



COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD
MEJORAMIENTO DE CANALES ARRIBA DE CATEMU,
ABAJO DE CATEMU Y PEPINO,
SEGUNDA SECCIÓN RÍO ACONCAGUA**

RESUMEN EJECUTIVO

JULIO 2012

ARRAU INGENIERÍA E.I.R.L.

**Consultores en Ingeniería Hidráulica y de Riego
María Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago**

Fono 341 48 00

Fax 274 5023 e-mail: oficina@arrauingenieria.cl



INFORME FINAL

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD RESUMEN EJECUTIVO

ÍNDICE

| Acápito | Descripción | # |
|----------------|---|----------|
| 1. | INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. | ANTECEDENTES GENERALES | 1 |
| 1.2. | ÁREA DE ESTUDIO | 1 |
| 1.2.1. | Localización Geográfica | 1 |
| 1.3. | OBJETIVOS DEL ESTUDIO | 2 |
| 1.3.1. | Objetivo General | 2 |
| 1.3.2. | Objetivos Específicos | 2 |
| 2. | ESTUDIOS BÁSICOS | 3 |
| 3. | ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE OBRAS | 3 |
| 3.1. | GENERALIDADES | 3 |
| 3.2. | ALTERNATIVAS | 3 |
| 3.2.1. | Alternativa 1 | 3 |
| 3.2.2. | Alternativa 2 | 4 |
| 3.2.3. | Alternativa 3 | 4 |
| 3.2.4. | Alternativa 4 | 5 |
| 3.2.5. | Alternativa 5 | 5 |
| 3.3. | HIDROGENERACIÓN | 5 |
| 3.4. | CAUDALES DEFINIDOS POR ESCENARIO | 6 |
| 3.5. | DISEÑOS SIMPLIFICADOS E INVERSIONES TOTALES | 7 |
| 3.6. | EVALUACIÓN ECONÓMICA SIMPLIFICADA | 8 |
| 3.7. | RECOMENDACIÓN DE LA ALTERNATIVA A DESARROLLAR | 9 |
| 4. | ESTUDIOS AGROECONÓMICOS | 9 |
| 4.1. | OBJETIVOS Y ALCANCES GENERALES | 9 |
| 4.2. | LISTADO DE AGRICULTORES Y ESTRATIFICACIÓN PREDIAL | 10 |
| 4.3. | SITUACIÓN ACTUAL | 10 |
| 4.4. | SITUACIÓN FUTURA SIN PROYECTO | 10 |
| 4.5. | SITUACIÓN FUTURA CON PROYECTO | 11 |
| 4.6. | DEMANDAS DE AGUA | 12 |
| 4.7. | BENEFICIOS AGRÍCOLAS NETOS DEL PROYECTO | 12 |
| 4.7.1. | Beneficios Económicos Directos | 12 |
| 4.7.2. | Generación de Empleo Agrícola | 15 |

INFORME FINAL

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD RESUMEN EJECUTIVO

ÍNDICE

| Acápites | Descripción | # |
|-----------|---|-----------|
| 5. | MODELO DE SIMULACIÓN SIMPLIFICADO DEL SISTEMA DE RIEGO CANALES CATEMU | 15 |
| 5.1. | GENERALIDADES | 15 |
| 5.2. | INFORMACIÓN UTILIZADA | 17 |
| 5.3. | RESULTADOS OBTENIDOS Y ANÁLISIS | 17 |
| 6. | PREDISEÑO DE OBRAS | 18 |
| 6.1. | GENERALIDADES | 18 |
| 6.2. | SELECCIÓN DEL CAUDAL DE DISEÑO | 19 |
| 6.2.1. | Introducción | 19 |
| 6.2.2. | Cubicación y Costo de Obras de Riego Para Distintos Caudales | 19 |
| 6.2.3. | Evaluación Económica Preliminar | 20 |
| 6.3. | SELECCIÓN DE MATERIALES | 21 |
| 6.3.1. | Introducción | 21 |
| 6.3.2. | Canal Unificado entre Km 0,00 y 13,70 | 21 |
| 6.3.3. | Canal Unificado entre Km 13,70 y 16,05, y Canal Arriba de Catemu entre Km 16,05 y 17,8 | 21 |
| 6.4. | DESCRIPCIÓN DE OBRAS PROYECTADAS | 21 |
| 6.4.1. | Bocatoma Canal Unificado | 21 |
| 6.4.2. | Ampliación y Mejoramiento del Canal Unificado y del Canal Arriba de Catemu | 22 |
| 6.4.3. | Mejoramiento del Canal Abajo de Catemu | 22 |
| 6.4.4. | Descargas de Agua Lluvia | 22 |
| 6.4.5. | Entregas a Riego en Nuevo Canal | 23 |
| 6.4.6. | Otras Obras en el Canal | 24 |
| 6.4.7. | Obra de Entrega desde Canal Unificado a Canales Abajo Catemu y Pepino | 24 |
| 6.4.8. | Ampliación y Mejoramiento de Túneles N°1 y N°2 | 24 |
| 6.5. | RESUMEN DEL DISEÑO DE OBRAS | 25 |
| 6.5.1. | Dimensionamiento Canal Matriz Unificado y Canal del Alto | 25 |
| 6.5.2. | Dimensionamiento Canal Abajo de Catemu | 27 |
| 6.5.3. | Dimensionamiento Compuerta de Admisión y Descarga | 27 |
| 6.5.4. | Dimensionamiento de las Descargas al Río Km 5,51 | 27 |
| 6.5.5. | Dimensionamiento de la Descarga al Río Km 8,75 - Reinoso | 28 |
| 6.5.6. | Dimensionamiento de la Entrega a Canales Abajo Catemu y Pepino Km 5,75 | 28 |
| 6.5.7. | Dimensionamiento de las Entregas a Riego | 29 |

INFORME FINAL

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD RESUMEN EJECUTIVO

ÍNDICE

| Acápites | Descripción | # |
|-----------------|---|-----------|
| 6.6. | PREDISEÑO DE LA MINICENTRAL Y SUS OBRAS ANEXAS | 29 |
| 6.6.1. | Descripción de las Obras | 29 |
| 6.6.2. | Dimensionamiento de Obras | 31 |
| 7. | EXPROPIACIONES | 32 |
| 8. | PRECIOS UNITARIOS, CUBICACIONES Y PRESUPUESTOS | 32 |
| 8.1. | INTRODUCCIÓN | 32 |
| 8.2. | PRECIOS UNITARIOS | 33 |
| 8.3. | RESUMEN PRESUPUESTO OBRAS DE RIEGO | 33 |
| 9. | ESTUDIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL | 34 |
| 10. | EVALUACION ECONÓMICA | 35 |
| 10.1. | INTRODUCCIÓN | 35 |
| 10.2. | COSTOS | 35 |
| 10.3. | BENEFICIOS | 35 |
| 10.4. | ESCENARIOS DE EVALUACIÓN | 35 |
| 10.5. | MÉTODOS DE EVALUACIÓN | 36 |
| 10.6. | INDICADORES DE RENTABILIDAD | 37 |
| 10.7. | RESULTADOS | 37 |
| 10.8. | ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD | 37 |
| 10.9. | RECOMENDACIÓN DEL PROYECTO | 38 |
| 11. | PARTICIPACION CIUDADANA | 38 |
| 12. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 40 |
| 12.1. | CONCLUSIONES | 40 |
| 12.2. | RECOMENDACIONES | 43 |

RESUMEN EJECUTIVO

1. INTRODUCCIÓN

Este Resumen Ejecutivo corresponde al **Informe Final** de la Consultoría denominada "**Proyecto de "Prefactibilidad Mejoramiento de Canales Arriba de Catemu, Abajo de Catemu y Pepino, Segunda Sección Río Aconcagua"**" fue realizado por esta empresa en virtud de la Resolución C.N.R. N°22 de 15 de marzo de 2011. El estudio se enmarca dentro del propósito de desarrollo integral que considera el Programa de Obras Medias de Riego (PROM), mediante la construcción y rehabilitación de obras medianas de riego y la implementación de programas complementarios.

1.1. ANTECEDENTES GENERALES

Actualmente, la seguridad de riego para los agricultores de la zona agrícola de la comuna de Catemu, se ve comprometida por una tendencia a la inestabilidad en el trazado de los canales y las frecuentes roturas de los mismos. Existen elevadas pérdidas de agua, alrededor de 50% en la extensa conducción de los canales matrices por ladera de cerro, cuyas longitudes aproximadas corresponden a: canal Catemu Alto 46 km de largo, canal Bajo Catemu 37 km de largo y canal Pepino o Huidobro con una longitud aproximada de 22,4 km. En los 15 primeros kilómetros, estos canales presentan un recorrido en forma paralela.

La vulnerabilidad de la conducción de las aguas se debe a la fuerte tendencia al planchoneo y derrames, especialmente de maicillos y suelo de baja cohesión sobre los cauces de los canales, que junto al exceso de humedad invernal provoca la desestabilización de los taludes y laderas, generándose así el embancamiento que suele derivar en rebases de los canales con la consiguiente rotura de los bordes, poniendo en riesgo la propiedad agrícola y urbana del pueblo de Catemu.

El área del proyecto cuenta con excelentes condiciones naturales de clima y suelos para el desarrollo de la fruticultura, mercado que actualmente posee cultivos de alta productividad y rentabilidad como por ejemplo: uva de mesa y durazneros conserveros, sin embargo, las condiciones actuales de la captación y conducción del agua favorecen las altas pérdidas de ésta, factor que limita la disponibilidad de agua de riego en el estío e impiden un mayor desarrollo de los rubros frutícolas.

En consecuencia, con este proyecto, se busca principalmente incrementar la eficiencia en el manejo del recurso hídrico para el uso agrícola, mejorando la captación, conducción, distribución y calidad del agua, además de evitar el riesgo sobre la propiedad agrícola y urbana producido por eventuales desbordes de los canales Catemu alto, Catemu bajo y Canal Pepino o Huidobro en la segunda sección del Río Aconcagua.

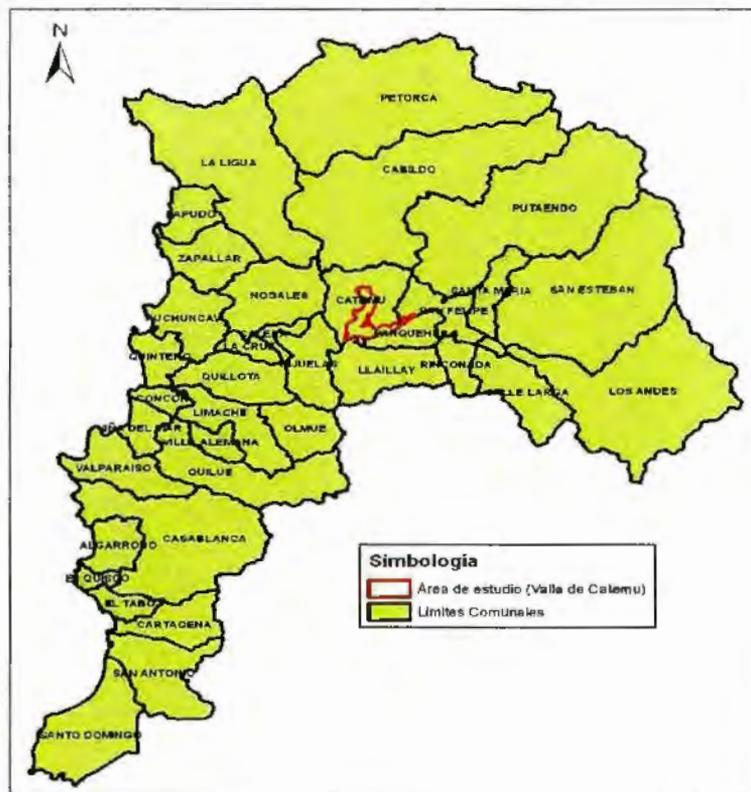
Junto con lo anterior, existe un interesante potencial hidroeléctrico aprovechable en invierno y verano, para su desarrollo privado, por lo cual con este estudio se pretende incorporar el multiuso del recurso hídrico, identificando y valorando las oportunidades de hidrogeneración asociadas al proyecto de riego.

1.2. ÁREA DE ESTUDIO

1.2.1. Localización Geográfica

El Valle de Catemu se ubica en la V Región y en la Comuna del mismo nombre. Corresponde específicamente a la zona agrícola de la comuna de Catemu. Ubicada a 85 km de Santiago y 95 km del puerto de Valparaíso. Tal como se puede apreciar en la Figura 1.1 la comuna de Catemu limita al norte con Cabildo, al oeste con Putaendo, al sur con Panquehue y Llaillay, al este con Hijuelas y Nogales.

FIGURA 1.2.1-1
UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: Elaboración propia a partir de información e-SIIR

El área de estudio propiamente tal se encuentra cubierta por una serie de canales entre los que se pueden señalar: Alto Catemu (47,5 km); Bajo Catemu (27,0 km); Pepino o Huidobro y otros alimentados directamente desde el estero Catemu. La superficie abastecida con el recurso agua a través del sistema de Canales descritos alcanza a las 5.680 ha aproximadamente.

1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.3.1. Objetivo General

Proponer y evaluar alternativas de mejoramiento para el sistema actual de riego de la comuna de Catemu a través de la unificación de bocatomas y multiuso de las aguas, para los canales Arriba de Catemu; Abajo de Catemu y Pepino.

1.3.2. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos del estudio son:

- Analizar y proponer las obras necesarias para unificar tres canales: Arriba de Catemu; Abajo de Catemu y Pepino.

- Incorporación y evaluación del multiuso de las aguas en el sistema de riego de Catemu.
- Evaluación técnico-económica y selección de la(s) alternativa(s) que entreguen la mejor solución para el sistema de riego que componen los canales de Catemu.
- Prediseño de todas las obras de mejoramiento, identificadas y propuestas en este proyecto, para el sistema de riego de Catemu.

2. ESTUDIOS BÁSICOS

Para el desarrollo del diseño seleccionado se realizaron los siguientes estudios básicos:

- **Topográfico:** Permite tener detalles del terreno en el que se emplazan las obras.
- **Hidrológico:** Permite determinar caudales medios mensuales y en crecida en bocatoma.
- **Geológico:** Se utiliza para caracterizar geológicamente la zona de trazado de canales.
- **Geotécnico:** Permite determinar las condiciones de diseño básicas para el proyecto.
- **Geofísico:** Complementa la caracterización dada por el estudio geotécnico.
- **Derechos de Agua:** Permite caracterizar la situación y condición de los derechos de agua en la zona.
- **Diagnóstico de Infraestructura:** Permite conocer el estado actual de los canales estudiados

3. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE OBRAS

3.1. GENERALIDADES

El objetivo principal de este capítulo es seleccionar la mejor alternativa de trazado de obras que se desarrolla a nivel de prediseño en el Capítulo 6.

De acuerdo con los antecedentes revisados, alternativas desarrolladas en estudios anteriores, evaluación preliminar de la capacidad actual del canal Arriba de Catemu e inspecciones de terreno, se han definido 5 alternativas, las cuales se describen en el Acápito 3.2. En resumen, estas alternativas buscan:

- Disminuir el riesgo de deslizamientos y desbordes en el sector de Puntilla Las Máquinas que pueda provocar daños a terceros en la localidad de Catemu.
- Mejoramiento del control de las aguas lluvias provenientes de las quebradas existentes que interceptan con el trazado del canal Arriba de Catemu.
- Mejoramiento en la conducción de las aguas
- Aprovechamiento de caídas de agua para la generación hidroeléctrica.

3.2. ALTERNATIVAS

3.2.1. Alternativa 1

Considera la conducción de las aguas de los canales Arriba de Catemu, Abajo de Catemu y Pepino, por medio de un canal revestido proyectado, identificado como Canal Unificado. Esta nueva conducción

se proyecta sobre el trazado del canal Arriba de Catemu, desde el actual punto de toma Km 0,00 hasta el Km 5,95 (300 m aguas abajo del Túnel 1), lo que incluye la ampliación del Túnel 1.

En el fin de su trazado, el Canal Unificado, divide sus aguas en dos: una parte continúa por el canal Arriba de Catemu, para satisfacer la demanda de riego requerido por los regantes de dicho canal, y el resto, será descargado hasta la actual bocatoma unificada de los canales Abajo de Catemu y Pepino, a través de una tubería en presión, o un rápido de descarga, en caso de que se aproveche, o no, la caída de agua para la hidrogenación.

Luego de captar la demanda de riego por los canales Abajo de Catemu y Pepino, el excedente de agua será finalmente devuelto al río Aconcagua utilizando la restitución existente en el punto de entrega del Canal Unificado indicada en el párrafo anterior. Además se contempla el revestimiento del canal Arriba de Catemu desde el Km 5,95 hasta el Km 13,7, donde se trasvasan las aguas a través del túnel proyectado identificado como Túnel Salesiano, hasta el Km 18,20. Por último, se incluye el abovedamiento de los canales Abajo de Catemu y Pepino en el sector de la Puntilla Las Máquinas y las descargas de aguas lluvias en los Km 1,8, Km 5,45 y Km 15,72.

3.2.2. Alternativa 2

Considera la conducción de las aguas de los canales Arriba de Catemu, Abajo de Catemu y Pepino, por medio de un canal revestido proyectado, identificado como Canal Unificado. Esta nueva conducción se proyecta sobre el trazado del canal Arriba de Catemu, desde el actual punto de toma Km 0,00 hasta el Km 5,95 (300 m aguas abajo del Túnel 1), lo que incluye la ampliación del Túnel 1.

En el fin de su trazado, el Canal Unificado, divide sus aguas en dos: una parte continúa por el canal Arriba de Catemu, para satisfacer la demanda de riego requerida por los regantes de dicho canal, y el resto, será descargado hasta la actual bocatoma unificada de los canales Abajo de Catemu y Pepino, a través de una tubería en presión, o un rápido de descarga, en caso de que se aproveche, o no, la caída de agua para la hidrogenación.

Luego de captar la demanda de riego por los canales Abajo de Catemu y Pepino, el excedente de aguas de riego será finalmente devuelto al río Aconcagua utilizando la restitución existente en el punto de entrega del Canal Unificado indicada en el párrafo anterior. Además se contempla en el canal Arriba de Catemu: el revestimiento desde el Km 5,95 hasta el Km 13,7, el abovedamiento en el sector de Puntilla Las Máquinas entre los tramos Km 13,7 a Km 15,8 y Km 16,0 a Km 17,5 y la ampliación del Túnel 2. Por último, se incluye el abovedamiento de los canales Abajo de Catemu y Pepino en el sector de la puntilla Las Máquinas y las descargas de aguas lluvias en los Km 1,8, Km 5,45 y Km 15,72.

3.2.3. Alternativa 3

Considera la conducción de las aguas de los canales Arriba de Catemu, Abajo de Catemu y Pepino, por medio de un canal revestido proyectado, identificado como Canal Unificado. Esta nueva conducción se proyecta sobre el trazado del canal Arriba de Catemu en dos tramos, desde el actual punto de toma Km 0,00 hasta el Km 13,7 donde se proyecta el inicio del Túnel Salesiano (incluye la ampliación del Túnel 1), y desde la salida del Túnel Salesiano (Km 18,2) hasta su fin en el Km 19,1. Además incluye la proyección del Túnel Salesiano y las obras de entrega en el Km 13,7 para el canal Abajo de Catemu y en el Km 5,95 hacia el canal Pepino.

En el fin de su trazado, el canal Unificado, divide sus aguas en tres: una parte continúa por el canal Arriba de Catemu y una segunda parte se entrega al canal Abajo de Catemu, ambas para satisfacer la demanda

de riego requerido por los regantes de dichos canales. El resto, será descargado hasta el canal Pepino a través de una tubería en presión, o un rápido de descarga, en caso de que se aproveche, o no, la caída de agua para la hidrogenación. Luego de captar la demanda de riego por el canal Pepino, el excedente de aguas de riego será finalmente trasvasado al estero Catemu a través de una restitución proyectada. Por último, se incluyen las descargas de aguas en los Km 1,8, Km 5,45 y Km 15,72.

3.2.4. Alternativa 4

Considera la conducción de las aguas de los canales Arriba de Catemu, Abajo de Catemu y Pepino, por medio de un canal revestido proyectado, identificado como Canal Unificado. Esta nueva conducción se proyecta sobre el trazado del canal Arriba de Catemu, desde el actual punto de toma Km 0,00 hasta el Km 16,05 (70 m aguas abajo del Túnel 2), lo que incluye la ampliación de los Túnel 1 y Túnel 2 y un tramo abovedado desde el Km 13,7 hasta el inicio del Túnel 2 ubicada en el Km 15,8. Además, incluye la obra de entrega en el Km 5,95 hacia el canal Pepino.

En el fin de su trazado, el canal Unificado, divide sus aguas en tres: una parte continúa por el canal Arriba de Catemu y una segunda parte se entrega al canal Abajo de Catemu, ambas para satisfacer la demanda de riego requerido por los regantes de dichos canales. El resto, será descargado hasta el canal Pepino a través de una tubería en presión, o un rápido de descarga, en caso de que se aproveche, o no, la caída de agua para la hidrogenación. Luego de captar la demanda de riego por el canal Pepino, el excedente de aguas de riego será finalmente trasvasado al estero Catemu a través de una restitución proyectada. Por último, se incluye el abovedamiento del canal Arriba y Abajo de Catemu desde la entrega del Canal Unificado hacia aguas abajo en el sector de puntilla Las Máquinas y las descargas de aguas lluvias en los Km 1,8 y Km 5,45.

3.2.5. Alternativa 5

Considera la conducción de las aguas de los canales Arriba de Catemu, Abajo de Catemu y Pepino, por medio de un canal revestido proyectado, identificado como Canal Unificado. Esta nueva conducción se proyecta sobre el trazado del canal Arriba de Catemu, desde el actual punto de toma Km 0,00 hasta el Km 15,75 (80 m aguas arriba del Túnel 2), lo que incluye la ampliación del Túnel 1 y además, un tramo abovedado desde el Km 13,7 hasta el punto de entrega del Canal Unificado. Además, incluye la obra de entrega en el Km 5,95 hacia el canal Pepino.

En el fin de su trazado, el canal Unificado, divide sus aguas en tres: una parte continúa por el canal Arriba de Catemu y una segunda parte se entrega al canal Abajo de Catemu, ambas para satisfacer la demanda de riego requerido por los regantes de dichos canales. El resto, será descargado hasta el canal Pepino a través de una tubería en presión, o un rápido de descarga, en caso de que se aproveche, o no, la caída de agua para la hidrogenación. Luego de captar la demanda de riego por el canal Pepino, el excedente de aguas de riego será finalmente devuelto al río Aconcagua a través de una restitución proyectada. Por último, se incluye el abovedamiento de los canales Arriba de Catemu, Abajo de Catemu y Pepino desde la entrega del Canal Unificado hacia aguas abajo en el sector de puntilla Las Máquinas, la ampliación del Túnel 2 y las descargas de aguas lluvias en los Km 1,8 y Km 5,45.

3.3. HIDROGENERACIÓN

Desde la Alternativa 1 a la Alternativa 5 se evaluará la posibilidad de incluir una MCH en el fin del Canal Unificado. En el Cuadro 3.3-1 se incluyen las características principales de dichas MCH.

Las Alternativas 3, 4 y 5 poseen dos caídas de agua, sin embargo, sólo se consideró la caída de agua entre el actual canal Arriba de Catemu y el canal Pepino, porque posee una mayor diferencia de cota y además, es posible utilizar gran parte del caudal disponible.

CUADRO 3.3 -1
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE ALTERNATIVAS DE GENERACIÓN

| Alternativa | Altura bruta (m) | Descripción |
|-------------|------------------|--|
| 1 | 26,0 | Caída desde km 5,7 canal Arriba de Catemu hasta falda puntilla las Vegas, descargas a canal Abajo y Pepino, descarga de excedentes a río Aconcagua |
| 2 | 26,0 | Caída desde km 5,7 canal Arriba de Catemu hasta falda puntilla las Vegas, descargas a canal Abajo y Pepino, descarga de excedentes a río Aconcagua |
| 3 | 66,5 | Caída desde km 16,15 canal Arriba de Catemu hasta canal Pepino descarga de excedentes a estero Catemu |
| 4 | 66,2 | Caída desde km 16,15 canal Arriba de Catemu hasta canal Pepino descarga de excedentes a estero Catemu |
| 5 | 63,5 | Caída desde km 16,5 canal Arriba de Catemu hasta canal Pepino descarga de excedentes a río Aconcagua |

Fuente: Elaboración propia

3.4. CAUDALES DEFINIDOS POR ESCENARIO

Para cada alternativa se procede a evaluar tres escenarios, definidos por diferentes caudales. Estos caudales permiten estimar un costo y un beneficio asociado a las obras de bocatoma y al tramo unificado en cada alternativa.

A continuación se define cada escenario:

Escenario 1: Este escenario se define en base a la capacidad máxima de cada canal estimado según la DGA. Para el Canal Arriba de Catemu se establecen 4,0 m³/s, para el Canal Abajo de Catemu se establecen 2,5 m³/s y para el Canal Pepino o Huidobro se establecen 3,0 m³/s. El caudal adoptado en este escenario corresponde a 9,5 m³/s.

Escenario 2: Este escenario se define como un estado intermedio entre el Escenario 1 y el Escenario 3. El primero es definido en base a las capacidades máximas y el tercero en base a los derechos de cada canal, por lo que este escenario queda definido por un caudal de 13,15 m³/s.

Escenario 3: Este escenario se define en base a los derechos de los canales del Canal Arriba de Catemu, Abajo de Catemu de 7,8 m³/s y 6,0 m³/s., y en base a la capacidad máxima del Canal Pepino o Huidobro 3,0 m³/s. El caudal adoptado en este escenario corresponde a 16,8 m³/s.

El caudal disponible para la MCH por cada alternativa se escogió como el caudal que sobra una vez que se satisface la demanda de riego. El caudal de diseño se adopta como la diferencia entre la máxima capacidad de captación de las obras (caudal asociado a cada escenario) y el caudal de demanda de riego. Para cada alternativa se determina de la siguiente forma:

Alternativa 1 y 2:

$$Q_{\text{Generación}} = Q_{\text{Escenario}} - Q_{\text{PorRegarCanalDelAlto}} - Q_{\text{PorRegarCanalDelBajo}}$$

Alternativa 3, 4 y 5:

$$Q_{\text{Generación}} = Q_{\text{Escenario}} - Q_{\text{RegadodelAlto}} - Q_{\text{RegadodelBajo}} - Q_{\text{RegadodelPepino}} - Q_{\text{PorRegardeBajo}} - Q_{\text{PorRegarDelBajo}}$$

3.5. DISEÑOS SIMPLIFICADOS E INVERSIONES TOTALES

El objetivo es obtener los costos de las obras proyectadas para cada una de alternativas descritas en el Acápite 3.4, para distintos caudales de diseño, de forma de obtener la mejor alternativa respecto a los costos y beneficios.

Las obras fueron valorizadas a partir de precios unitarios propuestos por el consultor, de la actualización de los costos incluidos en los estudios anteriores y de fórmulas paramétricas obtenidas de estudios anteriores. Se realizaron diseños simplificados en caso que amerite, de forma de valorizar las obras y obtener un presupuesto preliminar por alternativa.

Se presentan los presupuestos en precios privados y sociales que resulta de los diseños simplificados y estimación de costos. Se adoptó un factor social de 0,92 para la obtención de los costos de aquellos itemizados que tienen una componente social.

En el Cuadro 3.5-1 se presenta un resumen con los costos en precios privados y sociales de todas las alternativas de proyecto. De acuerdo a esto la alternativa de menor costo es la 3 sin MCH, mientras que la de mayor costo corresponde a la alternativa 5 en el escenario 3.

**CUADRO 3.5-1
COSTO TOTAL ALTERNATIVAS DE PROYECTO**

| Alternativa | Con MCH | | | Sin MCH | | |
|-------------|---|-----------------------------|----------------------------|---|-----------------------------|----------------------------|
| | Q _{Boc} (m ³ /s) | C.Total Privado (Mill\$) | C.Total Social (Mill\$) | Q _{Boc} (m ³ /s) | C.Total Privado (Mill\$) | C.Total Social (Mill\$) |
| Alt 1 | 9,50 | 11.604 | 10.792 | 9,50 | 9.732 | 9.064 |
| | 13,15 | 13.106 | 12.223 | | | |
| | 16,80 | 14.225 | 13.277 | | | |
| Alt 2 | 9,50 | 12.468 | 11.583 | | 10.596 | 9.855 |
| | 13,15 | 13.970 | 13.014 | | | |
| | 16,80 | 15.090 | 14.068 | | | |
| Alt 3 | 9,50 | 11.464 | 10.694 | | 8.811 | 8.111 |
| | 13,15 | 14.692 | 13.733 | | | |
| | 16,80 | 16.894 | 15.794 | | | |
| Alt 4 | 9,50 | 12.607 | 11.749 | | 10.266 | 9.447 |
| | 13,15 | 14.636 | 13.688 | | | |
| | 16,80 | 16.808 | 15.720 | | | |
| Alt 5 | 9,50 | 13.705 | 12.758 | | 11.373 | 10.467 |
| | 13,15 | 16.042 | 14.978 | | | |
| | 16,80 | 18.136 | 16.938 | | | |

Fuente: Elaboración propia

3.6. EVALUACIÓN ECONÓMICA SIMPLIFICADA

Se desarrolló una evaluación económica simplificada de las alternativas analizadas, tanto para precios privados como para precios sociales, la cual tiene como objetivo principal "determinar la alternativa más rentable en términos económicos". Se deja en claro que "no es por ningún motivo" uno de los objetivos de esta evaluación determinar si las alternativas son económicamente factibles, lo cual permite no evaluar aquellos costos y beneficios que no aportan a la definición de la mejor alternativa. Se utilizó como indicador de rentabilidad el Valor Actual Neto (VAN). Este indicador es comúnmente utilizado en este tipo de evaluación. Los parámetros básicos de ingreso para el cálculo de este indicador son los costos de inversión y mantenimiento, el beneficio anual esperado y las tasas de descuento, la que según MIDEPLAN es de 6% a precios sociales, para el proceso presupuestario 2012, y para precios privados se considera una tasa de descuento del 8%, basándose en la práctica usual en este tipo de proyectos. Se consideró como horizonte de evaluación un período de 30 años.

En la Figura 3.6-1 y 3.6-2 se presenta la variación del VAN para las distintas alternativas y escenarios analizados, a precios sociales y privados respectivamente.

FIGURA 3.6-1
VARIACIÓN DEL VAN PARA DISTINTOS CAUDALES DE DISEÑO PRECIOS PRIVADOS

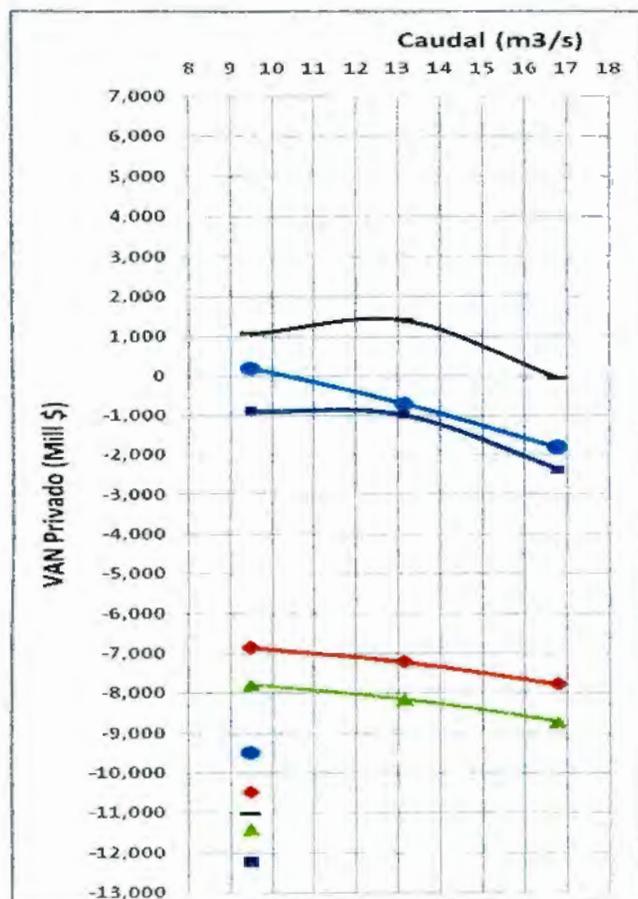
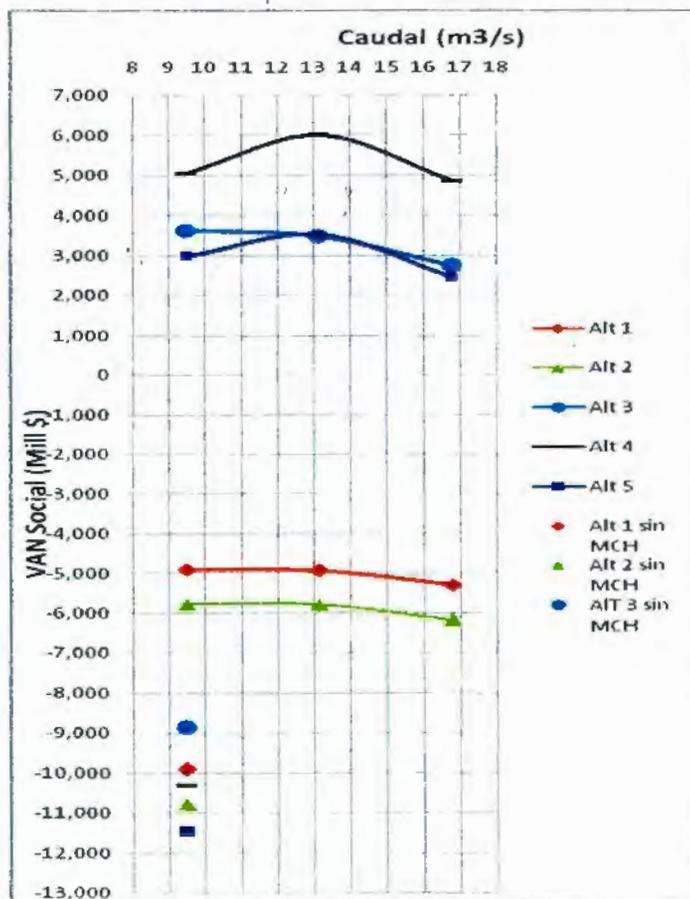


FIGURA 3.6-2
VARIACIÓN DEL VAN PARA DISTINTOS CAUDALES DE DISEÑO PRECIOS SOCIALES



Fuente: Elaboración propia

Al analizar los resultados de las Figuras 3.6-1 y 3.6-2, se concluye que:

- Para todos los caudales analizados, las alternativas 3 (con Túnel Salesianos, MCH aguas abajo de dicho túnel), 4 (sin Túnel Salesianos, MCH después de Túnel 2), 5 (sin Túnel Salesianos, MCH antes de Túnel 2), son claramente más rentables que las alternativas 1 (con Túnel Salesianos, MCH después de Túnel 1) y 2 (sin Túnel Salesianos, MCH después de Túnel 1). Siendo la alternativa 4 la más rentable de todas, principalmente para los escenarios con caudales de diseño 13,15 m³/s y 16,8 m³/s.
- El caudal óptimo de diseño de la alternativa 4 es 13,15 m³/s, valor que debe ser determinado con mayor exactitud en las etapas posteriores, en caso de seleccionar esta alternativa.
- Todas las alternativas sin MCH son bastante menos rentables que las alternativas con MCH. Referente a esto, llama la atención la alternativa 4, donde sin MCH ocupa la tercera posición y con MCH es la que arroja una mayor rentabilidad.
- El hecho que las alternativas sin MCH arrojen menores rentabilidades que las alternativas con MCH origina un grado de incertidumbre al momento de seleccionar la mejor alternativa, ya que si no hay una clara posibilidad de una inversión privada dispuesta a construir una central hidroeléctrica la alternativa 3 sería la más rentable. Hecho que se acrecentaría para los escenarios con mayor caudal de diseño.
- En caso que se realicen las obras de riego, la construcción de una MCH resulta muy rentable, principalmente para la alternativa 4.

3.7. RECOMENDACIÓN DE LA ALTERNATIVA A DESARROLLAR

Con el fin de recomendar la alternativa a desarrollar a nivel de prefactibilidad, se consideran los resultados de la evaluación económica y ambiental.

Desde el punto de vista ambiental, si bien es cierto es posible seleccionar la mejor alternativa, se tiene que las 5 alternativas tienen un índice de calidad cercano a 2, o sea un nivel medio. Lo anterior significa que ambientalmente la elección de la alternativa no es relevante.

Por otra parte, desde el punto de vista económico, si bien, no hay una diferencia significativa entre las alternativas de proyecto 3, 4 y 5, se obtuvieron mejores resultados en términos económicos para la Alternativa 4, esto para todos escenarios de evaluación, tanto para la evaluación privada como para la social. Por lo anteriormente expuesto, se recomienda desarrollar a nivel de prefactibilidad la Alternativa 4.

4. ESTUDIOS AGROECONÓMICOS

4.1. OBJETIVOS Y ALCANCES GENERALES

El estudio agroeconómico pretende evaluar los beneficios económicos del proyecto de mejoramiento de los canales de Catemu, comparando 3 escenarios distintos: Situación Actual (SA), Situación Futura Sin Proyecto (SSP) y Situación Futura Con Proyecto (SCP). Dentro del área de influencia, para fines del presente estudio resulta pertinente diferenciar sectores de riego según el canal que los abastece, debido a que, dependiendo de la alternativa de obra seleccionada, los efectos en la oferta de agua podría ser distinto en cada canal. Por otra parte no existen otros factores relevantes que condicionen otro tipo de sectorización. Los tres sectores de riego corresponden.

- Sector 1: Correspondiente a la zona abastecida por el canal Catemu Del Alto.
- Sector 2: Es la zona abastecida por el canal Catemu del Bajo y sus derivados.
- Sector 3: Comprende la zona abastecida por el canal Pepino o Huidobro y sus derivados.

4.2. LISTADO DE AGRICULTORES Y ESTRATIFICACIÓN PREDIAL

Los potenciales beneficiados por el proyecto corresponden a los miembros de las Organizaciones de Usuarios de Aguas ya descritas. En total las 3 organizaciones suman 644 regantes, los cuales se distribuyen en un total de 826 predios, algunos de los cuales pertenecen al mismo dueño. En los sectores 1, 2 y 3 existen 306, 242 y 278 predios, respectivamente.

Por otra Parte, los criterios utilizados para definir los estratos han sido el tamaño de la propiedad agrícola, la existencia (o ausencia) de ventas de productos de la explotación, el sustento familiar, la disponibilidad de mano de obra, la cadena de comercialización (mercado interno o exportación) y el nivel tecnológico identificado en forma preliminar.

4.3. SITUACIÓN ACTUAL

Para una completa caracterización de la situación actual agrícola es necesario establecer una serie de atributos físicos, productivos, legales y económicos, asociados a los distintos tipos de agricultores existentes en el área de estudio. Para lograr este objetivo se ha implementado una encuesta simple de tipo cuantitativa que indaga en cada uno de estos ámbitos. La encuesta abarco 200 predios de los 826 existentes, que equivalen a 6.239,4 ha (de 10.082,8 ha totales). Luego del análisis de los resultados de la encuesta simple se realizó un estudio de caso, el que tiene por finalidad ahondar en los aspectos técnicos de los distintos rubros productivos del área de estudio, identificando en forma precisa todas las labores, insumos y productos que se obtienen en la agricultura y ganadería, y los costos asociados, para finalmente confeccionar las fichas técnico-económicas de cultivo, elementos claves para la evaluación posterior de los beneficios del proyecto. Se realizaron 29 estudios de caso que se relacionan directamente con los cultivos, contemplando los distintos niveles de rendimiento de los mismos, presentes en la zona de estudio.

La encuesta agropecuaria y los estudios de caso son la base para realizar la caracterización económica del área en estudio. Una vez que los datos fueron recopilados en terreno, se procesaron y analizaron en gabinete, con lo cual se estableció la estructura de cultivos característica de la Situación Actual Agropecuaria, que a su vez, ha servido para determinar los predios promedio para la caracterización económica (y posterior evaluación económica del proyecto). El uso del suelo de la Situación Actual se obtiene de la expansión de los resultados de la encuesta simple. También se destaca la superficie con más de un cultivo al año. En total se contemplan 3.442,9 ha (3.620,1 ha incluyendo rotación), las cuales poseen una seguridad de riego ponderada del 70,77%.

4.4. SITUACIÓN FUTURA SIN PROYECTO

Con la finalidad de establecer una base de análisis en orden a reconocer los costos e ingresos de los productores(as), para la evaluación de los escenarios de desarrollo de "sin" y "con" Proyecto, se han considerado algunos aspectos que caracterizan a la Situación Actual para confeccionar la presente Situación Sin Proyecto (SSP), que corresponde a un escenario futuro sin contemplar el mejoramiento de los canales, pero que incorpora un conjunto de acciones tendientes a mejorar los procesos productivos de la zona, con recursos que no superan el 5% de las inversiones efectuadas en la Situación con Proyecto.

El uso del suelo, en estructura productiva, es el mismo identificado en la Situación Actual, manteniendo también la dinámica de doble cultivo existente. La mayor eficiencia de riego alcanzada debido a la incorporación de sistemas de riego tecnificado provoca que la seguridad de riego aumenta a 72,61%.

4.5. SITUACIÓN FUTURA CON PROYECTO

La Situación Con Proyecto o Con Proyecto, corresponde al mejoramiento de las condiciones actuales que enfrenta el área en estudio, a través de la ejecución y construcción de obras civiles para aumentar la eficiencia de uso del agua y dar satisfacción a la demanda de los cultivos en los próximos años.

Este escenario, en donde se contempla un mejoramiento en la conducción de los primeros 14,0 km del canal unificado, con el complemento de un programa de asistencia técnica y capacitación, permitirá el mejoramiento del nivel tecnológico, el aumento la productividad de los predios y la rentabilidad de los rubros. El área de estudio presenta en el sector 2 (parte baja) recursos de suelo y clima, particularmente apropiados para el desarrollo de una agricultura intensiva basada en la explotación de rubros frutales y vides. El sector 1 presenta algunas dificultades microclimáticas relacionadas con los periodos de frío y las heladas que restringen la implementación de algunas especies frutales de hoja perenne, siendo esta una zona para establecer especies de hoja caduca y forrajeras preferentemente

Los principales cambios reflejados en la superficie regada de la Situación Con Proyecto son el aumento de rubros frutales, vides, alfalfa y hortalizas tipo cebolla y alcachofa. La superficie de riego se mantiene en 3.620,1 ha, aunque con un 89,1% de seguridad de riego ponderada

Debido al cambio de estructura productiva y las mejoras en el manejo y nivel tecnológico de los cultivos, los volúmenes de producción también aumentan. El Cuadro 4.5-1 muestra el uso del suelo en la Situación Actual y Situación Con Proyecto.

**CUADRO 4.5-1
USO DEL SUELO AGRÍCOLA SITUACIÓN ACTUAL Y
SITUACIÓN FUTURA**

| RUBRO | CULTIVO | SA y SSP | | SCP | |
|---------------------------------------|-----------------|----------------|--------------|----------------|--------------|
| | | ha | % | ha | % |
| Frutales | Durazno | 210,8 | 5,8 | 203,6 | 5,6 |
| | Nogal | 321,6 | 8,9 | 354,6 | 9,8 |
| | Palto | 394,7 | 10,9 | 398,2 | 11,0 |
| | Uva De Mesa | 572,0 | 15,8 | 580,0 | 16,0 |
| | Uva Vinífera | 20,4 | 0,6 | 0,0 | 0,0 |
| | Huerto Frutal | 63,5 | 1,8 | 60,2 | 1,7 |
| | Otros Frutales | 190,5 | 5,3 | 195,3 | 5,4 |
| Chacras y Hortalizas | Alcachofa | 106,2 | 2,9 | 213,2 | 5,9 |
| | Cebolla | 177,6 | 4,9 | 182,0 | 5,0 |
| | Maíz Grano | 110,4 | 3,0 | 80,9 | 2,2 |
| | Papa | 128,8 | 3,6 | 72,8 | 2,0 |
| | Zanahoria | 114,6 | 3,2 | 75,4 | 2,1 |
| | Chacra Casera | 67,9 | 1,9 | 65,5 | 1,8 |
| | Otros Cultivos | 238,6 | 6,6 | 282,0 | 7,8 |
| Praderas y Forrajes | Alfalfa | 62,4 | 1,7 | 0,0 | 0,0 |
| | Alfalfa Consumo | 779,3 | 21,5 | 856,4 | 23,7 |
| | Pradera Natural | 34,5 | 1,0 | 0,0 | 0,0 |
| Forestal | Eucaliptus | 26,2 | 0,7 | 0,0 | 0,0 |
| Superficie Total Riego (A+B) | | 3.620,1 | 100,0 | 3.620,1 | 100,0 |
| Superficie con rotación (B) | | 177,2 | 4,9 | 177,2 | 4,9 |
| Superficie Física de Riego (A) | | 3.442,9 | 95,1 | 3.442,9 | 95,1 |

**CUADRO 4.5-1
USO DEL SUELO AGRÍCOLA SITUACIÓN ACTUAL Y
SITUACIÓN FUTURA**

| RUBRO | CULTIVO | SA y SSP | | SCP | |
|-----------------------------------|---------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|
| | | ha | % | ha | % |
| Riego Permanente Agua Superficial | | 3.442,9 | 34,1 | 3.442,9 | 34,1 |
| Riego Eventual Agua Superficial | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Riego Agua Subterránea | | 219,8 | 2,2 | 219,8 | 2,2 |
| Cultivada en Secano | | 13,8 | 0,1 | 13,8 | 0,1 |
| Forestado Sin Riego | | 160,6 | 1,6 | 160,6 | 1,6 |
| Indirectamente Productiva | | 261,3 | 2,6 | 261,3 | 2,6 |
| Sin uso Potencialmente Cultivable | | 1.061,6 | 10,5 | 1.061,6 | 10,5 |
| Sin uso sin Potencial de Riego | | 4.922,9 | 48,8 | 4.922,9 | 48,8 |
| Total Predial | | 10.082,8 | 100,0 | 10.082,8 | 100,0 |

Fuente: Elaboración propia

4.6. DEMANDAS DE AGUA

Se realizó para la Situación Actual (SA), Futura Sin Proyecto (SSP) y Futura Con Proyecto (SCP) una descripción de las demandas de agua para uso agrícola en base a la caracterización productiva predial. Para obtener la demanda bruta total del área regada se requiere de información correspondiente a evapotranspiración potencial, coeficientes de cultivo, precipitación efectiva, demandas netas de agua de riego, eficiencias y tasas de riego por cultivo.

Como conclusión se desprende que la demanda bruta total anual en la Situación Con Proyecto sería de 40,4 hm³, que si se comparan con los 48,4 hm³ demandados en Situación Actual y con los 46,6 hm³ de la Situación Sin Proyecto, se advierte una disminución de 19,9% y 15,3% respectivamente, diferencia que se relaciona con la mayor con una menor tasa de riego.

4.7. BENEFICIOS AGRÍCOLAS NETOS DEL PROYECTO

4.7.1. Beneficios Económicos Directos

A partir de las margenes brutos por hectárea (unitarios) multiplicados por la estructura de cultivos de la superficie de riego y descontando los gastos indirectos generales y de asistencia técnica considerados es posible obtener los margenes netos en las Situaciones Sin y Con Proyecto.

No obstante lo anterior, la seguridad de riego del área de estudio los rendimientos determina que en algunos años los cultivos vean restringidas su satisfacción de la demanda. Por ello, se ha utilizado la estadística de 30 años en el río Aconcagua (1975-2005) para calcular la satisfacción de la demanda anual para las 3.620,1 ha de riego.

Para evaluar la incidencia del recurso agua sobre el rendimiento de los diferentes cultivos, se utiliza la metodología propuesta en FAO 33, la cual ocupa funciones de producción del agua.

Los flujos se presentan para el área de estudio, en el Cuadro 4.7.1-1 a precios de mercado y en el Cuadro 4.7.1-2 a precios sociales.

CUADRO 4.7.1-1
FLUJO DE BENEFICIOS AGRÍCOLAS NETOS DEL PROYECTO
PRECIOS DE MERCADO (VALORES EN \$)

| AÑO | SAO | | | | | SF | | | | | | FLUJO |
|-----|----------------|------------------------|--------------------|-----------------|----------------|----------------|------------------------|--------------------|-----------------|------------------------|----------------|---------------|
| | MARGEN BRUTO | COSTOS INDIRECTOS y GG | ASISTENCIA TECNICA | PUESTA EN RIEGO | MARGEN NETO | MARGEN BRUTO | COSTOS INDIRECTOS y GG | ASISTENCIA TECNICA | PUESTA EN RIEGO | HABILITACIÓN DE SUELOS | MARGEN NETO | |
| 0 | 5.746.867.101 | 733.894.099 | 0 | 0 | 5.012.973.002 | 5.746.867.101 | 733.894.099 | 0 | 0 | 0 | 5.012.973.002 | 0 |
| 1 | 7.050.585.286 | 733.894.099 | 135.756.743 | 182.074.889 | 5.998.859.554 | 7.160.142.494 | 831.663.506 | 119.616.918 | 277.195.673 | 7.535.927 | 5.924.130.470 | -74.729.084 |
| 2 | 10.227.509.888 | 733.894.099 | 135.756.743 | 210.245.480 | 9.147.613.566 | 10.392.508.445 | 831.663.506 | 100.923.328 | 319.457.482 | 7.535.927 | 9.132.928.202 | -14.685.364 |
| 3 | 12.004.248.349 | 733.894.099 | 135.756.743 | 329.453.515 | 10.805.143.992 | 12.718.864.382 | 831.663.506 | 100.923.328 | 500.317.127 | 11.303.891 | 11.274.656.530 | 469.512.538 |
| 4 | 12.934.391.881 | 733.894.099 | 135.756.743 | 371.709.400 | 11.693.031.638 | 13.853.084.628 | 831.663.506 | 100.923.328 | 563.709.841 | 11.303.891 | 12.345.484.063 | 652.452.425 |
| 5 | 13.683.039.835 | 733.894.099 | 67.780.109 | 140.852.952 | 12.740.512.676 | 14.642.147.297 | 831.663.506 | 93.202.418 | 211.309.045 | 0 | 13.505.972.327 | 765.459.652 |
| 6 | 11.480.934.922 | 733.894.099 | 67.780.109 | 140.852.952 | 10.538.407.762 | 13.758.798.271 | 831.663.506 | 93.202.418 | 211.309.045 | 0 | 12.622.623.302 | 2.084.215.540 |
| 7 | 13.462.061.925 | 733.894.099 | 0 | 140.852.952 | 12.587.314.874 | 14.516.832.188 | 831.663.506 | 48.255.690 | 211.309.045 | 0 | 13.425.603.947 | 838.289.073 |
| 8 | 13.434.679.441 | 733.894.099 | 0 | 140.852.952 | 12.559.932.390 | 14.656.225.092 | 831.663.506 | 0 | 211.309.045 | 0 | 13.613.252.541 | 1.053.320.150 |
| 9 | 12.519.327.832 | 733.894.099 | 0 | 140.852.952 | 11.644.580.781 | 13.820.653.997 | 831.663.506 | 0 | 211.309.045 | 0 | 12.777.681.445 | 1.133.100.664 |
| 10 | 12.644.365.288 | 733.894.099 | 0 | 140.852.952 | 11.769.618.237 | 13.952.265.631 | 831.663.506 | 0 | 211.309.045 | 0 | 12.909.293.079 | 1.139.674.842 |
| 11 | 12.431.095.507 | 733.894.099 | 0 | 140.852.952 | 11.556.348.455 | 13.562.734.431 | 831.663.506 | 0 | 211.309.045 | 0 | 12.519.761.879 | 963.413.424 |
| 12 | 10.567.499.203 | 733.894.099 | 0 | 140.852.952 | 9.692.752.151 | 11.902.987.532 | 831.663.506 | 0 | 211.309.045 | 0 | 10.860.014.981 | 1.167.262.829 |
| 13 | 9.013.024.436 | 733.894.099 | 0 | 140.852.952 | 8.138.277.385 | 11.371.138.864 | 831.663.506 | 0 | 211.309.045 | 0 | 10.328.166.312 | 2.189.888.928 |
| 14 | 9.967.270.364 | 733.894.099 | 0 | 140.852.952 | 9.092.523.313 | 11.657.994.378 | 831.663.506 | 0 | 211.309.045 | 0 | 10.615.021.827 | 1.522.498.514 |
| 15 | 8.688.689.486 | 733.894.099 | 0 | 182.074.889 | 7.772.720.497 | 11.296.957.606 | 831.663.506 | 0 | 277.195.673 | 7.535.927 | 10.180.562.500 | 2.407.842.003 |
| 16 | 11.713.387.415 | 733.894.099 | 0 | 210.245.480 | 10.769.247.836 | 12.992.365.803 | 831.663.506 | 0 | 319.457.482 | 7.535.927 | 11.833.708.888 | 1.064.461.052 |
| 17 | 7.466.005.983 | 733.894.099 | 0 | 329.453.515 | 6.402.658.369 | 8.734.599.296 | 831.663.506 | 0 | 500.317.127 | 11.303.891 | 7.391.314.772 | 988.656.403 |
| 18 | 8.553.072.651 | 733.894.099 | 0 | 371.709.400 | 7.447.469.152 | 10.092.784.915 | 831.663.506 | 0 | 563.709.841 | 11.303.891 | 8.686.107.678 | 1.236.638.526 |
| 19 | 8.136.785.320 | 733.894.099 | 0 | 140.852.952 | 7.262.038.269 | 9.691.386.525 | 831.663.506 | 0 | 211.309.045 | 0 | 8.648.413.974 | 1.388.375.705 |
| 20 | 8.315.982.376 | 733.894.099 | 0 | 140.852.952 | 7.441.235.325 | 10.273.039.317 | 831.663.506 | 0 | 211.309.045 | 0 | 9.230.066.766 | 1.788.831.440 |
| 21 | 6.134.227.271 | 733.894.099 | 0 | 140.852.952 | 5.259.480.220 | 9.097.182.966 | 831.663.506 | 0 | 211.309.045 | 0 | 8.054.210.415 | 2.794.730.195 |
| 22 | 9.731.226.817 | 733.894.099 | 0 | 140.852.952 | 8.856.479.766 | 10.886.782.187 | 831.663.506 | 0 | 211.309.045 | 0 | 9.843.809.636 | 987.329.870 |
| 23 | 6.978.561.328 | 733.894.099 | 0 | 140.852.952 | 6.103.814.277 | 9.692.289.071 | 831.663.506 | 0 | 211.309.045 | 0 | 8.649.316.519 | 2.545.502.243 |
| 24 | 9.739.940.806 | 733.894.099 | 0 | 140.852.952 | 8.865.193.755 | 11.489.616.682 | 831.663.506 | 0 | 211.309.045 | 0 | 10.446.644.131 | 1.581.450.376 |
| 25 | 11.544.909.623 | 733.894.099 | 0 | 140.852.952 | 10.670.162.572 | 12.807.485.205 | 831.663.506 | 0 | 211.309.045 | 0 | 11.764.512.654 | 1.094.350.082 |
| 26 | 12.187.166.656 | 733.894.099 | 0 | 140.852.952 | 11.322.419.605 | 13.453.031.099 | 831.663.506 | 0 | 211.309.045 | 0 | 12.410.058.548 | 1.087.638.943 |
| 27 | 12.784.385.105 | 733.894.099 | 0 | 140.852.952 | 11.909.638.054 | 13.991.460.590 | 831.663.506 | 0 | 211.309.045 | 0 | 12.948.488.039 | 1.038.849.985 |
| 28 | 13.035.541.101 | 733.894.099 | 0 | 140.852.952 | 12.180.794.050 | 14.466.019.836 | 831.663.506 | 0 | 211.309.045 | 0 | 13.423.047.284 | 1.262.253.234 |
| 29 | 12.224.764.595 | 733.894.099 | 0 | 140.852.952 | 11.350.017.544 | 14.019.845.677 | 831.663.506 | 0 | 211.309.045 | 0 | 12.976.873.126 | 1.628.855.582 |
| 30 | 12.871.206.274 | 733.894.099 | 0 | 140.852.952 | 11.996.459.223 | 13.998.269.313 | 831.663.506 | 0 | 211.309.045 | 0 | 12.955.296.762 | 958.837.539 |

Nota: Precios referidos a Julio de 2011

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 4.7.1-2
FLUJO DE BENEFICIOS AGRÍCOLAS NETOS DEL PROYECTO
PRECIOS SOCIALES (VALORES EN \$)

| AÑO | SAO | | | | | SF | | | | | | FLUJO |
|-----|----------------|------------------------|--------------------|-----------------|----------------|----------------|------------------------|--------------------|-----------------|------------------------|----------------|---------------|
| | MARGEN BRUTO | COSTOS INDIRECTOS y GG | ASISTENCIA TECNICA | PUESTA EN RIEGO | MARGEN NETO | MARGEN BRUTO | COSTOS INDIRECTOS y GG | ASISTENCIA TECNICA | PUESTA EN RIEGO | HABILITACIÓN DE SUELOS | MARGEN NETO | |
| 0 | 6.588.514.630 | 618.667.479 | 0 | 0 | 5.969.847.151 | 6.588.514.630 | 618.667.479 | 0 | 0 | 0 | 5.969.847.151 | 0 |
| 1 | 7.973.638.921 | 618.667.479 | 135.756.743 | 182.074.889 | 7.037.139.809 | 8.047.264.505 | 716.436.886 | 119.616.918 | 277.195.673 | 7.535.927 | 6.926.479.101 | -110.660.708 |
| 2 | 11.273.389.620 | 618.667.479 | 135.756.743 | 210.245.480 | 10.308.719.918 | 11.444.903.906 | 716.436.886 | 100.923.328 | 319.457.482 | 7.535.927 | 10.300.550.263 | -8.169.635 |
| 3 | 13.191.443.940 | 618.667.479 | 135.756.743 | 329.453.515 | 12.107.566.203 | 13.966.634.266 | 716.436.886 | 100.923.328 | 500.317.127 | 11.303.891 | 12.637.653.034 | 530.086.831 |
| 4 | 14.150.798.752 | 618.667.479 | 135.756.743 | 371.709.400 | 13.024.665.130 | 15.150.787.211 | 716.436.886 | 100.923.328 | 563.709.841 | 11.303.891 | 13.758.413.266 | 733.748.136 |
| 5 | 14.914.861.782 | 618.667.479 | 67.780.109 | 140.852.952 | 14.087.561.242 | 15.957.801.689 | 716.436.886 | 93.202.418 | 211.309.045 | 0 | 14.936.853.340 | 849.292.098 |
| 6 | 12.721.316.925 | 618.667.479 | 67.780.109 | 140.852.952 | 11.894.016.385 | 15.064.223.135 | 716.436.886 | 93.202.418 | 211.309.045 | 0 | 14.043.274.787 | 2.149.258.401 |
| 7 | 14.675.425.320 | 618.667.479 | 0 | 140.852.952 | 13.915.904.889 | 15.818.042.449 | 716.436.886 | 48.255.690 | 211.309.045 | 0 | 14.842.040.828 | 926.135.939 |
| 8 | 14.658.851.690 | 618.667.479 | 0 | 140.852.952 | 13.899.331.259 | 15.975.015.251 | 716.436.886 | 0 | 211.309.045 | 0 | 15.047.269.320 | 1.147.938.061 |
| 9 | 13.780.705.659 | 618.667.479 | 0 | 140.852.952 | 13.021.185.228 | 15.114.184.918 | 716.436.886 | 0 | 211.309.045 | 0 | 14.186.438.987 | 1.165.253.759 |
| 10 | 13.804.197.792 | 618.667.479 | 0 | 140.852.952 | 13.044.677.361 | 15.186.161.059 | 716.436.886 | 0 | 211.309.045 | 0 | 14.258.415.128 | 1.213.737.767 |
| 11 | 13.560.385.864 | 618.667.479 | 0 | 140.852.952 | 12.800.865.433 | 14.755.797.512 | 716.436.886 | 0 | 211.309.045 | 0 | 13.828.051.581 | 1.027.186.147 |
| 12 | 11.711.755.812 | 618.667.479 | 0 | 140.852.952 | 10.952.235.381 | 13.023.170.048 | 716.436.886 | 0 | 211.309.045 | 0 | 12.095.424.117 | 1.143.188.736 |
| 13 | 10.043.136.421 | 618.667.479 | 0 | 140.852.952 | 9.283.615.990 | 12.427.572.162 | 716.436.886 | 0 | 211.309.045 | 0 | 11.499.826.231 | 2.216.210.241 |
| 14 | 10.930.820.275 | 618.667.479 | 0 | 140.852.952 | 10.171.299.844 | 12.693.051.312 | 716.436.886 | 0 | 211.309.045 | 0 | 11.765.305.381 | 1.594.005.537 |
| 15 | 9.679.574.280 | 618.667.479 | 0 | 182.074.889 | 8.878.831.911 | 12.361.487.917 | 716.436.886 | 0 | 277.195.673 | 7.535.927 | 11.360.319.431 | 2.481.487.520 |
| 16 | 12.743.961.712 | 618.667.479 | 0 | 210.245.480 | 11.915.048.753 | 14.114.062.317 | 716.436.886 | 0 | 319.457.482 | 7.535.927 | 13.070.632.022 | 1.155.583.269 |
| 17 | 8.496.986.642 | 618.667.479 | 0 | 329.453.515 | 7.548.865.648 | 9.744.533.825 | 716.436.886 | 0 | 500.317.127 | 11.303.891 | 8.516.475.922 | 967.610.274 |
| 18 | 9.519.054.724 | 618.667.479 | 0 | 371.709.400 | 8.528.677.844 | 11.127.322.165 | 716.436.886 | 0 | 563.709.841 | 11.303.891 | 9.835.871.548 | 1.307.193.704 |
| 19 | 9.127.257.461 | 618.667.479 | 0 | 140.852.952 | 8.367.737.030 | 10.733.443.594 | 716.436.886 | 0 | 211.309.045 | 0 | 9.805.697.663 | 1.437.960.633 |
| 20 | 9.348.996.848 | 618.667.479 | 0 | 140.852.952 | 8.589.476.417 | 11.336.204.045 | 716.436.886 | 0 | 211.309.045 | 0 | 10.408.458.114 | 1.818.981.697 |
| 21 | 7.224.801.709 | 618.667.479 | 0 | 140.852.952 | 6.465.281.278 | 10.254.328.863 | 716.436.886 | 0 | 211.309.045 | 0 | 9.326.592.932 | 2.861.301.655 |
| 22 | 10.912.591.613 | 618.667.479 | 0 | 140.852.952 | 10.153.071.182 | 12.092.534.665 | 716.436.886 | 0 | 211.309.045 | 0 | 11.164.788.734 | 1.011.717.552 |
| 23 | 8.118.811.923 | 618.667.479 | 0 | 140.852.952 | 7.359.291.492 | 10.899.081.277 | 716.436.886 | 0 | 211.309.045 | 0 | 9.971.335.345 | 2.612.043.853 |
| 24 | 10.888.520.069 | 618.667.479 | 0 | 140.852.952 | 10.128.999.639 | 12.721.880.849 | 716.436.886 | 0 | 211.309.045 | 0 | 11.794.134.918 | 1.665.135.280 |
| 25 | 12.724.633.599 | 618.667.479 | 0 | 140.852.952 | 11.965.113.168 | 14.074.974.380 | 716.436.886 | 0 | 211.309.045 | 0 | 13.147.228.449 | 1.182.115.281 |
| 26 | 13.396.664.203 | 618.667.479 | 0 | 140.852.952 | 12.637.143.772 | 14.745.730.630 | 716.436.886 | 0 | 211.309.045 | 0 | 13.817.984.699 | 1.180.840.926 |
| 27 | 14.017.004.858 | 618.667.479 | 0 | 140.852.952 | 13.257.484.427 | 15.297.072.578 | 716.436.886 | 0 | 211.309.045 | 0 | 14.369.326.647 | 1.111.842.220 |
| 28 | 14.255.598.482 | 618.667.479 | 0 | 140.852.952 | 13.496.078.051 | 15.775.391.783 | 716.436.886 | 0 | 211.309.045 | 0 | 14.847.645.852 | 1.351.567.801 |
| 29 | 13.444.261.181 | 618.667.479 | 0 | 140.852.952 | 12.684.740.750 | 15.326.725.591 | 716.436.886 | 0 | 211.309.045 | 0 | 14.398.979.660 | 1.714.238.911 |
| 30 | 14.134.153.255 | 618.667.479 | 0 | 140.852.952 | 13.374.632.824 | 15.279.875.385 | 716.436.886 | 0 | 211.309.045 | 0 | 14.352.129.454 | 977.496.629 |

Nota: Precios referidos a Julio de 2011

Fuente: Elaboración propia

4.7.2. Generación de Empleo Agrícola

La utilización de mano de obra agrícola se desprende de las fichas técnico-económicas de cada cultivo, tanto para la Situación Actual como para la Futura con Proyecto.

El empleo permanente se calcula en base al promedio de jornadas de los seis meses con menos uso de mano de obra en el área de estudio dividido por 24 jornadas mensuales.

Las jornadas temporales anuales son el resultado de la sustracción entre las jornadas totales y jornadas permanentes anuales.

Un aspecto importante a destacar es la generación de mano de obra agrícola en un escenario con proyecto versus la situación actual. En el Cuadro 4.7.2-1 es posible observar el balance de la generación de empleo agrícola permanente y temporal entre la Situación Actual y la Situación Con Proyecto, en el cual destaca el crecimiento de 6,78% del empleo permanente femenino mensual, respectivamente. A esto se suma el aumento de las jornadas temporales anuales femeninas en un 1,77%.

**CUADRO 4.7.2-1
GENERACIÓN DE EMPLEO AGRÍCOLA TOTAL ÁREA**

| Tipo Jornada | SA | SF | Variación | | |
|--------------------------------------|---------|---------|-----------|---------|---------|
| | | | Nº | % Total | % Anual |
| Jornadas Anuales Totales | | | | | |
| Masculinas | 213.978 | 201.600 | -12.377 | -5,8% | -0,50% |
| Femeninas | 55.802 | 90.006 | 34.204 | 61,3% | 4,06% |
| Jornadas Anuales Permanentes | | | | | |
| Masculinas | 134.437 | 131.889 | -2.547 | -1,9% | -0,16% |
| Femeninas | 21.778 | 47.990 | 26.212 | 120,4% | 6,81% |
| Empleos Mensuales Permanentes | | | | | |
| Masculinos | 467 | 458 | -9 | -1,9% | -0,16% |
| Femeninas | 76 | 167 | 91 | 119,7% | 6,78% |
| Jornadas Anuales Temporales | | | | | |
| Masculinas | 79.541 | 69.711 | -9.830 | -12,4% | -1,09% |
| Femeninas | 34.023 | 42.016 | 7.992 | 23,5% | 1,77% |

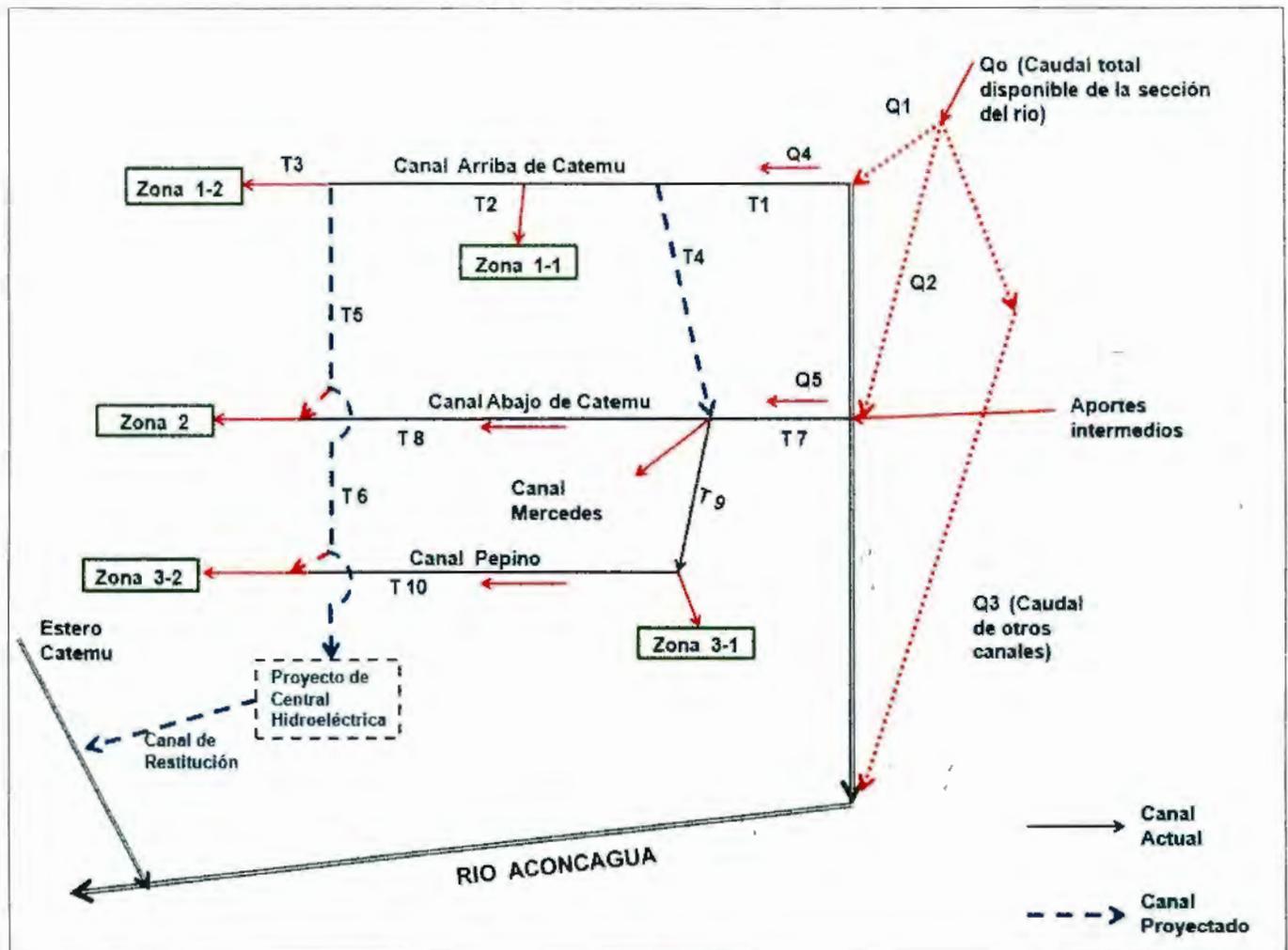
Fuente: Elaboración propia

5. MODELO DE SIMULACIÓN SIMPLIFICADO DEL SISTEMA DE RIEGO CANALES CATEMU

5.1. GENERALIDADES

El objetivo general del modelo fue representar los balances de agua en cada uno de las zonas agrícolas del sistema de riego de Catemu y evaluar el impacto del proyecto de mejoramiento planteado, en indicadores globales como la seguridad de riego y el promedio de las pérdidas de agua por conducción. Se plantea un modelo de simulación a escala mensual, desarrollado en planillas digitales, que permite el cálculo de la distribución de los caudales captados en las zonas de riego y los correspondientes balances hídricos de oferta y demanda de agua. En la Figura 5-1 se ilustra el esquema del modelo desarrollado.

FIGURA 5-1
ESQUEMA DEL MODELO DE SIMULACIÓN DESARROLLADO



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5-1 se aprecia la red de canales actual, con trazo continuo, que considera la captación a través de las dos bocatomas. La primera bocatoma es la del canal Arriba de Catemu, que tiene los tramos 1, 2 y 3, para abastecer las zonas 1-1 y 1-2. La segunda bocatoma corresponde al canal Abajo de Catemu el cual tiene un primer tramo común (tramo 7) después del cual se divide en los siguientes tres: el tramo 8 que abastece la zona 2, el tramo 9 que abastece al canal Pepino y la entrega al canal Mercedes (excluido).

El canal Pepino a su vez se divide en la zona 3-1 (abastecido por el tramo 9) y la zona 3-2, (abastecido por el tramo 10). La zona 3-2 tiene la posibilidad de ser abastecido, en el escenario con proyecto, con aguas generadas por la minicentral.

En el escenario con proyecto, se considera que parte de los recursos hídricos de los canales Abajo de Catemu y Pepino sean distribuidos a las zonas de riego por el canal ampliado del modo siguiente:

En primer lugar, se conduce un caudal máximo por derechos de 12,92 m³/s por el tramo 1. Luego de la entrega a la zona 1-1 el agua continúa por el tramo 2. Luego el tramo 2 se divide en los tres tramos siguientes: el tramo 3 que abastece la zona 1-2; el tramo 5 que son las aguas que se generan y una parte de éstas abastecen la zona 3-2; y el tramo 6 que abastece la zona 2.

5.2. INFORMACIÓN UTILIZADA

El modelo desarrollado utiliza la siguiente información:

- **Serie de Caudales Medios Mensuales:** El modelo utiliza como fuente de recursos superficiales, la serie de caudales medios mensuales del río Aconcagua en el sector de las bocatomas de los canales Arriba de Catemu y Abajo de Catemu. Esta serie hidrológica, de 56 años de extensión, fue determinada en el estudio hidrológico de este mismo proyecto
- **Derechos de Aprovechamiento de Aguas y Distribución de Recursos:** Se ha contemplado que cada canal puede extraer una fracción alícuota del agua disponible en la segunda sección del río Aconcagua en función de los derechos de aprovechamiento de aguas que poseen. El caudal alícuota máximo permitido a extraer corresponde a los derechos inscritos.
- **Capacidades y eficiencias de conducción de cada tramo:** Fueron determinados a través del cálculo de capacidad en cada tramo y la estimación de las pérdidas por conducción a través de Moritz.
- **Demandas de Agua de Riego:** En el modelo de simulación, las demandas de agua de riego se representan mediante las correspondientes tasas de riego ponderadas con respecto a la superficie de cada cultivo, expresadas en m³/ha/mes. Estas tasas de riego, al ser multiplicadas por las superficies de cada zona, dan como resultado los volúmenes de agua demandados en cada mes.
- **Aporte Intermedio entre Bocatomas:** De acuerdo con lo indicado en el estudio hidrológico, se evaluó el aporte intermedio promedio que se produce entre las dos bocatomas actuales, por concepto de afloramientos y derrames, el cual se fijó en el valor constante conservador de 0,50 m³/s.
- **Coefficientes de Distribución de Caudal:** A partir de los datos anteriores, se diseñaron una serie de coeficientes de distribución de caudal para efectuar los balances de entradas y salidas de caudal en cada punto, los que se ven limitados por los derechos de aprovechamiento de aguas y capacidades de los canales existentes, tanto en los escenarios sin y con proyecto.

5.3. RESULTADOS OBTENIDOS Y ANÁLISIS

El modelo se procesó para los escenarios actual, actual optimizado y con proyecto, obteniéndose los resultados que se han resumido en los Cuadro 5.3-1.

De los resultados obtenidos se puede comentar lo siguiente:

En el escenario actual la seguridad de riego de la mayoría de las zonas es menor al 85%, solo destacando sobre ese valor las zonas 1-1 y 2. Esto indica que, en general, existen problemas relevantes de suministro de agua de riego para el sistema que se ha considerado en el análisis, especialmente en el canal Pepino o Huidobro.

En el escenario futuro sin proyecto, se observa un leve aumento en la seguridad de riego en las zonas correspondientes a los canales Arriba y Abajo de Catemu, debido a que en este caso las tasas de riego son un poco menores, en relación al escenario actual, y la ampliación de la capacidad del canal Arriba al eliminar algunos puntos de saturación. No obstante, en la zona 3 no se registra un aumento de la seguridad de riego, lo que constituye una justificación importante para la realización del proyecto.

En el escenario con proyecto, la seguridad de riego de todas las zonas de riego se aumenta, alcanzando el 100% en las zonas 1-1 y 2, lo que de todas formas no representa un cambio significativo con respecto a la situación actual. El cambio más drástico se ve reflejado en la zona 3, el que de todas formas no alcanza para satisfacer de manera óptima las demandas de los cultivos. Estos valores se producen por el aumento en la eficiencia de conducción del canal Arriba de Catemu, tramos 1 y 2 con revestimiento y por la conducción en tuberías o conductos de descarga que prácticamente no tienen pérdidas de conducción, como son los tramos 4, 5 y 6. No obstante, cabe destacar que el efecto del mejoramiento de la eficiencia de conducción se acota a los primeros 16 km.

CUADRO 5.3-1
SEGURIDADES DE RIEGO OBTENIDAS

| Zona | Sup. Riego (ha) | Seguridad de Riego Escenarios (%) | | |
|------|-----------------|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| | | Actual | Futuro Sin Proyecto | Futuro Con Proyecto |
| 1-1 | 382,9 | 92,86 | 96,43 | 100 |
| 1-2 | 934,6 | 57,14 | 60,71 | 89,29 |
| 2 | 1.090,4 | 94,64 | 96,43 | 100 |
| 3-1 | 785,4 | 55,36 | 55,36 | 83,93 |
| 3-2 | 426,9 | 48,21 | 48,21 | 60,71 |

Fuente: Elaboración propia

6. PREDISEÑO DE OBRAS

6.1. GENERALIDADES

En función de lo presentado en el Capítulo 3 se procedió a desarrollar a nivel de prefactibilidad la alternativa 4 seleccionada utilizando todos los antecedentes recopilados y/o desarrollados.

El prediseño básicamente es una obra de captación en el río y un canal de conducción de 16 km con una capacidad de 13,0 m³/s que cumple la función de transportar el agua para riego y además al final de estos 16 km aprovechar la caída y generar electricidad con los excedentes en verano y con la totalidad del caudal fuera de la temporada de riego. Se han pensado todas las obras de arte a reponer producto del aumento de capacidad en estos 16 km como además del prediseño de la minicentral y su canal de descarga al estero Catemu. Además se considero el prediseño de abovedamiento de 1,7 km del canal Abajo de Catemu y 1,6 km del canal Arriba de Catemu. En este contexto, se desarrollaron las memorias de cálculo para el adecuado dimensionamiento que permitió la cubicación, presupuesto y confección de los planos del proyecto. Adicionalmente a esto se analizó los costos de expropiaciones de los terrenos a utilizar con las obras y el análisis preliminar de los costos ambientales. Además se consideraron las necesidades e inquietudes de los regantes señaladas en la primera reunión de participación ciudadana. Finalmente se desarrolló una evaluación económica considerando los costos de las obras, el beneficio agrícola producto de la seguridad dada por las nuevas obras y los beneficios de la generación hidroeléctrica.

6.2. SELECCIÓN DEL CAUDAL DE DISEÑO

6.2.1. Introducción

En primer lugar se realizó una evaluación económica para definir el caudal óptimo de diseño, la que incluye las obras de riego y de generación hidroeléctrica, pero solo los beneficios y costos variables atribuibles a la generación hidroeléctrica, ya que son los que aportan para definir la mejor alternativa. En cuanto a los costos, las obras que tienen costos variables significativos para los distintos caudales de diseño y que son significativas para definir el caudal óptimo, son el Túnel 1, Túnel 2, Canal Unificado y la Mini Central Hidroeléctrica (incluyendo el costo del canal de restitución)

6.2.2. Cubicación y Costo de Obras de Riego Para Distintos Caudales

En el Cuadro 6.2.2-1 se presenta el resumen de costos variables de canal para distintos caudales en bocatoma y en el Cuadro 6.2.2-2 se presentan los costos variables de la minicentral.

**CUADRO 6.2.2-1
RESUMEN COSTOS VARIABLES DE OBRAS DE RIEGO
PARA DISTINTOS CAUDALES (MILLONES \$)**

| DETALLE | CAUDAL (m ³ /s) | | | |
|--|----------------------------|--------------|--------------|--------------|
| | 7,0 | 9,0 | 11,0 | 13,0 |
| 1 Ampliación Túnel 1 | 80 | 109 | 138 | 179 |
| 2 Ampliación Túnel 2 | 93 | 129 | 164 | 214 |
| 3 Revestimiento y Acueducto Canal Unificado y Arriba de Catemu | 5.031 | 6.561 | 8.031 | 8.613 |
| TOTAL COSTOS DIRECTOS | 5.204 | 6.798 | 8.333 | 9.005 |

Fuente: Elaboración propia

**CUADRO 6.2.1-2
RESUMEN COSTOS MCH
PARA DISTINTOS CAUDALES**

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | CAUDAL (m ³ /s) | | | |
|------|---|----------------------------|--------------|--------------|--------------|
| | | 7,0 | 9,0 | 11,0 | 13,0 |
| | | 4,1 | 5,2 | 6,4 | 8,0 |
| | | POTENCIA (MW) | | | |
| | | COSTO (MILLONES \$) | | | |
| 1 | Instalación de Faenas | 99 | 99 | 99 | 99 |
| 2 | Caminos de Acceso | 79 | 79 | 79 | 79 |
| 3 | Canal de Aducción y Desarenador | 108 | 125 | 140 | 155 |
| 4 | Cámara de Carga y Vertedero Lateral | 70 | 81 | 92 | 105 |
| 5 | Chutes Rechazo de Carga y de Disipación | 117 | 141 | 166 | 191 |
| 6 | Tuberías | 195 | 209 | 230 | 254 |
| 7 | Casa de Máquinas y Fundación Equipos | 391 | 396 | 460 | 460 |
| 8 | Estanque de Estabilización y Foso Disipador | 48 | 58 | 66 | 79 |
| 9 | Equipos Electromecánicos y de Bombeo | 1.579 | 1.974 | 2.297 | 2.868 |
| 10 | Línea Eléctrica y Patio Transformación | 146 | 146 | 166 | 166 |
| | TOTAL COSTOS DIRECTOS | 2.831 | 3.308 | 3.796 | 4.456 |

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 6.2.2-3 se ha resumido los resultados de la simulación de la generación hidroeléctrica en la MCH, en la cual la operación de la central queda supeditada a las entregas de agua para riego. Cabe señalar que se trabajaron con estadísticas de generación con valores medios mensuales, y que para determinar la potencia y energía generada, primeramente se evaluó la eficiencia de las turbinas para el caudal disponible de generación.

**CUADRO 6.2.2-3
RESUMEN RESULTADOS GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA
PARA LAS ALTERNATIVAS DE CAUDAL**

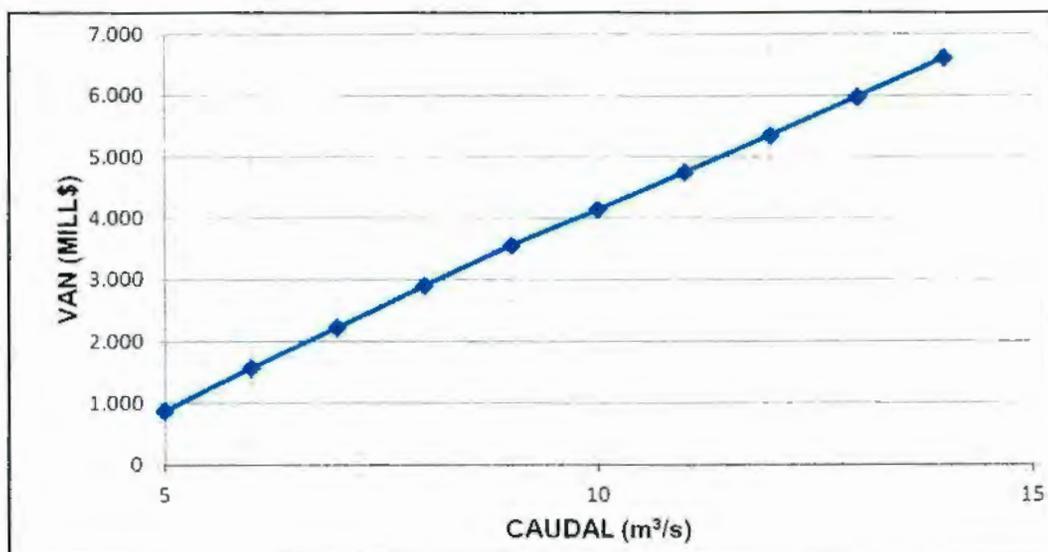
| Caudal de Diseño (m ³ /s) | H neta (m) | P tot (MW) | Energía Generada (MWh) | Factor de Planta (%) |
|--------------------------------------|------------|------------|------------------------|----------------------|
| 7,0 | 65,0 | 4,01 | 10.185 | 28,9 |
| 9,0 | 65,0 | 5,20 | 15.244 | 33,3 |
| 11,0 | 65,0 | 5,80 | 13.505 | 30,1 |
| 13,0 | 65,0 | 6,99 | 17.925 | 29,3 |

Fuente: Elaboración propia

6.2.3. Evaluación Económica Preliminar

En este acápite se presentan los resultados de la evaluación económica realizada con el método del presupuesto para determinar el caudal de diseño óptimo del Canal Unificado y de la MCH. En la Figura 6.2.3-1 se presenta la variación del VAN a precios privados de los costos variables del proyecto, tanto para las obras de riego como de generación hidroeléctrica.

**FIGURA 6.2.3-1
VAN DE COSTOS VARIABLES V/S CAUDAL DE DISEÑO**



Fuente: Elaboración propia

Al analizar la figura anterior, se concluye que desde el punto de vista económico, el caudal óptimo de diseño, tanto para las obras de riego como para la MCH se selecciona el caudal de 13 m³/s para el prediseño del Canal Unificado desde el Km 0 hasta el Km 16,05, y para el caudal de diseño de las obras que comprende la MCH, incluyendo el diseño del canal de restitución.

6.3. SELECCIÓN DE MATERIALES

6.3.1. Introducción

La selección de los materiales a utilizar se realiza desde el punto de vista técnico y presupuestario, por lo que se realizó un análisis para los sectores antes mencionados, donde el costo de las obras de revestimiento en hormigón y albañilería del Canal Unificado se determinaron solamente para un caudal de 13 m³/s, esto se debe a que no tiene sentido hacer el análisis para otros caudales. Para determinar el presupuesto de cada alternativa de material se realizan los diseños de los tramos estudiados, considerando las bases de diseño del estudio, los niveles de aguas se determinaron calculando la altura normal a través de la fórmula de Manning, Además se utilizaron los precios unitarios presentados en el Capítulo de presupuesto.

6.3.2. Canal Unificado entre Km 0,00 y 13,70

Los resultados indican que la mampostería de piedra resulta una opción más económica, pero **se selecciona el revestimiento con hormigón armado** no estructural, debido a que a los muros de mampostería de piedra para secciones similares de hormigón son vulnerables a fisuras en la parte baja ante eventuales acciones sísmicas, el hormigón armado ofrece mejor rugosidad aumentando el caudal portado para una misma sección, además de tener métodos constructivos bastante más rápidos.

6.3.3. Canal Unificado entre Km 13,70 y 16,05, y Canal Arriba de Catemu entre Km 16,05 y 17,8

Para el caso de conducción abovedada la solución de cajón de hormigón armado resulta levemente mayor a la conducción en tubería SPIROPECC, ambas alternativas tienen un costo muy similar, pero según la experiencia de este consultor las ventajas constructivas del hormigón armado son mayores comparado a instalar un tubo de gran diámetro en ladera que no es estructural, pensando que en este tramo los bordes son inestables, esto implicaría construir costosos machones de anclaje y cámaras de inspección de gran tamaño, lo que redundaría en un mayor costo.

De acuerdo a lo anterior, para esta consultoría se selecciona la alternativa de abovedamiento con sección rectangular de hormigón armado.

6.4. DESCRIPCIÓN DE OBRAS PROYECTADAS

6.4.1. Bocatoma Canal Unificado

En el contexto del aumento de la capacidad del canal se consulta el mejoramiento y el acondicionamiento de la captación y bocatoma para recibir los 13 m³/s que serán portados por el nuevo Canal Unificado, para lo cual se mejoraron las siguientes obras:

- **Manga de aducción:** Se consulta el refuerzo y peralte de la manga de aducción, esto tiene la finalidad de dar seguridad a la bocatoma y además aumentar la capacidad de captación del canal matriz, llegando a los 13 m³/s que por derecho deberán sacar.
- **Desripiador y compuertas de descarga:** Se considera pertinente construir un desripiador que pueda atrapar el sedimento grueso de fondo que pueda entrar por la aducción, para ello

se considera un canal de fuerte pendiente y unas compuertas de descarga al río que tengan la capacidad necesaria para descargar como máximo los 13 m³/s.

- **Compuertas de admisión y aforador:** Adicionalmente se consulta la reposición de las compuertas de admisión acorde a la nueva capacidad del canal, además se dotara al canal de un aforador de barrera triangular aguas abajo de dichas compuertas.
- **Vertedero de emergencia:** Se consulta en caso de emergencia que la manga de aducción mejorada funciones como un vertedero lateral de 100 m de largo justo antes del desripiador, esta obra tiene como objetivo amortiguar posibles crecidas de deshielo al inicio de la temporada de riego.

6.4.2. Ampliación y Mejoramiento del Canal Unificado y del Canal Arriba de Catemu

Con la finalidad de portear los 13 m³/s por el Canal Unificado se consulta ampliar el Canal Arriba de Catemu para aumentar su capacidad en sus primeros 16,05 km, desde la bocatoma hasta la descarga a la MCH, ubicada en la salida del Túnel 2. Desde el Km 16,175 hacia aguas abajo seguirá correspondiendo al Canal Arriba de Catemu, canal que se diseña para un caudal de porteo de 2,1 m³/s.

En cuanto a los mejoramientos a realizar, se contempla para el Canal Unificado:

- El revestimiento desde el Km 0,00 hasta el Km 13,70. Se considero una geometría trapecial, el revestimiento de la sección se consulta en hormigón simple.
- El abovedamiento desde el Km 13,70 hasta el Km 16,05. Dicho abovedamiento se realizará con una estructura rectangular doble cajón de H.A. recomendada en el Manual de Carreteras VOL.4
- Aumento de capacidad de los túneles N°1 y N°2 para portear 13 m³/s, dicho aumento de capacidad se realizó aumentando la sección del túnel, se considero el fortificando la nueva bóveda.

En cuanto a los mejoramientos a realizar, se contempla para el Canal Arriba de Catemu el abovedamiento desde el Km 16,175 hasta el Km 17,7. Dicho abovedamiento se realizará con una estructura rectangular sección simple de H.A. recomendada en el Manual de Carreteras VOL.4.

6.4.3. Mejoramiento del Canal Abajo de Catemu

Se contempla el abovedamiento del Canal Abajo de Catemu, desde el Km 16,1 hasta el Km 17,8, para un caudal de porteo de 2,5 m³/s. Dicho abovedamiento se realizará con una estructura rectangular sección simple de H.A recomendada en el Manual de Carreteras VOL.4

6.4.4. Descargas de Agua Lluvia

Se considera realizar una obra de descarga al canal en los sectores donde cruzan quebradas de relevancia, se considera como criterio práctico tipificar la obra en función del caudal descargado. En el Cuadro 6.4.4-1 se muestra la ubicación de dichas descargas:

**CUADRO 6.4.4-1
UBICACIÓN DE DESCARGAS AL CANAL
T = 20 AÑOS**

| Codificación | UTM Este (m) | UTM Norte (m) | Kilometraje (m) | CAUDAL (m ³ /s) | TIPO DE OBRA |
|--------------|--------------|---------------|-----------------|----------------------------|--------------|
| Q_1 | 318.119 | 6.372.458 | 14,815 | 0,59 | 3 |
| Q_2 | 318.624 | 6.372.551 | 14,260 | 1,26 | 1 |
| Q_3 | 318.768 | 6.372.569 | 14,110 | 0,64 | 3 |
| Q_4 | 319.220 | 6.372.513 | 13,550 | 1,62 | 1 |
| Q_5 | 319.563 | 6.372.324 | 13,200 | 5,16 | 2 |
| Q_6 | 319.598 | 6.372.234 | 13,100 | 1,3 | 2 |
| Q_7 | 319.646 | 6.372.110 | 13,000 | 0,71 | 3 |
| Q_8 | 319.602 | 6.371.971 | 12,860 | 0,44 | 3 |
| Q_9 | 320.026 | 6.371.690 | 12,680 | 0,16 | 3 |
| Q_10 | 320.444 | 6.371.544 | 11,040 | 1,61 | 1 |
| Q_11 | 321.052 | 6.371.819 | 9,570 | 0,33 | 3 |
| Q_12 | 326.740 | 6.373.545 | 1,45 | 0,2 | 3 |
| Q_13 | 326.740 | 6.373.545 | 1,255 | 0,2 | 3 |

Fuente: Elaboración propia

Además producto de la descarga de estas quebradas se producen incorporaciones de caudal en el canal los que en periodos de crecidas deben ser evacuados al río, según las especificaciones de la Dirección de Obras Hidráulicas dichas descargas deben ser cada 5 km como máximo, para lo cual y según el caudal que ingresa al canal se considera descargar en los siguientes puntos:

- **Descarga N°1, aguas arriba túnel N°1 (Km 5,51):** Se diseña para un caudal de 6 m³/s. Dicha descarga se proyecta además como elemento de seguridad en el caso que el túnel se obstruya.
- **Descarga existente, sector Reinoso (Km 8,97):** Se amplía para un caudal de diseño de 9,4 m³/s.

Desde el Km 9,0 hasta el Km 15,7 se considera descargar los aportes de agua lluvia directamente al canal, como verificación se calcularon los aportes al canal entre los kilometrajes antes mencionados encontrando que los caudales para T=20 años sumados para las once quebradas en el sector totalizan 13 m³/s que correspondería a la capacidad del nuevo Canal Unificado, por lo que se requiere que en caso de fuertes lluvias se cierre la bocatoma.

Estas aguas lluvias se evacuarán por el rápido de descarga de la mini central aguas, ubicada en el Km 16,1, abajo del túnel N°2.

6.4.5. Entregas a Riego en Nuevo Canal

Se consulta reponer las entregas a riego existentes el tramo del nuevo canal revestido, para ello se considera una obra de entrega lateral al canal con una compuerta que conecta a un canal rectangular con un aforador de barrera triangular. En el Cuadro 6.4.5-1 se muestra la ubicación de dichas obras.

CUADRO 6.4.5-1
UBICACIÓN DE ENTREGAS PREDIALES A RIEGO

| NºOBRA | Kilometraje |
|--------|-------------|
| 1 | 1,45 |
| 2 | 7,23 |
| 3 | 7,4 |
| 4 | 8,9 |
| 5 | 12,8 |
| 6 | 13,35 |

Fuente: Elaboración propia

6.4.6. Otras Obras en el Canal

Se considera además reponer los puentes y pasarelas que en su minuto queden inutilizados con el mejoramiento de los canales. En el Cuadro 6.4.6-1 se muestra la ubicación de dichas en donde se utilizó un diseño recomendado por el Manual de Carreteras del MOP Vol.4

CUADRO 6.4.6-1
UBICACIÓN DE PUENTES PREDIALES

| NºOBRA | Kilometraje |
|--------|-------------|
| 1 | 0,52 |
| 2 | 1,26 |
| 3 | 1,68 |
| 4 | 3,62 |
| 5 | 4,27 |
| 6 | 7,22 |
| 7 | 8,02 |
| 8 | 12,93 |
| 9 | 13,28 |

Fuente: Elaboración propia

6.4.7. Obra de Entrega desde Canal Unificado a Canales Abajo Catemu y Pepino

Se considera en el Km 5,7 la entrega desde el Canal Unificado hacia los canales Abajo de Catemu y Pepino con una capacidad de 7,5 m³/s para descargar parte de los derechos, para lo cual se proyecta una obra civil que se compone de una entrega una descarga tipo rápido abierto, un canal conductor y la entrega a los canales Abajo de Catemu y Pepino.

6.4.8. Ampliación y Mejoramiento de Túneles N°1 y N°2

Se contempla la ampliación y mejoramiento de los dos túneles 1 y 2 (existentes), dicho mejoramiento está condicionado a las características geológicas de la roca que da sostenimiento a los túneles, dada la falta de información geológica del trazado de los túneles se considera el refuerzo completo de este con reticulados de acero cada 5 m con malla y shotcrete, se debe dejar en claro que esta solución deberá ser estudiada con más detenimiento en las posteriores etapas de factibilidad y diseño del proyecto realizando las

prospecciones adecuadas y los estudios geológicos para caracterizar la roca en todo el trazado de ambos tuneles. La ampliación para ambos túneles será tal que puedan portear un caudal de 13 m³/s.

6.5. RESUMEN DEL DISEÑO DE OBRAS

6.5.1. Dimensionamiento Canal Matriz Unificado y Canal del Alto

Se presenta en el Cuadro 7.5.1-1 el dimensionamiento de la sección del canal producto del cálculo hidráulico.

CUADRO 6.5.1-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL MATRIZ UNIFICADO Y ALTO CATEMU

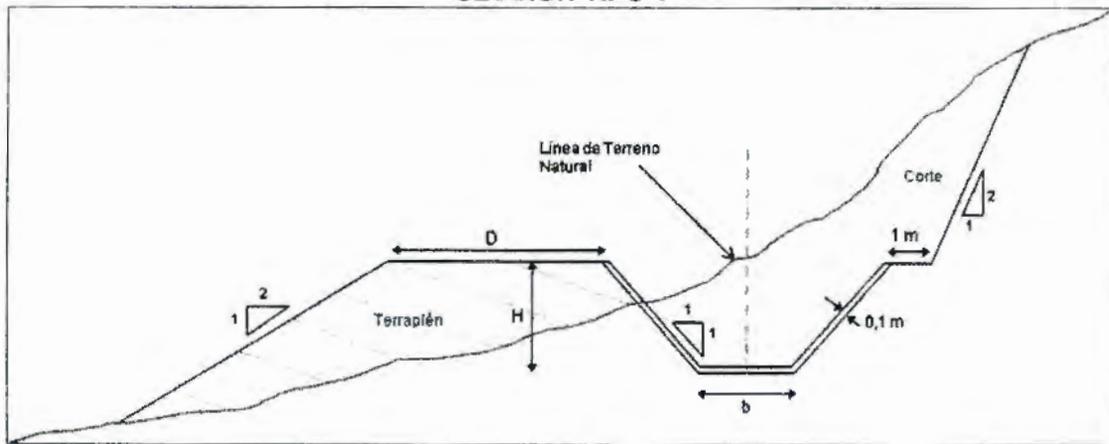
| Km i (m) | Km f (m) | Cota i (msnm) | Cota f (msnm) | i | k | e (m) | B (m) | H (m) | D (m) | TIPO SECCIÓN |
|-------------|-------------|------------------|------------------|-----------|---|----------|----------|----------|----------|-----------------|
| 0 | 590 | 520,65 | 519,50 | 0,0019492 | 1 | 0,1 | 3 | 1,7 | 6,4 | 1 |
| 590 | 1.100 | 519,50 | 518,38 | 0,0021961 | 1 | 0,1 | 3 | 1,7 | 6,4 | 1 |
| 1.100 | 2.000 | 518,38 | 516,90 | 0,0016444 | 1 | 0,1 | 4 | 1,7 | 7,4 | 1 |
| 2.000 | 2.900 | 516,90 | 515,38 | 0,0016844 | 1 | 0,1 | 4 | 1,9 | 7,8 | 1 |
| 2.900 | 3.800 | 515,38 | 514,75 | 0,0007044 | 1 | 0,1 | 4 | 1,9 | 7,8 | 1 |
| 3.800 | 5.200 | 514,75 | 513,20 | 0,0011071 | 1 | 0,1 | 4 | 1,6 | 7,2 | 1 |
| 5.200 | 5.516 | 513,20 | 512,81 | 0,0012468 | 1 | 0,1 | 4 | 1,5 | 7 | 1 |
| 5.516 | 5.675 | 512,81 | 512,25 | 0,0034717 | 0 | | túnel | | | |
| 5.675 | 6.000 | 512,25 | 511,66 | 0,0018277 | 1 | 0,1 | 3 | 1,5 | 6 | 1 |
| 6.000 | 7.200 | 511,66 | 509,75 | 0,0015917 | 1 | 0,1 | 3 | 1,7 | 6,4 | 1 |
| 7.200 | 8.130 | 509,75 | 508,50 | 0,0013441 | 1 | 0,1 | 3 | 1,7 | 6,4 | 1 |
| 8.130 | 8.900 | 508,50 | 507,77 | 0,0009481 | 1 | 0,1 | 3 | 1,8 | 6,5 | 1 |
| 8.900 | 11.000 | 507,77 | 504,09 | 0,0017524 | 1 | 0,1 | 3 | 1,6 | 6,2 | 1 |
| 11.000 | 12.200 | 504,09 | 502,30 | 0,0014917 | 1 | 0,1 | 3 | 1,6 | 6,2 | 1 |
| 12.200 | 13.200 | 502,30 | 500,80 | 0,0015000 | 1 | 0,1 | 3 | 1,6 | 6,2 | 1 |
| 13.200 | 13.700 | 500,80 | 500,03 | 0,0015333 | 1 | 0,1 | 3 | 2 | 7 | 1 |
| 13.700 | 14.400 | 500,03 | 498,96 | 0,0015333 | 0 | 0,25 | 4 | 2 | | 2 |
| 14.400 | 15.800 | 498,96 | 497,57 | 0,0009929 | 0 | 0,25 | 4 | 2 | | 2 |
| 15.800 | 16.000 | 497,57 | 497,40 | 0,0008500 | 0 | | túnel | | | |
| 16.000 | 16.150 | 497,40 | 497,27 | 0,0009000 | 0 | 0,3 | 5 | 2 | | 2 |
| 16.150 | 17.068 | 497,27 | 496,44 | 0,0009009 | 0 | 0,2 | 2,5 | 2 | | 3 |
| 17.068 | 17.615 | 496,44 | 496,31 | 0,0002285 | 0 | 0,2 | 2,5 | 2 | | 3 |

Fuente: Elaboración propia

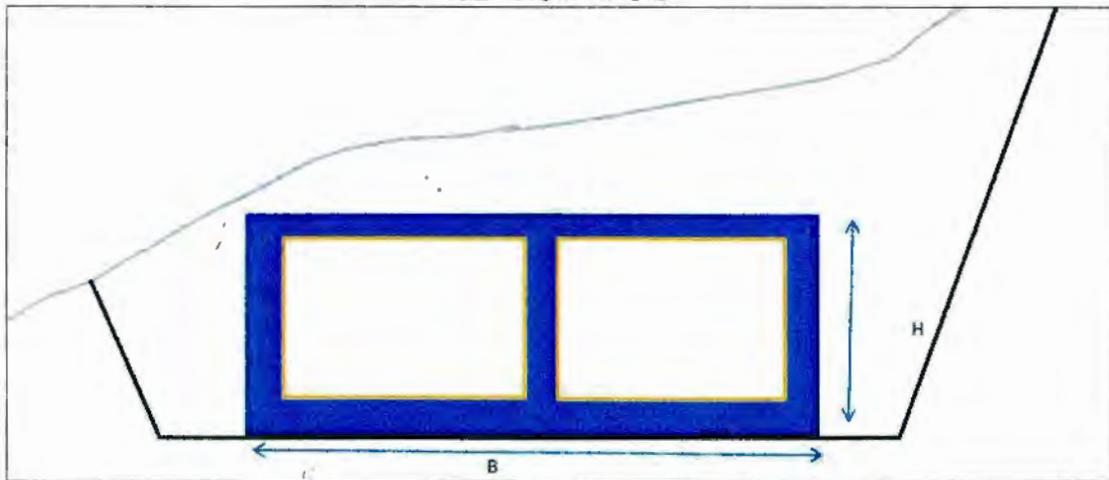
Donde la forma de las secciones 1,2 y 3 se presentan en la Figura 6.5.1-1.

FIGURA 6.5.1-1
SECCIONES PROYECTADAS

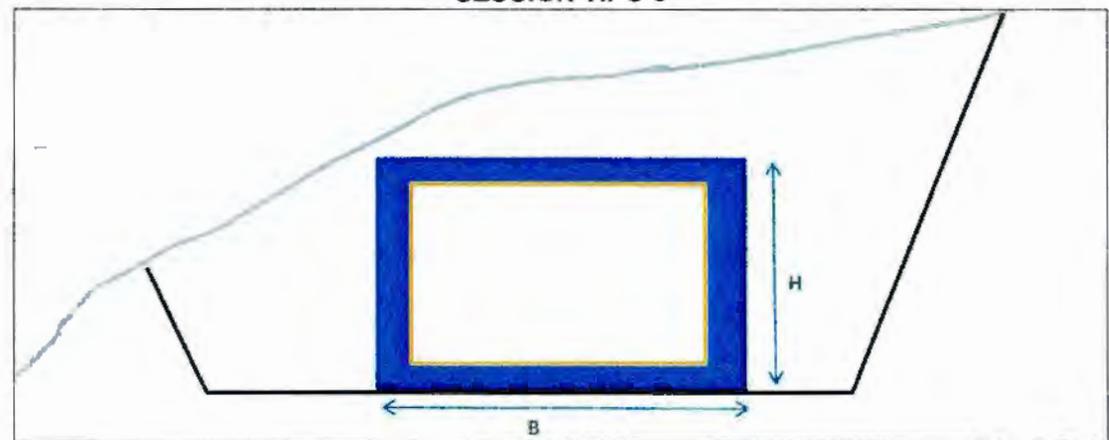
SECCION TIPO 1



SECCION TIPO 2



SECCION TIPO 3



Fuente: Elaboración propia

6.5.2. Dimensionamiento Canal Abajo de Catemu

En el Cuadro 6.5.2-1 se presenta el resultado del dimensionamiento de la sección del canal producto del cálculo hidráulico. Para el diseño se consideró sólo la sección tipo 3.

**CUADRO 6.5.2-1
DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL ABAJO DE CATEMU**

| Km i (m) | Km f (m) | Cota i (msnm) | Cota f (msnm) | i | k | e (m) | B (m) | H (m) |
|-------------|-------------|------------------|------------------|------------|---|----------|----------|----------|
| 0 | 578 | 468,170 | 467,639 | 0,00091841 | 0 | 0,25 | 2 | 1,5 |
| 578 | 1.000 | 467,639 | 467,299 | 0,00080446 | 0 | 0,25 | 2 | 1,5 |
| 1.000 | 1.515 | 467,299 | 466,857 | 0,00085961 | 0 | 0,25 | 2 | 1,5 |
| 1.515 | 1.711 | 466,857 | 466,658 | 0,00101465 | 0 | 0,25 | 2 | 1,5 |

Fuente: Elaboración propia

6.5.3. Dimensionamiento Compuerta de Admisión y Descarga

La obra de admisión en si se compone de un destripador, compuerta de descarga compuerta de admisión. El destripador es una obra que tiene la misión de retener y evacuar a través de las compuertas de descarga el sedimento grueso que pueda entrar hacia el canal esta obra tiene un largo de 13 m y un ancho de 6 m. Además se cuenta con una compuerta de admisión que tiene 3 compuertas de 1,20 m de ancho y 1,20 m de alto, dispuestas en un umbral de 1,0 m sobre el lecho del canalón de entrada. A la salida de las compuertas se proyecta un rápido de ingreso de sección rectangular de 5 m de ancho y pendiente de 5% que lleva el agua hasta una sección rectangular de 5 m de ancho y pendiente de 0,0016. En este tramo se ha dispuesto la instalación de una obra de aforo con barrera triangular en el río y finalmente una transición recta con ajuste de anchos basales para empalmar a la sección del canal Matriz.

6.5.4. Dimensionamiento de las Descargas al Río Km 5,51

La obra corresponde a una descarga lateral con un fondo más bajo que el canal controlada por una caja de compuertas, para luego conectar con un rápido de descarga con una piscina disipadora, en este caso la caída por el cerro tiene doble pendiente por lo que se consideraron dos rápidos de descarga, el ultimo desemboca en un canal de descarga que llega al río Aconcagua. En el Cuadro 6.5.4-1 se destacan las dimensiones principales.

**CUADRO 6.5.4-1
DIMENSIONES PRINCIPALES OBRA DE DESCARGA Km 5,51**

| PARTE 1 | | PARTE 2 | |
|------------------------------|---------------|------------------------------|-------------|
| Características de la Obra | Dimensiones | Características de la Obra | Dimensiones |
| Caudal de Evacuación | 6 m³/s | Ancho del Rápido N°2 | 3 m |
| Nº Compuertas | 2 | Altura del Rápido N°2 | 1 m |
| Sección de compuertas | 0,9 m x 0,9 m | Largo del Rápido N°2 | 25 m |
| Ancho del Rápido N°1 | 3 m | Largo Piscina Disipadora N°2 | 10 m |
| Altura del Rápido N°1 | 1 m | Altura de la grada | 0,7 m |
| Largo del Rápido N°1 | 20 m | Ancho del canal evacuador | 3 m |
| Largo Piscina Disipadora N°1 | 10 m | Alto del canal evacuador | 1 m |
| Altura de la grada | 0,5 m | Talud k = H/V | 0,5 |

Fuente: Elaboración propia

6.5.5. Dimensionamiento de la Descarga al Río Km 8,75 - Reinoso

La obra corresponde a una descarga lateral con un fondo más bajo que el canal controlado por una caja de compuertas, para luego conectar con un rápido de descarga con una piscina disipadora desembocando en un canal de descarga que llega al río Aconcagua. En el Cuadro 6.5.5-1 se destacan las dimensiones principales.

CUADRO 6.5.5-1
DIMENSIONES PRINCIPALES OBRA DE DESCARGA Km 8,75

| Características de la Obra | Dimensiones |
|----------------------------|-----------------------|
| Caudal de Evacuación | 9,4 m ³ /s |
| Nº Compuertas | 2 |
| Sección de compuertas | 1,2 m x 1,0 m |
| Ancho del Rápido | 3 m |
| Altura del Rápido | 1,3 m |
| Largo del Rápido | 175 m |
| Largo Piscina Disipadora | 10 m |
| Altura de la grada | 0,2 m |
| Ancho del canal evacuador | 4 m |
| Alto del canal evacuador | 1,6 m |
| Talud k = H/V | 0,5 |

Fuente: Elaboración propia

6.5.6. Dimensionamiento de la Entrega a Canales Abajo Catemu y Pepino Km 5,75

La obra corresponde a una descarga lateral con un fondo más bajo que el canal controlada por una caja de compuertas, para luego conectar con un rápido de descarga con una piscina disipadora desembocando en un canal de entrega que llega hasta la bocatoma de los canales Abajo Catemu y Pepino. En el Cuadro 6.5.6-1 se destacan las dimensiones principales.

CUADRO 6.5.6-1
DIMENSIONES PRINCIPALES OBRA DE DESCARGA Km 5,75

| Características de la Obra | Dimensiones |
|----------------------------|-----------------------|
| Caudal de Evacuación | 7,5 m ³ /s |
| Nº Compuertas | 2 |
| Sección de compuertas | 1,2 m x 0,8 m |
| Ancho del Rápido | 3 m |
| Altura del Rápido | 1,0 m |
| Largo del Rápido | 40 m |
| Largo Piscina Disipadora | 10 m |
| Altura de la grada | 0,75 m |
| Ancho del canal de entrega | 2,5 m |
| Alto del canal de entrega | 1,2 m |
| Talud k = H/V | 0,5 |

Fuente: Elaboración propia

6.5.7. Dimensionamiento de las Entregas a Riego

Se ha concebido una obra de entrega simple y económica, que básicamente no modifica la sección del canal. Esta consiste en una compuerta lateral, canal de sección rectangular de hormigón y obra de aforo, consistente en una barrera triangular, con regla. El cálculo hidráulico consiste básicamente en dimensionar la compuerta y canal de salida por una parte, y por otra, en dimensionar la barrera de aforo. La barrera de aforo debe cumplir con la condición típica de aguas abajo, es decir que el resalto al pie se encuentra rechazado, y por otra, que ahogue el resalto que se produce aguas abajo de la compuerta de acceso. En el Cuadro 6.5.7-1 se destacan las dimensiones principales. Se optó por hacer una entrega tipificada tipo.

CUADRO 6.5.7-1
DIMENSIONES PRINCIPALES OBRA DE ENTREGA PREDIAL

| Características de la Obra | Dimensiones |
|----------------------------|-----------------------|
| Caudal Máximo a Riego | 0,2 m ³ /s |
| Nº Compuertas | 1 |
| Sección de compuertas | 0,5 m x 0,5 m |
| Altura de la grada | 0,2 m |
| Ancho del canal de entrega | 0,5 m |
| Alto del canal de entrega | 0,5 m |
| Talud k = H/V | 0,5 |

Fuente: Elaboración propia

6.6. PREDISEÑO DE LA MINICENTRAL Y SUS OBRAS ANEXAS

6.6.1. Descripción de las Obras

Con el objeto de maximizar las utilidades del proyecto hidroeléctrico, se estudio de rentabilidad de cuatro opciones de potencia asociadas a cuatro posibles capacidades de canal alimentador a la central, considerando la inversión correspondiente en infraestructura de conducción, los resultados arrojaron que la opción más rentable en términos de potencia, generación de energía y rentabilidad es la que tiene la potencia mayor, es decir, la de 8,3 MW, con un canal alimentador con capacidad de 13 m³/s.

En la Figura 6.6-1 se presenta una imagen de planta de la MCH.

por encima soportada mediante dados de anclaje para luego enterrarse metros antes del canal Pepino y para llegar a cada una de las turbinas.

Desde una de las tuberías de presión se consulta una tubería de desvío hacia el Canal Abajo de Catemu de 800 mm, a través de una cámara con válvula de regulación, y otra para el Pepino, de 600 mm.

Todas las tuberías están proyectadas en diámetro, espesores y calidad de acero necesaria para soportar las presiones y minimizar las pérdidas de carga.

- **Casa de Máquinas:** La Casa de Máquinas, de estructura de hormigón armado en cuatro niveles, considera la instalación de dos turbinas Francis: Turbina A de 5,5 MW y Turbina B de 2,8 MW, con todo los equipamientos de generación, control y transformación. Se diseña con un puente grúa para el montaje y mantenimiento de los equipos electromecánicos.

Foso y Chute de Disipación: Las aguas turbinas son conducidas desde la descarga hacia un foso y chute de disipación mediante cuatro tuberías de acero enterradas, que permiten pasar por debajo del camino público. El foso y el chute de disipación tienen por finalidad aquietar las aguas a la entrada del canal de descarga.

- **Canal de Restitución:** El canal de restitución es una sección trapezoidal de hormigón armado que conecta la salida del chute de disipación y el Estero Catemu. Se proyecta con una longitud de 1,3 km.

Este canal se diseña para una capacidad máxima de 13,0 m³/s, donde retorna la integridad del flujo a su cauce sin generar mayores efectos sobre el mismo.

6.6.2. Dimensionamiento de Obras

Para maximizar la generación se determinó la potencia obtenible en un escenario con turbina única y en otro con dos unidades, ambas de tipo Francis; este análisis se hizo sobre la base de que las turbinas Francis generan a partir de aproximadamente un 20% de Q/Qnominal.

Los resultados de la generación en dichos escenarios (con una diferencia entre ambos de 6.216 MWh/año), lo que amerita se opte por un esquema de instalación escalonada. La energía anual generada con el esquema de dos turbinas escalonadas es de 28.213 MWh/año y el Factor de Planta 38,6 %.

Finalmente, e para efectos de cálculos de rentabilidad, se consideran los siguientes valores de parámetros para el proyecto de obras civiles y equipamiento electromecánico.

CUADRO 7.6.2-1
RESUMEN DE PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS MCH CATEMU
PARA EL CÁLCULO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA CON UNA POTENCIA INSTALADA TOTAL DE 8,3 MW

| Parámetro característico | Unidad | Valor |
|-----------------------------|-------------------|-------|
| Cota de canal salida | m | 498,3 |
| Cota de entrega salida | m | 421,3 |
| Diámetro de tubería turbina | mm | 1.600 |
| Longitud tuberías | m | 122 |
| Caudal nominal turbinas | m ³ /s | 12,9 |
| Altura bruta disponible | m | 77 |
| Altura neta de operación | m | 73,5 |

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la generación con una o dos turbinas arrojan que la energía generada es un 28% mayor al considerar dos unidades (2/3 y 1/3 de la capacidad), que al utilizar solo una unidad, por lo que, para efectos de diseño a nivel de prefactibilidad, la configuración a utilizar corresponde a dos turbinas Francis de 5,5 y 2,8 MW (2/3 y 1/3 de la potencia total).

7. EXPROPIACIONES

A continuación se describen en mayor detalle aquellos aspectos correspondientes a la tenencia de la tierra en las propiedades factibles de ser expropiadas ante una eventual construcción de la obra. La zona de expropiación en su totalidad está compuesta por:

- a. **Zona de Bocatoma.** Esta zona corresponde a aquella donde quedara emplazada la nueva obra de captación del canal. Se ubica dentro de la propiedad de los mismos canalistas.
- b. **Canal Unificado tramo Km. 0,000 – 15,800.** Corresponde a una franja de 20 m de ancho aproximadamente corresponde a las modificaciones proyectadas al canal.
- c. **Canal Unificado tramo Km.15,800 – 17,619.** Este sector se proyecta un ancho promedio de 10 m, este tramo corresponde al abovedamiento del canal. Dicho abovedamiento se realizará con una estructura rectangular doble cajón de H.A.
- d. **Mini central.** El proyecto contempla una mini central hidroeléctrica a ubicar en el Km 16,05 del Canal Unificado (a la salida del Túnel 2). La cual descargará las aguas desde una cámara de carga ubicada en el Canal Unificado hasta un estanque de estabilización ubicado en el plano, al costado oriente de la ruta Salesianos, en una cota 8 m menor a la cota del Canal Pepino. También contempla un canal de restitución desde la cámara de estabilización hasta el Estero Catemu Con el objeto de restituir las aguas generadas que no se utilizan para riego.

Se presenta en Cuadro 7-1 el listado de propiedades que se verán afectados por expropiaciones. Donde se incluye nombre del propietario según SII, N° de Rol, superficie a expropiar, superficie total del predio.

**CUADRO 7-1
DETALLE DE COSTOS DE EXPROPIACIONES**

| Detalle Obra | Total (ha) | Costo (\$) |
|-------------------|--------------|--------------------|
| Canal Catemu Alto | 36,36 | 219.973.164 |
| Bocatoma | 0,17 | 1.028.477 |
| Minicentral | 4,51 | 27.284.900 |
| TOTAL | 41,04 | 248.226.027 |

Fuente: Elaboración propia

8. PRECIOS UNITARIOS, CUBICACIONES Y PRESUPUESTOS

8.1. INTRODUCCIÓN

El presente capítulo tiene como objetivo presentar el presupuesto para cada una de las obras, para lo cual se incluye un análisis de precios unitarios de las distintas partidas del proyecto, y el detalle de las cubicaciones.

8.2. PRECIOS UNITARIOS

Los precios unitarios, en adelante PU, que se utilizaron para el proyecto, se prepararon a partir de información disponible de los antecedentes del estudio realizado por Electrowatt en el año 2000. Estos precios unitarios tienen como moneda base la UF del mes de Febrero de 1998, los cuales se han actualizado a la UF de 01 de Julio de 2011. Los precios que no se encontraron en la base de información disponible por Electrowatt fueron seleccionados y actualizados desde la base de datos de precios del consultor.

8.3. RESUMEN PRESUPUESTO OBRAS DE RIEGO

En este acápite se presenta en los Cuadros 8.3-1 y 8.3-2 el presupuesto a precios privados y sociales de las obras de riego del proyecto y minicentral. Este presupuesto contempla el 35% del costo directo del proyecto como gastos generales, utilidades de construcción de obras civiles e imprevistos. No se incluyen precios de IVA.

CUADRO 8.2-1
RESUMEN PRESUPUESTO OBRAS DE RIEGO (\$)

| ITEM | DESCRIPCION | PRECIOS PRIVADOS | PRECIOS SOCIALES |
|------|--|-----------------------|-----------------------|
| 1. | Ampliación Túnel 1 | 149.695.203 | 136.895.072 |
| 2. | Ampliación Túnel 2 | 227.126.706 | 206.130.663 |
| 3. | Revestimiento Canal Unificado Arriba de Catemu (Km 0,000 - 13,700) - Seccion Abierta | 6.753.014.909 | 5.783.063.025 |
| 3.1 | Revestimiento Canal Unificado Arriba de Catemu (Km 13,700 - 17,615) - Abovedado | 2.389.550.736 | 2.094.197.969 |
| 4. | Abovedamiento Canal Bajo Catemu | 605.398.148 | 527.220.930 |
| 5. | Bocatoma | 222.823.575 | 210.567.741 |
| 6. | Descargas Superficiales | 33.946.581 | 30.265.467 |
| 7. | Entregas Prediales | 15.497.825 | 13.562.221 |
| 8. | Obras de Cruce de Camino | 58.709.117 | 51.550.029 |
| 9. | Camaras de Inspeccion | 96.476.687 | 84.729.989 |
| 10. | Descarga Km 5,51 | 22.318.156 | 19.436.372 |
| 11. | Descarga Km 8,95 | 15.849.470 | 14.002.407 |
| 12. | Entrega Canales Catemu Bajo y Pepino Km 5,75 | 31.856.726 | 28.150.832 |
| | Total Costos Directos | 10.622.263.839 | 9.199.772.718 |
| | Gastos Generales y Utilidades (35%) | 3.717.792.344 | 3.219.920.451 |
| | Total Costo | 14.340.056.183 | 12.419.693.170 |
| | Expropiaciones | 248.226.027 | 248.226.027 |
| | Total Costo (\$) | 14.588.282.210 | 12.667.919.197 |
| | Total Costo (Us\$) | 31.161.556 | 27.059.530 |
| | Total Costo (Uf) | 666.345 | 578.629 |

Fuente: Elaboración propia

**CUADRO 8.2-1
RESUMEN PRESUPUESTO MCH**

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | COSTO ÍTEM (MM \$CH) | COSTO ÍTEM (US\$) | % |
|--|--|----------------------------|-------------------------|---------------|
| 1.0 | Instalación de Faenas | 99 | 210.638 | 1,6% |
| 2.0 | Caminos de Acceso | 79 | 168.365 | 1,3% |
| 3.0 | Canal de Aducción y Desarenador | 419 | 895.129 | 6,8% |
| 4.0 | Cámara de Carga y Vertedero Lateral | 156 | 333.327 | 2,5% |
| 5.0 | Vertedero de Rechazo de Carga | 193 | 412.883 | 3,1% |
| 6.0 | Tuberías | 534 | 1.139.608 | 8,7% |
| 7.0 | Casa de Maquinas y Fundación Equipos | 821 | 1.753.947 | 13,3% |
| 8.0 | Foso y Chute de Disipación | 223 | 476.795 | 3,6% |
| 9.0 | Canal de Restitución | 552 | 1.178.163 | 9,0% |
| 10.0 | Equipos Electromecánicas | 2.921 | 6.239.063 | 47,4% |
| 11.0 | Línea Eléctrica y Patio Transformación | 166 | 354.387 | 2,7% |
| COSTO NETO | | 6.162 | 13.162.305 | |
| GG Y UT.CONSTRUCTORA OO.CC. (35%) | | 2.157 | 4.606.807 | |
| TOTAL | | 8.319 | 17.769.112 | |
| Inversión por potencia instalada | | | 2.141 | U\$/kW |

Fuente: Elaboración propia

9. ESTUDIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL

El Estudio de Análisis Ambiental (EAA) tuvo como objetivo principal analizar, a nivel de prefactibilidad y desde la perspectiva ambiental, los efectos o implicancias de las obras sobre el medio ambiente enfocados en la Alternativa estudiada en la presente consultoría, incluyendo análisis legal, descripción y evaluación de impactos potenciales preliminares, proposición de medidas de mitigación, reparación y compensación y su valoración económica. El EAA completo y detallado se encuentra en el Volumen 5 del presente estudio, mientras que el Capítulo 10 del Volumen 1 presenta un extracto resumido del mismo.

Respecto del análisis de Pertinencia de ingreso al SEIA, se concluye que el proyecto debe ingresar al SEIA ya sea por la letra a) o la c) del artículo 10 de la Ley 19.300 y sus posteriores modificaciones. Respecto del modo de ingreso al SEIA, se establece que las obras y actividades contempladas en el presente proyecto, podrían producir los efectos indicados en el Artículo 11 de la Ley 19.300 (y Ley 20.417), letra "c" (detallada posteriormente en el artículo 8 del Reglamento del SEIA), al contemplar expropiaciones en zonas con presencia de casas e instalación de la Minicentral en zonas aledañas a zonas habitadas, alterando las formas de vida de la población ahí asentada. Dado esto se concluye que el proyecto debe ingresar al SEIA como EIA. Esta conclusión deberá ser ratificada en las siguientes fases del proyecto, al conocer en mayor detalle sus obras, diseños definitivos y actividades asociadas, y habiéndose también realizado los estudios propuestos en el presente informe en una eventual Etapa de Factibilidad.

En el análisis preliminar de los impactos potenciales, se concluye que el componente más afectado sería el social, dada las eventuales expropiaciones de zonas habitadas y/o la cercanía de las casas a la zona de la Minicentral, alterando formas de vida de la población ahí asentada. Este impacto sería permanente tanto en las etapas de operación como construcción. A esto le sigue el componente Biodiversidad, ya que la obra se haya contigua al Sitio prioritario "Cerro Tabaco", considerado en la Estrategia Regional de Biodiversidad.

Se realizó también una estimación preliminar de costos ambientales asociados a la ejecución de un conjunto de medidas de mitigación, reparación y/o compensación que han sido propuestas de forma tentativa,

los cuales ascienden a un total de 699 millones de pesos a usarse en 2 años. El Cuadro 9-1 muestra un resumen de los costos mencionados según tipo de medida.

CUADRO 9-1
RESUMEN COSTOS AMBIENTALES POR TIPO DE MEDIDA

| Tipo de medida | Costo (pesos) | | Total tipo |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Año 0 | Año 1 | |
| Compensación | 9,199,484 | 9,199,484 | 18,398,967 |
| Mitigación | 221,790,491 | 17,316,495 | 239,106,985 |
| Planes o programas | 132,361,638 | 131,625,680 | 263,987,318 |
| Reparación | - | 61,173,396 | 61,173,396 |
| Subtotal | 363,351,613 | 219,315,054 | 582,666,667 |
| Total (+20% de imprevistos) | 436,021,935 | 263,178,065 | 699,200,000 |

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se ha recomendado la realización de algunos estudios ambientales específicos de flora y fauna, estudios sobre patrimonio arqueológico, calidad del aire y ruido, con el fin de afinar el conocimiento referente a estos temas y aumentar así el nivel de claridad y seguridad al momento de evaluar el impacto ambiental correspondiente, con todo lo que esto involucra en términos de la toma de decisiones futuras, planificación y manejo. Estos estudios, se propone, debieran realizarse para el Estudio de Factibilidad del mismo proyecto.

10. EVALUACION ECONÓMICA

10.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presenta un resumen de la evaluación económica del proyecto, considerándose los costos y los beneficios derivados del mejoramiento de las obras. El análisis incluye el cálculo de los indicadores para diferentes alternativas de mejoramiento para luego desarrollar un análisis de sensibilidad de los aspectos más relevantes de la evaluación.

10.2. COSTOS

Los costos involucrados corresponden a costos de las obras de riego y su mantención anual, costos de la minicentral y costos ambientales

10.3. BENEFICIOS

Los beneficios utilizados corresponden a los atribuibles al mejoramiento agrícola y los beneficios por generación hidroeléctrica y a beneficios por la disminución de siniestros al tener un canal estructuralmente seguro.

10.4. ESCENARIOS DE EVALUACIÓN

Para realizar la evaluación económica se definieron cuatro escenarios de evaluación:

1. **Evaluación para uso en riego:** Corresponde a evaluar los beneficios de evaluar el proyecto en su totalidad, exceptuando los costos de la MCH, considerando sólo los beneficios derivados del riego y el control de inundaciones (a precios sociales). Este escenario busca determinar el beneficio que tendría la inversión en los primeros kilómetros del canal matriz si se concibiera solo como un proyecto de riego, maximizando el uso de los recursos para este fin.
2. **Evaluación para riego y generación hidroeléctrica:** Este escenario considera la inclusión de todos los beneficios y costos atribuibles al proyecto.
3. **Evaluación para uso exclusivo en riego:** En este caso sólo se considera evaluar el beneficio de las obras que sólo son necesarias para llevar a cabo el riego, es decir, la bocatoma, algunas obras anexas y el canal de conducción, pero con una capacidad inferior, igual a 4 m³/s. Para establecer el efecto neto de este escenario se considera un 75% del total de los costos de expropiación de los terrenos, un 80% del beneficio por daño evitado (a precios sociales) y requiere el 25% de los costos ambientales.
4. **Evaluación para uso exclusivo en generación hidroeléctrica:** Corresponde al diferencial entre la situación de Riego e Hidroelectricidad conjunta (Escenario 2) y el caso sólo de riego (Escenario 3).
5. **Evaluación para Riego y Generación Hidroeléctrica, con Red Secundaria 100% Operativa:** Corresponde al Escenario 2, cuando además se considera que la red secundaria está 100 % operativa, con lo cual es posible aumentar la superficie regada. El aumento de superficie se determinó mediante la aplicación del modelo de simulación presentado en el Capítulo 5, llegándose a 654,4 ha adicionales de posible riego.

10.5. MÉTODOS DE EVALUACIÓN

La evaluación económica se realiza con tres métodos, los cuales son los más utilizados en este tipo de proyectos.

1. **Método del Presupuesto:** Es el método más tradicional utilizado, en el cual el agua es considerada un insumo de la producción de otro bien, en este caso los cultivos regados. De esta forma, el beneficio del proyecto se traduce en las diferencias de la producción agrícola, en términos de los márgenes netos económicos, que se estiman a raíz de la utilización del agua en los escenarios Con y Sin Proyecto.
2. **Método del Valor Incremental de la Tierra:** Este método se basa en el enfoque de los Precios Hedónicos, en el cual el precio de un bien se debe a una serie de tributos de dicho bien, entre los que se encuentran la disponibilidad de agua, el tipo de suelo, la aptitud de uso y los cultivos que en la práctica se desarrollan. En un escenario con proyecto cada una de las características mencionadas deberían incrementar el valor de la tierra, por lo que se asume que este correspondería a su beneficio.
3. **Método de las Transacciones de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas:** En este caso se considera el mercado del agua para determinar el valor económico del agua asociada al proyecto, en cuanto a un mayor volumen disponible o el costo evitado para la compra de nuevos derechos de aprovechamiento de aguas.

10.6. INDICADORES DE RENTABILIDAD

Los indicadores de rentabilidad determinados corresponden al Valor Actual Neto (VAN), VAN/Superficie de riego (VAN/sup), Tasa Interna de Retorno (TIR), IVAN (VAN/Inversión), la Inversión/Superficie de riego (Inv/sup) y razón n/k que es la razón entre los flujos positivos y los flujos negativos. Estos indicadores son comúnmente utilizados en este tipo de evaluación. Los parámetros básicos de ingreso para el cálculo de estos indicadores son los costos de inversión y mantenimiento, el beneficio anual esperado y las tasas de descuento, la que según MIDEPLAN es de 6% a precios sociales para el proceso presupuestario 2012. A precios privados se considera una tasa de descuento del 15%, basándose en los requerimientos de la CNR. Se consideró como horizonte de evaluación un período de 30 años. Debe hacerse notar que no se incluyen impuestos de ningún tipo.

10.7. RESULTADOS

En este acápite se presentan los resultados de la evaluación económica realizada con los métodos del Presupuesto, Valor Incremental de la Tierra y de las Transacciones de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas, cuyos resultados se presentan en el Cuadro 10.7-1 para los cuatro escenarios planteados.

**CUADRO 10.4.4-1
RESULTADOS EVALUACIÓN ECONÓMICA**

| Tipo de Método | Precios de Mercado | | | | | Precios Sociales | | | | |
|--|--------------------|--------------------|-------|------|---------|------------------|--------------------|-------|------|---------|
| | VAN (MM \$) | VAN/Sup (MM \$/ha) | IVAN | n/k | TIR (%) | VAN (MM \$) | VAN/Sup (MM \$/ha) | IVAN | n/k | TIR (%) |
| 1. Riego | | | | | | | | | | |
| Presupuesto | -11.053,6 | -3,1 | -0,76 | 0,29 | 4,5% | 1.816,5 | 0,5 | 0,14 | 1,14 | 7,0% |
| Valor Incremental de la Tierra | -14.684,7 | -4,1 | -1,01 | 0,04 | 0,0% | -9.533,8 | -2,6 | -0,75 | 0,28 | 0,0% |
| Transacciones de Agua | -17.177,9 | -4,7 | -1,18 | 0,00 | - | -15.215,0 | -4,2 | -1,20 | 0,00 | - |
| 2. Riego+Hidroelectricidad | | | | | | | | | | |
| Presupuesto | -7.289,8 | -2,0 | -0,32 | 0,69 | 10,4% | 18.513,4 | 5,1 | 0,88 | 1,87 | 12,4% |
| Valor Incremental de la Tierra | -10.920,9 | -3,0 | -0,48 | 0,53 | 7,0% | 7.163,1 | 2,0 | 0,34 | 1,34 | 9,0% |
| Transacciones de Agua | 38.104,4 | 10,5 | 1,66 | 2,64 | 39,9% | 109.484,6 | 30,2 | 5,22 | 6,13 | 44,3% |
| 3. Sólo Riego | | | | | | | | | | |
| Presupuesto | -4.601,9 | -1,3 | -0,51 | 0,52 | 8,7% | 7.840,4 | 2,2 | 0,98 | 1,95 | 11,7% |
| Valor Incremental de la Tierra | -8.233,0 | -2,3 | -0,91 | 0,11 | -2,1% | -3.509,9 | -1,0 | -0,44 | 0,57 | 1,8% |
| Transacciones de Agua | -10.726,2 | -3,0 | -1,18 | 0,00 | - | -9.191,1 | -2,5 | -1,15 | 0,00 | - |
| 4. Sólo Hidroelectricidad | | | | | | | | | | |
| Presupuesto | -2.687,9 | -0,7 | -0,19 | 0,81 | 11,8% | 10.673,1 | 2,9 | 0,82 | 1,81 | 13,1% |
| Valor Incremental de la Tierra | -2.687,9 | -0,7 | -0,19 | 0,81 | 11,8% | 10.673,1 | 2,9 | 0,82 | 1,81 | 13,1% |
| Transacciones de Agua | 48.830,6 | 13,5 | 3,53 | 4,46 | 66,8% | 118.675,7 | 32,8 | 9,13 | 9,96 | 71,4% |
| 5. Riego+Hidroelectricidad+Red Secundaria | | | | | | | | | | |
| Presupuesto | -2.353,0 | -0,6 | -0,08 | 0,92 | 14,1% | 39.274,4 | 10,8 | 1,52 | 2,50 | 15,6% |
| Valor Incremental de la Tierra | -10.920,9 | -3,0 | -0,48 | 0,53 | 7,0% | 7.163,1 | 2,0 | 0,34 | 1,34 | 9,0% |
| Transacciones de Agua | 38.104,4 | 10,5 | 1,66 | 2,64 | 39,9% | 109.484,6 | 30,2 | 5,22 | 6,13 | 44,3% |

(*) No existe efecto de la hidroelectricidad en el valor incremental de la tierra, por lo que el resultado es idéntico al método del presupuesto.

Nota: Referencia Valor UF \$21.893, al 01/06/2011
Referencia Valor Dólar \$468,15 al 01/06/2011

Fuente: Elaboración propia

10.8. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad, realizado solo para los resultados del método del presupuesto y para el Escenario 2 de riego más hidroelectricidad, se centra en el análisis de las siguientes variables.

- Costo de las obras de captación y conducción
- Costo de la minicentral hidroeléctrica
- Beneficios agrícolas
- Beneficios por generación eléctrica (venta de energía).

Las restantes variables presentes son de muy baja magnitud, por lo que no tienen grandes efectos en la rentabilidad del proyecto. El Cuadro 10.8-1 resume los incrementos (valores positivos) o reducciones (valores negativos) porcentuales individuales de cada variable que provocarían que el proyecto se vuelva rentable a precios privados (TIR 15%) o no rentable a precios sociales (TIR 6%), es decir, el VAN alcance \$0.-.

**CUADRO 10.8-1
RESUMEN ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD
EVALUACIÓN MÉTODO PRESUPUESTO
ESCENARIO 2**

| Tipo de Precio | Variación Porcentual | | | |
|-----------------|----------------------|-----------|-------------|------------|
| | Costo Obra | Costo MCH | B. Agrícola | B. Energía |
| Mercado | -48,55% | -83,69% | 127,49% | 60,46% |
| Sociales | 154,60% | 230,82% | -122,26% | -82,19% |

Fuente: Elaboración propia

10.9. RECOMENDACIÓN DEL PROYECTO

Según el método del presupuesto, ninguno de los escenarios es rentables a precios privados, situación que se revierte a precios sociales, donde todos los escenarios son rentables.

Por otro lado, los indicadores para el método del valor incremental de la tierra son negativos en todos los escenarios a precios privados y solo para el escenario 3 a precios sociales, lo que se explica por el hecho de que el proyecto no incorpora nuevos terrenos al riego y solo se produce un efecto menor en la estructura productiva del suelo agrícola. El escenario 5 revierte esta situación, ya que considera explícitamente un aumento de la superficie regada.

En último lugar, el método de las transacciones de los derechos de aprovechamiento de aguas, tanto a precios privados como sociales, resulta no rentable en los escenarios 1 y 3, correspondiente al riego, ya que el efecto potencial en esta actividad se ve mermado por la capacidad de la red secundaria de los canales. En los otros escenarios, en los cuales se encuentra involucrada la hidroelectricidad, las rentabilidades obtenidas son altas, debido a que el proyecto tiene un gran impacto en el uso del agua dado que la nueva bocatoma es capaz de tomar el total de los derechos disponibles, evitando la compra o arriendo de otros recursos y aumentando el volumen para generación. También se evita el pago de patente por el no uso del agua.

11. PARTICIPACION CIUDADANA

El objetivo general del componente de participación ciudadana es Integrar a los actores sociales relevantes con presencia en el territorio de intervención, en el desarrollo del Proyecto, a través de distintos espacios de participación (entrevistas, talleres de trabajo, encuentros y otras actividades), que permitan, por una parte, informar a la comunidad y por otra, recoger sus inquietudes, intereses y opiniones, incorporándolas en el proyecto, cuando sea pertinente.

A partir de dicho objetivo general del componente de Participación Ciudadana, se desprenden los siguientes *objetivos específicos*: (i) Contextualizar social y territorialmente el área de influencia del proyecto; (ii) Identificar y caracterizar a los actores sociales relevantes del área del proyecto; (iii) Conocer la posición que tienen frente al proyecto los actores sociales relevantes; (iv) Informar del proyecto y sus avances a los actores relevantes para el mismo; (v) Recoger las inquietudes y observaciones que los actores relevantes tengan con relación al proyecto; (vi) Incorporar en el estudio, cuando sea técnica y económicamente factible y así lo determine la Comisión Nacional de Riego, las observaciones de la comunidad involucrada; (vii) Minimizar conflictos con los dueños u ocupantes de predios en los trabajos de terreno que se deban ejecutar; (viii) Determinar el nivel organizacional que muestran en la actualidad las organizaciones de regantes del territorio, en la perspectiva de la potencial administración de las futuras obras; (ix) Proponer a nivel preliminar y en la perspectiva de un programa de fortalecimiento, un plan de trabajo a desarrollar con las distintas organizaciones de usuarios de agua del área de estudio, en la etapa siguiente; y, (x) Incorporar al informe final del proyecto, consideraciones y recomendaciones de participación ciudadana para la etapa siguiente de la intervención de CNR en el área.

El Plan de Participación Ciudadana contó con cuatro tipos de actividades: (1) Revisión de antecedentes; (2) Talleres de participación ciudadana; (3) Reuniones de participación ciudadana; (4) Entrevistas semi estructuradas a actores clave. Todas ellas entregaron información fundamental para el desarrollo del diagnóstico territorial y el levantamiento de observaciones y/o comentarios en relación al Proyecto en particular, así como del área de estudio en general.

Como resultados de este Plan, se tiene a los usuarios de aguas, autoridades y actores locales relevantes, informados de la finalidad del Estudio, de las distintas alternativas analizadas y de los resultados finales alcanzados, entre otros muchos aspectos.

En el proceso de participación ciudadana se han observado varios aspectos relevantes a tener en consideración para esta y las siguientes etapas del ciclo de vida de proyectos. En primer término, se ha podido constatar durante el desarrollo del Estudio un alto grado de "conocimiento técnico" de parte de la dirigencia y líderes de las OUA's involucradas, en torno a temáticas de recursos hídricos en general y en torno a infraestructura de riego, en particular. Dicha situación es posible extender a su vez a otros actores involucrados en el desarrollo del proyecto, como es el caso del Alcalde de la Comuna (Sr. Boris Luksic). Así entonces, el mencionado grado de conocimiento técnico entre distintos actores involucrados, hace prever la existencia de una "base social" informada y opinante frente a las próximas etapas en las que pudiese entrar el presente proyecto.

En directa relación con el punto recién planteado, también ha sido posible constatar un alto grado de interés entre los distintos actores en torno al desarrollo del proyecto, donde los regantes, funcionarios públicos e incluso autoridades regionales y locales, plantean una cantidad importante de observaciones y sugerencias. Muestra palpable de dicho interés es, por mencionar sólo un ejemplo, la alta convocatoria conseguida para las distintas actividades PAC implementadas, donde para todas ellas se contó con gran número de participantes, con la presencia de autoridades políticas, funcionarios públicos, usuarios/as y representantes de distintas organizaciones comunitarias y gremiales.

Un punto de gran relevancia, tiene que ver con el hecho de que durante el desarrollo del Estudio no ha sido posible identificar a ningún actor social y/o institucional, que explicita su oposición al Proyecto, ni siquiera alguno "particularmente crítico" frente a éste. Es decir, los distintos actores identificados con los que se pudo establecer contacto e interactuar en el marco del Estudio, parten indicando su posición favorable frente al Proyecto, para en algunos casos de forma posterior, establecer algunos "peros" y/o aprehensiones en general. Éstas últimas en casi todos los casos, podemos ubicarlas en dos ámbitos. Por una parte está la situación legal en cuanto a los derechos de aprovechamiento de aguas tanto al interior de las organizaciones, la situación en cuanto a perfeccionamiento de los derechos para las organizaciones en su conjunto así como la situación más global de la segunda sección del río Aconcagua y la distribución del caudal entre la totalidad de las OUA's que

allí interactúan. Por otra parte, las otras aprehensiones planteadas por parte de algunos de los actores relevantes, guardan relación con la real capacidad "organizacional" que tendrían las dos asociaciones de canalistas más la comunidad de aguas tanto de manera individual, así como de la sumatoria de éstas a través de la figura de la Asociación de Canales Unidos de Catemu.

En relación a las recomendaciones y sugerencias para etapas futuras y en función de los aprendizajes obtenidos en el transcurso del presente Estudio, en lo sustantivo se sugiere trabajar en función de tres dimensiones complementarias al trabajo habitual de PAC, a saber:

a). Incorporar un componente de capacitación y/o fortalecimiento organizacional en futuras implementaciones PAC en el área del Estudio, puesto que aún cuando la Asociación de Canales Unidos de Catemu muestra una cierta robustez en términos de gestión administrativa, el panorama al interior de las asociaciones de canalistas y la comunidad de aguas, que la componen, es bastante disímil y heterogéneo. Este componente de capacitación / fortalecimiento organizacional, irá siendo cada vez más necesario en la medida de que los nuevos desafíos organizacionales asociados a la potencial construcción de las obras de riego –incluida la mini central- demanden la instalación de capacidades con las que hoy no cuentan. A su vez, es posible observar algunos aspectos deficitarios generalizados entre las distintas comunidades de aguas, como es el caso del tema de la regularización de derechos de aprovechamiento, así como el perfeccionamiento de los derechos ya inscritos, donde el caso del canal Pepino ó Huidobro es el más complejo.

b). Se sugiere también para próximas etapas, la generación de algunas actividades PAC de carácter diferenciado (segmentado), de forma complementaria a actividades generales. Ello, en función de la amplia dispersión de intereses e inquietudes entre los distintos "tipos" de regantes (pequeños propietarios, parceleros, empresarios agrícolas y grandes empresas agrícolas). En lo concreto, se plantea la realización de al menos una actividad acotada a los "tipos" sugeridos u otros, que permita levantar información primaria específica. Ello, a través de entrevistas grupales, por ejemplo.

c). Un aspecto necesario de tener permanentemente en consideración, es la suerte de "equilibrio precario" que actualmente muestra la conformación de la Asociación de Canales Unidos de Catemu, donde se observa una cierta tendencia en la que la Comunidad de Aguas Canal Pepino ó Huidobro se ve en situación desmejorada en relación a las otras dos organizaciones que forman parte de esta plataforma de regantes de Catemu.

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

12.1. CONCLUSIONES

- Se ha realizado un proyecto de prefactibilidad del Mejoramiento de los canales Arriba de Catemu, Abajo de Catemu y Pepino, consistente en la unificación de estos canales en un tramo de 15 km de longitud aproximadamente. La obra de entrega a los canales Abajo de Catemu y Pepino, es aprovechada para generar hidroeléctricamente las aguas disponibles según derechos, en las épocas en que no son utilizadas para el riego.
- El mejoramiento permite además, evitar pérdidas por conducción, disminuir costos de operación y mantenimiento, y disminuir riesgos de daños por colapso de las obras en las épocas de temporales, entre otros beneficios. En general, la principal problemática que permite resolver el presente proyecto es básicamente la siguiente:

- Inestabilidad de las laderas de los cerros (Sector Puntilla las Máquinas).
 - Embancamiento y derrames de los canales.
 - Problemas de captación.
 - Elevadas pérdidas de agua por conducción (Canal Arriba de Catemu: Pérdidas 50% aprox., $L_{prox}=50$ km).
 - Déficit en la capacidad de conducción (Capacidad de los canales < derechos constituidos).
 - Infraestructura en mal estado (alrededor del 40% del total).
 - Problemas de seguridad de riego (Asociados a la infraestructura en mal estado).
 - Abundante vegetación al interior de los canales y difícil acceso.
 - Altos costos en operación, mantención y reparación, siendo escasos los lugares de depósitos para las extracciones de las limpias.
- Se definió, entre varias alternativas posibles, la mejor ubicación para las obras, que quedó fuertemente condicionada por el uso hidroeléctrico, considerando especialmente la altura de caída, la cercanía a la subestación Catemu y la devolución de las aguas generadas al cauce natural. Todas las alternativas analizadas son muy parecidas en términos ambientales. En una escala de 1 (baja sensibilidad ambiental) a 3 (alta sensibilidad ambiental), todas clasificaron en el rango de 1,86 a 1,98.
 - La mejor alternativa es la que ubica el fin de la obra de unificación y la generación a la salida del túnel 2. Esta obra se sitúa a 100 m de la línea de transmisión (que debe reforzarse) y a 1 km de la subestación Catemu, devuelve las aguas al estero Catemu y tiene una altura neta de generación de unos 66 m.
 - Uno de los temas más complejos del estudio, fue resolver acerca de los derechos de agua de los canales de la Segunda Sección, ya que no se encuentran perfeccionados y regularizados. La mayoría no cuenta con una equivalencia en agua de sus acciones. Los canales Arriba de Catemu y Abajo de Catemu sí cuentan con una dotación de caudal. La solución adoptada para resolver este problema fue reconocer, en aquellos casos en que no hay una equivalencia, un caudal equivalente a la capacidad máxima de cada canal, de acuerdo con estudio realizado por la Dirección General de Aguas.
 - Los regantes de los canales Abajo de Catemu y Pepino decidieron no trasladar la captación de la totalidad de sus derechos hacia la obra de captación unificada, sino que mantener una parte en la actual captación, de modo de poder captar aguas provenientes de vertientes cercanas ubicadas aguas abajo de la obra unificada. El canal Abajo de Catemu quedaría con $5 \text{ m}^3/\text{s}$ por la obra unificada y $1 \text{ m}^3/\text{s}$ por la captación actual, en tanto que el canal Pepino quedaría con $1 \text{ m}^3/\text{s}$ por la obra unificada y $2 \text{ m}^3/\text{s}$ por la captación actual. De este modo, el canal unificado fue diseñado finalmente para un caudal de $13 \text{ m}^3/\text{s}$, aproximadamente.
 - Con respecto a los derechos de agua, los regantes de los canales Arriba de Catemu y Abajo de Catemu deben perfeccionar y regularizar sus acciones efectuando las siguientes acciones:

- Actualizar el Rol de Regantes de la Junta de Vigilancia
- Inscribir individualmente las acciones
- Darles el carácter de uso consuntivo, permanente y continuo

Por su parte, los regantes del Canal Pepino deben asignar equivalencia de su acción en términos de volumen de agua por unidad de tiempo.

- El proyecto concebido consta de las siguientes obras:
 - Obra de captación en el río Aconcagua, ubicada donde actualmente capta sus aguas el canal Arriba de Catemu. La obra dispone de una manga de aducción, un desripiador y compuertas de descarga, compuertas de admisión y aforador, y un vertedero de seguridad.
 - Aumento de la capacidad y revestimientos del canal Arriba de Catemu.
 - Abovedamientos en el canal Abajo de Catemu.
 - Descargas de aguas lluvia
 - Entregas a riego a los canales de abajo mediante tuberías.
 - Cruces de caminos.
 - Obra de entrega del canal Matriz a los canales Abajo de Catemu y Pepino en el Km 5,6.
 - Ampliación y mejoramiento de conducción de los túneles 1 y 2.
 - Refuerzos del canal Arriba de Catemu en sectores con problemas de estabilidad (abovedamientos).

Además, para los efectos de generación hidroeléctrica, se contempló las siguientes obras:

- Canal de aducción y desarenador.
 - Cámara de carga y vertedero lateral.
 - Chutes rechazo de carga y de disipación.
 - Tubería a presión.
 - Casa de máquinas y fundación equipos.
 - Estanque de estabilización y foso disipador.
 - Equipos electromecánicos y de bombeo.
 - Línea eléctrica y patio de transformación.
 - Canal de restitución.
- Se efectuó la evaluación económica, tanto a precios de mercado como a precios sociales, para los 5 escenarios siguientes:
 - **Riego:** Consiste en considerar el costo total del proyecto, pero solamente los beneficios en riego.
 - **Riego y Energía:** Consiste en considerar los costos y beneficios totales del proyecto, para ambos usos.
 - **Sólo Riego:** Consiste en considerar los costos de las obras según las demandas de riego y los beneficios del riego solamente.

- **Sólo Hidroelectricidad:** Consiste en considerar los costos totales de las obras y los beneficios solamente de la generación hidroeléctrica.
- **Riego (con Red Secundaria) y Energía:** Consiste en considerar los costos y beneficios totales del proyecto, para ambos usos. Además se considera que la red secundaria está en óptimas condiciones, lo que implica aumentar la superficie regada en 654,4 ha.
- La evaluación se efectuó por los 3 métodos siguientes:
 - **Presupuesto:** método tradicional que compara beneficios y costos durante un período de 30 años.
 - **Valor Incremental de la Tierra:** Método que compara el valor de la tierra según el uso del suelo en las situaciones con y sin proyecto.
 - **Transacciones de Agua:** Método basado en el valor de los derechos de las aguas utilizadas en la situación con proyecto menos el valor en la situación sin proyecto.
- Con tasas de descuento privadas del 15% y sociales del 6%, los resultados indicaron que ninguno de los escenarios es rentable a precios privados, salvo por el método de las transacciones en aquellos escenarios que consideran generación hidroeléctrica.
- A precios sociales, todos los escenarios son rentables por el método del presupuesto. Por el método del Valor Incremental de la Tierra, solo es rentable el escenario de riego más energía, es decir, el proyecto objeto del presente estudio. Finalmente, por el método de las transacciones, siguen siendo rentables solamente los escenarios que consideran generación de energía.
- Al tomar en consideración el método del presupuesto y los Escenarios 2 y 5, los resultados son los siguientes:

| | | |
|------------------|---|---|
| Precios Privados | VAN=-\$10.299 millones Tir = 10,4% n/k = 0,69 | VAN=-\$2.533 millones Tir = 14,1% n/k = 0,92 |
| Precios Sociales | VAN=-\$18.513 millones Tir = 12,4% n/k = 1,87 | VAN=-\$39.274 millones Tir = 15,6% n/k = 2,50 |

- Se destaca que el proyecto objeto del presente estudio es viable en términos económicos principalmente por la incorporación del uso hidroeléctrico. Al considerar el mejoramiento de la red secundaria, que es equivalente a incorporar 654,4 ha, se obtienen indicadores sustancialmente mayores.

12.2. RECOMENDACIONES

De los resultados anteriores se puede concluir que, aunque a precios sociales el proyecto de riego es rentable, el riego es más conveniente bajo el marco de un nuevo concepto de proyecto, que involucre el mejoramiento de la totalidad de los canales primarios y secundarios. Esta aseveración se sustenta en que el beneficio poco significativo en el ámbito del riego, caracterizado por un aumento marginal de la seguridad de riego en la misma superficie actual, se debe a que el proyecto solo concibe el mejoramiento y ampliación de la

capacidad del primer tramo del sistema de canales, dejando el resto de la red en la misma condición actual, con una capacidad muy limitada para conducir nuevos recursos.

Lo anterior sugiere que en una etapa de factibilidad se hace necesario determinar en detalle las características de la red secundaria, su capacidad, su estado de conservación, y el costo de un proyecto de mejoramiento. Así se puede analizar, además del aumento de la seguridad de riego, una posible expansión de la zona de riego actual hacia terrenos ubicados en laderas, con la consecuente incorporación de especies frutales de alta rentabilidad. De esta forma se maximiza el proyecto individual de la componente riego (escenario 3).

No obstante, el mayor cambio radica en la concepción del proyecto, ya que con estas nuevas condiciones resultaría más pertinente evaluar los efectos del proyecto completo, un canal de 13 m³/s, en el riego (escenario 1), definiendo las inversiones y beneficios de la generación hidroeléctrica (escenario 4) como un complemento al riego, en el marco de un proyecto multipropósito (escenario 2).

Desde el punto de vista legal y de la gestión pública, los nuevos estudios y las obras que se desprenderán de ellos, incrementarán la proporción del uso de riego en las inversiones de los canales, favoreciendo una aplicación significativa de los sistemas de financiamiento contemplados en el DFL N°1.123 y la Ley N°18.450 para obras mayores y menores de riego, respectivamente.

En resumen, se sugiere incorporar un estudio detallado, a nivel de prefactibilidad o de factibilidad, de la red secundaria para determinar la rentabilidad del proyecto completo y disponer de una mejor herramienta de decisión.