materiales gruesos, gravas y fragmentos de bolones y bloques con escasos finos. En el caso del sondaje S-4, perforado hacia el extremo sur, se detectaron estos suelos granulares hasta los 3,50m de profundidad de perforación.

- Bajo estos suelos, se perforaron hasta los 30 metros de profundidad, tobas cristalinas pertenecientes a la Formación Cola de Zorro Inferior, en las que se obtuvieron velocidades sísmicas de ondas compresionales de entre 2.960 y 3.650m/s y que presentan permeabilidades muy elevadas (no pudiendo elevarse la presión del equipo para el ensayo de permeabilidad Lugeon en la mayor parte de los casos). Únicamente a partir de los 19,50m de profundidad del sondaje S-4, los materiales resultaron impermeables, lo que es consistente con la buena calidad geotécnica de la roca extraída (índices RQD en general superiores al 80%).

- Los apoyos derecho e izquierdo del muro de presa proyectado no pudieron ser investigados mediante prospecciones geológico-geotécnicas debido a lo abrupto del terreno y a la vegetación existente. De las observaciones en terreno realizadas y los perfiles de refracción símica efectuados se estima que estarían constituidos, en primer lugar, por depósitos de suelos, que se estima resulten permeables, con velocidades sísmicas del orden de 400 m/s y espesores de hasta 10m. Por debajo de éstos, se encontraría el macizo rocoso con valores de velocidad de propagación de ondas compresionales de unos 3.000 m/s, presumiblemente compuesto por tobas o brechas volcánicas.

- Considerándose las similitudes con los materiales perforados en el centro del valle y teniendo en cuenta las observaciones realizadas en terreno, es de suponer que los materiales rocosos en ambos estribos presenten también permeabilidades menos elevadas que los esperados en el caso del sitio 1(10-4 a 10-7 cm/s).

- Atendiendo a toda esta información, el muro de presa proyectado podrá fundarse sobre rocas piroclásticas o volcanoclásticas asociadas a la Formación Cola de Zorro Inferior, que aparecen a unos 6 m de profundidad media, con buena calidad geotécnica y resistencias a la compresión de entre 28 y 110 MPa. De este modo, puede estimarse una elevada capacidad de soporte para este sustrato rocoso, muy por encima de las cargas estimadas para un muro del tipo CFRD considerado, con lo que quedaría garantizada la seguridad de la fundación.

- Debido a las elevadas permeabilidades observadas, será necesaria la impermeabilización de, al menos, los 20-25 m más superficiales, con el objeto de limitar las filtraciones.

- Debido a las similitudes existentes en los estribos o apoyos derecho e izquierdo del muro de presa proyectado, en base a la información topográfica y las observaciones realizadas en terreno, se estima que el mejor lugar para el diseño del túnel de desvío y el vertedero se encontraría en el margen izquierdo, desarrollándose en las tobas de la Formación Cola de Zorro, que aparecerían bajo un espesor del orden de 10 m de suelos.

- El vaso de inundación de esta alternativa también se encuentra afectado por el fenómeno de remoción en masa identificado en el Estudio Geológico de la presente etapa. Si bien se considera que se encuentra inactivo, se recomienda realizar un análisis específico de este sector en posteriores fases del proyecto.

6.3 ÁREA COMPRENDIDA ENTRE LOS SITIOS 1 Y 2

- Con la finalidad de caracterizar el área comprendida entre los muros de las alternativas de los Sitios 1 y 2, en busca de la posibilidad de un eventual cambio en el emplazamiento del muro en cualquier punto de esta zona, se realizó el sondaje S-3, de 30,00 m de profundidad, 7 calicatas y dos perfiles de sísmica de refracción.

- En las calicatas excavadas a lo largo de todo este sector, se detectaron entre 0,30 y 1,50m de suelo vegetal y hasta 4,00m de gravas areno-arcillosas, con bolones y bloques de hasta 42" que corresponden fundamentalmente a los depósitos fluviales de la unidad Qfa, con velocidades sísmicas del orden de los 400 m/s y alta permeabilidad.

- Por debajo de estos depósitos, desde los 2,5 m en el sondaje S-3, aparece una alternancia de tobas y brechas piroclásticas pertenecientes a la Formación Cola de Zorro Inferior, en las que se obtuvieron velocidades sísmicas de ondas compresionales de entre 2.770 y 3.530 m/s y que presentan permeabilidades muy elevadas hasta los 15,00m de profundidad del sondaje S-3. Bajo los 15m, el sustrato rocoso sería impermeable, lo que es consistente con la buena calidad observada en la roca extraída, si bien puede destacarse la presencia de una posible falla detectada en el sondaje S-3 entre los 27 y 28,10 m de profundidad, la cual no parece tener repercusiones en cuanto a la permeabilidad en el tramo.

- Los sectores de apoyo de un posible nuevo muro de presa que pudiera plantearse en esta área en posteriores fases de proyecto, no pudieron ser investigados mediante prospecciones geológico-geotécnicas por los motivos explicados con anterioridad, si bien, de la información recopilada se desprende que en ambas laderas se reconocería una unidad de suelo y presumiblemente roca meteorizada y/o sedimentos de alta compacidad o consistencia, que podría presentar altos valores de permeabilidad, con velocidades sísmicas de entre 350 y 740 m/s y espesores de hasta 17 m en la ladera sur.

- Por debajo de estos materiales se encontraría el macizo rocoso, con valores de velocidad de propagación de las ondas compresionales de unos 3.000 m/s, correspondientes rocas volcánicas del Miembro Inferior de la Formación Cola de Zorro, en general meteorizadas y/o fracturadas.

- Considerándose las similitudes con los materiales perforados en el centro del valle y teniendo en cuenta las observaciones realizadas en terreno, es de suponer que los materiales rocosos en ambos estribos presenten también permeabilidades menos elevadas que los esperados en el caso del sitio 1 y muy similares a los del sitio 2 (10-3 a 10-6 cm/s).

6.4 SITIO 3

- Para la caracterización del Sitio 3 se dispone de los sondajes S-5 y S-6, de 22 m de profundidad, 2 perfiles de sísmica de refracción y 17 calicatas, 4 de ellas excavadas en el entorno más próximo al eje del muro y el resto, dentro del área de inundación del embalse proyectado.

- En las calicatas excavadas en el sitio 3 se detectó entre 0,35 y 1,50m de suelo vegetal y hasta 3,80m de materiales de naturaleza fluvial y/o coluvial, constituidos por arenas y limos con gravas, bolones y abundantes bloques de hasta 62”. En los sondajes S-5 y S-6, perforados hacia el sur del río Niblinto, se detectó hasta los 3,50 y 3,20 m de profundidad, respectivamente, la presencia de arenas y limos, con abundante materia orgánica y gravas, bolones y bloques.

- Bajo estos materiales, se identificó la presencia de bolones y bloques, algunos de diámetro métrico, de naturaleza fundamentalmente andesítica y granodiorítica, entre los que se detectaron algunos niveles de suelos granulares finos de entre 0,50 y 1,00 metro de espesor y niveles de conglomerados fuertemente cementados, con altas permeabilidades (10-2 a 10-6 cm/s), como corresponde a depósitos de estas características).

- En estos sondajes no se reconoció el sustrato rocoso, no obstante la velocidad sísmica de 3.000m/s registrada en los perfiles realizados.

- No se dispone de prospecciones y ensayos de laboratorio para la caracterización de los materiales que constituyen los estribos del muro de presa, si bien, en base a las observaciones realizadas en terreno, pudo establecerse que las rocas que conforman los estribos de esta alternativa forman parte del Miembro Superior de la Formación Cola de Zorro, constituido principalmente por rocas volcánicas de composición intermedia-básica y formado principalmente por coladas andesíticas y andesítico-basálticas de un espesor promedio cercano a los 60 - 70 m, con desarrollo de disyunción columnar que generan zonas potencialmente de alta permeabilidad(10-2 a 10-4 cm/s). En ocasiones se observa la presencia de intercalaciones métricas de materiales volcanoclásticos constituidos por tobas líticas que forman niveles altamente competentes, muy fracturados y aparentemente con bajo grado de alteración y meteorización. Además, en esta zona, son

predominantes las facies volcánicas sobre las volcanoclásticas, lo que produce la escarpada morfología del valle del río Niblinto por el importante aumento de la dureza y competencia de la roca, que imposibilitó el estudio de los materiales con investigaciones y ensayos in situ.

- Teniendo en consideración toda la información disponible, en este emplazamiento se recomendaría únicamente la construcción de una presa de materiales sueltos, debido a las características del material de fundación. Este material, de naturaleza fluvial, deberá ser impermeabilizado hasta una profundidad de, al menos, 30-35 m y es de prever que su capacidad de soporte estará muy por debajo de la de los sitios previamente analizados.

- A pesar de disponerse de escasa información de las áreas que constituyen los estribos, en base a la morfología de la zona y a las observaciones geológicas realizadas en terreno y con el objeto de optimizar los criterios de diseño, se considera que el mejor sector para la ubicación del túnel y vertedero a proyectar sería el margen izquierdo, constituido principalmente por rocas volcánicas andesítico-basálticas. De este modo, los portales de entrada y salida del túnel deberán atravesar los depósitos coluviales existentes, con un espesor estimado en unos 5 m.

- Se estima que las filtraciones a lo largo del vaso de inundación pudieran ser importantes, tal como se deduce de las observaciones geológico-geotécnicas realizadas. Este aspecto debería ser convenientemente analizado en posteriores fases de proyecto.

6.5 CANALES MATRICES

- El reconocimiento de los materiales presentes a lo largo de los trazados propuestos para los canales matrices del área de riego, se basa en la ejecución de 23 calicatas y las observaciones realizadas en la totalidad de los trazados.

- Se estima que, mayoritariamente, los suelos a excavar corresponderán a depósitos aluviales y coluviales, fácilmente excavables con medios mecánicos convencionales, si bien, teniendo en consideración la morfología del área, se estima que en algunos de los cortes mayores, especialmente en los canales de trasvase, será posible la existencia de roca, presumiblemente de origen volcánico, que podrá requerir del empleo de medios de ripado y/o voladura. Este aspecto deberá ser analizado convenientemente en posteriores fases de proyecto.

- Debido a las características topográficas y geológico-geotécnicas de las distintas áreas sobre las que se desarrollan los canales, se prevé su revestimiento en algunas zonas. Además, la existencia de aguas subterráneas próximas a la superficie del terreno, harían necesario el planteamiento de un sistema de drenaje bajo estos revestimientos, con el fin de evitar posibles subpresiones.

- En el caso de aquellos canales o tramos de canales que se desarrollan en zonas de topografía más plana y donde además el contenido en finos de los suelos garantiza unas infiltraciones mínimas, no se estima necesario el revestimiento del canal y sólo habrá que considerar subpresiones en las obras que se proyecten.

- De manera generalizada, atendiendo a las observaciones realizadas y la información disponible, pueden considerarse los siguientes aspectos de diseño, que se estiman de manera conservadora debido a la escala de trabajo:

CANAL	Alturas estimadas	Taludes de Corte	Taludes de Terraplén	Revestimiento	Drenaje
CANAL - 1	< 5 m	1H/1V	3H/2V	Si	Si
CANAL - 2	< 5 m	1H/1V	3H/2V	Si	Si
CANAL - 3	> 5 m	1.5H/1V suelos 1H/3V roca	3H/2V	Si	Si
CANAL - 4	> 5 m	1.5H/1V suelos 1H/3V roca	3H/2V	No	No
	< 5 m	1H/1V		Si	Si
CANAL - 5	< 5 m	1H/1V	3H/2V	No	No
TRASVASES	> 5 m	Roca: 1H/4V (H:V), con berma de 3 m de ancho cada 8 metros de altura Suelos: 2H/3V, con berma de 3 m de ancho cada 6 m de altura	3H/2V	Si	Si

- Todas estas consideraciones son preliminares, pero permiten obtener una visión general del área en la que se desarrolla la red de canales y de los posibles requerimientos de las obras previstas, si bien deberán ser ratificadas en posteriores fases de proyecto de forma que se pueda optimizar tanto las excavaciones a realizar, como la necesidad real de revestimientos y drenajes.

6.6 EMPRÉSTITOS

- De acuerdo a los resultados de las excavaciones y ensayos, se detectaron fuentes de material de empréstito constituidos de manera generalizada por materiales de naturaleza fluvial, con gravas areno-limosas y suelos gravo-arcillosos con abundantes bolones y bloques.

- En total se identificaron 7 posibles zonas, denominadas: ENA-1, ENA-2, ENA-3, ENA-4, ENA-5, ENA-6 y ENA-7, además de identificarse 11 áreas potenciales, de las que podrían obtenerse más de 10.6 Hm3 de materiales aptos para la construcción del muro de presa proyectado.

- Todos los volúmenes de materiales consignados para los diferentes yacimientos de este estudio, han sido minorados teniendo en consideración la presencia de un espesor medio de suelo vegetal y un margen de material que podría resultar inaceptable una vez excavados los yacimientos. El volumen finalmente estimado para cada uno de ellos, se resume en la siguiente tabla.

Sector de Empréstito	**Espesor Medio Suelo Vegetal (m)**	**Espesor Medio Material aprovechable (m)**	**Material de Empréstito Disponible (m^3)**	**Características del Material**	**Sitio**	**Distancia a muro (km)**
Sector aguas abajo Sitio 1	Aprox. 0,50	> 5	Aprox. > 4.500.000	Arenas y gravas limosas. Terrazas fluviales antiguas.	Fuera del área de inundación	0.7 (S1)
ENA-1	0,60	> 4	>400.000	Arenas y gravas limosas con bolones y bloques. Qfa	Sitio 1	0 (S1)
ENA-X1	0,60	> 3	>100.000	Arenas y gravas limosas con bolones y bloques. Qfa	Sitio 1	1 (S1)
ENA-2	0,50	> 3,5	>400.000	Arenas y gravas limosas con bolones y bloques. Qfa	Sitios 1 y 2	0 (S2)
ENA-X2	Aprox. 0,50	Aprox. > 3,5	Aprox. >600.000	Arenas y gravas limosas con bolones y bloques. Qfa(1)	Sitios 1 y 2	1 (S2)
ENA-3	0,50	> 3,5	>800.000	Arenas y gravas limosas con bolones y bloques. Qfa(1)	Sitios 1 y 2	1.7 (S2)

Sector de Empréstito	Espesor Medio Suelo Vegetal (m)	Espesor Medio Material aprovechable (m)	Material de Empréstito Disponible (m^3)	Características del Material	Sitio	Distancia a muro (km)
ENA-4	0,50	> 3,5	>400.000	Arenas y gravas limosas con bolones y bloques. Qfa(1)	Sitios 1 y 2	3.8 (S2)
ENA-5	0,60	> 4	>400.000	Arenas y gravas limosas con bolones y bloques. Qfa(1)	Sitios 1 y 2	4.9 (S2)
ENA-6	0,30	> 3	>600.000	Arenas y gravas limosas con bolones y bloques. Qfa(1)	Sitio 3	0.2 (S3)
ENA-7	0,20	> 4	>200.000	Arenas y gravas limosas. Qfa(2)	Sitio 3	1 (S3)
ENA-X3	Aprox. 0,50	Aprox. > 3	Aprox. >100.000	Arenas y gravas limosas con bolones y bloques. Qfa(1)	Sitio 3	1 (S3)
ENA-X4	Aprox. 0,30	Aprox. > 4	Aprox. >250.000	Arenas y gravas limosas. Depósitos fluviales antiguos Qfa(2)	Fuera del área de inundación	1.2 (S3)
ENA-X5	Aprox. 0,50	Aprox. > 3	Aprox. >300.000	Arenas y gravas limosas con bolones y bloques. Qfa(1)	Sitio 3	1.6 (S3)
ENA-X6	Aprox. 0,50	Aprox. > 2,5	Aprox. > 250.000	Arenas y gravas limosas con bolones y bloques. Qfa(1)	Sitio 3	1.8 (S3)
ENA-X7	Aprox. 0,30	Aprox. > 3,5	Aprox. >100.000	Arenas y gravas limosas. Depósitos fluviales antiguos Qfa(2)	Sitio 3	2 (S3)
ENA-X8	Aprox. 0,30	Aprox. > 4	Aprox. >350.000	Arenas y gravas limosas. Depósitos fluviales antiguos Qfa(2)	Sitio 3	2.6 (S3)
ENA-X9	Aprox. 0,50	Aprox. > 2,5	Aprox. >100.000	Arenas y gravas limosas con bolones y bloques. Qfa(1)	Sitio 3	3 (S3)

Sector de Empréstito	Espesor Medio Suelo Vegetal (m)	Espesor Medio Material aprovechable (m)	Material de Empréstito Disponible (m^3)	Características del Material	Sitio	Distancia a muro (km)
ENA-X10	Aprox. 0,30	Aprox. > 4	Aprox. >750.000	Arenas y gravas limosas. Depósitos fluviales antiguos Qfa(2)	Fuera del área de inundación	4 (S3)
Volúmenes totales estimados (m^3)			**> 10.600.000**			

- Como se puede observar del balance de materiales potencialmente disponible en el entorno, en esta primera fase de proyecto se estima que no exista problema en la obtención de los materiales necesarios para la construcción de los muros de las diferentes alternativas. Sin embargo, debido a las limitaciones propias de un estudio de prefactibilidad, por el que las prospecciones realizadas son igualmente limitadas, en este punto existen dificultades para asegurar la factibilidad en la obtención de los materiales que se harían necesarios para la construcción de las variables de muro de mayor altura consideradas (en especial, en el caso de los muros de sitios 1 y 3) sin incrementar considerablemente los costos asociados.

- De manera adicional, atendiendo a la homogeneidad observada en los materiales del entorno y a la variabilidad de granulometrías necesarias para la configuración de un muro de tipo CFRD, muy probablemente se podrá reutilizar al menos un 60% de los materiales obtenidos de las excavaciones que deberán realizarse para la fundación del muro y para la construcción del vertedero y túnel de desvío (ya que la roca obtenida podrá formar parte del relleno 3C). Estos volúmenes se calcularon para este estudio atendiendo a las diferentes cotas de coronamiento del muro consideradas.

Embalse	Volúmenes de Excavación			Volúmenes aprovechables	
	Vertedero máx. (m^3)	Vertedero mín. (m^3)	Túnel (m^3)	Máx. (m^3)	Mín. (m^3)
Sitio 1	1.387.280	605.610	17.901	840.000	370.000
Sitio 2	1.129.272	462.509	21.286	690.000	290.000
Sitio 3	1.599.030	917.958	16.790	970.000	560.000

6.7 PROGRAMA DE PROSPECCIONES PROPUESTAS

- En futuras fases del proyecto, deberá elaborarse un programa de prospecciones de manera de resolver todas las dudas e incertezas asociadas a las características geológico-geotécnicas de los sectores mencionados.

- Como primera aproximación, pueden considerarse las siguientes indicaciones frente a dicho programa:

  - Con objeto de reevaluar las incertidumbres asociadas a la complejidad de accesos a los estribos de las tres alternativas de embalse analizadas, donde no fue posible ejecutar sondajes, perfiles sísmicos, ni calicatas, y con objeto de determinar las características hidrogeológicas y geomecánicas del macizo rocoso observado en todos los casos, será necesaria la ejecución de un programa de investigaciones específico en dichos sectores constituido fundamentalmente por sondajes y aplicación de técnicas geofísicas (perfiles de sísmica de refracción, TEM y/o Down Hole), lo que presumiblemente requerirá de trabajos de apertura de accesos, creación de plataformas y/o traslados de equipos y personal mediante técnicas no convencionales.

  - De igual modo, para determinar la naturaleza, el espesor y las características hidrogeológicas de los materiales existentes en el fondo del valle, especialmente en el emplazamiento del muro proyectado para el sitio 3, donde se obtuvieron resultados contradictorios entre las diferentes prospecciones realizadas, sería aconsejable la ejecución de algunos sondajes adicionales, así como de prospecciones sísmicas del tipo Down Hole.

  - En la presente etapa, tras una primera estimación de las características de los macizos rocosos que constituyen los estribos de los muros proyectados, se recomienda, con carácter preliminar, el área en que se diseñarán los túneles de desvío. Sin embargo, no se dispuso de sondajes para el análisis geomecánico de los macizos en los que se proyectan los trazados de dichos túneles, que deberán ser ejecutados también en posteriores fases de proyecto.

  - En todos los sondajes a realizar, será de especial importancia la ejecución de ensayos de permeabilidad in situ (Lefranc y/o Lugeon, según corresponda) así como la toma de muestras de suelos y/o rocas para su posterior análisis en laboratorio.

  - Con el fin de caracterizar los materiales de los yacimientos de empréstito localizados y determinar con mayor información sus volúmenes y limitaciones, deberían realizarse, al menos, 4-5 calicatas por sitio, de hasta los 6 m de profundidad siempre que sea posible, debiendo tomarse muestra de material de cada uno de los horizontes de suelos que se detecten para su posterior ensayo en laboratorio.

ANEXO A
INFORMES DE SONDAJES Digital)

ANEXO B
FOTOS DE SONDAJES

Sondaje 1. Alternativa Sitio 2






EMBALSE NIBLINTO
SONDAJE - 1
CAJA N.3
DESDE 9.00 HASTA 13.00
9.00
10.00
11.00
12.00
12.50
13.00


EMBALSE NIBLINTO
SONDAJE - 1
CAJA N.4
DESDE 13.00 HASTA 16.70
13.00
13.50
14.00
15.00
16.00
16.50

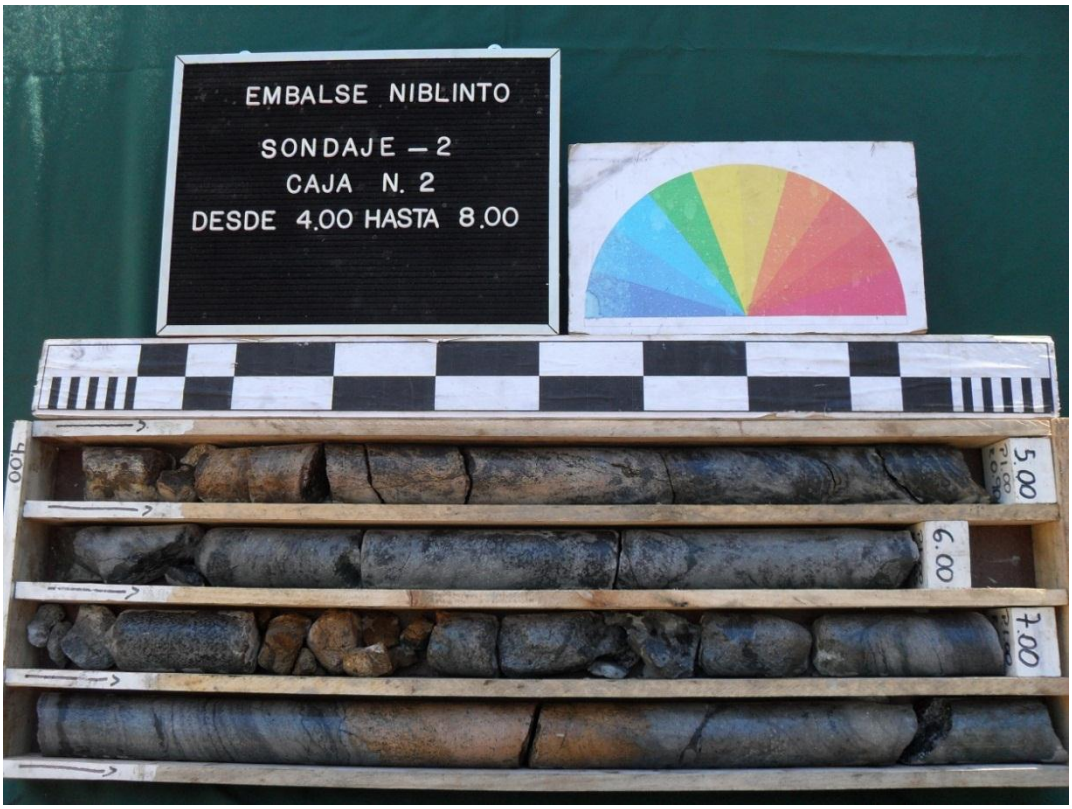

EMBALSE NIBLINTO
SONDAJE - 1
CAJA N.5
DESDE 16.70 HASTA 20.00
17.00
18.00
19.00


EMBALSE NIBLINTO
SONDAJE - 1
CAJA N.6
DESDE 20.00 HASTA 26.00
20.00
21.00
22.00
23.00
24.00
25.00
26.00


EMBALSE NIBLINTO
SONDAJE 1
CAJA N. 7
DESDE 26.00 HASTA 30.00
26.50
27.00
27.50
28.00
29.00
30.00

Sondaje 2. Alternativa Sitio 3.






EMBALSE NIBLINTO
SONDAJE – 2
CAJA N. 3
DESDE 8.00 HASTA 11.55
8.00
9.00
10.00
11.55


EMBALSE NIBLINTO
SONDAJE – 2
CAJA N.4
DESDE 11.55 HASTA 15.40
11.55
12.50
13.10
14.00
15.00


EMBALSE NIBLINTO
SONDAJE – 2
CAJA N. 5
DESDE 15.40 HASTA 19.00
15.40
16.40
17.40
18.40
19.00


EMBALSE NIBLINTO
SONDAJE – 2
CAJA N. 6
DESDE 19.00 HASTA 22.70
19.00
20.00
21.40
22.40


EMBALSE NIBLINTO
SONDAJE – 2
CAJA N. 7
DESDE 22.70 HASTA 26.30
22.70
23.70
24.00
25.00
26.00


EMBALSE NIBLINTO
SONDAJE – 2
CAJA N. 8
DESDE 26.30 HASTA 30.00
26.30
27.25
28.30
29.20
30.00
30.00

Sondaje 3. Alternativas 2 y 3.






EMBALSE NIBLINTO
SONDAJE 3
CAJA N.3
DESDE 7.80 HASTA 11.40
8.80
10.00
10.80


EMBALSE NIBLINTO
SONDAJE 3
CAJA N.4
DESDE 11.40 HASTA 14.95
11.80
12.80
13.80
14.80


EMBALSE NIBLINTO
SONDAJE 3
CAJA N. 5
DESDE 14.95 HASTA 18.70
14.95
15.80
16.80
17.80
18.70

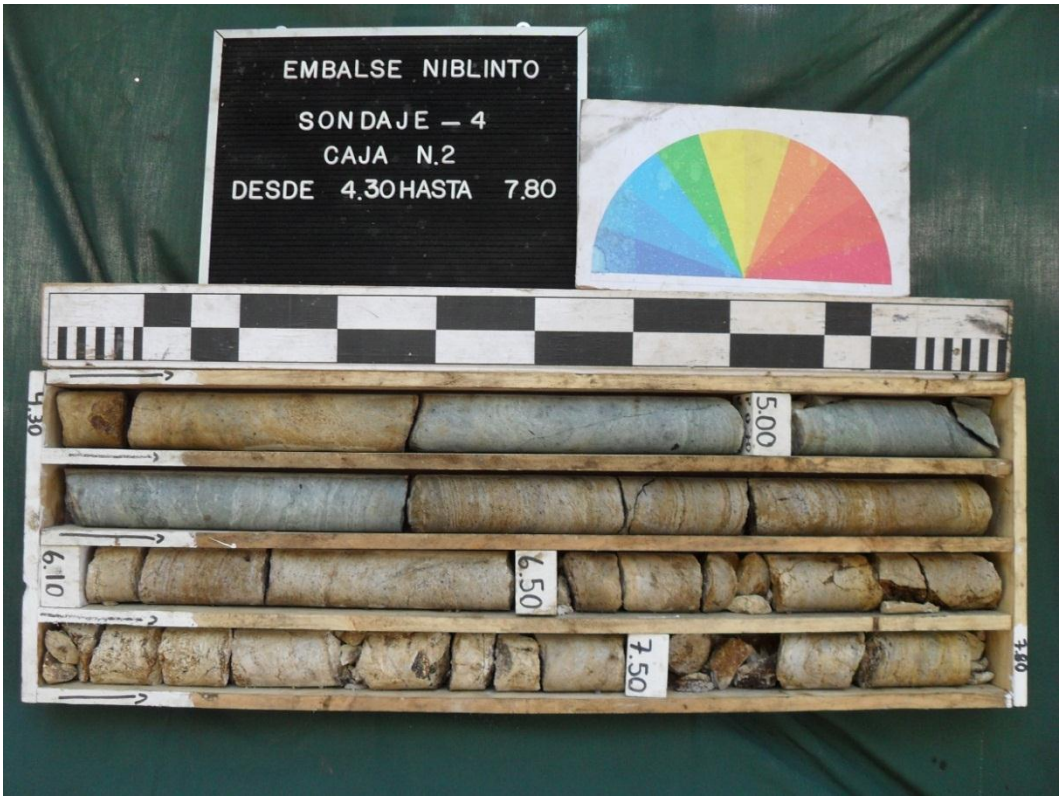

EMBALSE NIBLINTO
SONDAJE 3
CAJA N. 6
DESDE 18.70 HASTA 22.40
18.70
18.80
20.00
21.00
22.00
22.40


EMBALSE NIBLINTO
SONDAJE 3
CAJA N. 7
DESDE 22.40 HASTA 26.00
22.40
23.00
24.00
25.00
26.00

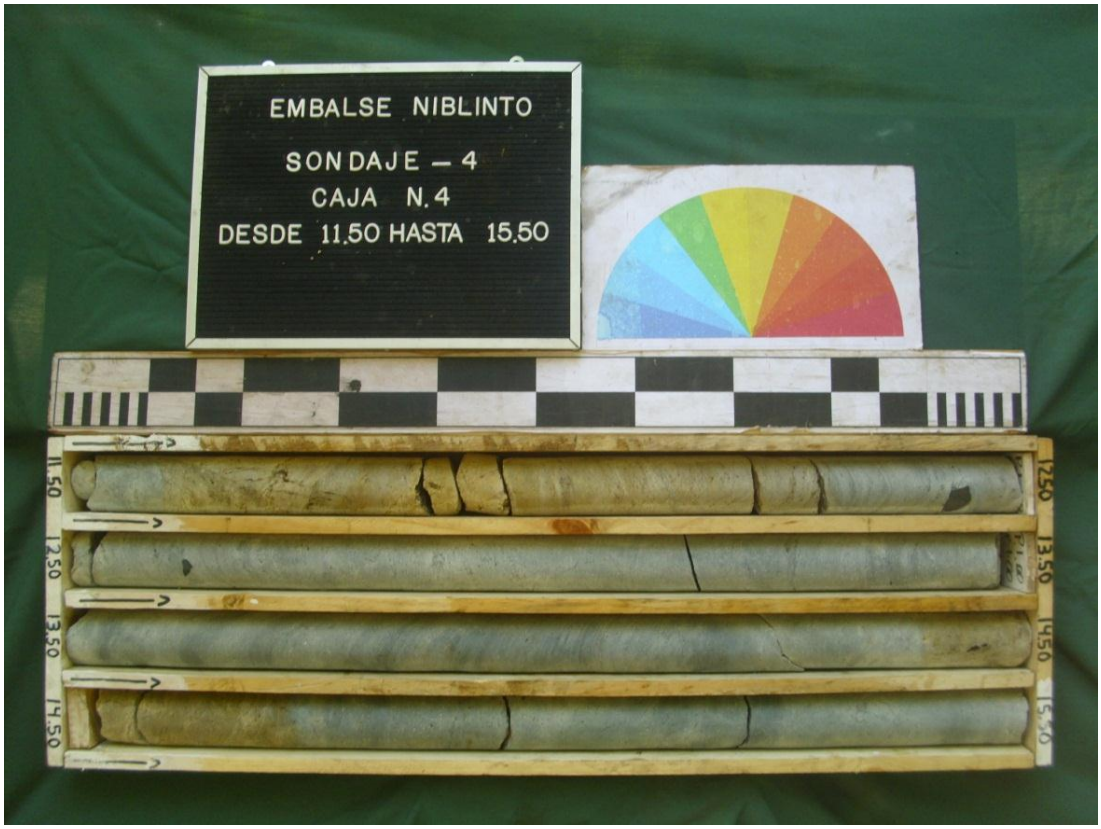

SONDAJE 3
CAJA N.8
DESDE 26.00 HASTA 30.00
26.00
27.00
28.10
29.20

Sondaje 4. Alternativa Sitio 3.

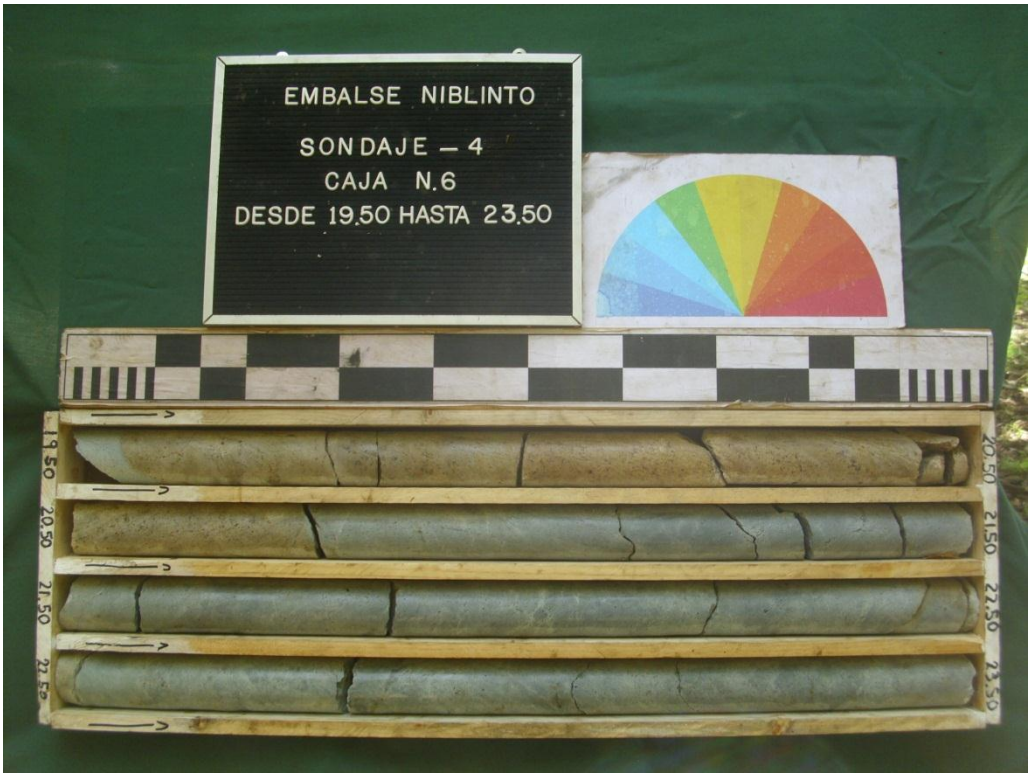





EMBALSE NIBLINTO
SONDAJE – 4
CAJA N.3
DESDE 7.80 HASTA 11.50
7.80
8.50
9.50
10.50
10.50
11.50


EMBALSE NIBLINTO
SONDAJE – 4
CAJA N.4
DESDE 11.50 HASTA 15.50
11.50
12.50
13.50
14.50
12.50
13.50
14.50
15.50


EMBALSE NIBLINTO
SONDAJE – 4
CAJA N. 5
DESDE 15.50 HASTA 19.50


EMBALSE NIBLINTO
SONDAJE – 4
CAJA N.6
DESDE 19.50 HASTA 23.50


EMBALSE NIBLINTO
SONDAJE 4
CAJA N.7
DESDE 23.50 HASTA 24.50
23.50
24.50

Sondaje 5. Alternativa Sitio 4.






EMBALSE NIBLINTO
SONDAJE 5
CAJA N.3
DESDE 9.00 HASTA 14.00
10.00
11.00
12.00
13.00
14.00


EMBALSE NIBLINTO
SONDAJE 5
CAJA N.4
DESDE 14.00 HASTA 18.50
14.50
15.00
16.00
16.50
17.00
18.00


EMBALSE NIBLINTO
SONDAJE 5
CAJA N.5
DESDE 18.50 HASTA 22.00
19.00
20.00
21.00
22.00

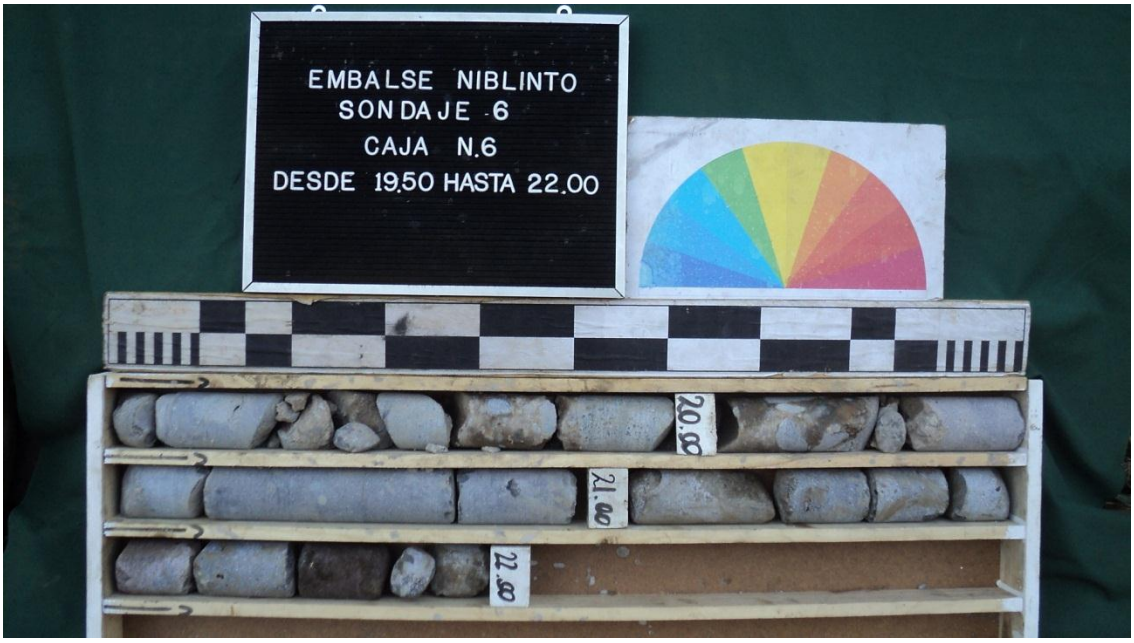
Sondaje 6. Alternativa Sitio 4.






EMBALSE NIBLINTO
SONDAJE 6
CAJA N.3
DESDE 9.00 HASTA 15.00
9.50
10.00
10.50
11.50
12.50
13.50
14.50
15.00


EMBALSE NIBLINTO
SONDAJE 6
CAJA N.4
DESDE 15.00 HASTA 19.50
15.00
16.00
17.00
18.00
19.00


EMBALSE NIBLINTO
SONDAJE 6
CAJA N.6
DESDE 19.50 HASTA 22.00
20.00
21.00
22.00

ANEXO C
ENSAYOS LEFRANC-MANDEL (Digital)

ANEXO D
ENSAYOS LUGEON (Digital)

ANEXO E
ESTRATIGRAFÍA CALICATAS

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-01** Coordenadas: Norte: **5934569** Este: **258486** **424 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **5,00 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **4,00** m. FECHA: **18/04/2012** RECONOCIO: Miguel Jaque HOJA: **1 de 67**

PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR	1	0,40	HOR	2	2,70	HOR	3	4,00	HOR	4		HOR
		HASTA	0,40	ESP	0,40	2,70	ESP	2,30	4,00	ESP	1,30	5,00	ESP	1,00		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)				11			16			35				
		BOLONES >3 (%)				20			30			50				
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)				48			45			40				
		ARENA (%)				32			35			48				
		FINO (%)				20			20			12				
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo oscuro / No			Pardo claro / No			Pardo oscuro / No			Pardo grisáceo / No				
GRADUACION / DILATANCIA						Media /			Media /			Gruesa /				
PLASTICIDAD						Baja			Baja - Nula			Nula				
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA						Redondeadas /			Redondeadas /			Redondeadas /				
HUMEDAD			Seco			Media			Media a Alta			Alta (mojado)				
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto			/ Alta			/ Media			/ Alta				
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No			Homogénea / No			Homogénea / No			Granular / No				
ORIGEN						Fluvial			Fluvial			Fluvial				
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes			Raices			Raicillas			Raicillas (leve)				
SIMBOLO DE GRUPO USCS						(GM)			(GM)			(GP - GM)				
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal			Grava areno arcillosa c/bolones dispersos			Grava areno limosa c/ bloques aislados			Bloques y bolones c/ matriz grava arenosa				
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD		(s/m)			(s/m)			(s/m)			(s/m)				
	ENSAYOS		-			-			-			-				

OBSERVACIONES:
No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**					CALICATA: **CCT-02**		Coordenadas:	Norte: **5934532** Este: **258488**	**419 m.s.n.m.**	PROF.TOTAL:	**4,00 m**		
PROF. NAPA DE AGUA: **No hay** m.			FECHA: **18/04/2012**				RECONOCIO: Miguel Jaque				HOJA:	**2 de 67**	
PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	0,70	HOR 2		HOR		HOR		HOR	
		HASTA	0,70	ESP 0,70	4,00	ESP 3,30		ESP		ESP		ESP	
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			35								
		BOLONES >3 (%)			50								
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			50								
		ARENA (%)			40								
		FINO (%)			10								
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo oscuro		Gris pardo / No								
GRADUACION / DILATANCIA					Gruesa /								
PLASTICIDAD					Nula								
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					Redondeadas a subredondeadas /								
HUMEDAD			Seco		Baja								
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto		/ Media								
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No		Estratificada / No								
ORIGEN					Fluvial								
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raicillas (leve)								
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(GP - GM)								
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Bloques y bolones c/ matriz grava arenosa								
MUESTRAS		N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		1 (0,70 - 4,00)								
		ENSAYOS	-		Sin ensayos								

OBSERVACIONES:
No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**					CALICATA: **CCT-03**		Coordenadas:	Norte: **5934485** Este: **258483**		**418 m.s.n.m.**	PROF.TOTAL:		**3,60 m**
PROF. NAPA DE AGUA: **3,60** m.			FECHA: **18/04/2012**				RECONOCIO: Miguel Jaque					HOJA:	**3 de 67**
PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	1,00	HOR 2		HOR		HOR		HOR	
		HASTA	1,00	ESP 1,00	3,60	ESP 2,60		ESP		ESP		ESP	
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			30								
		BOLONES >3 (%)			40								
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			52								
		ARENA (%)			40								
		FINO (%)			8								
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo oscuro		Pardo grisáceo / No								
GRADUACION / DILATANCIA					Gruesa /								
PLASTICIDAD					Nula								
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					Redondeadas /								
HUMEDAD			Seco		Baja a alta								
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto		/ Media a alta								
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No		Simple granular / No								
ORIGEN					Fluvial								
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raicillas (leve)								
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(GP - GM)								
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Bloque y bolones c/ matriz grava arenosa								
MUESTRAS		N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		1 (1,00 - 3,60)								
		ENSAYOS	-		Clasificación completa								

OBSERVACIONES:
No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**					CALICATA: **CCT-04**		Coordenadas:	Norte: **5934473** Este: **258475**	**418 m.s.n.m.**	PROF.TOTAL:	**3,80 m**		
PROF. NAPA DE AGUA: **3,80** m.			FECHA: **18/04/2012**				RECONOCIO: Miguel Jaque				HOJA:	**4 de 67**	
PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	0,80	HOR 2		HOR		HOR		HOR	
		HASTA	0,80	ESP 0,80	3,80	ESP 3,00		ESP		ESP		ESP	
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			32								
		BOLONES >3 (%)			44								
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			50								
		ARENA (%)			40								
		FINO (%)			10								
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo oscuro		Pardo grisáceo / No								
GRADUACION / DILATANCIA					Gruesa /								
PLASTICIDAD					Nula								
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					Redondeadas /								
HUMEDAD			Seco		Baja a alta								
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto		/ Media a alta								
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No		Simple granular / No								
ORIGEN					Fluvial								
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raicillas (leve)								
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(GP - GM)								
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Bloques y bolones c/ matriz grava arenosa								
MUESTRAS		N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		(s/m)								
		ENSAYOS	-		-								

OBSERVACIONES:
No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**					CALICATA: **CCT-05**		Coordenadas:	Norte: **5934454** Este: **258480**		**417 m.s.n.m.**	PROF.TOTAL:		**3,50 m**
PROF. NAPA DE AGUA: **3,40** m.			FECHA: **18/04/2012**				RECONOCIO: Miguel Jaque					HOJA:	**5 de 67**
PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	0,70	HOR 2		HOR		HOR		HOR	
		HASTA	0,70	ESP 0,70	3,50	ESP 2,80		ESP		ESP		ESP	
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			38								
		BOLONES >3 (%)			45								
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			52								
		ARENA (%)			38								
		FINO (%)			10								
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo oscuro		Pardo grisáceo / No								
GRADUACION / DILATANCIA					Gruesa /								
PLASTICIDAD					Nula								
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					Redondeadas /								
HUMEDAD			Seco		Baja a alta								
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto		/ Media								
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No		Estratificada / No								
ORIGEN					Fluvial								
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raicillas (leve)								
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(GP - GM)								
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Bloques y bolones c/ matriz grava arenosa								
MUESTRAS		N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		1 (0,70 - 3,50)								
		ENSAYOS	-		Clasificación completa								

OBSERVACIONES:
No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-06** Coordenadas: Norte: **5934471** Este: **258661** **420 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **4,00 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **2,40** m. FECHA: **18/04/2012** RECONOCIO: Miguel Jaque HOJA: **6 de 67**

PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	0,50	HOR 2	0,90	HOR 3		HOR		HOR
		HASTA	0,50	ESP 0,50	0,90	ESP 0,40	4,00	ESP 3,10		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			3/4		36					
		BOLONES >3 (%)			0		47					
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			18		55					
		ARENA (%)			72		35					
		FINO (%)			10		10					
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo oscuro		Gris pardo / No		Gris pardo / No					
GRADUACION / DILATANCIA					Media /		Gruesa /					
PLASTICIDAD					Nula		Nula					
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					Angulares /		Subredondeadas y redondeadas /					
HUMEDAD			Seco		Media		Media a mojado					
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto		/ Media		/ Media a alta					
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No		Estratificada / No		Conglomerada / No					
ORIGEN					Fluvial		Fluvial					
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raices		Raicillas (leve)					
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(SP - SM)		(GP - GM)					
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Arena c/ grava dispersa		Bloques y bolones c/ matriz grava arenosa					
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD		(s/m)		(s/m)		1 (0,90 - 4,00)					
	ENSAYOS		-		-		Sin ensayos					

OBSERVACIONES:
No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-07** Coordenadas: Norte: **5934606** Este: **259165** **431 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **2,50 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **No hay** m. FECHA: **18/04/2012** RECONOCIO: Miguel Jaque HOJA: **7 de 67**

PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR 1	0,40	HOR 2		HOR		HOR		HOR
	HASTA	0,40	ESP 0,40	2,50	ESP 2,10		ESP		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)									
		BOLONES >3 (%)		0							
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)		0							
		ARENA (%)		45							
		FINO (%)		55							
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR		Pardo oscuro		Pardo / No							
GRADUACION / DILATANCIA				/ Media							
PLASTICIDAD				Baja							
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA				/ Baja							
HUMEDAD		Seco		Alta							
CONSISTENCIA O COMPACIDAD		Suelto		Firme /							
ESTRUCTURA / CEMENTACION		Heterogénea / No		Homogénea / No							
ORIGEN				Fluvial							
MATERIA ORGANICA O RAICES		Abundantes		Raicillas							
SIMBOLO DE GRUPO USCS				(ML - SM)							
NOMBRE LOCAL DEL SUELO		Suelo vegetal		Limo arenoso							
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		1 (0,40 - 2,50)							
	ENSAYOS	-		Clasificación completa							

OBSERVACIONES:
No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-08** Coordenadas: Norte: **5934583** Este: **259176** **430 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **3,00 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **No hay** m. FECHA: **18/04/2012** RECONOCIO: Miguel Jaque HOJA: **8 de 67**

PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR 1	0,40	HOR 2		HOR		HOR		HOR
	HASTA	0,40	ESP 0,40	3,00	ESP 2,60		ESP		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			33						
		BOLONES >3 (%)			40						
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			55						
		ARENA (%)			37						
		FINO (%)			8						
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR		Pardo oscuro		Gris pardo / No							
GRADUACION / DILATANCIA				Gruesa /							
PLASTICIDAD				Nula							
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA				Redondeadas /							
HUMEDAD		Seco		Media							
CONSISTENCIA O COMPACIDAD		Suelto		/ Media							
ESTRUCTURA / CEMENTACION		Heterogénea / No		Conglomerada / No							
ORIGEN				Fluvial							
MATERIA ORGANICA O RAICES		Abundantes		Raicillas (leve)							
SIMBOLO DE GRUPO USCS				(GP - GM)							
NOMBRE LOCAL DEL SUELO		Suelo vegetal		Bloques y bolones c/ matriz grava arenosa							
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		(s/m)							
	ENSAYOS	-		-							

OBSERVACIONES:
No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-09** Coordenadas: Norte: **5934562** Este: **259188** **429 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **3,80 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **3,60** m. FECHA: **18/04/2012** RECONOCIO: Miguel Jaque HOJA: **9 de 67**

PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR 1	0,50	HOR 2		HOR		HOR		HOR
	HASTA	0,50	ESP 0,50	2,70	ESP 3,80		ESP		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)		42							
		BOLONES >3 (%)		50							
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)		52							
		ARENA (%)		38							
		FINO (%)		10							
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR		Pardo oscuro		Pardo grisáceo / No							
GRADUACION / DILATANCIA				Gruesa /							
PLASTICIDAD				Nula							
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA				Redondeadas /							
HUMEDAD		Seco		Baja a mojada							
CONSISTENCIA O COMPACIDAD		Suelto		/ Media							
ESTRUCTURA / CEMENTACION		Heterogénea / No		Homogénea / No							
ORIGEN				Fluvial							
MATERIA ORGANICA O RAICES		Abundantes		Raicillas (muy leve)							
SIMBOLO DE GRUPO USCS				(GP - GM)							
NOMBRE LOCAL DEL SUELO		Suelo vegetal		Bloques y bolones c/ matriz grava arenosa							
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		1 (0,50 - 3,80)							
	ENSAYOS	-		Clasificación completa							

OBSERVACIONES:
No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**					CALICATA: **CCT-10**		Coordenadas:	Norte: **5934549** Este: **259186**		**429 m.s.n.m.**	PROF.TOTAL:		**3,70 m**
PROF. NAPA DE AGUA: **3,70** m.			FECHA: **18/04/2012**				RECONOCIO: Miguel Jaque					HOJA:	**10 de 67**
PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	1,00	HOR 2		HOR		HOR		HOR	
		HASTA	1,00	ESP 1,00	3,70	ESP 2,70		ESP		ESP		ESP	
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			35								
		BOLONES >3 (%)			40								
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			50								
		ARENA (%)			40								
		FINO (%)			10								
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo oscuro		Pardo grisáceo / No								
GRADUACION / DILATANCIA					Gruesa /								
PLASTICIDAD					Nula								
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					Redondeadas /								
HUMEDAD			Seco		Media a mojada								
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto		/ Media								
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No		Conglomerada / No								
ORIGEN					Fluvial								
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raicillas (muy leve)								
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(GP - GM)								
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Bloques y bolones c/ matriz grava arenosa								
MUESTRAS		N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		(s/m)								
		ENSAYOS	-		-								

OBSERVACIONES:
No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-11** Coordenadas: Norte: **5934532** Este: **259193** **439 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **3,50 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **No hay** m. FECHA: **18/04/2012** RECONOCIO: Miguel Jaque HOJA: **11 de 67**

PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR 1	0,30	HOR 2		HOR		HOR		HOR
	HASTA	0,30	ESP 0,30	3,50	ESP 3,20		ESP		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)		38							
		BOLONES >3 (%)		42							
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)		50							
		ARENA (%)		38							
		FINO (%)		12							
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR		Pardo oscuro		Pardo grisáceo / No							
GRADUACION / DILATANCIA				Gruesa /							
PLASTICIDAD				Nula							
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA				Redondeadas /							
HUMEDAD		Seco		Media a mojada							
CONSISTENCIA O COMPACIDAD		Suelto		/ Media							
ESTRUCTURA / CEMENTACION		Heterogénea / No		Conglomerada / No							
ORIGEN				Fluvial							
MATERIA ORGANICA O RAICES		Abundantes		Raicillas (muy leve)							
SIMBOLO DE GRUPO USCS				(GP - GM)							
NOMBRE LOCAL DEL SUELO		Suelo vegetal		Bloques y bolones c/ matriz grava arenosa							
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		1 (0,30 - 3,50)							
	ENSAYOS	-		Clasificación completa							

OBSERVACIONES:
No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-12** Coordenadas: Norte: **5934716** Este: **259296** **433 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **2,60 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **No hay** m. FECHA: **18/04/2012** RECONOCIO: Miguel Jaque HOJA: **12 de 67**

PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR 1	0,60	HOR 2		HOR		HOR		HOR
	HASTA	0,60	ESP 0,60	2,60	ESP 2,00		ESP		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			30						
		BOLONES >3 (%)			18						
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			48						
		ARENA (%)			42						
		FINO (%)			10						
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo oscuro		Pardo grisáceo / No						
GRADUACION / DILATANCIA					Gruesa /						
PLASTICIDAD					Nula						
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					Redondeadas /						
HUMEDAD			Seco		Media a alta						
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto		/ Media						
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No		Estratificada / No						
ORIGEN					Fluvial						
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raicillas (muy leve)						
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(GP - GM)						
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Grava arenosa c/ bloques dispersos						
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD		(s/m)		1 (0,60 - 2,60)						
	ENSAYOS		-		Clasificación completa						

OBSERVACIONES:
No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-13** Coordenadas: Norte: **5934740** Este: **259669** **435 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **2,20 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **No hay** m. FECHA: **19/04/2012** RECONOCIO: Miguel Jaque HOJA: **13 de 67**

PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR 1	0,40	HOR 2		HOR		HOR		HOR
	HASTA	0,40	ESP 0,40	2,20	ESP 1,80		ESP		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			47						
		BOLONES >3 (%)			40						
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			48						
		ARENA (%)			40						
		FINO (%)			12						
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo oscuro		Pardo grisáceo / No						
GRADUACION / DILATANCIA					Gruesa /						
PLASTICIDAD					Nula						
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					Redondeadas /						
HUMEDAD			Seco		Media						
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto		/ Media						
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No		Homogénea / No						
ORIGEN					Fluvial						
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raicillas (muy leve)						
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(GP - GM)						
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Bloques y bolones c/ matriz grava arenosa						
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD		(s/m)		(s/m)						
	ENSAYOS		-		-						

OBSERVACIONES:
No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**					CALICATA: **CCT-14**		Coordenadas:	Norte: **5934711** Este: **259666**		**437 m.s.n.m.**	PROF.TOTAL:		**2,76 m**
PROF. NAPA DE AGUA: **2,50** m.			FECHA: **19/04/2012**				RECONOCIO: Miguel Jaque					HOJA:	**14 de 67**
PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	0,56	HOR 2		HOR		HOR		HOR	
		HASTA	0,56	ESP 0,56	2,76	ESP 2,20		ESP		ESP		ESP	
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			30								
		BOLONES >3 (%)			32								
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			48								
		ARENA (%)			40								
		FINO (%)			12								
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo oscuro		Pardo grisáceo / No								
GRADUACION / DILATANCIA					Gruesa /								
PLASTICIDAD					Nula								
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					Redondeadas /								
HUMEDAD			Seco		Media								
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto		/ Media								
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No		Homogénea / No								
ORIGEN					Fluvial								
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raicillas (muy leve)								
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(GP - GM)								
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Bloques y bolones c/ matriz grava arenosa								
MUESTRAS		N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		(s/m)								
		ENSAYOS	-		-								

OBSERVACIONES:
No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-15** Coordenadas: Norte: **5934721** Este: **259660** **436 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **3,10 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **No hay** m. FECHA: **19/04/2012** RECONOCIO: Miguel Jaque HOJA: **15 de 67**

PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	0,30	HOR 2	1,80	HOR 3		HOR		HOR
		HASTA	0,30	ESP 0,30	1,80	ESP 1,50	3,10	ESP 1,30		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			3/4		28					
		BOLONES >3 (%)			0		15					
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			3		46					
		ARENA (%)			42		42					
		FINO (%)			55		12					
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo oscuro		Pardo / No		Pardo grisáceo / No					
GRADUACION / DILATANCIA					/ Media		Gruesa /					
PLASTICIDAD					Baja a nula		Nula					
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					/ Baja		Redondeadas y subredondeadas /					
HUMEDAD			Seco		Media		Media					
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto		Firme /		/ Media					
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No		Homogénea / No		Homogénea / No					
ORIGEN					Fluvial		Fluvial					
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raicillas (muy leve)		Raicillas (muy leve)					
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(ML - SM)		(GP - GM)					
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Limo arenoso		Bloques y bolones c/ matriz grava arenosa					
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD		(s/m)		1 (0,30 - 1,80)		(s/m)					
	ENSAYOS		-		Clasificación completa		-					

OBSERVACIONES:
No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-16** Coordenadas: Norte: **5934715** Este: **259734** **439 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **3,00 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **No hay** m. FECHA: **19/04/2012** RECONOCIO: Miguel Jaque HOJA: **16 de 67**

PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	0,30	HOR 2	1,20	HOR 3		HOR		HOR
		HASTA	0,30	ESP 0,30	1,20	ESP 0,90	3,00	ESP 1,80		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			0		22					
		BOLONES >3 (%)			0		18					
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			0		50					
		ARENA (%)			40		40					
		FINO (%)			60		10					
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo oscuro		Pardo / No		Pardo grisáceo / No					
GRADUACION / DILATANCIA					/ Media		Gruesa /					
PLASTICIDAD					Baja		Nula					
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					/ Media		Redondeadas y subredondeadas /					
HUMEDAD			Seco		Media		Media a alta					
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto		Firme /		/ Media					
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No		Homogénea / No		Homogénea / No					
ORIGEN					Fluvial		Fluvial					
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raicillas (muy leve)		Raicillas (muy leve)					
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(ML - SM)		(GP - GM)					
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Limo - Arenoso		Bloques y bolones c/ matriz grava arenosa					
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD		(s/m)		(s/m)		1 (1,20 - 3,00)					
	ENSAYOS		-		-		Clasificación completa					

OBSERVACIONES:
No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-17** Coordenadas: Norte: **5934799** Este: **260008** **441 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **4,00 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **Húmedo** m. FECHA: **02/05/2012** RECONOCIO: Luis Burgos HOJA: **17 de 67**

PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR	1	0,40	HOR	2	2,10	HOR	3		HOR		HOR
	HASTA	0,40	ESP	0,40	2,10	ESP	1,70	4,00	ESP	1,90		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			52			74						
		BOLONES >3 (%)			25			20						
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			30			40						
		ARENA (%)			50			50						
		FINO (%)			20			10						
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR		Pardo oscuro			Grisáceo / No			Grisáceo / No						
GRADUACION / DILATANCIA					Mal graduada			Mal graduada						
PLASTICIDAD					Baja			Baja						
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					Subredondeadas /			Subredondeadas /						
HUMEDAD		Seco			Media			Media a alta						
CONSISTENCIA O COMPACIDAD		Suelto			Suelto			/ Media						
ESTRUCTURA / CEMENTACION		Heterogénea / No			Heterogénea / No			Heterogénea / No						
ORIGEN					Fluvial			Fluvial						
MATERIA ORGANICA O RAICES		Abundantes			Raíces			Raíces						
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(GP - GM)			(SW - SP)						
NOMBRE LOCAL DEL SUELO		Suelo vegetal			Bloques y bolones c/ matriz grava arenosa			Bloques y bolones c/ matriz grava arenosa						
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD	(s/m)			(s/m)			1 (2,10 - 4,00)						
	ENSAYOS	-			-			Clasificación completa						

OBSERVACIONES:
Horizonte 2: se aprecian bloques de buen aspecto, sanos. En sectores se observan bolones trabados o ligantes de cantos subredondeados a redondeados; las gravas se aprecian contaminadas con matreiales finos. Se observa que baja el sobretamaño de la granulometría.

No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-18** Coordenadas: Norte: **5934687** Este: **260681** **455 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **3,80 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **Húmedo** m. FECHA: **02/05/2012** RECONOCIO: Luis Burgos HOJA: **18 de 67**

PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR 1	0,70	HOR 2	1,50	HOR 3		HOR		HOR
	HASTA	0,70	ESP 0,70	1,50	ESP 0,80	3,80	ESP 2,30		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)				26					
		BOLONES >3 (%)	0		0	20					
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)	0		0	15					
		ARENA (%)	40		60	60					
		FINO (%)	60		40	25					
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo oscuro / No		Café claro / No		Negruzco / No				
GRADUACION / DILATANCIA			Sin graduación		Mal graduada		Mal graduada				
PLASTICIDAD			Media		Media		Media				
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA			Baja - media		Media - alta		/ Media				
HUMEDAD			Media		Media		Media a alta				
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Media		Media - firme		/ Suelta				
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / Moderada		Heterogénea / Fuerte		Heterogénea / No				
ORIGEN					Coluvial		Fluvial				
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raíces		Sin indicio				
SIMBOLO DE GRUPO USCS			(CL - CH)		(SP - SM)		(SW - SP)				
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Arenas limosas		Bloques y bolones c/ matriz arenosa				
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD		(s/m)		(s/m)		(s/m)				
	ENSAYOS		-		-		-				

OBSERVACIONES:
Horizontes 1 y 2: descritos como fundamentalmente finos.
Horizonte 3: descrito como fundamentalmente granular grueso.

No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**					CALICATA: **CCT-19**		Coordenadas:	Norte: **5934550** Este: **261891**	**472 m.s.n.m.**	PROF.TOTAL:	**4,10 m**		
PROF. NAPA DE AGUA: **3,75** m.			FECHA: **02/05/2012**				RECONOCIO: Luis Burgos					HOJA:	**19 de 67**
PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR	1	0,40	HOR 2		HOR		HOR		HOR	
	HASTA	0,40	ESP	0,40	4,10	ESP 3,70		ESP		ESP		ESP	
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			35								
		BOLONES >3 (%)			25								
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			60								
		ARENA (%)			30								
		FINO (%)			10								
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR		Pardo oscuro			Grisáceo / No								
GRADUACION / DILATANCIA					Bien graduada								
PLASTICIDAD					Baja								
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					Subredondeadas /								
HUMEDAD		Seco			Mojado - saturado								
CONSISTENCIA O COMPACIDAD		Suelto			Media								
ESTRUCTURA / CEMENTACION		Heterogénea / No			Homogénea / No								
ORIGEN					Fluvial								
MATERIA ORGANICA O RAICES		Abundantes			Raíces								
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(GW - GP)								
NOMBRE LOCAL DEL SUELO		Suelo vegetal			Bloques y bolones c/ matriz grava arenosa								
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD	(s/m)			1 (3,00 - 4,00)								
	ENSAYOS	-			Clasificación completa								

OBSERVACIONES:

No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-20** Coordenadas: Norte: **5934546** Este: **262062** **475 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **4,00 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **Húmedo** m. FECHA: **02/05/2012** RECONOCIO: Luis Burgos HOJA: **20 de 67**

PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	0,25	HOR 2		HOR		HOR		HOR
		HASTA	0,25	ESP 0,25	4,00	ESP 3,75		ESP		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)	24		56							
		BOLONES >3 (%)	5		25							
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)	0		40							
		ARENA (%)	40		50							
		FINO (%)	60		10							
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Café claro / No		Grisáceo / No							
GRADUACION / DILATANCIA			Mal graduada		Mal graduada							
PLASTICIDAD			Baja		Baja							
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA			Redondeadas		Redondeadas							
HUMEDAD			Media		Media							
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto		/ Media							
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No		Heterogénea / No							
ORIGEN					Fluvial							
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raíces							
SIMBOLO DE GRUPO USCS			(SW - SP)		(GP - GM)							
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Bloques y bolones c/ matriz grava arenosa							
MUESTRAS		N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		1 (3,50 - 4,00)							
		ENSAYOS	-		Sin ensayos							

OBSERVACIONES:

No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-21** Coordenadas: Norte: **5934673** Este: **262231** **481 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **3,05 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **3,05** m. FECHA: **03/05/2012** RECONOCIO: Luis Burgos HOJA: **21 de 67**

PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1		0,45	HOR 2		1,60	HOR 3		2,10	HOR 4		HOR
		HASTA	0,45	ESP 0,45		1,60	ESP 1,15		2,10	ESP 0,50		3,05	ESP 0,95		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)				6			0			20			
		BOLONES >3 (%)				3			0			10			
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)				20			0			15			
		ARENA (%)				30			40			35			
		FINO (%)				50			60			50			
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo oscuro			Pardo a grisáceo / No			Pardo / No			Pardo a grisáceo / No			
GRADUACION / DILATANCIA						Mal graduada			Mal graduada			Mal graduada			
PLASTICIDAD						Baja			Baja - Media			Media			
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA						Redondeadas /						Subredondeadas /			
HUMEDAD			Seco			Seco			Media			Alta			
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto			Suelto			Media			Media			
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No			Estratificado			Estratificado			Estratificado			
ORIGEN						Coluvial			Coluvial			Coluvial			
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes			Raíces			Raíces			Sin indicio			
SIMBOLO DE GRUPO USCS						(SM - SC)			(SM - ML)			(SM - SP)			
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal			Limos arenosos con gravas			Limos arenosos			Arenas limosas con gravas			
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD		(s/m)			(s/m)			(s/m)			(s/m)			
	ENSAYOS		-			-			-			-			

OBSERVACIONES:

No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-22** Coordenadas: Norte: **5934511** Este: **262620** **486 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **2,80 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **2,70** m. FECHA: **03/05/2012** RECONOCIO: Luis Burgos HOJA: **22 de 67**

PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR	1	0,90	HOR	2	1,30	HOR	3		HOR		HOR
	HASTA	0,90	ESP	0,90	1,30	ESP	0,40	2,80	ESP	1,50		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)	0		0			28						
		BOLONES >3 (%)	0		0			5						
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)	0		0			30						
		ARENA (%)	60		20			50						
		FINO (%)	40		80			20						
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Café claro / No		Plomo claro / No			Grisáceo / No						
GRADUACION / DILATANCIA			Rápida		Rápida			Mal graduada						
PLASTICIDAD			Baja		Baja			Baja						
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA			/ Muy baja		/ Baja			Subredondeadas /						
HUMEDAD			Media		Media			Alta						
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Blanda		Media			Suelta						
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Vesicular		Laminar			Heterogénea / No						
ORIGEN					Coluvial			Fluvial						
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raíces			Raíces						
SIMBOLO DE GRUPO USCS			(ML)		(ML)			(SP - SM)						
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Limos arenosos			Arenas y gravas con algunos limos						
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD		(s/m)		(s/m)			1 (1,30 - 2,80)						
	ENSAYOS		-		-			Clasificación completa						

OBSERVACIONES:

No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-23** Coordenadas: Norte: **5934578** Este: **262845** **492 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **2,90 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **2,40** m. FECHA: **03/05/2012** RECONOCIO: Luis Burgos HOJA: **23 de 67**

PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR 1	0,35	HOR 2	1,30	HOR 3		HOR		HOR
	HASTA	0,35	ESP 0,35	1,30	ESP 0,95	2,90	ESP 1,60		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)		0		25					
		BOLONES >3 (%)		0		10					
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)		0		30					
		ARENA (%)		40		50					
		FINO (%)		60		20					
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo oscuro / No		Café claro a pardo / No		Grisáceo / No				
GRADUACION / DILATANCIA					Rápida		Bien graduada				
PLASTICIDAD					Baja		Baja				
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					/ Baja		Subredondeadas /				
HUMEDAD			Seco		Seco		Saturado				
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto		Blanda		Densa				
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No		Moderada		Homogénea / No				
ORIGEN					Coluvial		Fluvial				
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raíces		Sin indicio				
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(SM - ML)		(SP - SM)				
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Arenas de grano grueso con limos		Arenas de grano grueso con limos				
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD		(s/m)		(s/m)		1 (1,50 - 2,80)				
	ENSAYOS		-		-		Sin ensayos				

OBSERVACIONES:
H1: cubierta vegetal con mezcla de posible deslizamiento de material al pie del cerro
H2: generalmente arenas de grano grueso a medio color gris, con sectores contaminados de limos color café claro, presencia de raices y pocas gravas.
El aporte de agua aparentemente se produce por percolación por diferencia de cota, no a nivel del río.
La calicata está ubicada al pie del cerro.

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**					CALICATA: **CCT-24**		Coordenadas:	Norte: **5934430** Este: **263537**		**501 m.s.n.m.**	PROF.TOTAL:		**2,10 m**
PROF. NAPA DE AGUA: **Seco** m.			FECHA: **03/05/2012**				RECONOCIO: Luis Burgos					HOJA:	**24 de 67**
PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	0,55	HOR 2		HOR		HOR		HOR	
		HASTA	0,55	ESP 0,55	2,10	ESP 1,55		ESP		ESP		ESP	
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)	50		48								
		BOLONES >3 (%)	5		15								
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)	0		40								
		ARENA (%)	30		50								
		FINO (%)	70		10								
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Café claro a pardo		Grisáceo / No								
GRADUACION / DILATANCIA			Rápida		Mal graduada								
PLASTICIDAD			Baja		Baja								
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA			/ Muy baja		Redondeadas a subredondeadas /								
HUMEDAD			Seco		Seco								
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Blanda		Suelto								
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Débil		Heterogénea / No								
ORIGEN					Fluvial								
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raíces								
SIMBOLO DE GRUPO USCS			(GM - SM)		(GP - SP)								
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Arenas con abundantes gravas y bolones								
MUESTRAS		N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		1 (0,55 - 2,10)								
		ENSAYOS	-		Clasificación completa								

OBSERVACIONES:
H1: Generalmente constituido por arenas finas contaminadas con limos color café, presencia de bloque de cantos subredondeados
H2: Arenas con abundantes gravas de cantos redondeados de buen aspecto, se aprecian bolones trabados (ligantes), duros.

No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**					CALICATA: **CCT-25**		Coordenadas:	Norte: **5934533** Este: **263891**		**520 m.s.n.m.**	PROF.TOTAL:		**4,30 m**
PROF. NAPA DE AGUA: **4,00** m.			FECHA: **03/05/2012**				RECONOCIO: Luis Burgos					HOJA:	**25 de 67**
PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	0,70	HOR 2		HOR		HOR		HOR	
		HASTA	0,70	ESP 0,70	4,30	ESP 3,60		ESP		ESP		ESP	
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)	17		8								
		BOLONES >3 (%)	10		5								
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)	10		15								
		ARENA (%)	40		35								
		FINO (%)	50		50								
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Café / No		Café claro / No								
GRADUACION / DILATANCIA			Mal graduada		Mal graduada								
PLASTICIDAD			Media		Media								
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA			Angular - subredondeada /		Angular - subredondeada /								
HUMEDAD			Media		Saturado								
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto		Media								
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No		Heterogénea / No								
ORIGEN					Coluvial								
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raíces								
SIMBOLO DE GRUPO USCS			(GM - SM)		(GM - SM)								
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Bloques y bolones c/ matriz grava arenosa								
MUESTRAS		N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		(s/m)								
		ENSAYOS	-		-								

OBSERVACIONES:
H1: material de origen coluvial, mezcla de gravas gruesas a medias contaminadas con limos, de cantos angulares a subangulares, bolones y bloques de variada litología.
H2: se presenta más compacto que el antgerior y disminuye el tamaño de los materiales más gruesos.
No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**					CALICATA: **CCT-26**	Coordenadas:	Norte: **5934554** Este: **263941**	**527 m.s.n.m.**	PROF.TOTAL: **3,10 m**				
PROF. NAPA DE AGUA: **2,90** m.			FECHA: **03/05/2012**			RECONOCIO: Luis Burgos						HOJA: **26 de 67**	
PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	0,45	HOR 2		HOR		HOR		HOR	
		HASTA	0,45	ESP 0,45	3,10	ESP 2,65		ESP		ESP		ESP	
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			27								
		BOLONES >3 (%)			20								
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			25								
		ARENA (%)			50								
		FINO (%)			25								
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo oscuro		Café claro a grisáceo / No								
GRADUACION / DILATANCIA					Mal graduada								
PLASTICIDAD					Baja								
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					Redondeadas a subredondeadas /								
HUMEDAD			Seco		Media a alta								
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto		Suelto								
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No		Heterogénea / No								
ORIGEN					Fluvial								
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raíces								
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(GP - SM)								
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Bloques y bolones c/ matriz grava arenosa								
MUESTRAS		N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		1 (0,45-3,10)								
		ENSAYOS	-		Clasificación completa								

OBSERVACIONES:
H1: mezcla de tierra vegetal con materiales finos, limos arenas medias a finas y abundante materia orgánica.
H2: gran porcentaje de materiales gruesos, se aprecian gravas contaminadas con materiales finos, bolones y bloques de buen aspecto.

No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**					CALICATA: **CCT-27**		Coordenadas:	Norte: **5934420** Este: **264395**		**519 m.s.n.m.**	PROF.TOTAL:		**3,50 m**
PROF. NAPA DE AGUA: **Húmedo** m.			FECHA: **03/05/2012**				RECONOCIO: Luis Burgos					HOJA:	**27 de 67**
PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	0,80	HOR 2		HOR		HOR		HOR	
		HASTA	0,80	ESP 0,80	3,50	ESP 2,70		ESP		ESP		ESP	
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			29								
		BOLONES >3 (%)			15								
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			35								
		ARENA (%)			50								
		FINO (%)			15								
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo oscuro a negruzco		Grisáceo / No								
GRADUACION / DILATANCIA					Bien graduada								
PLASTICIDAD					Baja								
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					Subredondeadas /								
HUMEDAD			Seco		Media								
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto		Media								
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No		Heterogénea / No								
ORIGEN					Fluvial								
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raíces								
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(GP - SP)								
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Gravas y arenas gruesas a medias								
MUESTRAS		N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		1 (0,80 - 3,50)								
		ENSAYOS	-		Clasificación completa								

OBSERVACIONES:
H1: materiales finos de color negruzco con posible materia orgánica en transición, abundantes raíces y estructura vesicular.
H2: alto porcentaje de arenas gruesas a medias color gris, contaminadas con limos café claro; las gravas son de tamaño medio, duras y sanas; los bolones presentan buen aspecto.
No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**					CALICATA: **CCT-28**		Coordenadas:	Norte: **5934410** Este: **264457**		**524 m.s.n.m.**	PROF.TOTAL:		**3,50 m**
PROF. NAPA DE AGUA: **Húmedo** m.			FECHA: **03/05/2012**				RECONOCIO: Luis Burgos					HOJA:	**28 de 67**
PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	2,10	HOR 2		HOR		HOR		HOR	
		HASTA	2,10	ESP 2,10	3,50	ESP 1,40		ESP		ESP		ESP	
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)	24		14								
		BOLONES >3 (%)	5		15								
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)	0		20								
		ARENA (%)	30		45								
		FINO (%)	70		35								
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo / No		Grisáceo / No								
GRADUACION / DILATANCIA			Mal Graduada		Mal graduada								
PLASTICIDAD			Media		Baja								
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA			Subredondeadas /		Subredondeadas /								
HUMEDAD			Media		Media								
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Densa		Suelta								
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Vesicular		Heterogénea / No								
ORIGEN					Fluvial								
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Sin indicio								
SIMBOLO DE GRUPO USCS			(ML)		(GP - GM)								
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Arenas gravosas con bolones espaciados								
MUESTRAS		N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		(s/m)								
		ENSAYOS	-		-								

OBSERVACIONES:
H1: mezcla de cubierta vegetal con materiales coluvionares, limos arenosos con posible presencia de arcilla de plasticiad media.
H2: Constituido por materiales de origen fluvial, arenas gravosas bastante limpias con bolones medianos espaciados.

No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**					CALICATA: **CCT-29**		Coordenadas:	Norte: **5934274** Este: **264618**		**526 m.s.n.m.**	PROF.TOTAL:		**4,50 m**
PROF. NAPA DE AGUA: **4,30** m.			FECHA: **03/05/2012**				RECONOCIO: Luis Burgos					HOJA:	**29 de 67**
PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	0,50	HOR 2		HOR		HOR		HOR	
		HASTA	0,50	ESP 0,50	4,50	ESP 4,00		ESP		ESP		ESP	
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			0								
		BOLONES >3 (%)			0								
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			0								
		ARENA (%)			25								
		FINO (%)			75								
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo oscuro		Café claro / No								
GRADUACION / DILATANCIA					Rápida								
PLASTICIDAD					Media								
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					/ Media a baja								
HUMEDAD			Seco		Alta								
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto		Media a firme								
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No		Laminar / No								
ORIGEN					Coluvial								
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raíces								
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(ML)								
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Limos y arenas medias								
MUESTRAS		N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		(s/m)								
		ENSAYOS	-		-								

OBSERVACIONES:
H1: cubierta vegetal con abundante materia orgánica.
H2: materiales de origen coluvial: limos y arenas medias con presencia de nódulos de arcilla, se aprecian bolones espaciados y bloques de cantos angulares (algunos con signos evidentes de meteorización).
No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-30** Coordenadas: Norte: **5934218** Este: **264677** **527 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **4,00 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **Seco** m. FECHA: **04/05/2012** RECONOCIO: Luis Burgos HOJA: **30 de 67**

PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	0,15	HOR 2	1,30	HOR 3		HOR		HOR
		HASTA	0,15	ESP 0,15	1,30	ESP 1,15	4,00	ESP 2,70		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			45		23					
		BOLONES >3 (%)			5		20					
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			10		45					
		ARENA (%)			30		45					
		FINO (%)			60		10					
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo oscuro		Café claro / No		Grisáceo / No					
GRADUACION / DILATANCIA					Mal graduada		Bien graduada					
PLASTICIDAD					Baja		Baja					
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					Subredondeadas /		Subredondeadas /					
HUMEDAD			Seco		Media		Media					
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto		Suelto		/ Media					
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No		Heterogénea / No		Homogénea / No					
ORIGEN					Fluvial		Fluvial					
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raíces		Raíces					
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(GM - SM)		(GP - SP)					
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Arenas y gravas con bolones y limos		Bloques y bolones c/ matriz grava arenosa					
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD		(s/m)		(s/m)		1 (1,30 - 4,00)					
	ENSAYOS		-		-		Clasificación completa					

OBSERVACIONES:

No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-31** Coordenadas: Norte: **5934175** Este: **264710** **524 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **2,60 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **2,25** m. FECHA: **04/05/2012** RECONOCIO: Luis Burgos HOJA: **31 de 67**

PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR	1	0,20	HOR	2	1,80	HOR	3		HOR		HOR
	HASTA	0,20	ESP	0,20	1,80	ESP	1,60	2,60	ESP	0,80		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			40			14						
		BOLONES >3 (%)			7			10						
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			20			25						
		ARENA (%)			40			50						
		FINO (%)			40			25						
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR					Café claro a grisáceo / No			Grisáceo / No						
GRADUACION / DILATANCIA					Mal graduada			Mal graduada						
PLASTICIDAD					Baja			Baja						
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					Subredondeadas /			Subredondeadas /						
HUMEDAD					Media			Media						
CONSISTENCIA O COMPACIDAD					Media			Media						
ESTRUCTURA / CEMENTACION					Heterogénea / No			Heterogénea / No						
ORIGEN					Coluvial			Fluvial						
MATERIA ORGANICA O RAICES					Raíces			Raíces						
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(GM - SM)			(GM - SM)						
NOMBRE LOCAL DEL SUELO					Arenas limosas con gravas y bolones			Arenas con gravas, finos y algunos bolones						
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD	(s/m)			(s/m)			(s/m)						
	ENSAYOS	-			-			-						

OBSERVACIONES:
H2: origen fluvial con materiale sfinos y gravas con signos de alteración.

No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-32** Coordenadas: Norte: **5934164** Este: **264780** **527 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **2,50 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **Húmedo** m. FECHA: **04/05/2012** RECONOCIO: Luis Burgos HOJA: **32 de 67**

PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR 1	0,20	HOR 2	2,10	HOR 3		HOR		HOR
	HASTA	0,20	ESP 0,20	2,10	ESP 1,90	2,50	ESP 0,40		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			21		8				
		BOLONES >3 (%)			15		5				
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			30		45				
		ARENA (%)			40		35				
		FINO (%)			30		20				
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo		Cefá claro / No		Grisáceo / No				
GRADUACION / DILATANCIA					Mal graduada		Mal graduada				
PLASTICIDAD					Baja		Baja				
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					Subredondeadas /		Redondeadas /				
HUMEDAD			Seco		Media		Media				
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto		/ Media		/ Media				
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No		Homogénea / No		Estratificado / No				
ORIGEN					Fluvial		Fluvial				
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raíces		Sin indicio				
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(GM - SM)		(GM - SM)				
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Arenas y gravas con bloques y bolones		Arenas y gravas con bloques y bolones				
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD		(s/m)		(s/m)		1 (2,10 - 2,50)				
	ENSAYOS		-		-		Clasificación completa				

OBSERVACIONES:

No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-33** Coordenadas: Norte: **5934174** Este: **264807** **528 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **2,60 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **2,50** m. FECHA: **04/05/2012** RECONOCIO: Luis Burgos HOJA: **33 de 67**

PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR	1	0,20	HOR	2	0,80	HOR	3		HOR		HOR
	HASTA	0,20	ESP	0,20	0,80	ESP	0,60	2,60	ESP	1,80		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			35			14					
		BOLONES >3 (%)			7			15					
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			35			45					
		ARENA (%)			40			35					
		FINO (%)			25			20					
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo			Grisáceo / No			Grisáceo / No				
GRADUACION / DILATANCIA						Mal graduada			Mal graduada				
PLASTICIDAD						Baja			Media				
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA						Subredondeadas /			Subredondeadas /				
HUMEDAD			Seco			Media			Media a alta				
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto			Media a suelta			/ Media				
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No			Estratificado / No			Heterogénea / No				
ORIGEN						Fluvial			Fluvial				
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes			Raíces			Raíces				
SIMBOLO DE GRUPO USCS						(GM - SM)			(GM - SM)				
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal			Arenas y gravas con algunos bolones			Bloques y bolones c/ matriz grava arenosa				
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD		(s/m)			(s/m)			1 (0,80 - 2,60)				
	ENSAYOS		-			-			Sin ensayos				

OBSERVACIONES:
H1: fluviales antiguos contaminados con limos
H3: gravas gruesas a medias, arenas de color gris claro y grano medio a grueso, contaminadas localmente con limos. Se aprecian bolones de gravas y bolones medianos trabados.
No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-34** Coordenadas: Norte: **5934169** Este: **264832** **528 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **3,00 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **2,60** m. FECHA: **05/05/2012** RECONOCIO: Luis Burgos HOJA: **34 de 67**

PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR	1	0,15	HOR	2	2,10	HOR	3		HOR		HOR
	HASTA	0,15	ESP	0,15	2,10	ESP	1,95	3,00	ESP	0,90		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			20			10						
		BOLONES >3 (%)			10			7						
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			20			40						
		ARENA (%)			60			50						
		FINO (%)			20			10						
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR		Pardo			Grisáceo / No			Grisáceo / No						
GRADUACION / DILATANCIA					Mal graduada			Bien graduada						
PLASTICIDAD					Baja			Baja						
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					Subredondeadas a redondeadas /			Subredondeadas /						
HUMEDAD		Seco			Media			Alta						
CONSISTENCIA O COMPACIDAD		Suelto			Media			Media						
ESTRUCTURA / CEMENTACION		Heterogénea / No			Heterogénea / No			Heterogénea / No						
ORIGEN					Fluvial			Fluvial						
MATERIA ORGANICA O RAICES		Abundantes			Raíces			Sin indicio						
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(SP - SM)			(GW - GP)						
NOMBRE LOCAL DEL SUELO		Suelo vegetal			Arenas y gravas con limos y bolones			Bloques y bolones c/ matriz grava arenosa						
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD	(s/m)			(s/m)			1 (2,60 - 3,00)						
	ENSAYOS	-			-			Clasificación completa						

OBSERVACIONES:

No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**					CALICATA: **CCT-35**		Coordenadas:	Norte: **5934177** Este: **264904**		**529 m.s.n.m.**	PROF.TOTAL:		**2,70 m**
PROF. NAPA DE AGUA: **1,90** m.			FECHA: **05/05/2012**				RECONOCIO: Luis Burgos					HOJA:	**35 de 67**
PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	1,90	HOR 2		HOR		HOR			HOR
		HASTA	1,90	ESP 1,90	2,70	ESP 0,80		ESP		ESP			ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)	22		36								
		BOLONES >3 (%)	15		10								
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)	30		50								
		ARENA (%)	55		40								
		FINO (%)	15		10								
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Grisáceo		Grisáceo / No								
GRADUACION / DILATANCIA			Mal graduada		Bien graduada								
PLASTICIDAD			Baja		Baja								
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA			Subredondeadas /		Subredondeadas a redondeadas /								
HUMEDAD			Media		Alta								
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto		Media								
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No		Homogénea / No								
ORIGEN			Fluvial		Fluvial								
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Sin indicio								
SIMBOLO DE GRUPO USCS			(GM - SM)		(GW - SW)								
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Gravas y bolones c/ matriz arenosa		Bloques y bolones c/ matriz grava arenosa								
MUESTRAS		N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		1 (2,50 - 2,70)								
		ENSAYOS	-		Sin ensayos								

OBSERVACIONES:

No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**					CALICATA: **CCT-36**		Coordenadas:	Norte: **5934204** Este: **265037**		**531 m.s.n.m.**	PROF.TOTAL:		**3,10 m**
PROF. NAPA DE AGUA: **2,40** m.			FECHA: **05/05/2012**				RECONOCIO: Luis Burgos					HOJA:	**36 de 67**
PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	0,70	HOR 2		HOR		HOR		HOR	
		HASTA	0,70	ESP 0,70	3,10	ESP 2,40		ESP		ESP		ESP	
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			49								
		BOLONES >3 (%)			20								
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			40								
		ARENA (%)			50								
		FINO (%)			10								
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo oscuro		Grisáceo / No								
GRADUACION / DILATANCIA					Bien graduada								
PLASTICIDAD					Baja								
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					Redondeadas a subredondeadas /								
HUMEDAD			Seco		Saturado								
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto		Suelto								
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No		Heterogénea / No								
ORIGEN					Fluvial								
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raíces								
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(GW - GM)								
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Arenas con abundantes gravas y bolones								
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD		(s/m)		1 (0,70 - 3,10)								
	ENSAYOS		-		Clasificación completa								

OBSERVACIONES:
H1: arenas gruesas contaminadas con limos, abundante materia orgánica, poca presencia de gravas y bolones espaciados.
H2: arenas gravosas de cantos redondeados a subredondeados, alto porcentaje de bolones se presentan trabados, sanos y duros.

No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**					CALICATA: **CCT-37**		Coordenadas:	Norte: **5934179** Este: **265139**		**533 m.s.n.m.**	PROF.TOTAL:		**2,30 m**
PROF. NAPA DE AGUA: **No obs.** m.			FECHA: **16/05/2012**				RECONOCIO: Luis Burgos					HOJA:	**37 de 67**
PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	1,10	HOR 2		HOR		HOR		HOR	
		HASTA	1,10	ESP 1,10	2,30	ESP 1,20		ESP		ESP		ESP	
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)	24		32								
		BOLONES >3 (%)	15		20								
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)	5		50								
		ARENA (%)	60		40								
		FINO (%)	25		10								
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Café claro / No		Grisáceo / No								
GRADUACION / DILATANCIA			Mal graduada		Bien graduada								
PLASTICIDAD			Baja		Baja								
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA			Redondeadas		Redondeadas								
HUMEDAD			Húmedo		Saturadas								
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto		Suelto								
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Vesicular		Heterogénea / No								
ORIGEN			Fluvial		Fluvial								
MATERIA ORGANICA O RAICES			Raíces gruesas		Sin indicios								
SIMBOLO DE GRUPO USCS			(GM - SM)		(GW - SW)								
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Arenas gruesas y medias con gravas y bolones		Gravas arenosas con abundantes bloques y bolones								
MUESTRAS		N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		1 (1,10 - 2,30)								
		ENSAYOS	-										

OBSERVACIONES:
H1: arenas gruesas a medias con abundantes gravas y bolones que se presentan espaciados con un nivel con abundante materia orgánica.

No se continúa la excavación por presencia de bloques de grandes dimensiones

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**					CALICATA: **CCT-38**		Coordenadas:	Norte: **5934162** Este: **265460**		**548 m.s.n.m.**	PROF.TOTAL:		**5,40 m**
PROF. NAPA DE AGUA: **No obs.** m.			FECHA: **16/05/2012**				RECONOCIO: Luis Burgos					HOJA:	**38 de 67**
PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR	1	0,70	HOR 2		HOR		HOR		HOR	
	HASTA	0,70	ESP	0,70	5,40	ESP 4,70		ESP		ESP		ESP	
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			0								
		BOLONES >3 (%)			5								
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			5								
		ARENA (%)			70								
		FINO (%)			15								
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR		Pardo oscuro			Café claro / No								
GRADUACION / DILATANCIA					Bien garduada								
PLASTICIDAD					Alta								
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					Subredondeadas /								
HUMEDAD		Seco			Húmedo								
CONSISTENCIA O COMPACIDAD		Suelto			Densa								
ESTRUCTURA / CEMENTACION		Heterogénea / No			Heterogénea / No								
ORIGEN					Fluvial								
MATERIA ORGANICA O RAICES		Abundantes			Sin indicio								
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(CL)								
NOMBRE LOCAL DEL SUELO		Suelo vegetal			Arenas limosas con algunas gravas y bolones dispersos								
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD	(s/m)			(s/m)								
	ENSAYOS	-			-								

OBSERVACIONES:

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-39** Coordenadas: Norte: **5934105** Este: **265551** **554 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **4,80 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **No obs.** m. FECHA: **16/05/2012** RECONOCIO: Luis Burgos HOJA: **39 de 67**

PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR	1	1,10	HOR	2	2,70	HOR	3	4,00	HOR	4		HOR
		HASTA	1,10	ESP	1,10	2,70	ESP	1,60	4,00	ESP	1,30	4,80	ESP	0,80		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)	0			10			5			8				
		BOLONES >3 (%)	0			5			0			5				
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)	0			10			0			20				
		ARENA (%)	30			40			55			60				
		FINO (%)	70			50			45			20				
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo / No			Café claro / No			Negruzco / No			Amarillento / No				
GRADUACION / DILATANCIA			Ninguna			Lenta			Ninguna			Mal graduadas				
PLASTICIDAD			Baja			Baja			Baja - Media			Alta				
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA			Muy baja			Subredondeadas /			Media			Subredondeadas /				
HUMEDAD			Húmedo			Húmedo			Húmedo			Húmedo				
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Blanda			Moderada			Firme			Denso				
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Vesicular			Alta			Laminado			Homogénea / No				
ORIGEN																
MATERIA ORGANICA O RAICES			Raíces			Sin indicio			Sin indicios			Sin indicios				
SIMBOLO DE GRUPO USCS			(GM - CM)			(SP - SM)			(SM - SP)			(CL)				
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal			Limos arenoso con algunas gravas y bolones			Arenas limosas			Arcilla limoarenosa con gravas bien gradadas				
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD		(s/m)			(s/m)			(s/m)			1 (4,00 - 4,80)				
	ENSAYOS		-			-			-							

OBSERVACIONES:
H4: material de alta plasticidad y color amarillento, con gravas bien gradadas

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-40** Coordenadas: Norte: **5934098** Este: **265654** **566 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **3,20 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **No obs.** m. FECHA: **16/05/2012** RECONOCIO: Luis Burgos HOJA: **40 de 67**

PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	1,20	HOR 2		HOR		HOR		HOR
		HASTA	1,20	ESP 1,20	3,20	ESP 2,00		ESP		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)	18		24							
		BOLONES >3 (%)	0		10							
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)	0		5							
		ARENA (%)	35		50							
		FINO (%)	65		45							
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Café oscuro		Café claro / No							
GRADUACION / DILATANCIA			Lenta		Mal graduada							
PLASTICIDAD			Media		Baja							
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA			Baja		Subredondeadas /							
HUMEDAD			Húmedo		Húmedo							
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Media a firme		Denso							
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Moderada		Heterogénea / No							
ORIGEN												
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Sin indicio							
SIMBOLO DE GRUPO USCS			(GM - GC)		(GP - SM)							
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Arenas limosas con gravas y bolones							
MUESTRAS		N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		1 (1,70 - 3,20)							
		ENSAYOS	-									

OBSERVACIONES:

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**					CALICATA: **CCT-41**		Coordenadas:	Norte: **5933870** Este: **265958**	**552 m.s.n.m.**	PROF.TOTAL:	**2,80 m**	
PROF. NAPA DE AGUA: **No obs.** m.			FECHA: **16/05/2012**			RECONOCIO: Luis Burgos					HOJA:	**41 de 67**
PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR 1	0,20	HOR 2	1,70	HOR 3		HOR		HOR	
	HASTA	0,20	ESP 0,20	1,70	ESP 1,50	2,80	ESP 1,10		ESP		ESP	
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)		0		24						
		BOLONES >3 (%)		0		20						
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)		0		40						
		ARENA (%)		60		50						
		FINO (%)		40		10						
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo oscuro		Pardo / No		Grisáceo / No					
GRADUACION / DILATANCIA					Rápida		Bien graduadas					
PLASTICIDAD					Baja		Baja					
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					Media		Redondeadas					
HUMEDAD			Seco		Húmedo		Húmedo					
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto		Blanda		Mediana a densa					
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No		Moderada		Homogénea					
ORIGEN							Fluvial					
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raíces		Sin indicio					
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(SM - SC)		(GW - SW)					
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Arenas limosas		Arenas gravosas con bolones y bloques					
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD		(s/m)		(s/m)		1 (1,70 - 2,80)					
	ENSAYOS		-		-							

OBSERVACIONES:
H3: posible terraza antigua con arenas gravosas, bolones, bloques y algunos materiales finos.

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**					CALICATA: **CCT-42**		Coordenadas:	Norte: **5933845** Este: **266112**		**555 m.s.n.m.**	PROF.TOTAL:		**2,35 m**
PROF. NAPA DE AGUA: **1,90** m.			FECHA: **16/05/2012**				RECONOCIO: Luis Burgos					HOJA:	**42 de 67**
PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	1,40	HOR 2		HOR		HOR			HOR
		HASTA	1,40	ESP 1,40	2,35	ESP 0,95		ESP		ESP			ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)	0		10								
		BOLONES >3 (%)	0		15								
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)	0		45								
		ARENA (%)	40		40								
		FINO (%)	60		15								
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Negruzco		Grisáceo a amarillento / No								
GRADUACION / DILATANCIA			Rápida		Mal graduada								
PLASTICIDAD			Baja		Mediana								
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA			Baja		Subredondeadas								
HUMEDAD			Húmedo		Saturado								
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Débil		Densa								
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Vesicular		Estratificada / No								
ORIGEN					Fluvial								
MATERIA ORGANICA O RAICES			Raíces		Sin indicio								
SIMBOLO DE GRUPO USCS			(GM - SM)		(SW - SM)								
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Gravas areno-limosas con abundantes bolones y bloques								
MUESTRAS		N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		(s/m)								
		ENSAYOS	-		-								

OBSERVACIONES:

H2: presenta alto porcentaje de bolones, bloques, gravas bastante limpias y arenas gruesas a medias.

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**					CALICATA: **CCT-43**		Coordenadas:	Norte: **5933812** Este: **266136**	**554 m.s.n.m.**	PROF.TOTAL:	**2,10 m**		
PROF. NAPA DE AGUA: **No obs.** m.			FECHA: **16/05/2012**				RECONOCIO: Luis Burgos					HOJA:	**43 de 67**
PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1		HOR		HOR		HOR		HOR	
		HASTA	2,10	ESP 2,10		ESP		ESP		ESP		ESP	
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)	24										
		BOLONES >3 (%)	20										
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)	40										
		ARENA (%)	50										
		FINO (%)	10										
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Grisáceo / No										
GRADUACION / DILATANCIA			Bien graduada										
PLASTICIDAD			Baja										
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA			Redondeadas a subredondeadas /										
HUMEDAD			Húmedo										
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Mediana										
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Homogénea / No										
ORIGEN			Fluvial										
MATERIA ORGANICA O RAICES			Raicillas										
SIMBOLO DE GRUPO USCS			(GP - SP)										
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Arenas con abundantes gravas y bolones										
MUESTRAS		N° / PROFUNDIDAD	1 (0,00 - 2,10)										
		ENSAYOS											

OBSERVACIONES:

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**					CALICATA: **CCT-44**	Coordenadas:	Norte: **5933765** Este: **266220**	**554 m.s.n.m.**	PROF.TOTAL: **2,20 m**				
PROF. NAPA DE AGUA: **0,80** m.			FECHA: **14/05/2012**			RECONOCIO: Luis Burgos						HOJA: **44 de 67**	
PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1		HOR		HOR		HOR		HOR	
		HASTA	2,20	ESP 2,20		ESP		ESP		ESP		ESP	
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)	32										
		BOLONES >3 (%)	30										
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)	50										
		ARENA (%)	40										
		FINO (%)	10										
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Grisáceo / No										
GRADUACION / DILATANCIA			Bien graduada										
PLASTICIDAD			Baja										
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA			Redondeadas										
HUMEDAD			Saturado										
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto										
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No										
ORIGEN			Fluvial										
MATERIA ORGANICA O RAICES			Sin indicio										
SIMBOLO DE GRUPO USCS			(GW - SW)										
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Gravas arenosas con bolones y bloques de hasta 32"										
MUESTRAS		N° / PROFUNDIDAD	1 (2,00 - 2,20)										
		ENSAYOS											

OBSERVACIONES:
Ubicada en el río, se llenó de agua de inmediato.
Muestra tomada de acopio.

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**					CALICATA: **CCT-45**		Coordenadas:	Norte: **5933727** Este: **266112**		**575 m.s.n.m.**	PROF.TOTAL:		**5,00 m**
PROF. NAPA DE AGUA: **No obs.** m.			FECHA: **14/05/2012**				RECONOCIO: Luis Burgos					HOJA:	**45 de 67**
PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	2,10	HOR 2		HOR		HOR		HOR	
		HASTA	2,10	ESP 2,10	5,00	ESP 2,90		ESP		ESP		ESP	
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)	0										
		BOLONES >3 (%)	0										
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)	0										
		ARENA (%)	40										
		FINO (%)	60										
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Café claro / No										
GRADUACION / DILATANCIA			Lenta										
PLASTICIDAD			Media										
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA			Media										
HUMEDAD			Húmedo										
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Media										
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Moderada										
ORIGEN					Afloramiento rocoso								
MATERIA ORGANICA O RAICES			Raicillas										
SIMBOLO DE GRUPO USCS			(SM - SC)										
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Limo arenoso con posible presencia de arcillas		Granodiorita								
MUESTRAS		N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		1 (3,00 - 5,00)								
		ENSAYOS	-										

OBSERVACIONES:
H1: Limos arenosos con posible presencia de arcillas de plasticidad media.
H2: roca granítica, posible granodiorita, con fuerte meteorización (W5, R0).

No se continúa la excavación por dureza de roca.

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-46** Coordenadas: Norte: **5933733** Este: **266254** **559 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **3,80 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **No obs.** m. FECHA: **14/05/2012** RECONOCIO: Luis Burgos HOJA: **46 de 67**

PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR 1		1,50	HOR 2		2,10	HOR 3			HOR		HOR
	HASTA	1,50	ESP 1,50		2,10	ESP 0,60		3,80	ESP 1,70			ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)	0			6			62					
		BOLONES >3 (%)	0			5			20					
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)	0			20			40					
		ARENA (%)	30			70			50					
		FINO (%)	70			10			10					
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Café claro			Grisáceo / No			Grisáceo / No					
GRADUACION / DILATANCIA			Rápida			Bien graduada			Bien graduada					
PLASTICIDAD			Media			Baja			Baja					
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA			Baja			Subredondeadas /			Subredondeadas /					
HUMEDAD			Húmedo			Húmedo			Húmedo					
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Media			Suelto			Suelto					
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Vesicular			Homogénea / No			Heterogénea / No					
ORIGEN						Fluvial			Fluvial					
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes			Raíces			Sin indicio					
SIMBOLO DE GRUPO USCS			(ML - SM)			(GP - SP)			(GW - SW)					
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal			Arenas limosas con gravas y bolones dispersos			Arenas gravosas con abundantes bloques y bolones					
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD		(s/m)			(s/m)			1 (2,10 - 3,80)					
	ENSAYOS		-			-								

OBSERVACIONES:
H1: limos arenosos con materia orgánica.
H2: arenas gruesas, gravillas, gravas de tamaño medio, con presencia de bloques espaciados bastante limpios.
H3: nivel areno gravoso, con algunas gravas meteorizadas y arenas de grano medio a grueso. Aperecen algunos limos.

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**					CALICATA: **CCT-47**		Coordenadas:	Norte: **5933714** Este: **266334**	**566 m.s.n.m.**	PROF.TOTAL:	**2,90 m**		
PROF. NAPA DE AGUA: **1,30** m.			FECHA: **14/05/2012**				RECONOCIO: Luis Burgos					HOJA:	**47 de 67**
PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR	1	0,60	HOR 2		HOR		HOR		HOR	
	HASTA	0,60	ESP	0,60	2,90	ESP 2,30		ESP		ESP		ESP	
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			37								
		BOLONES >3 (%)			30								
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			10								
		ARENA (%)			40								
		FINO (%)			50								
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo oscuro		Pardo / No								
GRADUACION / DILATANCIA					Mal graduada								
PLASTICIDAD					Baja								
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					Subangulares /								
HUMEDAD			Seco		Húmedo								
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto		Mediana								
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No		Heterogénea / No								
ORIGEN													
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raíces								
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(GM - SW)								
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Arenas limosas con abundantes gravas y bolones								
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD		(s/m)		1 (2,50 - 2,90)								
	ENSAYOS		-										

OBSERVACIONES:

H2: arenas de grano medio, limosas, con abundantes gravas y bolones.

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-48** Coordenadas: Norte: **5933659** Este: **266396** **561 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **3,70 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **3,30** m. FECHA: **14/05/2012** RECONOCIO: Luis Burgos HOJA: **48 de 67**

PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR 1	0,35	HOR 2	1,80	HOR 3		HOR		HOR
	HASTA	0,35	ESP 0,35	1,80	ESP 1,45	3,70	ESP 1,90		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)		32							
		BOLONES >3 (%)		15							
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)		5							
		ARENA (%)		35							
		FINO (%)		60							
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR		Pardo oscuro		Café claro / No							
GRADUACION / DILATANCIA				Mal graduada							
PLASTICIDAD				Baja							
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA				Angulares /							
HUMEDAD		Seco		Húmedo							
CONSISTENCIA O COMPACIDAD		Suelto		Suelto							
ESTRUCTURA / CEMENTACION		Heterogénea / No		Heterogénea / No							
ORIGEN											
MATERIA ORGANICA O RAICES		Abundantes		Raíces							
SIMBOLO DE GRUPO USCS				(GM - SM)							
NOMBRE LOCAL DEL SUELO		Suelo vegetal		Limos arenosos con gravas y bolones dispersos		Maicillo					
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		(s/m)		1 (2,50 - 3,70)					
	ENSAYOS	-		-							

OBSERVACIONES:

H2: arenas graníticas (maicillo).

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-49** Coordenadas: Norte: **5933669** Este: **266430** **565 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **3,50 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **3,20** m. FECHA: **14/05/2012** RECONOCIO: Luis Burgos HOJA: **49 de 67**

PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR 1	0,40	HOR 2		HOR		HOR		HOR
	HASTA	0,40	ESP 0,40	3,50	ESP 3,10		ESP		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)		30							
		BOLONES >3 (%)		25							
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)		10							
		ARENA (%)		40							
		FINO (%)		50							
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR		Pardo oscuro		Café claro / No							
GRADUACION / DILATANCIA				Mal graduada							
PLASTICIDAD				Media							
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA				Subangulares a subredondeadas /							
HUMEDAD		Seco		Húmedo a saturado							
CONSISTENCIA O COMPACIDAD		Suelto		Mediana							
ESTRUCTURA / CEMENTACION		Heterogénea / No		Heterogénea / No							
ORIGEN											
MATERIA ORGANICA O RAICES		Abundantes		Raíces							
SIMBOLO DE GRUPO USCS				(GM - SM)							
NOMBRE LOCAL DEL SUELO		Suelo vegetal		Limos arenosos con abundantes gravas y bolones							
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		(s/m)							
	ENSAYOS	-		-							

OBSERVACIONES:

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**					CALICATA: **CCT-50**	Coordenadas:	Norte: **5933657** Este: **266498**	**567 m.s.n.m.**	PROF.TOTAL: **3,40 m**			
PROF. NAPA DE AGUA: **3,00** m.			FECHA: **15/05/2012**			RECONOCIO: Luis Burgos					HOJA: **50 de 67**	
PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	0,20	HOR 2	1,40	HOR 3		HOR		HOR
		HASTA	0,20	ESP 0,20	1,40	ESP 1,20	3,40	ESP 2,00		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			26		10					
		BOLONES >3 (%)			15		3					
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			5		5					
		ARENA (%)			45		50					
		FINO (%)			50		45					
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo oscuro		Pardo / No		Amarillo a ocre / No					
GRADUACION / DILATANCIA					Mal graduadas		Mal graduadas					
PLASTICIDAD					Baja		Media					
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					Subangulares /		Subredondeadas /					
HUMEDAD			Seco		Húmedo		Saturado					
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto		Suelto		Suelta - Media					
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No		Vesicular		Heterogénea / No					
ORIGEN												
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raíces gruesas		Sin indicio					
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(SM - GM)		(SM - SC)					
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Limos arenosos con gravas y bolones		Arenas limosas con gravas y bolones					
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD		(s/m)		(s/m)		1 (1,40 - 3,40)					
	ENSAYOS		-		-							

OBSERVACIONES:

H3: presenta baja cantidad de gravas y las existentes tiene signos evidentes de meteorización.

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-51** Coordenadas: Norte: **5933670** Este: **266573** **571 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **3,70 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **No obs.** m. FECHA: **15/05/2012** RECONOCIO: Luis Burgos HOJA: **51 de 67**

PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	0,40	HOR 2	1,10	HOR 3		HOR		HOR
		HASTA	0,40	ESP 0,40	1,10	ESP 0,70	3,70	ESP 2,60		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			16		33					
		BOLONES >3 (%)			5		20					
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			0		15					
		ARENA (%)			40		40					
		FINO (%)			60		45					
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo oscuro		Negruzco / No		Café claro / No					
GRADUACION / DILATANCIA					Mal graduada		Mal graduada					
PLASTICIDAD					Baja		Baja					
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					Angulares a subangulares /		Angulares a subangulares /					
HUMEDAD			Seco		Húmedo		Húmedo					
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto		Suelto		Suelto					
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No		Vesicular		Heterogénea / No					
ORIGEN												
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raíces gruesas		Raicillas					
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(GM - SM)		(GM - SM)					
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal		Limos arenosos con algunos bolones		Limos arenosos con abundantes gravas y bolones					
MUESTRAS		N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		(s/m)		(s/m)					
		ENSAYOS	-		-		-					

OBSERVACIONES:

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-52** Coordenadas: Norte: **5933742** Este: **266746** **571 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **3,20 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **No obs.** m. FECHA: **15/05/2012** RECONOCIO: Luis Burgos HOJA: **52 de 67**

PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR 1	0,20	HOR 2	1,90	HOR 3		HOR		HOR
	HASTA	0,20	ESP 0,20	1,90	ESP 1,70	3,20	ESP 1,30		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)		0		35					
		BOLONES >3 (%)		0		25					
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)		0		35					
		ARENA (%)		60		30					
		FINO (%)		40		10					
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR		Pardo oscuro		Pardo / No		Grisáceo a amarillento / No					
GRADUACION / DILATANCIA				Rápida		Bien graduadas					
PLASTICIDAD				Baja		Baja a media					
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA				/ Baja		Redondeadas /					
HUMEDAD		Seco		Húmedo		Húmedo					
CONSISTENCIA O COMPACIDAD		Suelto		Blanda		Mediana a densa					
ESTRUCTURA / CEMENTACION		Heterogénea / No		Vesicular		Homogénea / No					
ORIGEN						Fluvial					
MATERIA ORGANICA O RAICES		Abundantes		Raíces		Raicillas					
SIMBOLO DE GRUPO USCS				(GM - SM)		(GW - WP)					
NOMBRE LOCAL DEL SUELO		Suelo vegetal		Arenas limosas		Gravas arenosas con bloques y bolones					
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		(s/m)		1 (2,90 - 3,20)					
	ENSAYOS	-		-							

OBSERVACIONES:
H3: posible terraza antigua, con arenas gruesas con gravas de tamaño medio a grueso, redondeadas a subredondeadas contaminadas con limos.

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-53** Coordenadas: Norte: **5933773** Este: **266901** **577 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **3,80 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **No obs.** m. FECHA: **15/05/2012** RECONOCIO: Luis Burgos HOJA: **53 de 67**

PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR 1		0,20	HOR 2		3,30	HOR 3			HOR		HOR
	HASTA	0,20	ESP 0,20		3,30	ESP 3,10		3,80	ESP 0,50			ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			20			0					
		BOLONES >3 (%)			15			0					
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			5			0					
		ARENA (%)			35			70					
		FINO (%)			40			30					
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR		Pardo oscuro			Café claro a pardo / No			Grisáceo / No					
GRADUACION / DILATANCIA					Mal graduada			Mal graduada					
PLASTICIDAD					Media			Baja					
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					Subredondeadas /			/ Media					
HUMEDAD		Seco			Húmedo			Húmedo					
CONSISTENCIA O COMPACIDAD		Suelto			Mediana			Firme					
ESTRUCTURA / CEMENTACION		Heterogénea / No			Estratificada			Laminado					
ORIGEN													
MATERIA ORGANICA O RAICES		Abundantes			Raíces			Sin indicio					
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(GM - SM)			(SM - SP)					
NOMBRE LOCAL DEL SUELO		Suelo vegetal			Limos arenosos con abundantes gravas y bolones			Arenas limosas, medias a gruesas					
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD	(s/m)			(s/m)			1 (3,30 - 3,80)					
	ENSAYOS	-			-								

OBSERVACIONES:
H2: abundantes gravas, bolones y bloques, de aspecto sano, duros, que aparecen espaciados.
H2: arenas graníticas, de grano medio a grueso (maicillo), bastante limpias.

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**						CALICATA: **CCT-54**	Coordenadas:	Norte: **5933680** Este: **267297**	**628 m.s.n.m.**	PROF.TOTAL:	**2,80 m**		
PROF. NAPA DE AGUA: **No obs.** m.			FECHA: **15/05/2012**			RECONOCIO: Luis Burgos						HOJA:	**54 de 67**
PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR	1		HOR		HOR		HOR		HOR
		HASTA	2,80	ESP	2,80		ESP		ESP		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)	0										
		BOLONES >3 (%)	0										
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)	0										
		ARENA (%)	40										
		FINO (%)	60										
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Café claro / No										
GRADUACION / DILATANCIA			Rápida										
PLASTICIDAD			Media										
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA			Media										
HUMEDAD			Húmedo										
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Media										
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Estratificado										
ORIGEN													
MATERIA ORGANICA O RAICES			Raicillas										
SIMBOLO DE GRUPO USCS			(ML)										
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Limos arenosos										
MUESTRAS		N° / PROFUNDIDAD	1 (0,00 - 2,80)										
		ENSAYOS											

OBSERVACIONES:

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**					CALICATA: **CCT-55**	Coordenadas:	Norte: **5933513** Este: **267363**	**661 m.s.n.m.**	PROF.TOTAL:	**Talud**			
PROF. NAPA DE AGUA: **No obs.** m.			FECHA: **15/05/2012**			RECONOCIO: Luis Burgos						HOJA:	**55 de 67**
PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1		HOR		HOR		HOR		HOR	
		HASTA	3,00	ESP 3,00		ESP		ESP		ESP		ESP	
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)	14										
		BOLONES >3 (%)	15										
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)	25										
		ARENA (%)	45										
		FINO (%)	30										
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Café claro / No										
GRADUACION / DILATANCIA			Mal graduada										
PLASTICIDAD			Alta										
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA			Redondeadas a subredondeadas /										
HUMEDAD			Húmedo										
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Densa										
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Homogénea / No										
ORIGEN													
MATERIA ORGANICA O RAICES			Raicillas										
SIMBOLO DE GRUPO USCS			(GP - SP)										
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Arenas limosas con abundantes gravas y bolones										
MUESTRAS		N° / PROFUNDIDAD	1 (Talud)										
		ENSAYOS											

OBSERVACIONES:

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-56** Coordenadas: Norte: **5933762** Este: **266818** **575 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **3,70 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **No obs.** m. FECHA: **24/05/2012** RECONOCIO: Luis Burgos HOJA: **56 de 67**

PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR 1	0,40	HOR 2	2,40	HOR 3		HOR		HOR
	HASTA	0,40	ESP 0,40	2,40	ESP 2,00	3,70	ESP 1,30		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)		43		0					
		BOLONES >3 (%)		15		0					
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)		5		0					
		ARENA (%)		60		70					
		FINO (%)		35		30					
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR		Pardo oscuro		Café claro / No		Café claro a pardo / No					
GRADUACION / DILATANCIA				Mal graduada		Mal graduada					
PLASTICIDAD				Media		Media					
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA				Subredondeadas /		Subredondeadas /					
HUMEDAD		Seco		Húmedo		Húmedo					
CONSISTENCIA O COMPACIDAD		Suelto		Mediana		Mediana					
ESTRUCTURA / CEMENTACION		Heterogénea / No		Heterogénea / No		Heterogénea / No					
ORIGEN											
MATERIA ORGANICA O RAICES		Abundantes		Raíces		Sin indicio					
SIMBOLO DE GRUPO USCS				(SM - SC)		(GM - SM)					
NOMBRE LOCAL DEL SUELO		Suelo vegetal		Arenas limosas con gravas y bolones		Arenas limosas					
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		1 (0,40 - 1,80)		(s/m)					
	ENSAYOS	-				-					

OBSERVACIONES:

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-57** Coordenadas: Norte: **5933837** Este: **267063** **582 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **3,40 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **No obs.** m. FECHA: **24/05/2012** RECONOCIO: Luis Burgos HOJA: **57 de 67**

PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR 1	1,40	HOR 2	3,00	HOR 3		HOR		HOR
	HASTA	1,40	ESP 1,40	3,00	ESP 1,60	3,40	ESP 0,40		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)	52		36		16				
		BOLONES >3 (%)	5		10		10				
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)	0		0		25				
		ARENA (%)	40		70		50				
		FINO (%)	60		30		25				
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo / No		Grisáceo a pardo / No		Grisáceo / No				
GRADUACION / DILATANCIA			Rápida		Rápida		Mal graduada /				
PLASTICIDAD			Baja		Baja - Media		Baja				
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA			Subredondeadas /		Subredondeadas /		Subredondeadas /				
HUMEDAD			Húmedo		Húmedo		Húmedo				
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Blanda		Media		Densa				
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Vesicular		Moderada		Homogénea /				
ORIGEN							Fluvial				
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raíces		Sin indicios				
SIMBOLO DE GRUPO USCS			(GM - SM)		(GM - SM)		(GM - SP)				
NOMBRE LOCAL DEL SUELO											
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD		(s/m)		(s/m)		1 (3,00 - 3,40)				
	ENSAYOS		-		-						

OBSERVACIONES:

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**					CALICATA: **CCT-58**		Coordenadas:	Norte: **5933886** Este: **267114**	**582 m.s.n.m.**	PROF.TOTAL:	**2,30 m**		
PROF. NAPA DE AGUA: **No obs.** m.			FECHA: **24/05/2012**				RECONOCIO: Luis Burgos					HOJA:	**58 de 67**
PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	1,25	HOR 2		HOR		HOR		HOR	
		HASTA	1,25	ESP 1,25	2,30	ESP 1,05		ESP		ESP		ESP	
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)	16		24								
		BOLONES >3 (%)	10		3								
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)	40		5								
		ARENA (%)	50		80								
		FINO (%)	10		15								
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Café claro a grisáceo / No		Grisáceo / No								
GRADUACION / DILATANCIA			Bien graduada		Mal graduada								
PLASTICIDAD			Baja		Baja								
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA			Subredondeadas /		Subredondeadas /								
HUMEDAD			Húmedo		Húmedo								
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Mediana		Mediana								
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Homogénea / No		Heterogénea / No								
ORIGEN			Fluvial		Fluvial								
MATERIA ORGANICA O RAICES			Raicillas		Sin indicio								
SIMBOLO DE GRUPO USCS			(SP - SM)		(SM - SC)								
NOMBRE LOCAL DEL SUELO					Maicillo								
MUESTRAS		N° / PROFUNDIDAD	1 (0,20 - 1,25)		(s/m)								
		ENSAYOS			-								

OBSERVACIONES:

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-59** Coordenadas: Norte: **5933824** Este: **267361** **600 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **3,80 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **No obs.** m. FECHA: **25/05/2012** RECONOCIO: Luis Burgos HOJA: **59 de 67**

PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR 1	0,40	HOR 2	2,30	HOR 3		HOR		HOR
	HASTA	0,40	ESP 0,40	2,30	ESP 1,90	3,80	ESP 1,50		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)		49		36					
		BOLONES >3 (%)		0		10					
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)		0		15					
		ARENA (%)		70		45					
		FINO (%)		30		40					
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR		Pardo oscuro		Pardo / No		Amarillento / No					
GRADUACION / DILATANCIA				Mal graduada		Mal graduada					
PLASTICIDAD				Baja		Baja					
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA				Subredondeadas /		Subredondeadas /					
HUMEDAD		Seco		Húmedo		Húmedo					
CONSISTENCIA O COMPACIDAD		Suelto		Mediana		Mediana					
ESTRUCTURA / CEMENTACION		Heterogénea / No		Heterogénea / No		Heterogénea / No					
ORIGEN											
MATERIA ORGANICA O RAICES		Abundantes		Raicillas		Sin indicio					
SIMBOLO DE GRUPO USCS				(SP - SM)		(GM - SM)					
NOMBRE LOCAL DEL SUELO		Suelo vegetal									
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		(s/m)		1 (3,50 - 3,80)					
	ENSAYOS	-		-							

OBSERVACIONES:

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-60** Coordenadas: Norte: **5933860** Este: **267314** **597 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **3,05 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **No obs.** m. FECHA: **25/05/2012** RECONOCIO: Luis Burgos HOJA: **60 de 67**

PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR 1	0,40	HOR 2	1,20	HOR 3		HOR		HOR
	HASTA	0,40	ESP 0,40	1,20	ESP 0,80	3,05	ESP 1,85		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			0		22				
		BOLONES >3 (%)			0		15				
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			0		20				
		ARENA (%)			30		65				
		FINO (%)			70		15				
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo oscuro		Negruzco / No		Café claro / No				
GRADUACION / DILATANCIA					Ninguna		Mal graduada				
PLASTICIDAD					Baja		Media				
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					Baja		Media				
HUMEDAD			Seco		Húmedo		Húmedo				
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto		Blanda - Media		Mediana				
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No		Vesicular		Heterogénea / No				
ORIGEN							Fluvial				
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raíces		Raicillas				
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(CL)		(GP - SP)				
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal								
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD		(s/m)		(s/m)		(s/m)				
	ENSAYOS		-		-		-				

OBSERVACIONES:
H2: posible material orgánico: limos y arenas finas color negruzco.
H3: posible fluvial antiguo, gravas gruesas a medias con materiales finos, arenas graníticas medias a gruesas, bolones y bloques con signos de alteración

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-61** Coordenadas: Norte: **5933674** Este: **267256** **628 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **4,50 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **4,30** m. FECHA: **25/05/2012** RECONOCIO: Luis Burgos HOJA: **61 de 67**

PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	2,90	HOR 2		HOR		HOR		HOR
		HASTA	2,90	ESP 2,90	4,50	ESP 1,60		ESP		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)	0		8							
		BOLONES >3 (%)	0		2							
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)	0		5							
		ARENA (%)	30		40							
		FINO (%)	70		55							
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Café claro / No		Café claro / No							
GRADUACION / DILATANCIA			Rápida		Mal graduada							
PLASTICIDAD			Media		Media - Alta							
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA			Blanda		Subredondeadas /							
HUMEDAD			Húmedo		Húmedo - saturado							
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Firme		Densa							
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Vesicular		Heterogénea / No							
ORIGEN												
MATERIA ORGANICA O RAICES			Raíces		Sin indicio							
SIMBOLO DE GRUPO USCS			(ML)		(ML)							
NOMBRE LOCAL DEL SUELO												
MUESTRAS		N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		1 (4,00 - 4,50)							
		ENSAYOS	-									

OBSERVACIONES:

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**					CALICATA: **CCT-62**		Coordenadas:	Norte: **5933686** Este: **267217**		**626 m.s.n.m.**	PROF.TOTAL:		**4,50 m**
PROF. NAPA DE AGUA: **4,40** m.			FECHA: **25/05/2012**				RECONOCIO: Luis Burgos					HOJA:	**62 de 67**
PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	3,00	HOR 2		HOR		HOR			HOR
		HASTA	3,00	ESP 3,00	4,50	ESP 1,50		ESP		ESP			ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)	0		6								
		BOLONES >3 (%)	0		3								
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)	0		5								
		ARENA (%)	25		60								
		FINO (%)	75		35								
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Café claro / No		Café claro / No								
GRADUACION / DILATANCIA			Lenta		Mal graduada								
PLASTICIDAD			Media		Media - Alta								
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA			Baja		Redondeadas a subredondeadas /								
HUMEDAD			Húmedo		Saturado								
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Media		Densa								
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Vesicuar		Heterogénea / No								
ORIGEN													
MATERIA ORGANICA O RAICES			Raíces		Sin indicio								
SIMBOLO DE GRUPO USCS			(ML)		(SP - SM)								
NOMBRE LOCAL DEL SUELO					Maicillo								
MUESTRAS		N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		(s/m)								
		ENSAYOS	-		-								

OBSERVACIONES:
H2: arenas graníticas, alteradas, con bolones espaciados de tamaño mediano, con signos evidentes de alteración.

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-63** Coordenadas: Norte: **5933862** Este: **266019** **553 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **2,70 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **No obs.** m. FECHA: **30/05/2012** RECONOCIO: Luis Burgos HOJA: **63 de 67**

PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR	1	0,40	HOR	2	1,00	HOR	3		HOR		HOR
	HASTA	0,40	ESP	0,40	1,00	ESP	0,60	2,70	ESP	1,70		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			16			18						
		BOLONES >3 (%)			5			15						
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			5			30						
		ARENA (%)			60			50						
		FINO (%)			35			20						
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR		Pardo oscuro			Amarillento a grisáceo / No			Grisáceo / No						
GRADUACION / DILATANCIA					Mal graduada			Mal graduada						
PLASTICIDAD					Baja			Baja						
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					Redondeadas a subredondeadas /			Redondeadas /						
HUMEDAD		Húmedo			Húmedo			Húmedo						
CONSISTENCIA O COMPACIDAD		Suelto			Media			Suelta - Media						
ESTRUCTURA / CEMENTACION		Heterogénea / No			Heterogénea / No			Homogénea / No						
ORIGEN					Fluvial			Fluvial						
MATERIA ORGANICA O RAICES		Abundantes			Raíces			Raicillas						
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(GM - SM)			(GM - SM)						
NOMBRE LOCAL DEL SUELO		Suelo vegetal												
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD	(s/m)			1 (0,40 - 2,70)									
	ENSAYOS	-												

OBSERVACIONES:
H2: predominan las arenas gruesas a medias, con limos y gravas gruesas y abundante materia orgánica.

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-64** Coordenadas: Norte: **5933855** Este: **265888** **550 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **2,80 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **No obs.** m. FECHA: **30/05/2012** RECONOCIO: Luis Burgos HOJA: **64 de 67**

PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR 1	0,20	HOR 2	2,10	HOR 3		HOR		HOR
	HASTA	0,20	ESP 0,20	2,10	ESP 1,90	2,80	ESP 0,70		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)		23		32					
		BOLONES >3 (%)		3		15					
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)		0		30					
		ARENA (%)		40		50					
		FINO (%)		60		20					
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR		Pardo oscuro		Café claro a negruzco / No		Grisáceo / No					
GRADUACION / DILATANCIA				Ninguna		Mal graduada					
PLASTICIDAD				Media		Baja					
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA				Media		Subredondeados /					
HUMEDAD		Húmedo		Húmedo		Húmedo					
CONSISTENCIA O COMPACIDAD		Suelto		Blanda		Densa					
ESTRUCTURA / CEMENTACION		Heterogénea / No		Estratificado		Homogénea / No					
ORIGEN						Fluvial					
MATERIA ORGANICA O RAICES		Abundantes		Raíces		Raicillas					
SIMBOLO DE GRUPO USCS				(SM)		(SM - SC)					
NOMBRE LOCAL DEL SUELO		Suelo vegetal									
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		(s/m)		(s/m)					
	ENSAYOS	-		-		-					

OBSERVACIONES:
H2: arenas medias a gruesas con limos, color café claro, con abundante materia orgánica.
H3: alto porcentaje de bloques y bolones con buen aspecto y gravas medias a gruesas de cantos redondeados.

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO** CALICATA: **CCT-65** Coordenadas: Norte: **5933882** Este: **265847** **549 m.s.n.m.** PROF.TOTAL: **1,65 m**

PROF. NAPA DE AGUA: **1,45** m. FECHA: **30/05/2012** RECONOCIO: Luis Burgos HOJA: **65 de 67**

PROFUNDIDAD	DESDE	0,00	HOR 1	0,40	HOR 2		HOR		HOR		HOR
	HASTA	0,40	ESP 0,40	1,65	ESP 1,25		ESP		ESP		ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)		22							
		BOLONES >3 (%)		10							
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)		30							
		ARENA (%)		60							
		FINO (%)		10							
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR		Pardo oscuro		Grisáceo / No							
GRADUACION / DILATANCIA				Bien graduada							
PLASTICIDAD				Baja							
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA				Subredondeadas /							
HUMEDAD		Seco		Húmedo - Saturado							
CONSISTENCIA O COMPACIDAD		Suelto		Densa							
ESTRUCTURA / CEMENTACION		Heterogénea / No		Homogénea / No							
ORIGEN				Fluvial							
MATERIA ORGANICA O RAICES		Abundantes		Raicillas							
SIMBOLO DE GRUPO USCS				(GP - SP)							
NOMBRE LOCAL DEL SUELO		Suelo vegetal									
MUESTRAS	N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		1 (1,40 - 1,65)							
	ENSAYOS	-									

OBSERVACIONES:

No se continúa la excavación por presencia de agua

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**					CALICATA: **CCT-66**		Coordenadas:	Norte: **5934357** Este: **264214**		**514 m.s.n.m.**	PROF.TOTAL:		**2,20 m**
PROF. NAPA DE AGUA: **2,00** m.			FECHA: **30/05/2012**				RECONOCIO: Luis Burgos					HOJA:	**66 de 67**
PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	1,30	HOR 2		HOR		HOR			HOR
		HASTA	1,30	ESP 1,30	2,20	ESP 0,90		ESP		ESP			ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)	0		26								
		BOLONES >3 (%)	0		10								
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)	0		25								
		ARENA (%)	60		65								
		FINO (%)	40		10								
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Café claro a pardo / No		Grisáceo / No								
GRADUACION / DILATANCIA			Ninguna		Bien graduada								
PLASTICIDAD			Baja		Baja								
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA			Muy baja		Redondeadas a subredondeadas /								
HUMEDAD			Húmeda		Húmedo - Saturado								
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Media		Densa								
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Fisurado		Homogénea / No								
ORIGEN					Fluvial								
MATERIA ORGANICA O RAICES			Raíces		Sin indicio								
SIMBOLO DE GRUPO USCS			(GM - SC)		(GP - SP)								
NOMBRE LOCAL DEL SUELO													
MUESTRAS		N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		1 (2,00 - 2,20)								
		ENSAYOS	-										

OBSERVACIONES:
H1: arenas limosas con poca presencia de gravas y abundante materia orgánica.

No se continúa la excavación por presencia de agua

ARCADIS CHILE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
"MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO,
PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

PROYECTO:
CLIENTE: CNR

PROYECTO: **EMBALSE NIBLINTO**					CALICATA: **CCT-67**		Coordenadas:	Norte: **5934515** Este: **263132**		**- m.s.n.m.**	PROF.TOTAL:		**2,70 m**
PROF. NAPA DE AGUA: **2,60** m.			FECHA: **30/05/2012**				RECONOCIO: Luis Burgos					HOJA:	**67 de 67**
PROFUNDIDAD		DESDE	0,00	HOR 1	0,70	HOR 2		HOR		HOR			HOR
		HASTA	0,70	ESP 0,70	2,70	ESP 2,00		ESP		ESP			ESP
GRANULOMETRIA ESTIMADA	TOTAL	T.max. (PULGADAS)			23								
		BOLONES >3 (%)			25								
	FRACCION MENOR QUE	GRAVA (%)			35								
		ARENA (%)			50								
		FINO (%)			15								
COLOR EN ESTADO NATURAL / OLOR			Pardo oscuro		Grisáceo / No								
GRADUACION / DILATANCIA					Bien graduada								
PLASTICIDAD					Baja								
FORMA DE PARTIC. / RESISTENCIA SECA					Redondeadas a subredondeadas /								
HUMEDAD			Seco		Húmedo - Saturado								
CONSISTENCIA O COMPACIDAD			Suelto		Suelta - densa								
ESTRUCTURA / CEMENTACION			Heterogénea / No		Homogénea / No								
ORIGEN					Fluvial								
MATERIA ORGANICA O RAICES			Abundantes		Raicillas								
SIMBOLO DE GRUPO USCS					(GP - GW)								
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			Suelo vegetal										
MUESTRAS		N° / PROFUNDIDAD	(s/m)		1 (2,40 - 2,70)								
		ENSAYOS	-										

OBSERVACIONES:
H2: arenas medias a gruesas con gravas y bolones de buen aspecto.

No se continúa la excavación por presencia de agua

PROYECTO : 3853 | **CALICATA C-1** | **UBICACION: Canales E. Niblinto** | **PROFUNDIDAD TOTAL :3,10m**

PROF. NAPA DE AGUA: N/obs. | **FECHA: 21/06/2012** | **COORDENADAS APROX:** **Norte: 5929946** **Este: 249989** | **COTA TERRENO : 337** **RECONOCIO: Luis Burgos L.**

ARCADIS GEOTECNICA

PROFUNDIDAD		DESDE (m.)	0,00	HOR. 1	0,60	HOR.2	1,80	HOR.3		HOR.
		HASTA (m.)	0,60	ESP.0,6 0	1,80	ESP. 1,20	3,10	ESP.1,30		ESP.
GRANULOM. ESTIMADA	TOTAL	T.máx (PULG.)			15"		26"			
		BOLONES (%>3")			10%		15%			
	FRACCION	GRAVA (%)			5%		20%			
	MENOR QUE	ARENA (%)			45%		40%			
	TAMIZ 80 mm.	FINO (%)			50%		40%			
COLOR EN ESTADO NATURAL/OLOR					OCRE		CAFÉ CLARO			
GRADUACION/DILATANCIA					MAL GRADUADA		MAL GRADUADA			
PLASTICIDAD					MEDIA - ALTA		BAJA			
FORMA DE PARTIC./RESISTENCIA SECA					SUBREDONDEADAS		REDONDEADOS A SUB.			
HUMEDAD					HÚMEDO		HÚMEDO			
CONSISTENCIA O COMPACIDAD					DENSA		DENSA			
ESTRUCTURA/CEMENTACION					HETEOROGENEA		HOMOGENEA			
ORIGEN										
MATERIA ORGANICA O RAICES					RAICES		SIN INDICIO			
SIMBOLO DEL GRUPO USCS					SM - GM		GP - SP			
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			CUBIERTA VEGETAL		Limos arenosos con algunas gravas y bloques hasta 15"		Arenas limosas con gravas y bloques hasta 26"			
MUESTREO	Nº/PROFUNDIDAD		S/MUESTRA		0,80 - 1,50m		1,50 - 3,10m			
	CANTIDAD (Kg. O Lts.)		NO		45Kg. M/M		45Kg. M/M			

OBSERVACIONES:

Horizonte 2: Se presenta color ocre; arenas de grano grueso a medio, gravilla, presencia de arcillas de plasticidad media, con materia orgánica.

Horizonte 3: Generalmente son arenas guesas con mezcla de gravas, bolones medianos graníticos, algunos con signos evidentes de alteración.

Nota. Al fondo se ven bolsones de bolones trabados (ligantes).

PROYECTO : 3853 | **CALICATA C-2** | **UBICACION: Canales E. Niblinto** | **PROFUNDIDAD TOTAL : 1,60m**

PROF. NAPA DE AGUA: 0,60m | **FECHA:21/06/2012** | **COORDENADAS APROX:** | **COTA TERRENO : 357**

ARCADIS GEOTECNICA

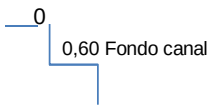
Norte: 5931302 GPS
Este: 248509

RECONOCIO: Luis Burgos L.

PROFUNDIDAD		DESDE (m.)	0,00	HOR. 1	0,60	HOR. 2		HOR.		HOR.
		HASTA (m.)	0,60	ESP.0,60	1,60	ESP. 1,00		ESP.		ESP.
GRANULOM. ESTIMADA	TOTAL	T.máx (PULG.)			7"					
		BOLONES (%>3")			3%					
	FRACCION	GRAVA (%)			5%					
	MENOR QUE	ARENA (%)			35%					
	TAMIZ 80 mm.	FINO (%)			60%					
COLOR EN ESTADO NATURAL/OLOR					OCRE					
GRADUACION/DILATANCIA					MAL GRADUADA					
PLASTICIDAD					MEDIA - ALTA					
FORMA DE PARTIC./RESISTENCIA SECA					SUBREDONDEADAS					
HUMEDAD					MEDIANA - SATURADO					
CONSISTENCIA O COMPACIDAD					MEDIANA - DENSA					
ESTRUCTURA/CEMENTACION					HETEOROGENEA					
ORIGEN										
MATERIA ORGANICA O RAICES					SIN INDICIO					
SIMBOLO DEL GRUPO USCS					GM - SM					
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			CUBIERTA VEGETAL		Limos arenoso con algunas gravas y bolones hasta 7"					
MUESTREO	Nº/PROFUNDIDAD		S/MUESTRA		0,60 - 1,60m					
	CANTIDAD (Kg. O Lts.)		NO		45Kg. M/M					

OBSERVACIONES:

Horizonte 2: Mezcla de arenas con gravilla y posible presencia de arcilla de plasticidad media a alta.



Nota. La muestra se sacó del mismo canal.

PROYECTO : 3853 | **CALICATA C-3** | **UBICACION:Canales E. Niblinto** | **PROFUNDIDAD TOTAL : 1,85m**

PROF. NAPA DE AGUA: 1,30m | **FECHA: 21/06/2012** | **COORDENADAS APROX:** | **COTA TERRENO : 328**

ARCADIS GEOTECNICA

Norte: 5933078 GPS | **RECONOCIO: Luis Burgos L.**

Este: 247678

PROFUNDIDAD		DESDE (m.)	0,00	HOR. 1	0,70	HOR.2				HOR.
		HASTA (m.)	0,70	ESP. 0,70	1,85	ESP. 1,15				ESP.
GRANULOM. ESTIMADA	TOTAL	T.máx (PULG.)			10"					
		BOLONES (%>3")			3%					
	FRACCION	GRAVA (%)			5%					
	MENOR QUE	ARENA (%)			40%					
	TAMIZ 80 mm.	FINO (%)			55%					
COLOR EN ESTADO NATURAL/OLOR					CAFÉ CLARO					
GRADUACION/DILATANCIA					MAL GRADUADA					
PLASTICIDAD					MEDIA					
FORMA DE PARTIC./RESISTENCIA SECA					SUBREDONDEADAS					
HUMEDAD					SATURADO					
CONSISTENCIA O COMPACIDAD					MEDIANA					
ESTRUCTURA/CEMENTACION					HETEROGENEA					
ORIGEN										
MATERIA ORGANICA O RAICES					SIN INDICIO					
SIMBOLO DEL GRUPO USCS					GM - SM					
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			CUBIERTA VEGETAL		Limos arenosos con algunas gravas y bolones de hasta 10"					
MUESTREO	Nº/PROFUNDIDAD		S/MUESTRA		0,70 - 1,85m					
	CANTIDAD (Kg. O Lts.)		NO		45Kg. M/M					

OBSERVACIONES:

Las gravas y arenas se aprecian con signos de meteorización, posible presencia de arcillas de plasticidad media.

PROYECTO : 3853 | **CALICATA C-4** | **UBICACION: Canales E. Niblinto** | **PROFUNDIDAD TOTAL : 2,55m**

PROF. NAPA DE AGUA: 2,35m | **FECHA: 21/06/2012** | **COORDENADAS APROX:** | **COTA TERRENO : 332**

ARCADIS GEOTECNICA

Norte: 5934471 GPS | **RECONOCIO: Luis Burgos L.**

Este: 247012

PROFUNDIDAD		DESDE (m.)	0,00	HOR. 1	0,70	HOR. 2	1,80	HOR. 3		
		HASTA (m.)	0,70	ESP. 0,70	1,80	ESP. 1,10	2,55	ESP. 0,75		
GRANULOM. ESTIMADA	TOTAL	T.máx (PULG.)			6"		12"			
		BOLONES (%>3")			3%		5%			
	FRACCION	GRAVA (%)			15%		30%			
	MENOR QUE	ARENA (%)			30%		50%			
	TAMIZ 80 mm.	FINO (%)			55%		20%			
COLOR EN ESTADO NATURAL/OLOR					OCRE		OCRE - CAFÉ CLARO			
GRADUACION/DILATANCIA					BIEN GRADUADA		BIEN GRADUADA			
PLASTICIDAD					MEDIA - ALTA		MEDIA			
FORMA DE PARTIC./RESISTENCIA SECA					SUBREDONDEADAS		SUBREDONDEADAS			
HUMEDAD					HÚMEDO		SATURADO			
CONSISTENCIA O COMPACIDAD					DENSA		DENSA			
ESTRUCTURA/CEMENTACION					ESTRATIFICADA		ESTRATIFICADA			
ORIGEN										
MATERIA ORGANICA O RAICES					RAICILLAS FINAS		ESCASAS			
SIMBOLO DEL GRUPO USCS					GM - SM		GM - SM			
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			CUBIERTA VEGETAL		Arenas gruesas limosas con algunas gravas y bolones.		Arenas gruesas con gravas y algunos limos.			
MUESTREO	Nº/PROFUNDIDAD		S/MUESTRA		S/MUESTRA		1,80 - 2,55			
	CANTIDAD (Kg. O Lts.)		NO		NO		45KG. M/M			

OBSERVACIONES:

Horizonte 2: Arenas gruesas contaminadas con limos, posible presencia de arcilla, < % de gravas, predominan los materiales finos.

Horizonte 3: Se aprecia >% porcentaje de gravilla grisácea.

PROYECTO : 3853 | **CALICATA C-5** | **UBICACION: Canales E. Niblinto** | **PROFUNDIDAD TOTAL : 2,50m**

PROF. NAPA DE AGUA: 2,40m | **FECHA: 21/06/2012** | **COORDENADAS APROX:** | **COTA TERRENO : 301**

ARCADIS GEOTECNICA

Norte: 5936141 GPS
Este: 246742

RECONOCIO: Luis Burgos L.

PROFUNDIDAD		DESDE (m.)	0,00	HOR. 1	0,85	HOR. 2	1,90	HOR. 3		
		HASTA (m.)	0,85	ESP. 0,85	1,90	ESP. 1,05	2,50	ESP. 0,60		
GRANULOM. ESTIMADA	TOTAL	T.máx (PULG.)			4"		6"			
		BOLONES (%>3")			2%		5%			
	FRACCION	GRAVA (%)			0%		30%			
	MENOR QUE	ARENA (%)			70%		50%			
	TAMIZ 80 mm.	FINO (%)			30%		20%			
COLOR EN ESTADO NATURAL/OLOR					CAFÉ OSCURO		GRISÁCEO			
GRADUACION/DILATANCIA					MAL GRADUADA		BIEN GRADUADA			
PLASTICIDAD					BAJA - MEDIA		BAJA			
FORMA DE PARTIC./RESISTENCIA SECA					REDONDEADOS		REDONDEADOS A SUB.			
HUMEDAD					HÚMEDO		MOJADO - SATURADO			
CONSISTENCIA O COMPACIDAD					MEDIANA A DENSA		DENSA			
ESTRUCTURA/CEMENTACION					ESTRATIFICADA		HOMOGENEA			
ORIGEN										
MATERIA ORGANICA O RAICES					RAICES GRUESAS		ESCASAS			
SIMBOLO DEL GRUPO USCS					SM - CS		GM - SM			
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			CUBIERTA VEGETAL		Arenas limosas de grano grueso a medio		Arenas gravosas con algunos limos			
MUESTREO	Nº/PROFUNDIDAD		S/MUESTRA		0,85 - 1,90m		1,90 - 2,50m			
	CANTIDAD (Kg. O Lts.)		NO		45Kg. M/M		45M/M			

OBSERVACIONES:

Horizonte 2: Se presenta compacto, constituido generalmente por arenas limosas, grano grueso a medio, con baja presencia de materiales gruesos.

Horizonte 3: Arenas gravosas, con bolones espaciados que presentan alteración, cementación fuerte, el nivel se presenta como conglomerado.

PROYECTO : 3853 | **CALICATA C-6** | **UBICACION: Canales E. Niblinto** | **PROFUNDIDAD TOTAL :2,05m**

PROF. NAPA DE AGUA: 1,85m | **FECHA: 22/06/2012** | **COORDENADAS APROX:** | **COTA TERRENO : 289**

ARCADIS GEOTECNICA

Norte: 5937888 GPS | **RECONOCIO: Luis Burgos L.**

Este: 246671

PROFUNDIDAD		DESDE (m.)	0,00	HOR. 1	0,60	HOR.2				
		HASTA (m.)	0,60	ESP. 0,60	2,05	ESP. 1,20				
GRANULOM. ESTIMADA	TOTAL	T.máx (PULG.)			8"					
		BOLONES (%>3")			3%					
	FRACCION	GRAVA (%)			35%					
	MENOR QUE	ARENA (%)			55%					
	TAMIZ 80 mm.	FINO (%)			10%					
COLOR EN ESTADO NATURAL/OLOR					NEGRO OSCURO					
GRADUACION/DILATANCIA					BIEN GRADUADAS					
PLASTICIDAD					BAJA					
FORMA DE PARTIC./RESISTENCIA SECA					ANGULAR - SUBRED.					
HUMEDAD					SATURADO					
CONSISTENCIA O COMPACIDAD					DENSA					
ESTRUCTURA/CEMENTACION					ESTRATIFICADA					
ORIGEN					POSIBLE FLUVIALES					
MATERIA ORGANICA O RAICES					ABUNDANTE					
SIMBOLO DEL GRUPO USCS					GM - SP					
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			CUBIERTA VEGETAL		Arenas gravosas con limos y abundante materia orgánica					
MUESTREO	Nº/PROFUNDIDAD		S/MUESTRA		0,60 - 2,05m					
	CANTIDAD (Kg. O Lts.)		NO		45Kg. M/M					

OBSERVACIONES:

Horizonte 2: arenas gravosas contaminadas con un lodo de color oscuro (limos con materia orgánica). Nivel muy saturado.

Nota. Entre 0,0 - 0,60m se presenta como Gualve muy blando.

PROYECTO : 3853 | **CALICATA C-7** | **UBICACION: Canales E. Niblinto** | **PROFUNDIDAD TOTAL :3,10m**

PROF. NAPA DE AGUA: 3,65m | **FECHA: 22/06/2012** | **COORDENADAS APROX:** | **COTA TERRENO : 270**

ARCADIS GEOTECNICA

Norte: 5939764 GPS | **RECONOCIO: Luis Burgos L.**

Este: 245829

PROFUNDIDAD		DESDE (m.)	0,00	HOR. 1	0,40	HOR. 2	2,00	HOR. 3	2,90	HOR.4
		HASTA (m.)	0,40	ESP. 0,40	2,00	ESP. 1,60	2,90	ESP. 0,90	3,10	ESP.
GRANULOM. ESTIMADA	TOTAL	T.máx (PULG.)			6"		4"		8"	
		BOLONES (%>3")			3%		0%		5%	
	FRACCION	GRAVA (%)			5%		0%		40%	
	MENOR QUE	ARENA (%)			35%		70%		50%	
	TAMIZ 80 mm.	FINO (%)			60%		30%		10%	
COLOR EN ESTADO NATURAL/OLOR					OCRE		PARDO A CAFÉ CLARO		GRISÁCEO	
GRADUACION/DILATANCIA					MAL GRADUADAS		MAL GRADUADAS		BIEN GRADUADA	
PLASTICIDAD					MEDIA		MEDIA		BAJA	
FORMA DE PARTIC./RESISTENCIA SECA					SUB. A REDONDEADAS		BAJA		REDONDEADOS A SUB.	
HUMEDAD					HÚMEDO		HÚMEDO - MOJADO		HÚMEDO - SATURADO	
CONSISTENCIA O COMPACIDAD					DENSA		BLANDA - MEDIA		DENSA	
ESTRUCTURA/CEMENTACION					ESTRATIFICADO		VESICULAR		ESTRATIFICADA	
ORIGEN										
MATERIA ORGANICA O RAICES					RAICES		RAICES		RAICES - RAICILLAS	
SIMBOLO DEL GRUPO USCS					SM - SC		SP - SM		GW - GP	
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			CUBIERTA VEGETAL		Limos arenosos compactos		MAICILLO		Arenas gravosas con limos y algunos bolones hasta 8"	
MUESTREO	Nº/PROFUNDIDAD		S/MUESTRA		0,40 - 1,00m		S/MUESTRA		2,90 - 3,10m	
	CANTIDAD (Kg. O Lts.)		NO		45Kg. M/M		NO		45Kg. M/M	

OBSERVACIONES:

Horizonte 3: materiales amaicillados, gravas y bolones con signos evidente de alteración.

Horizonte 4: gravas gruesas de cantos subredondeados a redondeados, arenas graníticas.

PROYECTO : 3853 | **CALICATA C-8** | **UBICACION: Canales E. Niblinto** | **PROFUNDIDAD TOTAL : 1,40m**

PROF. NAPA DE AGUA: 1,30m | **FECHA: 25/06/2012** | **COORDENADAS APROX:** | **COTA TERRENO : 262**

ARCADIS GEOTECNICA

Norte: 5941201 GPS | **RECONOCIO: Luis Burgos L.**

Este: 246112

PROFUNDIDAD		DESDE (m.)	0,00	HOR. 1	0,70	HOR. 2		HOR. 3		HOR.
		HASTA (m.)	0,70	ESP. 0,70	1,40	ESP. 0,70		ESP.		ESP.
GRANULOM. ESTIMADA	TOTAL	T.máx (PULG.)			0					
		BOLONES (%>3")			0%					
	FRACCION	GRAVA (%)			0%					
	MENOR QUE	ARENA (%)			75%					
	TAMIZ 80 mm.	FINO (%)			15%					
COLOR EN ESTADO NATURAL/OLOR					NEGRUZCO					
GRADUACION/DILATANCIA					LENTA					
PLASTICIDAD					ALTA					
FORMA DE PARTIC./RESISTENCIA SECA					MEDIA					
HUMEDAD					HÚMEDO - SATURADO					
CONSISTENCIA O COMPACIDAD					MEDIA					
ESTRUCTURA/CEMENTACION					MODERADA					
ORIGEN										
MATERIA ORGANICA O RAICES					SIN INDICIO					
SIMBOLO DEL GRUPO USCS					CL - CI					
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			CUBIERTA VEGETAL		Arenas limo-arcillosas					
MUESTREO	Nº/PROFUNDIDAD		S/MUESTRA		0,70 - 1,40m					
	CANTIDAD (Kg. O Lts.)		NO		45Kg. M/M					

OBSERVACIONES:

Horizonte 2: arenas graníticas contaminadas con limos de color oscuro (posible composición de materiales orgánicos, con alta presencia de arcillas color plomo.

PROYECTO : 3853 **CALICATA C-9** **UBICACION: Canales E. Niblinto** **PROFUNDIDAD TOTAL :3,40m**

PROF. NAPA DE AGUA: 3,35m **FECHA: 25/06/2012** **COORDENADAS APROX:** **COTA TERRENO : 233**

Norte: 5943723 GPS **RECONOCIO: Luis Burgos L.**

Este: 245210

ARCADIS GEOTECNICA

PROFUNDIDAD		DESDE (m.)	0,00	HOR. 1	0,70	HOR. 2	2,40	HOR. 3		HOR.
		HASTA (m.)	0,70	ESP. 0,70	2,40	ESP. 1,70	3,40	ESP. 1,00		ESP.
GRANULOM. ESTIMADA	TOTAL	T.máx (PULG.)			0		28"			
		BOLONES (%>3")			0%		5%			
	FRACCION	GRAVA (%)			0%		15%			
	MENOR QUE	ARENA (%)			40%		75%			
	TAMIZ 80 mm.	FINO (%)			60%		10%			
COLOR EN ESTADO NATURAL/OLOR					CAFÉ CLARO		GRISÁCEO - AMARILLENTO			
GRADUACION/DILATANCIA					LENTA		BIEN GRADUADA			
PLASTICIDAD					MEDIA		BAJA			
FORMA DE PARTIC./RESISTENCIA SECA					MEDIA - ALTA		REDONDEADOS			
HUMEDAD					HÚMEDO		HÚMEDO - SATURADO			
CONSISTENCIA O COMPACIDAD					MEDIA - FIRME		DENSA			
ESTRUCTURA/CEMENTACION					MODERADO		ESTRATIFICADO			
ORIGEN										
MATERIA ORGANICA O RAICES					ESCASA		SIN INDICIO			
SIMBOLO DEL GRUPO USCS					SM - MI		GP - SP			
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			CUBIERTA VEGETAL		Limos arenosos con posible presencia de arcillas		MAICILLO			
MUESTREO	Nº/PROFUNDIDAD		S/MUESTRA		0,70 - 2,40m		3,00 - 3,40m			
	CANTIDAD (Kg. O Lts.)		NO		45Kg. M/M		45Kg.M/M			

OBSERVACIONES:

Horizonte 2: materiales finos, limos arenosos con posible presencia de arcillas.

Horizonte 3: arenas gravosas, bolones y bloques espaciados con meteorización.

PROYECTO : 3853 | **CALICATA C-10** | **UBICACION: Canales E. Niblinto** | **PROFUNDIDAD TOTAL : 3,90m**

PROF. NAPA DE AGUA: N/Obs. | **FECHA: 22/06/2012** | **COORDENADAS APROX:** | **COTA TERRENO : 376**

Norte: 5936689 GPS | **RECONOCIO: Luis Burgos L.**

Este: 252754

ARCADIS GEOTECNICA

PROFUNDIDAD		DESDE (m.)	0,00	HOR. 1	0,65	HOR.2				
		HASTA (m.)	0,65	ESP. 0,65	3,90	ESP. 3,25				
GRANULOM. ESTIMADA	TOTAL	T.máx (PULG.)			0					
		BOLONES (%>3")			0%					
	FRACCION	GRAVA (%)			0%					
	MENOR QUE	ARENA (%)			30%					
	TAMIZ 80 mm.	FINO (%)			70%					
COLOR EN ESTADO NATURAL/OLOR					CAFÉ CLARO					
GRADUACION/DILATANCIA					LENTA					
PLASTICIDAD					MEDIA					
FORMA DE PARTIC./RESISTENCIA SECA					BAJA					
HUMEDAD					HÚMEDO					
CONSISTENCIA O COMPACIDAD					FIRME A MUY FIRME					
ESTRUCTURA/CEMENTACION					FUERTE					
ORIGEN										
MATERIA ORGANICA O RAICES					RAICES					
SIMBOLO DEL GRUPO USCS					ML - MI					
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			CUBIERTA VEGETAL		Limos arenosos					
MUESTREO	Nº/PROFUNDIDAD		S/MUESTRA		0,65- 3,90m					
	CANTIDAD (Kg. O Lts.)		NO		45Kg. M/M					

OBSERVACIONES:

Horizonte 2: Limos arenoso nivel color café claro; las arenas son de grano grueso a medio, graníticas.

Nota. 1,20m a 3,90m está más compacto pero no cambian los materiales, cementación fuerte.

PROYECTO : 3853 | **CALICATA C-11** | **UBICACION: Canales E. Niblinto** | **PROFUNDIDAD TOTAL :2,20m**

PROF. NAPA DE AGUA: 1,90m | **FECHA: 22/06/2012** | **COORDENADAS APROX:** | **COTA TERRENO : 335**

Norte: 5936762 GPS | **RECONOCIO: Luis Burgos L.**

Este: 251241

ARCADIS GEOTECNICA

PROFUNDIDAD		DESDE (m.)	0,00	HOR. 1	0,40	HOR.2				
		HASTA (m.)	0,40	ESP. 0,40	2,20	ESP. 1,80				
GRANULOM. ESTIMADA	TOTAL	T.máx (PULG.)			12"					
		BOLONES (%>3")			10%					
	FRACCION	GRAVA (%)			25%					
	MENOR QUE	ARENA (%)			50%					
	TAMIZ 80 mm.	FINO (%)			25%					
COLOR EN ESTADO NATURAL/OLOR					GRISÁCEO					
GRADUACION/DILATANCIA					BIEN GRADUA					
PLASTICIDAD					BAJA					
FORMA DE PARTIC./RESISTENCIA SECA					ANGULAR - SUB.					
HUMEDAD					HÚMEDO - SATUARADO					
CONSISTENCIA O COMPACIDAD										
ESTRUCTURA/CEMENTACION					ESTRITIFICADO					
ORIGEN										
MATERIA ORGANICA O RAICES					RAICES					
SIMBOLO DEL GRUPO USCS					ML - MI					
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			CUBIERTA VEGETAL		Arenas gravosas con limos y bolones hasta 12"					
MUESTREO	Nº/PROFUNDIDAD		S/MUESTRA		0,65- 3,90m					
	CANTIDAD (Kg. O Lts.)		NO		45Kg. M/M					

OBSERVACIONES:

Horizonte 2: gravas graníticas, gruesas, con bolones presentan meteorización en las superficie, con manchas negras y rojizas, presencia de óxido de fierro.

Nota. Fin de la excavación por afloramiento de agua.

PROYECTO : 3853 | **CALICATA C-12** | **UBICACION: Canales E. Niblinto** | **PROFUNDIDAD TOTAL :3,65m**

PROF. NAPA DE AGUA: 3,65m | **FECHA: 22/06/2012** | **COORDENADAS APROX:** | **COTA TERRENO : 326**

Norte: 5937055 GPS | **RECONOCIO: Luis Burgos L.**

Este: 249389

ARCADIS GEOTECNICA

PROFUNDIDAD		DESDE (m.)	0,00	HOR. 1	0,40	HOR. 2	1,60	HOR. 3		
		HASTA (m.)	0,40	ESP. 0,40	1,60	ESP. 1,20	3,65	ESP.		
GRANULOM. ESTIMADA	TOTAL	T.máx (PULG.)			7"		4"			
		BOLONES (%>3")			5%		0%			
	FRACCION	GRAVA (%)			0%		0%			
	MENOR QUE	ARENA (%)			40%		70%			
	TAMIZ 80 mm.	FINO (%)			60%		30%			
COLOR EN ESTADO NATURAL/OLOR					CAFÉ CLARO		PARDO A CAFÉ CLARO			
GRADUACION/DILATANCIA					NINGUNA		MAL GRADUADAS			
PLASTICIDAD					BAJA		MEDIANA			
FORMA DE PARTIC./RESISTENCIA SECA					MEDIA		BAJA			
HUMEDAD					HÚMEDO		HÚMEDO - MOJADO			
CONSISTENCIA O COMPACIDAD					MEDIA		BLANDA - MEDIA			
ESTRUCTURA/CEMENTACION					VESICULAR		VECICULAR			
ORIGEN										
MATERIA ORGANICA O RAICES					RAICES		RAICES			
SIMBOLO DEL GRUPO USCS					ML - MI		SP - SM			
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			CUBIERTA VEGETAL		Limos arenosos con algunos bolones dispersos		Arenas limosas			
MUESTREO	Nº/PROFUNDIDAD		S/MUESTRA		0,40 - 1,60m		S/MUESTRA			
	CANTIDAD (Kg. O Lts.)		NO		45Kg. M/M		NO			

OBSERVACIONES:

Horizonte 2: Alta presencia de materiales finos, limos arenosos <% gravas y bolones espaciados.

Horizonte 3: Arenas limosas color pardo, cementación moderada.

PROYECTO : 3853 | **CALICATA C-13** | **UBICACION: Canales E. Niblinto** | **PROFUNDIDAD TOTAL :3,85m**

PROF. NAPA DE AGUA: 3,65m | **FECHA: 23/06/2012** | **COORDENADAS APROX:** | **COTA TERRENO :320**

Norte: 5937326 GPS | **RECONOCIO: Luis Burgos L.**

Este: 251371

ARCADIS GEOTECNICA

PROFUNDIDAD		DESDE (m.)	0,00	HOR. 1	0,20	HOR. 2		HOR.		HOR.
		HASTA (m.)	0,20	ESP. 0,20	3,85	ESP. 3,65		ESP.		ESP.
GRANULOM. ESTIMADA	TOTAL	T.máx (PULG.)			0					
		BOLONES (%>3")			0%					
	FRACCION	GRAVA (%)			0%					
	MENOR QUE	ARENA (%)			40%					
	TAMIZ 80 mm.	FINO (%)			60%					
COLOR EN ESTADO NATURAL/OLOR					CAFÉ CLARO					
GRADUACION/DILATANCIA					NINGUNA					
PLASTICIDAD					MEDIA - BAJA					
FORMA DE PARTIC./RESISTENCIA SECA					MUY BAJA					
HUMEDAD					HÚMEDO					
CONSISTENCIA O COMPACIDAD					MEDIA - FIRME					
ESTRUCTURA/CEMENTACION					MODERADA					
ORIGEN					CONO DEYECCIÓN					
MATERIA ORGANICA O RAICES					RAICES GRUESAS					
SIMBOLO DEL GRUPO USCS					ML - MI					
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			CUBIERTA VEGETAL		PIE DE CERRO					
MUESTREO	Nº/PROFUNDIDAD		S/MUESTRA		0,20 - 3,85m					
	CANTIDAD (Kg. O Lts.)		NO		45Kg. M/M					

OBSERVACIONES:

Horizonte 2: Generalmente son limos color café claro con arenas medias a finas.

PROYECTO : 3853 | **CALICATA C-14** | **UBICACION: Canales E. Niblinto** | **PROFUNDIDAD TOTAL : 3,30m**

PROF. NAPA DE AGUA: 3,15m | **FECHA: 24/06/2012** | **COORDENADAS APROX:** | **COTA TERRENO : 321**

Norte: 5937658 GPS | **RECONOCIO: Luis Burgos L.**

Este: 249691

ARCADIS GEOTECNICA

PROFUNDIDAD		DESDE (m.)	0,00	HOR. 1	0,50	HOR. 2	2,60	HOR. 3		HOR.
		HASTA (m.)	0,50	ESP. 0,50	2,60	ESP. 2,10	3,30	ESP. 0,70		ESP.
GRANULOM. ESTIMADA	TOTAL	T.máx (PULG.)			0		4"			
		BOLONES (%>3")			0%		2%			
	FRACCION	GRAVA (%)			0%		5%			
	MENOR QUE	ARENA (%)			30%		55%			
	TAMIZ 80 mm.	FINO (%)			70%		40%			
COLOR EN ESTADO NATURAL/OLOR					CAFÉ CLARO		CAFÉ CLARO			
GRADUACION/DILATANCIA					NINGUNA		MAL GRADUADA			
PLASTICIDAD					BAJA		MEDIA			
FORMA DE PARTIC./RESISTENCIA SECA					MUY BAJA		REDONDEADOS			
HUMEDAD					HÚMEDO		HÚMEDO - SATURADO			
CONSISTENCIA O COMPACIDAD					MEDIA		DENSA			
ESTRUCTURA/CEMENTACION					MODERADA		ESTRATIFICADA			
ORIGEN										
MATERIA ORGANICA O RAICES					RAICILLAS GRUESAS		SIN INDICIO			
SIMBOLO DEL GRUPO USCS					ML - MI		SM - SC			
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			CUBIERTA VEGETAL		Limos arenosos		Arenas limosas con algunnas gravas			
MUESTREO	Nº/PROFUNDIDAD		S/MUESTRA		SIN / MUESTRA		2,60 - 3,30m			
	CANTIDAD (Kg. O Lts.)		NO		NO		45Kg. M/M			

OBSERVACIONES:

Horizonte 2: mezcla de limos arenosos color café oscuro, con cementación débil a moderada.

Horizonte 3: 2,40m contacto con un material gravoso contaminado con limos color café claro, con posible presencia de arcillas.

Nota. Descripción del nivel 3 como materiales gruesos. Nivel 2, como materiales finos.

PROYECTO : 3853 | **CALICATA C-15** | **UBICACION: Canales E. Niblinto** | **PROFUNDIDAD TOTAL : 1,70m**

PROF. NAPA DE AGUA: N/Obs. | **FECHA: 24/06/2012** | **COORDENADAS APROX:** | **COTA TERRENO : 299**

Norte: 5938441 GPS | **RECONOCIO: Luis Burgos L.**

Este: 248135

ARCADIS GEOTECNICA

PROFUNDIDAD		DESDE (m.)	0,00	HOR. 1	0,40	HOR. 2	1,20	HOR. 3		HOR.
		HASTA (m.)	0,40	ESP. 0,40	1,20	ESP. 0,80	1,70	ESP. 0,50		ESP.
GRANULOM. ESTIMADA	TOTAL	T.máx (PULG.)			0		0			
		BOLONES (%>3")			0%		0%			
	FRACCION	GRAVA (%)			0%		0%			
	MENOR QUE	ARENA (%)			70%		60%			
	TAMIZ 80 mm.	FINO (%)			30%		40%			
COLOR EN ESTADO NATURAL/OLOR					AMARILLENTO - GRISÁCEO		GRANÍTICO			
GRADUACION/DILATANCIA					LENTA		LENTA O RAPIDA			
PLASTICIDAD					BAJA - MEDIA		ALTA			
FORMA DE PARTIC./RESISTENCIA SECA					ALTA		MUY ALTA			
HUMEDAD					HÚMEDO		HÚMEDO			
CONSISTENCIA O COMPACIDAD					FIRME		MUY FIRME			
ESTRUCTURA/CEMENTACION					MODERADO		FUERTE			
ORIGEN										
MATERIA ORGANICA O RAICES					RAICILLAS FINAS		SIN INDICIO			
SIMBOLO DEL GRUPO USCS					SI - SM		SM - SC			
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			CUBIERTA VEGETAL		MAICILLO		MAICILLO			
MUESTREO	Nº/PROFUNDIDAD		S/MUESTRA		SIN / MUESTRA		1,20 - 1,70m			
	CANTIDAD (Kg. O Lts.)		NO		NO		45Kg. M/M			

OBSERVACIONES:

Horizonte 3: muestra tomada del fondo del canal.

PROYECTO : 3853 | **CALICATA C-16** | **UBICACION: Canales E. Niblinto** | **PROFUNDIDAD TOTAL : 1,70m**

PROF. NAPA DE AGUA: 3,15m | **FECHA: 24/06/2012** | **COORDENADAS APROX:** | **COTA TERRENO : 264**

Norte: 5940679 GPS | **RECONOCIO: Luis Burgos L.**

Este: 247245

ARCADIS GEOTECNICA

PROFUNDIDAD		DESDE (m.)	0,00	HOR. 1	0,60	HOR. 2		HOR. 3		HOR.
		HASTA (m.)	0,60	ESP. 0,60	1,70	ESP. 1,10		ESP.		ESP.
GRANULOM. ESTIMADA	TOTAL	T.máx (PULG.)			10"					
		BOLONES (%>3")			3%					
	FRACCION	GRAVA (%)			5%					
	MENOR QUE	ARENA (%)			55%					
	TAMIZ 80 mm.	FINO (%)			40%					
COLOR EN ESTADO NATURAL/OLOR					CAFÉ CLARO					
GRADUACION/DILATANCIA					MAL GRADUADA					
PLASTICIDAD					MEDIA					
FORMA DE PARTIC./RESISTENCIA SECA					REDONDEADOS					
HUMEDAD					HÚMEDO A SATURADO					
CONSISTENCIA O COMPACIDAD					MEDIA					
ESTRUCTURA/CEMENTACION					ESTRATIFICADAS					
ORIGEN										
MATERIA ORGANICA O RAICES					RAICILLAS					
SIMBOLO DEL GRUPO USCS					SP - SM					
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			CUBIERTA VEGETAL		MAICILLO					
MUESTREO	Nº/PROFUNDIDAD		S/MUESTRA		0,60 - 1,70m					
	CANTIDAD (Kg. O Lts.)		NO		45Kg. M/M					

OBSERVACIONES:

Nota. Descripción el nivel 2 como materiales gruesos.

PROYECTO : 3853 | **CALICATA C-17** | **UBICACION: Canales E. Niblinto** | **PROFUNDIDAD TOTAL :3,30m**

PROF. NAPA DE AGUA: 1,80m | **FECHA: 24/06/2012** | **COORDENADAS APROX:** | **COTA TERRENO : 251**

ARCADIS GEOTECNICA

Norte: 5941725 GPS | **RECONOCIO: Luis Burgos L.**

Este: 247123

PROFUNDIDAD		DESDE (m.)	0,00	HOR. 1	0,40	HOR. 2		HOR. 3		HOR.
		HASTA (m.)	0,40	ESP. 0,40	3,30	ESP. 2,90		ESP.		ESP.
GRANULOM. ESTIMADA	TOTAL	T.máx (PULG.)			4"					
		BOLONES (%>3")			2%					
	FRACCION	GRAVA (%)			5%					
	MENOR QUE	ARENA (%)			45%					
	TAMIZ 80 mm.	FINO (%)			50%					
COLOR EN ESTADO NATURAL/OLOR					CAFÉ CLARO					
GRADUACION/DILATANCIA					MAL GRADUADA					
PLASTICIDAD					MEDIA - ALTA					
FORMA DE PARTIC./RESISTENCIA SECA					REDONDEADOS					
HUMEDAD					HÚMEDO A SATURADOS					
CONSISTENCIA O COMPACIDAD					DENSA					
ESTRUCTURA/CEMENTACION					ESTRATIFICADAS					
ORIGEN					CONO DEYECCION					
MATERIA ORGANICA O RAICES					ESCASA					
SIMBOLO DEL GRUPO USCS					GM - SM					
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			CUBIERTA VEGETAL		Arenas limosas con algunas gravas					
MUESTREO	Nº/PROFUNDIDAD		S/MUESTRA		1,00 - 1,80m					
	CANTIDAD (Kg. O Lts.)		NO		45Kg. M/M					

OBSERVACIONES:

Nota. Generalmente nivel constituido por limos arenosos <% de gravas tamaño medio, de cantos redondeados, con presencia de arcillas de plasticidad media.

PROYECTO : 3853 | **CALICATA C-18** | **UBICACION: Canales E. Niblinto** | **PROFUNDIDAD TOTAL :3,10m**

PROF. NAPA DE AGUA: 2,80m | **FECHA: 25/06/2012** | **COORDENADAS APROX:** | **COTA TERRENO : 242**

Norte: 5943695 GPS | **RECONOCIO: Luis Burgos L.**

Este: 246470

ARCADIS GEOTECNICA

PROFUNDIDAD		DESDE (m.)	0,00	HOR. 1	0,50	HOR. 2	1,50	HOR. 3		HOR.
		HASTA (m.)	0,50	ESP. 0,50	1,50	ESP. 1,00	3,10	ESP. 1,60		ESP.
GRANULOM. ESTIMADA	TOTAL	T.máx (PULG.)			12"		15"			
		BOLONES (%>3")			15%		10%			
	FRACCION	GRAVA (%)			30%		20%			
	MENOR QUE	ARENA (%)			60%		70%			
	TAMIZ 80 mm.	FINO (%)			10%		10%			
COLOR EN ESTADO NATURAL/OLOR					OCRE - CAFÉ CLARO		GRISÁCEO			
GRADUACION/DILATANCIA					BIEN GRADUADAS		BIEN GRADUADA			
PLASTICIDAD					BAJA		MEDIA			
FORMA DE PARTIC./RESISTENCIA SECA					REDONDEADOS - SUB.		REDONDEADOS			
HUMEDAD					HÚMEDO		HÚMEDO - SATURADO			
CONSISTENCIA O COMPACIDAD					DENSA		DENSA			
ESTRUCTURA/CEMENTACION					HOMOGENEA		HETEOROGENEA			
ORIGEN					FLUVIAL					
MATERIA ORGANICA O RAICES					RAICES		SIN INDICIO			
SIMBOLO DEL GRUPO USCS					GW - GP		GP - SP			
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			CUBIERTA VEGETAL		T. FLUVIALES ANTIGUOS		MAICILLO			
MUESTREO	Nº/PROFUNDIDAD		S/MUESTRA		0,40 - 1,50m		S/MUESTRA			
	CANTIDAD (Kg. O Lts.)		NO		45Kg. M/M		NO			

OBSERVACIONES:

Horizonte 2: Mezcla de gravas gruesas, arenas de grano grueso contaminadas con limos, posible presencia de óxido de fierro.

Horizonte 3: Muy compacto, las gravas y bolones, de variada litología, presentan signos de alteración.

PROYECTO : 3853 | **CALICATA C-19** | **UBICACION: Canales E. Niblinto** | **PROFUNDIDAD TOTAL : 2,20m**

PROF. NAPA DE AGUA: 2,00m | **FECHA: 23/06/2012** | **COORDENADAS APROX:** | **COTA TERRENO :302**

Norte: 5941188 GPS | **RECONOCIO: Luis Burgos L.**

Este: 252263

ARCADIS GEOTECNICA

PROFUNDIDAD		DESDE (m.)	0,00	HOR. 1	0,70	HOR. 2	1,70	HOR. 3		HOR.
		HASTA (m.)	0,70	ESP. 0,70	1,70	ESP. 1,00	2,20	ESP. 0,50		ESP.
GRANULOM. ESTIMADA	TOTAL	T.máx (PULG.)			11"		15"			
		BOLONES (%>3")			5%		15%			
	FRACCION	GRAVA (%)			10%		35%			
	MENOR QUE	ARENA (%)			30%		45%			
	TAMIZ 80 mm.	FINO (%)			60%		10%			
COLOR EN ESTADO NATURAL/OLOR					PARDO		GRISÁCEO			
GRADUACION/DILATANCIA					MAL GRADUADA		BIEN GRADUADAS			
PLASTICIDAD					MEDIA		BAJA			
FORMA DE PARTIC./RESISTENCIA SECA					SUBREDONDEADOS - RED.		REDONDEADOS A SUBRED.			
HUMEDAD					HÚMEDO		HÚMEDO A SATURADO			
CONSISTENCIA O COMPACIDAD					FIRME		DENSA			
ESTRUCTURA/CEMENTACION					HETEOROGENEA		HOMOGENEA			
ORIGEN							FLUVIAL			
MATERIA ORGANICA O RAICES					RAICES GRUESAS		SIN INDICIO			
SIMBOLO DEL GRUPO USCS					ML - MI		GM - SC			
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			CUBIERTA VEGETAL		Limos arenosos con gravas gruesas y bolones		TERRAZA FLUVIAL			
MUESTREO	Nº/PROFUNDIDAD		S/MUESTRA		S/MUESTRA		1,70 - 2,20m			
	CANTIDAD (Kg. O Lts.)		NO		NO		45Kg. M/M			

OBSERVACIONES:

Horizonte 2: limo arenoso en relieve irregular, gravas gruesas y bolones espaciados, algunos tienen arcilla adherida en las superficies, abundante materia orgánica.

Horizonte 3: posibles fluviales bastante limpios, arenas gruesas a medias graníticas, gravas y bolones de variada litología.

PROYECTO : 3853 | **CALICATA C-20** | **UBICACION: Canales E. Niblinto** | **PROFUNDIDAD TOTAL :3,00m**

PROF. NAPA DE AGUA: 2,90m | **FECHA: 23/06/2012** | **COORDENADAS APROX:** | **COTA TERRENO : 283**

ARCADIS GEOTECNICA

Norte: 5943012 GPS | **RECONOCIO: Luis Burgos L.**

Este: 251172

PROFUNDIDAD		DESDE (m.)	0,00	HOR. 1	0,15	HOR. 2		HOR.		HOR.
		HASTA (m.)	0,15	ESP. 0,15	3,00	ESP. 2,85		ESP.		ESP.
GRANULOM. ESTIMADA	TOTAL	T.máx (PULG.)			0					
		BOLONES (%>3")			0%					
	FRACCION	GRAVA (%)			0%					
	MENOR QUE	ARENA (%)			30%					
	TAMIZ 80 mm.	FINO (%)			70%					
COLOR EN ESTADO NATURAL/OLOR					CAFÉ CLARO					
GRADUACION/DILATANCIA					MAL GRADUADA					
PLASTICIDAD					MEDIA - ALTA					
FORMA DE PARTIC./RESISTENCIA SECA					MUY BAJA					
HUMEDAD					HÚMEDO					
CONSISTENCIA O COMPACIDAD					FIRME					
ESTRUCTURA/CEMENTACION										
ORIGEN					CONO DE DEYECCIÓN					
MATERIA ORGANICA O RAICES					RAICES					
SIMBOLO DEL GRUPO USCS					CL - CI					
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			CUBIERTA VEGETAL		TRUMAO					
MUESTREO	Nº/PROFUNDIDAD		S/MUESTRA		0,15 - 3,00m					
	CANTIDAD (Kg. O Lts.)		NO		45Kg.M/M					

OBSERVACIONES:

Horizonte 2: limos arenosos, con presencia de arcillas de plasticidad media, las arenas son de grano grueso a medio, graníticas, con alteración.

PROYECTO : 3853 | **CALICATA C-21** | **UBICACION: Canales E. Niblinto** | **PROFUNDIDAD TOTAL : 1,85m**

PROF. NAPA DE AGUA: 1,60m | **FECHA: 23/06/2012** | **COORDENADAS APROX:** | **COTA TERRENO : 252**

ARCADIS GEOTECNICA

Norte: 5944313 GPS | **RECONOCIO: Luis Burgos L.**

Este: 249438

PROFUNDIDAD		DESDE (m.)	0,00	HOR. 1	0,15	HOR. 2	0,50	HOR. 3		HOR.
		HASTA (m.)	0,15	ESP. 0,15	0,50	ESP. 0,35	1,85	ESP. 1,35		ESP.
GRANULOM. ESTIMADA	TOTAL	T.máx (PULG.)			0		6"			
		BOLONES (%>3")			0%		3%			
	FRACCION	GRAVA (%)			0%		20%			
	MENOR QUE	ARENA (%)			40%		70%			
	TAMIZ 80 mm.	FINO (%)			60%		10%			
COLOR EN ESTADO NATURAL/OLOR					PARDO		AMARILLENTO - GRIS			
GRADUACION/DILATANCIA					MAL GRADUADA		BIEN GRADUADA			
PLASTICIDAD					BAJA		MEDIA - ALTA			
FORMA DE PARTIC./RESISTENCIA SECA					NINGUNA		SUBRED - ANGULAR			
HUMEDAD					HÚMEDO		HÚMEDO - SATURADO			
CONSISTENCIA O COMPACIDAD					BLANDA - MEDIA		DENSA			
ESTRUCTURA/CEMENTACION					DÉBIL		ESTRATIFICADA			
ORIGEN										
MATERIA ORGANICA O RAICES					RAICILLAS		SIN INDICIO			
SIMBOLO DEL GRUPO USCS					SM - SC		ML - MI			
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			CUBIERTA VEGETAL		Limos arenosos		MAICILLO/TOSCA			
MUESTREO	Nº/PROFUNDIDAD		S/MUESTRA		0,15 - 3,00m		0,50 - 1,85m			
	CANTIDAD (Kg. O Lts.)		NO		45Kg.M/M		45Kg.M/M			

OBSERVACIONES:

Horizonte 2: limos arenosos color pardo, presencia de gravilla color gris, alterada.

Horizonte 3: mezcla de gravas, arenas de grano grueso y bolones espaciados altamente meteorizados.

Nota: Fin de la excavación por presencia de agua.

PROYECTO : 3853 | **CALICATA C-22** | **UBICACION: Canales E. Niblinto** | **PROFUNDIDAD TOTAL : 1,50m**

PROF. NAPA DE AGUA: 1,60m | **FECHA: 23/06/2012** | **COORDENADAS APROX:** | **COTA TERRENO : 234**

Norte: 5945739 GPS | **RECONOCIO: Luis Burgos L.**

Este: 248416

ARCADIS GEOTECNICA

PROFUNDIDAD		DESDE (m.)	0,00	HOR. 1	0,15	HOR. 2		HOR. 3		HOR.
		HASTA (m.)	0,15	ESP. 0,15	1,60	ESP. 1,35		ESP.		ESP.
GRANULOM. ESTIMADA	TOTAL	T.máx (PULG.)			5"					
		BOLONES (%>3")			2%					
	FRACCION	GRAVA (%)			10%					
	MENOR QUE	ARENA (%)			60%					
	TAMIZ 80 mm.	FINO (%)			35%					
COLOR EN ESTADO NATURAL/OLOR					PARDO					
GRADUACION/DILATANCIA					MAL GRADUADA					
PLASTICIDAD					MEDIA					
FORMA DE PARTIC./RESISTENCIA SECA					REDONDEADOS					
HUMEDAD					HÚMEDO - SATURADO					
CONSISTENCIA O COMPACIDAD					DENSA					
ESTRUCTURA/CEMENTACION					ESTRATIFICADO					
ORIGEN										
MATERIA ORGANICA O RAICES					SIN INDICIO					
SIMBOLO DEL GRUPO USCS					SP - SM					
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			CUBIERTA VEGETAL		Arenas limosas con algunas gravas					
MUESTREO	Nº/PROFUNDIDAD		S/MUESTRA		0,15 - 1,50m					
	CANTIDAD (Kg. O Lts.)		NO		45Kg.M/M					

OBSERVACIONES:

Horizonte 2: Se presenta con una cementación fuerte.

PROYECTO : 3853 | **CALICATA C-23** | **UBICACION: Canales E. Niblinto** | **PROFUNDIDAD TOTAL : 2,50m**

PROF. NAPA DE AGUA: 1,95m | **FECHA: 24/06/2012** | **COORDENADAS APROX:** | **COTA TERRENO : 227**

Norte: 5947302 GPS | **RECONOCIO: Luis Burgos L.**

Este: 248175

ARCADIS GEOTECNICA

PROFUNDIDAD		DESDE (m.)	0,00	HOR. 1	0,50	HOR. 2	1,25	HOR. 3		HOR.
		HASTA (m.)	0,50	ESP. 0,50	1,25	ESP. 0,75	2,50	ESP. 1,25		ESP.
GRANULOM. ESTIMADA	TOTAL	T.máx (PULG.)			0		0			
		BOLONES (%>3")			0%		0%			
	FRACCION	GRAVA (%)			0%		0%			
	MENOR QUE	ARENA (%)			35%		25%			
	TAMIZ 80 mm.	FINO (%)			65%		75%			
COLOR EN ESTADO NATURAL/OLOR					CAFÉ CLARO - PARDO		CAFÉ CLARO			
GRADUACION/DILATANCIA					NINGUNA		LENTA O RAPIDA			
PLASTICIDAD					BAJA		MEDIA			
FORMA DE PARTIC./RESISTENCIA SECA					MUY BAJA		BAJA			
HUMEDAD					HÚMEDO		HÚMEDO A SATURADO			
CONSISTENCIA O COMPACIDAD					MUY BLANDA		MUY BLANDA			
ESTRUCTURA/CEMENTACION					DÉBIL		DÉBIL			
ORIGEN										
MATERIA ORGANICA O RAICES					RAICILLAS FINAS		SIN INDICIO			
SIMBOLO DEL GRUPO USCS					GM - SM		SM - SC			
NOMBRE LOCAL DEL SUELO			CUBIERTA VEGETAL		Limos arenosos		Limos arenosos			
MUESTREO	Nº/PROFUNDIDAD		S/MUESTRA		SIN / MUESTRA		1,25 - 2,50m			
	CANTIDAD (Kg. O Lts.)		NO		NO		45Kg. M/M			

OBSERVACIONES:

Horizonte 2: limos arenosos color pardo, cementación débil sin presencia de materiales gruesos.

Horizonte 3: limos arenosos color café claro a amarillento, posible presencia de arcillas, cementación débil, saturado.

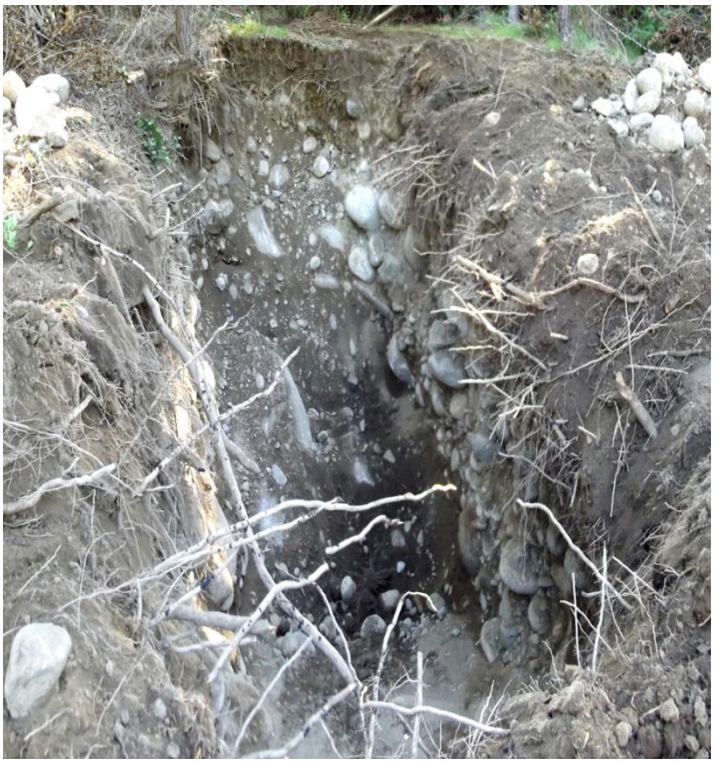
ANEXO F
FOTOS CALICATAS

Calicatas Alternativas de Embalse
Calicata CCT-01





Calicata CCT-02





Calicata CCT-03





Calicata CCT-04



Calicata CCT-05



Calicata CCT-06



Calicata CCT-07





Calicata CCT-08





Calicata CCT-09





Calicata CCT-10





Calicata CCT-11





Calicata CCT-12





Calicata CCT-13





Calicata CCT-14





Calicata CCT-15





Calicata CCT-16





Calicata CCT-17





Calicata CCT-18





Calicata CCT-19





Calicata CCT-20





Calicata CCT-21





Calicata CCT-22





Calicata CCT-23





Calicata CCT-24





Calicata CCT-25





Calicata CCT-26





Calicata CCT-27





Calicata CCT-28





Calicata CCT-29





Calicata CCT-30





Calicata CCT-31





Calicata CCT-32





Calicata CCT-33





Calicata CCT-34



Calicata CCT-35





Calicata CCT-36





Calicata CCT-37





Calicata CCT-38





Calicata CCT-39





Calicata CCT-40





Calicata CCT-41





Calicata CCT-42





Calicata CCT-43





Calicata CCT-44





Calicata CCT-45





Calicata CCT-46





Calicata CCT-47





Calicata CCT-48





Calicata CCT-49





Calicata CCT-50





Calicata CCT-51





Calicata CCT-52





Calicata CCT-53





Calicata CCT-54





Calicata CCT-55



Calicata CCT-56





Calicata CCT-57





Calicata CCT-58





Calicata CCT-59





Calicata CCT-60



Calicata CCT-61





Calicata CCT-62





Calicata CCT-63





Calicata CCT-64





Calicata CCT-65





Calicata CCT-66





Calicata CCT-67





Calicatas Canales Matrices

Calicata C-1







Calicata C-2





Calicata C-3







Calicata C-4







Calicata C-5







Calicata C-6







Calicata C-7





Calicata C-8







Calicata C-9







Calicata C-10







Calicata C-11







Calicata C-12





Calicata C-13





Calicata C-14







Calicata C-15







Calicata C-16







Calicata C-17







Calicata C-18







Calicata C-19







Calicata C-20







Calicata C-21





Calicata C-22





Calicata C-23







ANEXO G
ENSAYOS DE LABORATORIO (Digital)

ANEXO H
ESTUDIO DE REFRACCIÓN SÍSMICA (Digital)

ANEXO I
PLANILLAS (Digital)

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO (CNR)

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD "MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO, PROVINCÍA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO."

N° 3853-0000-IH-INF-001_2

INFORME HIDROLOGÍA, HIDROGEOLOGÍA, DERECHOS DE AGUA Y SEDIMENTOS

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
A	Nombre Firma	L. Barra	P. Zuñiga	D. Gonzalez	Coordinación Interna
	Fecha	08.10.12	08.10.12	08.10.12	
B	Nombre Firma	L. Barra	P. Zuñiga	D. Gonzalez	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	02.08.12	02.08.12	06.08.12	
0	Nombre Firma	L. Barra	P. Zuñiga	D. Gonzalez	Aprobado Cliente
	Fecha	09.10.12	09.10.12	09.10.12	
1	Nombre Firma	L. Barra	P. Zuñiga	D. Gonzalez	Aprobado Cliente
	Fecha	07.12.12	10.12.12	10.12.12	
2	Nombre Firma	L. Barra	P. Zuñiga	D. Gonzalez	Aprobado Cliente
	Fecha	12.12.12	12.12.12	31.01.13	

ARCADIS Chile
Antonio Varas 621, Providencia. Santiago
Teléfono: +56 02 381 6000
Fax: +56 02 381 6001
CP: 750 0966
www.arcadis.cl

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD "MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO, PROVINCÍA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO."

INFORME HIDROLOGÍA, HIDROGEOLOGÍA, DERECHOS DE AGUA Y SEDIMENTOS

ÍNDICE

1 REVISIÓN DE ANTECEDENTES 6

2 HIDROLOGÍA DE RECURSOS DE AGUAS 10
2.1 ESTADÍSTICA 10
2.1.1 Estaciones Fluviométricas 10
2.1.2 Corrección, Extensión y Homogenización de Estadística 12
2.1.2.1 Corrección de estadística 12
2.1.2.2 Extensión de estadística 13
2.2 RÉGIMEN DE ESCURRIMIENTO 15
2.2.1 Río Cato en Puente Cato 15
2.2.2 Río Niblinto antes Embalse Coihueco 16
2.3 CARACTERIZACIÓN DE CUENCAS NO CONTROLADAS 17
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA 20
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA 20
2.4 DISPONIBILIDAD DE RECURSOS SUPERFICIALES 20
2.4.1 Ajuste de Distribuciones 22
2.4.2 Aplicación a Proyecto Niblinto 25

3 ESTUDIO DE CRECIDAS 27
3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE PROYECTO 27
3.2 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE PROYECTO 28
3.2.1 Relaciones Empíricas 28
3.2.2 Estimación de las Precipitaciones Máximas en 24 horas 30
3.2.3 Parámetros Geomorfológicos 32
3.2.4 Estimación de Caudales de Crecidas 35
3.2.5 Estimación de Caudales de Crecidas 36
3.3 HIDROGRAMAS DE CRECIDAS 37

4 EVALUACIÓN DE CRECIDAS EN CANALES 40

5 HIDROGEOLOGÍA 42
5.1 CARTAS GEOLÓGICA E HIDROGEOLÓGICA 42
5.2 PIEZOMETRÍA 43
5.3 HIDROGEOQUÍMICA 44
5.4 DISCUSIÓN 47

6 DERECHOS DE AGUAS 49
6.1 SECTORIZACIÓN 49
6.2 DERECHOS DE AGUAS SUPERFICIALES CONSTITUIDOS 50
6.3 DEMANDAS EN TÉRMINOS DE DERECHOS DE AGUAS 52

6.4 BALANCE OFERTA DEMANDA 55

7 ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO 57
7.1 CARACTERIZACIÓN FLUVIOMÉTRICA 57
7.2 GASTO SÓLIDO EN SUSPENSIÓN 58
7.2.1 Serie de Gasto Solido en Suspensión 58
7.2.1.1 Determinación del Volumen de Sedimento Retenido en Cada Embalse 58
7.2.2 Gasto Sólido de Fondo 58
7.2.2.1 Ejes Hidráulicos 59
7.3 DESARROLLO 59
7.3.1 Curvas de Duración Caudales Medios Diarios 59
7.3.1.1 Información Disponible 59
7.3.2 Relación Caudal – Gasto Sólido en Suspensión 62
7.3.2.1 Información Disponible 62
7.3.3 Curvas de Duración del Gasto Sólido en Suspensión 65
7.3.3.1 Aporte de los Caudales Medios Diarios 65
7.3.4 Eficiencia de Atrape (ER) 65
7.3.5 Compactación de los Sólidos 66
7.3.6 Volumen Total de Finos 68
7.3.7 Depositación de Finos dentro del Embalse 68
7.3.8 Relación Caudal – Gasto Sólido de Fondo 68
7.3.8.1 Información Granulométrica Disponible 68
7.3.8.2 Ejes Hidráulicos 70
7.3.8.3 Resultados de los Métodos Considerados 70
7.3.9 Curvas de Duración del Gasto Sólido de Fondo 73
7.3.9.1 Aporte de los Caudales Medios Diarios 73
7.3.10 Volumen Total de Sedimento Aportado como Arrastre de Fondo 73
7.4 CONCLUSIONES 75

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2.1.1–1: Estaciones Fluviometricas 10
Tabla 2.1.1–2: Disponibilidad de información Estaciones Fluviométricas 11
Tabla 2.2.1–1: Caudales en Río Cato en Puente Cato (m3/s) 15
Tabla 2.2.2–1: Caudales en Río Niblinto antes Emb. Coihueco (m^3/s) 17
Tabla 2.2.2–1: Estaciones Fluviométricas Región 19
Tabla 2.2.2–2: Cuencas Muro 20
Tabla 2.2.2–3: Caudales Promedios Mensuales (m3/s) 20
Tabla 2.4–1: Factores de frecuencia v/s Tr 21
Tabla 2.4.2–1: Disponibilidad de Recursos Sitio 1 (m3/s) 25
Tabla 2.4.2–2: Disponibilidad de Recursos Sitio 2 (m^3/s) 26
Tabla 2.4.2–3: Disponibilidad de Recursos Sitio 3 (m^3/s) 26
Tabla 2.4.2–4: Relación entre caudal 85% y caudal medio 26

Tabla 3.1–1: Estaciones Pluviométricas Representativas del Proyecto 27
Tabla 3.2.2–1: Precipitaciones máximas en 24 horas (mm) 30
Tabla 3.2.3–1: Parámetros geomorfológicos de las cuencas en estudio 32
Tabla 3.2.3–2: Tiempos de concentración 33
Tabla 3.2.3–3: Coeficientes empíricos 34
Tabla 3.2.4–1: Caudales máximos método DGA-AC 35
Tabla 3.2.4–2: Caudales máximos Fórmula Racional 35
Tabla 3.2.4–3: Caudales máximos método V & K 35
Tabla 3.2.5–1: Caudales Máximos Análisis de Frecuencia Río Cato en Puente Cato 36
Tabla 3.2.5–2: Caudales máximos métodos empíricos Río Cato en Puente Cato 36
Tabla 4.1–1: Caudales máximos (Verni & King) cruce Canal Matriz 3 40
Tabla 4.1–2: Caudales máximos (Verni & King) cruce Canal Matriz 4 41
Tabla 5.3–1: Composición de las aguas en Río Cato en Puente Cato 45
Tabla 5.3–2: Composición de las aguas en Pozo DB30 (Huape) 46
Tabla 6.1–1: Áreas de Riego obtenidas de evaluación agronómica (2012) 49
Tabla 6.2–1: Derechos de aguas asociados a sectores de riego 51
Tabla 6.3–1: Demandas de riego Sector 1 (l/s) 53
Tabla 6.3–2: Demandas de riego Sector 2 (l/s) 53
Tabla 6.3–3: Demandas de riego Sector 3 (l/s) 53
Tabla 6.3–4: Demandas de riego Sector 4 (l/s) 53
Tabla 6.4–1: Disponibilidad en zona de proyecto (m^3/s) 55
Tabla 6.4–2: Demandas de agua permanentes (m^3/s) 55
Tabla 6.4–3: Demanda Caudal Ecológico (m^3/s) 55
Tabla 7-1: Estación Fluviométrica 60
Tabla 7-2: Sedimento en Suspensión Esperado Aportado por los Caudales Medios Diarios 65
Tabla 7-3: Parámetro para el método empírico de G.M. Brune 65
Tabla 7-4: Porcentaje de Material Fino Acumulado 67
Tabla 7-5: Peso Específico Esperado 67
Tabla 7-6: Volúmenes de Sólido en Suspensión por Embalse en 50 años 68
Tabla 7-7: Volumen Ocupado por el Material Fino por Embalse 68
Tabla 7-8: Parámetros para la Estimación del n de Manning 70
Tabla 7-9: Arrastre de Fondo Aportado por los Caudales Medios Diarios 73
Tabla 7-10: Volúmenes de Sólidos Gruesos por Embalse 74

Tabla 7-11: Resumen de Volumen Retenido 75

LISTADO DE FIGURAS

Figura 2.1.1–1: Ubicación Estaciones Fluviométricas 11
Figura 2.2.2–1: Subcuencas Muros 18
Figura 3.2.3–1: Ubicación de las cuencas y muros estudiados 32
Figura 4.1–1: Identificación de atraviesos 40
Figura 5.1–1: Sección del Mapa Geológico de Chile. SERNAGEOMIN. 2003 43
Figura 5.3–1: Diagramas Hidroquímicos 47
Figura 6.1–1: Zonas agronómicas de demandas 50
Figura 6.3–1: Zonas agronómicas de demandas 52
Figura 6.3–2: Derechos No Consuntivos en cuenca Niblinto 54
Figura 7-1: Curva de Duración Sitio 1 61
Figura 7-2: Curva de Duración Sitio 2 61
Figura 7-3: Curva de Duración Sitio 3 62
Figura 7-4: Estaciones Sedimentológicas en cuencas vecinas al Río Niblinto 63
Figura 7-5: Relación entre QMD y GSS. 64
Figura 7-6: Curva de retención de G. M. Brune 66
Figura 7-7: Curvas granulométricas - Integral y Corazas estimadas para los embalse de los 3 sectores 69
Figura 7-8: Relación entre GSF y Q para el afluente al embalse Sitio 1 72
Figura 7-9: Relación entre GSF y Q para el afluente al embalse Sitio 2 72
Figura 7-10: Relación entre GSF y Q para el afluente al embalse Sitio 3 73

LISTADO DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1.2–1: Ajuste de serie de caudales medios mensuales Río Niblinto antes de Canal Alimentador 14
Gráfico 2.2.1–1: Caudales en Río Cato en Puente Cato 16
Gráfico 2.2.2–1: Caudales en Río Niblinto antes Emb. Coihueco 17
Gráfico 3.3–1: Hidrogramas de crecidas para alternativa de Sitio 3 38

1 REVISIÓN DE ANTECEDENTES

Para cumplir con los propósitos de este trabajo, se revisaron los documentos propuestos por la Comisión Nacional de Riego y facilitados por Arcadis, además de otras referencias de interés:

- Estudio de Suelos Proyecto ITATA, Consorcio Agrolog Chile LTDA. – R&Q Ingeniería LTDA. Comisión Nacional de Riego, Secretaria Ejecutiva. Octubre 1987. 4 Libros.
- Estudio Hidrológico y situación Actual Agropecuaria del Proyecto Itata, elaborado por Proitata - Asociación de Profesionales para la comisión Nacional de Riego. 1992. 3 Libros.
- Estudio Integral de Riego Proyecto Itata, elaborado para la Comisión Nacional de Riego, por el Consorcio de Ingeniería INGENDESA – EDIC Ltda. 1994. 9 Libros.
- Mejoramiento del Riego en el Valle del Río Cato. Embalse Niblinto. Perfil de Proyecto. Dirección de Obras Hidráulicas; MOP; mayo 2000. 1 Libro.
- Estudio de Perfil Construcción y mejoramiento del Riego en el Valle del río Cato. Embalse Niblinto, VIII Región, comunas de Coihueco, Chillán y Pinto. Dirección de Obras Hidráulicas, MOP; Junio 2000. 1 Libro.
- Diagnóstico actual del riego y drenaje en Chile y su proyección. VIII Región. CNR- Ayala, Cabrera y asociados LTDA. AC Ingenieros Consultores LTADA. Febrero 2003.
- Catastro General de usuarios de aguas de la subcuenca del Río Nuble y sus afluentes. VIII Región. DGA, MOP. 1987. 33 Tomos.
- Estudio de síntesis de catastros de usuarios de agua e infraestructuras de aprovechamiento. DGA, Departamento de Estudios – Ricardo Edwards G. Ingenieros LTDA. Octubre 1991. 1 Libro.
- Levantamiento y Catastro de Bocatomas en Cauces Naturales, II Etapa. DGA, Departamento de Estudios y Planificación - CONIC-BF Ingenieros Civiles Consultores. Noviembre 2000. 32 Tomos.
- Balance Hidrológico Nacional: Cuenca del Río Itata. DGA - Ricardo Edwards G. Ingenieros LTDA. Octubre 1985.
- Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según objetivos de Calidad. Cuenca del Río Itata, Dirección General de Aguas. CADE IDEPE (2004).
- Estudio Hidrológico e Hidrogeológico de Cuencas Andinas. ESSBIO, VIII Región. INGEOREC (2009). Superintendencia de Servicios Sanitarios.
- Aplicación Planes de Desarrollo Comunal Región del Bío-Bío. Fondo de Desarrollo Regional. Área Programa 3, Coihueco – Pinto. Nova Prisma Consultores (2007).

En la Referencia (1), la firma Consultora Consorcio Agrolog Chile LTDA. – R&Q Ingeniería LTDA fue seleccionada para la ejecución del estudio de suelos de la parte septentrional de la cuenca del Río Itata, específicamente de la cuenca del Río Ñuble y de sus afluentes. El control técnico del trabajo fue ejecutado por la CNR asesorado por DIPROREN- SAG y los análisis químicos, físicos e hidrológicos se hicieron en la Facultad de Ciencias Vegetales de La Universidad Católica de Chile, el trabajo cubre una superficie de 199.695,2 há. Incluye el estudio agrologico y mapas interpretativos de Capacidad de Uso. Categorías, categorías de Riego, Clases de Drenaje, aptitud Frutal de los suelos, situación actual de erosión y unidades de manejo.

El objetivo de la Referencia (2), fue llevar a cabo todos los estudios básicos que permitan conocer y evaluar los recursos, clima, suelo y agua, y determinar con ello la situación en que se encontraba la zona desde el punto de vista agropecuario en la forma de un diagnóstico. Para estos efectos se planteó el desarrollo de un modelo de balance hidrológico del área con el cual se facilitó tal diagnóstico.

Con lo expuesto precedentemente puede apreciarse que la situación de riego en el área de estudio es precaria, aun cuando se trata de una zona con abundancia de recursos de agua en términos promedios, pero con cambios estacionales bruscos. Según ello, queda clara la importancia que puede revestir el proyecto Itata para la zona.

El resultado del modelo y la comparación entre las demandas y los déficits correspondientes permitieron visualizar la situación de regadío, la cual reflejó una clarísima necesidad de recursos adicionales, ya sea mediante regulación o aportes provenientes de otras cuencas
Se indica, que dentro de la cuenca del río Cato, existen 17.615 há potenciales de riego.

La Referencia (3) El objetivo del estudio se refiere a formular un programa de desarrollo integral de los recursos naturales disponibles en el área del río Itata. Se inició con un análisis crítico de los antecedentes del informe CNR-ProItata (1992), posteriormente un análisis crítico y actualización de los recursos de clima, suelo e hídricos, caracterización productiva y económica de la situación agropecuaria y se formuló el desarrollo del riego correspondiente, definiéndose la adecuación predial necesaria, las áreas de nuevo riego y las necesidades hídricas de la situación del proyecto.

Se realizó una amplia y detallada investigación sobre las posibilidades y alternativas de obras necesarias para cubrir situaciones deficitarias del regadío y se refirió a las obras de regulación, aprovechamiento de acuíferos y análisis de posibilidades de trasvases de recursos.

La Referencia (4), tomó como base el informe de la CNR de la referencia (3), resume los resultados de un estudio preliminar que se orientó a definir un pre-antreproyecto para mejorar la distribución, temporal, espacial, de los recursos de agua de los principales tres corrientes superficiales de la cuenca del valle de Cato, ríos Cato, Niblinto y Coihueco. El estudio concluye con proponer un embalse para 160 Hm^3 en el Río Niblinto, que se formaría con una presa de tierra de 130.50 m de altura, capaz de regular con un 85% de seguridad un caudal de 18.5 m^3/s, que serviría al riego de 15.417 ha nuevas equivalentes. De las 4 obras de embalses analizadas, Niblinto resulta la más interesante porque se ubica más al sur que las otras propuestas, esto facilita la conectividad hidráulica con el río Coihueco, donde se hacen notar con más fuerza los problemas de riego para este valle.

La Referencia (5), tuvo por objetivo proponer una solución al problema de déficit hídrico del valle del río Cato y poder ampliar la frontera agrícola dentro de la cuenca. Este proyecto abarcaría las comunas de Chillán, Coihueco y Pinto, en la provincia de Ñuble, VIII Región del Bío Bío.

El estudio consiste en estudiar la factibilidad técnica y económica de regular los recursos hídricos del río Niblinto a través de la construcción de un embalse para el riego de hasta 14.788,6 ha en el valle del río Cato. Sin considerar las hectáreas regadas por el embalse Coihueco, se estima que en la actualidad la superficie con riego seguro en el valle del río Cato es de 3.540 ha de un total de 5.857,6 ha bajo riego. Es decir, existen 2.317,5 ha con déficit hídrico.

Este informe contiene información de la oferta y demanda hídrica, balance hídrico y descripción del proyecto propuesto. Estimación de costos de las obras civiles, operación y mantenimiento de las obras, costos de producción, ingresos y utilidades, entre otras cosas.

Se considera posible que el embalse Niblinto abastezca la superficie que actualmente tiene déficit hídrico y se amplíe la superficie con riego seguro en 11.248,6 ha hasta alcanzar beneficiar las 14.788,6 ha disponibles en el valle.

En la Referencia (6) los principales objetivos de este estudio fueron contribuir al mejoramiento del riego y drenaje en Chile, y por su intermedio, al impacto que éstos tienen sobre el desarrollo agrícola, económico y social del país. Esto a través de la generación de una plataforma de información sobre los recursos relacionados con el riego, a partir del cual se elaboró un diagnóstico actualizado del área regada y regable en el país y de los recursos humanos, económicos, legales, tecnológicos e institucionales necesarios para un adecuado desarrollo del riego y solución a los problemas de drenaje en el país. También analizó los problemas y causas que afectan u obstaculizan el desarrollo del riego y la solución al mal drenaje, debidamente cuantificados y localizado.

El estudio de la Referencia (7), se sitúa en la Hoya del Itata, efectúa un catastro de usuarios para así enrolar efectivamente las propiedades, además de la infraestructura de canales en orden geográfico y pragmático.

El estudio de la Referencia (8), tuvo por objetivo condensar los antecedentes más relevantes de los estudios de catastros realizados por la DGA., a través de su Departamento de Estudios. La síntesis, se elaboró sobre la base del análisis de cada uno de los estudios de catastros confeccionados hasta el año 2000.

La Referencia (9) El objetivo principal del estudio fue un exhaustivo levantamiento de las obras de bocatoma ubicadas en algunos cauces naturales superficiales de las regiones VII y VIII. El cual presenta una descripción general del área del estudio; en ella se describe la localización geográfica de las cuencas, la organización político-administrativa y los usos que reciben las aguas superficiales.

La Referencia (10) la DGA fijo como meta dentro del área de estudios hidrológicos, establecer balances hídricos generales a nivel de cuencas, para lo cual fijo una metodología general basada en la “guía Metodológica para la Elaboración del Balance Hídrico de América del Sur” publicada por UNESCO-Postlac en el año 82 que fue elaborado por el auspicio de UNESCO, por un grupo de hidrólogos de América del Sur.

El objetivo general de este estudio fue el establecimiento de un balance hidrológico a nivel de cuenca y a través de él, obtener una evaluación de los principales parámetros hidrometeorológicos que intervienen en un balance.

La Referencia (11), proyecto desarrollado por la Dirección General de Aguas, denominado “Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según objetivos de Calidad. Cuenca del Río Itata”, durante el año 2004, efectúa una descripción más amplia que la requerida para los fines de este proyecto, toda vez que considera la cuenca del Río Itata, de la cual es tributario el Río Cato, pero permite acotar al sistema de interés las descripciones de clima, hidrogeología, geomorfología, suelos y asentamientos humanos.

La Referencia (12), comprende una evaluación hidrológica e hidrogeológica, que si bien fue desarrollada a nivel regional, caracteriza completamente la zona del presente proyecto, lo que permitirá acotar de muy buena forma su hidrogeología.

La Referencia (13), se refiere al Plan de Desarrollo Comunal de Coihueco, donde en el apartado sobre Recursos Físicos, Medioambiente e Infraestructura, se hace una descripción de la geomorfología y geología de la zona de estudio.

Las bases cartográficas empleadas, respecto a las cuales se ubicaron geográficamente los elementos y componentes de estudio (cuencas, cauces, estaciones hidrométricas…) corresponde a la mapoteca DGA (2010).

2 HIDROLOGÍA DE RECURSOS DE AGUAS

Esta evaluación hidrológica verifica y analiza exhaustivamente la situación de los recursos hídricos del Río Cato y sus Afluentes principales, cuales son: Ríos Coihueco y Niblinto,

Para la generación de caudales en las subcuencas no controladas, se descarta la evaluación mediante métodos indirectos de precipitación-escorrentía, ya que éstos se han desarrollado bajo el concepto de no disponer de información fluviométrica. En la zona de proyecto, se dispone de sendas estaciones de registros de caudales; en efecto, prácticamente en la sección inicial del sistema, inmediatamente aguas abajo de la zona de emplazamiento de embalses, se encuentra la estación fluviométrica Río Niblinto antes de BT Canal Alimentador Embalse Coihueco, y en la sección de salida del sistema, se dispone de la estación fluviométrica Río Cato en Puente Cato. La caracterización de las subcuencas, se efectuó entonces, mediante transposición de caudales, utilizando como series de caudales base, la ya mencionada estación en Niblinto: Para las cuencas asociadas a esteros y quebradas, cada factor de transposición (relación de áreas) asociado, fue ajustado, junto a los parámetros de infiltración de los cauces, haciendo uso de serie de control (nodo de calibración), la estación terminal, Río Cato en Puente Cato.

2.1 ESTADÍSTICA

Se identificaron las estaciones DGA de medición de caudales dentro de la zona de estudio, para caracterizar el comportamiento hidrológico de los cauces y contar con información con la cual generar los caudales (vía transposición de ellos) en las cuencas que conforman el sistema Cato, y que son de interés del proyecto.

2.1.1 Estaciones Fluviométricas

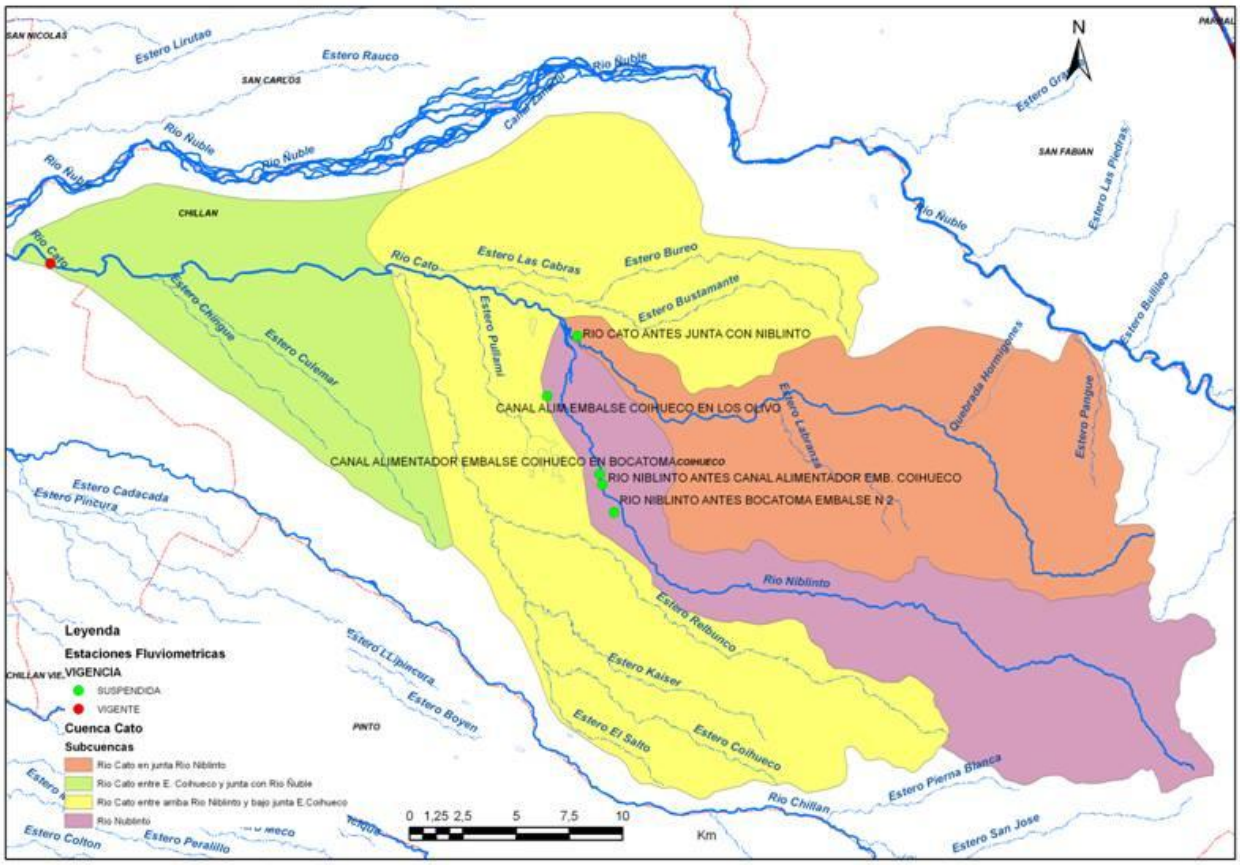
Las estaciones Fluviométricas consideradas, fueron las que se muestran en la **Figura 2.1.1-1** y **Tabla 2.1.1-1**:

Tabla 2.1.1–1: Estaciones Fluviometricas

Nombre	Código BNA	UTM E [m]	UTM N [m]	Cota [msnm]	Periodo de Registro	Q anual [m^3/s]
Río Cato en Puente Cato	08114001-4	264070	5950930	123	1956-2011	39.57
Río Niblinto antes Canal alimentados Emb. Coihueco	08112001-3	253658	5939825	290	1971-2011	12,49
Canal Alim. Emb. Coihueco en los Olivos	08112003-K	251072	5943976	430	1971-1982	0.96
Canal Alim. Emb. Coihueco en bocatoma	08112002-1	252670	5940321	433	1971-1982	1.41
Río Cato antes Junta con Niblinto	08111001-8	252285	5946486	Sin información		
Río Niblinto antes bocatoma embalse nº 2	08112004-8	254015	5938206	Sin información		

Fuente: Elaboración propia

Figura 2.1.1–1: Ubicación Estaciones Fluviométricas



En la carpeta *Anexo 6*, se encuentran las planillas de fluviometría proporcionadas por la Dirección General de Aguas.

Tabla 2.1.1–2: Disponibilidad de información Estaciones Fluviométricas

Nombre	Registros Disponibles	Registros Faltantes	% Disponible	% Faltante
Río Niblinto antes Canal alimentados Emb. Coihueco	323	49	87%	13%
Canal Alim. Emb. Coihueco en los Olivos	125	19	87%	13%
Río Cato en Puente Cato	610	62	91%	9%
Canal Alim. Emb. Coihueco en bocatoma	119	25	83%	17%

2.1.2 Corrección, Extensión y Homogenización de Estadística

Se incluye el análisis de la estadística, identificando la existencia de posibles valores anómalos (outliers), además del relleno y extensión de los registros. La homogenización, queda manifiesta en la metodología de relleno de estadística, pero se explicitará de mejor forma en el informe.

2.1.2.1 Corrección de estadística

Existen diversos criterios para detectar a los valores outliers en un conjunto determinado de datos. Uno de los métodos más utilizados es el que utiliza el concepto de cuartil de un conjunto de datos.

Si tenemos un conjunto de datos y lo ordenaremos de menor a mayor, el Cuartil 1, llamémosle Q_1, es el valor tal que desde ese valor hacia su izquierda se encuentran la primera cuarta parte de los valores de este conjunto de datos.

El Cuartil 2, llamémosle Q_2, es el valor tal que desde ese valor hacia su izquierda se encuentran la primera mitad de los valores de este conjunto de datos. Y así sucesivamente.

Para detectar valores outliers extremos, tendríamos:

$$Lím_{Inf} = Q_1 - 3\,(Q_3 - Q_1)$$
$$Lím_{Sup} = Q_3 + 3\,(Q_3 - Q_1)$$

Los valores que sean menores que $Lím_{Inf}$ o mayores que $Lím_{Sup}$ se consideran valores outliers.

Aplicando la metodología a las estaciones fluviométricas, en la estación Cato en Puente Cato, la estadística sólo muestra un outlier, y es produce en el mes de enero de 1967, dato que no es utilizado es los desarrollos siguientes.

Para el caso de la estación Niblinto antes de Canal Alimentador Embalse Coihueco, en cinco meses se sobrepasa el límite superior de control de outlier, pero como se trata de registros relativamente cercanos, años 1979 y 1980, se considera que son valores extraordinarios, no así anómalos desde el punto de vista estadístico.

En la carpeta *Anexo 6*, se encuentra la planilla acerca de este proceso, denominada Caudales*CuencaCatoCorreccion.XLS*.

2.1.2.2 Extensión de estadística

Las estaciones de larga extensión de registros (Río Niblinto antes Canal alimentador Emb. Coihueco y Río Cato en Puente Cato), disponen de cerca del 90% de registros. Esto hace totalmente factible el proceso de relleno de información.

Como por su ubicación en la zona del proyecto, y por su extensión, la estación Río Niblinto antes Canal alimentados Emb. Coihueco, es la más relevante, se procedió a rellenarla en función de los registros de la estación Cato en Puente Cato.

Una interpolación directa de registros se descarta de plano, toda vez que el dato faltante no tiene por qué ser un valor acotado (intermedio) por registros vecinos.

Las regresiones lineales también se descartaron, ya que los coeficientes de correlación resultaron ser muy bajos.

Se recurrió entonces a las denominadas regresiones dinámicas, las que permiten correlacionar series que son dependientes en el tiempo, así fue posible correlacionar las series mensuales de cada estación, ya que se encontraron varios períodos coincidentes de larga extensión para su aplicación.

En el análisis de series de tiempo hidrológicas, que en el contexto de la especialidad, se denomina hidrología estocástica, se desarrollan una serie de modelos, bajo la visión crítica del cumplimiento de hipótesis, que en la hidrología clásica se dan por cumplidas. La principal de ellas, es la verificación de la condición de estacionariedad, es decir, que las series de tiempo sean independientes e idénticamente distribuidas, sinónimo de serie estacionaria.

Estas herramientas estocásticas, permiten trabajar con series que sean dependientes en el tiempo, previo filtro para eliminar distorsiones que hagan variar las propiedades estadísticas en el tiempo.

Existen modelos univariados (una variable), como los modelos Autorregresivos (AR), Promedios Móviles (MA), modelos ARMA, ARIMA, etc.

También existen los modelos multivariados (relaciones entre variables), como las denominadas regresiones dinámicas o funciones de transferencia, donde una variable de entrada o excitación, influye en otra denominada de respuesta, por ejemplo, las precipitaciones (variable excitación), influyen sobre los caudales a la salida de una cuenca (variable respuesta). Otro ejemplo, es la relación entre series de caudales en un mismo sistema, la serie de caudales aguas arriba (variable excitación), explica los caudales de la serie aguas abajo (variable respuesta) y viceversa. Este último caso es el utilizado en este proyecto.

Un indicador muy importante entre dos series, es el denominado *explicación*, que muestra en qué medida las variaciones en una de las series, explica las variaciones de la segunda serie. Este indicador podría considerarse un equivalente con la correlación de series lineales.

Sean las series X_t e Y_t, con distribuciones normales:

$X_t \sim N(0, \sigma_X^2)$
$Y_t \sim N(0, \sigma_Y^2)$

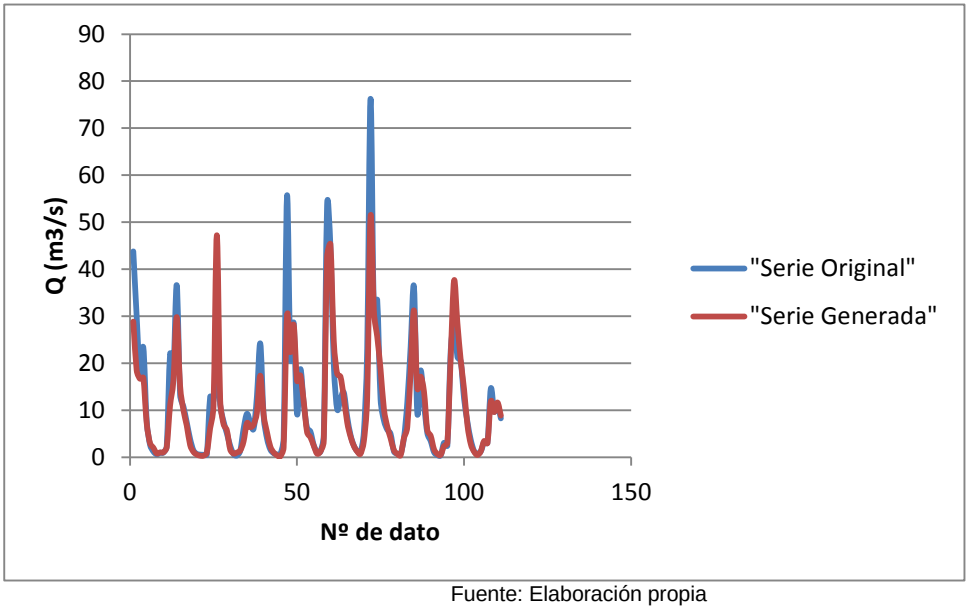
La función de transferencia entre $Q1_t$ y $Q2_t$ se expresa como:

$$Q2_t = \delta_1 Q2_{t-1} + \delta_2 Q2_{t-2} + \ldots \delta_r Q2_{t-r} + \omega_0 Q1_{t-b} - \omega_1 Q1_{t-b-1} \quad \ldots - \omega_s Q1_{t-b-s} + \eta_t \qquad (2.1)$$

Los modelos de Funciones de Transferencia poseen un desfase b entre la excitación y el inicio de la respuesta, r términos autorregresivos de la variable respuesta y s + 1 términos de excitación, de manera que en general se expresan como un modelo FT(r,s,b).

El ajuste de parámetros se hace minimizando la incertidumbre del modelo, esto es, minimizando la varianza del error.

Gráfico 2.1.2–1: Ajuste de serie de caudales medios mensuales Río Niblinto antes de Canal Alimentador



Fuente: Elaboración propia

En la carpeta *Anexo 6*, se encuentra la planilla acerca de este proceso, denominada *CaudalesCuencaCatoRellenadas.XLS*.

En la caso de la función de transferencia entre los caudales medios mensuales de estación Río Niblinto antes de BT Canal Coihueco y Río Cato en Puente Cato, la explicación resultó ser de un 99%. Esto es indicativo que se trata de registros estadísticos homogéneos.

2.2 RÉGIMEN DE ESCURRIMIENTO

Para caracterizar el tipo de régimen hidrológico, se construyeron las curvas de variación estacional de las estaciones fluviométricas emplazadas en la zona del proyecto.

2.2.1 Río Cato en Puente Cato

Se ubica en el río Cato, poco antes de su junta con el río Ñuble, a 123 m s.n.m.

En la **Tabla 2.2.1 -1** y **Grafico 2.2.1. -1** se puede observar que esta estación muestra un régimen pluvial, con sus mayores caudales en meses de invierno, producto de las lluvias. En años húmedos los mayores caudales se presentan entre junio y agosto, producto de lluvias invernales, mientras que los menores ocurren entre enero y marzo, período en que se observan severos estiajes.

En años secos los mayores caudales ocurren entre junio y septiembre, mientras que los menores se extienden entre diciembre y mayo.

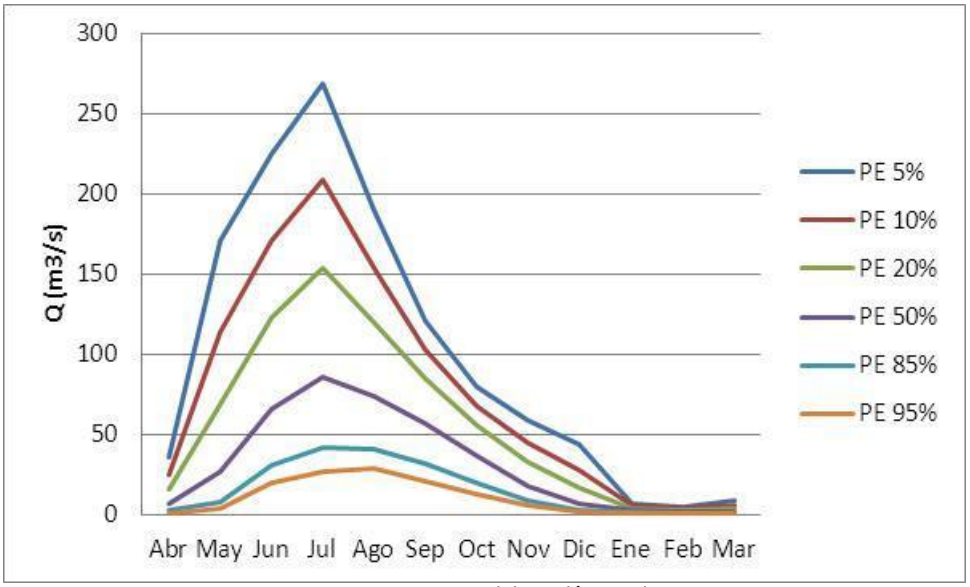
Para la elaboración de las curvas de variación estacional, se aplicaron tres modelos probabilísticos, y se selección el de mejor ajuste, mediante un test de bondad del mismo.

Tabla 2.2.1–1: Caudales en Río Cato en Puente Cato (m3/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	35,7	170,7	224,6	269,3	189,5	120,8	79,9	58,3	44,0	6,9	5,1	8,3
10	24,5	113,6	171,2	209,0	153,9	103,0	68,3	44,8	28,1	5,5	4,1	6,1
20	15,6	69,3	123,3	153,8	119,7	84,5	56,0	32,6	16,5	4,2	3,1	4,2
50	6,6	26,7	65,8	85,5	73,9	56,5	37,0	17,7	6,3	2,5	1,8	2,1
85	2,3	7,9	30,3	41,5	40,9	31,7	20,1	8,4	2,4	1,3	1,0	0,9
95	1,2	3,6	19,3	27,1	28,9	20,4	12,6	5,4	1,6	0,9	0,7	0,5

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2.2.1–1: Caudales en Río Cato en Puente Cato



Fuente: Elaboración propia

2.2.2 Río Niblinto antes Embalse Coihueco

Se ubica en el río Niblinto, antes de la bocatoma del canal alimentador del embalse Coihueco, a 290 m s.n.m.

En la **Tabla 2.2.2 -1** y **Gráfico 2.2.2 -1**, se puede observar que esta estación muestra un marcado régimen pluvial, con sus mayores caudales en los meses de invierno producto de lluvias.

En años húmedos los mayores caudales se presentan entre mayo y julio, producto de importantes lluvias invernales, mientras que los menores caudales ocurren entre enero y marzo.

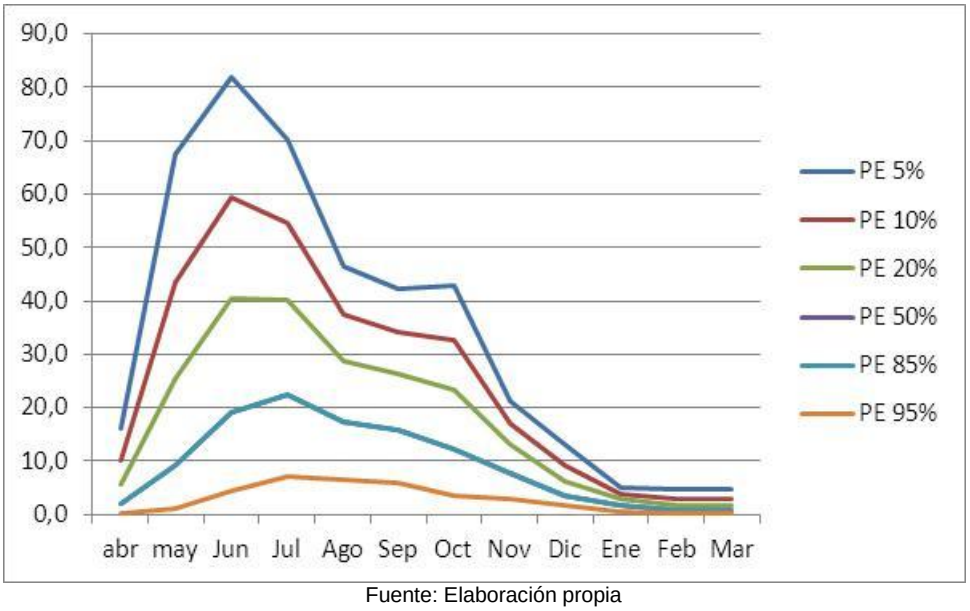
En años secos los mayores caudales ocurren entre junio y septiembre, producto de aportes pluviales, mientras que los menores caudales ocurren entre diciembre y mayo.

Tabla 2.2.2–1: Caudales en Río Niblinto antes Emb. Coihueco (m^3/s)

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	16,0	67,5	82,0	70,3	46,4	42,2	42,9	21,2	13,2	5,0	4,6	4,8
10	10,0	43,5	59,5	54,6	37,4	34,1	32,5	17,0	9,2	3,9	3,0	2,9
20	5,7	25,5	40,3	40,1	28,8	26,3	23,3	13,0	6,4	2,9	1,9	1,7
50	1,9	9,2	19,2	22,3	17,5	16,0	12,3	7,8	3,6	1,7	0,9	0,8
85	0,6	2,6	7,7	10,8	9,4	8,7	5,6	4,2	2,2	0,8	0,5	0,4
95	0,2	1,3	4,5	7,1	6,6	6,1	3,5	2,9	1,8	0,6	0,4	0,3

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2.2.2–1: Caudales en Río Niblinto antes Emb. Coihueco



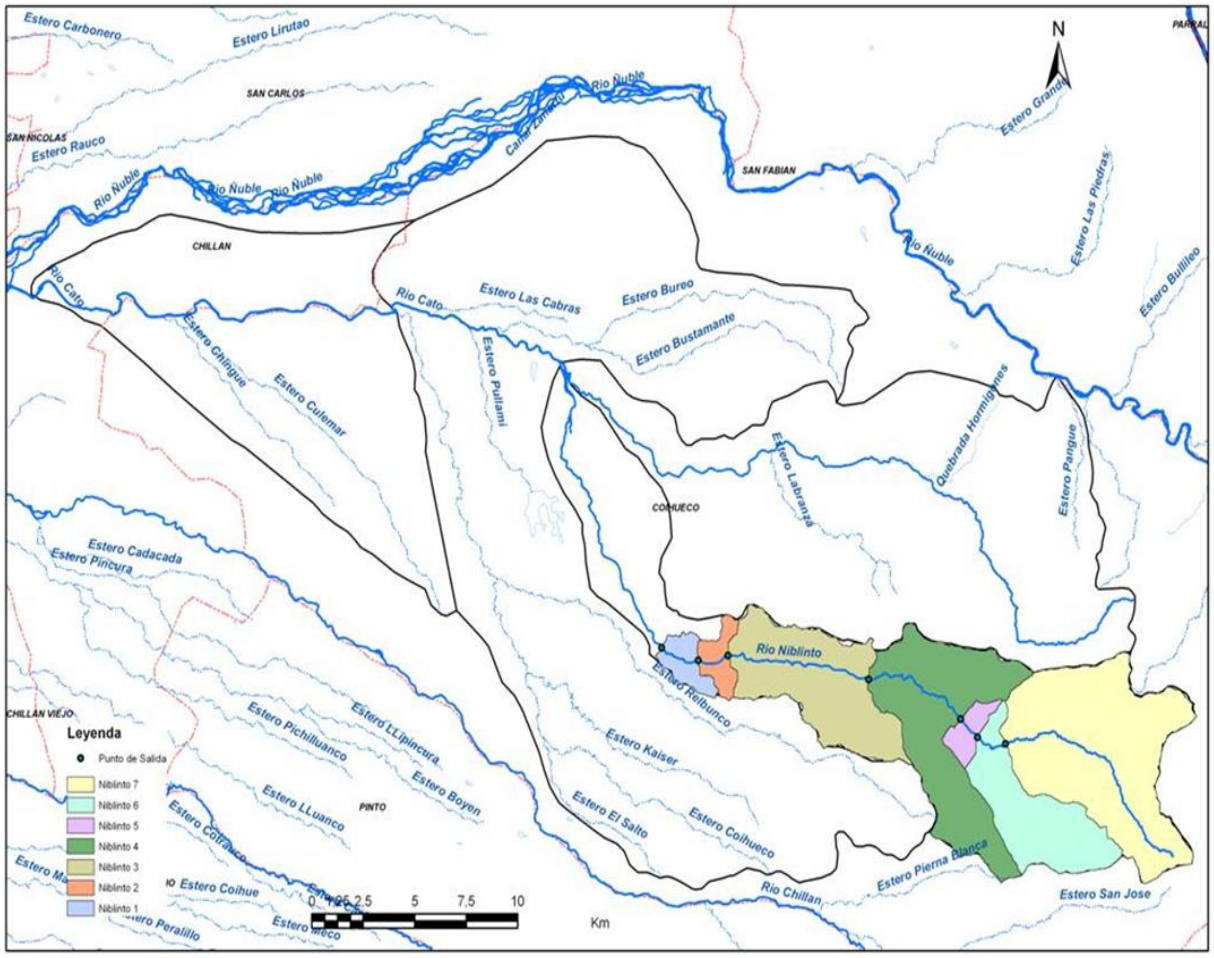
Fuente: Elaboración propia

2.3 CARACTERIZACIÓN DE CUENCAS NO CONTROLADAS

La producción media de las cuencas sin control fluviométrico, donde por cierto se encuentran los emplazamientos propuestos para embalses, se realizó por medio de una trasposición de caudales.

Con estas estimaciones, se determina la producción media de una cuenca en particular, y para distribuirla en el tiempo, se utiliza como base la estadística de la estación Niblinto antes de Canal Alimentador, donde cada celda de registro, se pondera por la razón de caudales medios de largo plazo (transposición de caudales).

Figura 2.2.2–1: Subcuencas Muros



Fuente: Elaboración propia

En primer lugar se calculó un caudal efectivo (Qef) asociado a cada estación fluviométrica DGA, de la forma:

$$Qef = \frac{Qa}{A}\left[m^3/s/km^2\right] \quad (2.3\text{-}1)$$

Donde:

Qa: Caudal promedio anual [m^3/s]
A: Superficie de la cuenca [km^2]

A continuación se calculó el promedio de los caudales efectivos ($\overline{Qef}$), tal que

$$\overline{Qef} = \frac{\sum Qef_i}{n} \quad (2.3\text{-}2)$$

Donde n es el número de estaciones DGA consideradas.

Se calculó un caudal efectivo (Qef) asociado a cada estación pluviométrica DGA, de la forma:

Tabla 2.2.2–1: Estaciones Fluviométricas Región

Nombre	Código	Área [Km^2]	Qa [m^3/s]	Qef [$m^3/s/Km^2$]
Río Renegado en Invernada	08130001-1	111	4,1	0,037
Río Diguillin en San Lorenzo	08130002-k	162	17,9	0,110
Río Chillan en Esperanza	08117004-5	224	15,9	0,071
Río Niblinto antes Canal Alimentador Emb. Coihueco	08112001-3	290	12,38	0,043
Río Chillan en Longitudinal	08117001-0	446	30,0	0,067
Río Changaral Camino a Portezuelo	08118001-6	497	18,0	0,036
Río Sauces Antes Junta con Ñuble	08104001-k	595	39,0	0,066
Río Chillan en Camino Esperanza	08117005-3	674	20,9	0,031
Río Itata en Cholguan	08123001-3	852	46,5	0,055
Cato en Puente Cato	08114001-4	895	39,8	0,044
Río Diguillin en Longitudinal	08132001-2	1232	58,7	0,048
Río Ñuble en la Punilla	08105001-5	1280	79,6	0,062
Río Itata en Trilaleo	08124002-7	1440	39,7	0,028
Río Ñuble en San Fabián	08106001-0	1709	111,0	0,065
Río Itata en General Cruz	08125001-4	1763	60,6	0,034
Río Ñuble en Longitudinal	08115001-k	2979	132,0	0,044
Río Itata en Cerro Negro	08133001-8	3329	118,0	0,035
				0,052

Fuente: Elaboración propia

Si bien el valor de $\overline{Qef}$ puede ser considerado representativo de la región, se adoptó el rendimiento de la cuenca controlada en la estación Río Niblinto antes del Canal Alimentador del Embalse Coihueco, por varias razones: estación más cercana a la zona de emplazamientos de embalses; su larga extensión de registro y posibilidad de relleno; y Qef inferior al promedio regional, y con ello trabajar bajo condiciones de seguridad.

Es decir, el caudal específico asumido es $QefNibl. = 0{,}043\left[m^3/s/km^2\right]$.

Así, aplicando esta estimación a los puntos de muros (áreas de cuencas aportantes conocidas), se calculó el caudal promedio anual pasante por el punto de salida de cada cuenca definida por el emplazamiento propuesto de los muros de embalse, de la forma $Qa = QefNibli \cdot A\left[m^3/s\right]$. Estos valores se recogen en la **Tabla 2.2.2-2**

Tabla 2.2.2–2: Cuencas Muro

Muros	Área [km^2]	Qa [m^3/s]
Sitio 1	113,7	4,85
Sitio 2	143,7	6,13
Sitio 3	147,7	6,30

Fuente: Elaboración propia

Disponiendo entonces de los módulos en los sitios de emplazamiento de embalses, las distribuciones mensuales de aquellos, se obtienen en función de las proporciones mensuales respecto al módulo de la estación de referencia (Río Niblinto antes de BT Canal Alimentador Embalse Coihueco).

Tabla 2.2.2–3: Caudales Promedios Mensuales (m3/s)

Muros	Área	Qma [m3/s]	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Sitio 1	113,7	4,85	0,84	0,61	0,55	1,82	7,07	10,37	10,92	7,82	6,94	5,73	3,63	1,93
Sitio 2	143,7	6,13	1,06	0,77	0,69	2,30	8,94	13,10	13,80	9,88	8,77	7,24	4,59	2,44
Sitio 3	147,7	6,30	1,09	0,79	0,71	2,36	9,18	13,47	14,19	10,16	9,01	7,44	4,72	2,51

Fuente: Elaboración propia

2.4 DISPONIBILIDAD DE RECURSOS SUPERFICIALES

La disponibilidad del recurso superficial, se obtiene a través de un análisis de frecuencia. El análisis de frecuencia es una herramienta utilizada para caracterizar el comportamiento global de un proceso (por ejemplo, los caudales u otra variable en un sitio de interés), a partir de la información histórica (muestra), que también puede ser pseudohistórica, como es el caso que se estudia. Es un método basado en procedimientos estadísticos que permite calcular la magnitud de la variable aleatoria asociada a un período de retorno, que significa cuántas veces en un período de tiempo el evento al menos se iguala. Su confiabilidad depende de la longitud y calidad de la muestra (serie histórica), además de la incertidumbre propia de la distribución de probabilidades seleccionada. Cuando se pretende realizar extrapolaciones a períodos de retorno mayores que la longitud de la serie disponible, el error relativo asociado a la distribución de probabilidades utilizada es más importante, mientras

que en interpolaciones la incertidumbre se encuentra asociada principalmente a la calidad de los datos a modelar; en ambos casos la incertidumbre es alta dependiendo de la cantidad de datos disponibles, a menos cantidad de datos, mayor incertidumbre.

Para determinar la magnitud de eventos cuando la distribución de probabilidades no es una función fácilmente invertible, se requiere conocer la variación de la variable respecto a la media. Chow en 1951 propuso determinar esta variación a partir de un factor de frecuencia K_T que puede ser expresado:

$$X_T = \mu + K_T \sigma \qquad (2.4.1)$$

El parámetro μ, corresponde a la media de la población (serie de tiempo), σ a la desviación típica de la misma. X_T corresponde al valor de un evento asociado a un período de retorno T, y K_T es un factor de frecuencia, referido al mismo periodo de retorno.

Los parámetros respectivos, pueden estimarse a partir de los datos disponibles, de la siguiente forma:

$$X_T = \bar{x} + K_T s \qquad (2.4.2)$$

Para una distribución dada, puede determinarse una relación entre K y el período de retorno Tr. Esta relación puede expresarse en términos matemáticos o por medio del uso de la **Tabla 2.4 -1**.

Tabla 2.4–1: Factores de frecuencia v/s Tr

Período de retorno Tr (Años)	K
1.58	-0.450
2.00	-0.164
2.33	0.001
5	0.719
10	1.300
20	1.870
50	2.590
100	3.140
200	3.680
400	4.230

Fuente: Linsley, 1982

El análisis de frecuencia consiste en determinar tanto los parámetros de las distribuciones de probabilidad, como el factor de frecuencia, y con ello la magnitud del evento para un período de retorno dado.

2.4.1 Ajuste de Distribuciones

Existen numerosos métodos para comparar la bondad de los modelos ajustados a una muestra, de manera de seleccionar el modelo que mejor satisface las propiedades que ella presenta. En este proyecto, fuera de los métodos clásicos, se ha considerado el test propuesto por Filliben (Handbook of Hydrology, 1993, cap 18). Este test tiene la ventaja de ser estadísticamente más poderoso que los usualmente aplicados y a la vez simple de aplicar.

Las consideraciones generales que se deben toman en cuenta para seleccionar la distribución de probabilidades de la serie histórica, se presentan a continuación:

- Cuando en la serie histórica se observan “outliers” es necesario verificar la sensibilidad del ajuste debido a la presencia de éstos.

- Para el ajuste a las distribuciones Log-Normal, Log-Gumbel y Log-Pearson se requiere transformar la variable al campo logarítmico para modelarla, con lo que se disminuye la varianza muestral, pero también se filtran las variaciones reales de los datos.

- Las distribuciones de dos parámetros fijan el valor del coeficiente de asimetría, lo que en algunos casos puede no ser recomendable. La distribución Log – Normal de dos parámetros sólo es recomendable si el coeficiente de asimetría es cercano a cero. Las distribuciones Gumbel y Log – Gumbel son recomendables si el coeficiente de asimetría de los eventos registrados es cercano a 1.13

- Para ajustar distribuciones de tres parámetros (Log Normal III, Log Pearson) se requiere estimar el coeficiente de asimetría de la distribución; para ello es necesario disponer de una serie con longitud de registros larga, mayor de 50 años. Las distribuciones de dos parámetros son usualmente preferidas cuando se dispone de pocos datos, porque reducen la varianza de la muestra.
- Para seleccionar la distribución de probabilidades adecuada se debe tratar de utilizar información adicional del proceso hidrológico que permita identificar la forma en que se distribuye la variable. Usualmente es muy difícil determinar las propiedades físicas de los procesos hidrológicos para identificar el tipo de distribución de probabilidad que es aplicable.

- Se afirma que no existe consistencia sobre cuál es la distribución que mejor se ajusta a los caudales máximos y se recomienda seleccionar el mejor ajuste a criterio del modelador con la prueba de ajuste gráfico o basado en el comportamiento de las pruebas estadísticas de bondad del ajuste (por ejemplo Chi Cuadrado, Smirnov-Kolmogorov, Cramer-Von Mises) en las que se calcula un estimador y se compara con un valor tabulado para determinar si el ajuste es adecuado o no. En la prueba de ajuste gráfica se dibujan los valores registrados en la serie contra la distribución teórica de probabilidades y de manera visual (subjetiva) se determina si el ajuste es adecuado o no.

El ajuste a distribuciones se puede hacer con dos técnicas, con el factor de frecuencia como se refirió anteriormente, o hallando la distribución empírica de los datos muéstrales, por el método de Plotting Position.

a) Plotting Position

Trabaja con la probabilidad de excedencia asignada a cada valor de la muestra. Se han propuesto numerosos métodos empíricos. Si n es el total de valores y m es el rango de un valor en una lista ordenada de mayor a menor (m=1 para el valor máximo) la probabilidad de excedencia se puede obtener por medio de la siguiente expresión (relación 2.2, ya vista anteriormente):

$$\Pr ob(X \le x_j) = F(x_j) = \frac{j-a}{n+b} \qquad (2.4.1)$$

La relación de Weibull, es la más utilizada. Con las anteriores expresiones se encuentra lo que se conoce como la distribución empírica de una muestra, esta luego se puede ajustar a una de las distribuciones teóricas presentadas anteriormente. Los resultados pueden ser dibujados en el papel de probabilidad; este es diseñado para que los datos se ajusten a una línea recta y se puedan comparar los datos muéstrales con la distribución teórica (línea recta).

b) Pruebas de Ajuste

Para determinar qué tan adecuado es el ajuste de los datos a una distribución de probabilidades se han propuesto una serie de pruebas estadísticas que determinan si es adecuado el ajuste. Estos son análisis estadísticos y como tal se deben entender, es decir, no se puede ignorar el significado físico de los ajustes.

c) Prueba Smirnov Kolmogorov

El estadístico Smirnov Kolmogorov considera la desviación de la función de distribución de probabilidades de la muestra P(x) de la función de probabilidades teórica, escogida Po(x) tal que:

$$Dn = \max(P(x) - Po(x)) \qquad (2.4.2)$$

La prueba requiere que el valor Dn calculado con la expresión anterior sea menor que el valor tabulado Dn para un nivel de probabilidad requerido.

Esta prueba es fácil de realizar y comprende las siguientes etapas:

- El estadístico Dn es la máxima diferencia entre la función de distribución acumulada de la muestra y la función de distribución acumulada teórica escogida.
- Se fija el nivel de probabilidad α, valores de 0.05 y 0.01 son los más usuales.
- El valor crítico Dα de la prueba debe ser obtenido de tablas en función de α y n.
- Si el valor calculado Dn es mayor que el Dα, la distribución escogida se debe rechazar.

d) Prueba Chi Cuadrado

Una medida de las discrepancias entre las frecuencias observadas (f_o) y las frecuencias calculadas (f_c) por medio de una distribución teórica está dada por el estadístico χ^2

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(f_o - f_c)^2}{f_c} \qquad (2.4.3)$$

En donde: $\sum f_o = \sum f_c$

Si el estadístico $\chi^2=0$ significa que las distribuciones teórica y empírica ajustan exactamente, mientras que si el estadístico $\chi^2>0$, ellas difieren. La distribución del estadístico χ^2 se puede asimilar a una distribución Chi-cuadrado con (k-n-1) grados de libertad, donde k es el número de intervalos y n es el número de los parámetros de la distribución teórica. La función χ^2 se encuentra tabulada. Supóngase que una hipótesis Ho es aceptar que una distribución empírica se ajusta a una distribución Normal. Si el valor calculado de χ^2 por la ecuación anterior es mayor que algún valor crítico de χ^2, con niveles de significancia α de 0.05 y 0.01 (el nivel de confianza es 1-α) se puede decir que las frecuencias observadas difieren significativamente de las frecuencias esperadas (o calculadas) y entonces la hipótesis Ho se rechaza, si ocurre lo contrario entonces se acepta.

e) Test de Filliben

Un método alternativo a los dos ya planteados para comparar la bondad de los modelos ajustados a una muestra, es el test propuesto por Filliben (Handbook of Hydrology, 1993, cap 18). Este test tiene la ventaja de ser estadísticamente más poderoso que los usualmente aplicados y a la vez simple de aplicar. Requiere conocer las distribuciones empíricas de cada uno de los valores de la serie que se esté probando. La frecuencia de la muestra se estima siguiendo la distribución propuesta por Weibull.

Una vez conocidas para cada valor de la serie se calcula para cada una de ellas el valor ajustado de la distribución que se desee probar, por ejemplo, la distribución Log Pearson tipo III, la Log Normal y la General de Valores Extremos tipo I o de Gumbel. Estas tres series se comparan con la original (Weibull) a fin de obtener una correlación para cada distribución. A mayor valor del coeficiente de correlación r, mejor es el ajuste de la distribución analizada. El procedimiento se lleva a cabo para toda la serie (exceptuando los valores anómalos u outliers). La decisión que se adopta es elegir para cada serie la distribución que muestre mayor cantidad de coeficientes de correlación más altos para cada mes.

2.4.2 Aplicación a Proyecto Niblinto

La siguiente evaluación de la disponibilidad del recurso, se efectúa sobre el total de las aguas producidas en las cuencas definidas por los sitios de emplazamiento de embalses. Esta estimación, no representa ningún factor que influya en el posterior dimensionamiento de los embalses, y es referencial para una potencial gestión futura para solicitud de derechos de aguas.

En los siete puntos propuestos para emplazamiento de embalses, en donde se estimó su producción media mediante transposición de caudales, además se generaron series pseudohistóricas, sobre las cuales se aplicaron dos modelos de distribución de probabilidades, cuales son LogNormal (LN) y Valores Extremos Tipo I (VEI).

Una vez aplicado el test de Filliben, por ejemplo, en el punto de embalse 1, resultó que en ocho meses se ajustó mejor el modelo LogNormal y en cuatro casos mostró un mejor ajuste el modelo VEI.

Tabla 2.4.2–1: Disponibilidad de Recursos Sitio 1 (m3/s)

mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Q (85%) LN	0,53	0,30	0,28	0,49	1,95	5,57	5,78	4,74	4,29	2,98	2,37	1,19
Q(85%) VEI	0,52	0,29	0,27	0,46	1,83	5,37	5,57	4,59	4,16	2,86	2,31	1,15
Q (85%) selec.	0,53	0,29	0,27	0,46	1,95	5,57	5,78	4,59	4,29	2,98	2,37	1,15
Q (95%)	0,29	0,19	0,19	0,22	0,56	2,70	2,78	1,49	2,33	1,36	1,39	0,80
Q 10%Qmanual	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
Q 20%Qmanual	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
Q (ecológico)	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
Q disponible	0,05	0,00	0,00	0,00	1,47	5,09	5,30	4,11	3,81	2,49	1,89	0,67

En la carpeta *Anexo 6*, se encuentra la planilla acerca de este proceso, denominada *ModelosProbabilisticosM4Niblinto.XLS*.

Tabla 2.4.2–2: Disponibilidad de Recursos Sitio 2 (m^3/s)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Q (85%) LN	0,67	0,38	0,35	0,62	2,47	7,04	7,31	5,99	5,43	3,76	3,00	1,50
Q(85%) VEI	0,65	0,37	0,34	0,58	2,32	6,79	7,04	5,81	5,26	3,62	2,92	1,46
Q (85%) selec.	0,67	0,37	0,34	0,58	2,47	7,04	7,31	5,81	5,43	3,76	3,00	1,46
Q (95%)	0,37	0,23	0,24							1,72	1,76	1,01
Q 10%Qm_anual	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
Q 20%Qm_anual	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23

Uno de los métodos para determinar el caudal ecológico, requiere los Q(95%) para los meses entre octubre y marzo, esa es la razón por la que las celdas entre abril y septiembre se encuentran vacías, sólo porque no se requiere es información.

En la carpeta *Anexo 6*, se encuentra la planilla acerca de este proceso, denominada *ModelosProbabilisticosM7Niblinto.XLS*.

Tabla 2.4.2–3: Disponibilidad de Recursos Sitio 3 (m^3/s)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Q (85%) LN	0,69	0,39	0,36	0,64	2,54	7,24	7,51	6,15	5,58	3,87	3,08	1,54
Q(85%) VEI	0,67	0,38	0,35	0,60	2,38	6,98	7,24	5,97	5,41	3,72	3,00	1,50
Q (85%) selec.	0,69	0,38	0,35	0,60	2,54	7,24	7,51	5,97	5,58	3,87	3,08	1,50
Q (95%)	0,38	0,24	0,24							1,76	1,81	1,03
Q 10%Qm_anual	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
Q 20%Qm_anual	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26

Fuente: Elaboración propia

En la carpeta *Anexo 6*, se encuentra la planilla acerca de este proceso, denominada *ModelosProbabilisticosM5Niblinto.XLS*.

En todos los puntos considerados posibles de emplazamiento de muros, se observa un comportamiento hidrológico preferentemente pluvial, donde por lo tanto, existe un manifiesto déficit en los meses de mayores demandas de riego. Un aspecto muy relevante, es que la relación entre el caudal 85% y el caudal medio, es apenas superior a un 50%, lo que quiere decir que pudiendo existir abundantes recursos, para aprovecharlos completamente, debe imponerse algún tipo de regulación.

Tabla 2.4.2–4: Relación entre caudal 85% y caudal medio

Muro	Área	Qma [m3/s]	Qm85% [m3/s]	r(Qm85%/Qma)
Sitio 1	113,7	4,85	2,52	0,52
Sitio 2	143,7	6,13	3,28	0,53
Sitio 3	147,7	6,30	3,37	0,53

3 ESTUDIO DE CRECIDAS

En la carpeta *Anexo6*, se presenta la estadística proporcionada por la Dirección General de Aguas, en la carpeta de nombre *pluviometría VIII.XLS*.

3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE PROYECTO

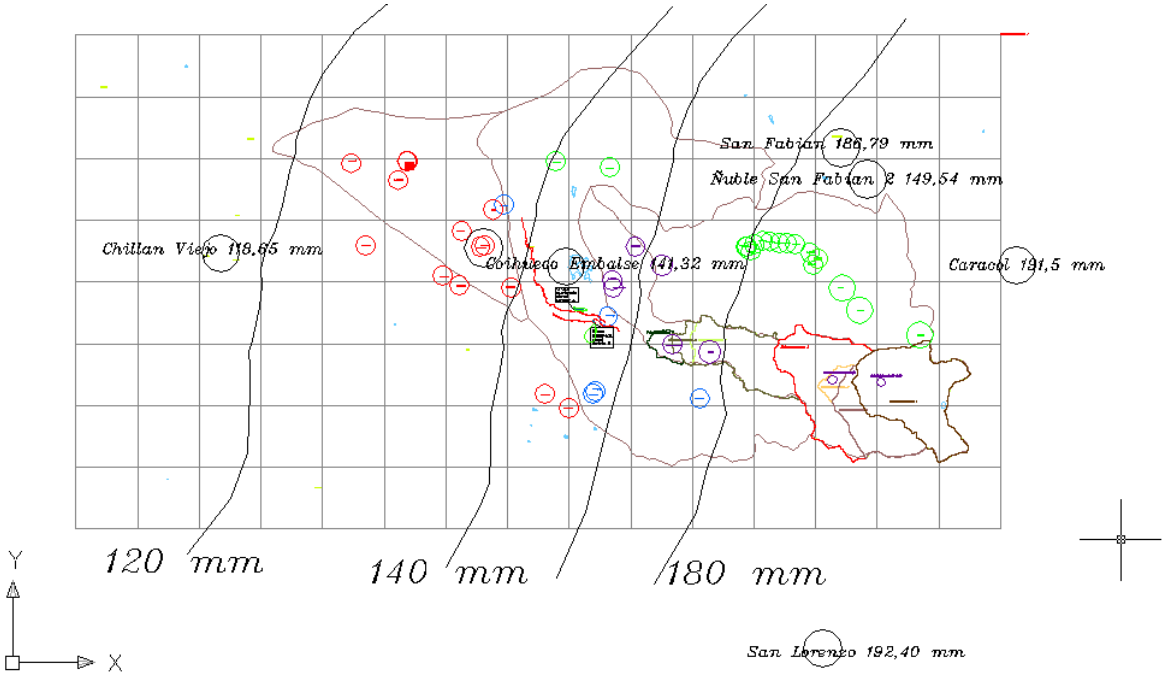
A las estaciones representativas de la zona de proyecto, se les efectuó el análisis de frecuencia para precipitaciones máximas en 24, 48 y 72 horas.

Se elaboró el mapa de isoyetas de precipitaciones máximas en 24 hrs y periodo de retorno 10 años.

Tabla 3.1–1: Estaciones Pluviométricas Representativas del Proyecto

Código BNA	Nombre de la Estación	Pp total anual [mm]	Altitud [msnm]
08105004-K	Caracol	2331	620
08106002-9	Ñuble En San Fabián 2 – Dcp	1150	450
08106003-7	San Fabián	1735	460
08113001-9	Coihueco Embalse	1423	314
08117002-9	Chillán Viejo	1052	106
08130007-0	San Lorenzo	2200	710

Figura 3.1–2: Plano de Isoyetas, precipitaciones máximas 24 horas, y período de retorno 10 años



En la carpeta *Anexo 1*, se presenta el análisis de frecuencia para 24, 48 y 72 horas en las estaciones más cercanas a la zona de proyecto.

3.2 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE PROYECTO

El estudio de crecidas busca determinar el caudal máximo instantáneo para un evento de crecida de cierto período de retorno, de modo de definir con posterioridad el caudal de diseño de las obras de evacuación del embalse y la seguridad de las obras anexas.

Para obtener el caudal máximo instantáneo se utilizaron tres métodos empíricos, la Fórmula Racional Modificado, Verni y King modificado y el Método DGA-AC. Estos métodos se pueden aplicar en cuencas de área aportante entre 20 a 10.000 km^2.

3.2.1 Relaciones Empíricas

A continuación se presenta las relaciones empíricas de cada método.

- Fórmula Racional:

$$Q = \frac{C \cdot i_{tc}^{T} \cdot A}{3{,}6} \left[m^3 / s \right] \qquad (3.1.1)$$

Donde:

C: coeficiente de escorrentía
I^T_{tc}: intensidad media máxima en el tiempo de concentración de la cuenca t_c para un determinado período de retorno T expresada en [mm/h]
A: área aportante en [km^2]

- Verni y King:

$$Q = C(T) \cdot 0{,}00618 \cdot P_{24}^{1,24} \cdot A^{0,88} \left[m^3 / s \right] \qquad (3.1.2)$$

Donde:

C(T): coeficiente empírico de período de retorno T
P_{24}: precipitación diaria máxima asociada a un período de retorno T expresada en [mm]
A: área aportante en [km^2]

- DGA-AC:

Este método corresponde a un análisis regional de crecidas de origen pluvial, basado en series de caudales medios diarios máximos e instantáneos máximos del período pluvial. Se fundamentó y ajustó, con más de doscientas (200) estaciones en el país.

En términos genéricos, se trabaja con curvas adimensionales de frecuencias regionales, a partir de una variable, que en este caso corresponde al caudal medio diario máximo de período de retorno 10 años. Así para cuencas situadas entre la VII a la IX Región, se dispone de una relación para la variable Q_{10}, recién mencionada.

En el Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin Información Fluviométrica, se encuentra disponible en página de la Dirección General de Aguas.

En la tabla siguiente se presenta la relación Q(T)/Q(T=10 años) establecida para el Itata.

Tabla 3.2- 1: Relaciones Q (T)/Q(T=10 años) Itata

T [años]	Media	Máx	Mín
2	0,54	0,58	0,52
5	0,83	0,83	0,81
10	1,00	1,00	1,00
20	1,18	1,21	1,13
25	1,23	1,27	1,18
50	1,41	1,48	1,31
75	1,51	1,50	1,38
100	1,58	1,58	1,44
500	2,01	2,03	1,84
1000	2,19	2,21	1,99

$$Q_{10} = 2 \cdot 10^{-3} \cdot A^{0,973} \cdot (P_{24}^{10})^{1,224} \left[m^3 / s \right] \qquad (3.1.3)$$

Donde:

P_{24}: precipitación diaria máxima asociada a un período de retorno T expresada en [mm]
A: área aportante en [km^2]

3.2.2 Estimación de las Precipitaciones Máximas en 24 horas

Para estimar las precipitaciones máximas en 24 horas, se utilizaron diez (10) estaciones pluviométricas vigentes de la DGA. Estas son: San Lorenzo, Fundo de Atacalco, Diguillín, Mayulermo, Caman, Coihueco, Caracol, Chillán viejo, Río Ñublense en San Fabián y San Fabián. Se realizó un análisis de frecuencia a todas las estaciones pluviométricas aplicándose varios métodos estadísticos. Finalmente, se adoptaron los valores entregados por la Distribución de Valores tipo I (Gumbel) que presentaban mejor ajuste en los valores extremos. Luego, las precipitaciones máximas obtenidas para cada periodo de retorno de las diez (10) estaciones se ponderaron por la distancia de cada estación a las cuencas. Esto, porque todas las estaciones se encuentran relativamente cerca de las cuencas en estudio y no se tiene certeza de cual influye más en cada cuenca. Con esto se logra darle más influencia dentro de la cuenca a la estación más cercana a ella y le resta influencia a la estación más lejana. La relación utilizada en la ponderación de las precipitaciones de cada cuenca es la siguiente:

$$Pp_j = \frac{\sum_{i=1}^{10} \frac{Pp_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^{10} \frac{1}{d_i}} \qquad (3.2.1)$$

Donde:

Pp_j: es la precipitación ponderada en la cuenca j
Pp_i: es la precipitación en la estación i
d_i: es la distancia desde la estación i a la cuenca j

Esta ponderación se realizó para todos los periodos de retorno de interés. Las precitaciones máximas obtenidas para cada cuenca se presentan a continuación. Las planillas utilizadas para estas determinaciones cumplen una función específica, por ejemplo, en las planillas donde se efectúa el análisis de frecuencia, para la precipitación máxima 24 horas, el usuario entrega el período de retorno de interés, y se determina la precipitación máxima correspondiente. Este valor se “almacena” en la planilla *Resumen frecuencia Pp 24.xls*. en Anexo 6 Cambiando el período de retorno, también se modifica la precipitación. Esta es la razón que la mayor parte de las tablas presenten valores fijos.

Tabla 3.2.2–1: Precipitaciones máximas en 24 horas (mm)

Norte (m):	5.933.757	5.935.292	5.934.925
Este (m):	266.578	259.810	258.363
T (años)	**Sitio 1**	**Sitio 2**	**Sitio 3**
5	147	141	140
10	171	164	163
100	242	234	232
150	255	247	245
200	263	255	253
250	270	262	260
300	276	268	265
500	292	283	281
1000	313	304	302

A continuación se presentan los análisis de frecuencia paras las precipitaciones de 48 y 72 horas.

Tabla 3.2.2–2: Precipitaciones máximas en 48 horas (mm)

Norte (m):	5.933.757	5.935.292	5.934.925
Este (m):	266.578	259.810	258.363
T (años)	**Sitio 1**	**Sitio 2**	**Sitio 3**
5	216	207	205
10	244	236	234
100	320	316	316
150	332	329	329
200	340	338	338
250	346	345	345
300	351	351	351
500	366	367	367
1000	385	388	389

Tabla 3.2.2–3: Precipitaciones máximas en 72 horas (mm)

Norte (m):	5.933.757	5.935.292	5.934.925
Este (m):	266.578	259.810	258.363
T (años)	**Sitio 1**	**Sitio 2**	**Sitio 3**
5	265	252	249
10	301	288	286
100	396	388	386
150	411	404	403
200	421	415	414
250	429	424	423
300	436	431	430
500	454	451	450
1000	477	477	477

Además, se debe estimar el tiempo de concentración y esto se hace a partir de datos geomorfológicos de las cuencas en estudio. A continuación se presenta los parámetros más importantes de cada cuenca, estos se obtuvieron con el programa WMS.

3.2.3 Parámetros Geomorfológicos

Figura 3.2.3–1: Ubicación de las cuencas y muros estudiados

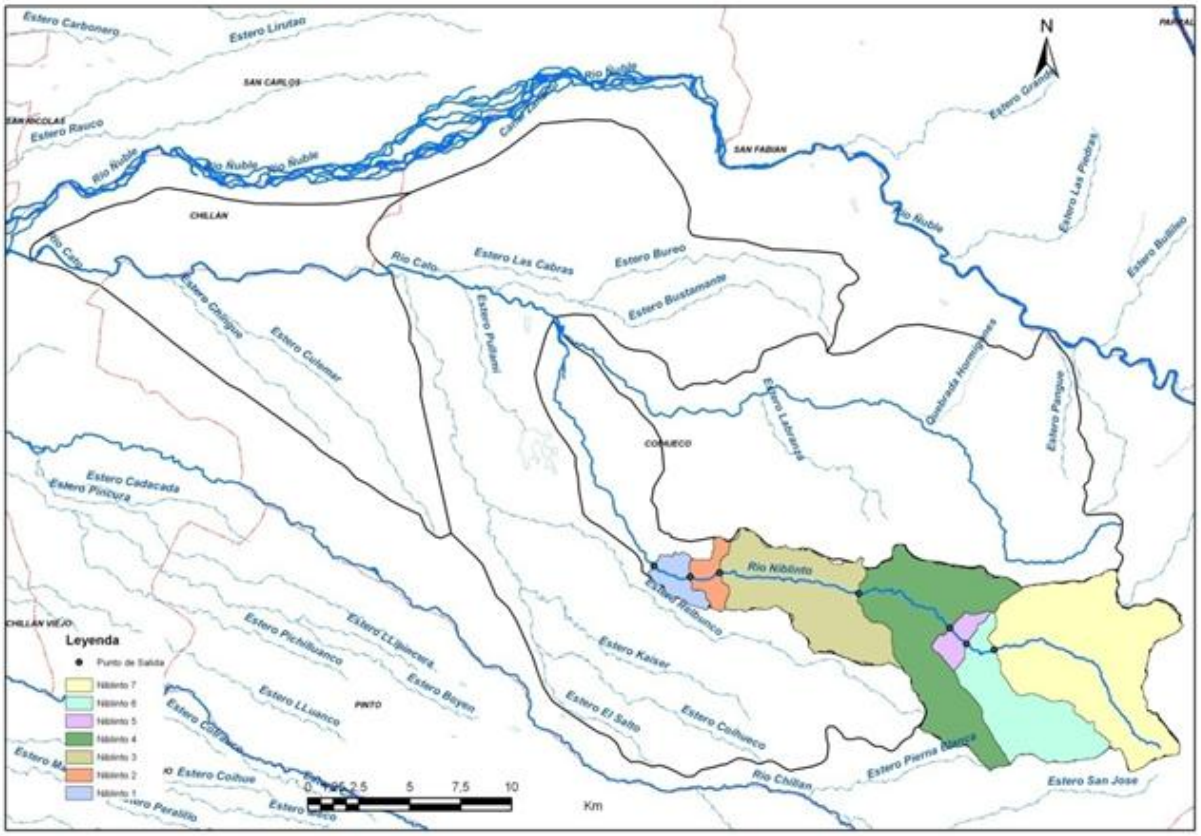


Tabla 3.2.3–1: Parámetros geomorfológicos de las cuencas en estudio

Parámetro	Unidad	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3
Área (A)	km^2	113,7	143,69	147,69
Largo cauce principal (L)	km	17,56	24,2	25,47
Distancia al centro de gravedad (Lg)	km	10,68	15,36	16,66
Desnivel máximo (H)	m	1.676	1.805	1.826
Altura media (Hm)	m	1.354	1.237	1221,57
Cota máxima de la cuenca	m	2253	2253	2253
Cota de salida de la cuenca	m	577	448	427
Pendiente S	1/1	0,3825	0,3526	0,3502

Las cuencas y muros que se estudian aparecen en la siguiente figura. Se debe mencionar que los muros y las cuencas se enumeran al revés, es decir, en la cuenca 1 se ubica el muro 7 y así sucesivamente.

Con estos datos se obtuvo el tiempo de concentración de cada cuenca. Se optó por el tiempo de concentración mínimo, con él se obtiene una intensidad de precipitación mayor. A continuación se presentan estos valores.

Mediante las expresiones de Giandotti y California, que se presentan a continuación:

Relación California

$$t_c = 0{,}95 \cdot \left[\frac{L^*}{H_{máx}} \right]^{0{,}385}$$

tc: Tiempo de concentración de la cuenca (hr)
L*: Distancia que recorre la partícula más alejada de la cuenca (km)
Hmáx: Desnivel máximo de la cuenca (cota más alta – cota de salida de la cuenca), metros.

Relación Giandotti

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1{,}5 \cdot L}{0{,}8 \cdot \sqrt{H_g}}$$

tc: Tiempo de concentración de la cuenca (hr)
L: Longitud del cauce principal (km)
A: Área de la cuenca
H_g: Desnivel entre el centro de gravedad de la cuenca y la cota de salida de la cuenca (m)

Tabla 3.2.3–2: Tiempos de concentración

Tc [h]		
	Métodos	
Cuenca	California	Giandotti
1	1,1	1,6
2	1,0	1,7
3	1,4	1,9
4	1,9	2,5
5	2,6	3,3
6	2,8	3,4
7	3,0	3,6

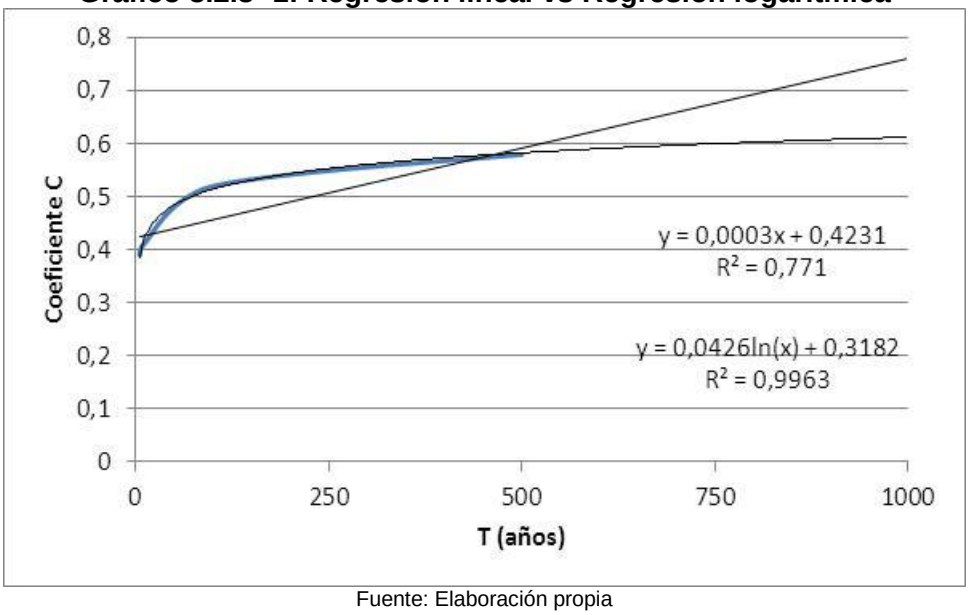
Para el método de la Fórmula Racional se requieren los coeficientes de escorrentía. Estos se obtienen de libro “Hidrología Aplicada” de Chow (1994). Ahí aparecen distintos coeficientes que dependen de la zona estudiada y entrega valores hasta T=100, los valores utilizados para T iguales a 150, 200, 250, 300, 500 y 1000 se obtuvieron de una regresión logarítmica. Lo mismo se hizo con los coeficientes empíricos del método de Verni y King, estos se obtuvieron del “Manual de cálculo de crecidas y caudales mínimos en cuencas sin información fluviométrica” de la DGA (1995) que entrega coeficientes por regiones y se les aplicó una regresión logarítmica para estimar todos los coeficientes asociados a los múltiples periodos de retorno. Los coeficientes utilizados en ambos métodos se presentan a continuación.

Tabla 3.2.3–3: Coeficientes empíricos

	V & K	Racional
T [años]	**C(T)**	**C**
5	0,78	0,39
10	0,79	0,41
100	0,81	0,52
500	**0,86**	0,58
1000	**0,87**	**0,61**

Ajuste de coeficiente C, mediante una regresión logarítmica, y proyección para un período de retorno de 1000 años.

Gráfico 3.2.3 -1: Regresión lineal vs Regresión logarítmica



Fuente: Elaboración propia

Con toda la información anterior y las relaciones descritas anteriormente para cada método de estimación se obtuvieron los caudales de crecidas que se presentan a continuación.

3.2.4 Estimación de Caudales de Crecidas

Para períodos de retorno altos, como 1.000 años, los caudales de crecidas correspondientes, se determinan del análisis de hidrogramas, a través de una extrapolación logarítmica de caudales peak.

Tabla 3.2.4–1: Caudales máximos método DGA-AC

Sitios	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3
T (años)	Q (m^3/s)	Q (m^3/s)	Q (m^3/s)
5	117,8	114,3	89,8
10	142,2	138,1	108,7
100	223,5	217,2	171,5
150	238,6	231,9	183,1
200	248,8	241,8	191,0
250	257,9	250,8	198,0
300	263,8	256,5	202,6
500	284,3	276,4	218,4
1000	317,1	308,5	244,5

Tabla 3.2.4–2: Caudales máximos Fórmula Racional

Sitios	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3
T (años)	Q (m^3/s)	Q (m^3/s)	Q (m^3/s)
5	56,7	55,4	43,8
10	69,5	67,9	53,9
100	127,5	124,8	99,1
150	138,3	135,3	107,6
200	146,5	143,3	114,0
250	153,6	150,3	119,5
300	158,7	155,3	123,5
500	176,1	172,4	137,1
1000	202,3	198,1	158,0

Tabla 3.2.4–3: Caudales máximos método V & K

Sitios	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3
T (años)	Q (m^3/s)	Q (m^3/s)	Q (m^3/s)
5	193,9	188,6	151,4
10	237,0	230,6	185,5
100	385,8	375,9	303,2
150	422,9	412,1	332,5
200	444,4	433,1	349,5
250	463,6	451,8	364,7
300	476,5	464,4	374,9
500	520,5	507,3	409,7
1000	591,2	576,6	467,1

De los resultados anteriores, se observa que los tres (3) métodos entregan valores muy diferentes, lo que mueve a utilizar algún criterio para seleccionar el más indicado.

3.2.5 Estimación de Caudales de Crecidas

Para seleccionar el método de mejor ajuste, se aplican los métodos a una cuenca que disponga de caudales extremos, y tal es el caso de la estación Río Cato en Puente Cato. Esta estación, cuenta con registros de caudales máximos instantáneos para 55 años. Con estos valores se realizó un análisis de frecuencia.

El resultado del análisis de frecuencia para los caudales extremos en Río Cato en Puente Cato se presenta a continuación. Los valores adoptados son los de Gumbel.

Tabla 3.2.5–1: Caudales Máximos Análisis de Frecuencia Río Cato en Puente Cato

T (años)	Pexc (%)	Q (m^3/s)
5	20	981,2
10	10	1231,3
100	1	2014,3
150	0,7	2136,8
200	0,5	2246,1
250	0,4	2328,2
300	0,3	2381,4
500	0,2	2565,1
1000	0,1	2802,1

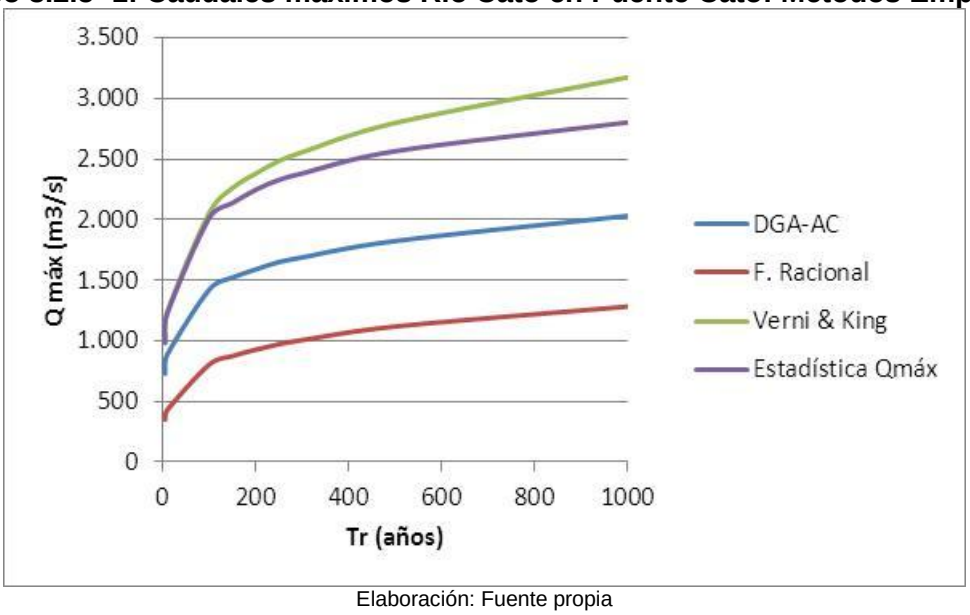
Sobre el mismo punto de salida, ahora con la ponderación de precipitaciones se obtuvieron los siguientes caudales de crecidas, mediante los métodos descritos anteriormente, resultados que se presentan en la **Tabla 3.2.5 -2**:

Tabla 3.2.5–2: Caudales máximos métodos empíricos Río Cato en Puente Cato

T (años)	Métodos		
	DGA-AC	Racional	V & K
	Q (m^3/s)	Q (m^3/s)	Q (m^3/s)
5	728,2	348,9	1003,7
10	888,3	431,5	1239,9
100	1422,8	804,2	2058,3
150	1521,9	873,7	2261,2
200	1589,2	926,6	2379,5
250	1649,5	972,4	2484,8
300	1688,8	1005,7	2556,4
500	1823,8	1117,6	2798,3
1000	2031,2	1282,5	3173,9

Al analizar los resultados, se observa que el método que mejor se ajusta al análisis de frecuencia de caudales máximos, es el Método de Verni y King, a pesar de que para mayores periodos de retorno se están sobrestimando los caudales, pero este elemento es deseable, cuando se están definiendo obras de seguridad.

Gráfico 3.2.5 -1: Caudales máximos Río Cato en Puente Cato: Métodos Empíricos



Elaboración: Fuente propia

Por lo tanto, se adoptarán los valores estregados por el método de Verni y King que es el que mejor se ajusta tanto según los registros de caudales como de precipitaciones.

De esta forma, los caudales máximos según distintos períodos de retorno, son los obtenidos a partir del método de Verni & King (**Tabla 3.2.4 -3**).

3.3 HIDROGRAMAS DE CRECIDAS

Se construyen los hidrogramas de crecidas para los sitios de embalses, de acuerdo a la utilización del Hidrograma Unitario Sintético (HUS). En el Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin Información Fluviométrica, se encuentra disponible en página de la Dirección General de Aguas.

Esta metodología se basa en aprovechar las propiedades ”geométricas” del hidrograma, tales como tiempo base, tiempo al peak, y la forma. Estas propiedades son exclusivamente dependientes de los parámetros geomorfológicos, de este modo, para una cuenca definida, el hidrograma resultante presentará un tiempo base y tiempo al peak, fijos, con un caudal peak variable, dependiendo por cierto del período de retorno considerado. Los caudales al peak, se obtienen de la aplicación de los métodos indirectos ya mencionados. Para períodos de retorno altos, como 10.000 años, se efectúa una extrapolación logarítmica de caudales peak.

Gráfico 3.3–1: Hidrogramas de crecidas para alternativa de Sitio 3

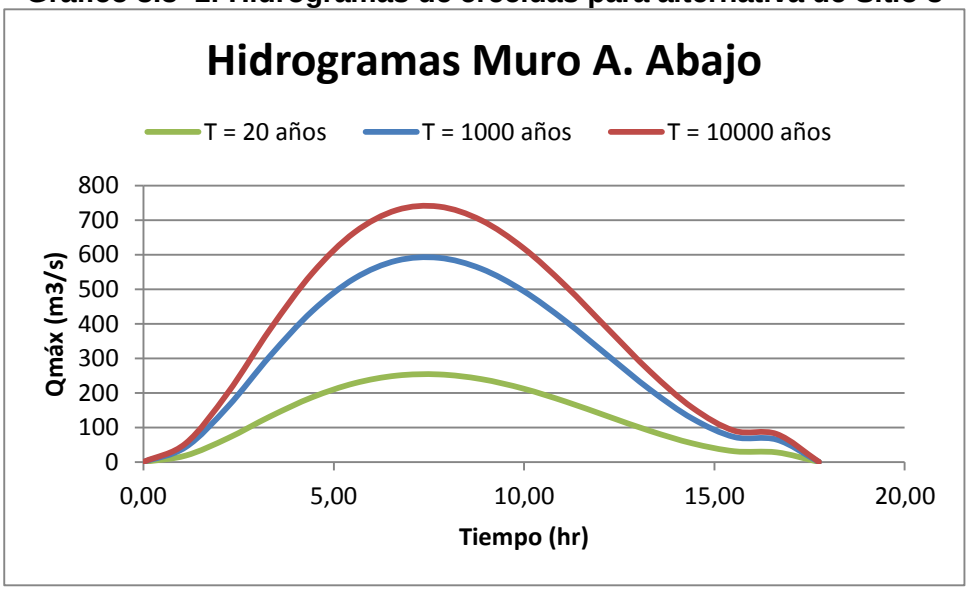


Gráfico 3.3- 2: Hidrogramas de crecidas para alternativa de Sitio 2

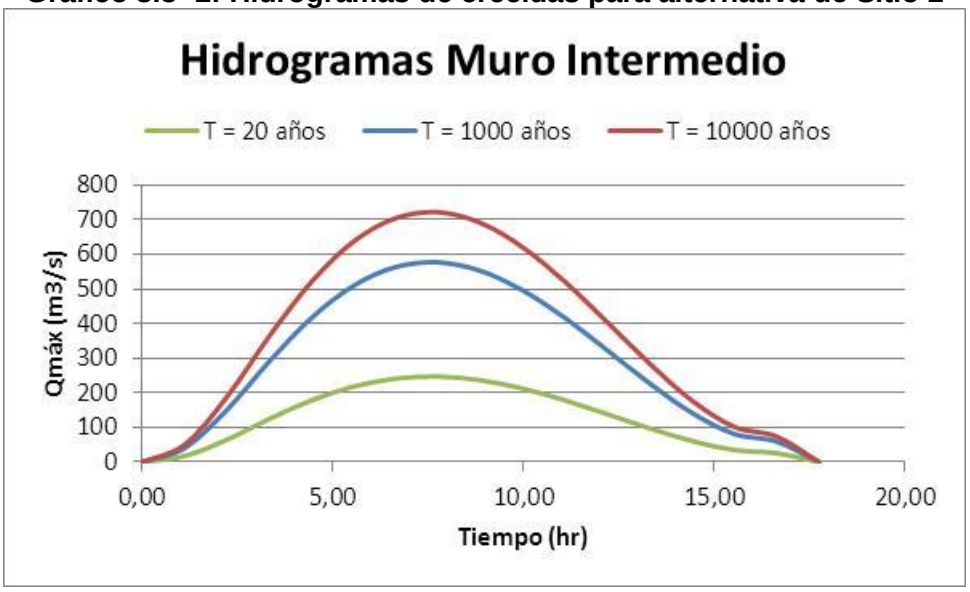
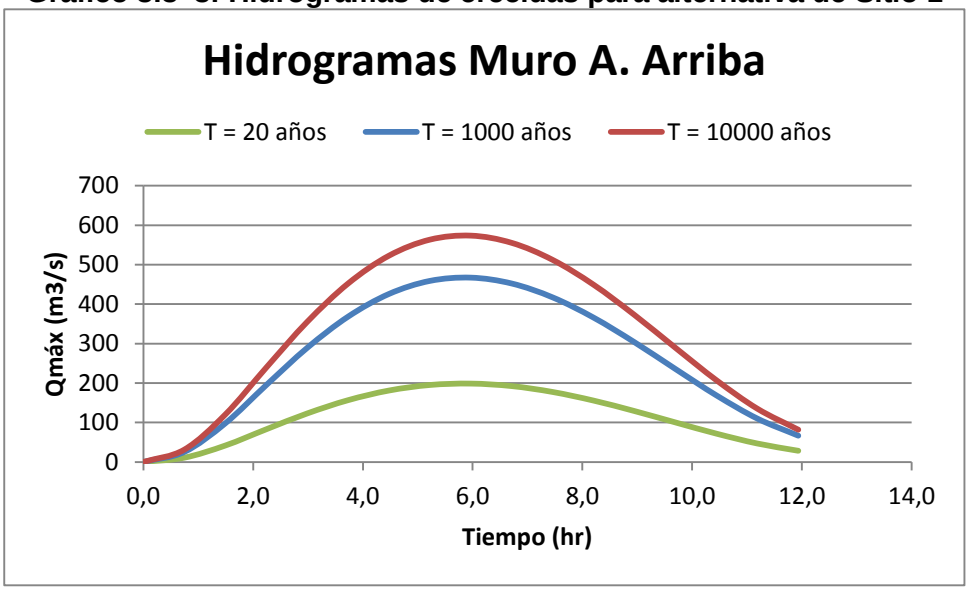


Gráfico 3.3–3: Hidrogramas de crecidas para alternativa de Sitio 1

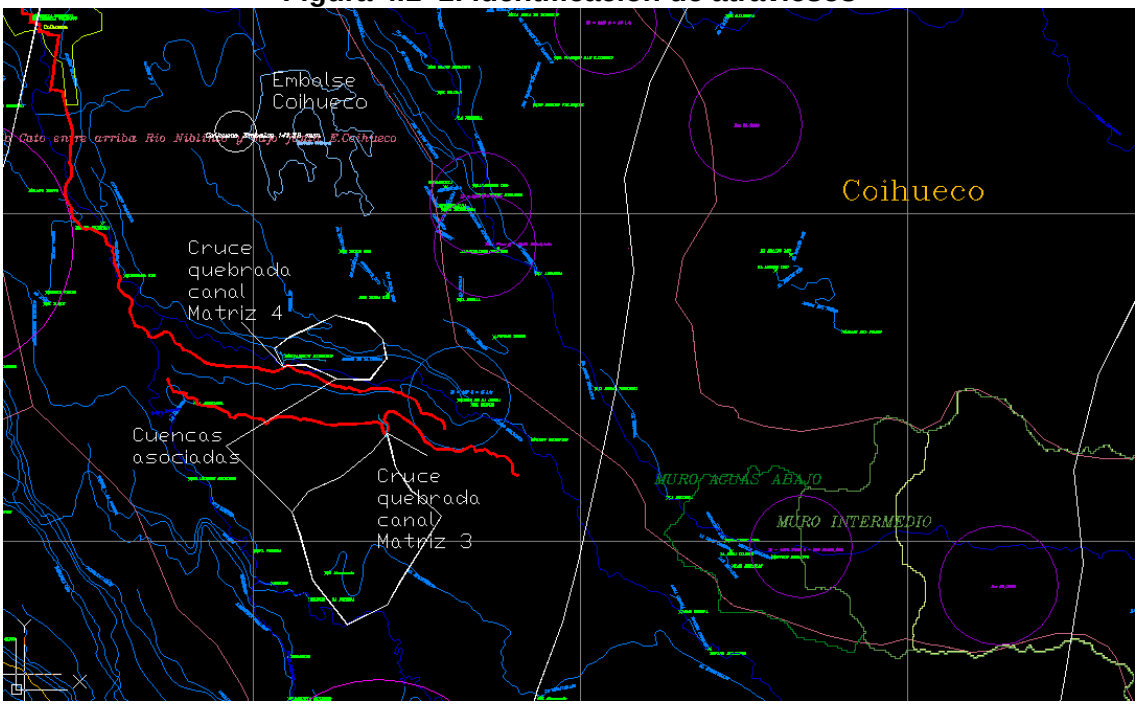


En la carpeta *Anexo 1*, se incluyen todas las planillas con el desarrollo de hidrogramas para diversos períodos de retorno, y la integración y proyección de ellos.

4 EVALUACIÓN DE CRECIDAS EN CANALES

Se identifican dos atraviesos de quebradas en la red de canales proyectados. En la **Figura 4.1- 1**, se observa los dos puntos mencionados, con sus áreas tributarias definidas.

Figura 4.1–1: Identificación de atraviesos



Para la cuantificación de las crecidas en estos atraviesos, se aplicó el método de evaluación de caudales extremos de Verni & King, que de acuerdo al apartado 3.2.5. de este informe (Estimación de Caudales de Crecidas), resultó ser el que mejor se ajusta para este el sistema que se está estudiando. Así, vía transposición de caudales, se estiman los máximos en los puntos de atraviesos de quebradas.

Tabla 4.1–1: Caudales máximos (Verni & King) cruce Canal Matriz 3

Área (km2)	**3,529**
T (años)	**Q (m^3/s)**
5	4,6
10	5,7
100	9,2
150	10,1
200	10,6
250	11,1
300	11,4
500	12,4
1000	14,1

Tabla 4.1–2: Caudales máximos (Verni & King) cruce Canal Matriz 4

Área (km2)	1,127
T (años)	Q (m^3/s)
5	1,5
10	1,8
100	2,9
150	3,2
200	3,4
250	3,5
300	3,6
500	4,0
1000	4,5

5 HIDROGEOLOGÍA

Este apartado tiene como objetivo caracterizar la hidrogeología de la zona de emplazamiento del proyecto. Se trata de identificar la existencia de acuíferos importantes, y evaluar la potencial intervención que el proyecto de embalse podría generar.

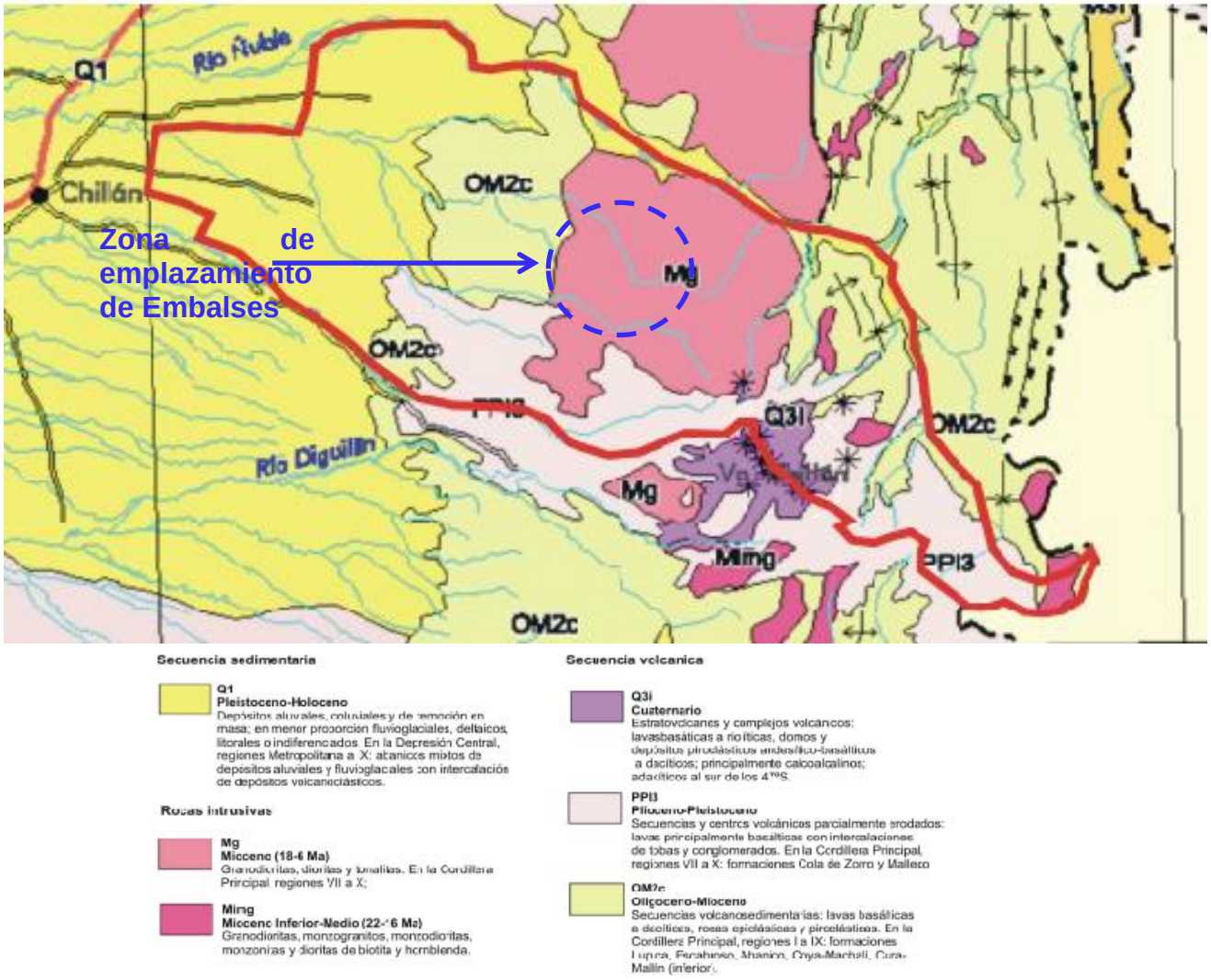
Se recopiló la siguiente información:

- Cartas geológica e hidrogeológica, siendo la segunda fundamentada en la primera. Esta información es útil para identificar el tipo de relleno en la zona de estudio.
- Piezometría. La posición y profundidad de la napa entregan un indicio directo de posibles aportes de la napa a las aguas superficiales.
- Hidrogeoquímica. Aporta información complementaria a los dos aspectos anteriores.

5.1 CARTAS GEOLÓGICA E HIDROGEOLÓGICA

Por las características de los rellenos, el sector de estudio no se encuentra emplazado sobre zonas acuíferas, en efecto, los tres sitios propuestos, se ubican en la unidad geológica Mg, que corresponde a rocas de origen volcánico (granodioritas, dioritas), del período Paleozoico y Cenozoico, con permeabilidad baja a nula. Es la característica propia de los sectores precordilleranos, que están constituidos principalmente por rocas de origen volcánico, lavas basálticas con intercalaciones de tobas y conglomerados. En la **Figura 5.1- 1**, se presenta una sección del Mapa Geológico de Chile (SERNAGEOMIN, 2003), donde se identifica la zona de emplazamiento de embalses estudiados.

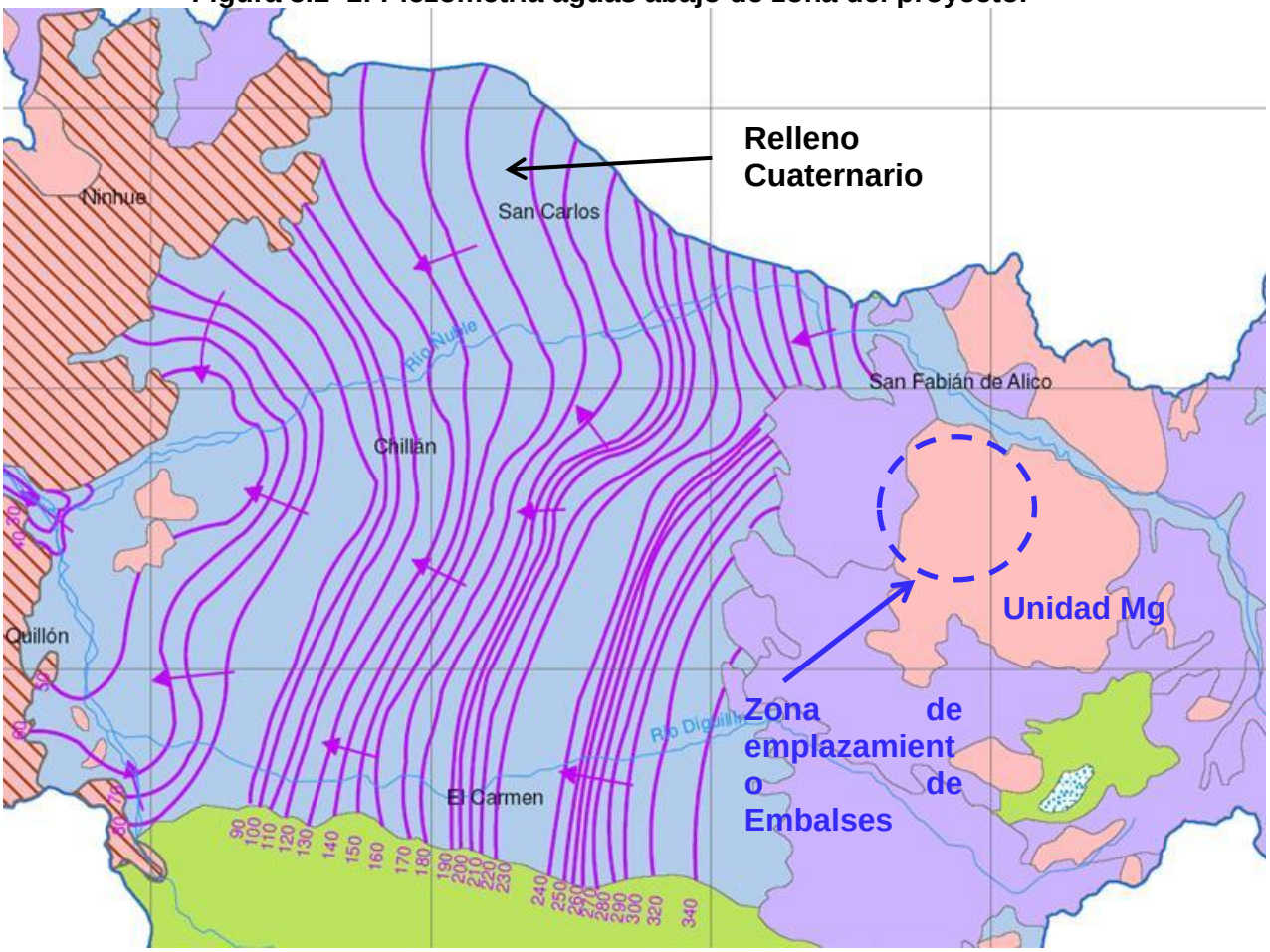
Figura 5.1–1: Sección del Mapa Geológico de Chile. SERNAGEOMIN. 2003



5.2 PIEZOMETRÍA

Por las características de las unidades descritas más arriba, el emplazamiento de pozos que definan una tendencia respecto a la piezometría local, prácticamente no existen.

Figura 5.2–1: Piezometría aguas abajo de zona del proyecto.



En la **Figura 5.2- 1**, se observa que la piezometría sólo tiene sentido elaborarla en las unidades cuaternarias (rellenos no consolidados), razón por la cual no se dispone de antecedentes en la zona de proyecto.

5.3 HIDROGEOQUÍMICA

La composición química de las aguas entrega información muy valiosa en cuanto al recorrido de las aguas; unas aguas de bajo recorrido implicaría en el caso de aguas subterráneas, aguas de recarga local, y respecto a aguas superficiales, aguas preferentemente de origen pluvial. A la inversa, aguas de amplio recorrido, significarían recargas lejanas y cuencas de régimen mixto, para aguas subterráneas y superficiales, respectivamente.

Para el análisis, se trabaja con los macroelementos, a saber, Cationes: Calcio, Magnesio y Sodio; Aniones: Bicarbonato, Sulfato, Cloruro.

Se dispone de la secuencia definida por Chebotarev, que define tanto la secuencia de cationes como de aniones, desde su menor a mayor recorrido:

$$Ca^{2+} \succ Mg^{2+} \succ Na^{+}$$

$$HCO_3^- \succ SO_4^{2-} \succ Cl^-$$

Así un agua joven, en cuanto a cationes, presentará una composición cálcica, y una de mayor recorrido, poseerá una composición sódica.

Caso similar para el análisis de aniones, agua joven con composición bicarbonatada, y agua antigua con composición clorurada.

Por cierto, pueden darse todas las combinaciones entre iones, caso más conocido es el de aguas de amplio recorrido en el norte de Chile, con composición clorurada sódica, que precipitan como halita.

En la zona de estudio se dispone de información para un punto superficial, correspondiente a Río Cato en Puente Cato. Y de fuentes subterráneas, un punto de muestreo denominado DB30, en Huape, aguas abajo del punto superficial mencionado anteriormente.

De Ingeorec (2009), se obtuvieron las concentraciones medidas en los dos puntos mencionados, y se procedió a efectuar el análisis de la composición de las aguas.

Tabla 5.3–1: Composición de las aguas en Río Cato en Puente Cato

Río Cato en Puente Cato					
macroelemento	mg/l	P.A.	Valencia	Peso EQ (mg/meq)	meq/l
Bicarbonatos	60	61	1	61	0,98
Sulfatos	3	96,1	2	48,05	0,06
Cloruros	7	35,5	1	35,5	0,19
					1,23
Calcios	14	40	2	20	0,70
Magnesios	3	24,3	2	12,15	0,26
Sodios	6	23	1	23	0,28
					1,24
				Error de cierre	**0,14%**

Tabla 5.3–2: Composición de las aguas en Pozo DB30 (Huape)

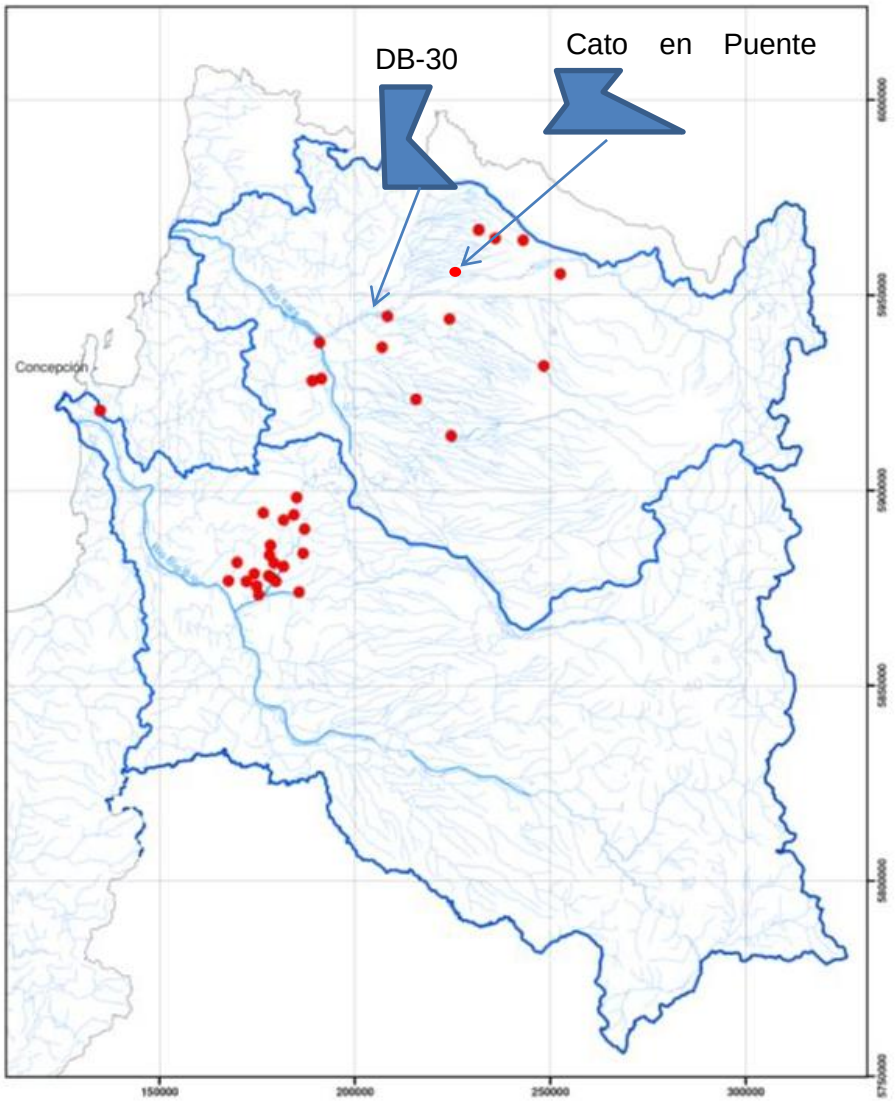
Pozo DB30 (Huape)					
macroelemento	mg/l	P.A.	Valencia	Peso EQ (mg/meq)	meq/l
Bicarbonatos	123	61	1	61	2,02
Sulfatos	3	96,1	2	48,05	0,07
Cloruros	12	35,5	1	35,5	0,35
					2,44
Calcios	18	40	2	20	0,88
Magnesios	9	24,3	2	12,15	0,77
Sodios	19	23	1	23	0,80
					2,45
				Error de cierre	**0,12%**

En la **Tabla 5.3- 1**, se puede observar que la mayor composición en aniones es bicarbonatada (cerca del 80%); en el caso de los cationes, el mayor peso lo presenta el calcio. De esta manera se puede decir que las aguas muestreadas en Río Cato en Puente Cato, según la secuencia de Chebotarev, presentan un bajo recorrido, tratándose de aguas jóvenes.

En la **Tabla 5.3- 2**, se presenta una situación similar, ya que la mayor composición en aniones es bicarbonatada (sobre el 80%); en el caso de los cationes, el mayor peso lo presenta el calcio. De esta manera se puede decir que las aguas muestreadas en el pozo DB30 (Huape), presentan un bajo recorrido, tratándose de aguas jóvenes.

En la misma referencia más arriba mencionada (Ingeorec, 2009), se construyeron los diagramas de Stiff para puntos tanto superficiales como subterráneos en la cuenca del Itata, incluidos los dos puntos considerados en este informe. En la **Figura 5.3- 1**, se presentan estos diagramas, que por su estructura, otorgan a los dos puntos de interés, una composición bicarbonatada cálcica, es decir, se trata de aguas de bajo recorrido.

Figura 5.3–1: Diagramas Hidroquímicos



5.4 DISCUSIÓN

Por las características de los rellenos, los sitios propuestos para los embalses no se encuentran emplazados sobre zonas acuíferas. La geología de los sectores vecinos a la unidad donde se desarrolla el proyecto, tampoco muestra buenas condiciones acuíferas.

La morfología de la cuenca se encuentra influenciada en gran medida por los cursos fluviales. Éstos son los que generan procesos tanto de erosión, transporte y depositación. De acuerdo a esto, en las partes altas de las cuencas suelen ocurrir procesos de erosión sobre las paredes rocosas (en quebradas de alta montaña), o erosión de los suelos cuando éste está presente en los lechos de los ríos. El proceso de transporte se produce a medida que la fuerza del caudal arrastra los sedimentos provenientes de las cabeceras de los cauces.

Cuando la corriente disminuye, se producen depositaciones de material grueso que da origen a los bancos fluviales en medio de los lechos. Esta es una de las principales características del Río Cato, ya cercano a su confluencia con el Río Ñuble.

Lo anterior indica que recién en la zona terminal de la evaluación hidrológica, se empieza a manifestar el relleno cuaternario, que conforma un acuífero de importancia.

El análisis hidroquímico, concluye que las aguas presentan un bajo recorrido; en el marco de la evaluación hidrogeológica, la composición del agua en el pozo DB30 (Huape), muestra que la recarga presenta un bajo recorrido, por lo tanto, no hay presencia de un acuífero importante ubicado aguas arriba de este punto.

En conclusión, con la evidencia presentada, no se está en presencia de un acuífero en los sitios propuestos, por lo tanto, se libera a las obras de cualquier impacto al respecto.

6 DERECHOS DE AGUAS

La misma sectorización del área de estudio, desarrollada según criterios agronómicos e hidrológicos, fue utilizada para el vaciado de información sobre derechos de aguas superficiales.

6.1 SECTORIZACIÓN

De acuerdo a la recopilación de antecedentes referente a coberturas de riego, se asignaron áreas de riego a canales que captan el recurso tanto directamente de los cauces principales, como también de esteros afluentes a esos cauces.

Son tres los sistemas hidrológicos involucrados:

- Río Cato
- Río Niblinto
- Río Coihueco

A su vez, el Río Cato se subdividió en tres zonas, Cato1, definida entre su cuenca de cabecera y la descarga del Río Niblinto; Cato2, corresponde a la zona del Río Cato entre las confluencias de Niblinto y Coihueco; Cato3, zona terminal del Río, desde aguas abajo de la confluencia del Río Coihueco, hasta la estación fluviométrica Cato en Puente Cato.

Por su parte, el Río Niblinto se divide en dos zonas, Niblinto1 y Niblinto 2, zonas definidas entre la naciente y la estación fluviométrica Nibilinto antes del canal alimentador, y este último punto y la descarga en el Río Cato, respectivamente.

El Río Coihueco se considera en su totalidad como una sola zona, denominada Coihueco1.

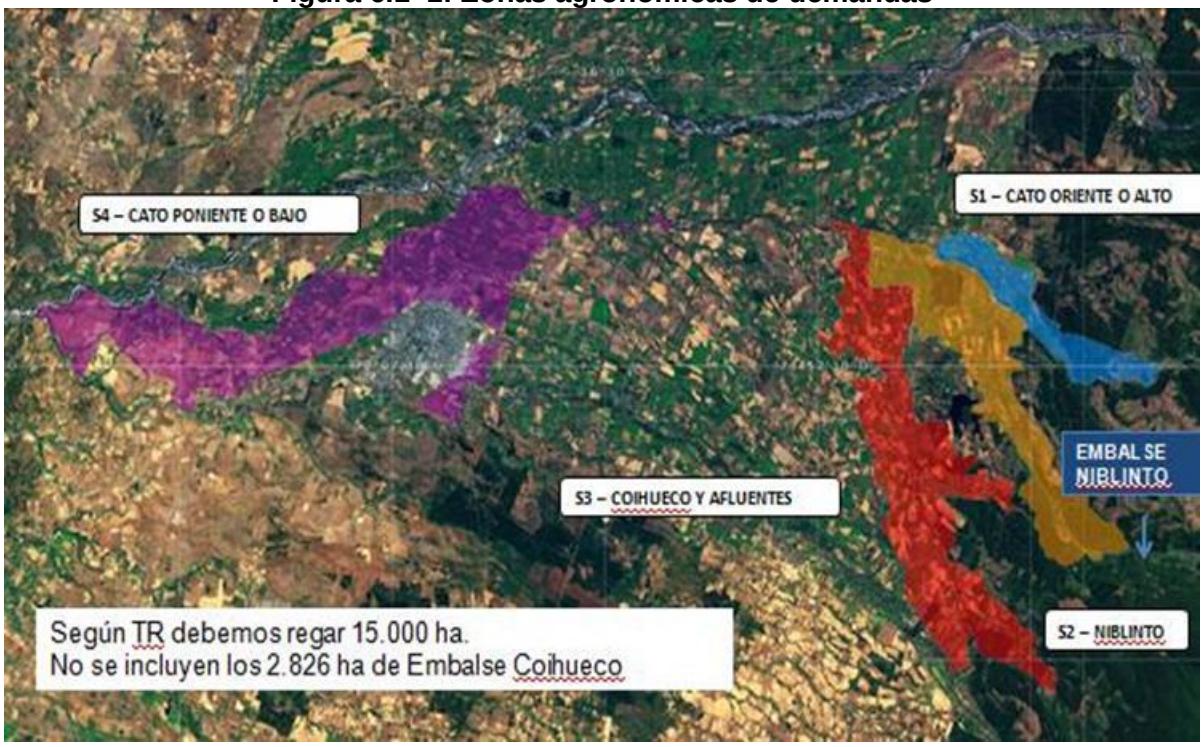
El análisis agronómico (2012), agrupa las demandas en cuatro sectores globales: Cato Oriente o Alto (sector 1), Niblinto (sector 2), Coihueco (sector 3) y Cato Poniente o Bajo (sector 4).

En la **Tabla 6.1- 1**, se presenta la equivalencia entre zonas agronómicas e hidrológicas.

Tabla 6.1–1: Áreas de Riego obtenidas de evaluación agronómica (2012)

Sector Hidrológico	Sector Agronómico
Cato 1	Sector 1
Cato 2	Sector 1
Niblinto 1	Sector 2
Niblinto 2	Sector 2
Coihueco1	Sector 3
La Luz Cato (Cato 3)	Sector 4

Figura 6.1–1: Zonas agronómicas de demandas



6.2 DERECHOS DE AGUAS SUPERFICIALES CONSTITUIDOS

En la zona de estudio, que como límite de salida considera al Río Cato en Puente Cato, se identifican cuarenta y cuatro (44) derechos de aguas consuntivos permanentes, y cuatro derechos de uso no consuntivo, pero sólo uno de ellos en el sector de posible influencia del embalse, se trata de un derecho en el Río Niblinto por un caudal de 8 m^3/s.

En la carpeta *Anexo 2*, se encuentran todas las planillas utilizadas para el desarrollo de este capítulo.

Tabla 6.2–1: Derechos de aguas asociados a sectores de riego

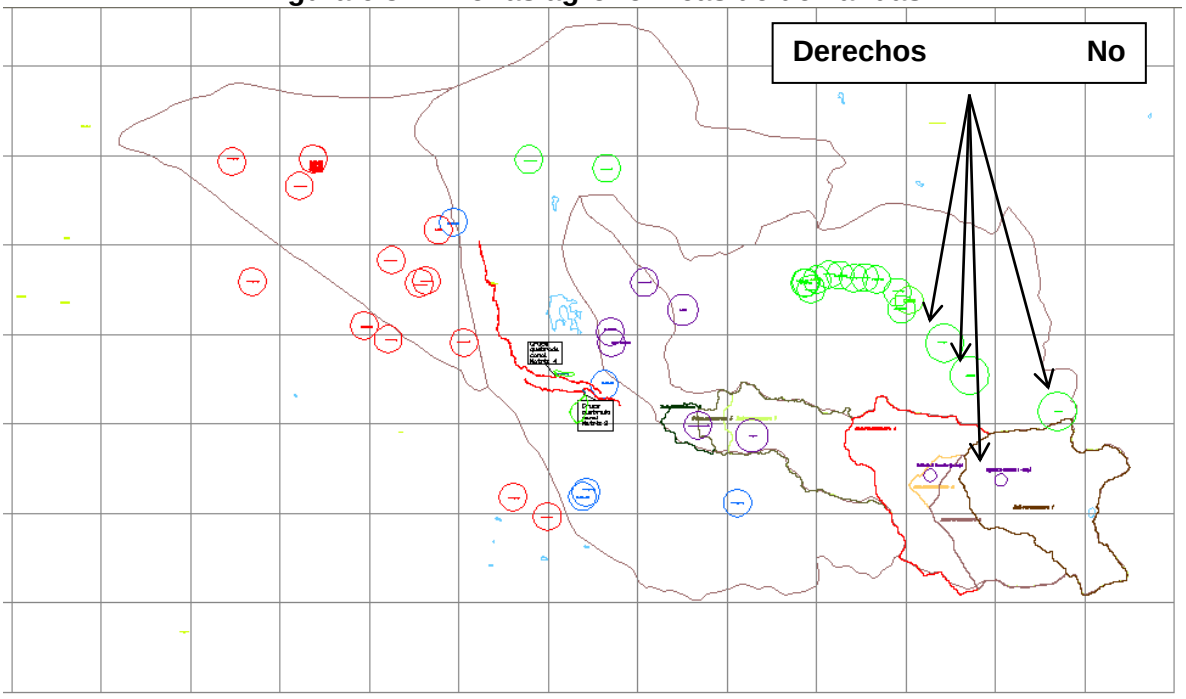
Id y/o Res. DGA	Comuna	Q (l/s)	Nor_Cap	Este_Cap	Sector	Subsector
307	Coihueco	15	5.937.186	253.143	Sector 3	Coihueco 1
318	Chillan	15	5.949.644	232.318	Sector 4	Cato 3
326	Chillan	70	5.931.163	252.122	Sector 3	Coihueco 1
885	Coihueco	15	5.939.720	241.045	Sector 4	Cato 3
925	Coihueco	1	5.929.807	249.949	Sector 4	Coihueco 1
929	Coihueco	6	5.946.275	244.690	Sector 3	Coihueco 1
938	Coihueco	60	5.941.400	269.750	Sector 1	Cato 1
940	Chillan	4,11	5.949.800	236.840	Sector 4	Cato 3
941	Chillan	8,94	5.949.800	236.840	Sector 4	Cato 3
942	Chillan	4,29	5.949.800	236.840	Sector 4	Cato 3
943	Chillan	3,77	5.949.800	236.840	Sector 4	Cato 3
944	Chillan	17,6	5.949.800	236.840	Sector 4	Cato 3
961	Coihueco	6	5.941.890	270.160	Sector 1	Cato1
962	Coihueco	7	5.942.348	269.535	Sector 1	Cato1
963	Coihueco	12	5.943.050	268.347	Sector 1	Cato1
964	Coihueco	5	5.943.165	267.685	Sector 1	Cato1
965	Coihueco	7	5.943.135	267.063	Sector 1	Cato1
966	Coihueco	20	5.943.300	266.290	Sector 1	Cato1
967	Coihueco	5	5.943.310	265.670	Sector 1	Cato1
968	Coihueco	8	5.941.890	270.160	Sector 1	Cato1
969	Coihueco	3	5.943.045	264.995	Sector 1	Cato1
970	Coihueco	20	5.942.520	264.685	Sector 1	Cato1
971	Coihueco	5	5.942.895	264.400	Sector 1	Cato1
972	Coihueco	30	5.942.885	264.315	Sector 1	Cato1
977	Coihueco	60	5.949.770	248.915	Sector 1	Cato2
979	Chillan	4	5.949.290	253.256	Sector 1	Cato1
1015	Coihueco	6	5.940.156	253.473	Sector 2	Niblinto2
1024	Coihueco	30	5.940.500	239.700	Sector 4	Cato3
1053	Coihueco	44	5.930.928	251.919	Sector 3	Coihueco 1
1055	Coihueco	120	5.930.578	260.569	Sector 3	Coihueco 1
1063	Chillan	14,33	5.949.820	236.855	Sector 4	Cato 3
1069	Chillan	8,01	5.949.820	236.855	Sector 4	Caro 3
1072	Coihueco	70	5.948.275	236.075	Sector 4	Cato 3
1080	Coihueco	60	5.942.950	233.450	Sector 4	Cato3
1083	Coihueco	25	5.939.550	245.280	Sector 4	Cato3
1126	Coihueco	20	5.930.911	248.030	Sector 4	Cato 3
1198	Coihueco	12	5.944.146	241.240	Sector 4	Cato3
1203	Coihueco	8	5.942.994	243.159	Sector 4	Cato3
1217	Coihueco	5,4	5.942.858	242.797	Sector 4	Cato3
4290	Coihueco	20MMm3	5.934.920	258.370	Sector 2	Niblinto 1
6951	Coihueco	35	5.942.900	255.385	Sector 2	Niblinto2
E. Coihueco		81,66MMm3	5.939.507	253.540	Sector 2	Niblinto 2
Res DGA 59/2009			5.941.360	257.520	Sector 2	Niblinto 2
Res DGA 182/2011			5.945.844	243.840	Sector 4	Cato 3
12658 (Res DGA 386/2010)	Coihueco	8.000	5.931.850	275.300	Sector 2	Niblinto 1
Res DGA 4/2009			5.939.500	272.150	Sector 1	Cato 1
Res DGA 5/2009			5.935.700	278.450	Sector 1	Cato 1
Res DGA 7/2009			5.937.700	273.550	Sector 1	Cato 1

De esta forma se hace posible establecer por cada sistema de riego, cual es la demanda en términos de derechos de aguas.

6.3 DEMANDAS EN TÉRMINOS DE DERECHOS DE AGUAS

Entonces por cada sistema de riego se agrupan los derechos de aguas constituidos, y con ello la demanda legalmente establecida.

Figura 6.3–1: Zonas agronómicas de demandas



En la carpeta *Anexo 2*, se encuentra plano en archivo denominado *DerechosdeAguasNiblinto.dwg*, con la ubicación de los derechos de aguas.

Tabla 6.3–1: Demandas de riego Sector 1 (l/s)

Id y/o Res. DGA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
938	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60,00
961	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6,00
962	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7,00
963	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12,00
964	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5,00
965	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7,00
966	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20,00
967	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5,00
968	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8,00
969	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,00
970	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20,00
971	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5,00
972	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30,00
977	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60,00
979	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,00
Res59/2009	0	0	0	0	0	80	80	80	80	80	0	0	33,33
Total (l/s)	**252**	**252**	**252**	**252**	**252**	**332**	**332**	**332**	**332**	**332**	**252**	**252**	**285**

Tabla 6.3–2: Demandas de riego Sector 2 (l/s)

Id	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
1015	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4290					1.513	1.513	1.513	1.513	1.513				1.513
6951	0	0	0	0	35	35	35	35	0	0	0	0	12
E. Coihueco	400	300	100			5.000	5.000	5.000	2.700	2.600	4.200	5.600	3.090
Total (l/s)	406	306	106	6	1.554	6.554	6.554	6.554	4.219	2.606	4.206	5.606	4.621

Tabla 6.3–3: Demandas de riego Sector 3 (l/s)

Id	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
307	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15,00
326	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70,00
929	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6,00
1053	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44,00
1055	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120,00
Totales	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255

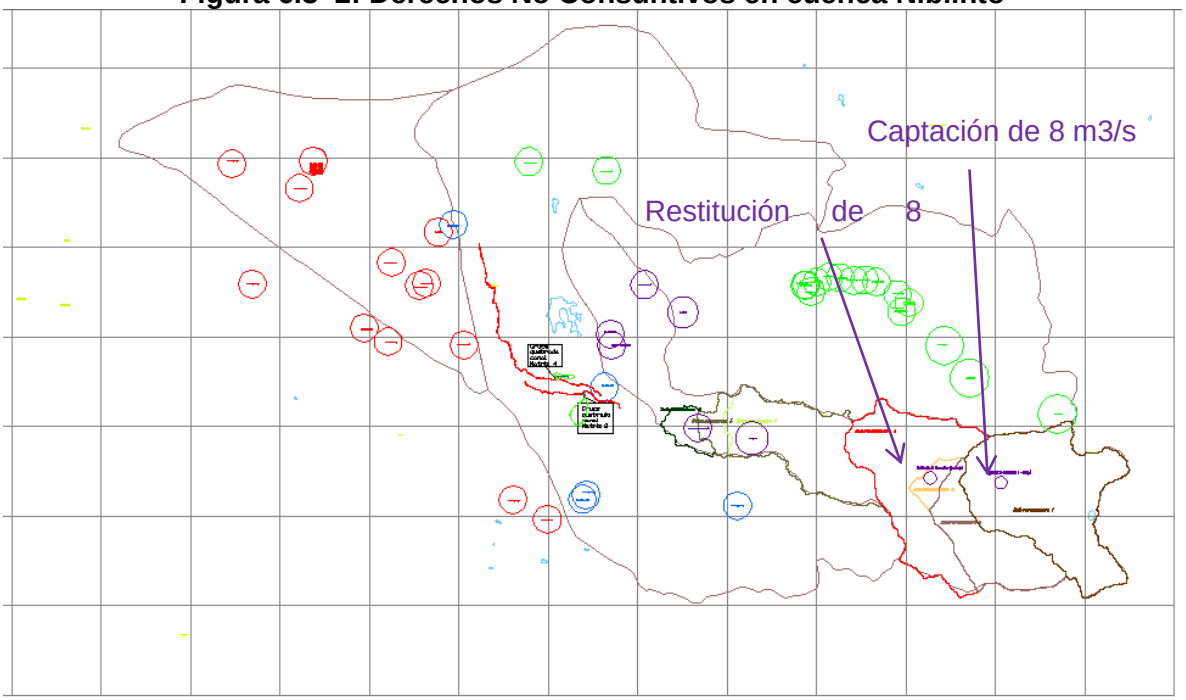
Tabla 6.3–4: Demandas de riego Sector 4 (l/s)

Id y/o Res DGA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
318	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
885	15		15		15		15		15		15		15
925	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
940	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
941	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
942	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
943	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
944	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18

Id y/o Res DGA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
1024	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
1063	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
1069	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
1072	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
1080	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
1083	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
1126	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
1198	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
1203	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
1217	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Res182/2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total (l/s)	322	307	322	307	322	307	322	307	322	307	322	307	322

Respecto a lo derechos no consuntivos, ya se mencionó que sólo uno de ellos, se ubica en zona potencial de impacto de los sitios de embalses, se trata de la captación de coordenadas N: 5.931.850 y E: 275.300, y cuya restitución se ubica en el punto de coordenadas N: 5.932.100 y E: 271.350. El ejercicio de estos derechos no afecta al proyecto, toda vez que captación y restitución se encuentran aguas arriba de los posibles emplazamientos del embalse (ver **Figura 6.3- 2**).

Figura 6.3–2: Derechos No Consuntivos en cuenca Niblinto



6.4 BALANCE OFERTA DEMANDA

La zona de proyecto se corresponde con el sector 2, de la sectorización presentada en este capítulo (**Tabla 6.3- 2**). Entonces con ello ya se dispone de la demanda en términos de derechos consuntivos permanentes. Adicionalmente, debe sumarse el caudal de preservación y protección del medio ambiente, que según la Resolución DGA 0312, del 12 de septiembre del 2008, se establece en 0,901 m^3/s. A continuación se presentan en orden de prelación los derechos de carácter eventuales.

La oferta de agua, la proporciona la evaluación de la disponibilidad hidrológica, que según el desarrollo del apartado correspondiente de este informe, equivale a la sección de emplazamiento del embalse de Aguas Abajo, y es la que se presenta a continuación:

Tabla 6.4–1: Disponibilidad en zona de proyecto (m^3/s)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Q (85%)	0,69	0,38	0,35	0,60	2,54	7,24	7,51	5,97	5,58	3,87	3,08	1,50

Tabla 6.4–2: Demandas de agua permanentes (m^3/s)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Derechos permanentes	0,41	0,31	0,11	0,01	1,55	6,55	6,55	6,55	4,22	2,61	4,21	5,61

Tabla 6.4–3: Demanda Caudal Ecológico (m^3/s)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Caudal ecológico	0,901	0,901	0,901	0,901	0,901	0,901	0,901	0,901	0,901	0,901	0,901	0,901

Tabla 6.4- 4: Demandas Eventuales (m^3/s)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Res 312/2008	0	0	0	0	13,617	13,617	13,617	13,617	13,617	0	0	0
Res 53/2009	0	0	0	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0
Res 59/2009	0	0	0	0	0,08	0	0	0	0	0	,080	0,08

A continuación se efectúa el balance oferta demanda, destacando que el primer derecho eventual en la zona, corresponde a aguas constituidas a favor del Fisco (Res. DGA 312/2008).

Tabla 6.4–5: Balance Oferta Demanda Permanente (m^3/s)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
B. D. Permanentes	0	0	0	0	0,089	0	0,059	0	0,459	0,359	0	0

Tabla 6.4–6: Balance Oferta Demanda Permanente + Eventual (m^3/s)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
D. Permanentes+Eventuales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,359	0	0

Según los balances recién presentados, se puede concluir que prácticamente no existe la disponibilidad de recursos, que avalen una nueva solicitud de derechos de aguas en la zona.

7 ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO

El estudio sedimentológico está orientado a estimar el volumen de sedimento que quedará depositado en el embalse. Para esto, es necesario cuantificar el transporte en suspensión y de arrastre de fondo de los sedimentos. Esta cuantificación requiere contar con antecedentes hidrológicos, topo-batimétricos y sedimentométricos de los cauces y de la zona en estudio.

En general, la adecuada cuantificación del gasto sólido en suspensión demanda contar con estadísticas del material fino transportado por el escurrimiento en los cauces de interés, las que deben ser lo suficientemente largas (algunas decenas de años) para asegurar la apropiada estimación de la cantidad de sedimento.

Por otra parte, el transporte de fondo es usualmente estimado a partir de relaciones empíricas o semi-empíricas, las que requieren caracterizar al sedimento del lecho del cauce, la topografía y las propiedades hidráulicas del flujo.

A continuación se presenta la metodología a seguir para la estimación de los volúmenes de sedimento susceptibles de ser retenidos en los sitios de embalse seleccionados correspondientes a los sitios 1, 2 y 3.

7.1 CARACTERIZACIÓN FLUVIOMÉTRICA

La caracterización fluviométrica de los cursos afluentes a los embalses proyectados se realizó mediante la utilización de las Curvas de Gastos Clasificados[1] o Curvas de Duración de los caudales medio diarios.

Esta curva, corresponde a una distribución de frecuencia acumulada que indica el porcentaje del tiempo durante el cual los caudales medios diarios han sido igualados o excedidos, de esta forma, se recogen las características fluviométricas del cauce en estudio en todo su rango de caudales[2].

La determinación de las curvas de duración se realizó mediante la utilización del método del Período Total. Éste considera la definición de grupos de caudales de acuerdo con su magnitud y una cuantificación para cada clase del número de veces en que el valor umbral de dicha clase es igualado o superado.

La información base, considerada en la definición de las curvas de duración, corresponde a caudales medios diarios, asociados a los puntos donde se proyectan los embalses, los cuales se obtuvieron de las estaciones de fluviométricas dependientes de la DGA.

[1] "Elementos de Hidrología", Espildora, B. 1975.
[2] "Elementos de Hidrología", Espildora, B. 1975.

7.2 GASTO SÓLIDO EN SUSPENSIÓN

7.2.1 Serie de Gasto Solido en Suspensión

Al no contar con estadística sedimentométrica registrada en forma directa en la cuenca en donde se emplazan los posibles embalses, los sedimentos en suspensión provenientes del lavado de cuenca que llegan al cauce afluente a los embalses para diferentes caudales, se estimaron a partir de las estadísticas sedimentométricas disponibles en las estaciones que opera la DGA en las cuencas vecinas. Esto en razón, a que permite contar con antecedentes de cuencas que tienen una respuesta hidrológica y sedimentológica, acorde a la realidad topográfica y morfológica de la zona.

Los resultados de las relaciones gasto sólido en suspensión y caudales medios diarios presentan una dispersión que llega a los dos ciclos logarítmicos, se utilizaron los resultados más conservadores (en el sentido que estiman un mayor valor del volumen de sedimento retenido en el embalse) para la estimación del sedimento afluente a los posibles embalses, asociados al ajuste superior de la relación Gasto Sólido en Suspensión versus Caudal obtenido, a partir de la estadística de las estaciones de la zona.

El volumen esperado producto de este tipo de transporte, se determinó a partir de la integración, en forma discreta, de la Curva de Duración del gasto sólido en suspensión generada en base a su análoga para los caudales medios diarios, los que fueron determinados previamente en el estudio hidrológico.

7.2.1.1 Determinación del Volumen de Sedimento Retenido en Cada Embalse

Para estimar el volumen de sedimento fino retenido en el embalse, primero debe determinarse la eficiencia de atrape, la que se obtuvo a partir del uso del método empírico de G. M. Brune[3].

La compactación del sedimento a lo largo del período de vida útil del embalse se determina mediante el criterio de Miller y el de Lane y Koelzer[4].

7.2.2 Gasto Sólido de Fondo

El gasto sólido de fondo se estimó a partir de las relaciones de cálculo de Meyer-Peter y Müller[5] (1948), Ackers y White (1973) y Wilcock y Crowe (2003). La ecuación de Meyer-Peter es de amplio uso en Chile y está sustentada en una fuerte base empírica. Esta relación fue deducida para sedimentos de tamaño relativamente uniforme. La relación de Wilcock y Crowe, en cambio, fue desarrollada específicamente para granulometrías gruesas y extendidas, considerando la generación de una coraza. Esta relación considera el efecto de la fracción de arenas en la capa superficial sobre el transporte de las fracciones más gruesas.

[3] "Sedimentación en Embalse", Capítulo 18 – Manual de ingeniería de ríos, Comisión Nacional del Agua, México.
[4] "Sedimentación en Embalse", Capítulo 18 – Manual de ingeniería de ríos, Comisión Nacional del Agua, México.
[5] "Capítulo 3, Manual de Carreteras.

El uso de la relación de Meyer-Peter y Müller y Ackers y White requiere conocer la distribución granulométrica del sedimento de los cauces. La relación de Wilcock y Crowe requieren conocer la granulometría de la coraza, la que se estimó mediante el método de Gessler a partir de la granulometría integral. Las propiedades del flujo (esfuerzo de corte, radio hidráulico, ancho superficial, etc.), fueron determinados a partir del eje hidráulico. Se definió el gasto sólido representativo de los afluentes a los posibles embalses, como el promedio del gasto sólido producido en cada perfil transversal de los últimos metros que confluyen al sector de emplazamiento del embalse.

Para cada caudal se determinó el gasto sólido de fondo asociado a cada tramo y, a partir de las curvas de duración de los caudales medios se determinaron las curvas de duración del gasto sólido y, a partir de ellas, el gasto sólido esperado.

7.2.2.1 Ejes Hidráulicos

En los distintos cauces de interés se debe determinar el eje hidráulico para caudales asociados a distintos períodos de retorno. El cálculo del eje hidráulico se hizo a través del software HEC-Ras, el que requiere haber definido secciones transversales de los cauces y el coeficiente de rugosidad de Manning. Este coeficiente fue estimado a partir de la relación de Cowan [6], considerando como valor base (n_0) el que resulta de la relación de Strickler, donde el d_{90} es determinado a partir de la curva granulométrica del material del lecho.

7.3 DESARROLLO

7.3.1 Curvas de Duración Caudales Medios Diarios

7.3.1.1 Información Disponible

La fuente de información corresponde a los registros administrados por la Dirección General de Aguas asociado a la estación Río Niblinto antes Canal Alimentador Coihueco. Las características principales de dichas estaciones se resumen en la Tabla 7-1

[6] "Capítulo 3, Manual de Carreteras.

Tabla 7-1: Estación Fluviométrica

Estación	Área (km²)	Coordenadas		Altitud (msnm)
		Latitud Sur	Longitud Oeste	
Río Niblinto antes Canal Alimentador Coihueco	161,9	36º39’	71º45’	335

Fuente: Dirección General de Aguas.

Para caracterizar el régimen de caudales de los posibles embalses, se utilizó los registros de la estación mencionada, pues esta se encuentra ubicada aguas abajo del emplazamiento de los embalses, sobre el mismo río afluente a éstos.

Sobre la serie de datos registrados se aplicó la metodología denominada Período Total para establecer las curvas de duración. Este método consta de un procedimiento gráfico para el análisis de la frecuencia de los datos de caudales y representa la frecuencia acumulada de ocurrencia de un caudal determinado. Es un gráfico que presenta el caudal, Q, como ordenada y el número de días del año (generalmente expresados en % de tiempo) en que ese caudal, Q, es excedido o igualado, como abscisa. La ordenada Q para cualquier porcentaje de probabilidad, representa la magnitud del flujo en un año promedio, que espera que sea excedido o igualado un porcentaje, P, del tiempo. Los datos de caudal medio anual, mensual o diario se pueden usar para construir la curva. Los caudales se disponen en orden descendente, usando intervalos de clase si el número de valores es muy grande. Si N es el número de datos, la probabilidad de excedencia, P, de cualquier descarga(o valor de clase), Q, es:

$$P = \frac{m}{N} 100 \qquad (7.3.1)$$

Siendo m el número de veces que se presenta en ese tiempo el caudal.

Luego, a partir de esa información, mediante transposición de caudales, se generó la estadística para los tres embalses preseleccionados en Niblinto. Los resultados obtenidos se ilustran en la Figura 7-1, Figura 7-2 y Figura 7-3, correspondientemente.

Figura 7-1: Curva de Duración Sitio 1

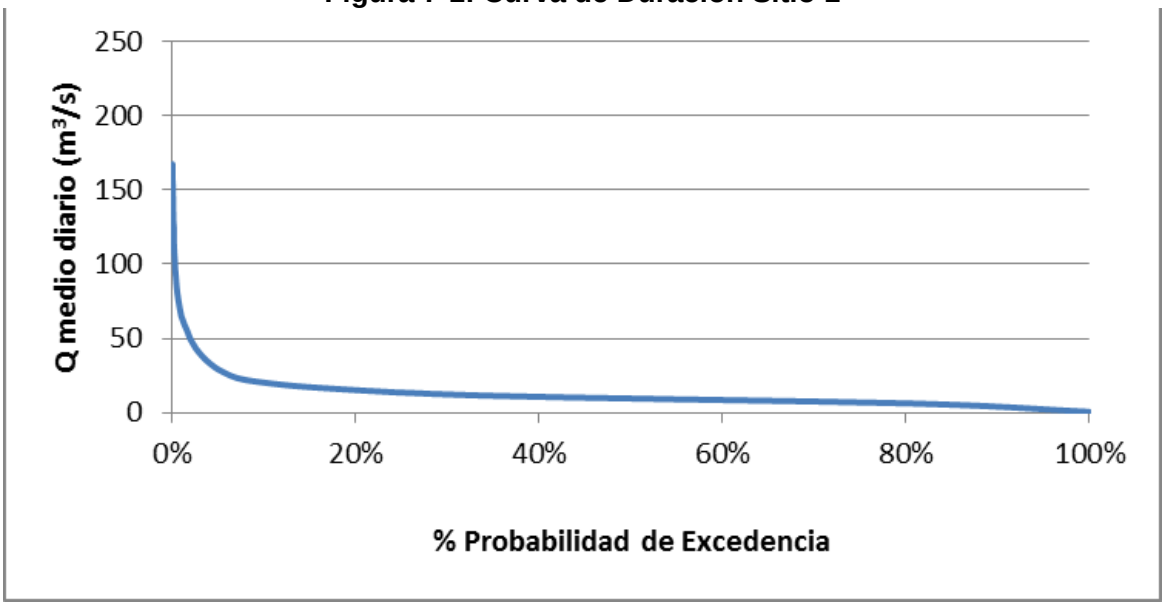


Figura 7-2: Curva de Duración Sitio 2

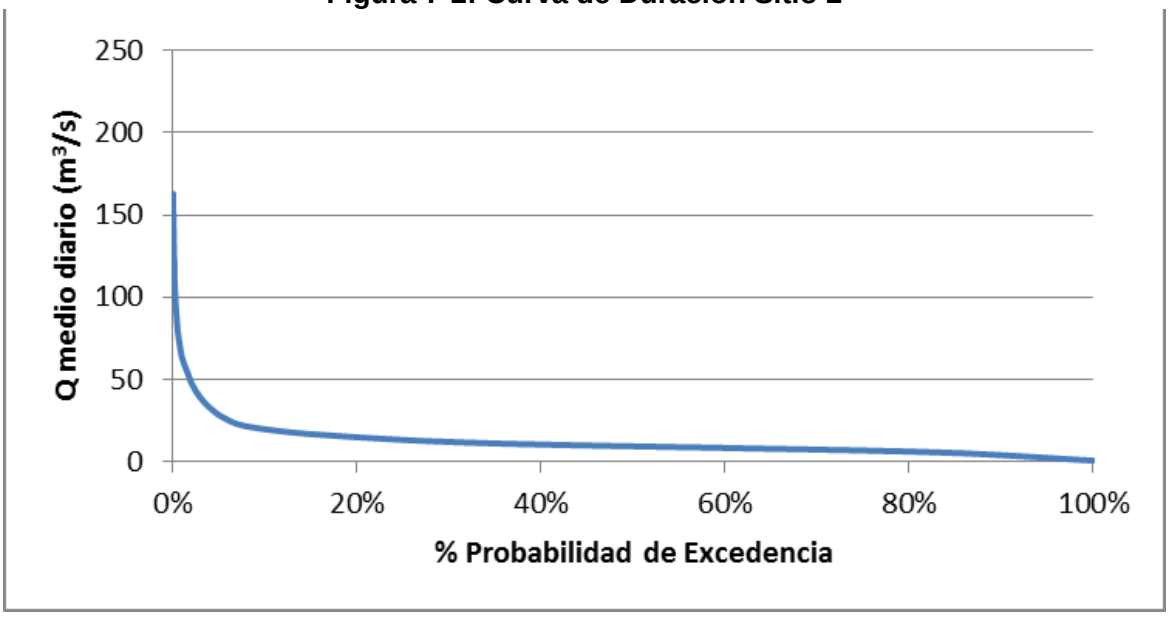
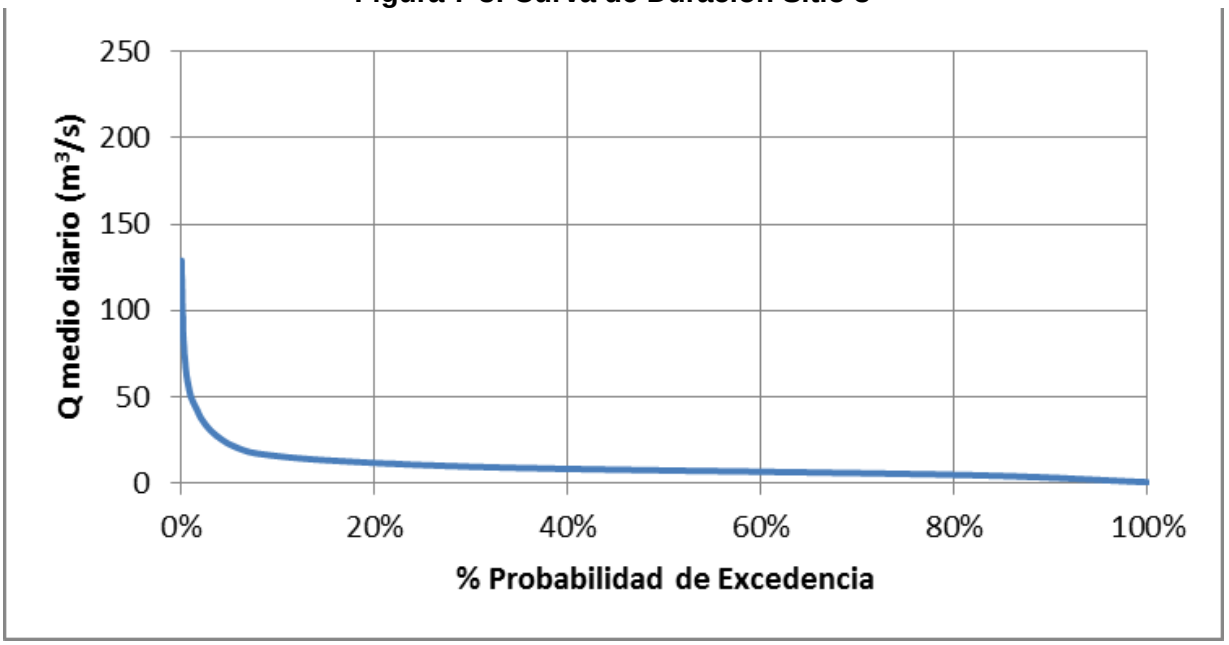


Figura 7-3: Curva de Duración Sitio 3



7.3.2 Relación Caudal – Gasto Sólido en Suspensión

Para cuantificar el material fino que es transportado como sedimento en suspensión por los afluentes a los embalses de los sectores 1, 2 y 3, se relacionó el Gasto Sólido en Suspensión (G_{SS}) con el Caudal Medio Diario (Q_{MD}) a partir de las estadísticas de la DGA disponible.

7.3.2.1 Información Disponible

La fuente de información corresponde a los registros administrados por la DGA asociados a las estaciones *Río Itata en Cholguan, Río Diguillín en San Lorenzo (Atacalco), Río Ñuble en San Fabián, Río Ñuble en San Fabián N°2 en la* VIII Región *y Río Perquilauquen en San Manuel* VII Región. En la Figura 7-4 se muestra la ubicación de las estaciones sedimentológicas consideradas y la zona de emplazamiento de los posibles embalses.

Figura 7-4: Estaciones Sedimentológicas en cuencas vecinas al Río Niblinto

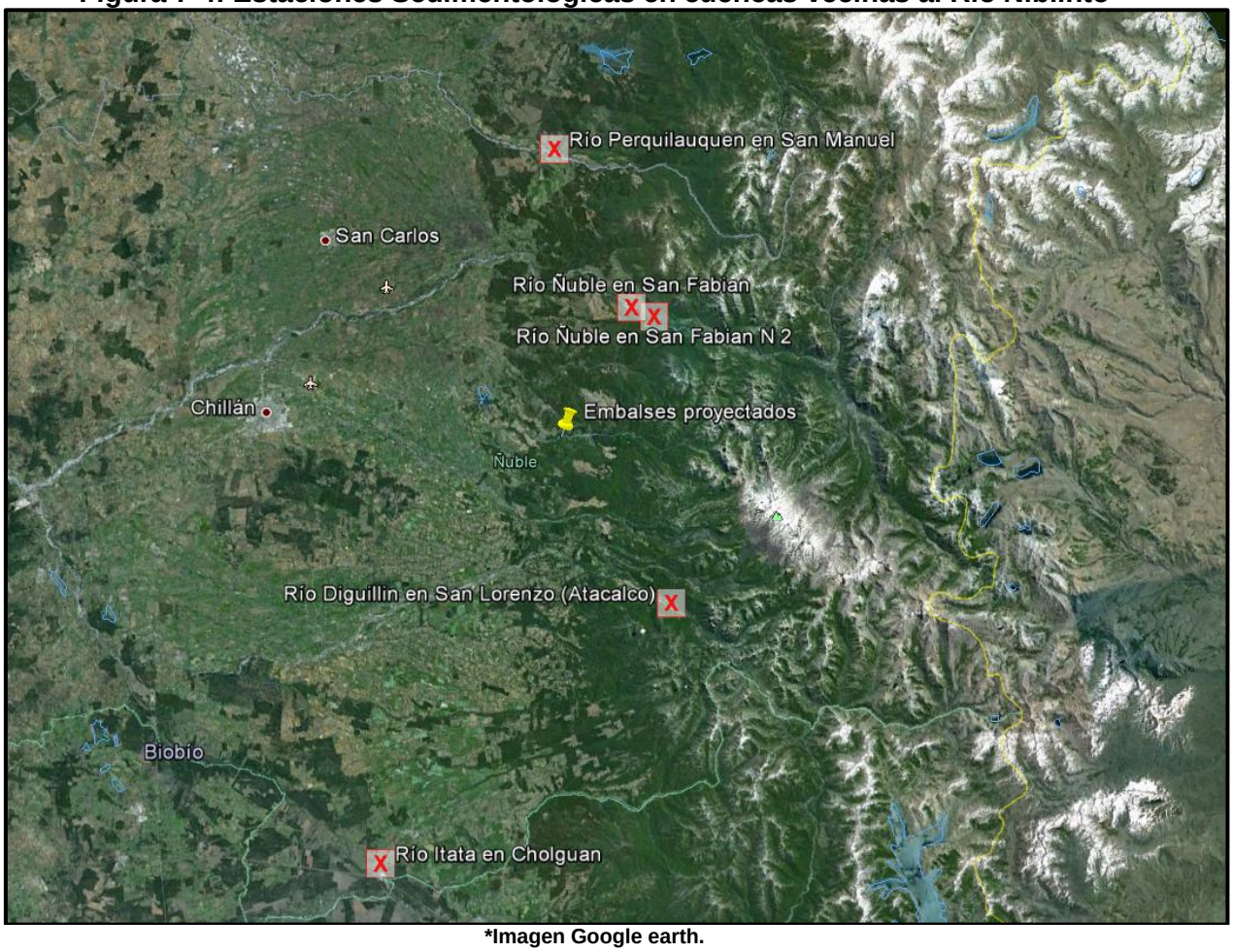
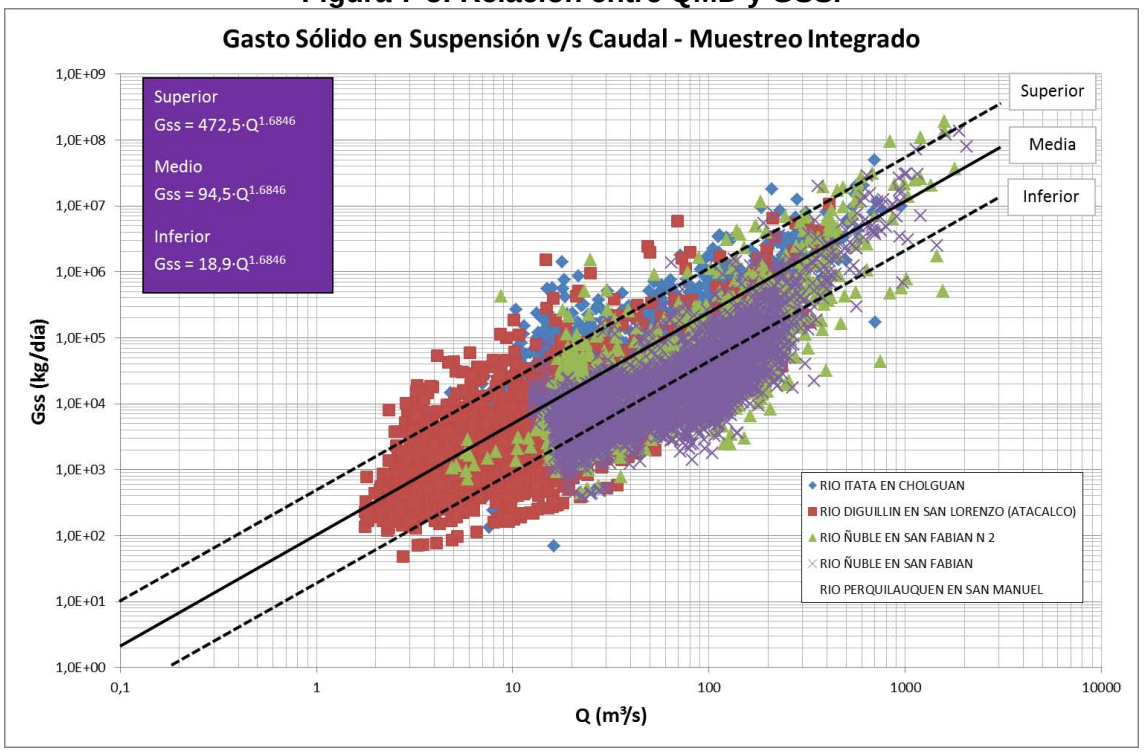


***Imagen Google earth.**

Se trabajó con los datos de los muestreos rutinario e integrado de las estaciones antes mencionadas por ser de la misma zona y tener una estadística más completa. Estos resultados se presentan en la Figura 7-5.

Figura 7-5: Relación entre QMD y GSS.



Donde las curvas que aparecen graficadas implican:

- Superior: Se consideró como criterio una envolvente 5 veces mayor a la media.
- Media: Se consideró como criterio una media visual sobre los valores de crecidas.
- Inferior: Se consideró como criterio una envolvente 5 veces menor a la media.

Bajo la curva superior se encuentra el 97,4% de los datos. Se elige este valor de manera conservadora con el objeto de mayorar el aporte de sedimentos al embalse, con lo que la relación adoptada fue de:

$$G_{SS} = 446.5 \cdot Q_{MD}^{1,6846} \qquad (7.3.2)$$

Gss : Gasto sólido en suspensión (kg/día).
Q_{MD} : Caudal medio diario (m³/s).

7.3.3 Curvas de Duración del Gasto Sólido en Suspensión

7.3.3.1 Aporte de los Caudales Medios Diarios

A partir de la curva de duración de los Q_{MD} definida anteriormente (punto 7.3.1) para los afluentes a los embalses de los sectores 1 al 3, y de su correlación con el G_{SS}, es posible generar la curva de duración de este último.

Integrando esta curva en forma discreta, se obtiene el valor del volumen másico diario esperado de sólido en suspensión afluente a cada embalse, con lo que es posible determinar el tonelaje de sólido depositado en cada embalse al término de la vida útil (50 años) de éstos.

Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 7-2. Notar, que existe una diferencia entre el gasto sólido en suspensión esperado, calculado como $\sum G_{ss}\Delta p$, respecto al gasto sólido asociado al caudal con una probabilidad de excedencia del 50%.

Tabla 7-2: Sedimento en Suspensión Esperado Aportado por los Caudales Medios Diarios

EMBALSE	Sedimento en Suspensión Afluente		
	(kg/día)	*(ton/año)*	*(ton/año 50)*
Sector 1	47.088	17.187	859.349
Sector 2	44.970	16.414	820.695
Sector 3	30.311	11.064	553.177

7.3.4 Eficiencia de Atrape (ER)

La eficiencia de atrape corresponde a la capacidad del embalse de atrapar y retener los sedimentos que confluyen por el transporte en suspensión.

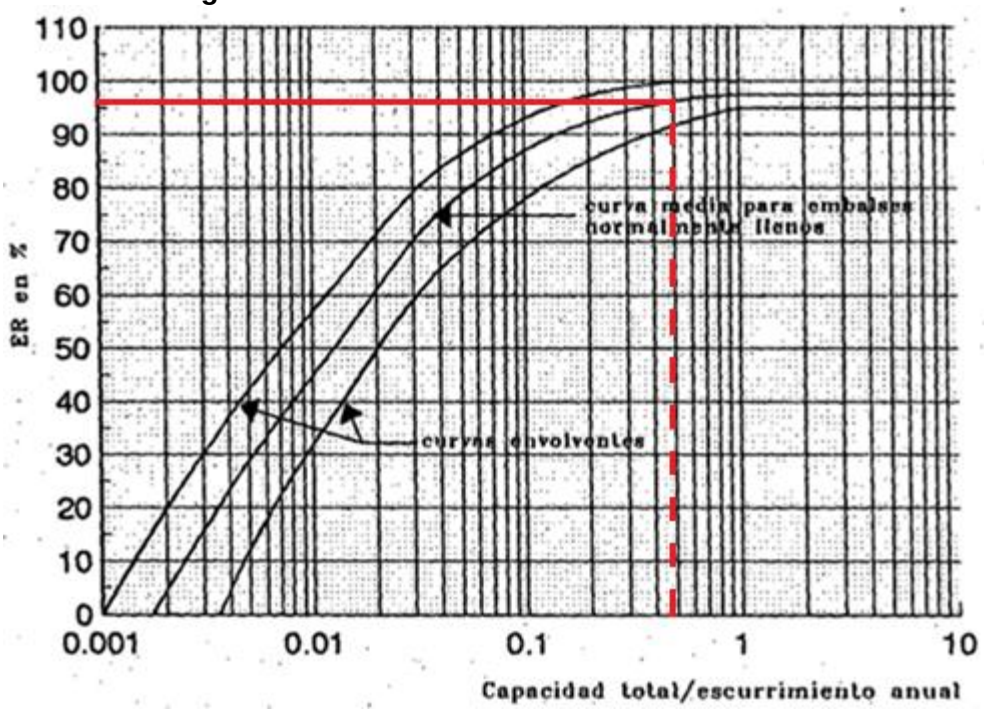
Para su estimación se utilizó el método empírico de G.M. Brune. Este método permite obtener la ER en función de la capacidad total y el escurrimiento anual, a través de la curva media del gráfico que se muestra en la Figura 7-6.

En la Tabla 7-3 se consignan los parámetro utilizados para la aplicación del método de G.M. Brune.

Tabla 7-3: Parámetro para el método empírico de G.M. Brune

Embalse	Capacidad (C) (m^3)	Volumen de Escurrimiento medio anual (V) (m^3)	Relación C/V
Sector 1	182.000.000	386.959.908	0,470
Sector 2	178.500.000	376.531.276	0,474
Sector 3	141.500.000	297.923.494	0,475

Figura 7-6: Curva de retención de G. M. Brune.



Los resultados obtenidos arrojaron eficiencias de atrape de un *96%* para todos los posibles embalses.

7.3.5 Compactación de los Sólidos

El sedimento fino depositado en los embalses, que fue transportado en suspensión, incrementa su peso específico a través del tiempo al experimentar fenómenos de compactación; dichos fenómenos fueron estimados mediante los criterios de Miller y de Lane & Koelzser, que se describen a continuación:

Miller:

$$W_N = W_1 + 0{,}4343 \cdot K \cdot \left(\frac{N}{N-1}\right) \cdot Ln(N) \qquad (7.3.3)$$

Donde:
W_N : peso específico de los sedimentos después de N años de compactación (en kg/m³).
K : factor de compactación.

Lane & Koelzer:

$$W_N = W_1 \cdot X_1 + (W_2 + K_2 \log N) \cdot X_2 + (W_3 + K_3 \log N) \cdot X_3 \qquad (7.3.4)$$

Donde:

W_N : peso específico de los sedimentos después de N años de compactación (en kg/m³).
W_i : peso específico inicial.
K_i : factor de compactación.
X_i : porcentajes de finos.

El subíndice *i* = *1*, *2* y *3* corresponde a arena, limo y arcilla, respectivamente.

La proporción de los finos de arena, limo y arcilla que se espera lleguen y se acumulen en los embalses de los sectores 1, 2 y 3, se definió a partir de la macrogranulometría que se realizó en la zona. Los sedimentos finos, limos y arcillas, consideran la Malla 200 como tamaño máximo, y se consideraron proporcionalmente iguales. Por su parte, la arena consideró como tamaño máximo el tamiz N°4, es decir, que de acuerdo a los resultados entregado por el laboratorio, se consideró arena lo retenido en los tamices N°10, 40 y 200.

La arena quedó definida como el material que queda sobre la malla N° 200, mientras que los limos y arcillas se consideraron proporcionalmente iguales.

Tabla 7-4: Porcentaje de Material Fino Acumulado

Embalse	Porcentaje de Finos		
	Arena	***Limo***	***Arcilla***
Sectores 1 - 2 - 3	71,40%	14,30%	14,30%

Considerando que la operación del embalse implica que el sedimento estará siempre sumergido, el peso específico esperado para el año 50 en la vida útil del embalse se presenta en la Tabla 7-5:

Tabla 7-5: Peso Específico Esperado

Embalses Sectores 1 - 2 - 3	Peso Específico Esperado (kg/m^3)	
	Miller	***Lane & Koelzer***
Inicio	1.235	1.281
50 años	1.321	1.366

Como criterio conservador se adopta el menor valor, de modo de mejorar los resultados del volumen acumulado en cada embalse.

7.3.6 Volumen Total de Finos

El volumen total de sedimento en suspensión aportado al embalse se consideró igual a la suma del aportado por el caudal medio diario. Las descargas de material aportados al vaso de los embalses como sedimento en suspensión, debido al escurrimiento permanente se espera ocupen los volúmenes acumulados en cada embalse que se resumen en la Tabla 7-6, considerando la eficiencia de atrape antes definida y el peso específico de los sólidos esperado luego de la compactación de éstos al final de la vida útil de los embalses:

Tabla 7-6: Volúmenes de Sólido en Suspensión por Embalse en 50 años

Embalse	Sedimento en Suspensión retenido (m^3)
Sector 1	624.665
Sector 2	596.567
Sector 3	402.107

7.3.7 Depositación de Finos dentro del Embalse

Los volúmenes de finos retenidos en los embalses ocupan un volumen dentro de la capacidad de éstos que se resume a continuación en la Tabla 7-7:

Tabla 7-7: Volumen Ocupado por el Material Fino por Embalse

Embalse	Capacidad (m^3)	Vol. Finos / Cap. embalse
Sector 1	182.000.000	0,34%
Sector 2	178.500.000	0,33%
Sector 3	141.500.000	0,28%

7.3.8 Relación Caudal – Gasto Sólido de Fondo

Para cuantificar el sedimento que es transportado como arrastre sólido de fondo por los afluentes a los embalses de los sectores 1, 2 y 3, se obtuvieron relaciones para el Gasto Sólido de Fondo (G_{SF}) con el Caudal de escurrimiento (Q) a partir de las relaciones de Meyer-Peter & Müller (M-P&M), Ackers y White (A&W) y Wilcock & Crowe (W&C). Finalmente se utilizó la relación obtenida mediante el método de M-P&M dado que su derivación corresponde a la que mejor se adecúa a las condiciones del cauce estudiados.

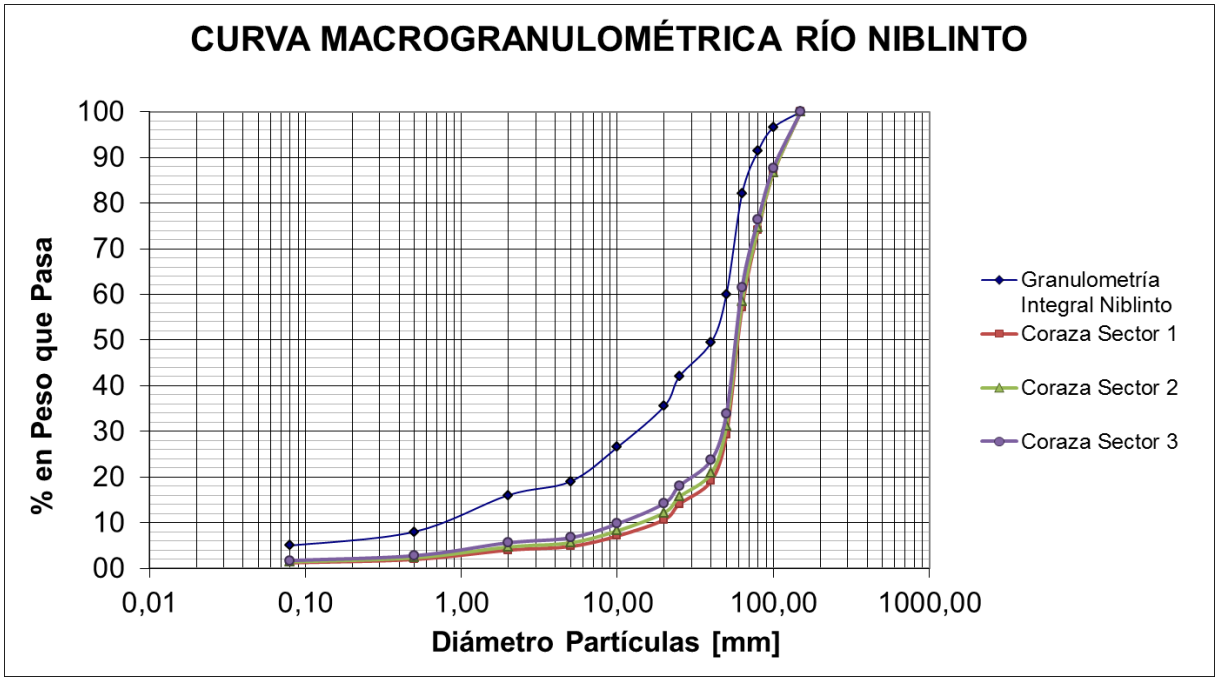
7.3.8.1 Información Granulométrica Disponible

Las relaciones de M-P&M y A&W fueron deducidas para sedimentos de tamaño relativamente uniforme, por lo que utilizan un diámetro característico para la estimación de arrastre de fondo, mientras que las relaciones W&C fue desarrollada para granulometrías gruesas y extendidas considerando la generación de una coraza en el lecho, por lo que utiliza la información de las bandas de distribución de los sólidos.

Se realizó la toma de una muestra del material del lecho del río Niblinto mediante la realización de una calicata con una profundidad de 1 m dividida en dos capas de 0,5 m cada una, para un sector característico entre los tres posibles emplazamientos de los embalses. Posteriormente, sobre esta muestra se desarrolló un ensayo macrogranulométrico, el cual abarca un espectro de tamizado comprendido entre una abertura del tamiz de 17" y la malla 200 (0,074 mm). A partir de los resultados obtenidos, se decidió trabajar con las curvas granulométricas integrada.

Para los métodos de M-P&M y A&W se utilizó la información de la curva granulométrica integral de las calicatas mencionadas. A partir de esta información y mediante el método de Gessler, se estimó la granulometría de la coraza constituyente del lecho para los afluentes a los embalses, para la utilización del método de W&C. Para la determinación de la coraza con el método mencionado, se consideró utilizar el caudal asociado a un período de retorno igual a la vida útil del embalse, esto es, 50 años. Las curvas granulométricas de los tres posibles embalses, tanto la original como las estimadas a partir de ésta, se presentan a continuación en la Figura 7-7:

Figura 7-7: Curvas granulométricas - Integral y Corazas estimadas para los embalse de los 3 sectores



7.3.8.2 Ejes Hidráulicos

Del levantamiento topográfico realizado para este estudio se generó la base topográfica de los afluentes a los embalses, la que consistió en un tramo de 500 m para los embalses del sector 1 y 2, y de 250 m para el embalse del sector 3.

Con esta topografía se obtuvieron los perfiles transversales de los afluentes para el cálculo de los ejes hidráulicos mediante el software HEC-RAS 4.0, para distintos caudales. Los parámetros obtenidos a partir del cálculo del eje hidráulico (esfuerzos de corte, radio hidráulico, etc) fueron utilizados para la estimación del gasto sólido de fondo con los métodos antes mencionados, de modo de generar una serie de datos para obtener una relación del tipo G_{SF} – Q.

El coeficiente de rugosidad de Manning (***n***) utilizado fue estimado a partir de la relación de Cowan, considerando como valor base (n_0) el que resulta de la relación de Strickler:

$$n_0 = 0{,}038 \cdot {d_{90}}^{1/6} \qquad (7.3.5)$$

Donde el diámetro característico (**d_{90}**) fue determinado a partir de la curva granulométrica integral. Los valores de los parámetros de la relación de Cowan para ambos embalses se presentan a continuación en la Tabla 7-8:

Tabla 7-8: Parámetros para la Estimación del n de Manning

Parámetro	Valor
m	1,000
n_0	0,025
n_1	0,005
n_2	0,005
n_3	0,000
n_4	0,010

Con estos valores, el valor de ***n*** utilizado fue de **0,045**.

7.3.8.3 Resultados de los Métodos Considerados

Los embalses de los 3 sectores cuentan con un afluente bien definido, por esto, se generaron tres relaciones de G_{SF} – Q, una para cada afluente, de modo de capturar la incidencia de la pendiente media de fondo de cada cauce en cuestión.

Estas relaciones fueron obtenidas mediante los métodos de M-P&M y A&W utilizando la granulometría integral y mediante el método de W&C con la granulometría de la coraza, esta última estimada mediante el método de Gessler.

Finalmente, la relación G_{SF} – Q utilizada para estimar el arrastre de sedimentos de fondo, para los tres afluentes a los embalses propuestos, corresponde al método de Meyer-Peter y Müller, debido a que este entrega los valores más conservadores y a que es la que mejor se

adecúa a las condiciones de aplicabilidad al cauce estudiado. Los resultados de estas correlaciones se presentan gráficamente a continuación en la Figura 7-8, Figura 7-9 y

Figura 7-10:

Figura 7-8: Relación entre GSF y Q para el afluente al embalse Sitio 1

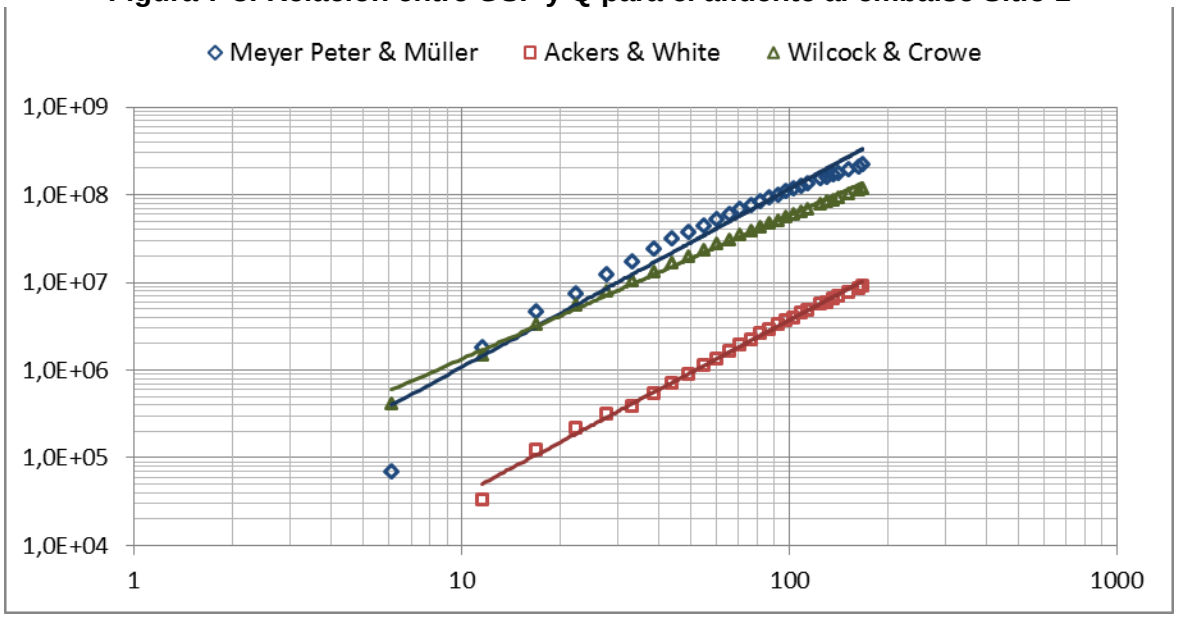


Figura 7-9: Relación entre GSF y Q para el afluente al embalse Sitio 2

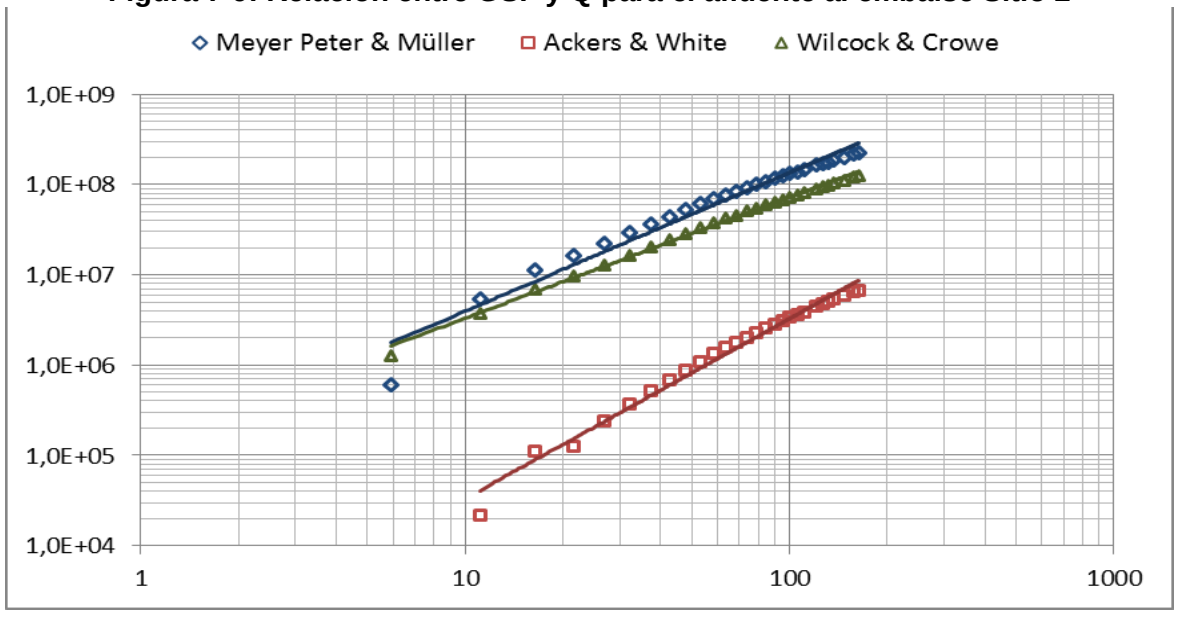
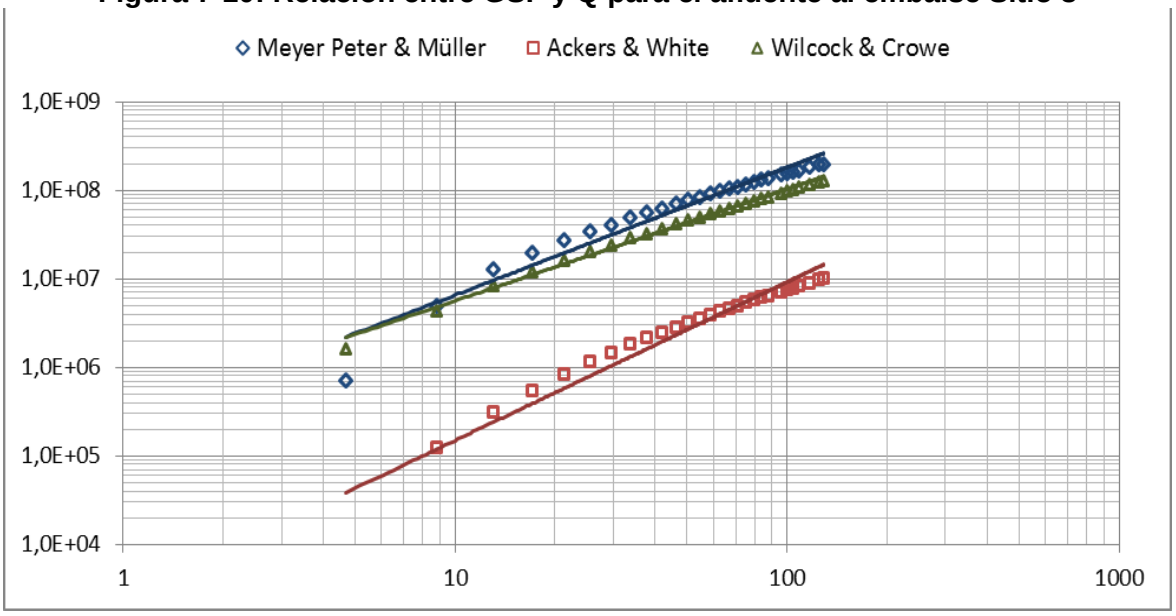


Figura 7-10: Relación entre GSF y Q para el afluente al embalse Sitio 3



7.3.9 Curvas de Duración del Gasto Sólido de Fondo

7.3.9.1 Aporte de los Caudales Medios Diarios

De manera análoga a lo expuesto en el punto 7.3.3.1, a partir de la curva de duración de los Q_{MD} definida en el punto 7.3.1 para los afluentes a los embalses y con la relación de G_{SF} – Q antes expuesta, es posible determinar la descarga de sólido afluente a cada embalse mediante arrastre de fondo. Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 7-9.

Tabla 7-9: Arrastre de Fondo Aportado por los Caudales Medios Diarios

Afluente al embalse	Material Arrastre de sedimento al Afluente		
	(kg/día)	*(ton/año)*	*(ton en 50 años)*
Sector 1	4.023.250	1.468.486	42.626.596
Sector 2	5.560.357	2.029.530	58.912.348
Sector 3	8.026.022	2.929.498	85.036.228

7.3.10 Volumen Total de Sedimento Aportado como Arrastre de Fondo

El material grueso, transportado mediante arrastre de fondo por los escurrimientos permanentes de los afluentes de los embalses, se dispondrán generando espacios vacíos entre los granos depositados.

El índice de huecos generado en esta disposición se estima en un 35%, mientras que la densidad de los sólidos adoptada fue de 2.650 kg/m³ según los datos del ensayo realizado a las muestras generadas por las calicatas. Con estas consideraciones, el volumen que ocuparán los sólidos gruesos en la cubeta de los embalses se resumen en la Tabla 7-10, para el final de la vida útil de los embalses:

Tabla 7-10: Volúmenes de Sólidos Gruesos por Embalse

Embalse	Volumen Generado por arrastre de fondo (m³)	Volumen colmatado Capacidad (%)
Sector 1	23.681.442	13,0
Sector 2	32.729.082	18,3
Sector 3	47.242.349	33,4

El volumen del sedimento transportado como arrastre de fondo que llega al embalse del Sector 1, al cabo de los 50 años de la vida útil de la obra representa un 13,0% del volumen original de éste, mientras que para el embalse del Sector 2 esta relación corresponde a un 18,3%, y para el embalse del Sector 3, al encontrarse aguas arriba de los otros dos posibles emplazamiento tiene una pendiente de cauce mayor, lo que se traduce en un volumen de sedimento de 33,7% de la capacidad original.

7.4 CONCLUSIONES

Los volúmenes de sedimentos más finos, movilizados mediante transporte en suspensión y depositados en los vasos de los embalses, para los tres posible zonas de ubicación del embalse, se espera que colmaten cerca de un 0,4% de la capacidad proyectada de éstos.

De acuerdos a los resultados obtenidos en cuanto a los volúmenes de sedimentos producido por el arrastre de fondo, hay que hacer una distinción entre los posibles emplazamientos del embalse. En el caso del embalse del Sector 3 se ubica en una zona con mayor pendiente lo que genera una mayor capacidad de arrastre, por lo que se produce una mayor cantidad de sedimento. Por otro lado, la ubicación de los embalses de los sectores 1 y 2 se emplaza en un tramo del cauce con menor pendiente, y los sedimentos aportantes del tramo con mayor pendiente quedan depositados antes de la cola del embalse del sector 2.

En la Tabla 7-11 se detallan los resultados obtenidos en el estudio.

Tabla 7-11: Resumen de Volumen Retenido

Embalse	Sedimento en Suspensión Afluente				Sedimentos de Arrastre de Fondo			
	(kg/día)	*(ton/año)*	*(ton/año 50)*	Vol retenido (m³)	*(kg/día)*	*(ton/año)*	*(ton/año 50)*	Vol retenido (m³)
Sector 1	47.088	17.187	859.349	624.665	4.023.250	1.468.486	42.626.596	23.681.442
Sector 2	44.970	16.414	820.695	596.567	5.560.357	2.029.530	58.912.348	32.729.082
Sector 3	30.311	11.064	553.177	402.107	8.026.022	2.929.498	85.036.228	47.242.349

En resumen, para los sectores 1 y 2 se opta por el mayor valor de ambos como el volumen de sedimento atrapado al cabo de la vida útil del embalse (50 años), lo que está cifrado en los 33,5 millones de m^3, lo que representa una merma en el volumen proyectado de menos de un 20%. Para el Sector 3 la disminución de la capacidad inicial del embalse alcanza los 48,5 millones de m^3, lo que significa un 35% de pérdida de capacidad a embalsar.

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO (CNR)

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD "MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO, PROVINCÍA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO."

N° 3853-0000-GO-INF-003_2

INFORME ESTUDIO SÍSMICO

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
A	Nombre Firma	L. Barra	P. Zuñiga	D. Gonzalez	Coordinación Interna
	Fecha	08.10.12	08.10.12	08.10.12	
B	Nombre Firma	L. Barra	P. Zuñiga	D. Gonzalez	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	02.08.12	02.08.12	06.08.12	
0	Nombre Firma	L. Barra	P. Zuñiga	D. Gonzalez	Aprobado Cliente
	Fecha	09.10.12	09.10.12	09.10.12	
1	Nombre Firma	L. Barra	P. Zuñiga	D. Gonzalez	Aprobado Cliente
	Fecha	07.12.12	10.12.12	10.12.12	
2	Nombre Firma	L. Barra	P. Zuñiga	D. Gonzalez	Aprobado Cliente
	Fecha	12.12.12	12.12.12	31.01.13	

ARCADIS Chile
Antonio Varas 621, Providencia. Santiago
Teléfono: +56 02 381 6000
Fax: +56 02 381 6001
CP: 750 0966
www.arcadis.cl

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD "MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO, PROVINCÍA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO."

INFORME ESTUDIO SÍSMICO

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 5
1.1 OBJETO DE ESTUDIO 5
1.2 OBJETIVOS 5
1.2.1 Objetivo general 5
1.2.2 Objetivos específicos 5
1.3 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS 6
1.4 ANTECEDENTES 6

2 CARACTERIZACIÓN SÍSMICA GENERAL. FUENTES SISMOGÉNICAS 7
2.1 SISMICIDAD DE CHILE 7
2.2 SISMICIDAD HISTÓRICA 9

3 CATALOGO SÍSMICO 10
3.1 ZONA DE ESTUDIO Y ÁREAS DE INFLUENCIA 10
3.2 RECOPILACIÓN DE REGISTROS SÍSMICOS 10
3.3 HOMOLOGACIÓN DE ESCALAS DE MAGNITUD SÍSMICA 10
3.4 PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN DE FUENTES SISMOGÉNICAS 11
3.5 GENERACIÓN DE BASE LOCAL Y CARACTERIZACIÓN 11
3.6 PRODUCTIVIDAD SÍSMICA. LEYES DE GUTENBERG RICHTER 12

4 LEYES DE ATENUACIÓN 14

5 EVALUACIÓN DEL PELIGRO SÍSMICO 15
5.1 CARACTERIZACIÓN DE LA SISMICIDAD UNIFORME APLICANDO METODOLOGÍAS PROBABILISTAS 15
5.2 RESULTADOS 16
5.3 ANÁLISIS DE LAS ACELERACIONES VERTICALES 17
5.3.1 Metodología 17
5.3.2 Resultados y conclusiones generales del análisis 18

6 EVALUACIÓN DE EFECTOS DE SITIO 20

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 21

8 REFERENCIAS 23

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1 Base de datos Sismicidad Histórica
Anexo 2 Gráficos Eventos en la plataforma Google Earth
Anexo 3 Evaluación de Efectos de Sitio
Anexo 4 Análisis de las Aceleraciones Verticales

LISTADO DE TABLAS

Tabla 3–1: Leyes de Gutenberg Richter normalizadas temporalmente 12

Tabla 4–1: Leyes de atenuación utilizadas en el presente estudio 14

Tabla 5–1: Intensidades esperadas (MM) según fuente sismogénica. Valores asociados a distintos periodos de retorno, considerando un 10% de probabilidad de excedencia 16

Tabla 5–2: Aceleraciones horizontales máximas del suelo (g) esperadas según fuente sismogénica. Valores asociadas a distintos periodos de retorno, considerando un 10% de probabilidad de excedencia 16

Tabla 5–3: Parámetros de registro terremoto del 27 de febrero de 2010, Mw=8.8, estación Curicó 18

Tabla 5–4: Parámetros de registro terremoto del 28 de febrero de 2010, Mw=6.6, estación Curicó 18

Tabla 5–5: Parámetros de registro terremoto del 28 de agosto de 2004, Mw=6.4, estación Curicó 18

Tabla 5–6: Parámetros de registro terremoto del 3 de marzo de 1985, Mw=8.0, estación San Fernando 18

Tabla 5–7: Relación PGA.vertical/PGA.horizontal para los registros considerados 19

LISTADO DE FIGURAS

Figura 2–1: Focos sísmicos zona centro-sur de Chile 7

Figura 2–2: Principales fuentes sismogénicas. 9

LISTADO DE GRÁFICOS

Gráfico 3–1: Leyes de Gutenberg Richter según fuente sismogénica 13

RESUMEN EJECUTIVO

Se ha determinado la peligrosidad sísmica uniforme para el proyecto “Mejoramiento del Riego del Valle del Río Cato, Embalse Niblinto”, logrando además una primera aproximación a la incorporación de los efectos de sitio sobre la base de estudios geofísicos previos realizados en la zona de estudio. Para esto se generó una completa base de datos con la sismicidad histórica registrada en la zona, clasificando los eventos según fuente sismogénica. Se han formulado las leyes de Gutenberg-Richter que definen la productividad sísmica de la zona, obteniéndose las mayores tasas de productividad sísmica asociadas a la fuente interplaca, seguido de la fuente intraplaca de profundidad intermedia y sismicidad cortical. Con el fin de determinar la sismicidad en el lugar de emplazamiento de las futuras obras, se aplicaron leyes de atenuación por intensidad y aceleración horizontal máxima del suelo a cada uno de los sismos registrados en la zona, para luego determinar mediante un análisis probabilístico las probabilidades de excedencia de los parámetros de evaluación, en función de distintas vidas útiles de las obras asociadas a distintos periodos de retorno. Los resultados obtenidos para la condición de sismo de diseño (10% de probabilidad de excedencia en 50 años) constan de valores esperados de intensidad 7.75 MM para sismicidad interplaca, 7.81 MM para fuente intraplaca de profundidad intermedia, y 4.16 MM para sismicidad cortical. En términos de aceleración máxima horizontal del suelo, se obtuvieron valores esperados de 0,208g, 0,71g y 0,016g para las sismicidades interplaca, intraplaca de profundidad intermedia y cortical respectivamente. Por otra parte, luego de cuantificar una primera aproximación a posibles amplificaciones locales en el lugar de emplazamiento de las obras (efectos de sitio), se determinaron las funciones de transferencia en función del periodo fundamental de vibración de los suelos, según lo cual se esperarían mayores factores de amplificación para suelos que presenten periodos fundamentales de vibración menores a 0.4 seg. Cabe destacar que estos factores de amplificación aplican solo a los estratos superficiales del subsuelo, donde por lo general son fundadas las obras secundarias del proyecto. Acorde a estos resultados y con el fin de cuantificar de mejor forma los efectos de sitio en los puntos de interés, se recomienda determinar de forma precisa los periodos predominantes de vibración del suelo en base a campañas experimentales de prospección sísmica.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETO DE ESTUDIO

El presente estudio tiene como finalidad determinar el peligro sísmico uniforme para el proyecto “Mejoramiento del Riego del Valle del río Cato, Embalse Niblinto”, ubicado 40 km al este de Chillan, Provincia del Ñuble, región del Bío-Bío, Chile. El proyecto contempla la evaluación de distintas alternativas de presas para el embalse del río. A fin de generar los escenarios de peligro sísmico esperados en la zona de estudio, se realizará un análisis de peligro sísmico utilizando metodologías probabilistas, obteniendo parámetros relativos a intensidades y aceleraciones horizontales máximas del suelo esperadas para distintos periodos de retorno. Adicionalmente, se incluye una primera aproximación a la estimación de los efectos de sitio en base a estudios previos de refracción sísmica realizados en el lugar de emplazamiento.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Determinar la peligrosidad sísmica uniforme para el proyecto embalse Niblinto, y lograr una primera aproximación a la incorporación de los efectos de sitio sobre la base de estudios geofísicos previos realizados en la zona de estudio.

1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la sismicidad de la zona de estudio mediante la elaboración de un catálogo sísmico que recoja antecedentes de eventos instrumentados e históricos, clasificados según fuente sismogénica.
- Reformular las leyes de Gutenberg-Richter que definen la productividad sísmica de la zona según la tasa de recursividad de los sismos para cada una de las fuentes sismogénicas.
- Aplicar leyes de atenuación por intensidad y aceleración máxima horizontal del suelo para los sismos ubicados dentro del área de influencia definida.
- Caracterizar el peligro sísmico uniforme para la zona de estudio, aplicando metodologías de tipo probabilista, las cuales permitirán determinar las distintas probabilidades de excedencia de los parámetros de intensidad y aceleración horizontal máxima del suelo, asociado a distintos periodos de retorno en función de distintas vidas útiles de las obras.
- Realizar un análisis de las aceleraciones verticales del suelo a la luz de los valores registrados como producto del terremoto del 27 de Febrero de 2010
- Lograr una primera aproximación a la estimación de las amplificaciones locales del suelo (efectos de sitio), en base a estudios previos de refracción sísmica realizados en la zona de emplazamiento del proyecto.

1.3 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

Primeramente se hará una caracterización general de la sismicidad en Chile, indicando los principales mecanismos de interacción que dan origen a los distintos tipos de fuentes sismogénicas. Luego se generará un catálogo sísmico a partir de la recopilación de eventos instrumentados, y obtenidos de bases de datos bien reconocidas. Paralelamente se recopilará la información histórica disponible registrada en la zona, fijando un radio de influencia de 300 km y sismos con magnitudes superiores a Ms=4.5, lo que en conjunto permitirá construir el catálogo definitivo. Con estos datos se hará una reformulación de la productividad sísmica de la zona, mediante la generación de leyes de Gutenberg-Richter para cada una de las fuentes sismogénicas. Posteriormente, se aplicarán leyes de atenuación por intensidad y aceleración horizontal máxima del suelo a cada uno de los sismos registrados en la zona, para luego determinar mediante un análisis probabilístico las probabilidades de excedencia de los parámetros de evaluación, en función de distintas vidas útiles de las obras asociadas a distintos periodos de retorno. Para el análisis de las aceleraciones verticales, y a falta de una base de datos disponible más completa al respecto, se analizarán los valores obtenidos como consecuencia del terremoto del Maule del 27 de febrero de 2010, considerando estaciones con la misma zona sísmica y condición de suelo. Adicionalmente, se realizará una primera aproximación a la cuantificación de los efectos de sitio en la zona de emplazamiento, tomando como base estudios previos de refracción sísmica realizados en el lugar.

1.4 ANTECEDENTES

Los antecedentes previos constan de una caracterización geológica del área donde se proyecta ubicar las alternativas de presa, con la finalidad de mejorar el conocimiento existente de las características geológicas de las alternativas de los sitios de embalse N°1 y N°2 y, adicionalmente, del sector de la alternativa N°3 del embalse (González, 2012).

Por otra parte, a fin de conocer las características geotécnicas del subsuelo, identificar el material sedimentario de relleno y el basamento rocoso, se realizó una investigación geofísica con la aplicación del método de refracción sísmica. Mediante esto fue posible definir los contactos entre roca y suelo, y precisar especialmente las características geotécnicas de estas unidades, basado en la velocidad de propagación de las ondas sísmicas compresionales (DPI Ingenieros Ltda, 2012). Este estudio servirá de base para lograr una primera aproximación a la estimación de los efectos de sitio en la zona de estudio.

También se han tomado como antecedentes los estudios previos relacionados disponibles en la zona, así como registros acelerométricos de estaciones conocidas y oficiales, cuya condición de suelo y zonificación sísmica sea comparable a la zona analizada.

Adicionalmente, se destacan estudios previos que han logrado cuantificar el peligro sísmico probabilístico para la zona central realizados por Silva (2008) y Leyton et al (2010), los cuales permiten establecer comparaciones y correlaciones acorde a los resultados obtenidos por el presente estudio.

2 CARACTERIZACIÓN SÍSMICA GENERAL. FUENTES SISMOGÉNICAS

2.1 SISMICIDAD DE CHILE

Chile es mundialmente conocido por ser uno de los países de mayor sismicidad en el mundo. El hecho de ubicarse a lo largo del cinturón de fuego del pacífico hace que sea un país especialmente vulnerable a una intensa actividad sísmica y volcánica, hecho que se ha evidenciado al tener el liderazgo mundial registrando el mayor terremoto ocurrido en tiempos modernos en el mundo.

La generación de los terremotos en Chile se produce principalmente debido al mecanismo subductivo generado por el choque de la placa de Nazca y la placa Sudamericana. Esta subducción se produce en un plano con inclinación hacia el oriente conocido como Plano de Wadatti y Beinoff. Según estudios recientes, la tasa de convergencia entre placas es de aproximadamente 6.8 cm/año (Lorito *et a*l, 2011).

En base a lo anterior y con el fin de ilustrar el mecanismo de subducción a lo largo del territorio nacional, la figura 1-2 muestra esquemáticamente la sismicidad chilena asociada a una serie de perfiles transversales, los cuales permiten inferir los diferentes ángulos de colisión entre las placas. Observando el perfil asociado a la zona de interés del presente estudio, se aprecia que el buzamiento presenta un ángulo aproximado de 15° con respecto a la horizontal (perfil G).

Bajo este ambiente tectónico, la sismicidad de Chile se caracteriza por la presencia de cuatro fuentes sismogénicas principales: *outer-rise*, de contacto entre placas o *interplaca*, *intraplaca* de profundidad intermedia e intraplaca superficial o *cortical*. Una revisión más detallada de las fuentes sismogénicas presentes en el territorio nacional puede encontrarse en Leyton *et al.* (2010). Al respecto, la figura 2-2 ilustra a modo esquemático la posición de las principales fuentes sismogénicas.

En vista de que estudios recientes han demostrado que la naturaleza de los eventos varía según el tipo de fuente sismogénica (Ruiz y Saragoni, 2005a, 2005b, Valdebenito, 2011), el estudio de peligro sísmico posterior considerará las tres principales fuente sismogénicas que se relacionan al área de estudio de forma independiente (interplaca, intraplaca y cortical). La sismicidad outer-rise en nuestro caso evidentemente no afecta de forma significativa, y por ello no es incluida en este análisis.

Figura 2–1: Focos sísmicos zona centro-sur de Chile

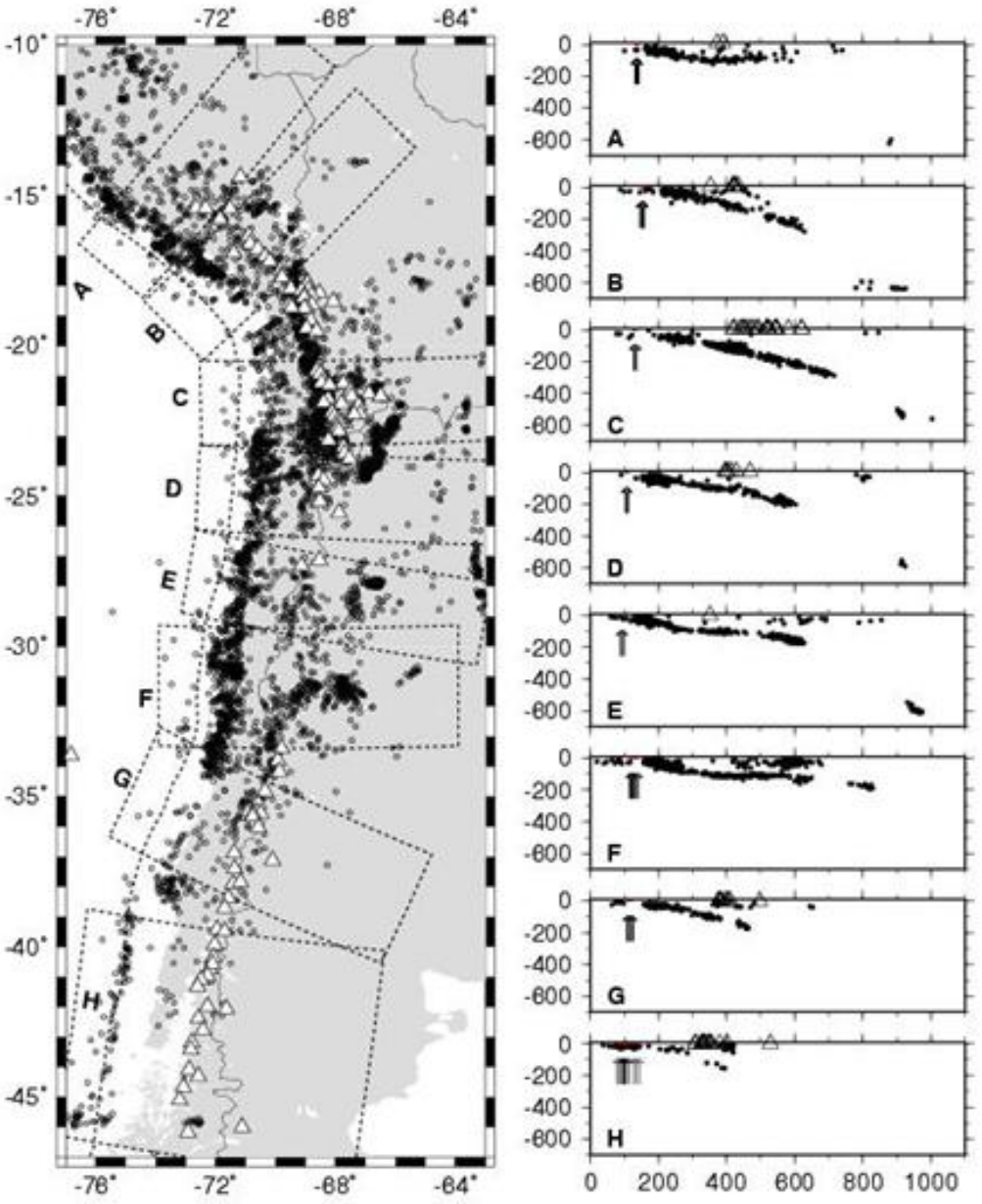
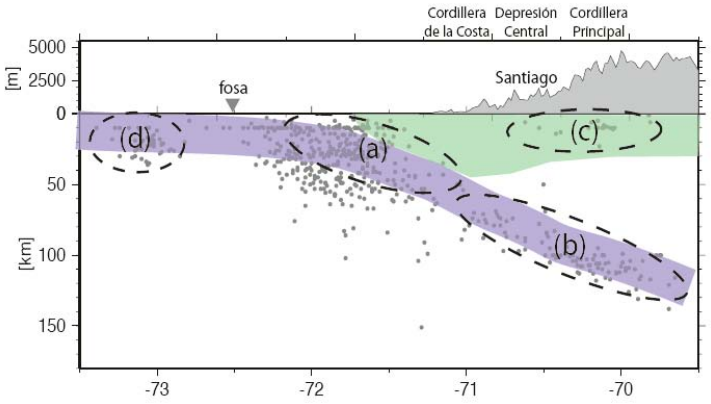

-78°
-72°
-68°
-64°
-10°
-15°
-20°
-25°
-30°
-35°
-40°
-45°
A
B
C
D
E
F
G
H
0
-200
-400
-600
0
200
400
600
800
1000

Figura 2–2: Principales fuentes sismogénicas.



Fuente: Leyton *et al* (2010)

Nota: El color azulado representa la posición esquemática de la placa de Nazca y verde, la placa Sudamericana. Las líneas punteadas indican la posición de las principales fuentes sismogénicas (a) interplaca tipo thrust; (b) intraplaca de profundidad intermedia;(c) corticales y (d) outer-rise.

2.2 SISMICIDAD HISTÓRICA

El registro sismológico en Chile a lo largo de su historia data de cientos de años atrás, cuando aún no existían instrumentos confiables para su medición. Luego de la implementación de sismógrafos, muchas veces estos colapsaron con el movimiento, debiendo recurrir a estimaciones según las crónicas de la época o a registros realizados en lugares alejados de los epicentros, recurriendo en algunos casos a servicios sismológicos extranjeros.

Con el fin de caracterizar la sismicidad histórica de Chile, el Servicio Sismológico Nacional elaboró un catálogo con los principales sismos documentados a partir del año 1570. Seleccionando los eventos históricos que influyen en el análisis para la zona de estudio, destacan entre los años 1570 y 1960 una serie de sismos de fuente interplaca, con magnitudes estimadas que alcanzan hasta 8,5 Ms. Es necesario destacar que asociado a la sismicidad interplaca, el análisis posterior incorpora la secuencia sísmica que gatillo el reciente terremoto del 27 de febrero de 2010 (Mw=8.8), cuyo epicentro se ubicó a aproximadamente 120 km de la zona de estudio. Referente a la fuente interplaca, resulta relevante el conocido “Terremoto de Chillan de 1939”. Dicho evento tuvo su epicentro cerca de Quirihue, con una magnitud de 8,3 grados en la escala de Richter. La falla tuvo una extensión de 100 km y rumbo N40°E e inclinación entre 60°-80° al este (Beck et al, 1998). Debido a la gran energía liberada por este sismo se produjeron una serie de cambios topográficos en la región, como la elevación de un metro de la Cordillera de la Costa en relación a la Planicie Litoral donde se encuentra Concepción. En lo que respecta a la sismicidad cortical registrada en la zona, se evidencian sismos desde el año 1972 en adelante, con magnitudes en general bajas, las cuales no superan 5,5 Ms.

3 CATALOGO SÍSMICO

3.1 ZONA DE ESTUDIO Y ÁREAS DE INFLUENCIA

El área de estudio se encuentra emplazada al interior de la cuenca del rio Cato, en la localidad de Niblinto, provincia del Ñuble, Región del Bío-Bío. Las coordenadas geográficas centrales de la zona de estudio considerada son 36.705772° latitud sur y 71.672397° longitud oeste. En vista de que los terremotos históricos han hecho sentir sus efectos en áreas muy extensas, se ha definido un área de influencia con un radio de 300 km en torno al punto central definido, acorde a las normativas y estudios realizados en diversas zonas del mundo. De esta zona se hará una completa caracterización sismotectónica en base a una recopilación de registros sísmicos de diversas fuentes, los cuales permitirán definir las frecuencias de recurrencia y los parámetros de localización de las fuentes sismogénicas que serán consideradas en el posterior análisis probabilístico.

3.2 RECOPILACIÓN DE REGISTROS SÍSMICOS

Para confeccionar la base de datos sísmica para la zona de estudio, se han revisado los catálogos sísmicos del Servicio Sismológico Nacional de la Universidad de Chile (SSN) desde el año 1570 a 1962, del International Seismological Centre (ISC) entre los años 1960 a 2008 y de Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS) desde el año 2008 al 2011.

Tanto en la bases de datos del SSN, como de IRIS, no existe opción de búsqueda radial, por lo que la distancia desde el hipocentro del evento en particular a la zona específica, se ha calculado en base a la distancia entre dos puntos coordenados considerando las correcciones por esfericidad de la tierra, descartado aquellos registros de eventos sísmicos con una distancia mayor a 300 km cuyas magnitudes no sean relevantes para los efectos de este trabajo. Para el caso de la búsqueda de registros en el ISC, esta se ha realizado utilizando la opción de búsqueda radial (300[km]). Por otra parte se han considerado todos aquellos registros sísmicos con mediciones de magnitud en escalas Ms, Mb, Mw y Ml.

Particularmente, se ha incluido en el análisis el registro del terremoto del 22 de mayo de 1960 ocurrido a las 15:11, cuya magnitud de 9.5 [Mw] hace que este sea relevante, aun cuando la distancia del epicentro a la zona de interés sea mayor a 300 km.

3.3 HOMOLOGACIÓN DE ESCALAS DE MAGNITUD SÍSMICA

En vista de que en las bases de datos los registros son expresados en distintas escalas de magnitud, se debe establecer una escala única para el posterior tratamiento de los datos. Entre las principales escalas de magnitud sísmica reconocidas internacionalmente, resultan relevantes las escalas Ml, Ms, Mb y Mw, las cuales corresponden a escalas de magnitud local, de onda superficial, de ondas internas y de momento respectivamente. En este estudio, se ha definido como unidad de magnitud sísmica común Ms, por lo que para efectos de conversión de escalas, se han utilizado las ecuaciones de equivalencia mostradas a continuación:

Magnitud Mb a Ms.
Ms= 1.099*Mb-0.588 (Silva, 2008)

Magnitud Ml a Mb.
Mb = 0.82ml + 0.77 (Araya, 2007)

Magnitud Mw a Ms.
Ms = 1.0343*Mw - 0.397

La ecuación que define la conversión de magnitud Mw a Ms fue obtenida específicamente para esta consultoría luego de graficar los pares de datos de todos los registros que reportaron para un mismo evento la magnitud en diferentes escalas, ajustándolos luego mediante un modelo de regresión lineal.

Para la conversión de los registros expresados en escala Ml, estos fueron transformados primero a la escala Mb y luego se realizó la conversión de Mb a Ms.

3.4 PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN DE FUENTES SISMOGÉNICAS

Los registros de eventos sísmicos han sido clasificados según su fuente sismogénica en base a los siguientes criterios:

-Sismicidad interplaca: eventos sísmicos producidos en el contacto de las placas de nazca y Sudamericana, generalmente costeros, con profundidades focales menores a 60[km].

-Sismicidad intraplaca de profundidad intermedia: eventos sísmicos con una profundidad mayor a 60[km] y menor o igual que 200[km], caracterizados por tener epicentros en el interior del continente. Entre los eventos asociados a esta sismicidad se destaca el Terremoto de Chillan de 1939.

-Sismicidad cortical: eventos sísmicos ocurridos principalmente en sectores precordilleranos y cordilleranos, con profundidades menores o iguales a 30[km].

Es necesario mencionar que se recopilaron eventos históricos de importancia, sobre los cuales se efectuó el filtro de clasificación por fuente sismogénica privilegiando como dato más confiable la ubicación geográfica del epicentro por sobre la profundidad, considerando las inexactitudes propias de la época a la hora de determinar la profundidad hipocentral.

3.5 GENERACIÓN DE BASE LOCAL Y CARACTERIZACIÓN

Una vez confeccionada la base de datos con la sismicidad histórica para el radio de 300 km definido previamente, y luego de la homologación de las escalas de magnitud e identificación de los sismos por fuente sismogénica, se procedió a graficar los eventos en la plataforma Google Earth, las cuales pueden ser visualizadas en el Anexo 2.

La base de datos para el área definida se compone de 1122 sismos, de los cuales se obtuvieron 1038 eventos interplaca, 64 intraplaca de profundidad intermedia, y 15 eventos asociados a sismicidad cortical. Esta base de datos se adjunta en un anexo digital formato Excel (Anexo 1).

3.6 PRODUCTIVIDAD SÍSMICA. LEYES DE GUTENBERG RICHTER

Una vez clasificados los eventos históricos registrados para la zona de estudio según fuente sismogénica, es necesario conocer la relación existente entre magnitud y frecuencia de ocurrencia de los sismos. Con este fin, Gutenberg y Richter propusieron determinar una relación empírica que exprese la frecuencia de los eventos que ocurren en cierta región para un determinado período de tiempo, lo cual puede ser expresado por una ecuación de la forma:

$$\text{Log10 } (N) = a - b\,M$$

Donde N es el número de eventos con magnitudes igual o mayor que un valor M, y a y b son constantes que varían según el tipo de fuente sismogénica considerada.

La ecuación anterior es obtenida para cada fuente sismogénica ajustando la relación de magnitud y frecuencia mediante un ajuste de regresión lineal y aplicando una ley de mínimos cuadrados a la serie de datos obtenida. Cabe destacar que con el fin de evitar los errores inducidos por los periodos de tiempo donde los catálogos resultan incompletos, se ha empleado la metodología descrita por Stepp (1971,1972), la cual busca determinar las ventanas temporales representativas en las cuales cada rango de magnitud se encuentra descrito en forma completa.

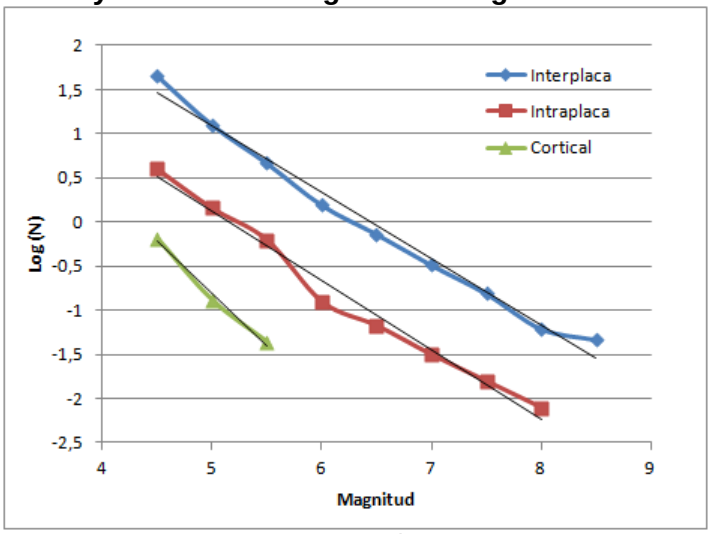
Aplicando el procedimiento descrito anteriormente para cada fuente sismogénica, se obtuvieron curvas de Gutenberg Richter normalizadas temporalmente. Las ecuaciones y gráficas se exponen en la tabla 3-1 y figura 3-1 respectivamente, en donde la línea recta representa la curva de ajuste lineal. Estos resultados definen la productividad sísmica de la zona de estudio, aspecto medular en la posterior determinación del peligro sísmico en base a una metodología probabilista.

Tabla 3–1: Leyes de Gutenberg Richter normalizadas temporalmente

Fuente sismogénica	Ley de Gutenberg Richter
Interplaca	Log10(N) = 4.8326 – 0.749 Ms
Intraplaca de profundidad intermedia	Log10(N) = 4.037 – 0.7848 Ms
Cortical	Log10(N) = 5.0698 – 1.1761 Ms

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 3–1: Leyes de Gutenberg Richter según fuente sismogénica



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico, es posible concluir que las mayores tasas de productividad sísmica se asocian a la fuente interplaca, seguido de la fuente intraplaca de profundidad intermedia y sismicidad cortical

4 LEYES DE ATENUACIÓN

En el caso de la sismicidad chilena, se han propuesto diferentes fórmulas que estiman atenuaciones para aceleraciones máximas del suelo e intensidades de los sismos (Barrientos, 1980; Saragoni et al, 2004; Astroza, 2005; Ruiz et al, 2005a). Es destacable que los estudios recientes han tomado en cuenta los mecanismos propios de la subducción chilena, principalmente en lo que respecta a la sismicidad interplaca e intraplaca.

A continuación se presentan las leyes de atenuación por intensidad y aceleración máxima horizontal del suelo que fueron utilizadas en el presente estudio, específicamente para la sismicidad interplaca e intraplaca. Todas las ecuaciones se expresan en función de la magnitud Ms y la distancia hipocentral R, en km. En el caso particular de las leyes de atenuación por intensidad para sismicidad intraplaca y cortical, H corresponde a la profundidad del hipocentro.

Tabla 4–1: Leyes de atenuación utilizadas en el presente estudio

Parámetro de atenuación	Fuente sismogénica	Ley de atenuación	Fuente
Intensidad	Interplaca	I(R)= 1.3844*Ms-3.7355*log(R)-0.0006*R+3.8461	Barrientos,1980
	Intraplaca	Ln(I)= 1.4849 - 0.0568*ln(R) + 0.1007*Ms - 0.0001*H	Silva,2008
	Cortical	Ln(I)= 2.0034 - 0.3363*ln(R) + 0.1562*Ms + 0.0019*H	Silva,2008
Aceleración	Interplaca	$Ah = \frac{4{,}059\times e^{1.302Ms}}{(R+30)^{1.425}}$ (cm/s) Vs > 1500 (m/s)	Saragoni *et al*,2004
	Intraplaca	$Ah = \frac{3839.993\times e^{1.2Ms}}{(R+80)^{2.162}}$ (cm/s) 1500 (m/s) > Vs >360 (m/s)	Saragoni *et al*,2004
	Cortical	$Ln(Ah) = -1.92 + Ms - 1.7 * Ln(R + 2.1863\, e^{0.32Ms}$	Sadigh *et al*,1997

Fuente: Elaboración Propia

Respecto a las leyes de atenuación por aceleración máxima horizontal del suelo para sismicidad cortical, estudios recientes evidencian que no ha sido posible generar fórmulas precisas que consideren esta fuente, debido principalmente a la escasez de acelerogramas de terremotos corticales en Chile. Es por esto que en el presente trabajo se han utilizado las fórmulas propuesta por Sadigh et al (1997), las cuales han sido utilizadas exitosamente en la re-evaluación del peligro sísmico probabilístico en Chile central realizada por Leyton et al (2010).

Por otra parte, cabe destacar que ha sido necesario fijar valores máximos y mínimos de aceleración horizontal máxima del suelo que resulten acordes a las observaciones para los registros de aceleraciones chilenos, por lo que el rango de aceleraciones máximas entre el valor máximo de cada una de las componentes horizontales y el menor valor obtenido entre ellas varia para los sismos interplaca de 0.65 [g] a 0.01 [g] y entre 0.72 [g] y 0.03 [g] para sismos intraplaca (Ruiz y Saragoni, 2005a).

5 EVALUACIÓN DEL PELIGRO SÍSMICO

5.1 CARACTERIZACIÓN DE LA SISMICIDAD UNIFORME APLICANDO METODOLOGÍAS PROBABILISTAS

El objetivo principal del análisis probabilístico en la caracterización de la sismicidad uniforme para determinada región consiste es determinar las distintas probabilidades de excedencia de algún parámetro específico (principalmente intensidad y aceleración del suelo), asociado a distintos periodos de retorno en función de determinada vida útil de las obras.

Para esto se requiere una recopilación previa de información lo suficientemente confiable que permita caracterizar de la mejor forma posible la sismicidad histórica de la zona de interés, a fin de modelar adecuadamente los parámetros relativos a la caracterización de las fuentes sismogénicas y las tasas de productividad sísmica en base a las leyes de Gutenberg-Richter, lo que permitirá posteriormente aplicar las leyes de atenuación según fuente sismogénica y efectuar un tratamiento probabilístico adecuado de los datos obtenidos.

Acorde a lo anterior, resulta evidente que el siguiente paso del presente estudio requiere la aplicación de una metodología probabilista en la estimación de la demanda sísmica para el sitio de interés, valores que deben ser cuantificados en términos de intensidad y aceleración máxima horizontal del suelo. Para esto se aplicará la metodología desarrollada por Algermissen y Perkins (1976), la cual ha sido utilizada con éxito por otros autores que han evaluado la peligrosidad sísmica en el territorio nacional (Leyton, 2010; Silva, 2008).
Básicamente la metodología implementada por Algermissen y Perkins consiste en identificar todos los eventos de determinada fuente sismogénica que no excedan determinado umbral de algún parámetro específico, el cual se determina luego de aplicar las respectivas leyes de atenuación que consideran como parámetro de entrada la magnitud y distancia epicentral de cada evento hasta el sitio de interés. En este caso la delimitación del sitio de interés incluye el área comprendida en un radio de 10 km alrededor del punto central ya definido de latitud -36.705772° y longitud -71.672397°, lo cual permite incluir en el análisis la zona donde se emplazarán los tres muros que contempla el proyecto.

Definido lo anterior, se determina la probabilidad de no sobrepasar un valor umbral, dividiendo el número de éxitos por el número total de eventos que las fuentes consideradas son capaces de generar F(Io), siendo F(Io) la probabilidad de que la intensidad I (o aceleración horizontal máxima Ah), sea menor o igual que el valor Io, dado el caso que ocurra un terremoto de magnitud M, mayor que cierta magnitud mínima Mmin, y máxima igual a la magnitud máxima esperada considerada para cada fuente. Lo anterior se expresa en la siguiente ecuación:

$$F(Io) = \frac{\#\,\textbf{de ocurrencias con}_{I} \leq \mathrm{Io}, \mathrm{M} \geq M_{\min}}{\#\,\textbf{total de ocurrencias con}\; M \geq M_{\min}}$$

Luego, suponiendo que la ocurrencia de los terremotos se ajustan a una distribución probabilística de Poisson, mediante la cual se asume que los eventos son producidos de un modo aleatorio e independiente, se tiene la probabilidad de ocurrencia P (Io,t) de que al menos un sismo provoque una Intensidad (o aceleración) ≥ Io, en un lapso de tiempo t denominado vida útil de las obras. Esto se expresa en la siguiente ecuación:

$$P(Io,t) = 1 - \exp(-\varphi \cdot t \cdot (1 - F(Io)))$$

Siendo:

Φ = frecuencia media de ocurrencia de sismos con M ≥ Mmin por unidad de tiempo (año). Se obtiene evaluando las leyes de Gutenberg-Richter definidas previamente para una magnitud Mmin = 4,5 Ms.
t = lapso de tiempo, en años, que contempla el estudio de evaluación del peligro sísmico.

5.2 RESULTADOS

Aplicando el análisis descrito para cada una de las fuentes sismogénicas, se han estimado las intensidades y aceleraciones horizontales máximas esperadas con un 10 % de probabilidad de excedencia, considerando una vida útil de las obras de 20, 50, 75 y 100 años, con periodos de retorno asociados de 190, 475, 712 y 949 años respectivamente. Los resultados para los distintos tipos de sismicidad son resumidos en las siguientes tablas:

Tabla 5–1: Intensidades esperadas (MM) según fuente sismogénica. Valores asociados a distintos periodos de retorno, considerando un 10% de probabilidad de excedencia

Vida útil (años)	Periodo de retorno (años)	Sismicidad Interplaca	Sismicidad intraplaca	Sismicidad Cortical
20	190	7,75	7,77	4,13
50	475	7,75	7,81	4,16
75	712	7,76	7,81	4,17
100	949	7,76	7,82	4,18

Tabla 5–2: Aceleraciones horizontales máximas del suelo (g) esperadas según fuente sismogénica. Valores asociadas a distintos periodos de retorno, considerando un 10% de probabilidad de excedencia

Vida útil (años)	Periodo de retorno (años)	Sismicidad Interplaca	Sismicidad intraplaca	Sismicidad Cortical
20	190	0,206	0,694	0,015
50	475	0,208	0,710	0,016
75	712	0,208	0,713	0,016
100	949	0,208	0,715	0,016

Fuente: Elaboración Propia

En base a los resultados obtenidos, es posible concluir que el análisis es mayormente controlado por la sismicidad intraplaca de profundidad intermedia, con magnitudes cercanas a 7.8 MM y aceleraciones horizontales máximas del suelo con valores en torno a 0.7 g para los distintos periodos de retorno considerados. Existe bastante menor influencia de la sismicidad interplaca y cortical, lo cual ha resultado acorde a investigaciones anteriores (Leyton et al, 2010), teniendo en cuenta que el proyecto se emplaza principalmente en un sector precordillerano.

5.3 ANÁLISIS DE LAS ACELERACIONES VERTICALES

5.3.1 Metodología

Con respecto de las aceleraciones verticales, durante el terremoto del Maule del 27 de Febrero de 2010 hubo componentes verticales de importancia en algunas estaciones, sin embargo es muy difícil poder extrapolar a zonas en donde no hay registros, como es el área estudiada. Las aceleraciones verticales quedan fuertemente condicionadas por efectos locales o por condiciones de fuente cercana, en éste último caso, no aplicables. No existen en Chile leyes de atenuación para aceleraciones verticales, en consecuencia, no resulta abordable desde un punto de vista probabilístico entregar valores para las aceleraciones verticales. Dado lo poco densa de la Red Sísmica Chilena, y de lo importante que son los efectos locales en las aceleraciones verticales, la única opción viable sería correlacionar con estaciones “comparables”, de ser factible, y realizar un abordaje más bien determinista.

Se ha realizado un análisis comparativo a fin de generar una estimación de las aceleraciones verticales máximas esperables en la zona de estudio. Para esto, se han procesado los registros sísmicos de los equipos disponibles en la red sísmica nacional, y que cumplan con la condición de estar instaladas en suelo duro y ubicarse en zona sísmica 2 según NCh 433 Of 96. Cabe destacar que este análisis se debe abordar como una primera aproximación desde un punto de vista comparativo por las razones anteriormente expuestas, cuyo tratamiento es absolutamente local, no resultando ser factible extrapolar las metodologías probabilistas aplicadas anteriormente.

Considerando lo anterior, y luego de una revisión de los registros oficiales disponibles por el Departamento de Sismología de la Universidad de Chile (Boroshek *et al*, 2011), se han considerado aquellos registros de magnitudes mayores o iguales a 6. Los registros sísmicos analizados corresponden a las estaciones Curicó y San Fernando, que como se ha indicado, sus condiciones de zona sísmica y suelo son comparables a la zona estudiada (Ruiz *et al* (2005c)).

Los registros fueron convenientemente corregidos en su línea de base empleando un polinomio lineal, más un filtrado paso banda / Butterworth, con frecuencias de corte entre 0.1 y 10 Hz para los sismos de la estación Curicó, y entre 0.05 y 25 Hz para la estación San Fernando.

5.3.2 Resultados y conclusiones generales del análisis

Las gráficas comparativas de las series de tiempo para las componentes horizontales y verticales, y los espectros elásticos generados luego del análisis descrito anteriormente, son expuestas en el anexo 4.

Los valores de los distintos parámetros obtenidos en el análisis, para cada uno de los cuatro registros analizados, son expuestos en las siguientes tablas:

Tabla 5–3: Parámetros de registro terremoto del 27 de febrero de 2010, Mw=8.8, estación Curicó

Componente	Duración Efectiva (s)	Intensidad de Arias (m/s)	PGA (g)	PGV (cm/s)	PGD (cm)
E-O	49,29	7,116	0,32	21,156	2,221
N-S	47,86	6,813	0,422	30,052	15,977
Vertical	52,21	2,109	0,166	39,257	21,124

Tabla 5–4: Parámetros de registro terremoto del 28 de febrero de 2010, Mw=6.6, estación Curicó

Componente	Duración Efectiva (s)	Intensidad de Arias (m/s)	PGA (g)	PGV (cm/s)	PGD (cm)
E-O	17,33	0,106	0,097	10,854	2,534
N-S	17,03	0,087	0,119	6,933	1,247
Vertical	21,25	0,037	0,047	4,292	2,286

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5–5: Parámetros de registro terremoto del 28 de agosto de 2004, Mw=6.4, estación Curicó

Componente	Duración Efectiva (s)	Intensidad de Arias (m/s)	PGA (g)	PGV (cm/s)	PGD (cm)
E-O	11,95	0,078	0,082	4,698	1,321
N-S	8,69	0,129	0,094	4,358	1,206
Vertical	25,05	0,021	0,036	3,684	2,006

Tabla 5–6: Parámetros de registro terremoto del 3 de marzo de 1985, Mw=8.0, estación San Fernando

Componente	Duración Efectiva (s)	Intensidad de Arias (m/s)	PGA (g)	PGV (cm/s)	PGD (cm)
E-O	26,5	1,937	0,366	24,307	5,698
N-S	24,6	1,784	0,273	21,845	4,086
Vertical	33,915	0,433	0,122	9,39	1,999

Fuente: Elaboración Propia

Con el fin de establecer un orden de magnitud para cuantificar las aceleraciones verticales máximas esperadas, se ha calculado la relación de estas con las aceleraciones máximas horizontales (PGA.vertical/PGA.horizontal). Para tomar en cuenta las dos componentes horizontales de registro (NS y EO), se ha utilizado la relación que considera la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de la razón de la componente vertical por sobre las horizontales (SRSS). En base a lo anterior, los resultados son los siguientes:

Tabla 5–7: Relación PGA.vertical/PGA.horizontal para los registros considerados

Evento	PGA.vertical/PGA.horizontal
27 de febrero de 2010, Mw=8.8, Estación Curicó	0,65
28 de febrero de 2010, Mw= 6.6, Estación Curicó	0,63
28 de agosto de 2004, Mw=6.4, Estación Curicó	0,58
3 de marzo de 1985, Mw= 8.0, Estación San Fernando	0,56

Fuente: Elaboración Propia

Según los resultados de la tabla anterior, se tiene que para la condición más desfavorable de los casos analizados, las componentes verticales no llegan a ser más de un 65% de las aceleraciones máximas horizontales, y en promedio, son de un 60%. Cabe destacar que las aceleraciones verticales siempre están fuertemente condicionadas por efectos locales o por condiciones de fuente cercana, por lo que el hecho de extrapolar los resultados de otras estaciones a la zona de estudio constituye solo una primera aproximación al problema.

En el Anexo 4 se entregan gráficas comparativas que muestran la relación entre las componentes verticales y horizontales para los eventos considerados. Se muestran además valores comparativos de los espectros de aceleración, velocidad y desplazamiento obtenidos.

Evidentemente, para lograr una mayor precisión en los resultados, se deben hacer estudios más específicos que incorporen los efectos locales en la estimación de la respuesta sísmica de los suelos. Los análisis han considerado eventos de magnitud importante, y no eventos menores cuya incidencia en los efectos locales es también menor.

6 EVALUACIÓN DE EFECTOS DE SITIO

Los efectos de sitio se asocian normalmente a fenómenos de amplificación de la respuesta sísmica cuyo origen puede ser el contraste suelo-roca (amplificación dinámica) o efectos de amplificación relacionados con la topografía (amplificación topográfica). Estos efectos son medidos a partir del cálculo de las funciones de transferencia, para pequeñas deformaciones, las que consideran el amortiguamiento del suelo, la profundidad al basamento rocoso, el período predominante del suelo y la velocidad de ondas de corte Vs en el medio estratificado (Valdebenito, 2012).

Así, y con el fin de determinar una primera aproximación a eventuales problemas de amplificación local en las zonas donde se proyectan las distintas alternativas de presa para el embalse del río, se ha realizado un análisis de sensibilidad que ha considerado los resultados entregados por el estudio de refracción sísmica realizado, del cual se ha extraído información referente a las profundidades desde las capas superficiales hasta el basamento rocoso, y las estimaciones de velocidades de onda de corte Vs a partir de correlaciones con los valores de Vp entregados para los distintos estratos que conforman el subsuelo.

En base a lo anterior, se ha evaluado la función de transferencia en aceleración espectral |F(ω)| para cada uno de los seis perfiles prospectados en el estudio de refracción realizado. La función de amplificación de los estratos |F(ω)| queda definida de la siguiente manera:

$$|F(\omega)| = \frac{1}{\sqrt{cos^2\left(\frac{\omega * H}{Vs}\right) + \left(\xi * \frac{\omega * H}{Vs}\right)^2}}$$

donde: $\omega = \frac{2\pi}{Ts}$, siendo Ts el periodo fundamental de vibración del suelo.
H = Profundidad de la capa sedimentaria hasta el basamento rocoso.
Vs: Velocidad de ondas de corte promedio de los estratos superiores del subsuelo, sobre la base rocosa rígida.
ξ = Amortiguamiento del suelo sobre el basamento rocoso.

Considerando esto, se ha evaluado la función |F(ω)| considerando tres casos con distintas combinaciones de H y Vs para cada perfil, expresando los resultados en gráficos que estiman la función de transferencia en función del período fundamental de vibración del suelo. Los puntos evaluados para cada perfil y las gráficas asociadas se exponen en el anexo 3. Cabe señalar que los parámetros utilizados para la estimación de la función de transferencia han sido evaluados en base a los resultados proporcionados por el estudio de refracción sísmica citado anteriormente.

En base a los resultados obtenidos, es posible concluir a modo general que los mayores factores de amplificación se presentarían para suelos que presentes periodos fundamentales de vibración menores a 0.4 seg. Por otra parte, los factores de amplificación son muy bajos y tienden a disminuir para periodos de vibración del suelo por sobre los 0.5 seg. Es necesario mencionar que estos factores de amplificación son aplicables solo a los estratos más superficiales del subsuelo, no afectando a los estratos rocosos más profundos. Acorde a lo anterior, y con el fin de cuantificar de mejor forma los efectos de sitio para los estratos superficiales, se recomienda determinar de forma precisa los periodos predominantes de vibración del suelo en base a campañas experimentales de prospección sísmica.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Luego de caracterizar la sismicidad de la zona de estudio mediante la elaboración de un completo catálogo sísmico obtenido a partir de bases de datos de sismos históricos clasificados según fuente sismogénica, se han formulado las leyes de Gutenberg-Richter que definen la productividad sísmica, obteniéndose las mayores tasas de productividad sísmica asociadas a la fuente interplaca, seguido de la fuente intraplaca de profundidad intermedia y sismicidad cortical.

- De la aplicación de las leyes de atenuación para intensidad y aceleración máxima horizontal del suelo según fuente sismogénica, se han obtenido valores máximos para la sismicidad intraplaca de profundidad intermedia, particularmente al considerar la escasa atenuación de los efectos del potente terremoto de Chillan de 1939, ubicado a 70 km de la zona geográfica de estudio. Con respecto de por qué la sismicidad intra-placa controla el diseño, resulta bastante razonable dada la ubicación geográfica de la zona estudiada y condiciones particulares de sismicidad encontradas. De hecho, estos valores resultan ser muy consistentes con estudios regionales recientes realizados por Leyton y otros autores, quienes llegan a las mismas conclusiones que este consultor. Esta sismicidad ha sido considerada como la más desfavorable dentro del contexto sismotectónico del área.

- En el análisis probabilístico que determina la peligrosidad sísmica de la zona, se han estimado las intensidades y aceleraciones horizontales máximas esperadas con un 10% de probabilidad de excedencia, considerando una vida útil de las obras de 20, 50, 75 y 100 años. Si se considera la condición de sismo de diseño (10% de probabilidad de excedencia en 50 años), se obtienen valores esperados de intensidad 7.75 MM para sismicidad interplaca, 7,81 MM para fuente intraplaca de profundidad intermedia, y 4.16 MM para sismicidad cortical. En términos de aceleración máxima horizontal del suelo, se obtuvieron valores esperados de 0,208g, 0,71g y 0,016g para las sismicidades interplaca, intraplaca de profundidad intermedia y cortical respectivamente. En base a lo anterior, resulta evidente que la sismicidad del lugar de estudio es controlada por la fuente sismogénica intra-placa de profundidad intermedia. Aunque podrían llamar la atención los altos valores de las aceleraciones halladas para la fuente intra-placa, es necesario precisar que se ha considerado la condición más desfavorable desde el punto de vista de la atenuación del suelo (Ruiz y Saragoni, 2005a). El alto valor de las aceleraciones obedece a las condiciones particulares de la zona, en la que el terremoto de 1939 (Chillán) ha condicionado e impuesto fuertemente una demanda. La muy cercana ubicación epicentral del sismo de 1939 ha levantado la estadística considerada, la que apenas es atenuada de acuerdo a las leyes de atenuación de Saragoni. De hecho, los valores de aceleraciones quedan acotados en este caso a una condición de comportamiento no lineal del suelo, más que a la atenuación misma, según propone Saragoni.

- Es importante insistir en este sentido, que no resulta del todo práctico el comparar directamente una zona con otra, ya que los resultados quedan muy condicionados por efectos locales y condiciones especiales. Además, la precisión en las leyes de atenuación consideradas y la metodología de análisis utilizada en sí, pueden hacer variar mucho los resultados (Beck et al (1998), Leyton et al (2010); Ruiz y Saragoni (2005a)).

- Con respecto de las aceleraciones verticales, dadas las limitaciones del caso, es posible señalar que éstas quedan fuertemente condicionadas por efectos locales y efectos de fuente cercana. De los resultados del análisis, y ante la inexistencia de leyes de atenuación locales para aceleraciones verticales, resulta no viable un abordaje probabilista en este sentido. Los análisis preliminares entregan valores para las aceleraciones verticales que en promedio no superan el 60% de las aceleraciones horizontales.

- De los resultados que determinaron una primera aproximación a posibles amplificaciones locales en el lugar de emplazamiento de las obras (efectos de sitio), se determinaron los factores de amplificación en función del periodo fundamental de vibración de los suelos. En general los mayores factores de amplificación se presentarían para suelos que presentes periodos fundamentales de vibración menores a 0.4 seg. Cabe destacar que estos factores de amplificación son aplicables solo a los estratos superficiales del subsuelo y no afectan a los estratos rocosos más profundos, por lo que se recomienda considerar estos efectos al momento de diseñar las obras secundarias, las cuales por lo general son fundadas en los estratos más superficiales del subsuelo. En base a esto, y con el fin de cuantificar de mejor forma los efectos de sitio en estratos superficiales de interés, los resultados del presente estudio deben ser complementados con campañas experimentales que determinen en forma precisa las características dinámicas de los suelos de la zona de estudio, principalmente en lo que respecta a la obtención del periodo fundamental de vibración de los mismos.

8 REFERENCIAS

Algermissen, S; Perkins, D. 1976. “Seismology of earth and associated phenomena”. Princeton, University press, Princeton New Jersey.

Astroza, M.; M. Sandoval.; E. Kausel. 2005. Estudio comparativo de los efectos de los sismos chilenos de subducción del tipo intraplaca de profundidad intermedia. Jornadas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Concepción. No. 9.

Barrientos, S. 1980. Regionalización Sísmica de Chile. Tesis para optar al Grado de Magíster en Ciencias con Mención en Geofísica, Departamento de Geofísica. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

Beck, S., S. Barrientos, E. Kausel y M. Reyes (1998). «Source characteristics of historic earthquakes along the central Chile subduction Askew et alzone». Journal of South American Earth Sciences 11 (2). doi:10.1016/S0895-9811(98)00005-4. ISSN 0895-9811.

Boroshek, R; Soto, P; León, R. (2011) “Registro Sísmicos Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile” (Disponible en URL http://terremotos.ing.uchile.cl/). Universidad de Chile.

DPI Ingenieros Ltda. (2012). Estudio refracción sísmica mejoramiento riego valle del Río Cato, Embalse Niblinto, Provincia del Ñuble, Región del Bío-Bío, VIII región, Chile.

González, P. 2012. Estudio de prefactibilidad para el proyecto “Mejoramiento riego valle del Río Cato, Embalse Niblinto, Provincia del Ñuble, Región del Bío-Bío”. Geología de alternativas de Embalse 1, 2 y 3. Arcadis Chile. Santiago.

Leyton, F.; S. Ruiz.; S. Sepúlveda. 2010. Reevaluación del peligro sísmico probabilístico en Chile central. Andean Geology. Vol. 37, No 2: pp. 455-472

Lorito, S.; F. Romano; S. Atzori; X. Tong; A. Avallone; J. McCloskey; M. Cocco; E. Boschi; A. Piatanesi. 2011. Limited overlap between the seismic gap and coseismic slip of the great 2010 Chile earthquake. Nature Geoscience (4): pp:173-177.

Ruiz, S.; G.R. Saragoni. 2005a. Fórmulas de atenuación para la subducción de Chile considerando los dos mecanismos principales de sismogénesis y los efectos del suelo. Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Concepción. No. 9.

Ruiz, S.; G.R. Saragoni. 2005b. Fórmulas de atenuación para la subducción de Chile de terremotos interplaca tipo thrust considerando los efectos del suelo y las asperezas. Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Concepción No. 9.

Ruiz, S.; G.R. Saragoni. 2005c. Propuesta de espectros de respuesta de aceleraciones con 2 peaks para las normas de diseño sísmico chileno que consideran el efecto del suelo y del tipo de terremoto subductivo. Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Concepción No. 9.

Sadigh, K.; Chang, C.-Y.; Egan, J.A.; Makdisi, F.; Youngs, R.R. 1997. Attenuation relationships for shallow crustal earthquakes based on California strong motion data. Seismological Research Letters 68: 180-189.

Saragoni, R.; Astroza, M.; Ruiz, S. 2004. Comparative study of subduction earthquake ground motion of north, central and south América. 13th World Conference on Earthquake Engineering. Vancouver, B.C. Canadá.

Silva, N. 2008. Caracterización y determinación del peligro sísmico en la región metropolitana. Memoria para optar al título de ingeniero civil mención estructuras-construcción. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

Stepp, J.C. 1971. An investigation on earthquake risk in the Puget Sound area by use of Type I Distribution of largest extremes. Ph.D. Thesis (Unpublished), Pennsylvania State University, Dept. of Geosciences: 131 p.

Stepp, J.C. 1972. Analysis of completeness of the earthquake sample in the Puget Sound area and its effect on statiscal estimates of earthquake hazard. In Proceedings of the
Valdebenito, G. 2011. Estudio de riesgo – Informe antisísmico y adecuación estudio PRC Región de La Araucanía. Valdivia, Chile.

Valdebenito, G. 2011. Estudio de riesgo – Informe antisísmico y adecuación estudio PRC Región de La Araucanía. Valdivia, Chile.

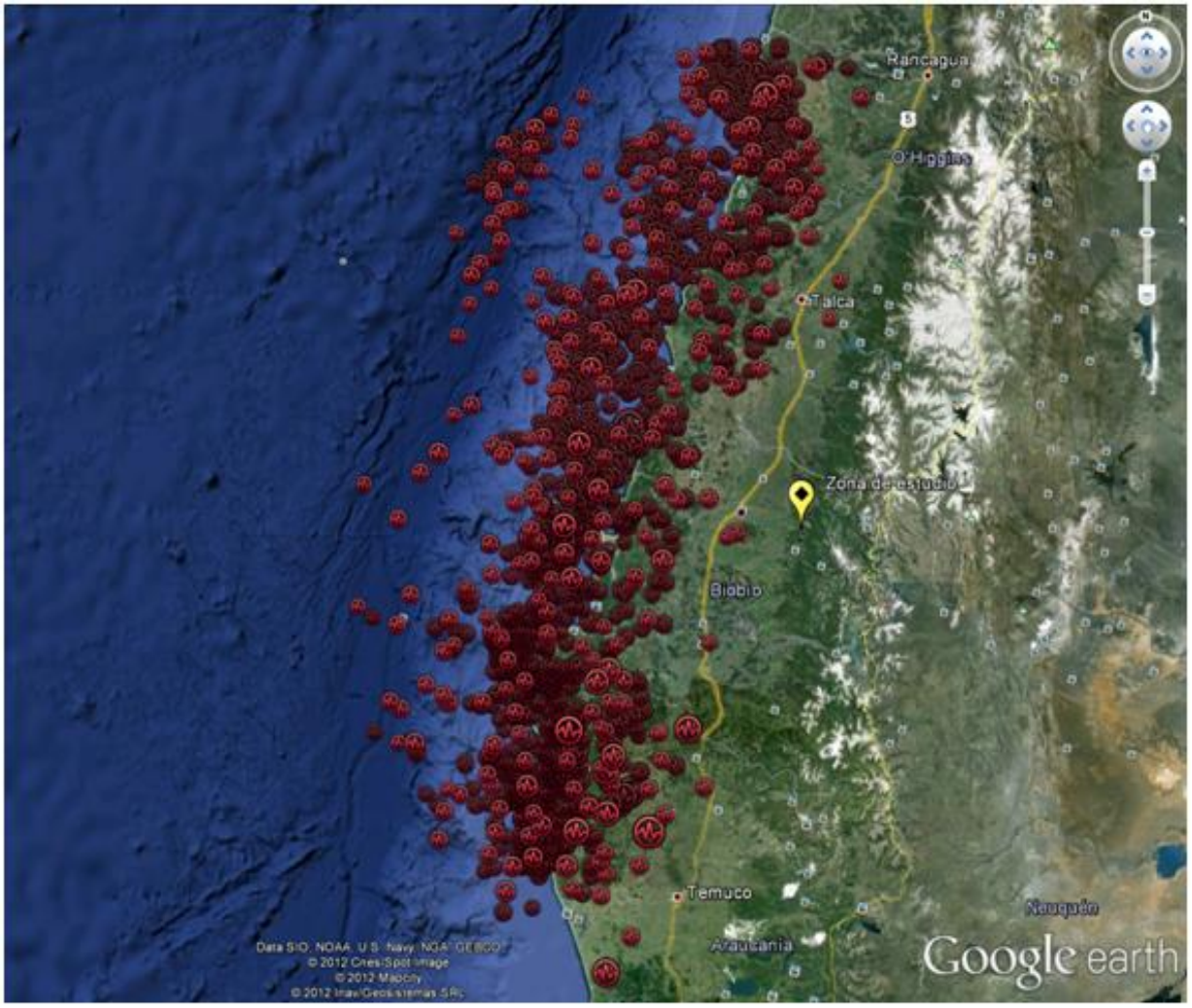
Valdebenito, G. 2012. Perfiles geofísicos y estudios sísmicos especiales. Proyecto edificio Contraloría de Los Ríos. Valdivia.

ANEXO 1
BASE DE DATOS SISMICIDAD HISTÓRICA

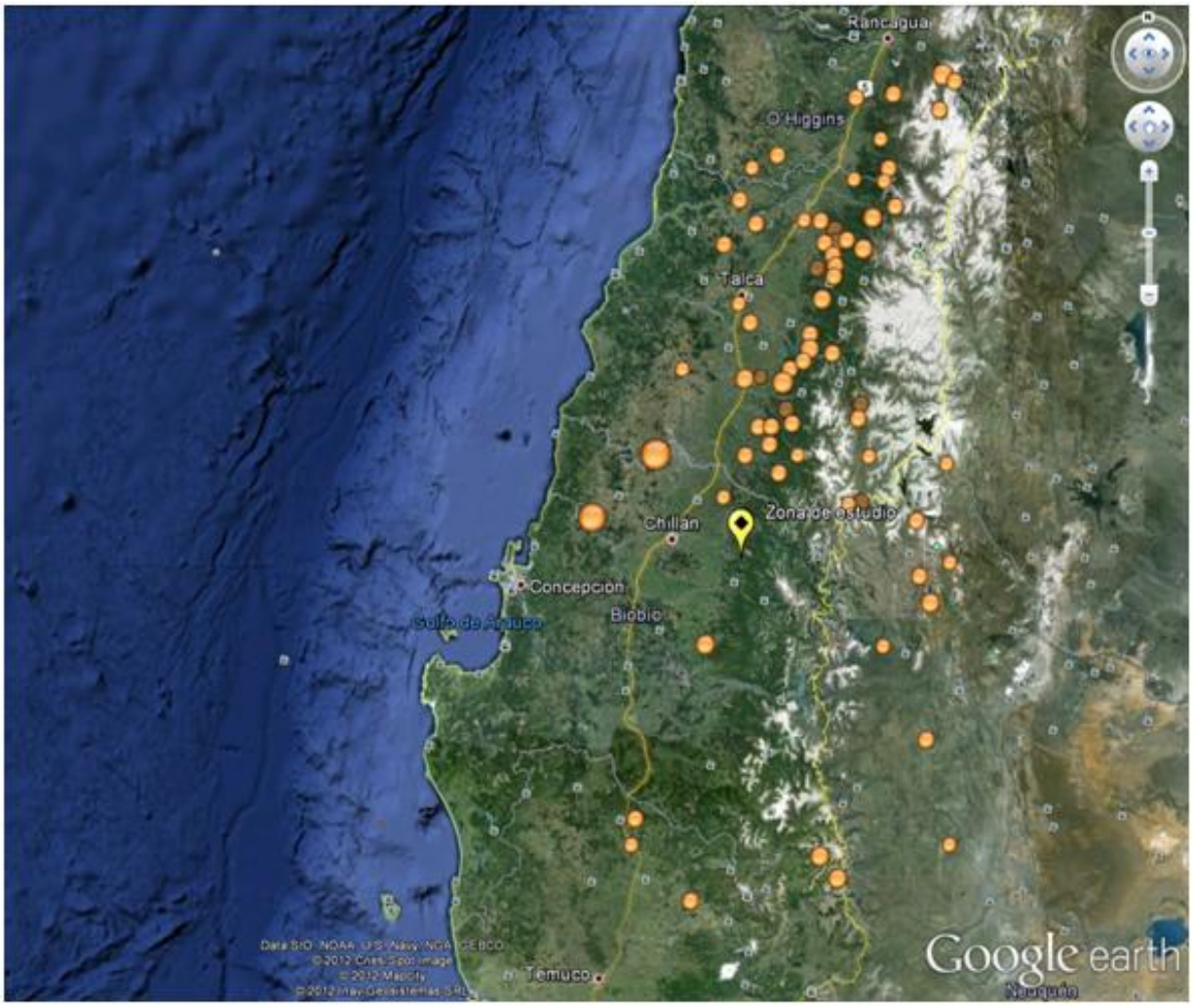
Base de datos sísmica generada para la zona de estudio. Se adjunta en archivo formato digital (xls).

ANEXO 2
GRÁFICOS EVENTOS EN LA PLATAFORMA GOOGLE EARTH

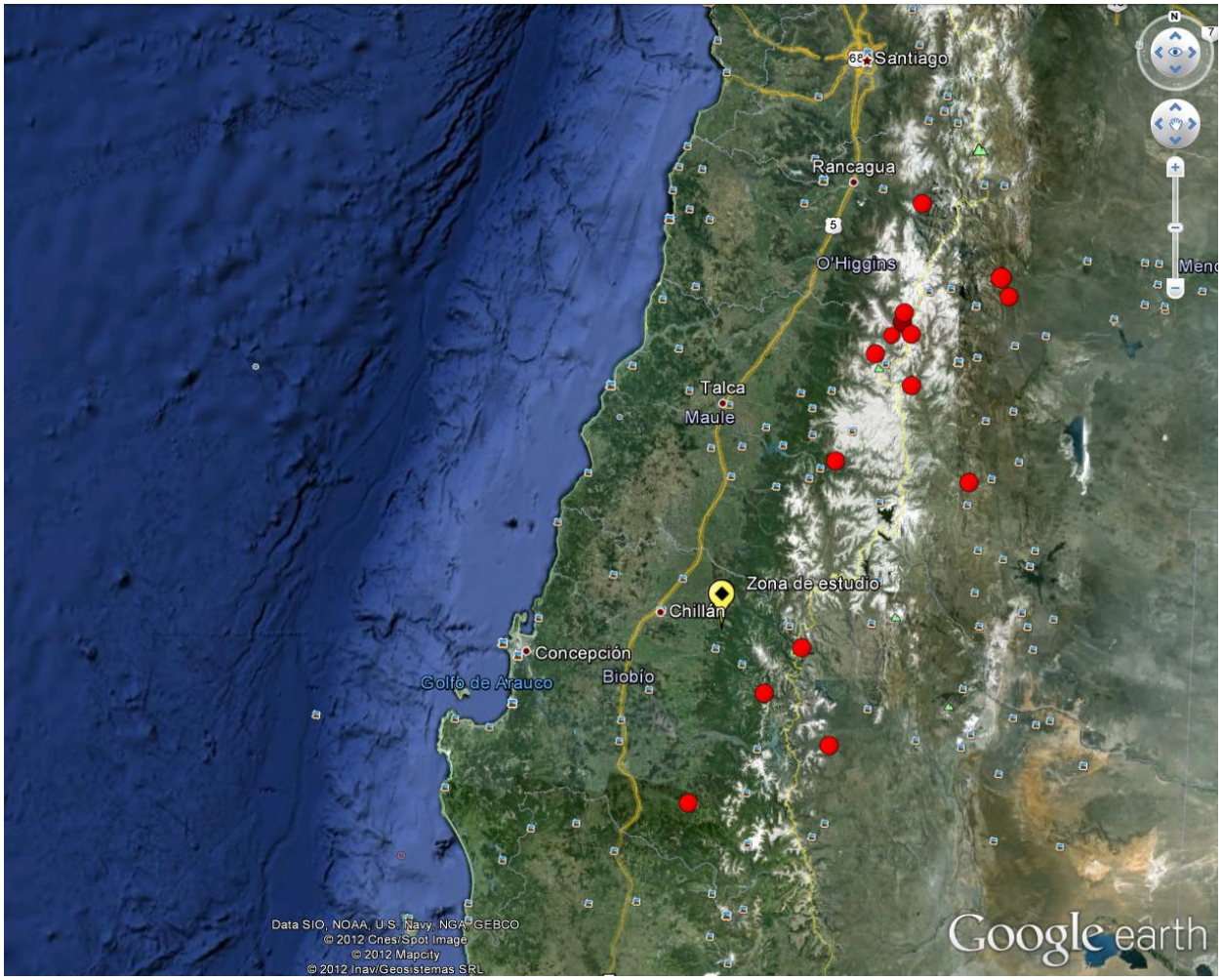
Mapa con la distribución espacial de los eventos históricos tipo interplaca para el área de estudio



Mapa con la distribución espacial de los eventos históricos tipo intraplaca de profundidad intermedia para el área de estudio



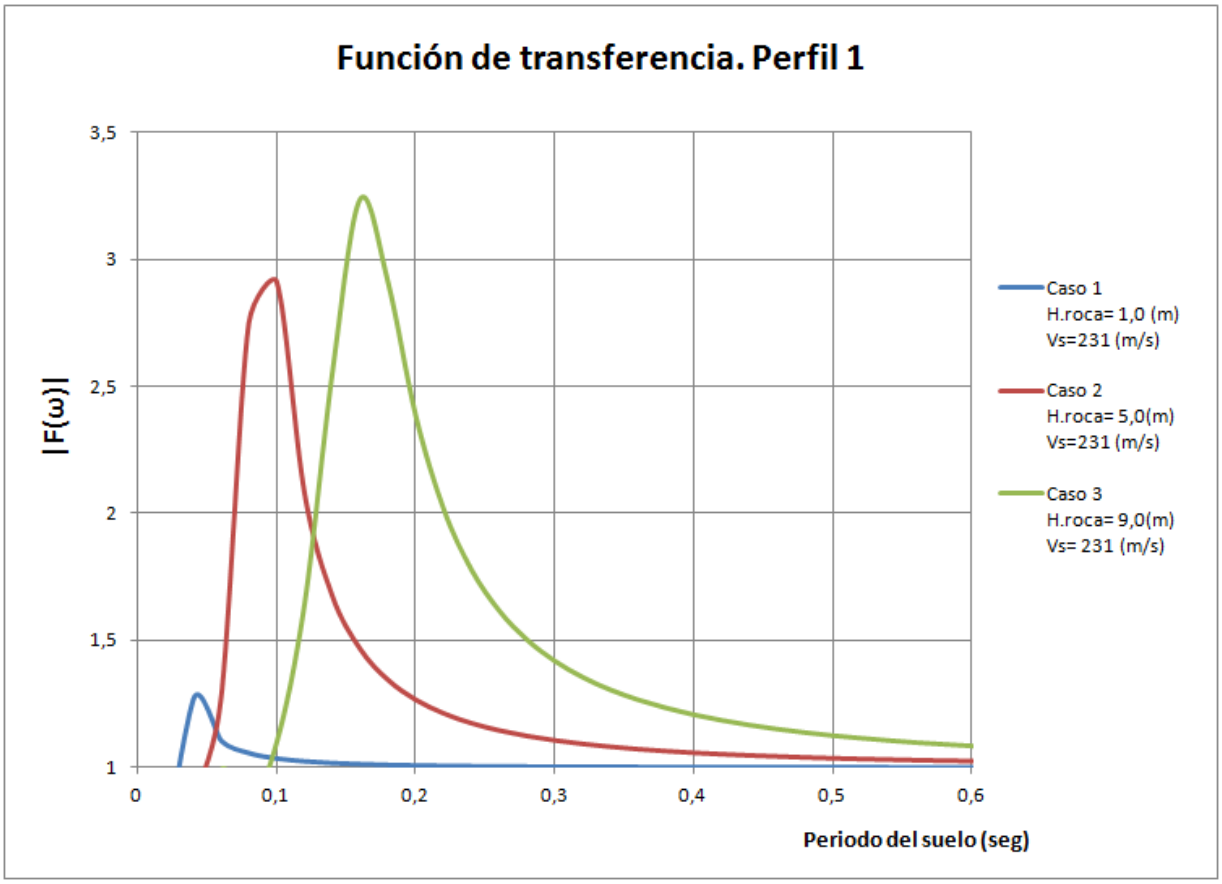
Mapa con la distribución espacial de los eventos históricos de sismicidad cortical para el área de estudio



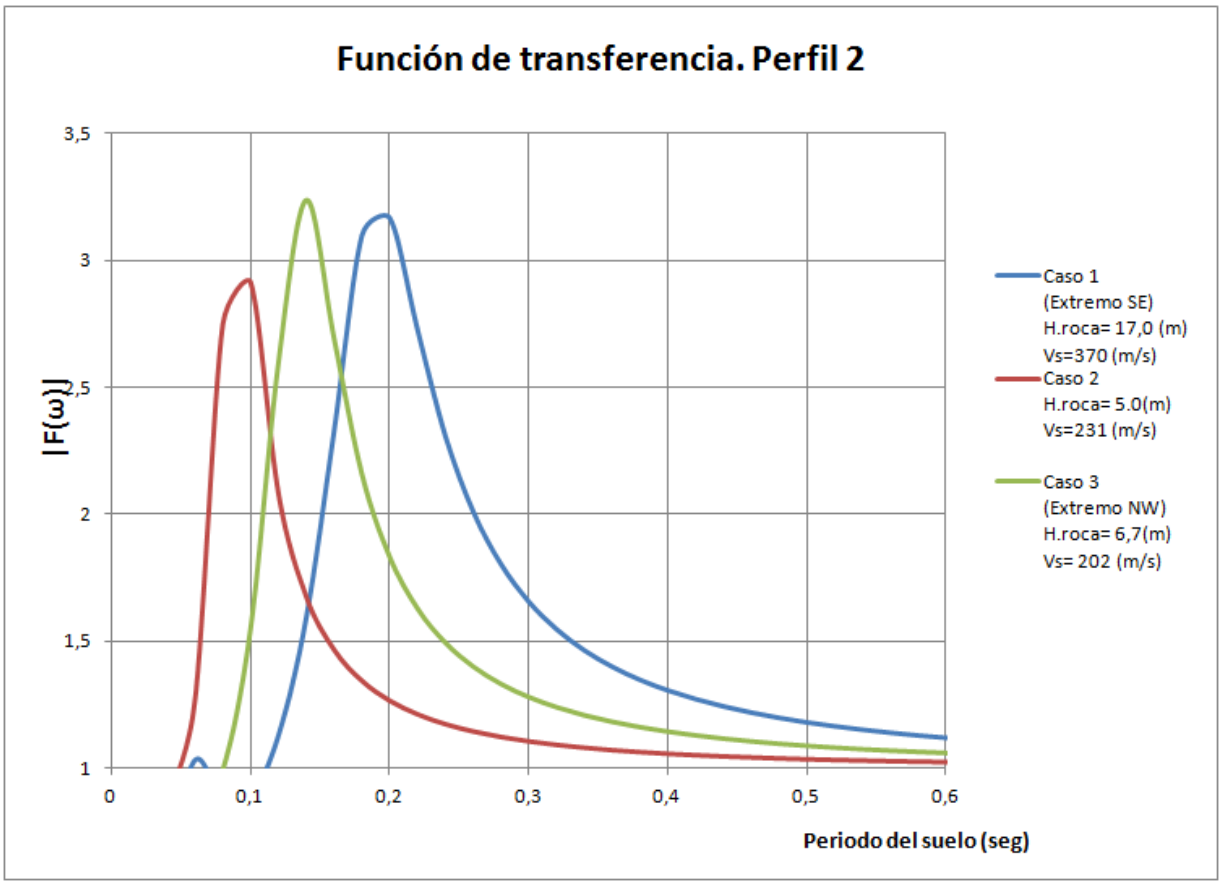
ANEXO 3
EVALUACIÓN DE EFECTOS DE SITIO

Funciones de transferencia asociadas a los perfiles sísmicos prospectados.

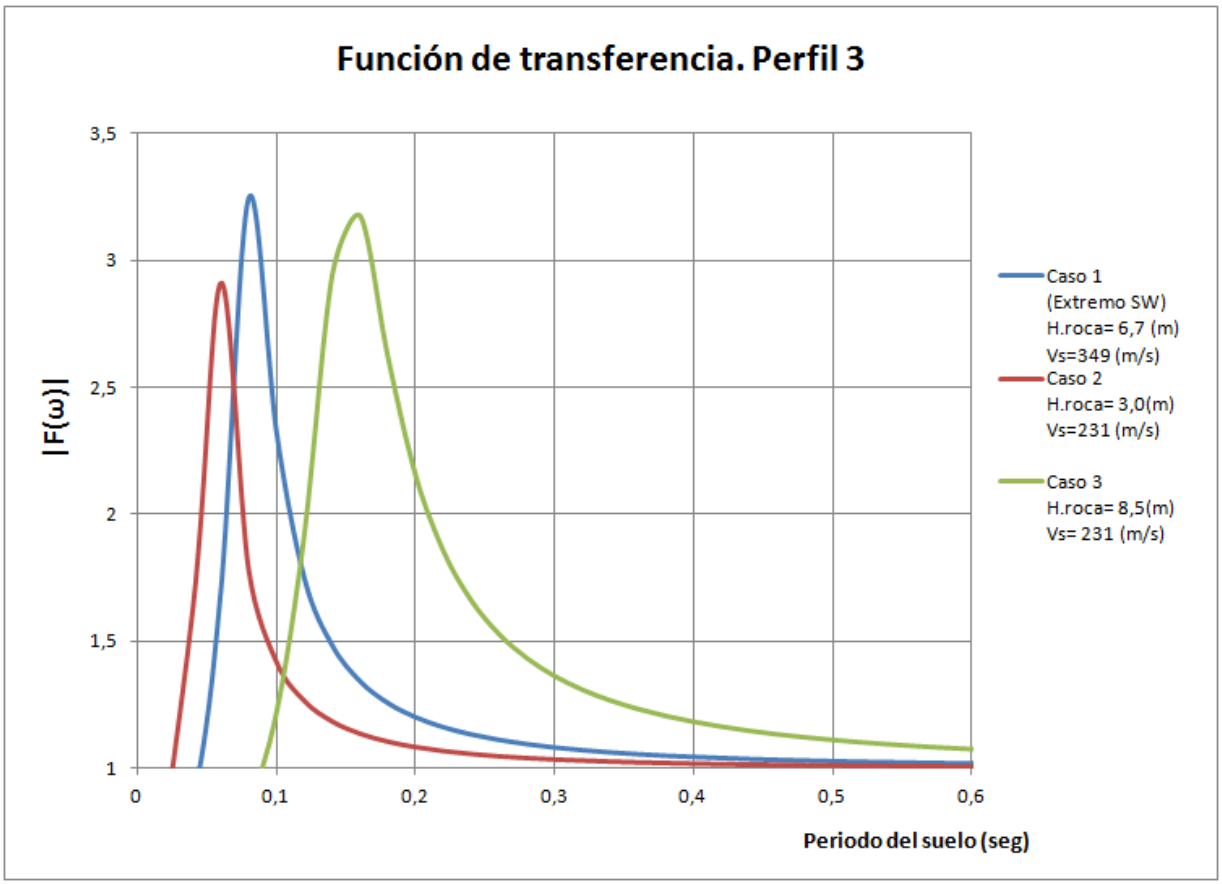
Perfil LSNB-1



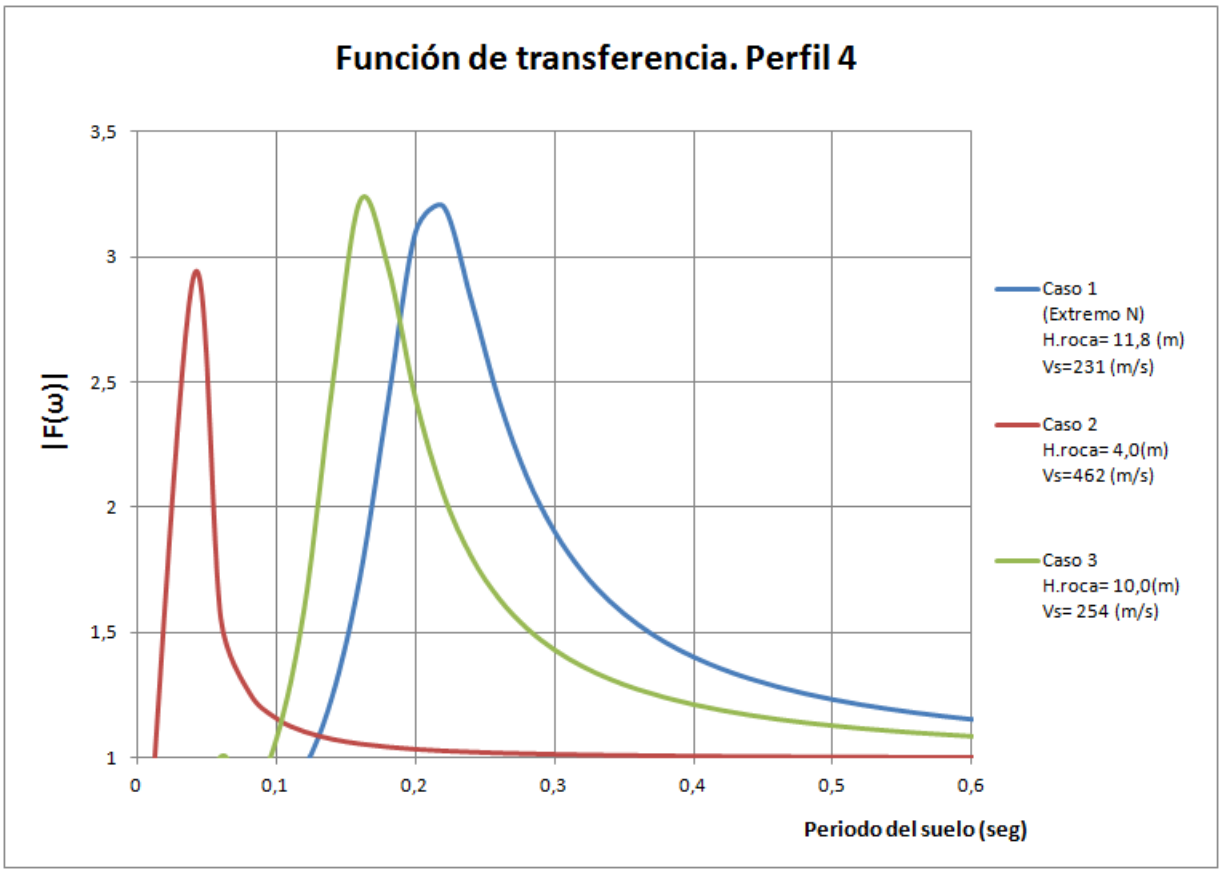
Perfil LSNB-2



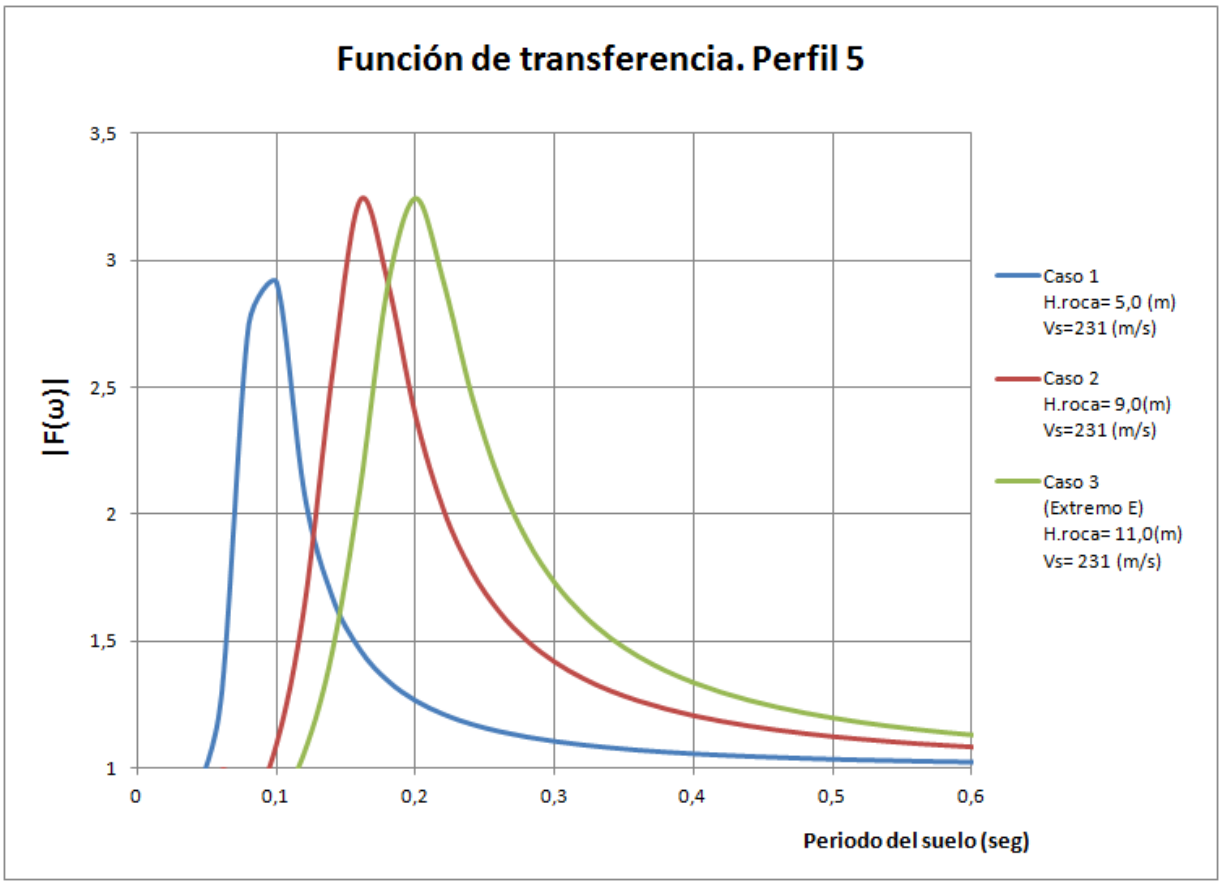
Perfil LSNB-3



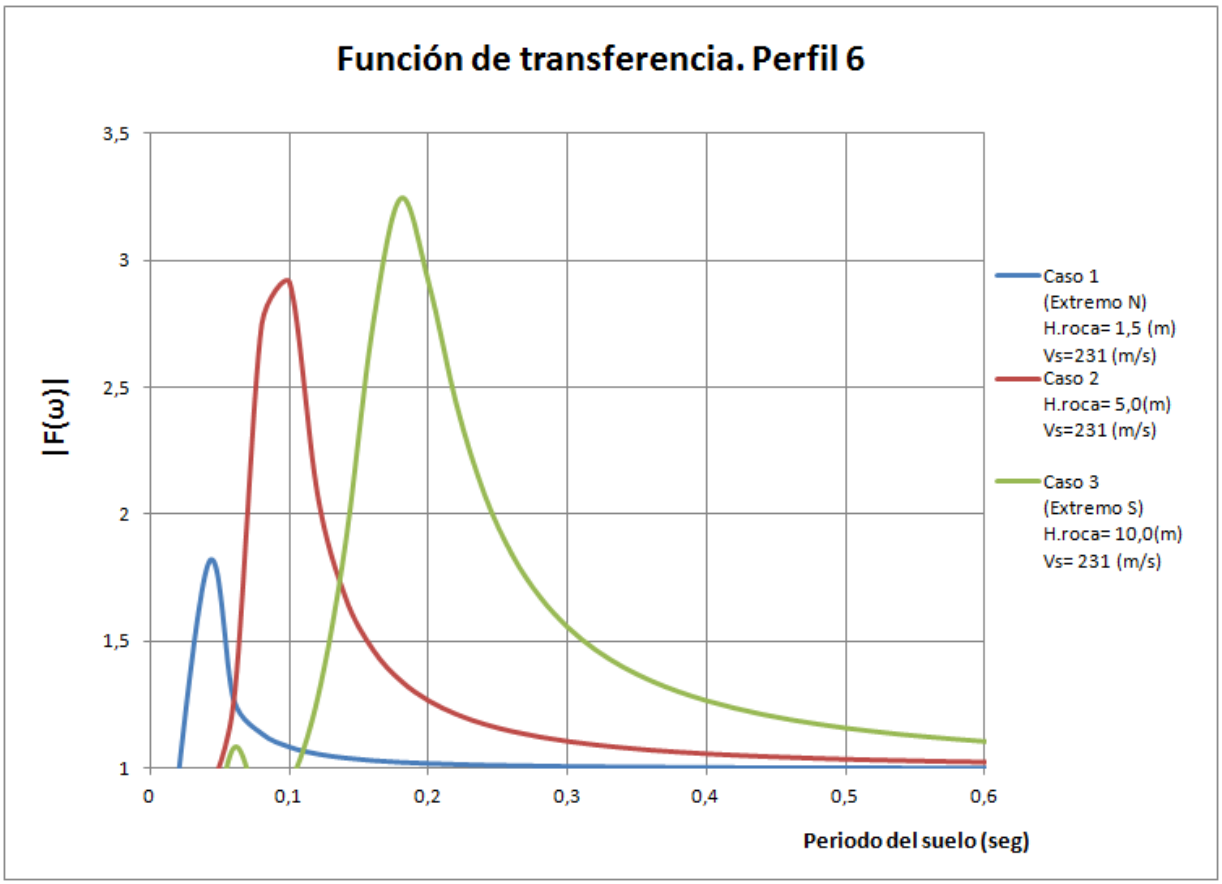
Perfil LSNB-4



Perfil LSNB-5

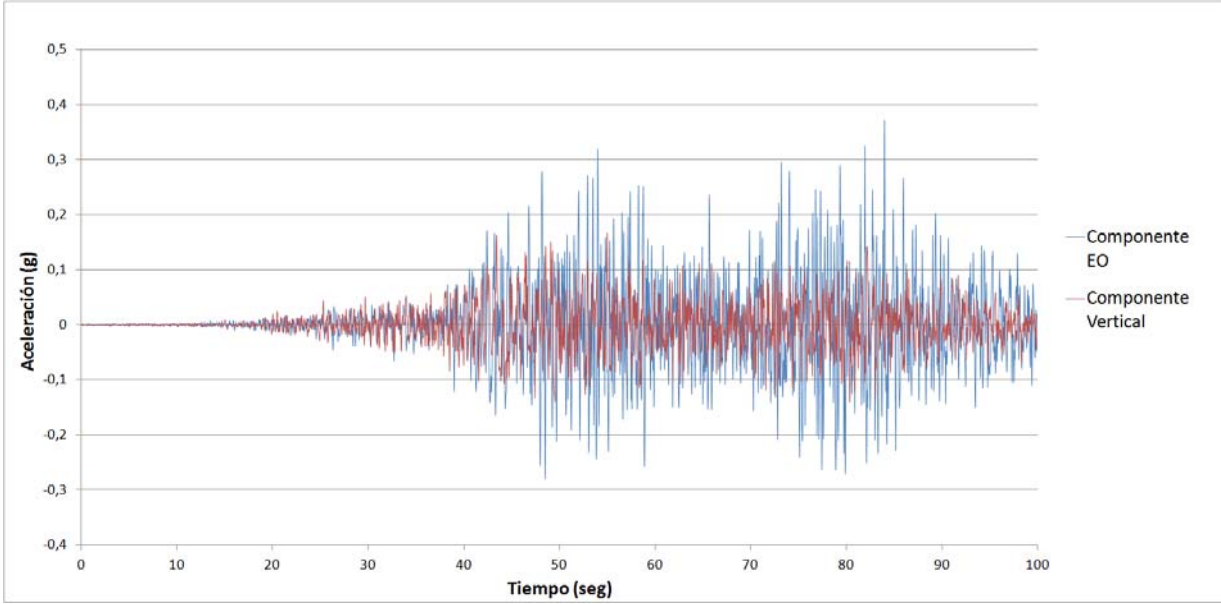


Perfil LSNB-6

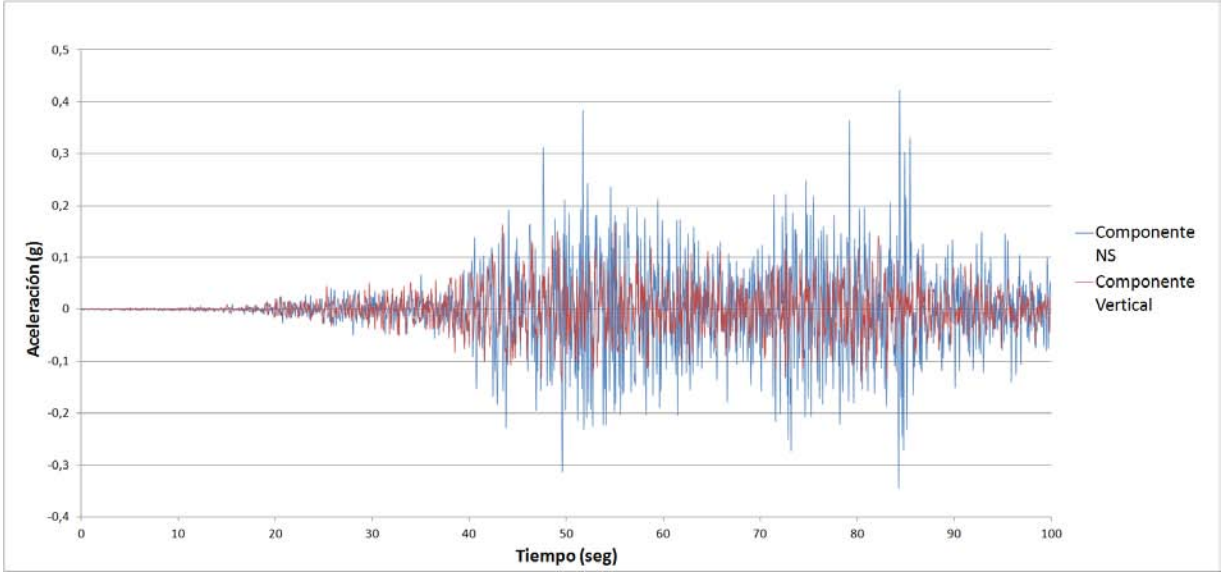


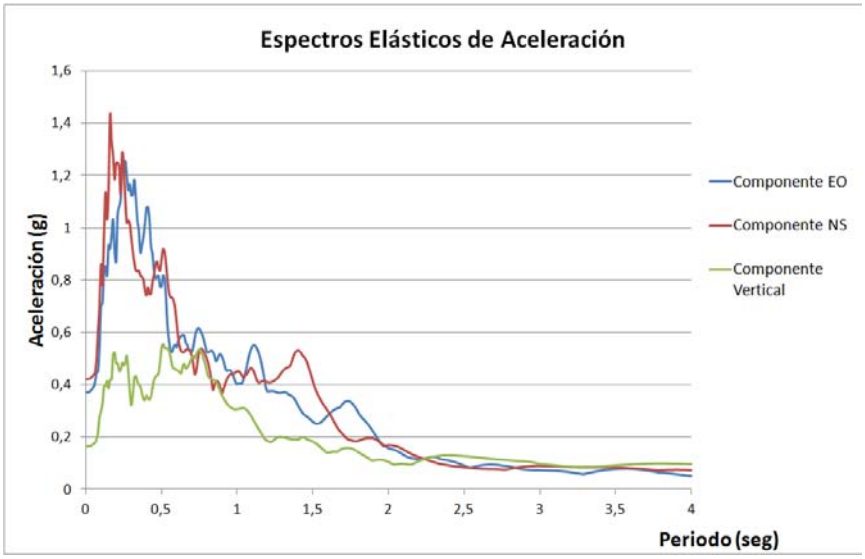
ANEXO 4
ANÁLISIS DE LAS ACELERACIONES VERTICALES

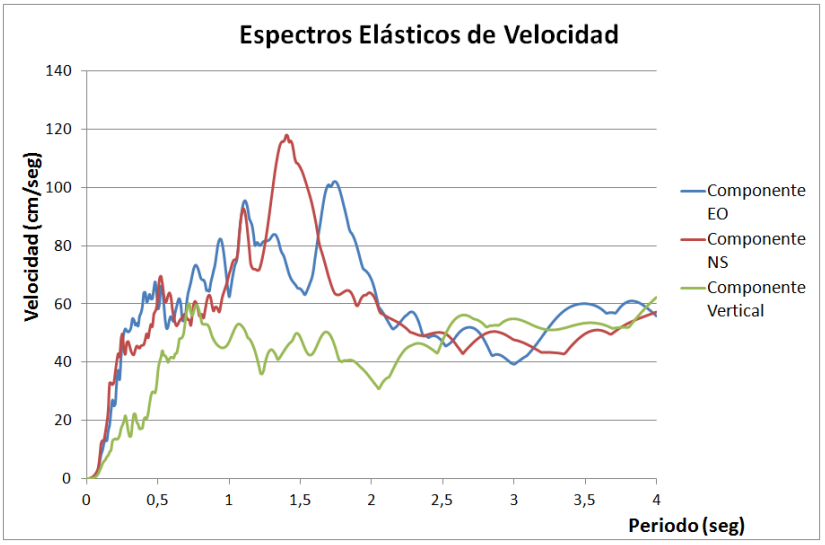
Registro del terremoto del 27 de febrero de 2010, Mw=8.8, Estación Curicó

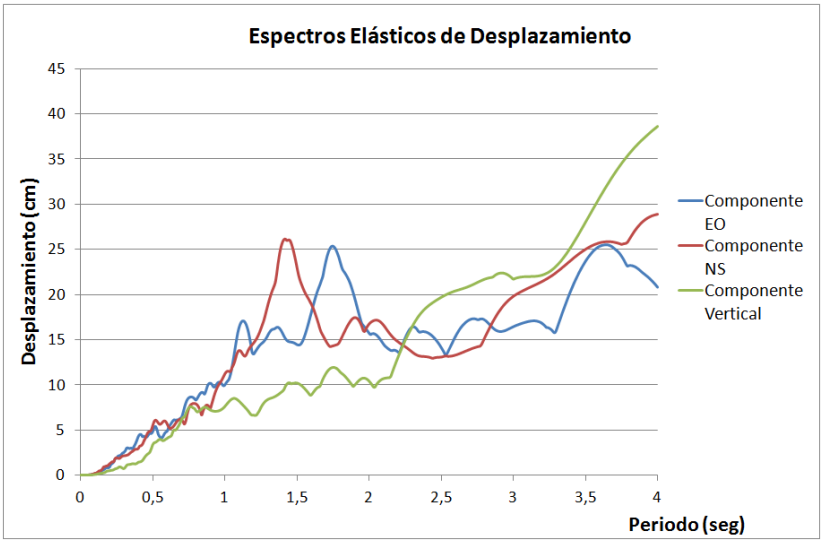


Series de tiempo

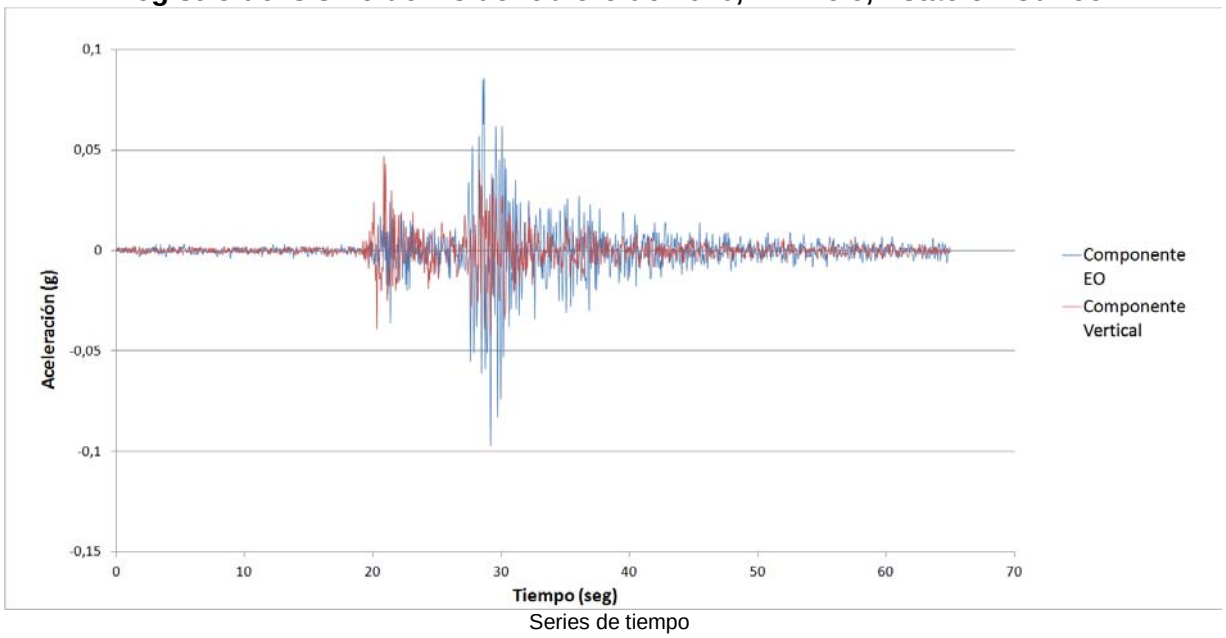



Espectros Elásticos de Aceleración
Aceleración (g)
1,6
1,4
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
4
Periodo (seg)
Componente EO
Componente NS
Componente Vertical

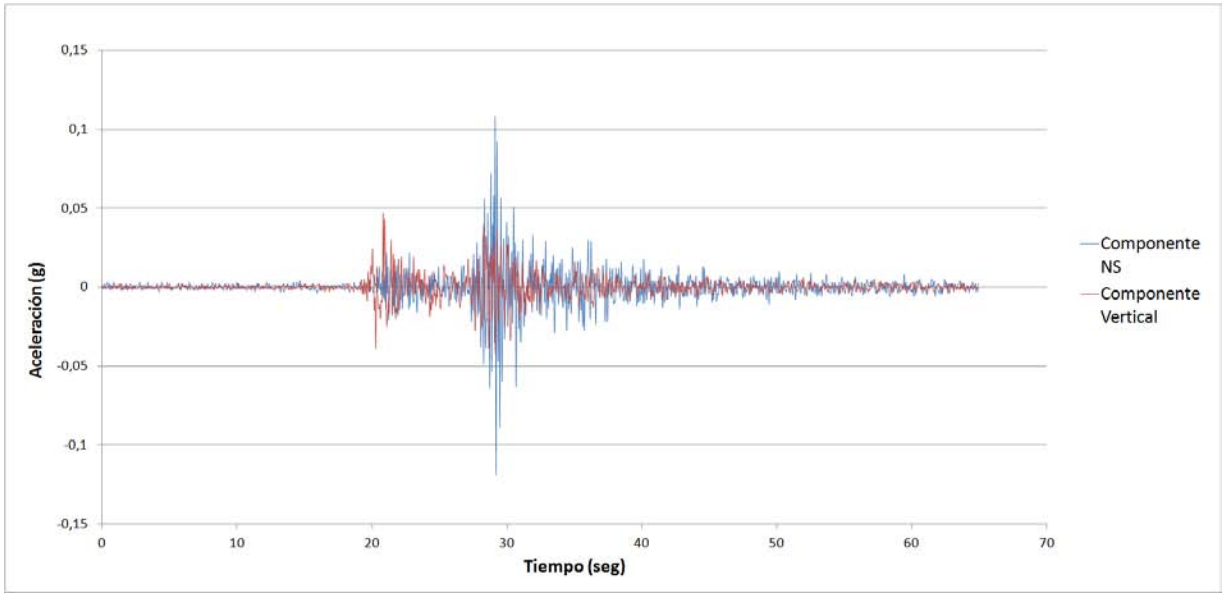

Espectros Elásticos de Velocidad
Velocidad (cm/seg)
140
120
100
80
60
40
20
0
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
4
Periodo (seg)
Componente EO
Componente NS
Componente Vertical

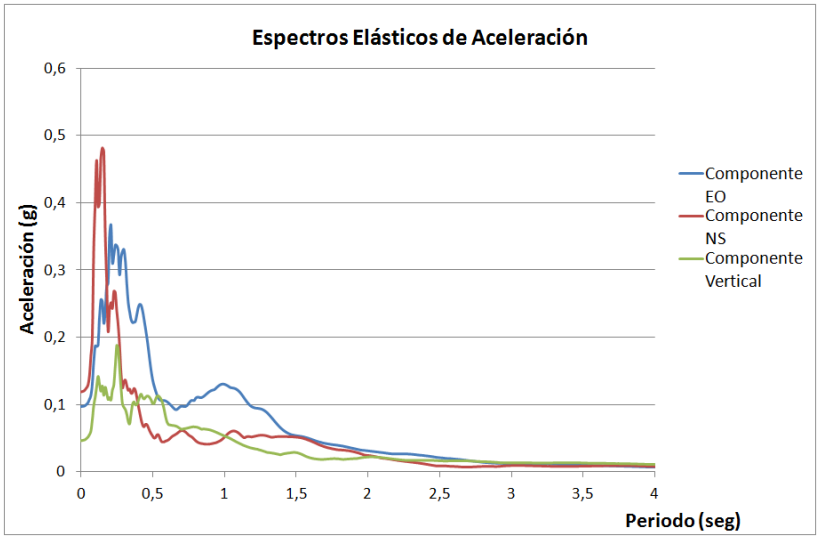


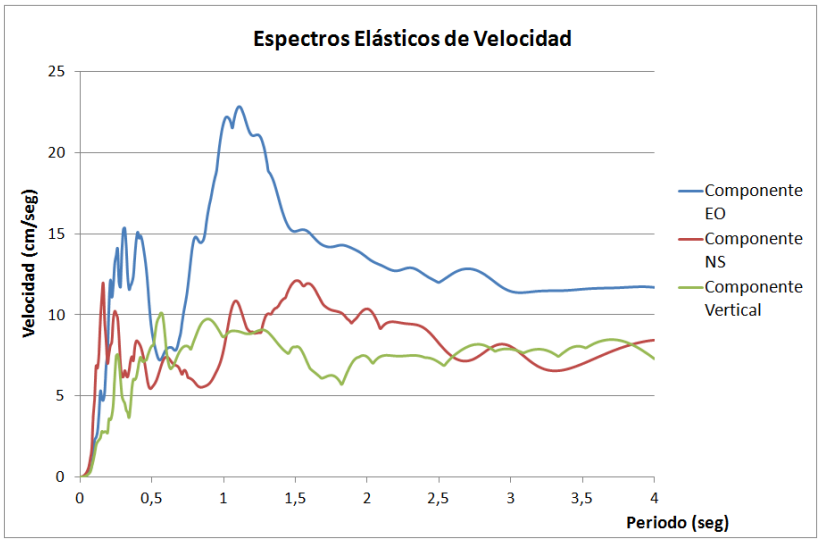
Registro del sismo del 28 de febrero de 2010, Mw= 6.6, Estación Curicó

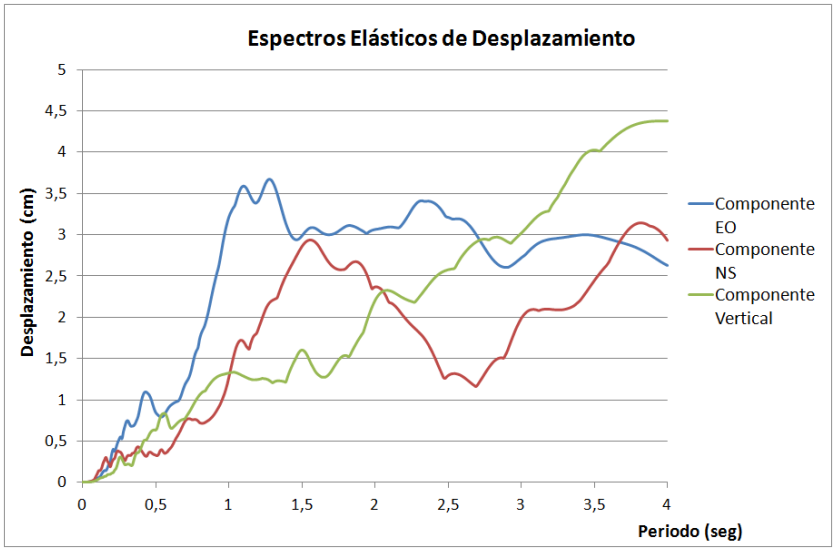


Series de tiempo

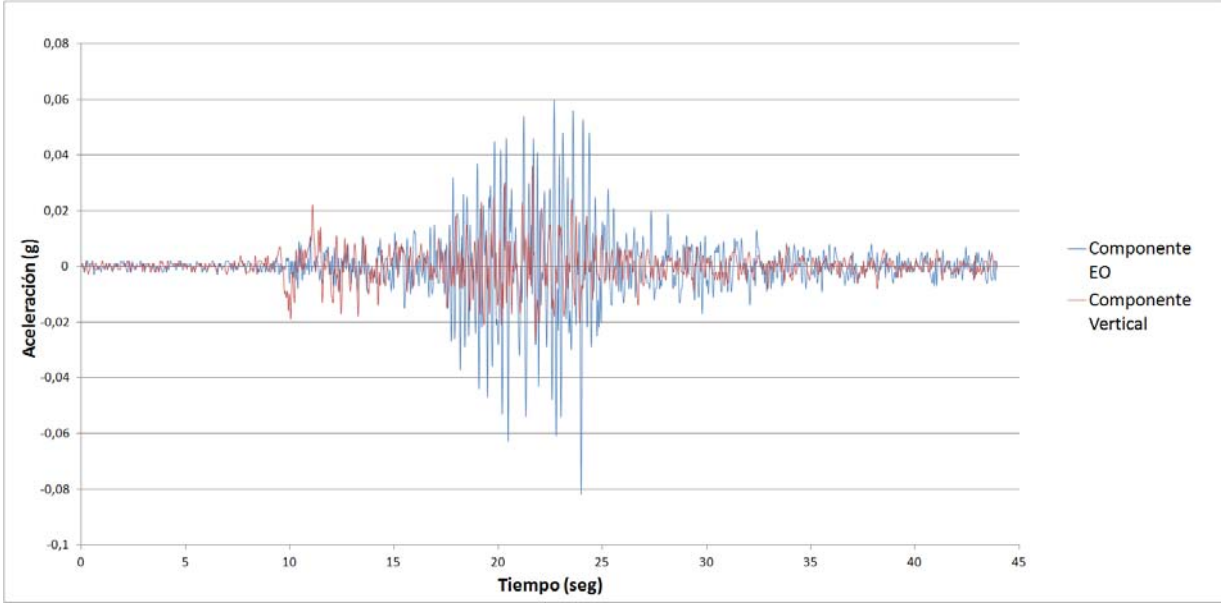

0,15
0,1
0,05
0
-0,05
-0,1
-0,15
Aceleración (g)
0
10
20
30
40
50
60
70
Tiempo (seg)
Componente NS
Componente Vertical


Espectros Elásticos de Aceleración
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
Aceleración (g)
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
4
Periodo (seg)
Componente EO
Componente NS
Componente Vertical

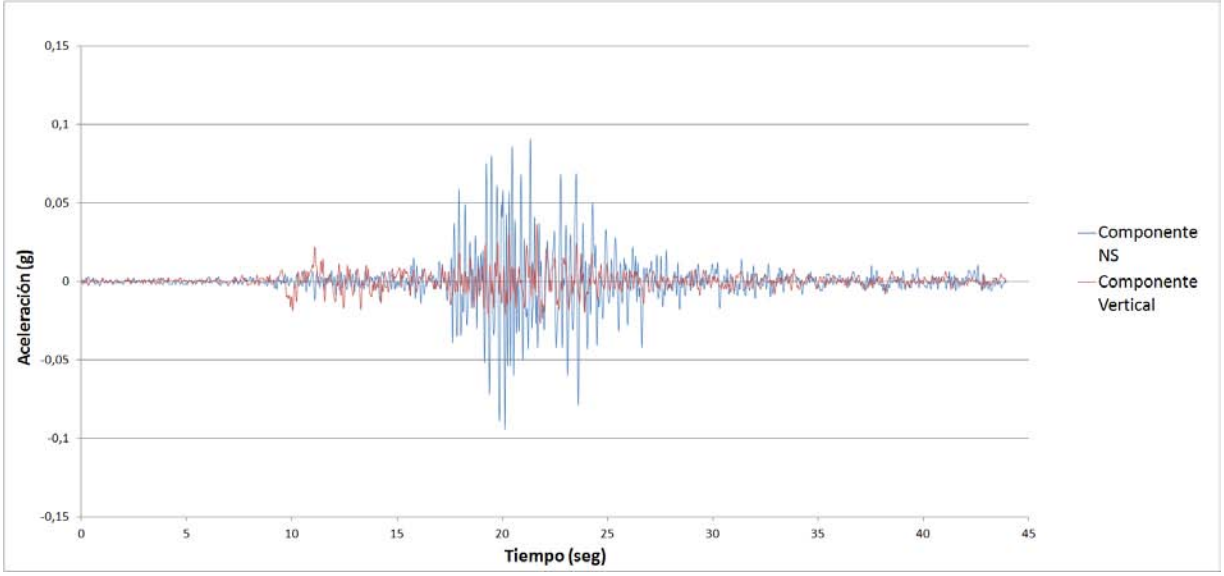

Espectros Elásticos de Velocidad
Velocidad (cm/seg)
25
20
15
10
5
0
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
4
Periodo (seg)
Componente EO
Componente NS
Componente Vertical

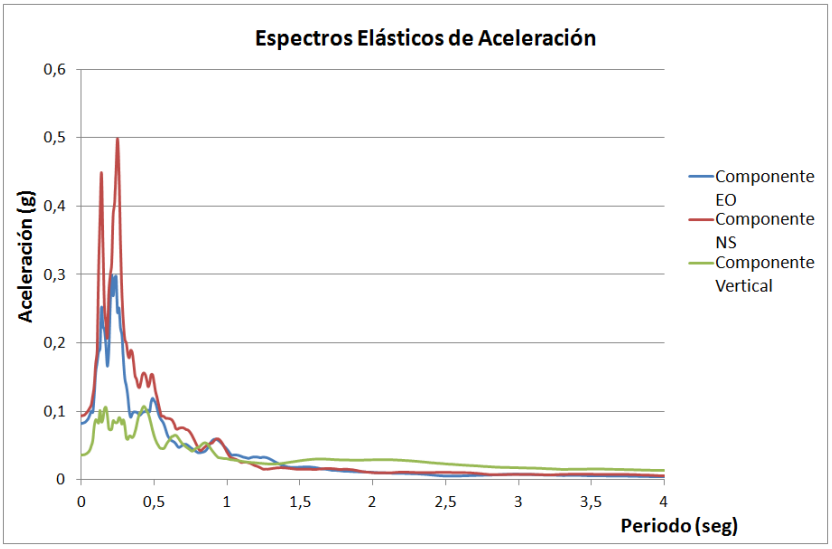

Espectros Elásticos de Desplazamiento
Desplazamiento (cm)
5
4,5
4
3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
4
Periodo (seg)
Componente EO
Componente NS
Componente Vertical

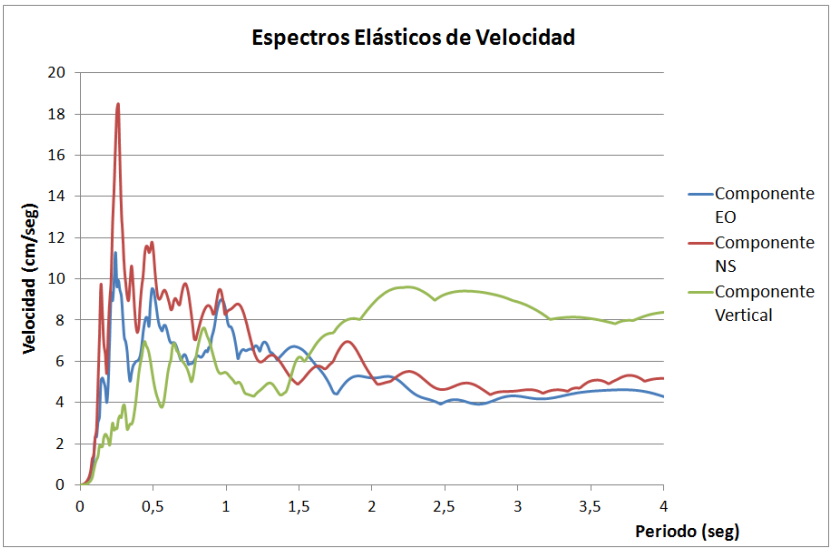
Registro del sismo del 28 de agosto de 2004, Mw=6.4, Estación Curicó

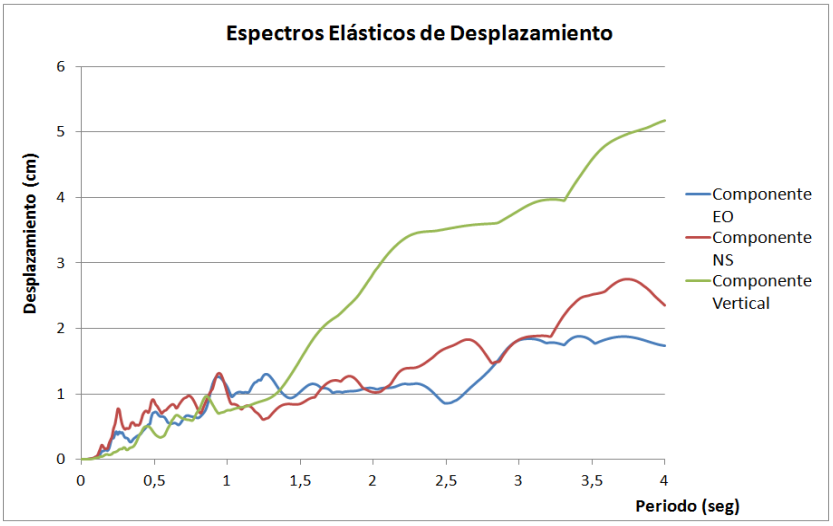


Series de tiempo

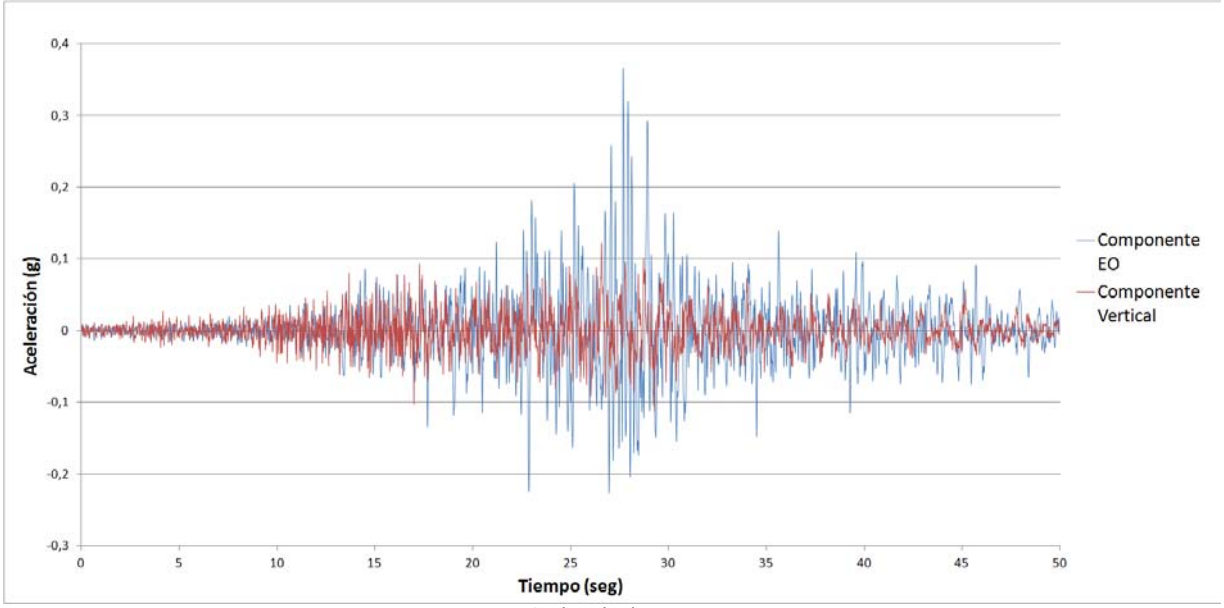



Espectros Elásticos de Aceleración
Aceleración (g)
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
4
Periodo (seg)
Componente EO
Componente NS
Componente Vertical

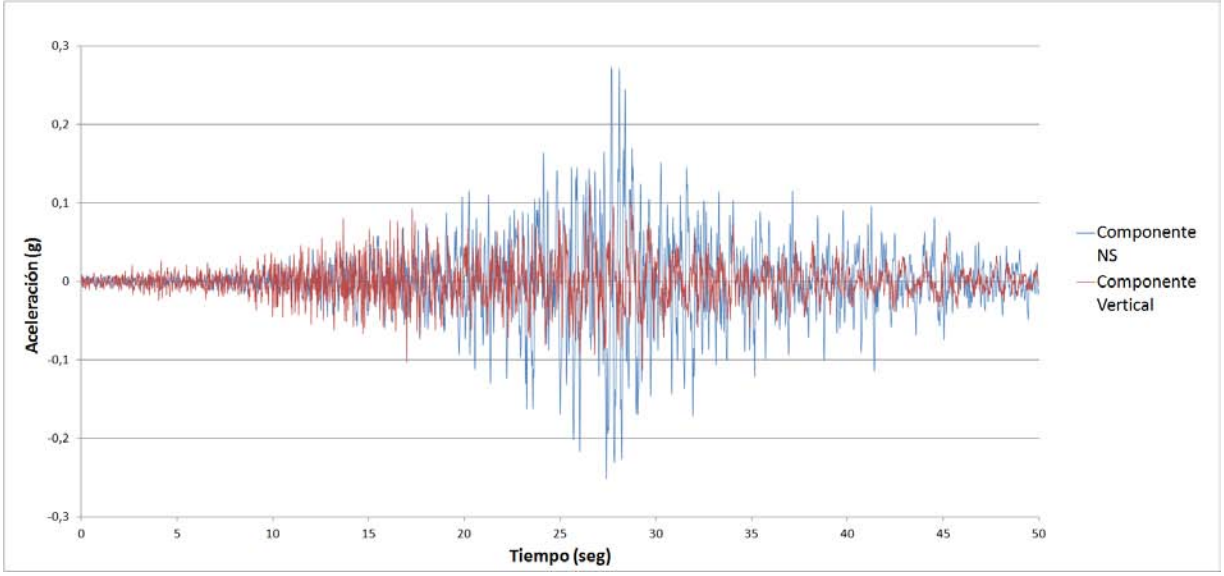

Espectros Elásticos de Velocidad
Velocidad (cm/seg)
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
4
Periodo (seg)
Componente EO
Componente NS
Componente Vertical

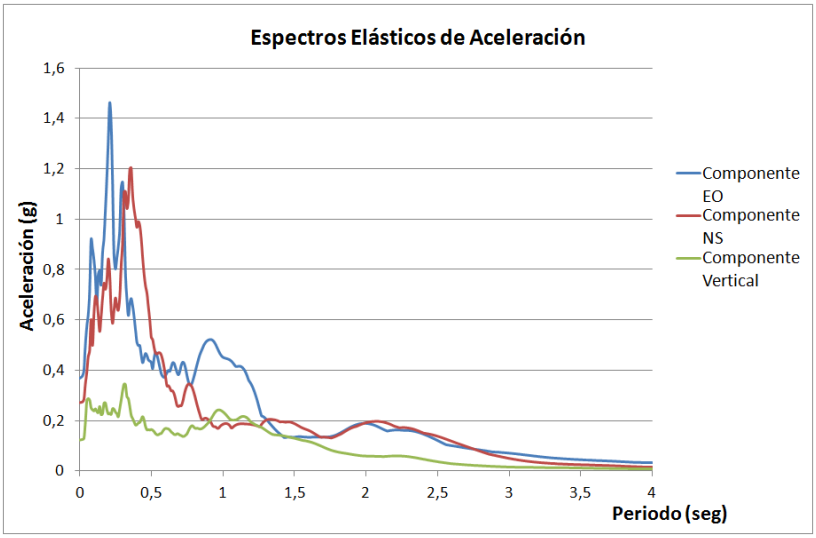


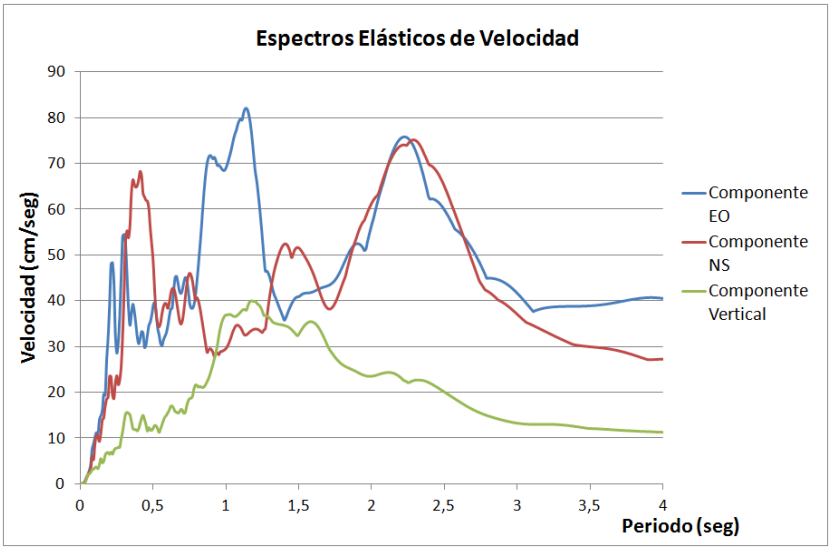
Registro del terremoto del 3 de marzo de 1985, Mw= 8.0, Estación San Fernando

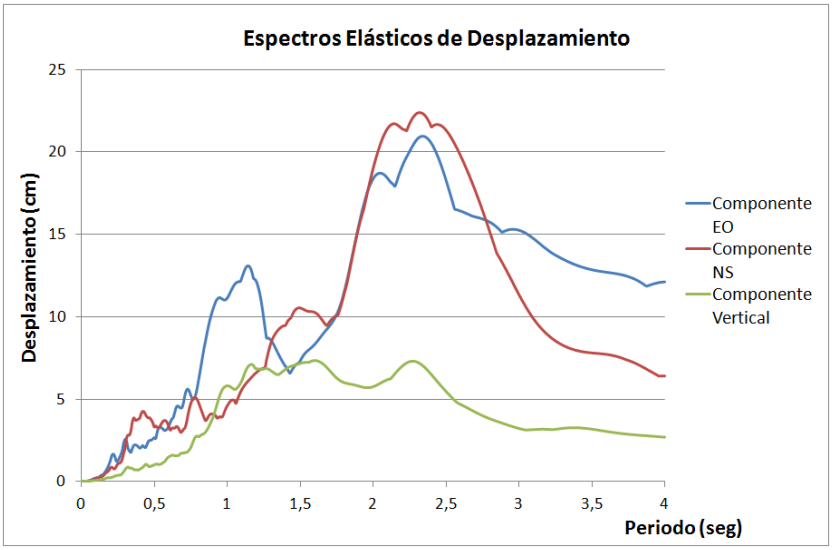


Series de tiempo


0,3
0,2
0,1
0
-0,1
-0,2
-0,3
Aceleración (g)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
Tiempo (seg)
Componente NS
Componente Vertical


Espectros Elásticos de Aceleración
1,6
1,4
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
Aceleración (g)
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
4
Periodo (seg)
Componente EO
Componente NS
Componente Vertical


Espectros Elásticos de Velocidad
Velocidad (cm/seg)
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
4
Periodo (seg)
Componente EO
Componente NS
Componente Vertical


Espectros Elásticos de Desplazamiento
Desplazamiento (cm)
25
20
15
10
5
0
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
4
Periodo (seg)
Componente EO
Componente NS
Componente Vertical

COMISION NACIONAL DE RIEGO (CNR)

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO "MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO, PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

N° 3853-0000-IH-INF-003_1

INFORME ORGANIZACIONES DE USUARIOS

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
A	Nombre Firma	G. Sánchez	I. Schreuder	P. Zuñiga	Coordinación Interna
	Fecha	27.07.12	30.07.12	31.07.12	
B	Nombre Firma	G. Sánchez	P. Zuñiga	A. Gómez / D. González	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	02.08.12	02.08.12	06.08.12	
0	Nombre Firma	G. Sánchez	P. Zuñiga	A. Gómez / D. González	Aprobado Cliente
	Fecha	08.10.12	08.10.12	08.10.12	
1	Nombre Firma	G. Sánchez	P. Zuñiga	A. Gómez / D. González	Aprobado Cliente
	Fecha	12.12.12	12.12.12	31.01.13	

ARCADIS Chile
Antonio Varas 621, Providencia. Santiago
Teléfono: +56 02 381 6000
Fax: +56 02 381 6001
CP: 750 0966
www.arcadis.cl

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO "MEJORAMIENTO RIEGO VALLE DEL RÍO CATO, EMBALSE NIBLINTO, PROVINCIA DE ÑUBLE, REGIÓN DEL BÍO-BÍO"

INFORME ORGANIZACIONES DE USUARIOS

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 4

2 ORGANIZACIONES DE USUARIOS DE AGUA (OUA) 5

2.1 COMUNIDADES DE AGUA: 7

2.2 CANALES UNITARIOS 8

2.3 ASOCIACIONES DE CANALISTAS (AC): 9

2.3.1 Asociación de Canalistas de Cato y Ñuble: 9

2.3.2 Asociación de Canalistas del Embalse Coihueco 9

3 JUNTA DE VIGILANCIA RÍO CATO Y SUS AFLUENTES (JV) 10

3.1 ESTADO ACTUAL DE LA JUNTA DE VIGILANCIA RÍO CATO Y SUS AFLUENTES 10

3.2 DISPOSICIÓN DE LAS OUA PARA FORMAR LA JUNTA DE VIGILANCIA 10

3.2.1 OUA Integrantes de la Junta de Vigilancia del Cato y sus Afluentes 10

3.2.2 Canales de un usuario con intención de integrar la JV 11

3.2.3 OUA con intención de integrar la JV 11

3.2.4 OUA que no integrarán la Junta de Vigilancia 12

3.3 POTENCIALES USUARIOS DE LA JV 13

3.4 IMPORTANCIA DE LA JV PARA ADMINISTRAR EL SISTEMA DE RIEGO 13

3.5 PROPUESTAS PARA FORTALECER LA JV RÍO CATO Y SUS AFLUENTES 14

4 ANALISIS DE GÉNERO EN LAS OUA 15

5 MAPA DE ACTORES RELEVANTES 16

6 BIBLIOGRAFIA 18

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1 Listado de personas entrevistadas

Anexo 2 Inscripción de OUA en el CBR y la DGA

Anexo 3 Lista de regantes de las Comunidades de Agua

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2–1: Comunidades de Agua 7
Tabla 2–2: Canales unitarios 8
Tabla 2–3: Asociaciones de Canalistas 9
Tabla 3–1: OUA integrantes de la JV 10
Tabla 3–2: Canales de un usuario que integrarán la JV 11
Tabla 3–3: OUA que integrarán la JV 12
Tabla 3–4: OUA que no integrarán la JV 12
Tabla 3–5: Potenciales usuarios de la JV 13
Tabla 5–1: Mapa de actores relevantes 16

LISTADO DE FIGURAS

Figura 2–1: Diagrama de Canales 6

1 INTRODUCCIÓN

El presente informe expone un catastro de las Organizaciones de Usuarios de Agua presentes en el sistema de Ríos Cato, Niblinto y Coihueco, en el marco del proyecto, "Mejoramiento riego valle del río Cato, Embalse Niblinto, Provincia de Ñuble, Región del Bío-Bío". El catastro de las OUA permite visualizar la administración del recurso agua en la zona.

Durante el año 2010, la CNR financió actividades para iniciar la constitución de la Junta de Vigilancia Río Cato y sus dos Afluentes, los ríos Niblinto y Coihueco. El proyecto fue adjudicado a la consultora Río Longaví S.A.

Este informe, describe el estado actual del proyecto de formación de la Junta de Vigilancia Río Cato y sus Afluentes, la disposición de las Organizaciones de Usuarios a integrar esta organización y el análisis de la importancia que la Junta de Vigilancia tiene para administrar el futuro sistema de riego en la zona (embalse-canales-hidrogeneración).

Parte de la información presentada en el informe, fue proporcionada por la consultora Río Longaví S.A. quien, a la fecha, ha realizado un diagnostico preliminar de las OUA.

Por otro lado, se realizó diversas entrevistas en forma personal y telefónica, para actualizar la información proporcionada por la Consultora Río Longaví S.A y para determinar la percepción y disposición de las OUA para formalizar la Junta de Vigilancia. El detalle de las personas entrevistas se presenta en el Anexo 1.

2 ORGANIZACIONES DE USUARIOS DE AGUA (OUA)

TIPOS DE ORGANIZACIONES DE USUARIOS QUE CONTEMPLA EL CODIGO DE AGUAS

Las Organizaciones de Usuarios de Aguas en Chile se clasifican en Juntas de Vigilancia, Asociaciones de Canalistas y Comunidades de Agua, y son de carácter privado.

A continuación se presenta la definición de los tipos de organizaciones de usuarios existentes:

- Junta de Vigilancia (JV): Se constituye por Asociaciones de Canalistas, Comunidades de Agua y por personas naturales o jurídicas que captan sus aguas en un cauce natural (ríos, esteros). Las personas naturales o jurídicas participan a través de sus representantes. Dentro de las atribuciones de la Junta de vigilancia están: Proteger los derechos de agua de sus miembros, facilitar la obtención de recursos destinados a mejorar la infraestructura existente, ordenar el uso de agua a nivel de jurisdicción de la organización y contribuir a resolver los conflictos que surjan entre sus miembros.

- Asociación de canalistas (AC): Se constituye por personas que, por regla general, aprovechan las aguas de un mismo canal matriz. Tienen como objetivo distribuir el agua a cada canalista según sus derechos, construir, explotar, conservar y mejorar las obras de captación, acueductos y otras que sean necesarias para su aprovechamiento.

- Comunidades de Agua: Se constituyen si dos o más personas tienen derechos de aprovechamiento en las aguas de un mismo canal. Tienen como objetivo distribuir el agua a cada canalista según sus derechos, construir, explotar, conservar y mejorar las obras de captación, acueductos y otras que sean necesarias para su aprovechamiento.

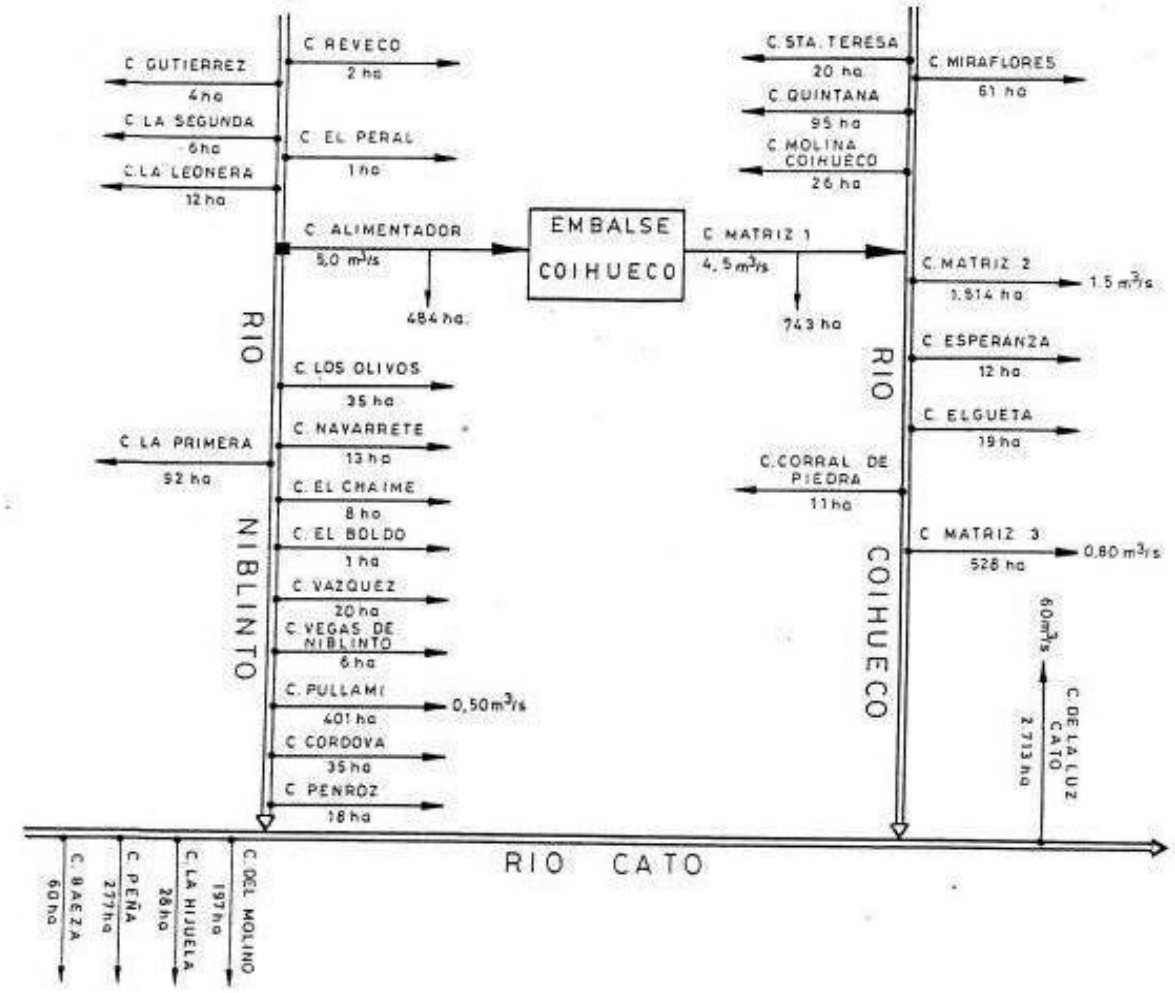
ORGANIZACIONES DE USUARIOS DE AGUA (OUA) EN EL SISTEMA RÍOS CATO, NIBLINTO Y COIHUECO

Las organizaciones de usuarios existentes en el sistema de los Ríos Cato, Niblinto y Coihueco son: Comunidades de Aguas y Asociación de Canalistas. Además, se encuentra en proceso de formación la Junta de Vigilancia del Río Cato y sus Afluentes.

En la figura 2-1 se muestra un diagrama de los canales existentes en la zona del Estudio, en él se puede visualizar territorialmente las organizaciones de agua existentes.

Al costado izquierdo, en el territorio que comprenden los río Niblinto y Cato, se encuentran las Comunidades de Agua. En el costado derecho, en el territorio que comprende el río Coihueco, se encuentra la Asociación de Canalistas del Embalse Coihueco, que administra las aguas del Embalse Coihueco. Al final del Río Cato, se encuentra la Asociación de Canalistas de Cato y Ñuble que administra las aguas del Canal de la Luz. A continuación se presenta un esquema donde se indica lo señalado:

Figura 2–1: Diagrama de Canales



Fuente: Estudio Hidrológico y situación Actual Agropecuaria del Proyecto Itata, elaborado por PROITATA – Asociación de Profesionales para la comisión Nacional de Riego. 1992

Fuente: Estudio Hidrológico y situación Actual Agropecuaria del Proyecto Itata, elaborado por Proitata – Asociación de Profesionales para la comisión Nacional de Riego. 1992. 3 Libros.

A continuación se describe, en detalle, las organizaciones de agua existentes.

2.1 COMUNIDADES DE AGUA:

Las Comunidades de Agua catastradas son doce y corresponden al río Cato y Niblinto, en el río Coihueco se encuentra la Asociación de Canalistas del Embalse Coihueco quien representa a las OUA de ese territorio.

La información que se describe a continuación, fue proporcionada por la consultora Río Longaví S.A. y por entrevistas realizadas a los dirigentes de las Comunidades de Agua.

Tabla 2–1: Comunidades de Agua

Nº	Comunidad de Agua	Territorio	Estado legal	Representante	Nº Comuneros	Nº Acciones de la comunidad
1	Peña	Río Cato	Derecho	Hernán Gutiérrez	53	274,43
2	Hijuela	Río Cato	Derecho	Emilio Daroch	6	51,4
3	Del Molino	Río Cato	Derecho	Adán Cabrera	78	112,62
4	Juan Vásquez	Río Niblinto	Derecho	Lionel Villegas	19	30,79
5	Penroz	Río Niblinto	Derecho	Gustavo Contreras	24	58,5261
6	Córdoba	Río Niblinto	Derecho	Washington Belmar	17	65,6
7	La Primera Hijuela	Río Niblinto	Derecho	Carmen Gloria Sepúlveda	18	119,39
8	La Leonera	Río Niblinto	Derecho	Luis Bernardo Orellana	5	57
9	Vegas de Niblinto	Río Niblinto	Derecho	José Salinas	6	9,5
10	Alimentador	Río Niblinto	Derecho	Luis Villegas	66	146
11	Chaime	Río Niblinto	Hecho	Lionel Villegas	12	26 Apróx.
12	Navarrete	Río Niblinto	Hecho	Conrado fuentes	8	100-130 Apróx.

Fuente: Elaboración Propia.

Según, Lionel Villegas presidente de la Comunidad de Agua del Canal Chaime, las Comunidades de Agua existentes en la zona se organizan desde la creación de los canales, con la finalidad de organizar su limpieza y cerrar la toma.

Estas Comunidades funcionaban de manera informal hasta que a mediados de los años 90, la mayoría de ellas, comienzan a formalizarse. Diez de las Comunidades de Agua funcionan formalmente y dos funcionan de manera informal. La inscripción en la CBR- y registro en la DGA de las Comunidades de Agua de los Canales - Peña, Hijuela, Del Molino, Juan Vásquez Penroz, Córdova, La Primera Hijuela, La leonera y Vegas de Niblinto- se presentan en el Anexo 2, Inscripción de OUA en el CBR y la DGA

Las comunidades de Agua del Chaime y Navarrete funcionan de manera informal. Según manifiestan sus representantes, tienen la intención de formalizarse legalmente.

En general, según las entrevistas realizadas, la organización de estas Comunidades funciona bien, coordinándose, sobre todo, para la limpieza de los canales, más que para la regulación interna de la distribución del agua o postular a proyectos de mejoramientos de canales. Sin embargo, los dirigentes de la Comunidad de Aguas del Canal Alimentador, Canal Juan Vásquez y Canal Chaime, señalan que han actuado para exigir sus Derechos de Aprovechamiento de Agua (ADD), a la AC del Embalse Coihueco.

Las Comunidades de Agua con mayor cantidad de regantes son el Canal Del Molino, con 78 integrantes, del Canal Alimentador, con 66 integrantes y del Canal Peña con 53 integrantes. El resto de las comunidades integran una menor cantidad de regantes.

El Anexo 3, se presenta el listado de regantes actualizado de las Comunidades de Agua de los canales Peña, Penroz, La Hijuela, Del Molino, La Leonera, La Primera Hijuela.

2.2 CANALES UNITARIOS

Es importante distinguir que en el sistema de Ríos Cato, Niblinto y Coihueco existen los canales que poseen un solo usuario y, por lo tanto, no constituyen Comunidades de Agua, pues para conformar estas Comunidades es necesario que dos o más usuarios posean derechos de aprovechamiento de aguas en un mismo canal. Sin embargo, las personas naturales o jurídicas que sean únicos usuarios de un canal, pueden integrar la Junta de Vigilancia, por tanto, es necesario identificar este tipo de usuarios y los canales que representan.

A continuación se presenta el listado de canales que corresponden a un solo usuario

Tabla 2–2: Canales unitarios

Nº	Canal	Territorio	Estado legal	Representante	Nº Usuarios
1	Calabozo	Río Cato	Tiene regularizado sus DAA.	Hernán Gutiérrez (Sociedad Inmobiliario DENECAN)	1
2	Los Olivos	Río Niblinto	No tiene regularizados sus DAA.	Juvenal González	1
3	Canal Pullami	Río Niblinto	No tiene regularizados sus DAA	Jorge Eskenazi	1
4	Segunda Hijuela	Río Niblinto	Está tramitando la regulación de sus DAA	Hernán Gutiérrez	1
5	Canal Gutiérrez	Río Niblinto	Está tramitando la regulación de sus DAA	Hernán Gutiérrez	1

Fuente: Elaboración Propia.

El canal Los Olivos presenta dos usuarios, sin embargo, actualmente contempla un solo usuario que arrienda los terrenos pertenecientes a dos dueños.

El canal Calabozo es el único que tiene perfeccionados sus DAA.

2.3 ASOCIACIONES DE CANALISTAS (AC):

Existen dos Asociaciones de Canalistas en el sistema de Ríos Cato, Niblinto y Coihueco: La Asociación de Canalistas de Cato y Ñuble y la Asociación de Canalistas del Embalse Coihueco. Estás organizaciones son muy importantes por el gran número de regantes que agrupan y porque, en conjunto, riegan cerca de un 70 % del área total servida por este sistema.

A continuación se presentan algunos detalles importantes de estas Asociaciones de Canalistas:

Tabla 2–3: Asociaciones de Canalistas

Nº	Organizaciones de Canalistas	Territorio	Estado legal	Representante	Nº Socios	Nº Acciones
1	Embalse Coihueco	Río Niblinto	Derecho	Rolando León	600	4.334,37
2	Cato y Nuble	Río Cato	Derecho	Pablo Villouta	280	400

Fuente: Elaboración Propia.

2.3.1 Asociación de Canalistas de Cato y Ñuble:

La Asociación de Canalistas de Cato y Ñuble, es la Organización de Usuarios del Agua más antigua del sistema. Sus estatus son de 1887 aproximadamente, formalizándose legalmente en 1924. Esta AC es más conocida como Canal de la Luz – porque según indica su presidente- el canal hacía funcionar una turbina que generaba electricidad. Posteriormente, la Compañía General de Electricidad traspasa sus derechos de agua a la AC, para que los administrara.

Su presidente, el señor Pablo Villouta, quien ocupa el cargo hace 12 años, indica que "en general, la organización funciona bien y tiene como tarea principal la limpieza de los canales. La AC no presenta problemas internos de distribución de aguas ya que al ser el canal de la Luz, la última bocatoma del Río Cato, recibe todos los derrames de agua provenientes de otros afluentes".

2.3.2 Asociación de Canalistas del Embalse Coihueco

La asociación de Canalistas del Embalse Coihueco se forma a raíz de la necesidad de administrar las aguas del embalse Coihueco que terminó de ser construido el año 1970.

Está asociación funcionó como una organización de Hecho hasta el año 2007, año en el cual obtuvo personalidad jurídica, funcionando con una directiva provisoria a cargo del señor Fernando May, ex alcalde de la Comuna de Coihueco. En el año 2009 fue elegida la directiva de la asociación, siendo electo el señor Rolando León como presidente.

De acuerdo a sus estatutos, el control de la asociación es sólo a nivel de canales matrices y derivados.

3 JUNTA DE VIGILANCIA RÍO CATO Y SUS AFLUENTES (JV)

El sistema de Ríos Cato, Niblinto y Coihueco no cuenta con una organización superior de regantes, es por esto que la CNR en el año 2010 financió actividades a la consultora Río Longaví S.A. para que apoye la constitución de la Junta de Vigilancia Río Cato y sus Afluentes que tiene como objetivo principal, administrar el sistema de riego en la zona (embalse-canales-hidrogeneración).

3.1 ESTADO ACTUAL DE LA JUNTA DE VIGILANCIA RÍO CATO Y SUS AFLUENTES

Para dar curso a la formación de la Junta de Vigilancia se constituyó una directiva provisoria, a cargo del señor Hernán Gutiérrez, quien ha guiado esta importante misión.

Actualmente, la JV se encuentra en la última etapa de su constitución. La Dirección General de Aguas(DGA) está revisando si los estatus de la JV se ajustan a la normativa vigente, en cuanto a elección de directorio, duración de la directiva, modo de elección, etc. De ser aprobados sus estatus, la JV quedaría conformada y se procederá a formar la directiva definitiva.

3.2 DISPOSICIÓN DE LAS OUA PARA FORMAR LA JUNTA DE VIGILANCIA

3.2.1 OUA Integrantes de la Junta de Vigilancia del Cato y sus Afluentes

El 8 de Junio del 2012, se realizó un comparendo donde asistieron los representantes de la OUA que integrarán la Junta de vigilancia en el sistema de los ríos Cato- Niblinto – Coihueco.

En esta etapa son ocho Comunidades de Agua y un usuario, que integran la JV.

A continuación se detallan las OUA integrantes de la Junta de Vigilancia:

Tabla 3–1: OUA integrantes de la JV

Nº	Comunidad de Agua	Territorio	Representante
1	Peña	Río Cato	Hernán Gutiérrez
2	La Hijuela	Río Cato	Emilio Daroch Pérez
3	Del Molino	Río Cato	Adán Cabrera Garcés
4	La Leonera	Río Niblinto	Luis Bernardo Orellana Sepúlveda
5	La Primera Hijuela	Río Niblinto	Carmen Gloria Sepúlveda
6	Juan Vásquez	Río Niblinto	Lionel Villegas
7	Córdova	Río Niblinto	Washington Belmar
8	Penroz	Río Niblinto	Gustavo Contreras
Nº	**Canal unitario**	**Río**	**Representante**
1	Calabozo	Río Cato	Hernán Gutiérrez

Fuente: Elaboración Propia.

La señora Marice Galilea, profesional de la Consultora Río Longavi S.A, explica que “las comunidades de agua que actualmente conforman la JV perciben que al participar en una organización superior les servirá para transparentar y regular temas de entregas de agua, ya que piensan que están en desventaja por no estar organizadas en una instancia de este tipo, sobre todo es el caso de los que tienen menos derechos de agua, y que comprenden que el recurso agua va ir escaseando. Además, perciben que es un primer paso para demostrarle al Estado que están interesados en los Proyectos de riego y esperan que vengan nuevos programas de seguimiento, de fortalecimiento técnico- operativa para que la JV se articule, tenga fondos, y pueda consolidarse. Por último, visualizan que al regularizar sus derechos de agua pueden postular a los beneficios de la ley de riego: recursos para canales, infraestructura, etc”.

El proceso de formación de la JV, se inicia con estas ocho OUA, pero una vez constituida la JV todas las organizaciones que - hayan constituido legalmente sus comunidades de agua en la CBR y que tengan perfeccionados sus derechos de agua en la DGA- pueden ingresar a la JV.

3.2.2 Canales de un usuario con intención de integrar la JV

Los usuarios de los canales descritos en la **Tabla 3-2 Canales de Usuarios que integran la JV**, presentan la disposición para formar la JV, sin embargo, no han perfeccionados o regularizados sus Derechos de Aprovechamiento de Aguas (DAA). El señor Hernán Gutiérrez está tramitando sus Derechos de Agua.

Tabla 3–2: Canales de un usuario que integrarán la JV

Nº	Canal	Territorio	Representante
1	Los Olivos	Río Niblinto	Juvenal González
2	Pullami	Río Niblinto	Jorge Eskenazi
3	Segunda Hijuela	Río Niblinto	Hernán Gutiérrez
4	Gutiérrez	Río Niblinto	Hernán Gutiérrez

Fuente: Elaboración Propia.

3.2.3 OUA con intención de integrar la JV

Las comunidades que actualmente no están integrados en la JV y presentan interés por participar de la organización, no han podido asistir al comparendo porque sus derechos de agua no se encuentran regularizados o perfeccionados y sus Comunidades de Agua no estaban constituidas legalmente.

En la **Tabla 3-3 OUA que integraran la JV,** se muestra las comunidades que integrarán la JV cuando regulen su situación legal:

Tabla 3–3: OUA que integrarán la JV

Nº	Comunidad de Agua	Territorio	Representante
1	Vegas de Niblinto	Río Niblinto	José Salinas
2	Chaime	Río Niblinto	Lionel Villegas
3	Navarrete	Río Niblinto	Conrado Fuentes
4	AC Embalse Coihueco	Río Coihueco	Rolando León

Fuente: Elaboración Propia.

La señora Marice Galilea, explica que, "la Asociación de Canalistas del Embalse Coihueco, en una primera instancia, no iba a participar de la JV pero cuando ya se llegó a tribunales y vieron que se estaba formalizando, se interesaron por participar. El problema de esta asociación es que, de acuerdo a sus estatutos, el control de la asociación es sólo a nivel de canales matrices y derivados. Esta situación provocó que no ingresaran a la Junta de Vigilancia Río Cato y sus afluentes, ya que para ingresar deben tener registrados en el CBR los derechos de agua del río Niblinto, los cuales están registrados a nombre de la DOH".

La asociación de Canalistas del Embalse Coihueco sólo tiene que hacer el trámite de traspaso de esos derechos de agua para poder ingresar a la JV, sin embargo, hasta la fecha no lo habían realizado.
La comunidad de Agua del Canal Vegas de Niblinto presenta constitución legal, sin embargo, no están organizados. El señor José salinas, representante del Canal señala que "tienen la disposición de formar una directiva y así poder integrar a la JV".

3.2.4 OUA que no integrarán la Junta de Vigilancia

Las OUA acá descritas son, las que hasta la fecha, sus dirigentes señalan que no integrarán la JV, lo que no significa que en un futuro puedan cambiar de parecer e integrarse.

Tabla 3–4: OUA que no integrarán la JV

Nº	OUA	Territorio	Representante
1	Comunidad de Agua del Canal Alimentador	Río Niblinto	Luis Villegas
2	AC Cato y Ñuble	Río Cato	Pablo Villouta

Fuente: Elaboración Propia.

Luis Villegas, presidente de la Comunidad de Agua del Canal Alimentador, argumenta que "la Comunidad no está interesada en participar porque no quieren pagar los costos asociados a la administración de la JV".

El presidente de la AC Cato y Ñuble, Pablo Villouta señala que "él era partidario de formar parte de la JV, pero el directorio de la asociación no se interesó porque pensaron que iba a haber mayor control del agua, que había que pagar y que su organización está funcionando bien de manera autónoma". La decisión fue tomada por el directorio. El presidente de esta Asociación cree que "al integrar a la JV se hubiesen obtenido beneficios para postular a proyectos, o tener más poder para tomar decisiones que los beneficien a todos".

La señora Marice Galilea señala que “las OUA que tienen más problemas de agua se movilizan para organizarse, no así quienes no tienen problemas”, como el caso de la AC Cato y Ñuble.

3.3 POTENCIALES USUARIOS DE LA JV

La JV Río Cato y sus Afluentes integrarían como potenciales usuarios de agua del sistema de Ríos Cato, Niblinto y Coihueco a 1197 regantes.

El detalle se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3–5: Potenciales usuarios de la JV

Nº	Tipo de usuario	Nº de Usuarios
1	Canales de un usuario	5
2	Comunidades de Agua	312
3	Asociación de Canalistas	880
Total		**1197**

Fuente: Elaboración Propia.

3.4 IMPORTANCIA DE LA JV PARA ADMINISTRAR EL SISTEMA DE RIEGO

El análisis de la situación actual de las OUA en el territorio revela que, existen tres grandes organizaciones en el sistema Cato, Niblinto y Coihueco: La junta de Vigilancia Río Cato y sus afluentes, en proceso de formación, la Asociación de Canalistas Cato- Ñuble y la Asociación de Canalistas del Embalse Coihueco. Sin embargo, la Asociación de Canalistas del Embalse Coihueco presenta interés por integrar a la JV, y está con la disposición de realizar el trámite de traspaso de los derechos de agua del Niblinto que actualmente pertenecen a la DOH. En cambio la AC de Cato y Ñuble no presenta interés por participar y no cree que la construcción del embalse Niblinto afecté sus intereses.

La señora Marice Galilea señala que, “en un futuro, si las dos grandes AC no ingresarán a la JV, la DGA les va a plantear que deben ingresar, precisamente para que no hayan tres grandes organizaciones en el territorio, y ante la solicitud de este Institución ingresarían a la JV.

Del análisis realizado a las OUA en el sistema de Ríos Cato, Niblinto y Coihueco se concluye que, la importancia de consolidar la Junta de Vigilancia radica en que es una organización superior de regantes adecuada para administrar el futuro sistema de riego (embalse – canales- hidrogeneración) de los Ríos Cato, Niblinto y Coihueco, porque permitiría proteger los derechos de agua de sus miembros, facilitaría la obtención de recursos destinados a mejorar la infraestructura existente, ordenaría el uso de agua a nivel de jurisdicción de la organización y contribuiría a resolver los conflictos que surjan entre sus miembros. Por lo tanto, se debe hacer un seguimiento para fortalecer esta organización y que perdure en el tiempo.

3.5 PROPUESTAS PARA FORTALECER LA JV RÍO CATO Y SUS AFLUENTES

Debido a la importancia de la Junta de Vigilancia Río Cato y sus afluentes para administrar el futuro sistema de riego en el sistema de Río Cato, Niblinto y Coihueco se propone una serie de medidas para fortalecer esta organización:

- Apoyar técnicamente a las personas naturales o jurídicas que son, únicos usuarios de un canal, para que regularicen y perfeccionen sus DAA y puedan integrarse a la JV.

- Apoyar técnica y económicamente a los dirigentes de las Comunidades de Agua que no tienen los conocimientos o recursos para regularizar y perfeccionar sus DAA, para que así puedan formalizarse ante la ley y se integren a la JV.

- Convocar a reuniones a la directiva de la AC de Cato y Ñuble con autoridades de una Institución importante y cercana para los regantes, para concientizarlos sobre la importancia de integrar la JV y así convencer al directorio, que son los que presentan la oposición actual a conformar parte de la JV. Como se señaló anteriormente, el presidente de esta AC, no presenta oposición a la JV, pero si el directorio, quienes no participaron en las reuniones convocadas por la Consultora Río Longaví S.A. para informar sobre la JV.

- Convocar a reuniones a la directiva, y a los integrantes de la Comunidad de Agua del Canal Alimentador, con autoridades de una Institución importante y cercana para los regantes, para concientizarlos sobre la importancia de integrar la JV y esclarecer sus aprensiones. Cabe señalar, que el presidente de esta Comunidad no se opone a integrar la JV, pero si sus integrantes.

Las propuestas antes mencionadas, tienen como finalidad integrar a las OUA, que por diversos factores no integran actualmente la JV en formación, para lograr que efectivamente la JV tenga autoridad y representación frente a todas las OUA del sistema de Ríos Cato, Niblinto y Coihueco y pueda administrar de forma eficiente el recurso agua en la zona.

Para consolidar y fortalecer la JV luego de su formación se propone:

- Realizar un seguimiento de fortalecimiento técnico- operativo para que la JV pueda postular a proyectos, para realizar sus objetivos propuestos como organización, ya que los recursos para funcionar (local, instrumentos, maquinaria, etc.) es un tema que, actualmente, preocupa bastante a la directiva provisoria.

4 ANALISIS DE GÉNERO EN LAS OUA

El análisis de género de las organizaciones de usuarios del agua en el sistema de Río Cato, Niblinto y Coihueco, revela que, en general, todos los cargos de dirigencia son asumidos por hombres. En detalle:

- Todos los presidentes identificados son hombres.

- Existen tres mujeres con cargos de dirigencia, y todas en el puesto de secretaria, cargo que en la visión tradicional, puede ser asumida por mujeres porque desempeñan funciones asociadas al género femenino: tomar apuntes en las reuniones, mantener registros al día, convocar a reuniones, etc.

La señora Carmen Gloria Sepúlveda, secretaria de la Comunidad de Agua el Canal Primera Hijuela, señala que “la cultura de los regantes, en general, es machista. Existen mujeres regantes que participan en las reuniones, pero los cargos de poder históricamente los han asumido los hombres. Sin embargo, es un desafío de las mujeres el estar informadas de todos los temas relacionados con el agua, para así poder asumir cargos directivos, ya que muchas veces por ignorancia, no pueden asumir estos cargos”.

La situación actual de desigualdad de género en cargos directivos de OUA es una constante en el país y nos plantea la necesidad de tomar medidas para democratizar la administración del agua en la zona de estudio, e incorporar las necesidades y expectativas específicas de las mujeres en la gestión del agua.

Las medidas que se proponen son:

- Capacitación técnica sobre gestión integral de riego y normativa hídrica actual

- Talleres específicos para mujeres con la finalidad de mejor sus habilidades de liderazgo y comunicación

5 MAPA DE ACTORES RELEVANTES

A continuación se presenta el listado de los dirigentes y representantes relevantes del sistema de Río Cato, Niblinto y Coihueco con sus respectivos números de teléfono, siendo éste el medio más fácil de comunicarse con ellos.

Tabla 5–1: Mapa de actores relevantes

.	Tipo de OUA	Nombre de OUA	Río	Dirigentes	Cargo	Teléfono
1	Canal Unitario	Segunda Hijuela	Niblinto	Hernán Gutiérrez	Representante	93498189
2	Canal Unitario	Gutiérrez	Niblinto	Hernán Gutiérrez	Representante	93498189
3	Cana Unitario	Los Olivos	Niblinto	Juvenal González Santiago Lagos	Representante(dueño del predio) Arrendador	93447619 94441767
4	Canal Unitario	Pullami	Niblinto	Jorge Eskenazi	Representante	94407516
5	Canal unitario	Calabozo	Cato	Hernán Gutiérrez (Soc. Inmobiliaria DENECAN)	Representante	93498189
6	Comunidad de Agua	Peña	Cato	Hernán Gutiérrez	Presidente	93498189
7	Comunidad de Agua	Hijuela	Cato	Emilio Daroch	Presidente	91005681
8	Comunidad de Agua	El Molino	Cato	Adán Cabrera Ramón Armando Hernández	Presidente Tesorero	97498601 97692575
9	Comunidad de Agua	Juan Vásquez	Niblinto	Lionel Villegas	Presidente	85979204
10	Comunidad de Agua	Chaime	Niblinto	Lionel Villegas	Presidente	85979204
11	Comunidad de Agua	Penroz	Niblinto	Gustavo Contreras	Presidente	94414342 042-1973347
12	Comunidad de Agua	Córdoba	Niblinto	Washintong Belmar	Presidente	95287126
13	Comunidad de Agua	Vegas de Niblinto	Niblinto	José Salinas	Representante (aún no tienen directiva)	67502837
14	Comunidad de Agua	La Primera Hijuela	Niblinto	Ivan Yáñez Carmen Gloria Sepúlveda	Presidente Secretaría	94386001 97481479
15	Comunidad de Agua	Navarrete	Niblinto	Franklin Ortiz Conrado Fuentes	Regante Presidente Provisorio	76801938
16	Comunidad de Agua	La leonera	Niblinto	Bernardo Orellana	Presidente	86074635
17	Comunidad de Agua	Canal Alimentador	Niblinto	Luis Villegas	Presidente	90644602
18	Asociación de Canalistas	Cato y Ñuble	Cato	Pablo Villouta José Yévenes	Presidente Secretario	94280171 042-

.	Tipo de OUA	Nombre de OUA	Río	Dirigentes	Cargo	Teléfono
					administrativo	211864
19	Asociación de canalistas	Embalse Coihueco	Coihueco	Rolando León Isabel Medina	Presidente Secretaria	75783309 74340131
20	Junta de Vigilancia	Río Cato y sus afluentes	Cato, Niblinto y Coihueco	Hernán Gutiérrez Adán Cabrera Washington Belmar Rosa Saldias	Presidente Vice-Presidente Tesorero Secretaria	93498189 97498601 95287126 68110714

Fuente: Elaboración Propia.

6 BIBLIOGRAFIA

- Comisión Nacional de Riego. “La asociación de Empresas Hidroeléctricas y Organizaciones de Usuarios de Agua: Manual para empresas Hidroeléctricas y operadores”. Santiago de Chile, 2009

ANEXO 1
LISTADO DE PERSONAS ENTREVISTADAS

Listado de personas entrevistadas:

Nº	Nombre	Fecha
1	Hernán Gutiérrez	13/07/12 - 26/07/12
2	Pablo Villouta	13/07/2012
3	Lionel Villegas	17/07/12 - 26/07/12
4	Marice Galilea	20/07/2012
5	José Salinas	25/07/2012
6	Jorge Eskenazi	25/07/2012
7	Franklin Ortiz	25/07/2012
8	Luis Villegas	25/07/2012
9	Juvenal González	25/07/2012
10	Rosa Saldias	26/07/2012
11	Carmen Gloria Sepúlveda	27/07/2012

ANEXO 2
INSCRIPCIÓN DE OUA EN EL CBR Y LA DGA

La consultora Río Longaví S. A. dispone de la inscripción en el Conservador de Bienes Raíces de Chillán de las Comunidades de Agua que están participando, en esta primera etapa, en la formación de la JV.

Nº	Organizaciones de Usuarios de Aguas	Registro D.G.A.			Inscripción C.B.R.		
		N°	N° Resolución	Año	Fojas	N°	Año
1	Comunidad de Aguas Canal Peña	2430	2691	1995	33	46	1996
2	Comunidad de Aguas Canal Hijuela	1851	2135	1994	107	120	1994
3	Comunidad de Aguas Canal Del Molino	2741	3376	1996	62	45	1997
4	Comunidad de Aguas Canal La Leonera	1865	2190	1994	114 vta.	127	1994
5	Comunidad de Aguas Canal La Primera	1663	1279	1994	94 vta.	106	1994
6	Comunidad de Aguas Canal Vásquez	2319	1963	1995	96	117	1995
7	Comunidad de Aguas Canal Vegas de Niblinto	2250	1634	1995	69 vta.	87	1995
8	Comunidad de Aguas Canal Córdova	2251	1634	1995	71	88	1995
9	Comunidad de Aguas Canal Penroz	1651	1227	1994	92 vta.	105	1994

La inscripción de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas de la Sociedad Inmobiliaria DENECAN, único usuario del Canal Calabozo, se encuentra en el Conservador de Bienes Raíces de Chillán, y es la siguiente:

Nº	Canal Unitario	Nombre Usuario	FOJAS	NUMERO	AÑO
1	Canal Calabozo	Sociedad Inmobiliaria DENECAN Ltda.	38	53	2003

ANEXO 3
LISTA DE REGANTES DE COMUNIDADES DE AGUA

La Consultora Río Longaví S.A dispone del listado de regantes de las Comunidades de Agua de los Canales: Peña, Hijuela, Del Molino, La leonera, La Hijuela, La Primera Hijuela, y Penroz.

Comunidad de Agua del Canal Peña:

USUARIO	ROL	Nº DE ACCIONES
PINO FUENTES, EXEQUIEL ALBERTO	118-5	40
PEÑA FERRADA, LETICIA	118-20	37,9
VASQUEZ ZENTENO, JUAN SEGUNDO	118-48ª	20
HORMAZABAL MATUS, JOSÉ HERIBERTO	118-48B	0,5
CADIZ VILLAGRA, SEGUNDO	Sin rol	16
SOTO RODRÍGUEZ, JUAN ANTONIO	Sin rol	0,21
PALMA NEIRA, JUAN DE LA CRUZ	Sin rol	0,53
JARA JARA, CARLOS	Sin rol	0,044
CÁCERES CARES, LUIS EDGARDO	118-4	22,42
DÍAZ ZENTENO, JOSÉ OMAR	118-23ª	27,63
ARTEAGA GODOY, JOSÉ ROSALINO	118-23B	4,55
CADIZ ELGUETA, JOSÉ ALFRODIN	118-23C	1,07
CADIZ ELGUETA, HECTOR DE LA CRUZ	118-23D	0,75
VILLAGRA PINO, ELISEO SEGUNDO	118-22ª	18,76
FUENTEALBA LEIVA, ANTONIO	118-22B	3,9
PINILLA SEPÚLVEDA, JOSÉ SALVADOR	118-22C	0,56
QUEZADA PINTO, JOSÉ	118-24	35,46
QUEZADA PINTO, JOSÉ	118-25	14,55
ARAYA MUÑIOZ, JOSÉ ONOFER	Sin rol	0,74
PÉREZ RUBIO, LUIS ALBERTO	Sin rol	0,78
FUENTES GÓMEZ, NOLBERTO	Sin rol	0,75
SALDÍAS AEDO, RODOLFO ORLANDO	118-1	21,75
CHANDIA SEPÚLVEDA, SEGUNDO SALVADOR	Sin rol	0,55
FUENTES JONES, NOLBERTO	118-40 SITIO 7	0,57
COFRÉ SEPÚLVEDA, BERNARDINO	Sin rol	0,42
CARRASCO QUIJADA JOSÉ BENEDICTO	Sin rol	0,47
IGLESIA METODISTA PENTECOSTAL DE CHILE	118-42	0,1
ZÚÑIGA PÉREZ, OSVALDO	Sin rol	0,1
MORALES MÉNDEZ, JUAN DE LA CRUZ	118-26ª	2,97
PINO VILLAGRA, SEGUNDO	Sin rol	0,1
MONTECINOS PARRA, JUAN TOMÁS	Sin rol	0,1

Comunidad de Agua del Canal La Hijuela

USUARIO	ROL	Nº DE ACCIONES
MORA MORENO, HERNÁN DOMINGO	118-14	10
PENROZ PENROZ, NORA E.	118-12	20
DAROCH PÉREZ, EDUARDO EMILIO	118-11	10
CERÓN CONTRERAS, HÉCTOR LUIS	118-10	5
CERÓN CONTRERAS, HÉCTOR LUIS	118-9	5
FUENTES CELEDÓN, PATRICIO	118-6	1
FUENTES CELEDÓN, PATRICIO	118-8	0,4

Comunidad de Agua Del Molino

Usuario	Rol	Nº DE ACCIONES
FUENTES ARZOLA, EDUARDO ANGEL	118-40A	10,17
ZÚÑIGA PEREZ, OSVALDO	118-40B	1,5
ORTIZ BUSTAMANTE, JOSÉ EBERARDO	Sin rol	0,21
SAAVEDRA CASTRO, MARCELINO	118-38 SITIO 22	0,54
MIRANDA MENDEZ, JOSÉ RAMÓN	Sin rol	0,16
RIQUELME GUZMÁN, MARGARITA DEL CARMEN	Sin rol	0,25
SOTO MENDEZ,VICTOR HERNÁN	118-29 SITIO 27	0,74
SAAVEDRA CASTRO, TERESA DEL CARMEN	Sin rol	0,25
DAZA GUZMÁN, LUIS ALFREDO	Sin rol	0,33
JIMENEZ CANDIA, ALBERTO	Sin rol	0,2
FUENTES RAMÍREZ, PEDRO JUAN	118-39A	11,69
SOLER PALMA, SEGUNDO	118-39B	1
SAAVEDRA CASTRO, JUAN ARTURO	118-38	9,78
HERNÁNDEZ ZÚÑIGA, MANUEL FRANCISCO	118-37	5,17
ZENTENO ZENTENO, JOSÉ ISIDRO	118-34	1,59
HERNÁNDEZ RIQUELME, ARMANDO RAMÓN	118-36	6,52
CABRERA VILLAGRÁN, HILDA DEL CARMEN	118-35	6,35
DIAZ ZENTENO, JOSÉ OMAR	118-23 SITIO 14	0,2
SEPULVEDA FLORES, MANUEL SEGUNDO	Sin rol	0,2
ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE COIHUECO	Sin rol	0,37
MUÑOZ RIQUELME, JOSÉ	Sin rol	0,34
PALMA FUENTES, HUMBERTO	Sin rol	0,27
CIFUENTES DIAZ, LIZANDRO	Sin rol	0,88
DAZA RIVEROS, JUAN MANUEL	Sin rol	0,51
HERNANDEZ ZUÑIGA, MANUEL FRANCISCO	118-37 SITIO 25	0,21
GONZALEZ RODRIGUEZ, HUMBERTO ELÍAS	Sin rol	0,17
GONZALEZ VALENZUELA, ONOFRE	Sin rol	0,34
LUMAN NEIRA, IGNACIO TOLENTINO	118-27A	8,31
ARTEAGA GODOY, JOSÉ ROSALINO	118-27B	1
CABRERA VILLAGRÁN, RODOLFO DEL CARMEN	118-28	5,01
SOTO MENDEZ, VICTOR HERNÁN	118-29	14,85
GUTIERREZ VASQUEZ, TEODORO	118-30	5,05
ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE COIHUECO	118-53	1,78
YAÑEZ FUENTES, RAMÓN	Sin rol	0,14
SALDÍAS LABRÍN, MANUEL JESÚS	Sin rol	0,18
FERNÁNDEZ SALDÍAS, JOSÉ JORGE	118-33 SITIO 34	0,26
GONZALEZ NOVOA, FIDEL DE LA CRUZ	Sin rol	0,2
CABRERA VILLAGRÁN, RODOLFO DEL CARMEN	118-28 SITIO 35	0,21
VALENZUELA AEDO, JUAN SEGUNDO	118-31 SITIO 36	2,04
SALDÍAS CORREA, JUAN BAUTISTA	Sin rol	0,1
LARENAS NAVARRETE, JOSÉ SANTIAGO	Sin rol	0,06
MUÑOZ POBLETE, GREGORIO ALFONSO	Sin rol	0,11
BUSTOS ORREGO, HUMBERTO	Sin rol	0,16
VASQUEZ CORREA, JOSÉ GERMÁN	Sin rol	0,22
GALLEGOS BISCAY, JOSÉ SALVADOR	118-26B	8,04
CABRERA VILLAGRÁN, HILDA DEL CARMEN	118-35 SITIO 42	0,16
FUENTES RAMÍREZ, JOSÉ GABRIEL	118-25 SITIO 43	0,16
COFRÉ SEPÚLVEDA, HÉCTOR AVELINO	Sin rol	0,14

Usuario	Rol	Nº DE ACCIONES
DAZA GUZMÁN, VICTOR MANUEL	Sin rol	0,13
ZENTENO ZENTENO, JOSÉ ISIDRO	118-34 SITIO 46	0,14
GARCÉS FERRADA, RAMÓN ELISEO	118-32 SITIO 47	0,14
SALINAS PRADO, SEGUNDO	Sin rol	0,09
RODRIGUEZ RODRIGUEZ, SALVADOR DE LA ROSA	Sin rol	0,15
LUMAN NEIRA, IGNACIO TOLENTINO	118-27 SITIO 48	0,16
TORO BECERRA, LUIS SILVERIO	118-36 SITIO 50	0,15
DAZA ESCALONA, JOSÉ EMILIO	Sin rol	0,13
FUENTES PINO, SADY LEONEL	Sin rol	0,16
GONZALEZ RODRIGUEZ, LUIS GUILLERMO	118-26 SITIO 55	0,16
VASQUEZ VASQUEZ, JOSÉ ABEL	Sin rol	0,14
CÁCERES CARES, LUIS EDGARDO	118-4 SITIO 52	0,14
SAAVEDRA CASTRO, JUAN ARTURO	118-38 SITIO 54	0,14
ORELLANA GALLEGOS, MIGUEL ARTURO	118-26A	2,97

Comunidad de Agua de La Leonera

USUARIO	ROL	Nº DE ACCIONES
GUTIERREZ COSTA, HERNÁN (Soc. Inmobiliaria Denecan Ltda.)	119-11	20
HERMOSILLA NOME, SERGIO ANÍBAL	119-12	5
REYES REYES, MARINA	119-3	15
MONTECINOS CONTRERAS, RENATO	119-14	5
ORELLANA SEPÚLVEDA, LUIS BERNARDO	119-14B	12

Comunidad de Agua del Canal La Primera Hijuela

USUARIO	ROL	Nº DE ACCIONES
SOCIEDAD KOSTNER Y MARTÍN LTDA.	119-17 A	15
BOGLIOLO SOLARI, JUAN	119-18	40
MANRIQUEZ ORTIZ, LUIS ARTEMIO	SIN ROL	0,3
VILLAGRA MUÑOZ, JUAN RAMÓN	SIN ROL	0,3
RIQUELME PINTO, JOSÉ ABELARDO	SIN ROL	0,3
VÁSQUEZ VÁSQUEZ, JUAN BAUTISTA	EN TRAMITE	0,5
CONTRERAS SANDOVAL, JUAN BAUTISTA	119-27	1,02
ALARCÓN GUZMÁN, JOSÉ ALFREDO	SIN ROL	0,4
HERNANDEZ TRONCOSO, JOSÉ GENARO	SIN ROL	0,5
PEREZ GONZÁLEZ, JOSÉ OCTAVIO	119-29	0,61
PÉREZ GONZÁLEZ, JOSÉ OCTAVIO	119-29	9,89
GONZALEZ FUENTES, AQUILES DE LA ROSA	119-26	0,97
SEPULVEDA VÁSQUEZ, LUIS ALBERTO	119-28	11,78
CONTRERAS SANDOVAL, JOSÉ SANTIAGO	119-27	10,69
AGUILAR OYARZÚN, MANUEL SANTIAGO	119-26	11,45
ESPINOZA ROMERO, VICTOR MANUEL	119-25	10,18
YAÑEZ GUTIERREZ, JUAN ALBERTO	SIN ROL	0,5
SOCIEDAD AGRICOLA PITE LTDA.	119-17 B	2,5
URRA, SEGUNDO	119-17 C	2,5

Comunidad de Agua del canal Penroz

USUARIOS	ROL	Nº DE ACCIONES
CONTRERAS FUENZALIDA, ANATOLIO GUSTAVO	82-2	2,65
CISTERNAS CISTERNAS, MARIO	82-C	0,2
SEPÚLVEDA SEPÚLVEDA, SARA EUGENIA	82-50	0,3
TRONCOSO VARGAS, NANCY	82-3	3
RAMOS JARA, JUAN HUMBERTO	82-8	6,5
ORTIZ ROJAS, ADOLFO	82-69	3
GONZALEZ FUENTES, JOSÉ BENEDICTO	82-52	0,18
GONZALEZ FUENTES, JOSÉ BENEDICTO	82-2	3
BARRIGA VALDÉS, MANUEL	81-35	2,04
LOPEZ CEBALLOS, SEGUNDO BAUTISTA	82-46	4
SALINAS PONCE, EDUARDO	82-5	0,1061
CASTILLO VALENZUELA, MANUEL SANTIAGO	82-44	0,05
FIGUEROA OSORIO, GUILLERMO	82--41	1
MUÑOZ VÁSQUEZ, VICTOR MANUEL	81-2	5
MUÑOZ VÁSQUEZ, ALEJANDRO		
MUÑOZ VÁSQUEZ, FLORIDOR		
MUÑOZ VÁSQUEZ, ANIBAL		
JARA FUENTES, OLGA		
MUÑOZ JARA, ISABEL DEL CARMEN		
CASTILLO VALENZUELA, ADOLFO DE LA ROSA	SIN ROL	10
CASTILLO MERCADO, BRIGIDA DEL ROSARIO		
CASTILLO MERCADO, LUIS HUMBERTO		
CASTILLO MERCADO, NATALIA DE LA ROSA		
CASTILLO MERCADO, SOFANOR DEL ROSARIO		
CASTILLO MERCADO, EDUARDO DE LA ROSA		