



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS DE EMBALSE EN MARCO DE
DESARROLLO SUSTENTABLE

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

RODRIGO ANDRÉS ARNÁIZ JARA

PROFESOR GUÍA:
ADOLFO OCHOA LLANGATO

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
MATÍAS PEREDO PARADA
MARCELO OLIVARES ALVEAL

SANTIAGO DE CHILE
OCTUBRE 2021

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE:** Ingeniero Civil mención
Hidráulica, Sanitaria y Medio Ambiente.
POR: Rodrigo Andrés Arnáiz Jara
FECHA: 16/08/2021
PROFESOR GUÍA: Adolfo Ochoa Llangato

ANÁLISIS DE PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS DE EMBALSE EN MARCO DE DESARROLLO SUSTENTABLE

El desarrollo sustentable es una manera de planificar y desarrollar diferentes proyectos con el fin de poder generar un beneficio en el presente sin generar efectos adversos en el futuro. Este concepto discutido y creado por la Organización de Naciones Unidas se debe utilizar en las diferentes actividades necesarias.

En el presente trabajo se pretendió emplear el concepto de desarrollo sustentable en las diferentes etapas de desarrollo de una central hidroeléctrica de embalse. Se enfocará en centrales hidroeléctricas de embalse mayores a 100 MW por el hecho de poder entregar una solución continua y segura a la red eléctrica del país. A través de una revisión bibliográfica nacional e internacional de proyectos hidroeléctricos y textos de sustentabilidad, se ha podido generar una base de información necesaria para conectar ambos conceptos.

Se investigó, empleando una encuesta ciudadana, sobre la opinión general de la utilización de centrales hidroeléctrica de embalse como solución de generación eléctrica. Las respuestas demostraron que las personas, en general, no tienen una posición clara frente a esto, pero tiene preocupaciones mayores sobre el medio ambiente que se deben enfrentar con información y transparencia.

Se realizó un análisis de una central genérica, sin ubicación exacta. Utilizando los métodos de matriz causa-efecto y calificación de impacto, se logró identificar 53 impactos en tres componentes ambientales: Humano, Medio Ambiente Natural y Recurso Hídrico. Estos impactos se distribuyen en 5 fases de proyecto hidroeléctrico: Prefactibilidad/Factibilidad, Ingeniería Básica, Construcción, Operación y Cierre, donde la fase de construcción y operación contienen la mayor cantidad de impactos. Esto se da debido que son las fases con mayor cantidad de información en literatura..

De la calificación, se estimaron 14 impactos positivos, 11 negativos leves, 27 negativos medios y 1 negativo alto. Cabe destacar que las calificaciones tienen gran incertidumbre en los parámetros de intensidad y riesgo de ocurrencia que se debe al hecho de que no hay ubicación exacta.

Con el fin de mitigar o eliminar dichos impactos, se utilizaron medidas de desarrollo sustentable identificadas en la revisión bibliográfica. Las medidas en la componente humana se resumen en actividades de transparencia e información. La componente de medio ambiente natural con medidas de preservación y ubicación de la central. El recurso hídrico con medidas de ubicación y mitigación de sedimentación. Esto produce una disminución promedio en las calificaciones de la componente humana, medio ambiente natural y recurso hídrico de 39,81%, 28,24% y 28,38%, respectivamente.

Agradecimientos

Quiero agradecer a mis padres Gonzalo Arnáiz y Loreto Jara por su apoyo incondicional, amor y cariño que me han guiado mi vida entera y me permitieron estar aquí.

A mis hermanos Consuelo y Álvaro por el apoyo, cariño y compañía durante mi vida entera.

A mis amigos Alejandro, Bryan, Joaquín, Juan y Sebastián por su amistad que me ha ayudado y forjado como persona durante todos estos años desde que nos conocimos cuando éramos pequeños.

A mi polola Antonia por todo su apoyo durante este proceso, por su cariño incondicional y su motivación por la vida que me impulsó en los momentos difíciles.

A mis amigos que tuve la suerte de conocer durante mi período de la universidad, que me acompañaron, me enseñaron y me apoyaron durante todo este proceso. Agradecer especialmente al Ale, Caco, Dani, Diego, Leo, Mati, Mauri, Nico, Pauli, Pipin, Richi y Tomi.

A mi perro Willy que con su alegría y su compañía que me motivaron durante los momentos difíciles.

Tabla de contenido

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Centrales Hidroeléctricas de Embalse	2
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivos Principales	3
1.3.2. Objetivos Secundarios	3
1.4. Metodología	3
1.5. Alcance	4
2. Marco teórico	6
2.1. Sustentabilidad internacional	6
2.2. Sustentabilidad nacional	9
2.2.1. Marco legal	10
2.2.2. Sustentabilidad energética	12
2.3. Matriz energética nacional	18
2.3.1. Caracterización matriz energética nacional.	18
2.3.2. Análisis centrales hidroeléctricas.	19
2.4. Experiencia internacional con proyectos hidroeléctricos de embalse	22
2.6. Proyectos hidroeléctricos nacionales polémicos	26
3. Opinión general de proyectos hidroeléctricos de embalse	29
3.1. Resultados encuesta	30
3.2. Análisis de resultados	34
4. Índice de sustentabilidad	35
4.1. Matriz causa-efecto	36
4.2. Índice de Calificación Ambiental	43
5. Calificación de impactos por fase de proyectos	44
5.1. Fase Pre-factibilidad y fase factibilidad	45
5.2. Fase de ingeniería básica	47
5.3. Fase construcción	52
5.4. Fase operación	77
5.5. Fase cierre	101
5.6. Resultados de evaluación de impactos	125
6. Medidas de desarrollo sustentable	130
6.1. Medidas en impactos en componente humana	130
6.2. Medidas en impactos en componente medio ambiente natural	137
6.3. Medidas en impactos en recurso hídrico	144
6.4. Discusión de resultados	149
6.4.1. Componente humana	149
6.4.2. Componente medio ambiente natural	151
6.4.3. Componente de recurso hídrico	152

7. Conclusión.....	153
8. Bibliografía	155
Anexo A	158

1. Introducción

1.1. Motivación

Desarrollo sustentable es un concepto que está teniendo mayor atención en los últimos años. Porque se ha comprendido que los efectos de los proyectos no son locales ni puntuales. El concepto previamente mencionado se entiende como la capacidad de poder generar proyectos que puedan satisfacer las necesidades actuales, sin afectar la calidad de vida y las capacidades de cumplir las demandas de las generaciones venideras.

En particular, una de las demandas permanentes de la sociedad, es la necesidad del desarrollo de proyectos de generación y de suministro eléctrico. Sin este recurso, la energía eléctrica, se complican las posibilidades de mejorar la calidad de vida, aumentar el desarrollo económico del país, y satisfacer las necesidades de una población creciente. Una solución para esta necesidad es producirla a través de fuentes naturales como es el recurso hídrico, tradicionales en Chile.

La generación hidroeléctrica es un tipo de electricidad renovable que está bastante presente en la matriz energética chilena, radicada específicamente en la zona centro-sur y sur del país. La gran abundancia del recurso natural facilita la realización de este tipo de proyectos. Lo que traba esta actividad es que el recurso hídrico es sensible, no sólo por estar en la discusión pública a nivel nacional e internacional, sino porque su disponibilidad condiciona la supervivencia. Existe una susceptibilidad especial con toda actividad que involucre al agua. Aunque en la mayoría de los casos los derechos de aguas de esta actividad son del tipo no consuntivo, algunas personas y la sociedad en general, en general, ven como negativos estos proyectos a pesar de que el efecto sobre la disponibilidad y la calidad del agua no es significativo.

En conjunto con el argumento anterior, se debe destacar que en los últimos años se ha evidenciado que el agua es una componente fundamental para la humanidad. Esta realidad va de la mano con el cambio climático y los periodos de sequía que se han vivido en algunas zonas del país. Por lo anterior, se vuelve extremadamente importante el hecho de su utilización consciente, eficiente y sin comprometer su calidad.

La generación hidroeléctrica es, normalmente, una actividad que contiene tanto efectos positivos como negativos, como cualquier otra actividad interventora del ser humano. No obstante, malas prácticas en el pasado, falta de información, poca comunicación, entre otros factores, han provocado que parte de la sociedad se incline por oponerse la construcción de centrales de embalse. En este contexto, se considera un deber de la ingeniería abordar estas problemáticas, dando soluciones a las nuevas demandas y necesidades de la sociedad. Porque no puede continuar con prácticas no sostenibles.

En el desarrollo del trabajo de título que se propone, se pretende estudiar las directrices que podrían promover los proyectos hidroeléctricos de embalse, para estar bajo una visión sustentable y amigable para el Medio Ambiente completo. Se pretende estudiar sus efectos en todos los ámbitos, buscando su eliminación y/o mitigación en el caso de ser negativos. Además, se buscará poder satisfacer la demanda de forma eficiente desde el punto de vista de la sustentabilidad. De esta forma, esta actividad podrá generar beneficios económicos, sociales y políticos.

1.2. Centrales Hidroeléctricas de Embalse

Las centrales hidroeléctricas son un tipo de generación eléctrica que utiliza el escurrimiento del agua natural con el fin de generar energía eléctrica. Esto se logra al dejar caer agua desde un punto donde la energía potencial de esta se transforma en energía cinética. El agua cae, normalmente dentro de una tubería, precedida por una cámara de carga y llega a una turbina que es impulsada por la fuerza del agua. Este elemento convertirá la energía cinética en energía mecánica y luego en energía eléctrica.

Centrales hidroeléctricas existen de varios tipos que se diferencian por su forma de guardar agua. Existen las centrales de embalse, centrales run of river y centrales de pasada. Adicionalmente, se encuentran en desarrollo e investigación otras formas de aprovechamiento de esta energía natural como son las centrales de bombeo o reversibles y las centrales marítima o mereomotrices.

Sin embargo, las centrales hidroeléctricas de embalse tienen una gran ventaja de que funcionan como una gran batería de energía. Al tener agua retenida en esta obra civil limitado por una presa, se tiene el poder de decidir en qué momento se desea emplear la generación eléctrica. Por lo cual, se transforma en un sistema que guarda el elemento de generación para usarlo en los momentos de mayor demanda o cuando los otros sistemas eléctricos no pueden satisfacer esa demanda.

Este sistema de almacenamiento energético cumple con la necesidad de entregar continuidad al requerimiento energético de los diferentes usuarios en el territorio en momentos que las energías renovables no convencionales no logran suplir estas necesidades.

Otra ventaja de este tipo de centrales, es que permiten maximizar el recurso hídrico al emplear la totalidad de los derechos de agua adquiridos por el titular y utilizar plenamente la caída de agua que se puede generar en el sector.

Es importante señalar que en los últimos años tanto la comunidad nacional como internacional propone planes y estrategias para la descarbonización de las matrices energéticas. Esto en la permanente búsqueda de disminuir la contaminación. Es en ese escenario donde el recurso hídrico se instala con mucha fuerza como sustituto a las plantas a carbón, gas y nucleares por los negativos efectos medioambientales de todas ellas.

En el caso concreto de Chile, tanto la disponibilidad del recurso hídrico como la topografía brindan las condiciones para construir este tipo de centrales. Existe experiencia y los posibles problemas o contratiempos se pueden evaluar y hasta prever basado en ese conocimiento previo.

Si bien es cierto no son las centrales hidroeléctricas la única respuesta a una producción sustentable es importante tener en cuenta que son susceptibles de ser mejoradas.

1.3. Objetivos

A continuación, se presentarán los objetivos con los que se diseñó el presente trabajo de título.

1.3.1. Objetivos Principales

- I. Se buscará posicionar la generación hidroeléctrica como una solución importante para la demanda de energía proyectada en Chile, en un marco de sustentabilidad, principalmente aquella proveniente de centrales que tengan una potencia instalada mayor a 100 MW, particularmente de embalse.
- II. Aportar, desde la academia, a la investigación y entrega de información sobre el desarrollo de proyectos de embalses para generación hidroeléctrica, en un marco de sustentabilidad.

1.3.2. Objetivos Secundarios

- I. Se pretende exponer cómo poder cumplir con los objetivos de desarrollo sustentable definidos por la ONU.
- II. Se estudiarán proyectos hidroeléctricos con el fin de poder identificar efectos sobre el medio ambiente, para establecer medidas de mitigación, en caso de que sea necesario, y que la actividad sea aceptada bajo estándares sustentables.
- III. Se indagará la forma de compatibilizar el desarrollo social y económico con proyectos hidroeléctricos de embalse o centrales de tamaño mediano a grande.
- IV. Se pretende señalar algunos aspectos que permitan disminuir la visión negativa de los proyectos hidroeléctricos.

1.4. Metodología

Con el fin de poder estudiar el efecto de las centrales hidroeléctricas en el desarrollo sustentable, se comienza con una revisión bibliográfica de textos nacionales como internacionales sobre desarrollo sustentable, sustentabilidad y de energía hidroeléctrica. De este modo se identifica conflictos, temas relevantes y maneras de mejorar el desarrollo e instalación de proyectos eléctricos de fuente hídrica para países desarrollados y en vías de desarrollo.

Se buscará información de distintos países alrededor del mundo con diferentes experiencias en este tipo de actividad. Se generará una base de información a partir de distintas culturas, experiencias, marcos legales, etc. que permitan planificar proyectos hidroeléctricos acorde al desarrollo sustentable y sus objetivos y que sea también aceptado por los estándares ambientales internacionales y tolere modificaciones a dicho modelo.

Posteriormente a la identificación de factores, se procede a realizar un análisis de la matriz energética que posee Chile tanto en la actualidad, como su evolución a través del tiempo. Se describen tendencias de crecimiento de la capacidad de producción y de los tipos de proyectos energéticos. Posteriormente, se investigan los proyectos del tipo hídrico que entregan una mayor capacidad de generación en Chile.

En este análisis no se consideran los proyectos de mini-hidroeléctricas (que se definen en Chile como plantas de generación con potencias menores a 20 MW).

Nos abocaremos al estudio de plantas hidroeléctricas construidas y otras en ejecución, que cumplan con un estándar de tamaño tal que su utilización sea herramienta de fomento económico, es decir, que sea un aporte importante a la matriz de generación, de forma segura, continua y que satisfaga la demanda del país. Por esto el trabajo se centrará en proyectos y plantas de potencia instalada mayor a 100 MW.

De la misma manera que los aspectos técnicos son importantes, también lo son las opiniones negativas que se han instalado en la comunidad frente a estos proyectos. Y, si bien esas opiniones negativas no llegan a ser determinantes para su construcción, ha repercutido en una disminución de la inversión en Hidroeléctricas de Embalse. Por esta razón, se realiza una encuesta ciudadana para conocer los puntos de conflictos más relevantes que existen frente a estos proyectos y a partir de estos conocimientos corregir las deficiencias y/o visiones negativas o de falta de información de la comunidad.

Siguiendo con los lineamientos del punto anterior, se identifican proyectos nacionales que se destaquen por ser un aporte al desarrollo sustentable, y proyectos que son criticados por este punto o son simplemente polémicos. Con este objetivo se identificarán proyectos nacionales que se destaquen por ser un aporte al desarrollo sustentable, y proyectos que son criticados por fallar en este aspecto o, simplemente, por ser polémicos. La idea es dar un contexto nacional a la temática de desarrollo sustentable y una visión actual del mercado.

Posteriormente se estudian proyectos internacionales relevantes desde el punto de vista económico, social y ambiental. Se analizan técnicamente los puntos en los cuales se enfocaron, tanto en el diseño como en la planificación. De esta manera, se podrá identificar los aspectos que ayudaron a la correcta realización del proyecto.

Con toda la información recopilada, se plantean medidas para el mejoramiento, desde el punto de vista sustentable, de la planificación y ejecución de proyectos hidroeléctricos de embalse de potencia instalada mayor a 100 MW. Se abordará de forma técnica los atributos a considerar y que serán necesarios para la correcta ejecución de un proyecto desde su fase de diseño hasta que se comienza a construir.

Se busca responder a las demandas de desarrollo sustentable y, adicionalmente, aportar soluciones a los conflictos sociales, ambientales y económicos.

1.5. Alcance

En este trabajo de título, se aborda la problemática de la demanda energética según las directrices de desarrollo sustentable. Se afronta la solución de energía hidroeléctrica, método ampliamente utilizado tanto en Chile como en el mundo. Para esto se definen los siguientes puntos a desarrollar:

1. Revisión bibliográfica de sustentabilidad internacional y nacional.

2. Revisión de proyectos internacionales destacados.
3. Revisión de proyectos hidroeléctricos nacionales.
4. Lectura de legislación sobre sustentabilidad, matriz energética y protección al medio ambiente humano y natural.
5. Identificación de problemas técnicos en los proyectos hidroeléctricos
6. Identificación de conflictos de los proyectos según punto de vista de la ciudadanía.
7. Plantear un manual de proyectos hidroeléctricos de embalse sustentables.
8. Apoyar con ideas la solución de problemas de esta actividad con las personas.

2. Marco teórico

2.1. Sustentabilidad internacional

“El desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer las capacidades que tienen las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”. Esta es la definición entregada por la Organización de las Naciones Unidas el año 1987, aquí se introdujo de forma masiva el concepto de desarrollo sustentable, guía que deben manejar las personas para poder asegurar un desarrollo económico y social integro y correcto con los estándares de ese tiempo. No obstante, esta definición sigue siendo relevante en la actualidad. Una definición que no ha sido seguida masivamente, pero de a poco ha tenido más atención, sobre todo en el contexto actual de crisis ambiental.

Esta misma organización definió 17 objetivos de desarrollo sustentable que se deben apuntar para el desarrollo de la sociedad.

1. Fin de la pobreza.
2. Hambre cero.
3. Salud y bienestar.
4. Educación de calidad.
5. Igualdad de Género.
6. Agua limpia y saneamiento.
7. Energía asequible y no contaminante.
8. Trabajo decente y crecimiento económico.
9. Industria, innovación e infraestructura.
10. Reducción de las desigualdades.
11. Ciudades y comunidades sostenibles.
12. Producción y consumo responsable.
13. Acción por el clima.
14. Vida submarina.
15. Vida de ecosistemas terrestres.
16. Paz, justicia e instituciones sólidas.
17. Alianzas para lograr objetivos.

Estos objetivos de desarrollo sustentable tienen por objeto guiar a la sociedad hacia un correcto funcionamiento y solución de sus requerimientos, cumpliendo con un desarrollo sustentable. Pero como se redactaron de manera muy general y para todo tipo de proyectos estos pueden presentar conflictos con las metas a alcanzar.

Particularmente, en proyectos hidroeléctricos se identificaron objetivos en los cuales se puede ayudar directamente, puntos que se pueden abarcar según su enfoque de planificación y, por último, objetivos que se verán afectados por este tipo de proyectos. Todos ellos se muestran en la tabla 2.1.

Objetivos de desarrollo principales.	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 7, Energía asequible y no contaminante. • Objetivo 9, Industria, innovación e infraestructura.
Objetivos de desarrollo secundarios.	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 1, Fin pobreza. • Objetivo 5, Igualdad de género. • Objetivo 8, Trabajo decente y crecimiento económico. • Objetivo 13, Acción por el clima.
Objetivos de desarrollo en conflicto.	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 6, Agua limpia y saneamiento. • Objetivo 14, Vida submarina. • Objetivo 15, Vida de ecosistemas terrestres.

Tabla 2.1: Objetivos de desarrollo sustentables identificados.

Fuente: Elaboración propia.

2.1.1. Objetivos de desarrollo principales

Abordando los puntos principales de la tabla 2.1, el primer objetivo es el referido a la energía asequible y no contaminante. Actualmente, se registra alrededor de 789 millones de personas en el mundo que no tienen acceso a red eléctrica. Este dato es relevante contar con suministro eléctrico. Porque a través de él se consigue una red de agua potable constante, facilita procesos de aprendizaje en zonas con escasa iluminación natural, mantener funcionando centros de salud, impulsar la economía, entre otras.

Por tener un papel tan relevante es necesario solventar la demanda energética de la sociedad. A lo largo de la historia, han surgido varias soluciones que han resultado perjudiciales para el Medio Ambiente y la salud de los individuos por su alta emisión de contaminantes. Fuentes de energía basadas en el carbón, gas y petróleo emiten diferentes compuestos dañinos para la salud humana y del medio ambiente. En el documento titulado “Energía asequible y no contaminante: Por qué es importante” presentado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) el año 2016, donde explica por que es importante la identificación de la energía como objetivo de desarrollo sustentable, asegura que la producción de energía representa alrededor de un 60% de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial, además de ser un factor principal de cambio climático.

Por lo anterior, se ha intentado crear y desarrollar opciones de producción de energía libre de contaminación. De esta búsqueda se derivan la gran mayoría de energías renovables no convencionales (ERNC) entre las que se encuentran la eólica, solar e hidráulica. Las dos primeras (eólica y solar) son alternativas utilizadas hace poco tiempo que tienen como defecto ser poco estables para la producción, en tanto la energía hidroeléctrica es una fuente constante para producir energía eléctrica. Esta característica es de suma importancia ya que asegura el sistema eléctrico y lo convierte en una alternativa de uso amplio y efectivo.

El segundo objetivo principal hace referencia al desarrollo de industria, fomento de la innovación y mejoramiento de la infraestructura. Ya que mejora la industria, promueve el desarrollo social y económico ya que permite la generación de empleos y actividad para la sociedad. La ONU estima que la creación de una empresa en una industria cualquiera, entrega 2,2 empleos en promedio.

El desarrollo de la innovación e infraestructura promueve el crecimiento económico de los países, desarrollo científico, mejoramiento de calidad de vida y promueve inclusión de personas al mundo laboral. Además, el fomento de este tipo en diferentes industrias complementa la idea de generar desarrollo sin efecto en el medio ambiente natural. De haber innovación se propenderá a crear industrias que sean afines a las ideas de sustentabilidad tan necesarias en la actual crisis ambiental..

Es así como las hidroeléctricas se posicionan como solución al fomento tanto de la industria eléctrica y es así como las hidroeléctricas se posicionan como solución al fomento tanto de la industria eléctrica y de la construcción, dando espacio a la innovación e investigación para ser instaladas como la solución óptima en busca del desarrollo integral de los países. La energía se posiciona como punto vital en la discusión, al ser el motor de la industria al permitir la fabricación de miles de productos y mejorar la calidad de vida de los individuos.

2.1.2. Objetivos de desarrollo secundarios

Los objetivos secundarios son aquellos propuestos por la ONU que pueden ser logrados dentro de esta actividad si es que la organización y planificación de los proyectos es la correcta. Los objetivos 1, 5 y 8 mostrados en la tabla 1.1, se encuentran adosadas a la idea de poder generar un espacio de desarrollo económico, social y ambiental.

La actividad de desarrollo eléctrico genera empleo desde la misma planta: su estudio, diseño, construcción, operación y cierre. Además de la actividad propia generada por el proyecto, la generación eléctrica fomenta el desarrollo de otras áreas de producción que dependen de la electricidad. Al tener una capacidad de generación mayor, se puede obtener un valor por MW más bajo. Entonces, las industrias tendrán menos costos fijos que se puede traducir en la expansión de las industrias.

Al expandir las industrias se crean nuevos cupos de empleos, incrementando la capacidad económica de las familias. De esta forma, la pobreza de todos los tipos disminuye, se crean opciones de acceso para la educación mejorando la cultura y creando nuevos puestos para las personas que desean ingresar al mundo laboral.

Por último, haciendo referencia al objetivo de desarrollo número 13, la acción por el clima para este tipo de actividad desplaza las plantas de generación eléctrica que no son amigables con el medio ambiente de la matriz energética. En específico, se comienzan a discontinuar los proyectos eléctricos que se basan en carbón, petróleo y gas, ya que estos producen un efecto negativo permanente en el medio ambiente.

2.1.3. Objetivos de desarrollo en conflictos

Se hace referencia a las consecuencias que una actividad puede traer aparejada ya que cualquier actividad humana tendrá un efecto sobre los puntos de desarrollo planteados por la ONU. En el empeño de cumplir un objetivo la consecuencia puede afectar el desarrollo, esto es inherente a los proyectos ya que toda acción tiene consecuencias. Este conflicto genera una paradoja a la hora de planear un proyecto respetando la sustentabilidad. Esos conflictos son los que se deben trabajar ya sea con acciones de mitigación o eliminando las consecuencias en atención al desarrollo sustentable.

El objetivo número 6 indica que para cumplir con el desarrollo sustentable los individuos deben tener acceso al agua potable, agua limpia y al saneamiento de las aguas residuales. A pesar que las hidroeléctricas no tenga efecto directo sobre estos factores, se ha demostrado, a través de estudios, que las represas si afectan la calidad de agua en cursos naturales debido al cambio en el transporte de sedimentos en el fondo de los ríos lo cual provoca cambios en las concentraciones de sólidos disueltos suspendidos y concentraciones de nutrientes (Chantha O. et al., 2018).

Los cambios en las concentraciones de nutrientes en el curso del río, se dan por el efecto de disminución y control del caudal que el río lleva naturalmente. Algunos nutrientes como el nitrógeno y el fósforo se transportan principalmente en partículas suspendidas en los cuerpos de agua (Fantin-Cruz et al., 2015). Esto provoca que en una eventual disminución de la rapidez del flujo o un cambio en el fondo del lecho del río, estas partículas puedan decantar y almacenar en las capas superficiales del fondo del río en cuestión (Billia & Estegoni, 2017).

El fenómeno de almacenamiento afecta aguas debajo de la zona de la actividad, puede llegar a provocar zonas anóxicas que no existirían en el régimen natural. Por consiguiente, estos tramos presentan un efecto negativo sobre los ecosistemas naturales adyacentes. Además, Billia & Estegoni (2017) demostraron que en épocas de mayor caudal como, por ejemplo, durante las lluvias, la mayor velocidad y volumen de agua provocará un aumento en la erosión de las capas superficiales. De esta forma, se llevará una alza súbita de concentración de ciertos elementos que pueden ser desde nutrientes a contaminantes absorbidos por estas capas de tierra.

Los ecosistemas terrestres y acuáticos se ven afectados por el hecho de que las Hidroeléctrica crea un almacenamiento de agua donde no hay naturalmente uno de estos. Además, al regular la salida de caudal de la represa, cambia el régimen hidrológico natural aguas abajo, alterando el hábitat del ecosistema.

2.2. Sustentabilidad nacional

2.2.1. Marco legal

En esta subsección, se investigaron los documentos legales vigentes en el estado de Chile y que regulan los proyectos de obras civiles mayores como lo son las Hidroeléctricas de Embalse que son el objeto de estudio del presente documento.

En primer lugar, se identificaron políticas y documentos que cubran cada uno de los tres ejes de desarrollo sustentable (ambiental, económico y social). El eje económico enfocado particularmente en desarrollo eléctrico está abordado con bases de fomento para pequeñas y medianas empresas, además del creciente llamado a licitación de proyectos eléctricos. Sin embargo, estos proyectos se enfocan en medidas más populares y menos eficientes que la actividad central de este documento, tales como energía solar y energía eólica.

El eje de desarrollo sustentable, que tiene que ver con el Medio Ambiente se resume en la creación del Ministerio del Medio Ambiente (MMA). El año 2010, comenzó a ponerse la situación del Medio Ambiente en la discusión pública. Para esa época, existía la ley 19.300 originalmente promulgada el año 1994, la cuál establece las bases generales del medio ambiente y dicta “El derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación” (Art. 1, Ley 19.300). La ley anteriormente descrita, ha sido modificada a lo largo del tiempo, siendo una de las más importante la modificación producida el año 2010 a través de la ley 20.417.

La ley 20.417 introduce cambios que apoyan la actualización de objetivos y la restructuración del organismo público encargado del tema del medio ambiente. Este documento legal presenta la creación del Ministerio de Medio Ambiente (MMA), la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA) y el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). Estos tienen como objetivo velar por el cumplimiento de las bases y, adicionalmente, controlar y fiscalizar los proyectos en territorio nacional. Con la creación de estas nuevas instituciones, se buscó terminar con la centralización de decisiones en temas de desarrollo de proyectos. De esta forma, al tener una representación regional de las instituciones, se puede vigilar que los intereses locales sean respetados.

Por último, el eje social se establece en la legislación nacional a través de la creación de Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) que utiliza el Sistema de Evaluación de Impactos Ambientales (SEIA) con el fin de evaluar los beneficios y consecuencias que un proyecto pueda tener. Para realizar un proyecto que contenga obras civiles, se deben verificar los artículos 10 y 11 de la ley 19.300, en ella se establecen las dos maneras de ingresar al SEIA: a través de una Declaración de Impactos Ambientales (DIA) o un Estudio de Impactos Ambientales (EIA). En este último (el cual será el caso de proyectos hidroeléctricos de embalse), se establece capítulo para la participación ciudadana. Es en esta instancia donde las comunidades y entidades que así lo deseen participan de la comunicación entre los agentes del proyecto, de esta manera se obtiene información relevante sobre las necesidades y preocupación de esas organizaciones

que orientarán las medidas de mitigación, entre otras acciones a implementar.

Así como la nueva estructura del MMA posibilita la participación de los individuos, el estado de Chile se preocupó de respetar la forma de vida de los pueblos indígenas cuando los proyectos puedan afectar su calidad y estilo de vida, para esto se firmó el año 2008 el Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT). Este convenio discutido el año 1989, se establece la obligación de los países firmantes a incluir a los pueblos originarios en las discusiones legislativas o administrativas que puedan afectar su hábitat.

2.2.1.1. Ley N° 19.300, Bases generales del medio ambiente.

La publicación de la presente ley junto con la modificación publicada bajo la ley 20.417, permitió la renovación de la institución pública encargada de la protección del medio ambiente, llamada Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). El año 2010 se realizó el cambio a las bases e instituciones que tienen que ver con la protección del medio ambiente, disolviendo la CONAMA y creando el Ministerio de Medio Ambiente (MMA). De esta forma, se le agregó valor y recursos a una rama nueva de la dirección del gobierno.

En conjunto con la creación de la MMA, se fundaron instituciones independientes como son el tribunal ambiental, el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) y la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA). Ambos tienen la finalidad de velar por la protección y conservación del medio ambiente a través de procesos administrativos y judiciales.

El tribunal ambiental es el agente encargado de zanjar disputas donde el medio ambiente esté como agente principal, muchas veces este organismo interviene después de que el SEA proclame su visión con respecto a un cosa o proyecto. Por otro lado, se tiene el SEA, organismo que evalúa y aprueba/rechaza proyectos que estén en proceso de diseño para su implementación. Procede a través de una ventanilla única de medio ambiente y del Sistema de Evaluación de Impactos Ambientales (SEIA). De esta forma, se podrá evaluar los beneficios y consecuencias que trae un proyecto en particular a la zona donde se emplaza. Finalmente, la superintendencia es la institución encargada de la fiscalización y seguimiento de resoluciones de proyectos y normas.

Además de los cambios en la institucionalidad, se instauran procedimientos que deben seguir los proyectos según su magnitud y efecto en el medio ambiente. A través de los artículos 10 y 11, la ley establece que tipo de obras deben ser sometidas a los procesos de evaluación ambiental.

El artículo N°10 comenta que tipo de proyectos deben estar bajo el procedimiento conocido como una Declaración de Impactos Ambientales (DIA). Este documento, es un estudio poco profundo donde el titular comunica las acciones y los posibles efectos que el proyecto creará. Sin embargo, las consecuencias serán leves y no necesitarán

medidas de mitigación. De estas obras se puede mencionar: Embalses, tranques o sifones que deban someterse a la autorización establecida en el código de agua, artículo 294¹; Líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje y subestaciones; centrales generadoras de energía mayores a 3 MW, entre otros tipos de obras.

Por otro lado, el artículo N°11 enumera los proyectos cuyas consecuencias son perjudiciales para la salud humana y el medio ambiente, por lo cual, deberán someterse a un Estudio de Impacto Ambiental (EIA). La EIA es un documento que profundiza en las diferentes variables del medio ambiente (natural y humano) que pueden verse afectados por el proyecto. Se busca mitigar y/o eliminar los efectos negativos, obligando al titular a desarrollar planes de mitigación, eliminación, seguimiento y monitoreo. Las consecuencias destacables: Efectos adversos significativos sobre cantidad y calidad de recursos naturales renovables; Reasentamiento de comunidades humanas, entre otras alteraciones.

2.2.1.2. Convenio 169, Sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes.

El convenio es un documentado que se discutió el año 1989 en el Conferencia General de la Organización Internacional del Trabajo (OIT). La idea nace de reconocer la influencia de los pueblos indígenas en la cultura.

En este convenio se establecen las obligaciones que tienen los gobiernos de reconocer a los pueblos indígenas como personas pertenecientes a la sociedad con derechos y obligaciones. Además, establece que se deben respetar sus tradiciones, costumbres y tierras a la hora de tomar decisiones.

Esto resulta muy importante en Chile pues tenemos varios pueblos originarios cuya descendencia sigue viviendo según las costumbres y tradiciones de sus respectivas etnias. Un caso emblemático de conflicto es el del pueblo Pehuenche y la construcción de la Central Hidroeléctrica Ralco, mismo que se expondrá más adelante.

2.2.2. Sustentabilidad energética

El principal documento que busca comprometer el futuro energético nacional con un plan sustentable es un informe impulsado por el ministerio de energía el año 2015 titulado “Hoja de Ruta 2050: Hacia una Energía Sustentable e Inclusiva para Chile”. En él se definen los objetivos principales con respecto a

¹ ARTICULO 294°.- Requerirán la aprobación del Director General de Aguas, de acuerdo al procedimiento indicado en el Título I del Libro Segundo, la construcción de las siguientes Obras:

- a) Los embalses de capacidad superior a cincuenta mil metros cúbicos o cuyo muro tenga más de 5m. de altura;
- b) Los acueductos que conduzcan más de dos metros cúbicos por segundo;
- c) Los acueductos que conduzcan más de medio metro cúbico por segundo, que se proyecten próximos a zonas urbanas, y cuya distancia al extremo más cercano del límite urbano sea inferior a un kilómetro y la cota de fondo sea superior a 10 metros sobre la cota de dicho límite, y
- d) Los sifones y canoas que crucen cauces naturales.

la matriz energética para poder llegar a una matriz con baja emisión de CO₂ y los ejes a estudiar para conseguir dichos objetivos.

Este documento entrega las directrices que permitirá una matriz energética cuyo 70%, como mínimo, provenga de fuentes renovables, especialmente desde la generación solar y eólica. Pero como ya lo hemos descrito ambas tienen entregas inestables hacia el sistema eléctrico, por lo cual, se incentivará la fuente hídrica por su cualidad de regulación.

Se busca minimizar los posible impactos sociales y ambientales con infraestructuras compatibles con los territorios, a través de procesos participativos robustos y resolver la pobreza energética e instauran un cambio del rol estatal en esta materia.

Para lograr esos objetivos se plantea una visión global y una local de los problemas, brechas y oportunidades en ambas escalas. Y para considerar todos los aspectos relevantes se deben atender los siguientes cinco factores en el desarrollo de proyectos:

- Energía Sustentable.
- Relación con las comunidades y pobreza energética.
- Gestión del territorio.
- Uso eficiente de energía y cultura energética.
- Innovación y desarrollo productivo.

En la presente investigación se estudiarán los tres primeros ejes ya que los dos últimos no se relacionan con los objetivos de este trabajo de título.

a) Eje de energía sustentable.

Se estudió la manera de incrementar la matriz energética debido al aumento de la demanda proyectada para los siguientes años. Sin embargo, este aumento de la producción eléctrica debe estar modelada considerando los objetivos anteriormente mencionados. Es decir, se busca la manera de fomentar el desarrollo de proyectos que estén acorde a los 3 ejes de desarrollo sustentable: social, económico y medio ambiente.

Dentro de este eje, los autores definen lineamientos a seguir por las políticas y decisiones para poder alcanzar los objetivos deseados. A continuación, se presentan algunas de las directrices que están en la línea de este estudio:

- Promover precios competitivos como una condición para el desarrollo sustentable.
- Promover una política ambiciosa de eficiencia energética que reduzca en forma costo-eficiente el crecimiento de la demanda, reduciendo impactos socio-ambientales.
- Promover la internalización de las externalidades socio-ambientales de la generación eléctrica mediante mecanismos de precio u otro enfoque donde este no resulte adecuado.

- Promover una alta penetración de energía renovable en la matriz energética con un mínimo de 70% al 2050.
- Promover un intercambio regional eficiente sin crear dependencias energéticas.
- Promover infraestructura costo-eficiente para enfrentar situaciones críticas derivadas de fuerza mayor.

De lo anterior se desprende que hay un cambio respecto de los fomentos, que se traduce en descartar o rechazar proyectos no sean amigables con el Medio Ambiente. Por otra parte, muchos de los proyectos existentes no son continuos y no soportarían conexiones internacionales.

Lineamiento	Acciones
<p>Promover precios competitivos como una condición para el desarrollo sustentable</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Eliminar barreras de competencia en generación. - Monitorear funcionamiento del mercado. - Transparentar la información del mercado de contratos y evaluar la creación de mecanismos de licitación para agrupaciones de clientes no sujetos a regulación de precios. - Levantar las barreras de entrada a las tecnologías renovables competitivas. - Establecer intercambios eficientes con países vecinos, asegurando que se evite el <u>dumping ambiental</u>².
<p>Promover la internalización de las externalidades socio-ambientales de la generación eléctrica mediante mecanismos de precio u otro enfoque donde este no resulte adecuado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Profundizar la normativa sobre emisiones locales, sistemas de enfriamiento y contaminación de suelo. - Desarrollar pérdida de biodiversidad neta nula. - Generar bases de información robustas sobre biodiversidad, en particular en cuencas con potencial hidroeléctrico. - Analizar cambios en el impuesto al carbono y la opción de cap and trade.
<p>Promover una alta penetración de energía renovable en la matriz energética con un mínimo de 70% al 2050.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Asignar recursos públicos y privados para mejorar la competitividad de las fuentes priorizadas sin contemplar subsidios con efecto que distorsionen el mercado eléctrico. - Implementar estándares de sustentabilidad en particular para la hidroelectricidad.

² “El eco-dumping o dumping-ecológico hace referencia a la venta de bienes a un costo que no internaliza los costos sociales de la degradación ambiental (por ejemplo contaminación, agotamiento de recursos, pérdida de biodiversidad, etcétera), generada por una determinada actividad productiva. Visto así, los productores que sí internalizan sus costos ambientales (por ejemplo, mediante equipo para el control de contaminantes, programas de restauración ecológica, adopción de tecnologías 'verdes', etcétera) se encuentran en una desventaja competitiva frente a aquellos productores que no lo hacen.” Ayala O. y Dante A., *Comercio, desarrollo e impacto ambiental: estudio de caso de la liberación comercial del maíz*, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo-Facultad de Economía.

	<ul style="list-style-type: none"> - Introducir exigencias técnicas y mecanismos para remunerar eficientemente los servicios complementarios tendientes a flexibilizar la operación del sistema eléctrico.
--	---

Tabla 2.2: Acciones eje energía sustentable.

Fuente: Hoja de Ruta 2050: Hacia una Energía Sustentable e Inclusiva para Chile, Ministerio de energía, 2015.

La solución que se presenta son las Plantas Hidroeléctricas de Embalse por ser una forma de generación limpia, segura y continua. Obviamente se debe trabajar minuciosamente para cumplir todos los requerimientos actuales y así garantizar la internalización de efectos y reducción de los impactos socio-ambientales.

Para poder atacar los lineamientos presentados anteriormente, los autores presentan una serie de acciones a desarrollar que se presentarán en la tabla 2.2.

b) Eje de relación con las comunidades y pobreza energética.

Para este eje se consideran los efectos sociales y económicos que tienen los proyectos eléctricos. El esfuerzo se orienta a generar una mejor comunicación entre privados, organismos estatales y la ciudadanía.

Además se considera el concepto de pobreza energética, que tiene que ver con la capacidad de entregar energía continua, a bajo costo y segura para todo ciudadano del país. Cuando se vulnera alguna de estas condiciones se considera pobreza energética. Estima además que el suministro debe acompañar el confort térmico y lumínico de la sociedad.

Al igual que en el eje anterior, se escogió aquellos lineamientos que competen a la producción de energía Hidroeléctrica. Los lineamientos se muestran en la lista siguiente.

- Asegurar que la población cuente con información masiva, oportuna y transparente, acerca del desarrollo de la infraestructura energética y los impactos que genera sobre sus conocimientos.
- Asegurar el fortalecimiento de actores, organizaciones y comunidades (indígenas y no indígenas) en materia de desarrollo energético.
- Asegurar que el desarrollo energético favorezca el desarrollo local definido por las comunidades (indígenas y no indígenas), de manera coherente con la estrategia nacional y regional. Se promoverá la implementación de proyectos impulsados por comunidades interesadas en aprovechar los recursos energéticos de su territorio.
- Garantizar, por parte del estado, la existencia de procesos formales de participación ciudadana en políticas, planes y proyectos, a nivel nacional, regional y local.

- Reducir la pobreza energética asegurando que los hogares cuenten con servicios energéticos básicos que le permiten cubrir sus necesidades.
- Asegurar el acceso continuo al suministro energético a las familias vulnerables, considerando estándares y criterios de seguridad y eficiencia, comunes a toda población.
- Reducir la relación entre el ingreso y el gasto energético de las familias vulnerables.
- Alcanzar estándares de confort térmico y lumínico en las viviendas de familias vulnerables.

Lineamiento	Acciones
<p>Asegurar que la población cuente con información masiva, oportuna y transparente, acerca del desarrollo de la infraestructura energética y los impactos que genera sobre sus conocimientos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar una ventanilla única que dispone de información energética rigurosa y relevante de una manera accesible, didáctica, fundada y de diversas fuentes. - Integrar la ventanilla única al sistema de información oficial que registre de manera permanente el acceso y calidad de la información sobre el desarrollo energético y permita una retroalimentación constante por parte de la población. - Desarrollar mecánicas que recojan las principales necesidades de información en materia energética y que garanticen su abordaje con pertinencia indígena y sociocultural. - Difundir información relevante sobre el desarrollo energético a través de campañas masivas a distintos públicos y con mecanismos diversos.
<p>Asegurar el fortalecimiento de actores, organizaciones y comunidades (indígenas y no indígenas) en materia de desarrollo energético.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Crear un registro único y oficial de organizaciones interesadas en el desarrollo energético, reconocidas oficialmente a nivel nacional. - Implementar un plan de información, formación y fortalecimiento de organizaciones. - Generar programas de fortalecimiento organizacionales para comunidades indígenas, bajo enfoque de derechos, que recoja los lineamientos del convenio 169.
<p>Garantizar, por parte del estado, la existencia de procesos formales de participación ciudadana en políticas, planes y proyectos, a nivel nacional, regional y local.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Implementar procesos educativos sobre participación ciudadana en proyectos. - Implementar, monitorear y evaluar criterios y estándares de participación para políticas, planes y proyectos a lo largo de todo el ciclo.

	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar mecanismos que permiten que permitan canalizar y resolver controversias manifestantes en política, planes y proyectos.
--	--

Tabla 2.3: Acciones eje relación con las comunidades y pobreza energética.

Fuente: Hoja de Ruta 2050: Hacia una Energía Sustentable e Inclusiva para Chile, Ministerio de energía, 2015.

Existen gran cantidad de lineamientos en este eje, esto es debido al escaso desarrollo en la interacción entre el ciudadano y los proyectos. No obstante, es una materia en la cual los autores desean ahondar.

Gran parte de los puntos hacen referencia a que el desarrollo energético pueda entregar seguridad y continuidad al sistema para que este suministro no sea una preocupación para los individuos. Lo que hace necesario producir energía a gran escala y con ello bajar los costos de la electricidad para el consumidor final y satisfacer las demandas de los mismo.

También existe la inquietud de generar espacios de comunicación entre las entidades involucradas en los proyectos y las comunidades. Así se genera un plan de acción según algunos de los puntos anteriormente presentados.

c) Eje de gestión del territorio.

Finalmente para este eje se estudia el efecto que tienen los proyectos eléctricos respecto del territorio donde se emplazan. Este factor es muy importante para el presente trabajo ya que existe gran impacto por la ocupación de territorio de los Embalses.

Los autores entregan directrices que tienen que ver con políticas de comunicación entre las entidades y las comunidades al efecto de construir un proyecto en una zona determinada. Estos son:

- Integrar y dar coherencia a los interesados de los diferentes actores, sectores, instituciones y escalas territoriales (nacionales, regional y local) asociados a la gestión de territorio para el desarrollo energético.
- Desarrollar un sistema de gobernanzas que proporcionen legitimidad social y política a la gestión territorial para el desarrollo energético.

Lo anterior se relaciones con la planificación oportuna y la comunicación entre las partes involucradas. De esta manera se intenta disminuir conflictos y discusiones. Es un esfuerzo por aminorar el riesgo de efectos y consecuencias no deseadas, se orienta a un desarrollo sustentable dentro de los tres ejes: ambiental, social y económico.

2.3. Matriz energética nacional

En este apartado se presenta una caracterización de la matriz eléctrica actual del país, identificando la participación de las diferentes fuentes de energía el impacto de la energía basada en las fuentes hídricas.

Para esto se consultó a entidades pertinentes al tema, encontrando reportes, informes y anuarios de diferentes instituciones privadas y públicas. En especial se pudo encontrar información a través de las plataformas digitales de la empresa SysteP, de la Comisión Nacional de Energía y el Coordinador Eléctrico Nacional. Además, se revisaron planes presentados por el ministerio de energía para la proyección eléctrica del país para los siguientes años.

2.3.1. Caracterización matriz energética nacional.

Se realizará una caracterización de la matriz energética actual de Chile. Para esto se indagó el estado de la matriz en el año 2019. Información que se encuentra disponible en el documento presentado por el Centro Nacional de Energía (CNE) titulado “Anuario estadístico de energía 2019”. Este transparenta la información relevante sobre la generación, distribución y compra de la energía eléctrica. Permite también identificar la generación en relación a las distintas fuentes de energía tal como se aprecia en la siguiente gráfica:

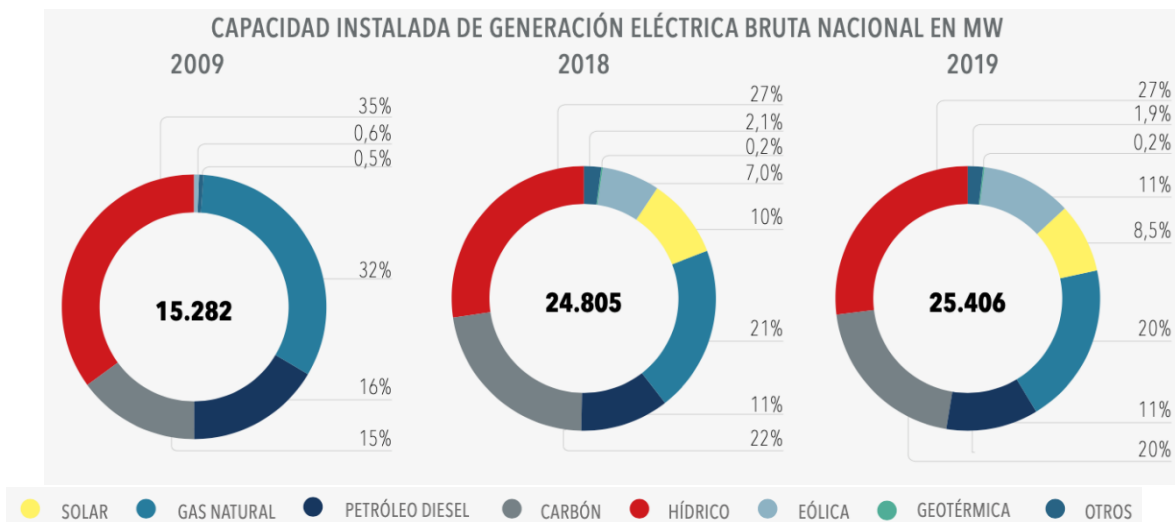


Figura 2.1: Discretización matriz energética 2019.

Fuente: CNE.

De la figura 2.1 se puede desprender que la energía generada por fuentes hídricas representa alrededor de un 27% de la matriz total, lo que equivale a 6679 MW. De este número, 3.355 MW son generados por hidroeléctricas de embalse, el resto son de hidroeléctricas de pasada.

Actualizando estas cifras, se buscó en la base de datos presentada en el sitio web del coordinador eléctrico nacional. Allí se puede encontrar los datos que,

a octubre 2020, la capacidad instalada 25.996,4 MW con una demanda máxima horaria de 10.900,4 MWh/h.

En el anuario comentado anteriormente, se comenta que la proyección de demanda anual para el presente año es de 71.658 MWh. Comparando este dato con el dato presentado por el coordinador eléctrico nacional, este se encuentra por sobre el valor de producción anual hasta octubre 2020 (64.470,5 MWh). Al estar bajo el valor de demanda esperado, se puede concluir que no se cubrirá la demanda para dicho año. Por otra parte, el anuario comenta que la proyección del año 2021 (que será de 73.234 MWh) revela que han de buscarse soluciones con proyectos que den seguridad para la satisfacción a la necesidad nacional.

2.3.2. Análisis centrales hidroeléctricas.

De la matriz energética anteriormente presentada, se tiene que 6.679 MW de capacidad instalada corresponden a energía producida por fuente hídrica. Consultando la página web del gremio de generadoras eléctricas de Chile, se obtuvo el dato de que existen 58 centrales hidroeléctricas instaladas en el país actualmente.

Esas 58 centrales son operadas por 7 empresas. La que tiene más centrales es la empresa Colbún con 20; luego Enel con 19 centrales, AES gener (5), Pacifichydro (5), Statkraft (5), Engie (2) y Latin American Power (2). En la tabla II, se puede observar la capacidad instalada de cada una de ellas, según tipo de central Hidroeléctrica.

Empresa	Tipo	Capacidad instalada MW
Colbún	Mini hidráulica de pasada	36
	Pasada	529
	Embalse	1069
Enel	Mini hidráulica de pasada	55
	Pasada	522
	Embalse	2980
Aes Gener	Mini hidráulica de pasada	44
	Pasada	227
Pacifichydro	Mini hidráulica de pasada	76
	Pasada	430
Statkraft	Pasada	371
Engie	Mini hidráulica de pasada	11
	Pasada	34
Latin American Power	Mini hidráulica de pasada	29

Tabla 2.4: Desglose de capacidad instalada hidroeléctricas.

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior, también se desprende que 4.049 MW son generados por centrales de Embalse, lo cual representa un 61% de la capacidad instalada con fuente hídrica. Toda esta producción se debe a 11 centrales de Embalse, 7 pertenecientes a la empresa Enel y 4 a la empresa Colbún.

En la tabla 2.4 se detalla la información de cada una de las centrales de Embalse que existen en el territorio nacional.

Central	Capacidad instalada MW	Ubicación región	Empresa
Ralco	690	Biobío	Enel
Pehuenche	570	Maule	Enel
Colbún	474	Maule	Colbún
Pangué	467	Biobío	Enel
El Toro	450	Biobío	Enel
Rapel	377	General Bernardo O'higgins	Enel
Angostura	328,1	Biobío	Colbún
Antuco	320	Biobío	Enel
Canutillar	172	Los lagos	Colbún
Cipreses	106	Maule	Enel
Machicura	95	Maule	Colbún

Tabla 2.5: Identificación centrales de embalse.

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente Colbún tiene 3 proyectos en desarrollo los cuales son: Central San Pedro (170 MW), Central Guiaquivilo Melado (316 MW) y la Central Los Cuartos de (93 MW). Estas tres aportarán una cantidad de 579 MW extras de capacidad instalada a la matriz.

Los 2.630 MW instalados equivalen a 41 centrales de pasada y de mini Hidroeléctricas de pasada. De estas centrales, solo 6 centrales sobrepasan los 100 MW de capacidad instalada. Al igual que en el caso de las centrales de Embalse, se identificarán las centrales que realicen un aporte a la matriz parecida a las centrales previamente mencionadas.

Tabla 2.6: Identificación de centrales de pasada sobre 100 MW.

Central	Capacidad instalada MW	Ubicación región	Empresa
Rucue	178,4	Biobío	Colbún
Abánico	136	Biobío	Enel
Alfalfal I	178	Metropolitana	Aes

Chacayes	122	General Bernardo O'higgins	Pacifichydro
La confluencia	163,2	General Bernardo O'higgins	Pacifichydro - Statkraft
La higuera	155	General Bernardo O'higgins	Pacifichydro - Statkraft

Tabla 2.6: Identificación de centrales de pasada sobre 100 MW.

Fuente: Elaboración propia.

Estas 6 centrales representan 932,6 MW de capacidad instalada, que corresponde al 35,4% de la influencia de las centrales de pasada en la matriz nacional. Es decir, una gran cantidad de centrales (35) cumplen con 1.697,4 MW. Cabe destacar que existen tres centrales de pasada en construcción actualmente que superarán los 100 MW de capacidad instalada, una es la Central Alto Maipo (531 MW) ubicada en la región metropolitana y administrada por AES Gener, esta consiste en 2 centrales de pasada en serie (Alfalfal II y Las Lajas). Otra es la central Los Cóndores (150 MW) situada en la región del Maule, administrada por Enel. Finalmente, la central Ñuble(136 MW) localizada en la región del Ñuble y administrada por Eléctrica Puntilla.

De la tablas 2.5 y 2.6 podemos resumir que tan sólo 17 de 52 centrales, a lo largo del país, dan seguridad al sistema entregando una capacidad instalada sobre los 100 MW. Por otra parte, la mayoría de las centrales se ubican en la zona central del país, principalmente entre las regiones del Maule y Biobío.

2.3.3. Avance con respecto al año 2019.

El informe de la Systeop presentado a fines del mes de octubre del año 2020, muestra la producción de energía de septiembre del año 2020 y la compara con la producción de energía del mismo mes del año 2019. En la siguiente figura 2.2 se puede observar la distribución de energía producida por cada fuente.

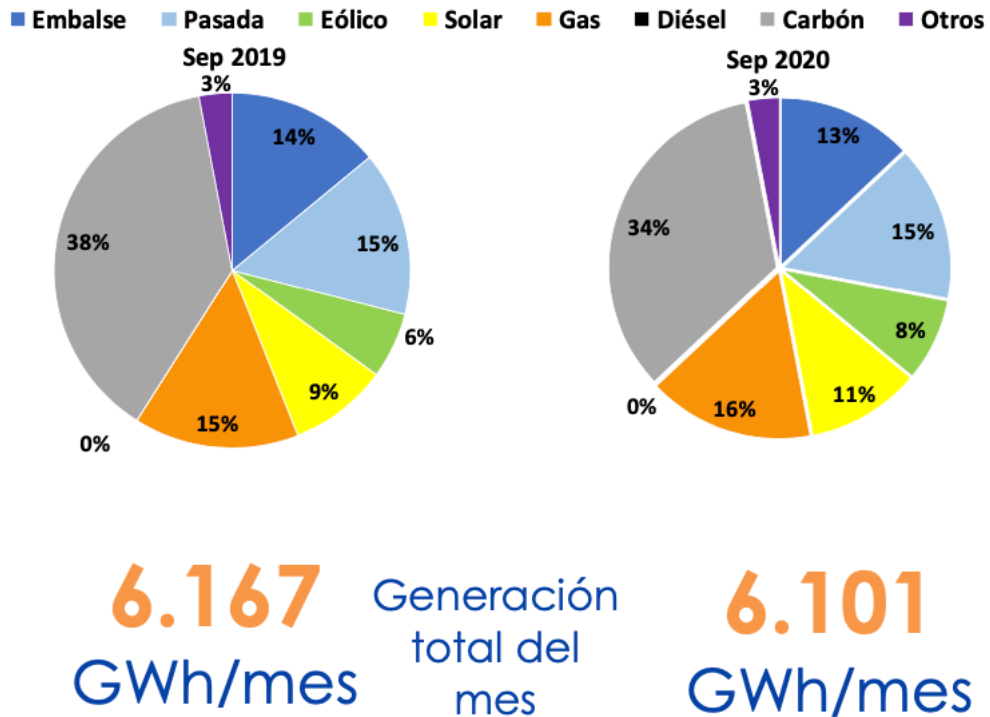


Figura 2.2: Distribución de energía generada.
Fuente: CEN

Se observa una disminución de generación a partir de carbón (9,9%) e hídrica (4,8%). En tanto que las fuentes renovables emergentes aumentaron, como la eólica (29,1%) y solar (19,1%). Lo anterior se puede deber al cambio estacional, aumento de radiación solar y disminución de las precipitaciones. Entonces, las cuencas se comienzan a nutrir en base al deshielo.

Por último, en este informe se presenta el desglose de la información del documento RE-372 “Declara y actualiza instalaciones de generación y transmisión en construcción”, donde se presenta la información de futuros proyectos que se podrían realizar en Chile. De allí se desprende que se espera que de estos proyectos 7.262 MW instalados entren al sistema. De estos, solo un 18% es de tipo hidráulico. Por lo cual, se ve una baja en el fomento de este tipo de generación.

2.4. Experiencia internacional con proyectos hidroeléctricos de embalse

Una vez identificada la situación nacional frente a las fuentes de energía y la posición de la energía hidroeléctrica dentro de la matriz, se investigará sobre la posición, opinión, experiencia y regulación de esta actividad en otros países. A continuación, se presentará información de situaciones en países extranjeros. La elección de estos se produjo por disponibilidad de información.

1. Sri Lanka

Se encontró una investigación realizada por Rizako Morimoto titulado “Incorporating socio-environmental considerations into project assessment model using multi-criteria analysis: A case of study of Sri Lankan hydropower projects”. En este documento se estudia el caso del proyecto Uma Oya, Hidroeléctrica de Embalse ubicada en la región de Uma Oya que genera 143 GWh/año.

Para este análisis se ocupó el método llamado multi-criteria assesment (MCA), que consiste en identificar diferentes aspectos que servirán como criterio para determinar los impactos provocados por un proyecto. Una vez identificados esos parámetros, se confecciona una base de datos para obtener coeficientes que generen la curva que mejor se ajuste a los datos de efecto de cada uno de los proyectos en dicha base de datos.

El autor definió la MCA según 3 criterios: costo de generación, costo de biodiversidad y costo de reasentamiento. Este modelo dio como resultado que el trade-off más significativo se encuentra entre el beneficio económico y el costo social y ambiental. El indicador económico, en general, arroja valor positivo, mientras que los indicadores sociales y ambientales entregan un valor negativo. Dentro de los últimos 2, el factor social es el que mayor peso tiene dentro del análisis.

Se logró identificar que el impacto social es tan grande por las diferencias presentadas entre el estudio de impacto ambiental y lo que sucedió en la realidad. En la EIA, la empresa, reportó que la acción de la presa provocaría una inundación de 170 ha. Pero el valor real de esta inundación fue bastante mayor, provocando el reasentamiento de 202 personas, contra los 0 reasentamientos comunicados en la EIA.

2. China

En el caso de China se analizará el documento propuesto por Tyler Harlan, Rui Xu y Jun que ha llamado “Is small hydropower beautiful? Social impacts of river fragmentation in China’s red river basin”. En esta investigación el autor pretende encontrar una relación entre las hidroeléctricas pequeñas y el efecto social de estas.

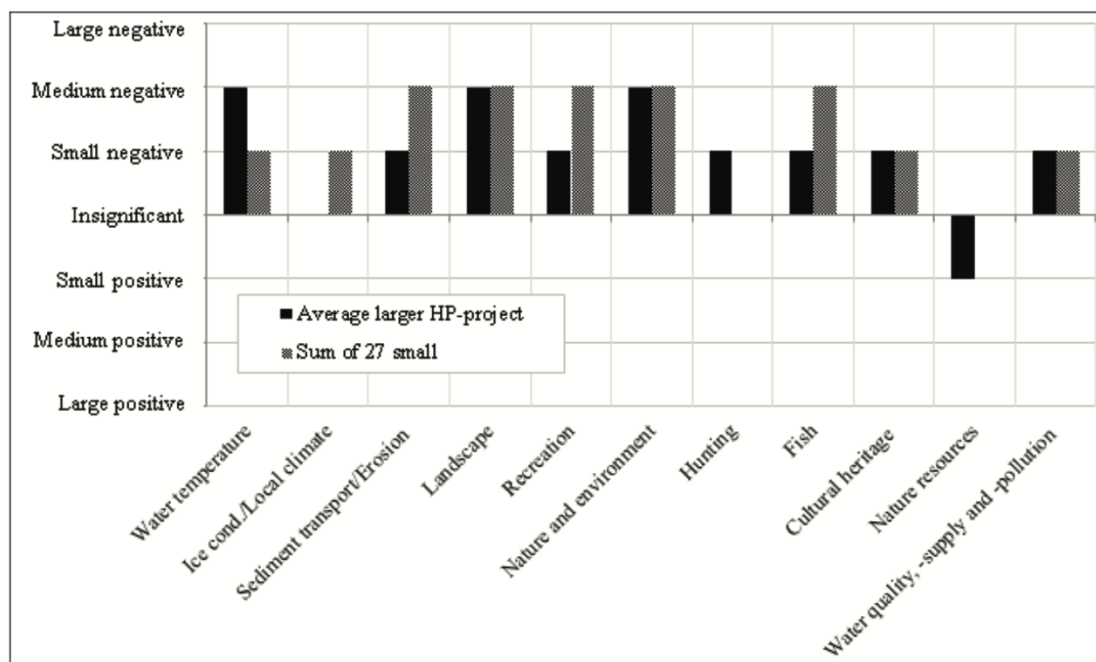
La cuenca en cuestión posee variadas centrales de pasada pequeñas a lo largo de ríos que forman la cuenca. Los autores realizaron encuestas a habitantes de diferentes pueblos cercano a cada una de las centrales. Los encuestados reportaron que recibían menor cantidad de agua (en comparación a el período anterior a la construcción de las centrales), lo que trae aparejado un efecto negativo en la agricultura y la calidad de agua. Sufren períodos de sequía, en los que la población no cuentan con el abastecimiento natural (de no tener una central de Embalse) capaz de generar un flujo de agua constante gracias a su almacenamiento.

3. Noruega

Para esta nación se tomo en consideración el trabajo realizado por Tor Haakon Bakken, Håkon Sundt, Audun Ruud y Atle Harby titulado “Development of small versus large hydropower in Norway – comparison of environmental impacts”. Este estudio tiene como objetivo comparar los impactos de las hidroeléctricas pequeñas versus las grandes, de esta forma intenta llegar a la conclusión si, ambientalmente hablando, es mejor tener varias estaciones pequeñas o pocas estaciones grandes.

En este estudio, los autores compararon 3 plantas hidroeléctricas con volumen de almacenamiento y características bio-geográficas similares. En contraste con una serie de centrales Hidroeléctricas pequeñas de las que se sumarán sus impactos. (Las centrales pequeñas se definen como aquellas que tienen una capacidad instalada inferior a 10 MW). Los autores promediaron los efectos de las 3 centrales grandes y las compararon con el impacto acumulado de 27 centrales pequeñas. Este procedimiento fue realizado por expertos en el área de asesoramiento ambiental en base a los efectos documentados en las EIAs. Este análisis dio como resultado lo mostrado en la figura siguiente creada por los autores.

Figura 2.3: comparación de impactos.



Fuente: Development of small versus large hydropower in Norway – comparison of environmental impacts, Haakon T. et al.

La figura 2.3 presenta una comparación entre los impactos promedios de una central de embalse (negro) y los efectos combinados de centrales de pasada (gris). De esto, se puede desprender que los efectos acumulados de las centrales de pasada son mayores que el efecto de la central de embalse excepto en dos categorías, temperatura del agua y la caza. Sobre este último los autores tienen discrepancias, si considerarlo un impacto ambiental o social, al igual que la pesca y la recreación.

Frente a este resultado, los autores comentan que pareciera ser que los proyectos de gran escala son mejores que varios pequeños. Sin embargo, se debe tener en cuenta de que este resultado no tiene un alto nivel de precisión por la forma en que los datos fueron obtenidos, los criterios de promedio, suma de los impactos y, por último, de la forma en que se consideraron los impactos. Debido a que asignaron el mismo peso a todos los impactos, aunque no siempre sea real ya que cada factor depende de la zona y la situación de las comunidades. Además, los efectos tienen mucha relación con la situación puntual de la ubicación del proyecto, lo que complica la comparación.

2.5. Percepción de la comunidad de proyectos hidroeléctricos

En el momento que se decide crear un proyecto, se debe tener en cuenta que siempre existirán opositores. A veces, gran parte de la sociedad se ha unido frente a empresas con el fin de que un proyecto no se lleve a cabo. Casos emblemáticos como la central Alto Maipo o la minera Dominga consiguieron tanta notoriedad que llegaron a posponerse sus construcciones.

La identificación de qué factores son perjudiciales en un proyecto se pueden cuantificar científicamente, lo que se traducirá en resultados cuantitativo de los impactos. Sin embargo, muchas veces el problema radica en la percepción de la ciudadanía frente a tipos de actividades.

Con el fin de entender la percepción de la sociedad frente a proyectos Hidroeléctricos, se ha llevado a cabo una revisión de documentos y estudios que reflejan las opiniones de los usuarios. La investigación de Mayeda y Boyd (2019) tiene como objetivo identificar razones comunes por las cuales, las personas no perciben los proyectos Hidroeléctricos como un beneficio. Ellos realizaron un análisis de publicaciones alrededor del mundo, encontrando 49 de ellas que comprendían la opinión de ciudadanos de países como India, Ghana, Cambodia, Canadá, China, Brasil, Grecia, Laos, Malasia, Austria, Etiopia, Kenia, Méjico, Filipinas, Portugal, Suecia, Tailandia y Turquía.

Los autores pudieron identificar 3 factores principales que afectan la percepción de las personas frente a este tipo de actividad. El primero de ellos es el impacto sobre la ecología y el medio ambiente, el segundo son los impactos socioeconómicos y el tercero es sobre el proceso de participación ciudadana.

Las personas asocian esta actividad con menor disponibilidad de agua, peor calidad de ésta, contaminación del aire y pérdida de flora. También comentan que este tipo de actividad tiene un efecto negativo sobre la calidad de suelo, afectando la agronomía cercana. Se identificaron efectos sobre la ecología del sector, indican un decrecimiento sobre la disponibilidad de peces y animales salvajes, todo lo cual afecta directamente a pescadores y cazadores locales que ven eliminada su actividad económica.

La ciudadanía describe un incremento de la sensación de inseguridad por vivir cerca de la obra. Temen a desastres como aluviones, erosión del suelo e inundaciones por el cambio en la hidrología. Finalmente se comenta el efecto sobre el paisaje, pero en este punto la opinión está dividida.

Cuando la central está en fase de construcción, las comunidades notan una mejora económica en la zona, que se traduce un mayor desarrollo social. Sin embargo cuando la planta comienza a operar estiman que los efectos positivos ya no están en el territorio y lo perciben como una desigualdad de los beneficios de la actividad. Comentan que el costo de conectarse a la red energética es muy alto y sienten que quedan en una situación empeorada. También tienen pérdidas de acceso y calidad de los suelos.

Las percepciones negativas suelen verse en comunidades estrictamente rurales. En otro tipo de poblaciones estos proyectos tienen una percepción de beneficios positivos. Manifiestan notar un desarrollo económico y de negocios de corto plazo, turismo y aumento de la eficiencia del trabajo. Junto con este desarrollo económico,

mencionan el desarrollo social que se traduce en un mejoramiento de la calidad de vida, un incremento en la infraestructura de servicios y el surgimiento de otro tipo de negocios.

Esta asunto se debe a que la gente no tiene los espacios de información, participación ni opinión sobre proyectos que tienen un impacto directo en su calidad de vida. Paralelamente alegan a la autoridad que no vela por los intereses de las comunidades directamente afectadas.

2.6. Proyectos hidroeléctricos nacionales polémicos

a. Central hidroeléctrica Ralco.

La central Ralco es una central hidroeléctrica de embalse ubicada en la comuna de Alto BioBío en la Región del Biobío. Esta central utiliza el escurrimiento del río Biobío para embalsarlo y de esta forma tener una capacidad instalada de 690 MW a través de turbinas del tipo Francis. Ralco comenzó su servicio el año 2004 por la empresa chilena Endesa que luego vendió en el 2016 parte de su matriz a Enel, quien es el actual operario.

La central Ralco es polémica por los conflictos con el pueblo indígena Pehuenche porque debido a la construcción de la central se inundaron alrededor de 3.467³ hectáreas dentro de las cuales se encontraba una zona sagrada y religiosa para el pueblo Pehuenche llamado cementerio Quepuca-Ralco (Espinoza et al., 2014). Además, se reasentó al pueblo cambiando su estilo de vida y afectando su calidad de vida.

Los Pehuenches son un pueblo originario que habita parte del territorio chileno, específicamente entre los ríos Biobío y Queco. Son un pueblo semi nómada, es decir, se trasladan entre invierno y verano, teniendo dos lugares de asentamiento principales. Los Pehuenches tienen una conexión ancestral con la naturaleza, de esta obtienen su alimentación, a través de la recolección, agricultura de subsistencia y la caza. Practican ritos vinculados con la tierra como el Nguillatún, donde se comunican con lo sagrado. (González-Parra et al., 2008).

Espinoza et al. 2014, realizaron un estudio sobre los efectos de dicha central sobre la calidad y la cultura propia del pueblo Pehuenche. A través de consultas y entrevistas conocieron las posiciones de los adultos y jóvenes frente al cambio que produjo el proyecto sobre su pueblo.

La comunidad percibe negativamente la relocalización, ya que por ella se perdió comunicación entre los vecinos; disminuyó el uso de la lengua pehuenche y disminuyó el contacto con la naturaleza y sus tradiciones ancestrales. Por otro lado, identifican como factor positivo los avances tecnológicos que les facilita ciertos aspectos de su vida y ayuda frente a los problemas climáticos de la zona.

b. Central hidroeléctrica Alto Maipo.

³ Dato extraído del informe de descripción de proyecto de la central Ralco, 1997.

La central hidroeléctrica Alto Maipo es un proyecto de la compañía AES Gener que comenzó su tramitación el año 2007 obteniendo una Resolución de Calificación Ambiental (RCA) positiva para el año 2009. El proyecto hidroeléctrico se ubica en la comuna de San José de Maipo, Región Metropolitana, específicamente en la cuenca alta del río Maipo.

La central Alto Maipo se compone de dos centrales de pasadas llamadas Alfalfal II y Las Lajas que tendrán una capacidad instalada combinada de 531 MW que utilizan el caudal de los ríos Yeso y Volcán (RCA, 2009). Aunque el proyecto fue aprobado el año 2009, aun no comienza su actividad de operación.

El conflicto surge con las comunidades y habitantes de la zona: socio-económicos por el uso del agua y por la ocupación de la zona puesto que la comuna de San José de Maipo fue declarada el año 2001 zona de interés turístico por el Servicio Nacional de Turismo (Folchi M. y Godoy F., 2016).

Estos problemas sociales se ven reflejados en el estudio elaborado por Mauricio Folchi y Francisco Godoy (2016) titulado “La disputa de significados en torno al proyecto hidroeléctrico Alto Maipo”. El análisis se sintetiza en las entrevistas con los diferentes actores involucrados en el proyecto.

Los habitantes de la cuenca del río Maipo ven en peligro sus fuentes laborales y su calidad de vida actual. A través de la Coordinadora ciudadana ríos del Maipo y la Unión comunal de juntas de vecinos de la comuna, canalizan sus preocupaciones frente al proyecto en cuestión.

Dentro de los miedos que manifiestan es el eventual efecto de desertificación. Argumentan que la desviación del curso del río provocará una disminución de la flora y fauna del sector. Por otra parte, que, la construcción de túneles que transportan el agua desviada tendrá repercusiones en la disponibilidad de aguas subterráneas. Lo que a su vez disminuye el atractivo turístico (naturaleza y deporte aventura) y la calidad de las tierras para el cultivo.

Estos mismos túneles deberán tener un desarenador (para poder evitar que partículas mayores de suelo puedan afectar el rendimiento de las turbinas). Este desarenador producirá alteraciones en el régimen sedimentario de la cuenca. Esto preocupa de a los areneros artesanales pues afecta su economía además de afectar la cantidad y calidad del recurso. En tanto que los canalistas, aguas debajo afectarán las obras de bocatoma.

Además de los impactos socio-económicos los vecinos expresan desconfianza en el proyecto, su titular y las autoridades. No conciben el proyecto como una hidráulica de pasadas. Los opositores argumentan que por el volumen de agua transportadas por los túneles de desviación y su longitud debería considerarse la central como de Embalse. Les resulta deficiente la definición de caudal ecológico. Lo que acarrea tanto problemas de sustentabilidad ambiental como económico en una zona eminentemente turística.

Esta disputa tiene una connotación emocional, que afecta los argumentos técnicos que pueda presentar la empresa. Sin embargo, los de los habitantes están siendo respaldados por la comunidad científica. En el congreso nacional

geológico nacional número XIV del año 2015, se publicó un documento bajo el nombre de “Impacto geológico Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo” (González et al., 2015).

En dicho documento se discuten algunas de las problemáticas técnicas que el proyecto contiene. Estas dificultades son del régimen sedimentario; impactos hidrogeológicos; posible contaminación de aguas superficiales por inclusión de agua de afloramiento subterráneo que puede contener materiales pesados como arsénico, plomo y cadmio; falta de estudios estructurales y geotécnicos en las obras civiles frente a sismos y efectos sobre los glaciares.

Los ingenieros autores del documento comentado, señalan que los efectos sobre el régimen sedimentario afectarán las obras actuales aguas abajo, provocando daños y cuantiosas inversiones para los privados.

El efecto sobre los glaciares se produce en la etapa de construcción de la obra, que se caracteriza por el levantamiento de material articulado que se adhiere a la superficie de los glaciares a través del transporte aéreo. Estas partículas aumentan el albedo del glaciar, aumentando la tasa de fusión y, por consiguiente, aumentando la tasa con la cual se derrite el glaciar.

Por otro lado, se argumenta la idea de que el túnel de la central es construido sobre una zona de permafrost de montaña. El permafrost es definido como una capa de suelo en profundidad con una temperatura igual o menor a cero grados Celsius ha existido por un largo tiempo o por dos años consecutivos, definición obtenida del mismo texto que los autores la extrajeron de Periglacial geomorphology, Embleton & King, 1975. Las temperaturas del permafrost de la zona se pueden ver afectada tanto en la construcción del túnel como en la operación de este.

3. Opinión general de proyectos hidroeléctricos de embalse

Con el fin de caracterizar la opinión general de la situación de las centrales Hidroeléctricas en el territorio nacional, se ha propuesto la realización de una encuesta ciudadana con el título “Opinión de centrales Hidroeléctricas de Embalse y desarrollo sustentable”, esta se encuentra en el Anexo A del presente documento.

En este sondeo se les preguntó a las personas sobre su opinión frente a las centrales hidroeléctricas de embalse, se les consultó sobre su postura frente a ver estas como solución a la creciente demanda eléctrica y su parecer frente al desarrollo sustentable. Cabe mencionar, que los sujetos participantes de esta encuesta, son elegidos de forma aleatoria, de forma voluntaria y se difundió a través de redes sociales. A continuación, se presentan las preguntas realizadas a los encuestados.

1. En general ¿Cree usted que la aplicación de centrales hidroeléctricas es una respuesta viable en términos de desarrollo sustentable?
2. En su opinión, clasifique el impacto que tiene una obra de generación eléctrica de embalse en los diferentes componentes socio-culturales y económicos en una escala que va desde impacto negativo alto a impacto positivo alto.
 - Cultura local.
 - Cultura nacional.
 - Calidad de vida aledaña.
 - Fomento desarrollo económico local.
 - Desarrollo económico nacional.
3. En su opinión, clasifique el impacto que tiene una obra de generación eléctrica de embalse en las diferentes componentes ambientales en una escala que va desde impacto negativo alto a impacto positivo alto.
 - Fauna acuática.
 - Fauna terrestre.
 - Flora en la ribera.
 - Flora cercana.
 - Disponibilidad de agua.
 - Calidad de agua.
 - Calidad de aire.
4. En su opinión, ¿Cuál es la mejor solución a la demanda energética según un desarrollo sustentable?
5. ¿Cuál de las siguientes medidas cree usted que es efectiva para el desarrollo sustentable?
 - Transparencia de informes e información de proyectos.
 - Bajada de información a través de boletines.
 - Mesas de trabajo y discusión.
 - Charlas informativas y educativas para comunidades directamente afectadas.
 - Integrar autoridades en el desarrollo del proyecto.

La pregunta N°1 tiene como objetivo conocer una opinión general de las personas, de esta forma caracterizar la mirada general que se tiene sobre las centrales hidráulicas de embalse. Por otro lado, las dos preguntas siguientes hacen referencia a un análisis más específico, intentando observar cuales son los parámetros conflictivos de las centrales.

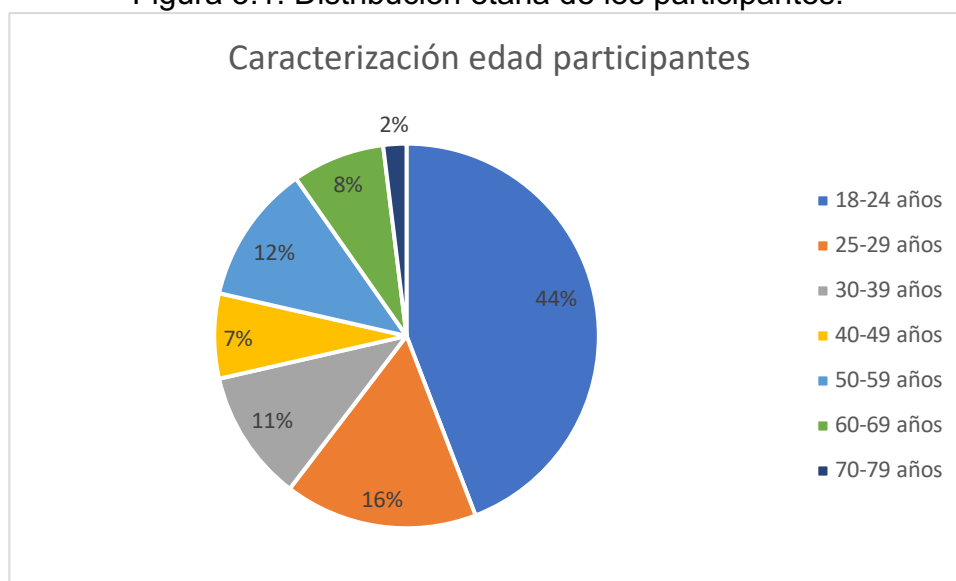
La pregunta N°4 intenta conseguir que las personas indiquen cuál es el sistema de generación eléctrica que ellos consideran como apropiada. Asimismo, se puede conocer cuál es el sistema con que las personas tienen un mayor contacto y/o información. Por último, la pregunta N°5 busca identificar maneras de ayudar en la aceptación de proyecto por parte de esos ciudadanos. Entonces, cada uno los individuos identificaron cuales es la mejor opción para alcanzar ese objetivo.

3.1. Resultados encuesta

La participación de la encuesta fue de 174 respuestas ingresadas, sin embargo, se tuvieron que eliminar algunas por un error del programa de recolección de datos. Por lo cual, el análisis se realizó sobre 154 respuestas validas. Estas 154 respuestas que corresponden a 154 personas diferentes a las que se les solicitó algunos datos que nos permitieron caracterizar la opinión general, para lo cual se preguntó: edad, sexo, área de profesión, región de nacimiento y de residencia.

Los participantes se distribuyen entre los 18 y los 79 años, no obstante, se tiene una mayor cantidad de respuesta entre los 18 y 29 años como se puede observar en la figura 3.1. De estas personas, 81 de ellas (52,6%) se identifican con el género masculino, 72 (46,8%) con el sexo femenino y 1 persona (0,6%) prefirió no contestar la pregunta.

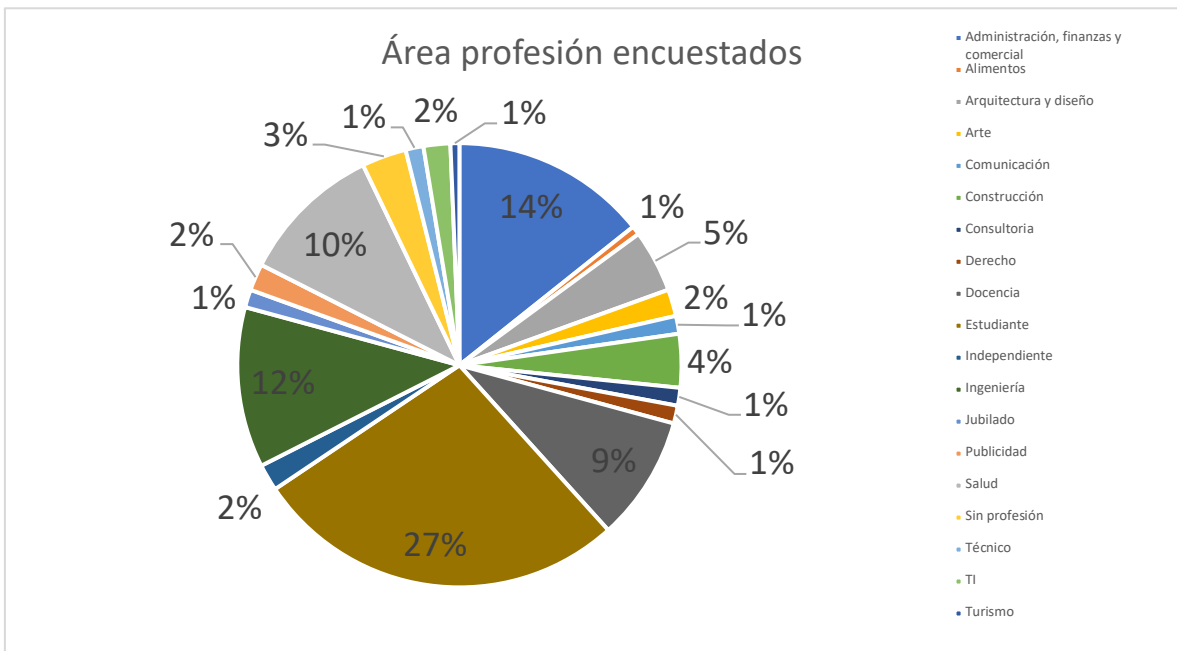
Figura 3.1: Distribución etaria de los participantes.



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al área de desempeño laboral, se encuentra una gran variedad de rubros que se agruparon en 19 áreas para el efecto de este análisis, en donde la mayoría de los encuestados aún estudia (27,27%); es seguido por el área administración, finanzas y comercial (14,29%). Ver figura 3.2.

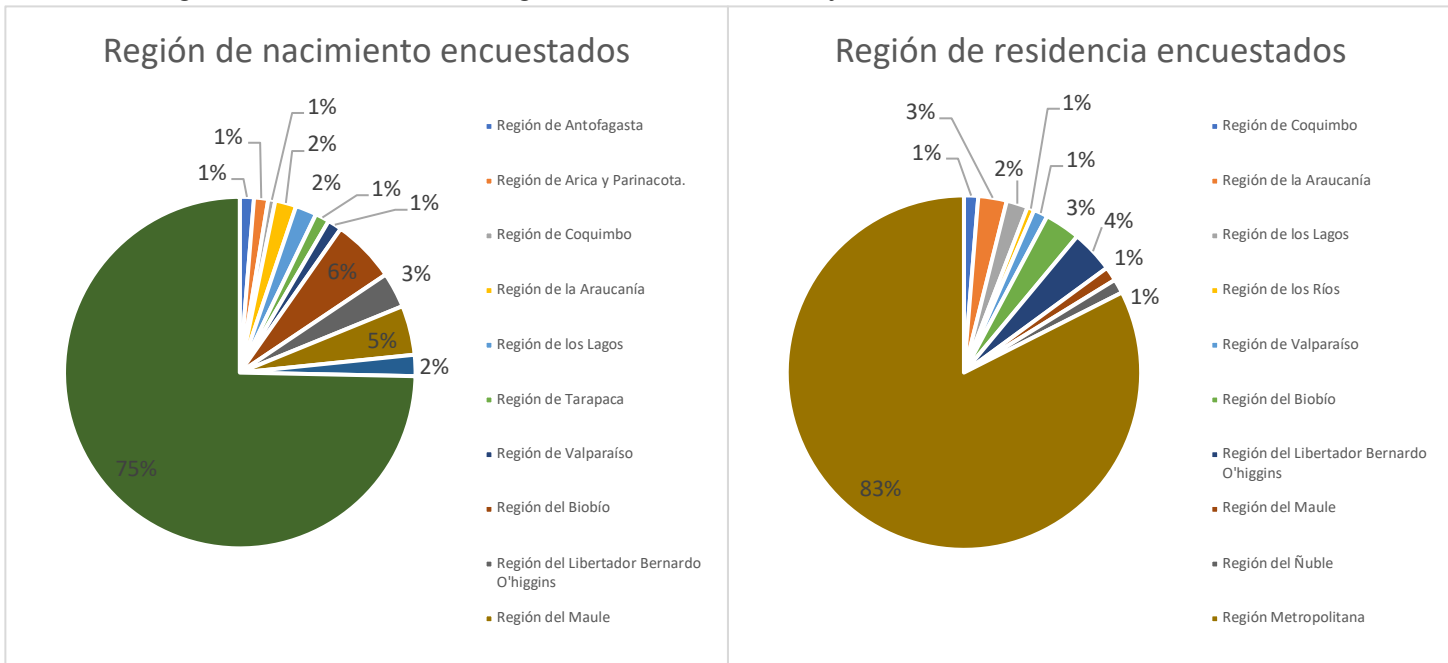
Figura 3.2: Distribución área profesión encuestados.



Fuente: Elaboración propia.

Por último, se quiso tener una referencia de la procedencia y lugar de residencia actual para determinar si ese factor afecta en la valoración de los elementos Medio Ambientales. Los resultados se muestran en la figura 3.3 y se observa que la gran mayoría provienen de la Región Metropolitana (74,68%) de los cuales también la mayoría vive en la misma región (82,47%).

Figura 3.3: Distribución regiones de nacimiento y residencia de los encuestados.



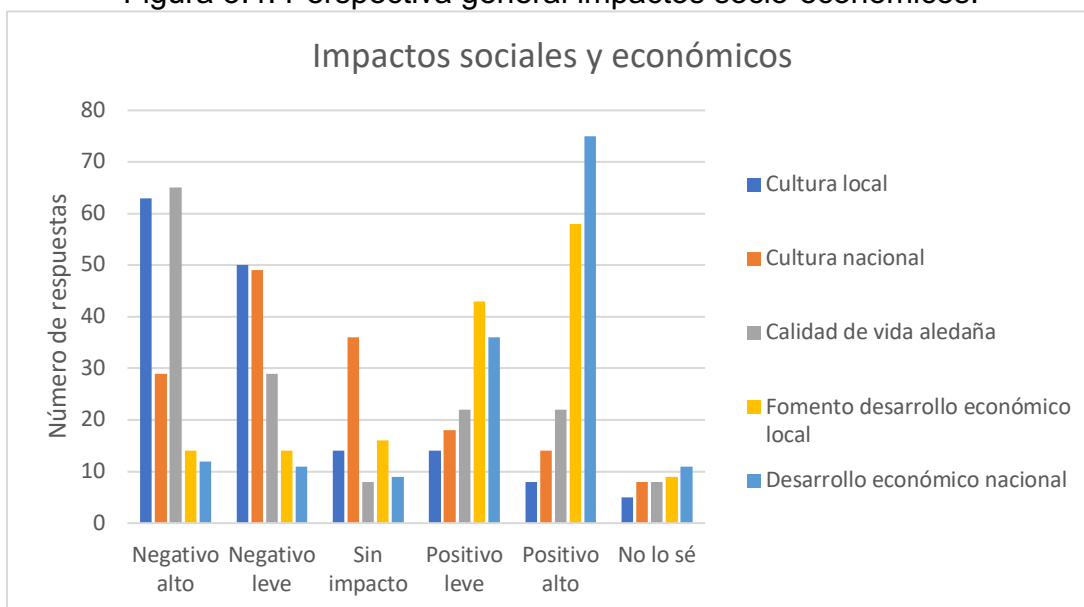
Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenidos los datos del participante, se procedió a consultar sobre la opinión de las centrales hidráulicas de embalse y los impactos que esta tiene sobre el medio ambiente completo. En cuanto a la opinión en términos generales sobre la aplicación de centrales hidroeléctricas de embalse como solución de desarrollo sustentable, se ve que las personas están divididas en cuanto a su opinión de este tema. 77 personas (50%) comentan que si es una solución de desarrollo sustentable mientras que 66

(42,86%) indican que no lo es. Sin embargo, 6 personas (3,9%) indican no tener conocimientos necesarios para contestar y otras 5 personas (3,25%) indican que si es posible, pero con restricciones de impactos ambientales. Estas 5 personas indican que puede ser efectiva pero que los impactos ambientales son sustanciales y Y que esos impactos deben abordarse de manera efectiva.

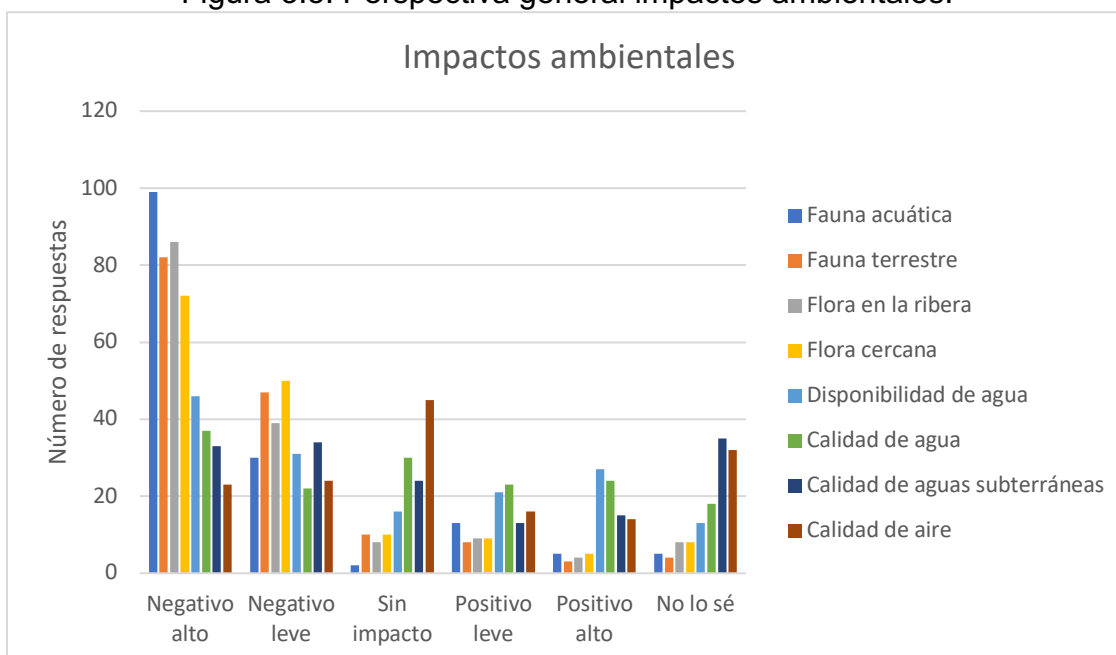
Considerando algunas variables ambientales, los participantes clasificaron estas variables considerando una central hidráulica de embalse. De esta manera se pudo conocer la perspectiva de la población frente a variables socio-económicas (figura 3.4) y las variables ambientales (figuras 3.5).

Figura 3.4: Perspectiva general impactos socio-económicos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.5: Perspectiva general impactos ambientales.



Fuente: Elaboración propia.

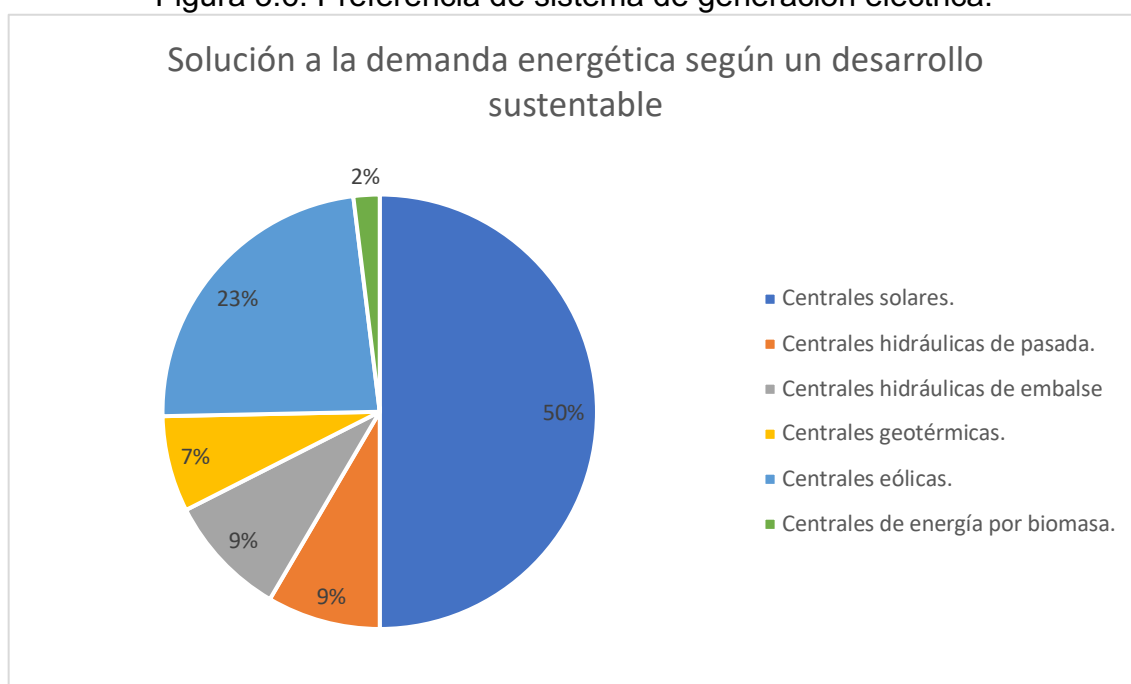
Además de los impactos mostrados anteriormente, los participantes tuvieron la opción de colocar variables no abordadas en el estudio que fueran de su interés. A continuación, se mencionan algunos de los comentarios obtenidos en esta pregunta de respuesta abierta:

- Impacto sobre el turismo.
- Impacto sobre salud humana.
- Impacto sobre fuentes de trabajo.
- Urbanización y aumento de población aledaña al proyecto.
- Impacto sobre el cambio climático.

Estos impactos señalados por los participantes apuntan al desarrollo económico y social de las ciudades y poblaciones cercanas. Además, existe preocupación por efectos a largo plazo como es el caso de salud humana por levantamiento de partículas en la construcción o el cambio climático.

La última sección contiene preguntas sobre el desarrollo sustentable. En la actualidad, gran parte del desarrollo económico e instrumentos de mejor calidad de vida, se basan en el uso de la electricidad. Por consiguiente, una de las preguntas realizadas apunta a que las personas identifiquen cual sería la mejor respuesta para la generación eléctrica en Chile. A través de la figura 3.6 se puede apreciar la tendencia de las personas a elegir la generación solar que otro tipo de fuentes.

Figura 3.6: Preferencia de sistema de generación eléctrica.



Fuente: Elaboración propia.

La última pregunta pidió a los encuestados que eligieran o señalaran medidas para facilitar o incluir en los proyectos en concepto de desarrollo sustentable. La medida más votada es la de Transparencia de información e informes de los proyectos con un 63,7%. El resto de las medidas, incluyendo algunas recomendadas por los participantes, se encuentran en la tabla siguiente.

Medida	Porcentaje de elección
--------	------------------------

Transparencia de información e informes de los proyectos	63,69%
Charlas informativas y educativas para comunidades directamente afectadas.	58,93%
Realizar mesas de trabajo y discusión.	52,98%
Integrar autoridades en el desarrollo del proyecto.	24,40%
Bajada de información a través de boletines.	19,05%
Integrar comunidades al desarrollo del proyecto de generación eléctrica.	Mencionado por 5 personas (3,25%).
Mejorar normativa existente con el fin de que sea más exigente. Mejorar los mecanismos de control y seguimiento.	Mencionado por 2 personas (1,30%).
Evitar la discusión política en temas de generación eléctrica.	Mencionado por 1 persona (0,65%).
Integrar a instituciones/organizaciones dedicadas a la preservación de la flora y fauna.	Mencionado por 1 persona (0,65%).
Contratar trabajadores provenientes de la zona afectada.	Mencionado por 1 persona (0,65%).

Tabla 3.1: Medidas desarrollo sustentable.

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Análisis de resultados

En primer lugar, cabe destacar que la opinión pública frente a la utilización de centrales hidroeléctricas de embalse como una solución de desarrollo sustentable se encuentra dividida. A través de las figuras 3.4 y 3.5, se puede observar que las respuestas de las personas categorizan los impactos de las centrales en las diferentes componentes mayormente como negativa, excepto por las componentes económicas. En otras palabras si bien esta actividad de generación eléctrica es más sustentable, comparativamente hablando según los encuestados respecto a otras fuentes de energía, esta no deja de tener para ellos una connotación negativa.

De los 154 participantes de la encuesta, se analizarán las opiniones de ambos sexos frente a la viabilidad de la generación hidroeléctrica de embalse como una solución de desarrollo sustentable. En primer lugar, las personas que se identifican con el sexo femenino presentan respuestas sin una inclinación clara (48,61% de afinidad y 47,22% de rechazo). Por otro lado, las personas que se identifican con el sexo masculino presentan una preferencia por este tipo de proyectos con un 53,01% de positividad frente a la pregunta.

Para esta misma consulta, se estudiarán las opiniones según los rangos etarios. De acuerdo con las respuestas recibidas se tiene una tendencia de mayor aceptación a medida que se tiene un mayor rango etario. Sin embargo, las personas participantes de menor edad (18 – 24 años) presentan una opinión mayoritariamente negativa.

La figura 3.6 indica que la preferencia en generación eléctrica es mayoritaria para la generación solar con un 50%; seguida por las centrales eólicas (23,38%) y en el tercer lugar aparecen las centrales Hidroeléctricas de Embalse con un 9,09%.

En cuanto a rango etarios, en la tabla 3.2, la energía solar y eólica es preferida transversalmente. En tanto que la geotermia es una opción que decrece a medida que aumenta la edad de los encuestados. Podría deberse a que esta generación es relativamente nueva. Las preferencias por las Centrales de Embalse disminuyeron hasta cero en las edades entre 30 y 49 años, muy similar al ranking que presentan las Hidroeléctricas de pasada, siendo tercera o cuarta alternativa.

Rango edad (años)	Número de respuestas	Energía por biomasa	Energía eólica	Energía geotérmica	Energía hidroeléctrica embalse	Energía hidroeléctrica pasada	Energía solar
18-24	68 (44%)	3	12	8	7	4	15
25-29	25 (16%)	0	3	1	3	3	15
30-39	17 (11%)	0	5	1	0	3	8
40-49	11 (7%)	0	5	0	0	2	4
50-59	18 (12%)	0	6	0	3	0	9
60-69	12 (8%)	0	3	1	1	1	6
70-79	3 (2%)	0	2	0	0	0	1

Tabla 3.2: Preferencias por edad.

Fuente: Elaboración propia.

4. Índice de sustentabilidad

En esta sección se ahondará sobre los principales índices de sustentabilidad que son utilizados por las empresas para evaluar el impacto en los diferentes ámbitos que abarca la sustentabilidad. Lo realizaremos por medio de una revisión de estudios de impacto ambiental (EIA) de proyectos Hidroeléctricos en Chile. Los procedimientos utilizados mayoritariamente para determinar esos efectos en los distintos parámetros ambientales.

En la plataforma virtual del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) se puede identificar el proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, el proyecto Hidroeléctrico Huequecura, el proyecto Hidroeléctrico Achibueno, proyecto Hidroeléctrico Aysen, proyecto Hidroeléctrico Molinos de Agua, proyecto Hidroeléctrico Angostura y proyecto Hidroeléctrico Ralco.

De los proyectos mencionados la mayoría son centrales Hidroeléctricas de pasada, debido a la poca cantidad de centrales de Embalse construidas desde la implementación del Sistema de Evaluación Ambiental (SEIA). Además, sólo contemplan las fases de construcción y operación, no consideran las etapas de prefactibilidad, factibilidad y cierre.

De las centrales estudiadas, se obtuvo que la manera en que se analizaron los impactos de las actividades a realizar es a través de dos mecanismos. El primero de ellos se denomina matriz de causa-efecto, este primer procedimiento se utiliza con el objetivo de identificar las variables ambientales afectadas por actividad realizada. Esta matriz ordena de forma vertical las actividades identificadas y de forma horizontal las variables ambientales. Se intersectan las actividades con las variables y, de esta forma, se identifican los efectos.

Una vez identificadas las variables impactadas, se procede a realizar una segunda metodología de análisis llamada Calificación Ambiental por Impacto (CAI). Este índice permite clasificar los impactos identificados por la matriz causa-efecto según diferentes parámetros que serán explicados más adelante.

La aplicación de ambos procedimientos entrega una información acabada de los impactos de cada actividad. Por lo cual se procederá a recopilar datos de actividades necesarias para el desarrollo de un proyecto de central Hidroeléctrica de Embalse, para introducirlas en una matriz Causa-Efecto y, por último, clasificarlas según el índice de Calificación Ambiental (CA).

4.1. Matriz causa-efecto

Primero se analizará una herramienta que permite identificar los impactos posibles de diferentes actividades de un proyecto. Este método de identificación y clasificación por actividad es conocida como la Matriz de Leopold.

Fase de proyecto	Actividades
Fase prefactibilidad/Factibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Estudio de mercado; • Estudio tecnológico; • Estudio financiero; • Estudio administrativo; • Primeros acercamientos;
Fase de ingeniería básica	<ul style="list-style-type: none"> • Exploración en terreno; • Estudio de ingeniería; • Estudio ambiental;
Fase construcción	<ul style="list-style-type: none"> • Contratación de personal; • Habilitación de campamentos; • Adquisición de insumos y servicios; • Construcción/mejoramiento de caminos; • Aumento flujo vehicular; • Preparación de terreno para obras superficiales; • Preparación de terreno para obras subterráneas; • Habilitación y operación de planta de hormigón; • Habilitación y operación de centro de acopio; • Construcción de obra de desvío; • Construcción de obra de aducción; • Construcción rápido de descarga; • Construcción canales de restitución; • Construcción de presa; • Preparación de área de inundación; • Construcción edificación; • Construcción subestación eléctrica; • Construcción línea de transmisión;
Fase operación	<ul style="list-style-type: none"> • Contratación de personal; • Operación de embalse; • Presencia de lago artificial; • Flujo vial; • Servicios básicos para personal;
Fase cierre	<ul style="list-style-type: none"> • Contratación de personal; • Instalación faena; • Instalación campamento;

	<ul style="list-style-type: none"> • Servicios básicos para el personal; • Sitio de acopio; • Desmantelación edificación; • Desmantelación presa; • Desmantelación obras; • Descarga del embalse; • Dragado; • Revegetación y reforestación de franja árida y área ribereña;
--	--

Tabla 4.1: Actividades por fase de proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

En la matriz de causa-efecto, se apuntarán en forma horizontal todos los parámetros ambientales, mientras que en la primera columna vertical se ingresarán las actividades que se desarrollarán en un proyecto hidroeléctrico de embalse genérico.

Para el proceso de identificación de actividades en cada fase del proyecto, las cuales corresponden a la fase de prefactibilidad, fase de factibilidad, fase de ingeniería básica, fase de construcción, fase de operación y fase de cierre. En la tabla 4.1 se muestran las actividades identificadas por fase a través de revisión de proyectos existentes.

Una vez definidas las actividades a analizar, se determinan los componentes ambientales que se deben tener en cuenta a la hora de estudiar un proyecto hidroeléctrico. Los componentes se dividirán en Humano y Medio Ambiente Natural. El componente Humano estará subdividido en variables Sociales y Económicas. En tanto que Medio Ambiente se subdividirá en flora, fauna y Medio Ambiente físico.

Para identificar todas las variables a analizar se consultaron estudios de impacto ambiental de los proyectos ya mencionados en el sitio web del SEA. Las variables ambientales se seleccionaron por criterios de afectación incluidos en los distintos estudios de impacto.

A continuación, se explica de modo general cada variable:

- **Componente humano-social**
Este primer componente abarcar las diferentes aristas que pueden afectar la calidad de vida de las personas tanto a nivel local como nivel nacional. Se buscarán los efectos sobre aspectos como la cultura, actividad y calidad de vida. En la investigación bibliográfica se hallaron las variables de sitios religiosos, paisaje, calidad de vida en general, alteración de costumbres, ruido y vibraciones.
- **Componente humano-económico**
Por su parte, el componente económico es sumamente importante para la vida de las personas en general. Un proyecto hidroeléctrico trae beneficios económicos directo a las personas encargadas de él, sin embargo, se ven colateralmente afectados otras personas. Aspectos como disponibilidad de empleo, desarrollo de nuevas industrias y efectos sobre el turismo son componentes que deben ser analizados a la hora de estudiar los impactos de este tipo de actividad.
- **Componente medio ambiente natural**

Los proyectos se deben analizar sobre todos los seres vivos, por lo cual se procederá a estudiar los efectos en fauna terrestre, fauna acuática y flora.

- Fauna terrestre: La fauna terrestre aledaña a las zonas del proyecto se verá de dos maneras, uno que tiene relación con el hábitat y el segundo por los recursos que les son imprescindibles. Por ello las variables vinculadas a la fauna terrestre son efectos sobre intervención física en el hábitat, efectos por calidad de agua, ruido y vibraciones.
- Fauna acuática: Hay que tener en cuenta la fauna que será afectada directamente por la desviación y alteración del cauce natural a intervenir. Es necesario investigar los efectos en la disponibilidad de agua (que cambiará los regímenes sedimentarios que a su vez repercutirán en la calidad de estos, todos los cuales intervienen en el natural funcionamiento de este tipo de sistemas.
- Flora: Es necesario analizar los efectos sobre la flora que está tanto cerca a las obras del proyecto, como la afectadas por la construcción de caminos y ribereña del río intervenido. Se debe indagar sobre la pérdida de vegetación por construcciones y las alteraciones en la ribera por el cambio de calidad y disponibilidad de agua con respecto al régimen natural.
- Componente medio ambiente físico
Se observarán los efectos sobre los componentes físicos que se verán alteradas por las actividades. Se identifican tres componentes principales aire, agua y suelo.
 - Aire: Este componente se verá impactado por el levantamiento de material particulado a la atmósfera y la emisión de gases, por el aumento de flujo vehicular en la zona. Por lo tanto, cambiará la calidad y componentes de este, que puede dañar la salud de flora, fauna y salud humana adyacente al proyecto.
 - Agua: Será impactada por el cambio en los caudales en relación con un régimen natural. Trastornará el régimen de arrastre de sedimentos, provocando cambios en el lecho del río y teniendo más partículas en suspensión. Adicionalmente, cambia la calidad de agua al tener más sólidos suspendidos.
 - Suelo: Esta actividad provoca un efecto sobre la calidad del suelo en donde se emplazan. Y sus construcciones subterráneas afectan las formaciones geológicas.

A modo de resumen, se presenta la tabla 4.2 donde se presentan las variables mencionadas clasificadas en cada componente.

Componente	Variable
Humana	<ul style="list-style-type: none"> • Sitio religioso; • Paisajismo; • Calidad de vida comunidades cercanas; • Alteración costumbres locales; • Sitios arqueológicos; • Empleos; • Fomento industrias existentes; • Desarrollo de nuevas industrias; • Ruido;
Medio ambiente natural	<ul style="list-style-type: none"> • Ruido; • Fauna terrestre; • Fauna acuática; • Flora terrestre; • Flora acuática;
Medio ambiente físico	<ul style="list-style-type: none"> • Aire; • Calidad de agua; • Hidrología; • Hidrogeología; • Suelo;

Tabla 4.2: Variables por componente ambiental.

Fuente: Elaboración propia.

Se confecciona una matriz para cada una de las fases previamente descritas donde se cruzarán con las variables ambientales de la tabla 4.2. Se usa la matriz Causa-efecto para las fases de prefactibilidad, factibilidad, ingeniería básica y construcción (presentada en la tabla 4.3.). Se observa que la mayor cantidad de impactos se encuentran en la etapa de construcción, esto debido a que las fases anteriores son desarrolladas en oficina y no en terreno.

Los impactos que se pueden desarrollar en las fases de prefactibilidad, factibilidad e ingeniería básica están vinculados con los primeros acercamiento y relaciones con las comunidades. Es vital entablar comunicaciones con autoridades y la población general, y de esta manera disminuir la ocurrencia de conflictos y, al mismo tiempo, obtener información relevante de los lugareños.

A la fase de ingeniería básica han de incluirse los estudios del Medio Ambiente natural y físico que provocará leves impactos en el ecosistema. En esta etapa se comenzarán a realizar los trámites legales y administrativos que expondrán los proyectos al público general. Estos pueden generar contratiempos por temas sensibles para las comunidades que deben ser tratados con delicadeza. En estos procesos ayuda el contacto directo con la comunidad.

La etapa de construcción de la central hidroeléctrica de embalse es la situación más visible para las personas en cuanto a sus efectos positivos y nocivos hacia el Medio Ambiente. En la mayoría de los estudios revisados, comienzan desde esta fase el análisis de impactos ambientales. Por esta razón, la información de comparación y argumentación es más extensa en esta sección.

Para generar la matriz de Causa-Efecto de la fase de construcción, se procedió a revisar proyectos hidroeléctricos de embalse anteriores en la página web del SEA. Allí se revisaron los proyectos Angostura y Ralco, donde se extrajeron las actividades y componente que se cruzaron con los elementos descritos en el presente proyecto.

Una vez construido el proyecto, comenzará la fase de operación de la central de embalse. Aquí los principales impactos se deben por la acción propia del embalse. Este provoca una regulación de los caudales, cambio de régimen hidrológico de la cuenca, cambio en el régimen sedimentario que a su vez cambia la calidad del agua por los sólidos disueltos y suspendidos adicionales.

Por último, se tiene la fase de cierre. En esta etapa se termina la operación del embalse y la central debe ser cerrada. No obstante, en Chile no existe una legislación o norma que indique como se deben cerrar estos proyectos. Por consiguiente, se utilizará como base la ley 20.551 que contempla una regulación del cierre de faenas mineras.

La etapa de cierre considera la desmantelación de las obras, en un esfuerzo por volver a la situación previa del proyecto. Estas faenas pueden causar efectos similares a los de la fase de construcción teniendo que instalar campamentos y otras dependencias.

La matriz de causa-efecto de la fase de operación y la fase de cierre se presentan en la tabla 4.4.

Fase	Actividad/Componente	Sitios religiosos	Paisajismo	Calidad de vida comunidad	Alteración costumbres locales	Sitios arqueológicos	Empleos	Fomento industrias	Desarrollo nuevas industrias	Ruido	Fauna terrestre	Fauna acuática	Flora terrestre	Flora acuática	Aire	Calidad de agua	Hidrología	Hidrogeología	Suelo
Prefactibilidad / Factibilidad	Estudios de mercado																		
	Estudios tecnológico																		
	Estudios financieros																		
	Estudios administrativos																		
Ingeniería Básica	Primeros acercamientos			x	x														
	Exploración en terreno			x	x			x			x	x	x	x					
	Estudio de ingeniería																		
Construcción	Estudio ambientales										x	x	x	x					
	Contratación de personal			x	x		x		x										
	Habilitación de campamentos			x							x		x						x
	Adquisición de insumos y servicios			x	x		x	x	x										
	Construcción/mejoramiento de caminos			x						x	x		x		x				
	Aumento flujo vehicular			x	x					x	x		x		x				
	Preparación de terreno para obras superficiales	x		x						x	x		x		x				x
	Preparación de terreno para obras subterráneas			x						x	x		x		x			x	x
	Habilitación y operación de Planta de hormigón	x		x						x	x		x		x				x
	Habilitación y operación de Centro de acopio	x		x						x	x		x		x				x
	Construcción Obra de Desvío		x	x							x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Construcción Obra de aducción		x	x							x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Construcción Rápido de descarga		x	x							x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Construcción Canales de restitución		x	x							x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Construcción de presa		x	x							x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Preparación de área de inundación	x	x	x			x				x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Construcción Edificación		x	x							x	x		x		x			x
	Construcción Subestación eléctrica		x	x							x	x		x		x			x
	Construcción Línea de transmisión		x	x							x	x		x		x			x

Tabla 4.3: Matriz causa-efecto fases Prefactibilidad, factibilidad, Ingeniería básica y Construcción

Fuente: Elaboración propia.

Fase	Actividad/Componente	Sitios religiosos	Paisajismo	Calidad de vida	Alteración costumbres locales	Sitios arqueológicos	Empleos	Fomento industrias existentes	Desarrollo nuevas industrias	Ruido	Fauna terrestre	Fauna acuática	Flora terrestre	Flora acuática	Aire	Calidad de agua	Hidrología	Hidrogeología	Suelo
------	----------------------	-------------------	------------	-----------------	-------------------------------	----------------------	---------	-------------------------------	------------------------------	-------	-----------------	----------------	-----------------	----------------	------	-----------------	------------	---------------	-------

Operación	Contratación de personal			x	x		x												
	Operación de embalse				x							x			x	x			
	Presencia de lago artificial	x	x	x	x	x					x		x		x	x	x	x	
	Flujo vial		x		x					x	x		x		x				
	Servicios básicos para personal			x			x	x											
Cierre	Contratación de personal						x		x										
	Instalación de faenas			x						x		x		x				x	
	Instalación campamento			x						x		x		x				x	
	Servicios básicos personal						x	x	x										
	Sitio de acopio		x							x			x		x				
	Desmantelación edificación		x							x	x				x				
	Desmantelación presa		x							x	x				x				
	Desmantelación obras		x							x	x				x				
	Descarga embalse		x	x	x						x	x		x	x	x	x	x	x
	Dragado											x		x		x			x
	Revegetación y reforestación de franja árida y áreas ribereñas		x											x					x

Tabla 4.4: Matriz causa-efecto fases Operación y Cierre.

Fuente: Elaboración propia.

En las matrices de Causa-Efecto queda en evidencia que las etapas de prefactibilidad, factibilidad e ingeniería afectan principalmente los componentes humano. Las fases posteriores no tienen un componente principalmente afectado, si no que todos se ven impactados aunque ese impacto sea leve.

4.2. Índice de Calificación Ambiental

Determinadas las actividades con potenciales efectos sobre distintos componente medio ambientales se realiza una metodología para asignarle una calificación. Y así determinar una clasificación de cada actividad.

Para encontrar una metodología de medición de impactos se investigaron los procesos que actualmente utiliza la industria. Dentro de las cuales se encuentra el índice de Calificación Ambiental que es una forma de calificar diferentes acciones a través de parámetros de medición, los que son ponderados.

El índice de calificación ambiental por impactos es una metodología basada en la matriz de Conesa creado por Vicente Conesa en 1997. Él instauró una metodología que permite evaluar los impactos en diferentes variables ambientales a través de varios aspectos. Pero esta matriz es de compleja en la implementación en los diferentes tipos de proyecto. Por lo cual, se ha ido modificando.

La evolución está actualmente definida por un procedimiento donde se identifican los posibles impactos a través de una matriz de causa-efecto para, posteriormente, ser evaluados a través de 7 parámetros que se describen a continuación y que, posteriormente, se indican los valores que cada una puede adquirir en la tabla 4.8.

- **Carácter (Ca):** Indica si la actividad provoca un efecto positivo o negativo sobre la variable ambiental.
- **Intensidad (I):** Asigna un valor al factor de importancia de alteración de la variable analizada. Este parámetro se define por el grado de perturbación que provoca la actividad y el valor ambiental de la variable estudiada.
- **Riesgo de Ocurrencia (Ro):** Introduce la probabilidad de ocurrencia de dicho efecto sobre la variable ambiental.
- **Extensión (E):** Dimensiona el área afectada por el impacto. Para este parámetro se debe tener en consideración distancia, superficie o volumen en el cual se puede manifestar dicho impacto.
- **Duración (Du):** Es la medida temporal del impacto analizado.
- **Desarrollo (De):** Es el tiempo que transcurre desde que se inicia un impacto hasta que se pueden observar las consecuencias.
- **Reversibilidad (Re):** Clasificar la capacidad de la variable ambiental de volver a su estado pre-impacto una vez terminada la actividad fuente La clasificación se asigna de acuerdo con el tiempo en que la variable puede revertir los efectos.

Parámetro	Calificación
Ca	Negativo (-1) Positivo (+1)
I	Muy Alta (1) Alta (0,7) Media (0,4) Baja (0,1)
Ro	Cierto (10) Muy probable (8) Probable (6) Poco Probable (3)
E	Regional (1) Local (0,6) Puntual (0,1)
Du	Permanente, mayor a 3 años (1) Media, entre 1 a 3 años (0,6) Corta, menor a 1 año (0,1)
De	Rápido, menor a 1 mes (1) Medio, 1 a 12 meses (0,7) Lento, 12 a 30 meses (0,4) Muy lento, mayor a 30 meses (0,1)
Re	Irreversible, mayor a 3 años (1) Parcialmente reversible, 1 a 3 años (0,6) Reversible, menor a 1 año (0,1)

Tabla 4.5: Valoración de parámetros.

Fuente: Elaboración propia.

Al clasificar estos parámetros se obtiene un valor del índice de calificación ambiental. Para esto, se utiliza la siguiente que pondera los efectos reconocidos.

$$Calificación\ Ambiental = \frac{Ca \cdot (I + E + Du + De + Re) \cdot Ro}{5}$$

Con el valor de la Calificación Ambiental se clasificará el impacto asociado a la actividad analizada según el criterio mostrado en la tabla 4.9 que considera un valor absoluto de la Calificación Ambiental.

Clasificación	Calificación
Alto	7 – 10
Medio	4 – 7
Bajo	1 – 4

Tabla 4.6: Clasificación de Calificación Ambiental.

Fuente: Elaboración propia.

5. Calificación de impactos por fase de proyectos

En este acápite se realiza una evaluación de los impactos generados por las actividades anunciadas en la sección anterior. El objetivo es generar una

medida de comparación al aplicar las normas de desarrollo sustentable en todas las etapas.

Se abordarán para cada fase los impactos que tengan que ver con los componentes ambientales hídricos, humanos y Medio Ambiente natural. Fueron seleccionados por los impactos que una alteración en la componente hídrica puede tener y que están al alcance de un estudiante de ingeniería civil. Se incluye la variable social por ser el factor desfavorable en la percepción del público general.

La evaluación de los impactos para cada fase se realizó según el criterio del autor, guiada por la evaluación de los impactos en proyectos hidroeléctricos de embalse y pasada que se encuentran en el sistema de evaluación ambiental. Así mismo, se consideraron opiniones de profesores de la Universidad de Chile y estudios de impactos en centrales hidroeléctricas tanto internacionales como nacionales. Dentro de los estudios revisados, se encuentran los de la central Achibueno, Alto Maipo, Angostura, Aysen, Frontera, Huequecura y Ralco.

5.1. Fase Pre-factibilidad y fase factibilidad

En esta primera sección se revisan los impactos asociados a las fases de prefactibilidad y factibilidad. No existe información robusta de los impactos de estas etapas. Por ello se determinaron los impactos a través de un análisis de lo que ocurre en dichos procesos. El resultado de este se muestra en la tabla 5.

Componente	Impacto
Humano	Alteración en la calidad de relación empresa, autoridades y comunidad

Tabla 5.1: Impactos fase Pre-factibilidad/Factibilidad
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla 5.1, se identifica un solo impacto asociado con la variable humana-social esto debido a que gran parte de lo desarrollado en esta etapa es de índole teórico y se desarrolla nivel de gabinete.

5.1.1.1. Impacto en componente humana

En este componente se identifica un único impacto generado por el acercamiento entre el titular del proyecto y las comunidades cercanas que pueden verse afectadas por el desarrollo de este.

No suele existir un contacto estable entre la empresa y la comunidad, lo que puede repercutir en el correcto desarrollo de las actividades. Con frecuencia esta situación genera enemistades entre las partes pues refuerza la percepción que la

actividad afectará la calidad de vida, las costumbres locales y el entorno de los vecinos.

Se evaluará el efecto de forma general a través del método de Índice de Calificación Ambiental descrito en el acápite anterior. La tabla 5.2 contiene los parámetros, argumentos y calificación de cada uno de los ítemes necesarios para la clasificación del impacto: Alteración en la calidad de relación empresa, autoridades y comunidad.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	Este impacto habitualmente es manejado de manera negativa ya que no se hace participe a las personas que en el futuro se verán afectadas por un proyecto y no se les entrega información con lo cual crea una relación de enemistad y desconfianza.	Negativa (-1)
Intensidad	En el caso de una central sin ubicación conocida, se establece un nivel de intensidad media, debido a que dependerá de la cercanía del proyecto respecto de una comunidad y de la receptividad de la misma.	Media (0,4)
Riesgo de Ocurrencia	Se asignará una clasificación de muy probable debido a la mala recepción de las personas a este tipo de proyecto como se vio en la encuesta realizada.	Muy Probable (8)
Extensión	Este parámetro se tomará como local debido a que se extiende a la población cercana al lugar.	Local (0,6)
Duración	Se considerará un efecto permanente ya que la relación entre el titular y la comunidad debe mantenerse durante todo el período de vida de la central.	Permanente (1)
Desarrollo	En general las primeras relaciones se establecen al abordar las primeras etapas de estudios. Puede durar un año o algo más.	Medio (0,7)
Reversibilidad	La reversibilidad se le califica con "parcialmente reversible" debido a que depende de las actitudes de las partes.	Parcialmente reversible (0,6)

Tabla 5.2: Evaluación de impacto "Alteración en la calidad de relación empresa, autoridades y comunidad" en prefactibilidad/factibilidad.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.2 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 8 * (0,4 + 0,6 + 1 + 0,7 + 0,6)}{5} = -5,28$$

El valor de calificación Ambiental de -5,28 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO MEDIO según la tabla 4.6.

5.1.1.2. Impacto en componente de medio ambiente natural

No se identifican impactos sobre este componente debido a que se desarrolla de forma macro y en gabinete.

5.1.1.3. Impacto en componente Recursos Hídricos

No se identifican impactos sobre este componente debido a que se desarrolla de forma macro y en gabinete.

5.2. Fase de ingeniería básica

A continuación de la fase de factibilidad, está la fase de ingeniería básica. En la cual se realizan estudios en profundidad de del proyecto. En esta etapa se diseña la central a construir. Es de vital importancia considerar los efectos sociales en todas las etapas del proyecto. En esta sección, se revisarán los impactos identificados en la tabla 5.3 y se calificarán mediante el mismo método empleado en la fase de prefactibilidad/factibilidad.

Componente	Impacto
Humano	<ul style="list-style-type: none"> - Alteración en la calidad de relación empresa, autoridades y comunidad. - Creación de empleos por diferentes estudios que se realizan.
Medio ambiente natural	<ul style="list-style-type: none"> - Intervención de hábitat natural de flora y fauna de la zona.

Tabla 5.3: Impactos fase Ingeniería básica.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.1. Impacto componente humana

- a. Alteración en la calidad de relación empresa, autoridades y comunidad.

En esta etapa nuevamente el titular, la autoridad y la comunidad tendrán que establecer y consolidar una relación.

Estos nexos revestirán gran importancia a la hora de negociar en situaciones de conflictos de interés. Y para trabajar sobre la visión negativa que el público general tiene sobre esta actividad.

La evaluación se realizó bajo el supuesto de que en la etapa anterior no se llevaron a cabo las conversaciones necesarias. En consecuencia, la evaluación presentada en la tabla 5.4 tiene argumentos y calificaciones similares a la tabla 5.3.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	Este impacto habitualmente es manejado de manera negativa ya que no se hace partícipe a las personas que en el futuro se verán afectadas por un proyecto y no se les entrega información con lo cual crea una relación de enemistad y desconfianza.	Negativa (-1)
Intensidad	En el caso de una central sin ubicación conocida, se establece un nivel de intensidad media, debido a que dependerá de la cercanía del proyecto respecto de una comunidad y de la receptividad de esta.	Media (0,4)
Riesgo de Ocurrencia	Se asignará una clasificación de muy probable debido a la mala recepción de las personas a este tipo de proyecto como se vio en la encuesta realizada.	Muy Probable (8)
Extensión	Este parámetro se tomará como local debido a que se extiende a la población cercana al lugar.	Local (0,6)
Duración	Se considerará un efecto permanente ya que la relación entre el titular y la comunidad debe mantenerse durante todo el período de vida de la central.	Permanente (1)
Desarrollo	En general las primeras relaciones se establecen al abordar las primeras etapas de estudios. Puede durar un año o algo más.	Medio (0,7)
Reversibilidad	La reversibilidad se le califica con "parcialmente reversible" debido a que depende de las actitudes de las partes.	Parcialmente reversible (0,6)

Tabla 5.4: Evaluación de impacto "Alteración en la calidad de relación empresa, autoridades y comunidad" en ingeniería básica.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.4 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 8 * (0,4 + 0,6 + 1 + 0,7 + 0,6)}{5} = -5,28$$

El valor de calificación Ambiental de -5,28 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO MEDIO según la tabla 4.6.

b. Creación de empleos por diferentes estudios que se realizan.

Dentro de la etapa de ingeniería básica, se espera que el titular realice diferentes estudios técnicos cuyo objetivo es la materialización del proyecto que se desea crear.

Esos estudios deberán ser realizados por el titular o un tercero que, en caso de necesitarlo, contratará personal para cumplir con su misión. Estos estudios son de vital importancia para conseguir la aprobación por parte de la autoridad, se procedimientos que son obligatorios.

A través de la tabla 5.5, se pretende calificar el impacto social de creación de empleo por diferentes estudios a realizar.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	El impacto en cuestión se clasifica de forma positiva por el desarrollo económico de las personas involucradas y el impacto sobre la economía a nivel nacional.	Positivo (+1)
Intensidad	Se asigna un impacto de nivel medio ya que el mercado de estudios técnicos en su mayoría está consolidado y no presentará un movimiento brusco por causa de estos estudios.	Media (0,4)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de ocurrencia depende de la cantidad de trabajadores disponibles que tengan las empresas que realizarán los estudios. Hay que tomar en cuenta que los estudios necesitarán apoyo de personal en terreno y esto puede provocar un aumento de los empleados temporales. No obstante, al no tener una visión	Probable (6)

	concreta del tema, se clasificará el impacto de forma Probable.	
Extensión	En este parámetro se considera que las áreas a afectar son las empresas de estudios que no tienen una posición dominante del mercado general chileno.	Puntual (0,1)
Duración	La duración del impacto se considera corta debido a que las empresas contratarán personas al principio del proyecto y luego se estabilizarán alrededor de ellas.	Corta (0,6)
Desarrollo	Es considerado rápido ya que el proceso entre la creación del puesto y la selección del personal no debe demorar más de 1 mes.	Rápido (1)
Reversibilidad	La reversibilidad, que se considera una vez acabadas las actividades de estudios, es considerada Reversible, puesto que hay posibilidades que los empleados sigan como que cese su participación en la industria. Por lo cual, la reversibilidad es un impacto rápidamente reversible.	Reversible (0,1)

Tabla 5.5: Evaluación de impacto "Creación de empleos por diferentes estudios que se realizan".
Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.5 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{+1 * 6 * (0,4 + 0,1 + 0,6 + 1 + 0,1)}{5} = +2,64$$

El valor de calificación Ambiental de +2,64 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación POSITIVO BAJO según la tabla 4.6.

5.2.2. Impacto componente medio ambiente natural

a. Intervención de hábitat natural de flora y fauna de la zona.

Los estudios realizados en la fase de ingeniería básica buscan conocer, de manera exhaustiva, los factores naturales y físicos que existen en el lugar. Dentro de ellos, los estudios ambientales investigarán sobre las especies que existen en las cercanías, la complejidad de los sistemas tróficos y los posibles efectos que tendrían por la actividad en el sector.

Estos estudios comprenderán presencia de humanos y vehículos en el sector, observación de las diferentes especies, recolección de muestras e intervención en los sistemas naturales. A partir de estos procedimientos es que se asignaron las calificaciones mostradas en la tabla 5.6.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	El presente impacto es clasificado negativamente por el hecho de que es perjudicial para el medio ambiente natural por la intervención y cotidianidad de la flora y fauna del sector.	Negativa (-1)
Intensidad	Tiene una intensidad baja porque aunque el impacto sea negativo, la magnitud de la intervención según los estudios, no es significativa y afecta a los individuos cercanos al lugar del proyecto.	Baja (0,1)
Riesgo de Ocurrencia	Se evalúa de acuerdo con la posibilidad que ya existan estudios de flora y fauna del lugar. Es posible que las zonas a intervenir ya estén catalogadas y no sea necesario una intervención importante.	Probable (6)
Extensión	El área del impacto se limitada al sector donde se construirá el proyecto. Los estudios se harán de acuerdo con las observaciones del lugar de emplazamiento de las obras y no provocarán un efecto de escala en el sector o región.	Puntual (0,1)
Duración	Los estudios ambientales y otros estudios de parámetros se extienden por períodos pequeños de tiempo. Normalmente, son campañas de terreno de un par de días.	Corta (0,1)
Desarrollo	Los efectos en la flora y fauna se manifiestan de manera lenta, afecta la cadena trófica y los comportamientos de diferentes especies, pero no de manera significativa que la impacte de forma permanente.	Medio (0,7)
Reversibilidad	Al tratarse de un impacto que sin grandes consecuencias, una vez terminados los estudios, las especies podrán	Reversible (0,1)

	volver fácilmente a su estado previo.	
--	---------------------------------------	--

Tabla 5.6: Evaluación de impacto “Intervención de hábitat natural de flora y fauna de la zona” en fase ingeniería básica.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.6 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 6 * (0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,7 + 0,1)}{5} = -1,32$$

El valor de calificación Ambiental de -1,32 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación negativo bajo según la tabla 4.6.

5.2.3. Impacto componente Recursos Hídricos

No se identifican impactos sobre este componente, los estudios ambientales no comprenden una alteración del medio de forma significativa. Los estudios se basan en tomas de muestras que solo afectarán de forma puntual el lugar.

5.3. Fase construcción

En esta fase es donde existen la mayor cantidad de impactos según los estudios revisados. Ellos hacen énfasis en los efectos sobre la variable flora y fauna, sin embargo, se puede observar una gran cantidad de impactos asociados a las diferentes variables. En la tabla 5.7 presentamos los impactos identificados en la presente fase. No se incluyen todas las variables debido a los alcances del presente trabajo.

Componente	Impacto
Humano	<ul style="list-style-type: none"> - Intervención de potenciales lugares sagrados por construcción de obras. - Alteración de la calidad visual del paisaje local. - Alteración del turismo. - Alteración de costumbres locales por aumento en flujo vehicular y humano. - Alteración de calidad de vida por potencial contaminación acústica, aérea, hídrica, hábitat natural y vibraciones. - Aumento de puestos de trabajo por nuevas actividades en el sector. - Potencial desarrollo de industrias existentes y nuevas en el sector. - Potencial alteración de sitios arqueológicos por despeje del área de inundación y llenado del embalse
Medio ambiente natural	<ul style="list-style-type: none"> - Intervención humana en hábitat natural. - Alteración de calidad de vida de fauna y flora acuática por cambio de régimen de caudales y efectos sobre calidad de agua. - Pérdida de vegetación por diferentes obras de construcción. - Fragmentación de hábitat acuática - Cambio de hábitat lótico a hábitat léntico
Recurso Hídrico	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio en el régimen de caudales naturales en los cuerpos de agua superficiales. - Cambio en régimen sedimentológico natural del río intervenido. - Cambio en la calidad de agua por variación de sedimentación del lecho del río. - Alteración en intercambio de acuífero subterráneo y cuerpo de agua superficial por cambios en régimen de caudales.

Tabla 5.7: Impactos fase Construcción.

Fuente: Elaboración propia.

5.3.1. Impacto componente humano

- a. Intervención de potenciales lugares sagrados por construcción de obras.

En proyectos hidroeléctricos de embalse como la central Ralco, hubo intervención sobre lugares sagrados debido a la construcción e inundación en dicha área. Provoca un gran descontento por parte de las comunidades vecinas al proyecto porque no se respetan sus tradiciones y su calidad de vida a la hora de proyectar centrales u otro tipo de actividades.

Esta situación puede crear un gran descontento respecto de la central ha construir, perjudicando al titular e inversionistas. Se empleará el método descrito anteriormente para evaluar este impacto.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	El carácter del presente impacto es negativo, ya que la intervención de lugares sagrados afecta en la calidad de vida y tradición de las personas. Además, quiebra relaciones entre el titular y la comunidad.	Negativo (-1)
Intensidad	El efecto es alto porque se afectará un lugar de suma importancia para la historia y cultura de la comunidad y que no podrá ser revertido ni mitigado.	Muy Alta (1)
Riesgo de Ocurrencia	Poco probable, los lugares sagrados no son comunes y es fácilmente evitable.	Poco Probable (3)
Extensión	El efecto se puede sentir en un área variable dependiendo del grado de influencia que tiene este lugar sagrado. Sin embargo, se tomará como local ya que lo más probable es que sea un lugar importante para las comunidades cercanas.	Local (0,6)
Duración	El impacto no desaparecerá nunca ya que el lugar intervenido no volverá a su estado anterior.	Permanente (1)
Desarrollo	La intervención comienza inmediatamente y en ese momento se tiene el efecto negativo sobre el lugar sagrado.	Rápido (1)
Reversibilidad	Irreversible, aunque se reconstruyera o se dejara de afectar no se logrará la situación anterior y el grado de pureza y sacralidad que se les asigna a estos lugares.	Irreversible (1)

Tabla 5.8: Evaluación de impacto “Intervención de potenciales lugares sagrados por construcción de obras”.
Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.8 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 3 * (1 + 0,6 + 1 + 1 + 1)}{5} = -2,76$$

El valor de calificación Ambiental de -2,76 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO BAJO según la tabla 4.6.

b. Alteración de la calidad visual del paisaje local.

Con relación a este impacto se analizará el efecto que tienen las obras de construcción frente al paisaje de la zona. En general, las centrales hidroeléctricas estarán aguas arriba de cualquier ciudad, por lo cual, aumentarán el grado antrópico en el sector. El grado antrópico es una medida que permite visualizar la intervención humana en el Medio Ambiente. Este ha ido en aumento por el aumento de la urbanización y el crecimiento de las ciudades.

El impacto que ejerce este aumento de grado antrópico sobre el Medio Ambiente en que estará inserta la central. Al ser un caso de estudio general, se supondrá que la zona tiene un grado antrópico basal bajo.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	El impacto es negativo al corromper la continuidad del paisaje y aumentar el grado antrópico del sector.	Negativo (-1)
Intensidad	Se clasifica como media porque el grado antrópico aumentará, pero dependerá del grado basal.	Media (0,4)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de que se produzcan alteraciones de la calidad visual es real, es necesario despejar un área no intervenida para construir obras.	Cierto (10)
Extensión	El grado de extensión es local porque afectará a las áreas cercanas donde está inserto el proyecto.	Local (0,6)
Duración	La duración es catalogado de permanente: el efecto se tendrá durante todo el proyecto, en todas sus etapas.	Permanente (1)
Desarrollo	El efecto irá aumentando paulatinamente debido al crecimiento y desarrollo de las	Medio (0,7)

	obras de construcción, pero será más evidente un par de meses después de comenzadas las primeras faenas.	
Reversibilidad	Es parcialmente reversible: para la fase de cierre existe un plan para dejar el área como era antes del proyecto. No obstante, se llegará a un nivel anterior en un período más extenso de tiempo.	Parcialmente reversible (0,6)

Tabla 5.9: Evaluación de impacto “Alteración de la calidad visual del paisaje local”.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.9 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 10 * (0,4 + 0,6 + 1 + 0,7 + 0,6)}{5} = -6,6$$

El valor de calificación Ambiental de -6,6 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO MEDIO según la tabla 4.6.

c. Alteración de turismo.

El turismo es una actividad económica importante, que provee recursos a miles de personas. Incluye a grandes empresas que desarrollan y potencian lugares naturales e históricos, hasta personas independientes que buscan beneficios a través de distintos negocios.

Una central hidráulica de embalse puede provocar un desincentivo para visitar la zona si el atractivo turístico es la naturaleza o el río por intervenir.

Se parte del supuesto que la zona tiene un atractivo turístico debido a la naturaleza que la rodea.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	Como se comentó en el párrafo anterior, bajo el supuesto de que existe una industria del turismo debido a la naturaleza del sector.	Negativo (-1)
Intensidad	Depende del desarrollo de la industria del turismo en el sector. Por lo cual, el impacto se sentirá de manera diferente según la ubicación de la central.	Media (0,4)

Riesgo de Ocurrencia	El efecto de alteración al turismo es medio ya que la predicción dependerá del desarrollo de la industria turística y su importancia en las comunidades cercanas.	Probable (6)
Extensión	El área de influencia se tomará como extensa. El turismo es una actividad que comprende a toda la comunidad.	Regional (1)
Duración	La duración del dicho impacto considerará todo el período de vida de una central hidroeléctrica de embalse que es, en general de 5 años.	Permanente (1)
Desarrollo	Se comenzará a sentir un par de meses después del inicio de la acción, se divulgará la noticia y se sentirá una disminución paulatina del atractivo turístico	Medio (0,7)
Reversibilidad	La actividad es completamente reversible, ya que al terminar la etapa de construcción se tendrá un aumento del turismo motivado por la central.	Reversible (0,1)

Tabla 5.10: Evaluación de impacto “Alteración de turismo” en fase de construcción.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.10 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 6 * (0,4 + 1 + 1 + 0,7 + 0,1)}{5} = -3,84$$

El valor de calificación Ambiental de -3,84 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIBO BAJO según la tabla 4.6.

- d. Alteración de costumbres locales por aumento en flujo vehicular y humano.

Las centrales hidráulicas de embalse necesitan una ubicación especial para favorecerse de los parámetros que le permitan un uso óptimo. En muchas oportunidades tendrán una población cercana consistente en una comunidad o población pequeña, misma que puede verse afectada por el aumento de tráfico de personas y vehículos. Lo que alterará su forma de vida y costumbres.

Se tomará como supuesto que el lugar a afectar es un poblado donde el aumento de flujo vehicular, humano y de la población flotante impactará en el habitual vivir de los vecinos.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	Bajo el supuesto que se trata de una zona poblada, se considerará como un efecto negativo sobre la cotidianidad de los individuos.	Negativo (-1)
Intensidad	Se clasificará como alta, en atención a que estas alteraciones de las costumbres locales afectarán lo cotidiano, la manera de hacer cosas y traerá preocupaciones a los habitantes.	Alta (0,7)
Riesgo de Ocurrencia	Bajo el supuesto que se mantenga este impacto, la probabilidad de que se manifieste es del 100% por la diferencia de estilos de vida entre las pequeñas comunidades y las grandes ciudades.	Cierto (10)
Extensión	Como se comenta sobre el hecho de que el efecto está sobre comunidades y poblaciones cercanas, el efecto de este impacto solo se sentirá en estos lugares y no se extenderá a otras provincias.	Local (0,6)
Duración	La duración se tomará como el período de tiempo que una central de embalse se demora en construir. La cual se tomará de alrededor de 5 años.	Permanente (1)
Desarrollo	Las consecuencias de la actividad se sentirán por completo una vez que se lleve un tiempo en la construcción plena de la central. Por consiguiente, no es un efecto inmediato.	Medio (0,7)
Reversibilidad	Parcialmente reversible se clasifica este impacto pues, aunque se termine la fase de construcción y disminuya el flujo vehicular y humano, se tendrá una situación de conocimiento y fama mayor del lugar que atraerán a más personas. Se debe contar también con la presencia de los	Parcialmente reversible (0,6)

	responsables del funcionamiento de la central en su fase de operación.	
--	--	--

Tabla 5.11: Evaluación de impacto “Alteración de costumbres locales por aumento en flujo vehicular y humano” en fase construcción.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.11 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$C_a = \frac{-1 * 10 * (0,7 + 0,6 + 1 + 0,7 + 0,6)}{5} = -7,2$$

El valor de calificación Ambiental de -7,2 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO ALTO según la tabla 4.6.

- e. Alteración de calidad de vida por potencial contaminación acústica, aérea, hídrica, hábitat natural y vibraciones.

Las consecuencias de la construcción de una obra de envergadura provocarán efectos sobre las componentes del medio ambiente. Estas consecuencias tendrán efectos sobre la calidad de vida de las personas.

La contaminación acústica provocada por el aumento en el flujo vehicular, el aumento en el flujo humano y las obras de construcción, impondrán un régimen de ruido que cambiará el comportamiento de las costumbres locales. Afectando incluso la salud psicológica de las personas.

La contaminación aérea provocada por la construcción y el flujo vehicular deteriora la calidad del aire. Esto aumenta los problemas respiratorios de los individuos. Por su parte, la contaminación del recurso hídrico afecta la salud de las personas tanto para el consumo humano como para riego.

Por último, las consecuencias provocadas por las vibraciones y el hábitat natural tendrán consecuencias en la interacción entre el humano y el medio. Por estas razones, se analizará la alteración provocada.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	El impacto es negativo por alterar la calidad de vida de las personas.	Negativa (-1)
Intensidad	Es importante para el Medio Ambiente Humano en tanto afecta directamente la salud física y mental de los vecinos.	Alta (0,7)

Riesgo de Ocurrencia	El riesgo de ocurrencia es muy probable, sin embargo, depende de la cercanía con el proyecto.	Muy Probable (8)
Extensión	La zona afectada es la cercanía del proyecto, en la mayoría de los casos se trata de un área reducida.	Puntual (0,1)
Duración	El tiempo en que se sentirá este impacto se tomará como la situación de la fase de construcción, es decir, alrededor de 5 años.	Permanente (1)
Desarrollo	El impacto tendrá un efecto en su manera completa en el momento en que los ciudadanos manifiesten el deterioro de su calidad de vida que puede tomar un par de meses en notar diferencias.	Medio (0,7)
Reversibilidad	Este impacto es de carácter reversible ya que se acaba al poco tiempo de acabado el período de construcción.	Reversible (0,1)

Tabla 5.12: Evaluación de impacto “Alteración de calidad de vida por potencial contaminación acústica, aérea, hídrica, hábitat natural y vibraciones” en fase construcción.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.12 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 8 * (0,7 + 0,1 + 1 + 0,7 + 0,1)}{5} = -4,16$$

El valor de calificación Ambiental de -4,16 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO MEDIO según la tabla 4.6.

- f. Aumento de puestos de trabajo por nuevas actividades en el sector.

Este impacto tiene que ver con las vacantes de empleo que surgen en el proceso de las distintas obras. Se debe considerar que se crearán también servicios adicionales demandados no sólo por la construcción sino también servicios para los trabajadores.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	El impacto es de carácter positivo al aumentar el capital de trabajo existente en la zona.	Positivo (+1)

Intensidad	Es clasificada como alta pues incorpora fuentes de ingresos y desarrollo de las poblaciones aledañas.	Alta (0,7)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de generación de puestos de trabajos es muy alta: trabajadores que estén laborando en otros proyectos pueden ser desplazados al nuevo. En consecuencia no se crean nuevos trabajos sino que se mantienen entables.	Muy probable (8)
Extensión	El área de influencia se considera local pues la fuente laboral será por un proyecto específico y no a nivel macroeconómico.	Local (0,6)
Duración	La duración que se espera de dicho impacto será para el período de la fase de construcción de la central. Es decir, se tomarán los 5 años aproximadamente.	Permanente (1)
Desarrollo	Una evolución rápida se espera para el desarrollo pues una vez aprobado el proyecto se comienza a buscar el personal para que este lo lleve a cabo.	Rápido (1)
Reversibilidad	Este impacto es reversible rápidamente, ya que, al terminar la fase de construcción, se tendrá que acabar con los puestos de trabajo.	Reversible (0,1)

Tabla 5.13: Evaluación de impacto “Aumento de puestos de trabajo por nuevas actividades en el sector” en fase construcción.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.13 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{+1 * 8 * (0,7 + 0,6 + 1 + 0,7 + 0,1)}{5} = +4,96$$

El valor de calificación Ambiental de +4,96 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación positivo medio según la tabla 4.6.

- g. Potencial desarrollo de industrias existentes y nuevas en el sector.

Tal como describimos en el análisis anterior hay consecuencias por las obras de construcción y con ello la llegada de población flotante a las distintas comunidades vecinas al proyecto son el aporte de la industria.

En dichas comunidades, asumiendo que son pequeñas, se verán expuestas al mejoramiento de servicios básicos y avance de la industria local. Muchas de ellas relacionadas con proveer bienes y servicios a los empleados de la obra.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	Como promoverá el desarrollo económico de la zona, el carácter es positivo.	Positivo (+1)
Intensidad	Será alta, suponiendo que las comunidades no tienen un desarrollo económico importante.	Alta (0,7)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad que se desarrolle este impacto es Muy Alta, ya que no deben existir servicios con la capacidad de poder entregar suministros a la cantidad de trabajadores que están en una central hidroeléctrica de embalse.	Muy probable (8)
Extensión	Se considera regional en función del área a las que se recurre para conseguir suministros.	Regional (1)
Duración	La duración será considerada durante todo el período de construcción de la central, alrededor de 5 años.	Permanente (1)
Desarrollo	Es especialmente rápido dependiendo de la capacidad de los vecinos para emprender o bien para expandir sus negocios.	Medio (0,7)
Reversibilidad	Por último, se comprenderá un a reversibilidad parcial, debido a que las industrias perderán ingresos cuando termine el período de construcción.	Parcialmente reversible (0,6)

Tabla 5.14: Evaluación de impacto “Potencial desarrollo de industrias existentes y nuevas en el sector”.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.14 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{+1 * 8 * (0,7 + 1 + 1 + 0,7 + 0,6)}{5} = +6,4$$

El valor de calificación Ambiental de +6,4 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación POSITIVO MEDIO según la tabla 4.6.

- h. Potencial alteración de sitios arqueológicos por despeje de área de inundación y llenado del embalse.

Este impacto en la componente humana tiene que ver con los posibles efectos sobre sitios arqueológicos que pueda haber en el. A la hora de realizar excavaciones y otras labores, necesarias para las obras, estos lugares son impactados, incluso destruidos.

Afortunadamente afectar sitios arqueológicos importantes por la instalación de obras vinculadas a la generación eléctrica no es frecuente. Se tomará de todos modos en cuenta en la evaluación de impacto en la tabla 5.15.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	Al ser una intervención sobre una componente cultural y de la historia se clasificará de forma negativa.	Negativo (-1)
Intensidad	La arqueología se valora como fundamental para la historia y cultura, por lo que se le asigna una clasificación muy alta.	Muy Alta (1)
Riesgo de Ocurrencia	No es fácil ni recurrente encontrarse con sitios arqueológicos pero no deja de ser un efecto negativo de importancia. Hay estudios arqueológicos que se emplean en las zonas de interés como parte de análisis ambientales para minimizar este riesgo de afectación.	Poco Probable (3)
Extensión	El efecto nocivo sobre las componentes arqueológicas es de gran tamaño, teniendo un área de influencia de gran escala si es importante a nivel país, nivel regional o nivel local en una población. Para este caso, se tomará el valor arqueológico es a nivel regional, tomando el caso más desfavorable.	Regional (1)
Duración	El riesgo de intervención se mantiene durante todas las obras de construcción, por lo cual, se tomará todo el período como	Permanente (1)

	situación de intervención de las zonas arqueológicas.	
Desarrollo	El desarrollo del impacto se tomará como lento debido a que el conocimiento del área y las posibles	Lento (0,4)
Reversibilidad	La situación de alteración de estos lugares sagrados es completamente irreversible, ya que estos se deteriorarán por el efecto de las obras e inundación.	Irreversible (1)

Tabla 5.15: Evaluación de impacto “Potencial alteración de sitios arqueológicos por despeje de áreas de inundación y llenado del embalse”.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.15 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 3 * (1 + 1 + 1 + 0,4 + 1)}{5} = -2,64$$

El valor de calificación Ambiental de -2,64 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO BAJO según la tabla 4.6.

5.3.2. Impacto componente medio ambiente natural

a. Intervención humana en hábitat natural.

A diferencia de la evaluación del mismo impacto en la fase de ingeniería básica, en esta ocasión se tiene una intervención activa y constante debido al personal de construcción, maquinaria y vehículos en el sector.

En la tabla 5.16, se evaluará la intervención humana en el sector tomando en cuenta todo el período de construcción.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	El presente impacto es clasificado de forma negativa, debido a que la intervención humana es perjudicial al medio ambiente natural al cambiar su cotidianidad y tradiciones.	Negativo (-1)
Intensidad	A diferencia del mismo impacto en la fase de ingeniería básica, en esta ocasión la gravedad del impacto es alta por el hecho de que la cantidad de personas, maquinarias y vehículos crea un grado antrópico elevado con respecto a lo que se tenía anteriormente.	Muy Alta (1)

Riesgo de Ocurrencia	Es muy elevado, a pesar de que no llega a ser una certeza pues también es probable que se haya intervenido la zona antes de la llegada del proyecto.	Muy Probable (8)
Extensión	El área de influencia será clasificada como puntual, porque se tiene un efecto de intervención en el sector de construcción.	Puntual (0,1)
Duración	La duración de esta intervención se tomará como el período completo de construcción que se estima en alrededor de 5 años.	Permanente (0,1)
Desarrollo	El tiempo entre que comienza las llegadas de las personas y que se siente la intervención por parte del medio ambiente natural es casi instantánea.	Rápido (1)
Reversibilidad	Se tomará el tiempo que puede revertirlo es alto, ya que se tiene que luego de la construcción se tiene el período de operación. Este es extenso y alterará la reversión del impacto.	Irreversible (1)

Tabla 5.16: Evaluación de impacto “Intervención humana en hábitat natural” en fase construcción.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.16 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 8 * (1 + 0,1 + 0,1 + 1 + 1)}{5} = -5,12$$

El valor de calificación Ambiental de -5,12 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO MEDIO según la tabla 4.6.

- b. Alteración de calidad de vida de fauna y flora acuática por cambio en régimen de caudales y efectos sobre calidad de agua.

El paso que se analiza considera las obras a realizar en el cauce natural. Estas alterarán el flujo desviándolo para realizar las obras de la presa, rápido de descarga, canales de restitución, entre otros.

Dichas faenas alterarán el régimen de caudal aguas abajo por la intervención y desviación del cauce. Y al cambiar el lecho del río afectarán la calidad del agua. Cambiarán también el

régimen sedimentológico, aumentando los sólidos disueltos y suspendidos totales. En resumen se alterará la composición del agua al sumarle elementos químicos que afectarán sus características propias originales.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	La intervención del cauce provocará cambio en los flujos y en la calidad de agua, esto afectará en la calidad de vida de la flora y fauna acuática presente. Se clasificará el presente impacto de forma negativa.	Negativa (-1)
Intensidad	Este impacto es alto, cambiará el comportamiento de la fauna acuática que podría favorecer el crecimiento de microorganismos y flora que anteriormente no estaba presente.	Alta (0,7)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad es alta y sin embargo, no es cierta: el cauce podría haber sido intervenido o que el hábitat acuático no se vea mayormente afectado.	Muy probable (8)
Extensión	La extensión de este impacto será en un área que cubre el cauce intervenido desde aguas abajo de la obra. No obstante, al solo ser de este cauce, se manifiesta de forma local.	Local (0,6)
Duración	El tiempo en que este impacto esté activo será durante la etapa total de construcción, es decir, aproximadamente 5 años.	Media (0,6)
Desarrollo	El desarrollo de este impacto no es de inmediato, sin embargo, afectará el comportamiento de las componentes naturales según el caudal presente.	Medio (0,7)
Reversibilidad	Los impactos de la calidad y del régimen hidrológico se verán afectados en la fase de operación por la presencia del embalse. Por lo cual, se tomará de forma irreversible por el tiempo de duración del embalse que normalmente es de 50 años.	Irreversible (1)

Tabla 5.17: Evaluación de impacto “Alteración de calidad de fauna y flora acuática por cambio en régimen de caudales y efectos sobre calidad de agua” en fase construcción.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.17 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 8 * (0,7 + 0,6 + 0,6 + 0,7 + 1)}{5} = -5,76$$

El valor de calificación Ambiental de -5,76 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO MEDIO según la tabla 4.6.

c. Pérdida de vegetación por diferentes obras de construcción.

La construcción de diferentes dependencias para el funcionamiento de la central incluyen un despeje de la zona e intervenciones de lugares con vegetación para instalar centros de acopio, planta de hormigón, obras de desviación, caminos y campamentos, entre otras.

Por consiguiente, se tiene una pérdida del valor vegetal de la zona gracias a estos preparativos. La tabla 5.18 tiene como objetivo evaluar el impacto creado por estas actividades.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	El impacto de pérdida de vegetación es negativo por perder suelo natural por construcción de obras humanas.	Negativa (-1)
Intensidad	La intensidad de este será media, debido a que no presenta una extensión mayor de despeje de vegetación.	Media (0,4)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de que esté situación ocurra es cierta por el nivel de vegetación presente en las regiones en donde comúnmente se encuentran las centrales de embalse. Como se vio en el capítulo 2, tabla 2.5, la mayoría de ellas se encuentran entre las regiones del Maule y Biobío.	Cierto (10)
Extensión	El área de influencia será el lugar puntual donde se extrae las zonas de vegetación en las cercanías de las obras.	Puntual (0,1)
Duración	El tiempo en que dura este impacto comprenderá de toda la etapa de construcción más toda la etapa de vida útil del embalse, es decir, alrededor de	Permanente (1)

	55 años (5 años construcción más 50 años operación).	
Desarrollo	El tiempo entre que se inicie el impacto y que se desarrolle por completo es bastante corto debido a que las obras de despeje de vegetación son uno de los primeros pasos para la construcción.	Rápido (1)
Reversibilidad	Por último, la reversibilidad natural de la zona será relativamente lenta por el hecho de que tantos años con una estructura provocarán cambios en la calidad del suelo.	Parcialmente reversible (0,6)

Tabla 5.18: Evaluación de impacto “Pérdida de vegetación por diferentes obras de construcción”.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.18 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 10 * (0,4 + 0,1 + 1 + 0,7 + 0,6)}{5} = -5,6$$

El valor de calificación Ambiental de -5,6 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO MEDIO según la tabla 4.6.

d. Fragmentación de hábitat acuática.

La fragmentación del hábitat acuático se produce con las obras de desvío pues se cambian los flujos naturales de los cauces. Al haber obras de recolección del recurso se provoca un impacto en las características del río.

En particular, que se estudiará el hábitat natural que afecta a la flora y fauna que se verá alterada por las obras de desvío.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	El impacto de fragmentación de hábitat acuática es de carácter negativo por alterarse los comportamientos de los participantes de dicho ambiente.	Negativo (-1)
Intensidad	La intensidad es relativamente baja porque aunque se desvíe el río los cambios de caudal no son bruscos.	Baja (0,1)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de ocurrencia es alta y sin embargo no es cierta pues depende completamente de la capacidad	Muy Probable (8)

	de adaptación de los seres vivos del hábitat.	
Extensión	El efecto es local pues afecta todo el sistema aguas abajo de la obra.	Local (0,1)
Duración	La duración de este impacto comienza en la etapa de construcción, sin embargo, no será en la duración total de esta etapa. Esto se debe que las obras de desviación no se comienzan en seguida sino ya entrada la fase.	Media (0,6)
Desarrollo	El impacto del desarrollo se verá completamente después de un tiempo cuando los seres vivos puedan demostrar los efectos de este cambio.	Medio (0,7)
Reversibilidad	El impacto es totalmente reversible una vez completada las obras de desviación, no obstante, este seguir por la acción del embalse.	Reversible (0,1)

Tabla 5.19: Evaluación de impacto “Fragmentación de hábitat acuático”.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.19 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$C_a = \frac{-1 * 8 * (0,1 + 0,1 + 0,6 + 0,7 + 0,1)}{5} = -2,56$$

El valor de calificación Ambiental de -2,56 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO BAJO según la tabla 4.6.

e. Cambio de hábitat lótico a hábitat léntico.

Como se comentó en la evaluación del impacto anterior, por las obras propias de una central de embalse se produce un cambio en los sistemas naturales del sector. En particular, por la acción de la construcción de una obra de almacenamiento de agua, que repercute en una modificación del hábitat natural léntico a un hábitat lótico artificial.

Todo lo anterior puede afectar a algunas especies de animales y plantas cuya subsistencia y correcto desarrollo depende de este tipo de hábitat. Este cambio demandará de las especies a adaptarse alterando las costumbres de las distintas especies. Habrá también un desarrollo de especies no dominantes en el sector como otras bacterias y especies de flora.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	La modificación al hábitat natural traerá impactos negativos porque las especies se encuentran en un estado equilibrado de manera natural. Este cambio traerá desestabilización a la cadena trófica.	Negativo (-1)
Intensidad	Este impacto es relativamente alto, ya que se afectará un ecosistema completo que hará cambiar no solo al área local del embalse, sino que el ecosistema aguas abajo.	Muy Alta (1)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de ocurrencia de este es cierta por el cambio brusco de tipo de hábitat acuático.	Cierto (10)
Extensión	El área de influencia de este impacto será en toda la zona del embalse más el cuerpo de agua que está aguas abajo de la obra.	Local (0,6)
Duración	El tiempo en que estará este impacto será desde la puesta en marcha del embalse hasta que se terminé su vida útil durante la fase de cierre de al central.	Permanente (1)
Desarrollo	El desarrollo de este impacto será relativamente lento. Esto se da por el hecho de que los cambios y adaptaciones de la flora y fauna no son rápida ni instantáneas. Requieren una adaptación y equilibrio de las componentes físicas.	Lento (0,4)
Reversibilidad	Por último, la naturaleza tiene una capacidad de reversibilidad mediana al tener que cambiar su estado lotico a lentico nuevamente.	Parcialmente reversible (0,6)

Tabla 5.20: Evaluación de impacto "Cambio de hábitat lótico a hábitat léntico".

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.20 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 10 * (1 + 0,6 + 1 + 0,4 + 0,6)}{5} = -7,2$$

El valor de calificación Ambiental de -7,2 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO ALTO según la tabla 4.6.

5.3.3. Impacto componente Recursos Hídricos

- a. Cambio en el régimen de caudales naturales en los cuerpos de agua superficiales.

Este primer impacto sobre la componente hídrica se refiere a la alteración del régimen de caudales naturales de la zona donde se emplazará la obra. Estos cambios tienen varios efectos sobre la hidrología del lugar ya que se está afectando el hábitat natural adyacente (como se pudo ver en los impactos anteriores), se interfiere en la calidad de suelo, la disponibilidad de agua para los usuarios aguas abajo, entre otros.

Para esta evaluación se tomará en cuenta el impacto hidrológico que tienen las obras sobre el cambio de régimen de caudales debido a la desviación y posterior llenado del embalse.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	Este impacto es de forma negativa, ya que afecta directamente en la hidrología del lugar. De esta forma, se altera el ciclo del agua, el intercambio con el acuífero subterráneo, calidad de suelo, entre otros factores.	Negativo (-1)
Intensidad	La importancia de este efecto es alta, porque se tiene que los hábitats naturales y el ambiente en el cual se emplazan los seres humanos en la región tiene directa relación con la hidrología de la cuenca que contiene este cuerpo de agua intervenido.	Alta (0,7)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad que el efecto ocurra es sumamente alta, sin embargo, este va disminuyendo según el grado antrópico que se tenga en la cuenca.	Muy probable (8)
Extensión	El área de influencia será de prácticamente toda la cuenca en que se esta interviniendo el cuerpo de agua.	Local (0,6)
Duración	La duración de este impacto comienza con el llenado del embalse y concluye con la vida	Permanente (1)

	útil de este en la fase de cierre de la central.	
Desarrollo	El desarrollo de este impacto será muy lento, los cambios hidrológicos son cambios de tendencias que se podrán observar después de algunos años al comparar estadísticamente los valores.	Muy Lento (0,1)
Reversibilidad	La reversibilidad de este será lenta, sin embargo, una vez que se extraiga la existencia del embalse, el sistema natural restaurará el régimen de caudal anterior de forma paulatina.	Parcialmente reversible (0,6)

Tabla 5.21: Evaluación de impacto “Cambio en el régimen de caudales naturales en los cuerpos de agua superficiales”.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.21 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 8 * (0,7 + 0,6 + 1 + 0,1 + 0,6)}{5} = -4,8$$

El valor de calificación Ambiental de -4,8 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO MEDIO según la tabla 4.6.

b. Cambio en régimen sedimentológico natural del río intervenido.

En el impacto anterior, se analizó una modificación del cauce natural afecta tanto la disponibilidad de agua como su trayectoria. Provocará erosión en suelo (no acostumbrado a tener un cuerpo de agua). Esta erosión modificará las cualidades químicas del río.

Este hecho afectará en las áreas donde el río retira sedimentos y los lugares donde son depositados. Pudiendo aumentar los sedimentos en lugares aguas abajo y afectando obras hidráulicas.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	Como se comentó anteriormente, el efecto del cambio sedimentológico del río trae alteraciones en las propiedades químicas, cambios en los sectores de extracción y depósito de sedimentos que pueden afectar obras aguas abajo de la central.	Negativo (-1)

Intensidad	La importancia de este impacto es alta por los argumentos que se presentan en los párrafos anteriores. Sin embargo, no llega a ser crítico por el hecho de que depende de la situación particular el efecto real que tendrá este impacto.	Alta (0,7)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de ocurrencia es alta, pero no cierta porque depende del grado de intervención que ya tiene el cauce.	Muy probable (8)
Extensión	El área de influencia de este impacto se tomará de forma local por el hecho de que se tiene un efecto sobre la cuenca en que se emplaza el cauce a intervenir.	Local (0,6)
Duración	El tiempo de duración del impacto analizado se tomará como prácticamente toda la fase de construcción.	Permanente (1)
Desarrollo	El desarrollo completo de este impacto es relativamente lento. Al igual que el impacto anterior, se tiene un cambio hidrológico que debe ser comparado de forma estadística con el fin de ver la real alteración.	Muy Lento (0,1)
Reversibilidad	Por último, se tiene el parámetro de tiempo en que el impacto puede ser revertido de forma natural. Para este parámetro se toma la consideración de como es un cambio de comportamiento que se podrá observar de forma estadística, este será relativamente lento.	Parcialmente reversible (0,6)

Tabla 5.22: Evaluación de impacto "Cambio en régimen sedimentológico natural del río intervenido".

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.22 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 8 * (0,7 + 0,6 + 1 + 0,1 + 0,6)}{5} = -4,8$$

El valor de calificación Ambiental de -4,8 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO MEDIO según la tabla 4.6.

- c. Cambio en la calidad del agua por variación de sedimentos del lecho del río.

La alteración de la calidad de agua tiene que ver con los dos impactos anteriormente mencionados sobre el recurso hídrico. Los cambios de régimen sedimentarios provocarán un cambio en los sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales y concentración de diferentes elementos químicos que modificarán la calidad de las aguas naturales del sector.

Estos cambios de calidad de agua son sumamente importantes desde el punto de vista de el hábitat natural que rodea el cuerpo de agua. Cobra importancia según los usos del agua en el sector. Al bajar su calidad afectará el riego, la industria, y el más sensible, el uso humano. Puede afectar incluso la calidad de las obras emplazadas en el cauce.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	Este parámetro tiene un carácter negativo al afectar la salud de las componentes del hábitat natural y potencialmente ser dañino para el ser humano al observar los derechos de agua.	Negativo (-1)
Intensidad	El impacto de esta situación es relativamente alto, no obstante, al igual que los impactos anteriores, se tiene que depende del grado de intervención que se tiene en la cuenca antes de la obra de la central.	Alta (0,7)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de ocurrencia de la degradación de la calidad de agua es clasificada es muy probable debido al cambio de régimen sedimentológico. Sin embargo, como se comentó anteriormente, también depende del grado de intervención de la zona.	Muy probable (8)
Extensión	El área de influencia se tomará como la cuenca en que se encuentra el cuerpo de agua ya que afecta mayormente aguas abajo de la obra.	Local (0,6)
Duración	La duración de este efecto se tomará como la situación de la fase de construcción, la cual es normalmente de alrededor de 5 años.	Permanente (1)

Desarrollo	La velocidad de desarrollo del impacto señalado es relativamente rápida, ya que los efectos del cambio de la calidad de agua se pueden observar rápidamente a través de estudios de calidad de agua. Pero tendrán un efecto sobre el medio ambiente relativamente lento por la capacidad de manifestación de los seres vivos.	Medio (0,7)
Reversibilidad	La capacidad de volver a la situación inicial es media por el hecho de que, aunque al acabar la fuente del impacto, este desaparecerá. Los efectos persistirán un tiempo dentro de los organismos del sector.	Parcialmente reversible (0,6)

Tabla 5.23: Evaluación de impacto “Cambio en la calidad de agua por variación de sedimentos del lecho del río” en fase construcción.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.23 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 8 * (0,7 + 0,6 + 1 + 0,7 + 0,6)}{5} = -5,76$$

El valor de calificación Ambiental de -5,76 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO MEDIO según la tabla 4.6.

- d. Alteración en intercambio de acuífero subterráneo y cuerpo de agua superficial por cambio en régimen de caudales.

Para este impacto en la fase de construcción la intervención afecta el intercambio entre el cuerpo de agua superficial y el acuífero subterráneo. Este alterará la disponibilidad de aguas subterráneas, elevando, eventualmente el nivel freático y saturando áreas de suelo que no estaban saturadas.

Dependerá de la situación en que se proyecte la central. El aumento del nivel freático puede causar problemas para obras civiles existentes, pero puede tener, al mismo tiempo, una injerencia positiva para las personas que se abastecen de pozos.

En estudios realizados en torno a la Central Angostura han demostrado la aparición de humedales debido a la saturación del suelo.⁴

Por esta razón cual, se tomará como supuesto que el sector no tiene obras hidráulicas que se puedan ver comprometidas y se considerará que los efectos de la saturación de los suelos no son significantes con respecto a lo que ocurre en la fase de operación.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	El efecto que provoca esta actividad sobre el recurso hídrico será clasificado de forma positiva al aumentar los niveles freáticos de la zona.	Positivo (+1)
Intensidad	La importancia de este factor se clasificará como media por el hecho de que la intervención en el cauce no debería hacer variar de forma significativa el nivel freático de la zona.	Media (0,4)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de que este efecto ocurra es medio ya que depende del nivel de saturación preexistente de la zona y del nivel freático en que se encuentre.	Probable (6)
Extensión	El área de influencia de este efecto se considerará a nivel de cuenca hidrogeológica.	Local (0,6)
Duración	El tiempo en que se podrá sentir el efecto de este impacto será durante las obras de desviación y comienzo de llenado del embalse. Lo cual se estimará durante la mayor parte de la fase de construcción.	Permanente (1)
Desarrollo	El desarrollo del impacto desde que comienza la fuente del impacto y su manifestación completa se sentirá luego de unos meses en donde los pozos puedan regular la entrada y salida del fluido.	Medio (0,7)
Reversibilidad	LA reversibilidad natural que se presentaría en una situación de que se eliminarían las obras de desviación, la recuperación	Parcialmente reversible (0,6)

⁴ Noticia presentada por la empresa Colbún en septiembre del 2020 donde se comenta sobre los humedales que aparecen en los alrededores de la central Angostura atrayendo diferentes especies de aves. Link: < <https://www.colbun.cl/potencian-la-colonizacion-y-conservacion-de-aves-en-embalse-angostura/> >

	debería ser rápida gracias a la memoria del suelo. Sin embargo, como posteriormente de las obras de construcción se comienza con el llenado y la operación dl embalse, esto provocará cambio de los parámetros del suelo modificando su capacidad de recuperación.	
--	--	--

Tabla 5.24: Evaluación de impacto “Alteración en intercambio de acuífero subterráneo y cuerpos de agua superficial por cambio en régimen de caudales”.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.24 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{+1 * 6 * (0,4 + 0,6 + 1 + 0,7 + 0,6)}{5} = -3,96$$

El valor de calificación Ambiental de -3,96 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO BAJO según la tabla 4.6.

5.4. Fase operación

La fase de operación es la cuarta etapa considerada en el presente estudio. En ella se analizarán la operación de la central, en ella se producen una gran cantidad de afectaciones asociadas a la existencia del embalse. En la tabla 5.25 desglosamos esos impactos.

Componente	Impacto
Humano	<ul style="list-style-type: none"> - Posible inundación y ocupación de lugares sagrados o importantes. - Alteración de la calidad visual del paisaje local. - Alteración de costumbres locales por aumento en flujo vehicular y humano. - Aumento de puestos de trabajo por nuevas actividades en el sector debido al mantenimiento de la central. - Alteración del turismo. - Cambio en el valor del suelo y potencial de urbanización. - Reasentamiento humano. - Oportunidad de desarrollo económico.
Medio ambiente natural	<ul style="list-style-type: none"> - Intervención humana en hábitat natural. - Transformación de hábitat lótico a hábitat léntico. - Fragmentación de hábitat acuático.
Recurso Hídrico	<ul style="list-style-type: none"> - Variación del régimen sedimentológico. - Efectos sobre la calidad de agua por cambios en los sólidos disueltos totales y sólidos suspendidos totales. - Potencial de eutrofización. - Estratificación columna de agua. - Alteración intercambio del recurso entre cuerpo superficial y acuífero subterráneo.

Tabla 5.25: Impactos fase Operación.

Fuente: Elaboración propia.

5.4.1. Impacto componente social

- a. Posible inundación y ocupación de lugares sagrados o importantes.

El impacto sobre lugares sagrados o importantes para la comunidad fue inicialmente analizado en la tabla 5.8 debido a las obras de construcción que se deben realizar. Por otro lado,

se tiene un potencial efecto sobre estos sitios por el hecho de que el área de inundación que se debe utilizar para el embalse es usualmente extensa.

Se estimará el impacto que se puede dar sobre estos lugares por el efecto de la existencia del embalse que podría inundarlos.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	El presente impacto tiene una característica negativa al afectar tradiciones y lugares significativos de la cultura local. Son irremediables por tratarse de lugares relevantes para la comunidad.	Negativo (-1)
Intensidad	La importancia de este impacto se colocará como muy alta por modificar la expresión cultural local de manera permanente.	Muy Alta (1)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de que este impacto se lleve a cabo es relativamente baja por el hecho de que estos sitios no son abundantes y pueden ser identificados con una correcta investigación de la cultura local.	Poco Probable (3)
Extensión	El área de influencia de este impacto se clasificará como puntual por el hecho de que se tiene una modificación sobre la cultura local de la comunidad cercana.	Puntual (0,1)
Duración	La duración de este impacto se colocará como permanente, debido a que no se tiene forma de poder remediar la alteración del lugar sagrado. Se puede trasladar, pero no será lo mismo para la comunidad.	Permanente (1)
Desarrollo	El desarrollo de este impacto será con una velocidad alta al tener un efecto inmediato sobre la cultura local que se sentirá con desprecio inmediatamente por los creyentes del sector.	Rápido (1)
Reversibilidad	Al ser un lugar con connotación importante entregada por el ser humano, el hábitat natural no tendrá capacidad de revertir dicho efecto. Además, al finalizar las obras se puede restaurar el sitio, pero no tendrá	Irreversible (1)

	el nivel de significancia como el sitio anterior.	
--	---	--

Tabla 5.26: Evaluación de impacto “Posible inundación de lugares sagrados o importantes” en fase operación.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.26 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 3 * (1 + 0,1 + 1 + 1 + 1)}{5} = -2,46$$

El valor de calificación Ambiental de -2,46 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO BAJO según la tabla 4.6.

b. Alteración de la calidad visual del paisaje local.

Este impacto fue revisado en la fase de construcción a través de la tabla 5.9. En ella se comentó sobre el aumento de grado antrópico afectando el paisaje local.

En esta ocasión, se trata de revisar el efecto que la central y el embalse generan sobre el paisaje de la zona. Producen un aumento del nivel antrópico sobre la línea base, pero menor al que se presenta durante la construcción. El embalse aporta al paisaje con una laguna artificial en el lugar.

Se estudiará el efecto sobre el paisaje tomando en cuenta que el efecto del embalse puede ser mayor que el efecto de las obras.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	Este impacto se clasificará de forma positiva por el aporte que significa una laguna artificial	Positivo (+1)
Intensidad	La intensidad de esta actividad se colocará como media al tener que estar ponderada con las obras propias de la central hidroeléctrica.	Media (0,4)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de ocurrencia es relativamente alta, no obstante, en esta situación afecta el grado antrópico anterior y la composición natural del paisaje.	Muy Probable (8)
Extensión	El área de influencia de esta medida es estimada como local, ya que se tiene un efecto sobre el paisaje local de la zona que se atañe a las localidades cercanas.	Local (0,6)

Duración	El tiempo que esta actividad provocará el impacto señalado se extiende por toda la vida útil de la central. Es decir, alrededor de 50 años.	Permanente (1)
Desarrollo	El tiempo de desarrollo de este impacto se estimará como relativamente lento debido a que se debe tener en cuenta la capacidad de adaptación de los lugares cercanos para convivir de manera correcta con el embalse que deben comunicarse correctamente estéticamente hablando.	Lento (0,4)
Reversibilidad	La reversibilidad de este impacto se clasificará de manera parcialmente reversible debido a que se tiene que la capacidad de volver al estado original es relativamente lenta por los cambios producidos por una actividad que dura 50 años.	Parcialmente Reversible (0,6)

Tabla 5.27: Evaluación de impacto “Alteración de la calidad visual del paisaje local” en fase operación.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.27 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{+1 * 8 * (0,4 + 0,6 + 1 + 0,4 + 0,6)}{5} = +4,8$$

El valor de calificación Ambiental de +4,8 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación POSITIVO MEDIO según la tabla 4.6.

- c. Alteración de costumbres locales por aumento en flujo vehicular y humano.

Como en impactos anteriores este se genera desde la fase de construcción. Pero a diferencia se esa fase, el volumen de flujo vehicular y humano es significativamente menor, lo cual afectará sobre su calificación. Pero tampoco se regresa a la normalidad de bases ya que aumenta la fama y el atractivo del sector por la obra. Lo anterior en el supuesto que la zona no fuese conocida, masivamente, a nivel nacional.

Se supondrá que la comunidad no es popular dentro de Chile y aumenta este nivel gracias a la actividad económica. Entonces, se comparará el efecto de este aumento de flujo frente a la línea base.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	El impacto sobre las costumbres locales se categorizará de manera negativa, porque hay alteración de la cotidianidad de las personas.	Negativa (-1)
Intensidad	La intensidad de este efecto es baja por el hecho de que el flujo vehicular y humano en esta fase no es alta. Corresponde únicamente a las personas que están trabajando en la central y la entrega de insumos.	Baja (0,1)
Riesgo de Ocurrencia	El riesgo de ocurrencia se colocará como probable porque depende de la distribución de los pueblos y la central. Es decir, si es necesario pasar por la comunidad para ir a la central.	Probable (6)
Extensión	El área de influencia será la correspondiente a las comunidades y poblados cercanos a la central.	Local (0,6)
Duración	El tiempo de duración que tendrá este impacto es de la totalidad de la fase de operación, alrededor de 50 años.	Permanente (1)
Desarrollo	El tiempo de desarrollo de este impacto es relativamente medio por la capacidad de adaptación de las comunidades.	Medio (0,7)
Reversibilidad	La reversibilidad de este impacto depende de la velocidad de adaptación al fin de la fuente de dicho impacto. Por lo cual, se tomará un valor medio de este parámetro.	Parcialmente Reversible (0,6)

Tabla 5.28: Evaluación de impacto “Alteración de costumbres locales por aumento en flujo vehicular y humano” en fase operación.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.28 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 6 * (0,1 + 0,6 + 1 + 0,7 + 0,6)}{5} = -3,6$$

El valor de calificación Ambiental de -3,6 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO BAJO según la tabla 4.6.

- d. Aumento de puestos de trabajo por nuevas actividades en el sector debido al mantenimiento de la central.

Los puestos de trabajo en la central se generan por la operación y mantenimientos. Por lo mismo existe una disminución de la oferta laboral en relación con la etapa de construcción. Si bien sigue demandando personal no es tanto como en la fase anterior.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	El impacto es de carácter positivo al entregar seguridad laboral, oportunidad laboral y desarrollo económico a personas.	Positivo (+1)
Intensidad	La intensidad de dicho impacto tiene una característica de importancia para las personas beneficiadas de este puesto laboral. Además, un mayor ingreso permite un desarrollo económico local.	Alta (0,7)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de que este impacto se lleve a cabo de forma completa es alta, pero no cierta por el hecho de que si la comunidad afectada es un pueblo desarrollado económicamente, no debería tener un efecto el aumento pequeño de fuente laboral. Adicionalmente, se tiene la situación donde se traen funcionarios de otros lugares del país.	Muy Probable (8)
Extensión	El área de influencia de este factor se tomará de forma local, porque el aumento de fuente laboral pequeña se sentirá en las comunidades cercanas no desarrolladas económicamente.	Local (0,6)
Duración	El tiempo de duración de este impacto corresponde a toda la fase de operación.	Permanente (1)
Desarrollo	El tiempo de desarrollo de este impacto es relativamente rápido por el hecho de que la vacante de los puestos de trabajo debe	Rápido (1)

	ser llenados rápidamente para no perder tiempo de la operación de dicha central.	
Reversibilidad	La reversibilidad natural de este impacto es rápida por el hecho de que al finalizar la fuente del impacto desaparecerá inmediatamente la fuente de trabajo.	Reversible (0,1)

Tabla 5.29: Evaluación de impacto “Aumento de puestos de trabajo por nuevas actividades en el sector debido al mantenimiento de la central”.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.29 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{+1 * 8 * (0,7 + 0,6 + 1 + 1 + 0,1)}{5} = +5,44$$

El valor de calificación Ambiental de +5,44 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación POSITIVO MEDIO según la tabla 4.6.

e. Alteración del turismo.

Este impacto fue analizado en la subsección anterior en la que se comentaron los impactos relacionados con la construcción. La alteración en el turismo se relaciona a la laguna artificial producida por el embalse.

Esta nueva y potencial fuente de turismo ha sido observada en otros casos como un foco turístico (por ejemplo, las centrales hidroeléctricas de Colbún y Rapel). Se ha observado también en otro tipo de embalses como El Yeso en la Región Metropolitana.

Se tomará supondrá desarrollo pobre, de la variable turística y, por consiguiente, que no ha sido explotado el turismo aventura en el río.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	Este impacto es de carácter positivo al entregar un aporte económico de las personas.	Positivo (+1)
Intensidad	La importancia de este impacto es relativamente alta al entregar un potencial desarrollo económico a las personas y la comunidad de las personas y la región donde está emplazada la acción.	Alta (0,7)

Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de ocurrencia de este impacto es relativamente alta basada en situaciones anteriores donde el embalse artificial es un foco de turismo. Esto se produce en las centrales Colbún y Rapel.	Muy Probable (8)
Extensión	El área de influencia de este impacto se tomará a nivel regional al obtener un ingreso de personas a diferente poblados y ciudades que están alrededor del foco turístico.	Regional (1)
Duración	El tiempo de duración de este impacto se tomará como el tiempo de duración de la fase de operación debido al tiempo proyectado del embalse.	Permanente (1)
Desarrollo	El desarrollo del turismo es relativamente lento por el desarrollo que debe tener la industria, permisos y negociaciones con el titular que puede tomar tiempo.	Lento (0,4)
Reversibilidad	La reversibilidad es relativamente rápida al tomar en cuenta que se necesita la existencia de la laguna artificial para que el turismo sea producido en este punto. Por lo cual, al dejar de existir dicha laguna, se extinguirá el desarrollo turístico de la zona.	Reversible (0,1)

Tabla 5.30: Evaluación de impacto “Alteración de turismo” en fase operación.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.30 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{+1 * 8 * (0,7 + 1 + 1 + 0,4 + 0,1)}{5} = +5,12$$

El valor de calificación Ambiental de +5,12 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación POSITIVO MEDIO según la tabla 4.6.

f. Cambio en el valor del suelo y potencial de urbanización.

Por efecto de la nueva actividad se produce un aumento en el valor económico de los terrenos adyacentes y cercanos. Por tratarse de obras de gran envergadura, tienden a mejorarse los servicios básicos que aumentarán, al mismo tiempo, el potencial de urbanización en el sector.

Para esta evaluación se asumirá la existencia de comunidades y terrenos utilizables para la explotación económica en las cercanías del proyecto.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	El presente impacto se clasificará de forma positiva por el aumento en la valorización de terrenos cercanos.	Positivo (+1)
Intensidad	La intensidad de este impacto dependerá de la distribución de los terrenos adyacentes, su grado de intervención humana y la ubicación de pueblos adyacentes.	Alta (0,7)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de este impacto se desarrolle es media por el hecho de que muchas de las centrales no se encuentran tan cerca de ciudades desarrolladas, pero si de comunidades pequeñas.	Probable (6)
Extensión	El área de influencia de este factor es clasificada de forma local por el hecho de que afectará a los terrenos cercanos y poblaciones que estén adyacentes al proyecto	Local (0,6)
Duración	El tiempo de duración es de la totalidad de fase de operación y puede continuar una vez terminada esta fase por el crecimiento que se puede dar en ese tiempo.	Permanente (1)
Desarrollo	El desarrollo es relativamente lento por el hecho de las regulaciones comunales que se deben realizar para el potencial de urbanización de la zona.	Lento (0,4)
Reversibilidad	El efecto es prácticamente irreversible al mediano plazo por las familias que pueden habitar en el sector y las posibles industrias que se pueden emplazar como, por ejemplo, la industria agrícola.	Irreversible (1)

Tabla 5.31: Evaluación de impacto “Cambio en el valor del suelo y potencial de urbanización”.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.31 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{+1 * 6 * (0,7 + 0,6 + 1 + 0,4 + 1)}{5} = +4,44$$

El valor de calificación Ambiental de +4,44 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación POSITIVO MEDIO según la tabla 4.6.

g. Reasentamiento humano.

El reasentamiento se produce cuando se ha necesitado desplazar personas y buscarles un nuevo hogar. Este efecto es muy negativo pues despoja a los individuos de pertenencias, costumbres y tradiciones. Se debe considerar que las personas creamos lazos emocionales y les adjudicamos memorias, lo cual hace aún más dura la transición de una vivienda a otra.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	Este impacto se calificará de forma negativa por la alteración de las costumbres locales y despojo de su calidad de vida actual.	Negativo (-1)
Intensidad	La importancia de este impacto sobre el medio humano es sumamente importante al despojar a las personas de su cultura y tradiciones. Además, se tiene un efecto psicológico negativo en la comunidad desplazada y no desplazada.	Muy Alta (1)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de ocurrencia de este impacto es sumamente baja al tener muchos lugares para instaurar centrales hidroeléctricas que no están cerca de una zona urbana.	Poco Probable (3)
Extensión	El área de influencia es puntual al afectar solo a la zona inundada por el embalse.	Puntual (0,1)
Duración	El tiempo de duración de este impacto se tomará como mínimo la duración completa de la fase de operación.	Permanente (1)
Desarrollo	La velocidad de desarrollo del impacto es relativamente rápida, pero se puede entorpecer por procedimientos de negociación y procedimientos legales.	Medio (0,7)
Reversibilidad	El efecto de este impacto es prácticamente irreversible al alterar el estado del suelo original y tener que preparar	Irreversible (1)

	nuevamente el terreno para el emplazamiento de viviendas.	
--	---	--

Tabla 5.32: Evaluación de impacto “Reasentamiento de personas”.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.32 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 3 * (1 + 0,1 + 1 + 0,7 + 1)}{5} = -2,28$$

El valor de calificación Ambiental de -2,28 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO BAJO según la tabla 4.6.

h. Oportunidad de desarrollo económico.

Este impacto, que también se estudió para etapas anteriores, se relaciona con el surgimiento de nuevas industrias a raíz de la central.

El aumento de la industria a nivel de local se puede apreciar por el incremento de la población flotante; la popularidad y la relevancia que adquiere la zona por la central hidroeléctrica. Surge un desarrollo económico con el fin de abastecer de bienes y servicios necesarios para la operación de la central: equipos de mantenimiento, servicios de aseo, servicios de alimentación, etc. Toda la región se ve influenciada por un fenómeno similar que sólo se diferencia por escalas.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	Este impacto se clasificará de forma positiva al tener relación con el bienestar económico de las personas, la comunidad y la región donde se emplaza el desarrollo económico.	Positivo (+1)
Intensidad	La importancia de este impacto es relativamente alta al tener un efecto sobre la economía de los pueblos aledaños y la región. Se debe al poder desarrollar industrias en la región o pueblo y de otras industrias al tener la oportunidad de tener energía más barata.	Alta (0,7)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de que este impacto se desarrolle es media al tener que depende de la capacidad del mercado tanto local como regional de	Probable (6)

	desarrollarse frente a este estímulo.	
Extensión	El área de influencia se tomará de forma regional al tener un desarrollo económico que puede fomentar a varias comunidades y potencialmente la región entera donde se emplaza el proyecto.	Regional (1)
Duración	El tiempo de duración de este impacto se estimará como el período de la fase de operación.	Permanente (1)
Desarrollo	La velocidad de desarrollo de las industrias es usualmente lenta si se considera que se tiene poblados con bajo nivel de desarrollo económico.	Lento (0,4)
Reversibilidad	La capacidad del entorno de revertir dicho efecto es prácticamente irreversible ya que se tendrá una industria desarrollada que durante el período de las centrales podrán estabilizarse de forma correcta.	Irreversible (1)

Tabla 5.33: Evaluación de impacto “Oportunidad de desarrollo económico”.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.33 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{+1 * 6 * (0,7 + 1 + 1 + 0,4 + 1)}{5} = +4,92$$

El valor de calificación Ambiental de +4,92 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación POSITIVO MEDIO según la tabla 4.6.

5.4.2. Impacto componente medio ambiente natural

a. Intervención humana en hábitat natural.

Este impacto tiene un análisis previo en las fases de Ingeniería Básica y Construcción. Hay una diferencia debido al tráfico de personal, vehículos y maquinaria.

En esta fase en particular, el nivel de intervención humana es baja en relación con la fase de construcción, sin embargo, no es menor para las especies de la zona.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	El presente impacto se calificará de manera negativa al afectar la calidad de vida del	Negativo (-1)

	entorno natural con la intervención humana propia de la actividad de la central.	
Intensidad	La importancia de este impacto es inferior al de las fases anteriores: se disminuye el efecto nocivo de la intervención humana, sin embargo, las criaturas no han vuelto a sus costumbres originales.	Media (0,4)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de que este impacto se lleve a cabo es alta por el hecho de la intervención se realizará y afectará las especies adyacentes al proyecto.	Muy probable (8)
Extensión	El área de influencia de dicho impacto será en las cercanías de los lugares donde están las personas que trabajan en la central.	Puntual (0,1)
Duración	El tiempo de duración de este impacto se tomará como el tiempo de la fase de operación.	Permanente (1)
Desarrollo	La velocidad de desarrollo del impacto se tomará como media por la capacidad de adaptación de las especies en el lugar.	Medio (0,7)
Reversibilidad	El impacto se calificará como parcialmente reversible por el efecto sobre las tradiciones y costumbres de las distintas especies.	Parcialmente Reversible (0,6)

Tabla 5.34: Evaluación de impacto “Intervención humana en hábitat natural” en fase operación.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.34 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 8 * (0,4 + 0,1 + 1 + 0,7 + 0,6)}{5} = -4,48$$

El valor de calificación Ambiental de -4,48 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO MEDIO según la tabla 4.6.

b. Transformación de hábitat lótico a hábitat léntico.

Un hábitat lótico es un espacio donde se desarrollan diferentes especies animales y vegetales en aguas fluviales. El hábitat léntico es similar, pero en aguas terrestres relativamente estancadas como un lago, laguna o embalse.

La transición entre estos hábitats produce un efecto negativo en el equilibrio natural de las especies que lo conforman. Cambiando hábitos, comportamientos y preferencias en la cadena trófica. Se produce además un aumento de especies que anteriormente no se adaptaban a las condiciones del hábitat original.

Para el análisis de este impacto se tomará como supuesto que el cuerpo de agua a intervenir es un río y que no tiene lagunas naturales cerca.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	Este impacto se clasificará de forma negativa al alterar el hábitat natural donde se encuentra el proyecto.	Negativo (-1)
Intensidad	La importancia de este impacto es alta al tener una alteración de las costumbres de las especies locales. Al cambiar de tipo de hábitat se promoverá el crecimiento de otras especies que pueden alterar la cadena trófica natural del sistema.	Muy Alta (1)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de ocurrencia es cierta al tener un río intervenido que se convierte en laguna artificial. Esto solo no ocurre al tener una laguna natural que se expande por la obra hidráulica.	Cierto (10)
Extensión	El área de influencia de este impacto se clasificará como local al afectar el hábitat descrito en la cuenca del río intervenido.	Local (0,6)
Duración	El tiempo de duración se estimará como la duración de la fase de operación.	Permanente (1)
Desarrollo	La velocidad de desarrollo del impacto se clasificará de forma moderada porque en los cambios de hábitat e intervención dependen de la capacidad de adaptación de las diferentes especies.	Medio (0,7)
Reversibilidad	La capacidad de reversibilidad del impacto que tiene el hábitat dependerá de la capacidad de adaptación de las diferentes especies. Por consiguiente, se tomará un valor medio al no	Parcialmente Reversible (0,6)

	tener más información de que especies se pueden encontrar.	
--	--	--

Tabla 5.35: Evaluación de impacto “Transformación de hábitat lótico en hábitat léntico”.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.35 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 10 * (1 + 0,6 + 1 + 0,7 + 0,6)}{5} = -7,8$$

El valor de calificación Ambiental de -7,8 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO ALTO según la tabla 4.6.

c. Fragmentación de hábitat acuático.

Este impacto se comenzó a analizar en la fase anterior, el que produce un efecto barrera sobre las especies acuáticas por las obras de desvío y ataguías. En esta oportunidad se observarán los efectos por la instalación de una presa que limitará el hábitat del río.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	El impacto de fragmentación de hábitat acuática es de carácter negativo al cambiar los comportamientos de los participantes de aquel hábitat.	Negativo (-1)
Intensidad	La importancia de este impacto es clasificada como alta, debido a que la presa crea una barrera para la continuidad del hábitat natural. Entonces, las especies se ven en la obligación de cambiar rutinas y costumbres.	Alta (0,7)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de ocurrencia de este impacto es bastante alta porque se debe construir una presa para poder crear el embalse. No obstante, no se coloca como una probabilidad cierta por el hecho de que depende de las características iniciales del hábitat intervenido.	Muy Probable (8)
Extensión	El área de influencia se tomará a nivel local por el efecto sobre el curso de agua en la cuenca.	Local (0,6)
Duración	El tiempo de duración de este impacto se tomará como mínimo el período de duración de la fase de operación.	Permanente (1)

Desarrollo	La velocidad de desarrollo es relativamente lenta porque las especies a través de su poder de adaptación podrán manifestar en que afectan estos cambios.	Medio (0,7)
Reversibilidad	La velocidad que pueda tener el medio para poder revertir el efecto de este impacto se considerará de forma media por el hecho del poder adaptativo de las especies	Parcialmente Reversible (0,6)

Tabla 5.36: Evaluación de impacto “Fragmentación de hábitat acuático” en fase operación.
Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.36 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 8 * (0,7 + 0,6 + 1 + 0,7 + 0,6)}{5} = -5,76$$

El valor de calificación Ambiental de -5,76 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO MEDIO según la tabla 4.6.

5.4.3. Impacto componente Recursos Hídricos

a. Variación del régimen sedimentológico.

Este primer impacto sobre la componente hídrica en la fase de operación comprende un cambio en la morfología del curso de agua natural. Una obra hidráulica diseña una condición distinta de borde; modifica el régimen de deposición y extracción de sedimentos en el lecho del río.

El régimen de caudales que afecta el sedimentológico cambia la erosión en el lecho del río , lo que proporcionará, eventualmente, diferentes concentraciones de ciertos elementos químicos.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	Al igual que en el análisis en la fase de construcción, la modificación del régimen sedimentológico trae alteraciones químicas en el cuerpo de agua, cambio en los sectores de deposición de sedimentos y pueden alterar obras civiles aguas debajo de la central.	Negativo (-1)
Intensidad	La importancia del impacto analizado es relevante porque	Muy Alta (1)

	se tiene una alteración por una nueva condición de borde que afectará en un período prologando de tiempo.	
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de ocurrencia es significativamente alta, pero puede ser atenuada por las condiciones iniciales del cuerpo de agua.	Muy Probable (8)
Extensión	El área de influencia de este impacto se tomará como local al tener una modificación dentro de una cuenca en particular.	Local (0,6)
Duración	El tiempo de duración del impacto se tomará de forma permanente considerando la vida útil de una central en alrededor de 50 años.	Permanente (1)
Desarrollo	La velocidad con que se desarrolla la modificación de régimen sedimentológico es relativamente lenta, ya que su real efecto se sentirá en un espacio temporal que permita observar consecuencias en obras y cambios estadísticos.	Lento (0,4)
Reversibilidad	El tiempo en que el medio podrá revertir dicho impacto depende de las características morfológicas del lugar. Sin embargo, al igual que en el desarrollo, se podrá observar a través de una comparación estadística.	Parcialmente Reversible (0,6)

Tabla 5.37: Evaluación de impacto “Alteración del régimen sedimentológico”.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.37 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 8 * (1 + 0,6 + 1 + 0,4 + 0,6)}{5} = -5,76$$

El valor de calificación Ambiental de -5,76 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO MEDIO según la tabla 4.6.

- b. Efecto sobre la calidad de agua por cambios en los sólidos disueltos totales y sólidos suspendidos totales.

Este impacto tiene directa relación con el de alteración en el régimen sedimentológico de la cuenca. Al existir mayor cantidad de sedimentos disueltos y suspendidos en el agua,

se produce un aumento de contaminación por diferentes elementos, cambios de pH y cambios de conductibilidad eléctrica que afectarán a las especies del medio natural, que tienen el potencial de afectar la salud humana.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	Este impacto tiene una clasificación negativa al afectar la calidad química del cuerpo de agua. Esto a su vez altera la calidad de vida del hábitat natural acuático, las obras hidráulicas y, potencialmente, puede afectar la salud humana según sus usos.	Negativo (-1)
Intensidad	La importancia de este impacto es alta por la gran cantidad de componentes que afecta este impacto. Altera calidad de vida humana y medio ambiente natural, además de obras civiles.	Alta (0,7)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de ocurrencia es relativamente alta, pero no es cierta ya que depende de la calidad inicial del curso de agua.	Muy Probable (8)
Extensión	El área de influencia del impacto se tomará como local al afectar la cuenca donde está ubicada el curso de agua intervenido.	Local (0,6)
Duración	El tiempo de duración se tomará como permanente al durar un tiempo aproximado similar a la fase de operación.	Permanente (1)
Desarrollo	La velocidad de desarrollo del impacto es relativamente moderada al ser un efecto que depende de la capacidad de adaptación del hábitat y fuentes estadísticas para ver efecto en calidad y salud humana.	Medio (0,7)
Reversibilidad	El efecto se colocará como parcialmente reversible, debido a que se tiene una alteración de la salud de los distintos organismos que deberán sobreponerse de esta modificación.	Parcialmente Reversible (0,6)

Tabla 5.38: Evaluación de impacto “Efecto sobre la calidad de agua por cambios en los sólidos disueltos totales y sólidos suspendidos totales”.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.38 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 8 * (0,7 + 0,6 + 1 + 0,7 + 0,6)}{5} = -5,76$$

El valor de calificación Ambiental de -5,76 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO MEDIO según la tabla 4.6.

c. Potencial de eutroficación.

A continuación, se procederá a estudiar el nuevo estado del embalse artificial. La eutroficación es un proceso natural en cuerpos de aguas extensos como lagos. Se produce cuando existe un aumento de nutrientes en el agua que puede generarse por un cambio en el régimen de sedimentación de la cuenca.

El proceso de eutroficación, va de la mano con el proceso de estratificación del cuerpo de agua, produce un aumento de crecimiento de flora y población bacteriana en las capas superficiales de este, pudiendo producirse un fenómeno llamado Algal Bloom.

El proceso de Algal Bloom⁵ genera una capa sobre la superficie del agua que no permite la penetración de la radiación solar a las capas inferiores. Al morir una de estas algas se va al fondo y se degrada en un proceso que utiliza oxígeno. Lo que causa un déficit de oxígeno disuelto, saturación de compuestos químicos y tramos anóxicos⁶.

En situaciones no tan extremas, se produce un aumento de la demanda biológica de oxígeno (DBO) pudiendo crear tramos anóxicos (sin oxígeno disuelto) aguas abajo o sólo en sectores del lago artificial.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	Este impacto se clasificará como negativo por el hecho de alterar la calidad de vida del hábitat acuático original.	Negativo (-1)
Intensidad	La importancia de este impacto se colocará como muy alta al	Muy Alta (1)

⁵ Algal Bloom o Proliferación de Algas es un crecimiento excesivo y descontrolado de organismos en un cuerpo de agua.

⁶ Tramo anóxico corresponde a un sector de un cuerpo de agua fluvial que tiene una demanda biológica de oxígeno mayor al oxígeno disuelto. Ocasiona problemas en el balance ácido-base y trae alteraciones en el desarrollo de flora y fauna acuática.

	tener grandes consecuencias sobre las especies de flora y fauna acuáticas que estén en la laguna artificial y en el río agua abajo de la central.	
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de ocurrencia es relativamente alta al tener que detener una gran cantidad de agua por los horarios de demanda eléctrica. Sin embargo, la gran limitante de esta situación serán los nutrientes disueltos en el hábitat.	Muy Probable (8)
Extensión	El área de influencia de este impacto se tomará como puntual al afectar zonas del embalse y posiblemente el río justo aguas abajo del embalse	Puntual (0,1)
Duración	El tiempo de duración de este impacto se estimará como el tiempo de la fase de operación.	Permanente (1)
Desarrollo	La velocidad de desarrollo de este impacto es relativamente lenta de forma natural, no obstante, será acelerado por esta nueva condición de borde.	Medio (0,7)
Reversibilidad	El parámetro de tiempo que necesita el medio para revertir el efecto no es un gran valor, debido a que este proceso solo ocurrirá aquí por la existencia del embalse. Al no estar al final de la fase de operación, no se tendrá un potencial de eutroficación.	Reversible (0,1)

Tabla 5.39: Evaluación de impacto “Potencial de eutrofización”.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.39 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 8 * (1 + 0,1 + 1 + 0,7 + 0,1)}{5} = -4,64$$

El valor de calificación Ambiental de -4,64 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO MEDIO según la tabla 4.6.

d. Estratificación columna de agua.

Como se comentó anteriormente, el fenómeno de estratificación de columna de agua está relacionado con el

potencial de eutroficación en el lago. La estratificación es la división en diferentes capas o estratos que tendrán diferentes características y favorecerán a diferentes especies para su desarrollo y crecimiento.

La manera usual que se estratifica una columna de agua es a través de la exposición solar que determina la temperatura del fluido. Al tener flujo con poco o nulo movimiento como se da en lagos y embalses.

Los problemas con el fenómeno de estratificación es que provoca cambios en la calidad de agua al tener diferentes flujos que adquirirán dificultades para poder mezclarse. Estos obstáculos se dan por el caso de tener una estratificación con diferentes temperaturas que produce diferentes densidades y concentraciones de compuestos químicos.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	El impacto de estratificación de columna de agua se clasificará de forma negativa por el cambio de hábitat acuático y calidad de agua que provoca este tipo de fenómeno.	Negativo (-1)
Intensidad	La importancia de este impacto es relativamente alto por los efectos en el medio ambiente natural y físico, disgregando el hábitat natural por favorecimiento de crecimiento y zonificación de nutrientes.	Muy Alta (1)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de ocurrencia de este impacto es del 100% por el hecho de tener una laguna artificial con poco o nulo movimiento en un tiempo prologado.	Cierta (10)
Extensión	El área de influencia de este impacto será local, ya que el efecto de estratificación solo se da en zonas del embalse.	Local (0,1)
Duración	El tiempo de duración de este impacto se considerará como la fase de operación por completo.	Permanente (1)
Desarrollo	La velocidad de desarrollo de este impacto se establecerá como medio por el tiempo que se demora en desarrollarse la estratificación y las especies acuáticas a adaptarse a ello.	Medio (0,7)
Reversibilidad	La reversibilidad natural de este impacto es prácticamente	Reversible (0,1)

	instantánea al extraer las obras propias de la central.	
--	---	--

Tabla 5.40: Evaluación de impacto “Estratificación columna de agua”.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.40 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 10 * (1 + 0,1 + 1 + 0,7 + 0,1)}{5} = -5,8$$

El valor de calificación Ambiental de -5,8 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO MEDIO según la tabla 4.6.

- e. Alteración intercambio del recurso entre cuerpos superficiales y acuíferos subterráneos.

Este impacto, comentado previamente en la fase de construcción, en la etapa de operación modifica el régimen de carga y descarga entre el cuerpo de agua superficial y el acuífero subterráneo.

Un aumento del área mojada provoca que la cantidad de suelo saturado sea mayor. Esto cambian el flujo de agua entre ambas capas, saturando partes del suelo y cambiando sus características. La saturación de los suelos puede favorecer el crecimiento de nuevos hábitats en la zona tales como humedales, aumentando la diversidad de fauna en el sector.

Estos humedales caben sobre la definición de sitios RAMSAR. Los sitios RAMSAR son lugares definidos en la convención RAMSAR en donde Chile está adscrito desde el año 1981. A través de esta clasificación, se pretende identificar humedales de importancia internacional con el fin de su protección. En el sitio web de RAMSAR, se define un humedal como “toda área terrestre que está saturada o inundada de agua de manera estacional o permanente”.⁷

Por otro lado, el aumento del flujo entre la superficie y el cuerpo subterráneo provoca un leve aumento de la cota freática. Este punto es beneficioso para los hábitats naturales aguas abajo, mejorando la carga de cuerpos superficiales y la oferta hídrica de pozos. Sin embargo, puede ser perjudicial para ciertas obras civiles causado por el mismo aumento del nivel freático.

Parámetro	Argumento	Calificación
-----------	-----------	--------------

⁷ Sitios web convención RAMSAR donde se extrajo información:

<https://www.ramsar.org/sites/default/files/fs_6_ramsar_convention_sp_0.pdf>

Carácter	Este impacto se clasificará de manera positiva por los beneficios ambientales que este conlleva.	Positivo (+1)
Intensidad	La importancia de este impacto es relativamente alta debido a que se tiene un efecto sobre diferentes componentes ambientales (humana, medio ambiente natural y hídrica).	Alta (0,7)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de ocurrencia de este impacto es relativamente alta, sin embargo, los beneficios y consecuencias están sostenidas en las condiciones propias de la ubicación de la central.	Muy Probable (8)
Extensión	El área de influencia se considerará del tamaño de la cuenca en que está ubicado el río intervenido.	Local (0,6)
Duración	El tiempo que dura el impacto corresponde al tiempo de duración de la fase de operación.	Permanente (1)
Desarrollo	La velocidad de desarrollo del impacto se clasificará como media, ya que la saturación de los suelos se determinará con el volumen y área mojada de la central. Adicionalmente, las consecuencias que este impacto posee se presentan en un período prolongado por el crecimiento de flora y fauna nueva y aumento paulatino del nivel freático.	Medio (0,7)
Reversibilidad	El tiempo para que el medio natural revierta este efecto es corto, ya que solo depende de la existencia del embalse.	Reversible (0,1)

Tabla 5.41: Evaluación de impacto "Alteración del recurso entre cuerpos superficiales y acuíferos subterráneos".

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.41 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{+1 * 8 * (0,7 + 0,6 + 1 + 0,7 + 0,1)}{5} = +4,96$$

El valor de calificación Ambiental de +4,96 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación POSITIVO MEDIO según la tabla 4.6.

5.5. Fase cierre

La fase de cierre de la central hidroeléctrica comienza cuando termina la vida útil del proyecto hidroeléctrico en cuestión. Como se comentó anteriormente, Chile no tiene una normativa referente al cierre de estas obras. En consecuencia, se utilizará el procedimiento descrito en situaciones anteriores y que se ajusta a la ley 20.551 de cierre de Faena Minera. Esta ley plantea que se debe devolver al sector a la situación inicial, realizando obras de reforestación, revegetación, establecimiento de régimen natural del cuerpo de agua y realizando el desmantelamiento de las obras. La tabla 5.26 muestran los impactos de esta fase.

Componente	Impacto
Humano	<ul style="list-style-type: none"> - Alteración del turismo. - Alteración de costumbres locales por aumento en flujo vehicular y humano. - Alteración de calidad de vida por potencial contaminación acústica, aérea, hídrica, hábitat natural y vibraciones. - Aumento de puestos de trabajo por nuevas actividades en el sector. - Potencial desarrollo de industrias existentes en el sector. - Alteración de la calidad visual del paisaje local.
Medio ambiente natural	<ul style="list-style-type: none"> - Intervención humana en hábitat natural. - Alteración de calidad de vida de fauna y flora acuática por descarga del embalse - Pérdida de vegetación por diferentes obras de construcción. - Modificación hábitat léntico artificial a hábitat lótico original. - Recuperación de vegetación por acción de revegetación y reforestación.
Recurso Hídrico	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio en el régimen de caudales en los cuerpos de agua superficiales. - Cambio en régimen sedimentológico del río debido al vaciado y el dragado del embalse. - Cambio en la calidad de agua por cambio de sedimentación del lecho del río. - Alteración en intercambio de acuífero subterráneo y cuerpo de agua superficial por cambios en régimen de caudales. - Modificación de cauce por descarga de embalse.

Tabla 5.42: Impactos fase Cierra.

Fuente: Elaboración propia.

5.5.1. Impacto componente humana

a. Alteración de turismo.

En este último proceso de la actividad de generación hidroeléctrica surgen los efectos producidos por la interrupción de las actividades en la zona. En cuanto al turismo, en el caso

de que se haya desarrollado esa industria, se verá alterado al tener que intervenir la zona para dismantelar las obras y desaguar el embalse. Adicionalmente, turismo aguas abajo de la central y que tengan que ver con el recurso hídrico se verá igualmente afectado.

Para la evaluación del presente impacto, se asumirá que se tiene una industria del turismo en base al embalse.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	El impacto tendrá una connotación negativa al cortar el suministro económico para la industria que se encuentre basado en la laguna artificial.	Negativo (-1)
Intensidad	La importancia es relativamente alta al tener un efecto económico alto para las personas que se benefician de esta actividad tanto en las cercanías de las obras, como en ciudades cercanas.	Alta (0,7)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de ocurrencia es relativamente alta, pero se tomará un resguardo en la calificación, ya que dependerá totalmente del tamaño de la industria turística de la zona.	Probable (6)
Extensión	El área de influencia dependerá del desarrollo de la zona, pero el menor flujo de turistas se sentirá como un flujo de dinero menor para la región en que esta inserta el proyecto.	Regional (1)
Duración	El tiempo de duración de este impacto dependerá del tiempo que dure las diferentes obras en esta fase más un tiempo adicional para que la industria turística pueda adaptarse a este nuevo cambio.	Permanente (1)
Desarrollo	La velocidad de desarrollo de dicho impacto es relativamente rápida, no obstante, tendrá como parámetro importante el tamaño de la industria turística y su capacidad de desarrollo.	Medio (0,7)
Reversibilidad	La reversibilidad considera la capacidad del mercado para solventar el cambio y buscar nuevas fuentes de turismo. Sin embargo, se espera que luego del largo tiempo de la fase de operación, la industria haya	Parcialmente Reversible (0,6)

	logrado desarrollarse de tal manera que este efecto no sea significativo.	
--	---	--

Tabla 5.43: Evaluación de impacto “Alteración de turismo” en fase cierre.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.43 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 6 * (0,7 + 1 + 1 + 0,7 + 0,6)}{5} = -4,8$$

El valor de calificación Ambiental de -4,8 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO MEDIO según la tabla 4.6.

- b. Alteración de costumbres locales por aumento en flujo vehicular y humano.

Al igual que en la fase de operación, se tendrá un aumento de población flotante y vehículos que transitando por el sector y las comunidades cercanas. Esto puede afectar la calidad de vida y las costumbres locales. Será significativo si lo comparamos con la línea base del proyecto. En cambio, si la comparación se realiza respecto de la fase de construcción es significativamente menor pues el tiempo es más acotado.

Para la evaluación de este impacto se considerará la trayectoria de las costumbres locales modificadas por las diferentes actividades y etapas de la central.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	El carácter de este impacto es negativo, se alteran las costumbres y la vida diaria de las personas.	Negativo (-1)
Intensidad	La importancia de este impacto se calificará como medio al tomar en cuenta las fases de construcción y operación y la adaptación de los ciudadanos.	Medio (0,4)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de que este impacto se lleve a cabo es altamente probable por el hecho de que se tiene un aumento de las personas, vehículos y maquinarias que podrán alterar la vida diaria.	Muy Probable (8)
Extensión	El área de influencia de este impacto se tomará como las zonas aledañas al proyecto y	Local (0,6)

	las poblaciones próximas a la actividad.	
Duración	El tiempo de duración de este impacto es de la fase de cierre que se estimará como similar a la fase de construcción.	Permanente (1)
Desarrollo	La velocidad de desarrollo se tomará como velocidad media al tener que considerar la capacidad de respuesta de las personas frente a la modificación de costumbres y la interiorización de las fases anteriores.	Medio (0,7)
Reversibilidad	La reversibilidad de este impacto se calificará como relativamente rápida, ya que al terminar la fase de cierre el flujo aumentado de personas desaparecerá y se podrá volver a las costumbres anteriores.	Reversible (0,1)

Tabla 5.44: Evaluación de impacto “Alteración de costumbres locales por aumento en flujo vehicular y humano” en fase cierre.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.44 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 8 * (0,4 + 0,6 + 1 + 0,7 + 0,1)}{5} = -4,48$$

El valor de calificación Ambiental de -4,48 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO MEDIO según la tabla 4.6.

- c. Alteración de calidad de vida por potencial contaminación acústica, aérea, hídrica, hábitat natural y vibraciones.

Al igual que en la fase de construcción, habrá efectos nocivos sobre la calidad de diferentes parámetros físicos que alteran la salud y bienestar de las personas en las comunidades cercanas.

La contaminación acústica provocada por el aumento en el flujo vehicular, humano y las obras, impondrán un régimen de ruido que cambiará el comportamiento de las comunidades locales. Impactando también en salud psicológica de las personas.

La contaminación aérea a causa de las obras y el flujo vehicular deterioran la calidad del aire. Esto aumenta los problemas respiratorios de los individuos. Asimismo, la

contaminación del recurso hídrico impacta en la salud de las personas, en la infraestructura y en el agua usada para riego.

Las consecuencias provocadas por las vibraciones y el hábitat natural repercutirán en la interacción entre el humano y el medio.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	El impacto es de carácter negativo por el hecho de la alteración negativa en la calidad de vida de las personas.	Negativa (-1)
Intensidad	Este impacto es de importancia para el medio ambiente humano, porque afecta directamente en la salud física y mental de los habitantes.	Alta (0,7)
Riesgo de Ocurrencia	El riesgo de ocurrencia es muy probable, sin embargo, depende de la cercanía con el proyecto.	Muy Probable (8)
Extensión	El área afectada es en la cercanía del proyecto, ya que el área de influencia de algunos de los factores comentados no es extensa en muchos de los casos.	Puntual (0,1)
Duración	El tiempo en que se sentirá este impacto se tomará como la situación de la fase de construcción, es decir, alrededor de 5 años.	Permanente (1)
Desarrollo	El impacto tendrá un efecto en su manera completa en el momento en que los ciudadanos manifiesten el deterioro de su calidad de vida que puede tomar un par de meses en notar diferencias.	Medio (0,7)
Reversibilidad	Este impacto es de carácter reversible ya que se acaba al poco tiempo de finalizada la faena de desmantelación.	Reversible (0,1)

Tabla 5.45: Evaluación de impacto “Alteración de calidad de vida por potencial contaminación acústica, aérea, hídrica. Hábitat natural y vibraciones” en fase cierre.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.45 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 8 * (0,7 + 0,1 + 1 + 0,7 + 0,1)}{5} = -4,16$$

El valor de calificación Ambiental de -4,48 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO MEDIO según la tabla 4.6.

- d. Aumento de puestos de trabajo por nuevas actividades en el sector.

Este es un impacto ya estudiado en la fase de construcción y que considerará argumentos similares. El presente impacto tiene que ver con las vacantes de empleos debido a las diferentes obras de desmantelación que se deben realizar por el cierre de la central. Hay que considerar los empleos que se crearán de servicios adicionales demandados por la construcción como también para proveer de bienes y servicios a los trabajadores.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	El impacto es de carácter positivo al aumentar el capital de trabajo en la zona.	Positivo (+1)
Intensidad	La intensidad es clasificada como alta al entregar diferentes fuentes de ingresos económicos y desarrollo de las poblaciones aledañas.	Alta (0,7)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de vacantes de nuevos trabajos se clasifica como muy probable. Incluso puede suceder que trabajadores que desarrollan su labor en otros proyectos sean desplazados a este. Es así como no se crean vacantes, sino que se mantiene estable el empleo.	Muy probable (8)
Extensión	El área de influencia del presente impacto se tomará como local por el hecho de que la fuente de trabajo será por este proyecto en particular y no una industria a nivel macroeconómico.	Local (0,6)
Duración	La duración que se espera de dicho impacto se considerará semejante al indicado para la fase de construcción.	Permanente (1)
Desarrollo	El desarrollo del impacto se tiene con una evolución rápida. Debido a que, la búsqueda de empleo es urgente para llevar a cabo la fase de cierre.	Rápido (1)
Reversibilidad	Este impacto es reversible rápidamente, ya que, al	Reversible (0,1)

	terminar la fase de cierre, se tendrá que acabar con los puestos de trabajo.	
--	--	--

Tabla 5.46: Evaluación de impacto “Aumento de puestos de trabajo por nuevas actividades en el sector” en fase cierre.
Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.46 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{+1 * 8 * (0,7 + 0,6 + 1 + 0,7 + 0,1)}{5} = +4,96$$

El valor de calificación Ambiental de +4,96 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación POSITIVO MEDIO según la tabla 4.6.

e. Potencial desarrollo de industrias existentes en el sector.

A diferencia de la fase de construcción, en la de cierre el potencial que nuevas industrias tiendan a desarrollarse es mucho menor. Podrían haber surgido, pero en las etapas anterior, de todos modos dependerán de cómo procedan en el tiempo.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	Este impacto promoverá el desarrollo económico de la zona, por consiguiente, es de carácter positivo.	Positivo (+1)
Intensidad	La intensidad se clasificará como media al tener oportunidades anteriores para el desarrollo amplio del sector económico. Entonces, se el desarrollo en esta fase no debería ser significativo.	Baja (0,1)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad que se desarrollo este impacto es alta al tener situaciones que dependerán como evolucionaron las industrias. En el caso de que están siguieron avanzando, no debería haber mayor desarrollo de estas industrias.	Probable (6)
Extensión	El área de influencia será de forma regional debido a la extensión de los lugares para conseguir suministros.	Regional (1)
Duración	La duración será considerada durante todo el período de la fase cierre.	Permanente (1)

Desarrollo	El desarrollo de este impacto no es particularmente rápido porque depende de la capacidad de las personas de emprender o de las industrias de poder expandirse.	Medio (0,7)
Reversibilidad	Por último, se comprenderá un a reversibilidad parcial, debido a que las industrias perderán ingresos cuando termine el período de obras.	Parcialmente reversible (0,6)

Tabla 5.47: Evaluación de impacto “Potencial desarrollo de industrias existentes en el sector” en fase cierre.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.47 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{+1 * 6 * (0,1 + 0,6 + 1 + 0,7 + 0,1)}{5} = +3,00$$

El valor de calificación Ambiental de +3,00 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación POSITIVO BAJO según la tabla 4.6.

f. Alteración de la calidad visual del paisaje local.

El impacto sobre la componente del paisaje local fue analizado en la fase de construcción. No se generará una diferencia a nivel antrópico. Las obras de cierre son parecidas a las obras de construcción. Se desmantelas las obras que se habían insertado, artificialmente en el paisaje, que pueden o no ser aceptadas por los vecinos. El objetivo es volver todo a su estado de línea base, pero este estado habrá cambiado por los años de la operación de la central.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	El impacto es positivo, debido a que se tiene la finalidad de volver todo a su estado inicial.	Positivo (+1)
Intensidad	La importancia del impacto sobre la calidad visual se clasifica como media, ya que el grado antrópico tenderá a volver a su estado basal, pero se deben considerar cambios producidos durante largos años de operación.	Media (0,4)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de que se desarrolle la alteración de la calidad visual es cierta, ya que las obras corromperán el	Cierto (10)

	estado presente para intentar llegar al estado inicial.	
Extensión	El grado de extensión es local porque afectará a las áreas cercanas donde está inserto el proyecto.	Local (0,6)
Duración	La duración es de carácter permanente, debido a que se tiene que el efecto se tendrá durante toda la duración de la fase de cierre sumando con el período de crecimiento de la flora replantada.	Permanente (1)
Desarrollo	El efecto tenderá a tomar un completo desarrollo al terminar todas las obras que son propias de la fase de cierre. Adicionalmente, se debe restablecer el volumen de flora inicial.	Medio (0,7)
Reversibilidad	Se tiene que es parcialmente reversible, ya que se tiene que considerar el tiempo para que el volumen vegetal se restablezca su nivel inicial.	Parcialmente reversible (0,6)

Tabla 5.48: Evaluación de impacto “Alteración de la calidad visual del paisaje local” en fase cierre.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.48 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{+1 * 10 * (0,4 + 0,6 + 1 + 0,7 + 0,6)}{5} = +6,6$$

El valor de calificación Ambiental de +6,6 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación POSITIVO MEDIO según la tabla 4.6.

5.5.2. Impacto componente medio ambiente natural

a. Intervención humana en hábitat natural.

Este impacto no tiene gran diferencia con el mismo impacto en la fase de construcción. La afectación se produce por el tránsito de personas, maquinarias y vehículos realizando labores relacionadas con la fase de cierre.

Las actividades necesarias para la fase de cierre de una central hidroeléctricas comprenden, principalmente, obras de desmantelación, preparación de frentes de trabajo, sitios de acopio y preparación de actividades anexas.

En la tabla 5.49, se evaluará la intervención humana en el sector tomando en cuenta todo el período de cierre.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	El presente impacto es clasificado de forma negativa, debido a que la intervención humana es perjudicial al medio ambiente natural al cambiar su cotidianidad y tradiciones.	Negativo (-1)
Intensidad	Al igual que el mismo impacto en la fase de construcción, en esta ocasión la gravedad del impacto es alta por el hecho de que la cantidad de personas, maquinarias y vehículos crea un grado antrópico elevado con respecto a lo que se tenía anteriormente.	Muy Alta (1)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de que este impacto ocurra es elevada, no obstante, no llega a ser una probabilidad cierta por el hecho de que depende del desarrollo humano alrededor de la central.	Muy Probable (8)
Extensión	El área de influencia será clasificada como puntual, porque se tiene un efecto de intervención en el sector de la central.	Puntual (0,1)
Duración	La duración de esta intervención será todo el período completo de desmantelamiento que se estimará similar a la fase de construcción, es decir, alrededor de 5 años.	Permanente (0,1)
Desarrollo	El tiempo entre que comienza las llegadas de las personas y que se siente la intervención por parte del medio ambiente natural es casi instantánea.	Rápido (1)
Reversibilidad	El tiempo que toma revertirlo es alto, ya que terminadas las faenas de cierre, tendrá que observarse la capacidad que tiene las diferentes especies de volver a su estado anterior. Puede tener un efecto del desarrollo humano en el sector y que no tiene que ver con obras de la central.	Irreversible (1)

Tabla 5.49: Evaluación de impacto “Intervención humana en hábitat natural” en fase cierre.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.49 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 8 * (1 + 0,1 + 0,1 + 1 + 1)}{5} = -5,12$$

El valor de calificación Ambiental de -5,12 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO MEDIO según la tabla 4.6.

- b. Alteración de calidad de vida de fauna y flora acuática por descarga del embalse.

A continuación, se presentará el análisis de los efectos en la componente natural de la descarga del embalse. Ya que se observará un cambio en el comportamiento de las diferentes especies volviendo al régimen natural inicial. No obstante, el período extendido de la operación de la central y los hábitats introducidos crean un nuevo proceso de adaptación para los individuos.

Adicionalmente, la descarga del embalse produce una alteración en el régimen de caudales y del régimen sedimentológico. De esta manera se afectará la calidad de vida del entorno natural y la cadena trófica.

Se asumirá que el período de operación de la central es suficiente para que se establezca un hábitat acuático estable.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	Este impacto es de carácter negativo al afectar la cadena trófica y la calidad de vida de las diferentes especies presentes en el sector.	Negativo (-1)
Intensidad	La importancia de este impacto tiene que ver con la variedad de especies afectadas por este cambio de caudales y modificación del régimen sedimentológico.	Alta (0,7)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de ocurrencia es relativamente alta al tener que necesariamente vaciar el embalse hasta un nivel que no afectará el comportamiento natural de un río.	Muy Probable (8)
Extensión	El área de influencia de este impacto se tomará de forma local al afectar la zona aledaña	Local (0,6)

	al embalse y los sistemas naturales aguas abajo.	
Duración	La duración de este impacto no se puede conocer con exactitud, si bien el cambio de hábitat será permanente. Ahora bien, el efecto puntual del drenado será relativamente corto por el tiempo que toma la descarga, sumado al ciclo del agua.	Corta (0,1)
Desarrollo	La velocidad de desarrollo del impacto dependerá del régimen activo de caudales y de sedimentos. Además, se deberá cuantificar la modificación de ambos parámetros para saber el real efecto sobre las especies.	Medio (0,7)
Reversibilidad	La velocidad de reversibilidad es media por el hecho de que dependerá de la capacidad de adaptación de las especies y de la alteración real de estas componentes.	Parcialmente Reversible (0,6)

Tabla 5.50: Evaluación de impacto "Alteración de calidad de vida de fauna y flora acuática por descarga del embalse".
Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.50 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 8 * (0,7 + 0,6 + 0,1 + 0,7 + 0,6)}{5} = -4,32$$

El valor de calificación Ambiental de -4,32 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO MEDIO según la tabla 4.6.

c. Pérdida de vegetación por diferentes obras de construcción.

Las actividades de centrales hidroeléctricas comprenden la desmantelación de las obras construidas, preparar frentes de trabajo, sitios de acopio, planta de hormigón y descarga del embalse.

Por consiguiente, se tiene una pérdida del valor vegetal de la zona gracias a estos preparativos. La tabla 5.51 tiene como objetivo evaluar el impacto creado por estas actividades.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	El impacto de pérdida de vegetación es negativo por	Negativa (-1)

	perder suelo natural por construcción de obras humanas.	
Intensidad	La intensidad de este será media, debido a que no presente una extensión mayor de despeje de vegetación.	Media (0,4)
Riesgo de Ocurrencia	A diferencia de la fase de construcción se debe que la probabilidad de ocurrencia es bastante más baja que en construcción por el desarrollo humano en el sector y los cambios en calidad de suelo.	Probable (6)
Extensión	El área de influencia será el lugar puntual donde se extrae las zonas de vegetación en las cercanías de las obras.	Puntual (0,1)
Duración	El tiempo en que dura este impacto comprenderá la totalidad de la fase de construcción que se asumirá como un tiempo parecido al de la fase de construcción.	Permanente (1)
Desarrollo	El tiempo entre que se inicie el impacto y que se desarrolle por completo es bastante corto debido a que las obras de despeje de vegetación son uno de los primeros pasos para la construcción.	Rápido (1)
Reversibilidad	Por último, la reversibilidad natural de la zona será relativamente lenta por el hecho de que tantos años con una estructura provocarán cambios en la calidad del suelo.	Parcialmente reversible (0,6)

Tabla 5.51: Evaluación de impacto “Pérdida de vegetación por diferentes obras de construcción” en fase cierre.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.51 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 6 * (0,4 + 0,1 + 1 + 1 + 0,6)}{5} = -3,72$$

El valor de calificación Ambiental de -3,72 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO BAJO según la tabla 4.6.

d. Modificación hábitat léntico artificial a hábitat lótico.

Como se comentó en la evaluación del impacto anterior, gracias a las obras propias de una central de embalse se tendrá un cambio en los sistemas naturales del sector. En particular, por la acción del vaciado del embalse.

Esto puede afectar a algunas especies de animales y de plantas que tienen como condición la existencia de estos tipos de hábitat para su correcto desenvolvimiento en el medio. Además, este cambio obligará a mostrar el poder de adaptación alterando costumbres de las especies. Habrá desarrollo de especies no dominantes en el sector como otras bacterias y especies de flora.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	La modificación al hábitat natural traerá impactos negativos a las especies que ya hayan alcanzado un estado natural de equilibrio. Este cambio traerá desestabilización a la cadena trófica.	Negativo (-1)
Intensidad	La importancia de este impacto es relativamente alta, ya que se afectará un ecosistema completo que hará cambiar no solo al área local del embalse, sino que el ecosistema aguas abajo de este.	Muy Alta (1)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de ocurrencia de este es cierta por el cambio brusco de tipo de hábitat acuático.	Cierto (10)
Extensión	El área de influencia de este impacto será en toda la zona del embalse más el cuerpo de agua que está aguas abajo de la obra.	Local (0,6)
Duración	El tiempo en que estará este impacto comprenderá toda la existencia del curso de agua desde el desagüe del embalse.	Permanente (1)
Desarrollo	El desarrollo será relativamente lento. Los cambios y adaptaciones de la flora y fauna son paulatinos y demandan una adaptación y equilibrio de las componentes físicas.	Lento (0,4)
Reversibilidad	La capacidad de reversibilidad de este impacto es relativamente lenta porque se tiene que depende del poder de readaptación de las diferentes especies en el sector.	Parcialmente Reversible (0,6)

Tabla 5.52: Evaluación de impacto “Modificación hábitat lentico artificial a hábitat lotico”.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.52 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 10 * (1 + 0,6 + 1 + 0,4 + 0,6)}{5} = -7,2$$

El valor de calificación Ambiental de -7,2 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO ALTO según la tabla 4.6.

- e. Recuperación de vegetación por acción de revegetación y reforestación.

Una actividad importante en la fase de cierre es la acción de revegetación y reforestación de las zonas ocupadas por las obras propias de la central. Bajo los supuestos en que se planificó esta fase, está dejar las zonas naturales de forma similar a como se encontraban en la línea base. Por consiguiente, se intentará colocar las especies nativas que se encontraban el sector intervenido antes de la fase de construcción.

La revegetación y reforestación permitirá restablecer la variedad y los volúmenes de especies que había en el sector antes que se instalara la central.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	El impacto presentado es de carácter positivo al aumentar el volumen de flora en la zona.	Positivo (+1)
Intensidad	La importancia de este impacto es relativamente baja debido a que hay un menor aumento de la flora. Se debe considerar también la modificación del hábitat debido a los años de la operación de la central.	Baja (0,1)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de aparición de este impacto es cierta al tener un compromiso de esta acción en el plan de cierre.	Cierto (10)
Extensión	El área de influencia se considera como puntal al aumentar el volumen de flora solo en zonas de obras de la central.	Puntual (0,1)
Duración	El tiempo de duración de este impacto se considerará como permanente al estar desde que	Permanente (1)

	se realiza la acción hasta que alguna forzante natural lo deshaga.	
Desarrollo	El desarrollo es relativamente rápido por el tiempo en que se demora la acción de revegetación y reforestación.	Rápido (1)
Reversibilidad	La reversibilidad natural dependerá de la modificación del suelo y las forzantes naturales del sector.	Parcialmente Reversible (0,6)

Tabla 5.53: Evaluación de impacto “Recuperación de vegetación por acción de revegetación y reforestación”.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.53 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{+1 * 10 * (0,1 + 0,1 + 1 + 1 + 0,6)}{5} = +5,6$$

El valor de calificación Ambiental de +5,6 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación POSITIVO MEDIO según la tabla 4.6.

5.5.3. Impacto componente Recursos Hídricos

- a. Cambio en el régimen de caudales en los cuerpos de agua superficiales.

Este impacto sobre la componente hídrica corresponde a la alteración del régimen de caudales que se encuentra naturalmente en la zona donde se emplazará las obras de centrales. El cambio de caudales tiene varios efectos, se afecta el hábitat natural adyacente como se pudo ver en los impactos anteriores, se interfiere en la calidad de suelo, la disponibilidad de agua para los usuarios aguas abajo, entre otros.

Para esta evaluación se tomará en cuenta el impacto hidrológico que tienen las obras sobre el cambio de régimen de caudales debido al desmantelamiento de las obras y el vaciado del embalse.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	Este impacto es de forma negativa, ya que afecta directamente en la hidrología del lugar. De esta forma, se altera el ciclo del agua, el intercambio con el acuífero subterráneo, calidad de suelo, entre otros factores.	Negativo (-1)

Intensidad	La importancia de este efecto es alta, porque se tiene que los hábitats naturales y el ambiente en el cual se emplazan los seres humanos en la región tiene directa relación con la hidrología de la cuenca que contiene este cuerpo de agua intervenido.	Alta (0,7)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad ocurra es sumamente alta, sin embargo, este va disminuyendo según el grado antrópico que tenga la cuenca el cual puede variar respecto a lo ocurrido en la fase de construcción. Se debe considerar, sin embargo, que diferentes obras aguas abajo puede provocar que el cambio de caudales no sea significativo.	Probable (6)
Extensión	El área de influencia será de prácticamente toda la cuenca en que se esta interviniendo el cuerpo de agua.	Local (0,6)
Duración	La duración de este impacto comienza con las obras de desmantelación, sin embargo, no concluirá debido a que la condición de borde de la laguna artificial desaparecerá.	Permanente (1)
Desarrollo	El desarrollo de este impacto será de velocidad lenta. Al igual que en la fase de construcción, el régimen de caudal es un efecto estadístico que se tendrá efectos a largo plazo.	Lenta (0,4)
Reversibilidad	La reversibilidad de este será lenta, se supondrá que no se colocarán forzantes humanas que cambiarán el régimen de caudal a los establecidos en la fase de operación.	Irreversible (1)

Tabla 5.54: Evaluación de impacto “Cambio en el régimen de caudales en los cuerpos de agua superficiales” en fase de cierre.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.54 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 6 * (0,7 + 0,6 + 1 + 0,4 + 1)}{5} = -4,44$$

El valor de calificación Ambiental de -4,44 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO MEDIO según la tabla 4.6.

- b. Cambio en régimen sedimentológico del río debido al vaciado y el dragado del embalse.

En la fase de construcción se modifica el cauce natural tanto en su disponibilidad de agua como en su trayectoria. Posteriormente, la fase de operación modificará la disponibilidad del recurso y alterará las zonas de extracción y deposición de los sedimentos del río. Esto provocará erosión en suelo, no acostumbrado a tener un cuerpo de agua en él. Esta erosión modificará las cualidades químicas del río.

En la fase de cierre, se pretende restablecer el recorrido natural del cuerpo superficial. No obstante, la duración de la fase de operación alterará el régimen natural de este. Por consiguiente, una nueva modificación tendrá efectos sobre la calidad del agua al tener cambios en la composición química; tendrá efectos sobre las zonas de extracción/deposición y habrá alteraciones en obras hidráulicas aguas abajo que no estén preparadas para el cambio.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	Como se comentó anteriormente, el efecto del cambio sedimentológico del río trae alteraciones en las propiedades químicas, cambios en los sectores de extracción y depósito de sedimentos que pueden afectar obras aguas abajo de la central.	Negativo (-1)
Intensidad	La importancia de este impacto es alta por los argumentos que se presentan en los párrafos anteriores. Sin embargo, no llega a ser crítico porque depende de la situación particular para que el efecto tenga un impacto real.	Alta (0,7)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de ocurrencia es alta, pero no cierta porque depende del grado de intervención que ya tiene el cauce.	Muy probable (8)

Extensión	El área de influencia de este impacto se tomará de forma local por el hecho de que se tiene un efecto sobre la cuenca en que se emplaza el cauce a intervenir.	Local (0,6)
Duración	El tiempo de duración del impacto analizado se estimará como la fase de cierre sumado con una fase de adaptación del río.	Permanente (1)
Desarrollo	El desarrollo completo de este impacto es relativamente lento. Al igual que el impacto anterior, se tiene un cambio hidrológico que debe ser comparado de forma estadística con el fin de ver la real alteración.	Muy Lento (0,1)
Reversibilidad	Por último, se tiene el parámetro de tiempo en que el impacto puede ser revertido de forma natural. Para este parámetro se toma la consideración de como es un cambio de comportamiento que se podrá observar de forma estadística, este será relativamente lento.	Parcialmente reversible (0,6)

Tabla 5.55: Evaluación de impacto “Cambio en régimen sedimentológico del río debido al vaciado y el dragado del embalse”.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.55 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 8 * (0,7 + 0,6 + 1 + 0,1 + 0,6)}{5} = -4,8$$

El valor de calificación Ambiental de -4,8 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO MEDIO según la tabla 4.6.

- c. Cambio en la calidad de agua por cambio sedimentológico del lecho del río.

Al igual que en la fase de construcción, la alteración de la calidad de agua tiene que ver con los dos impactos anteriores mencionados sobre el recurso hídrico. Los cambios de régimen sedimentarios provocarán un cambio en los sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales y concentración de diferentes elementos químicos que modificarán la calidad de las aguas naturales del sector.

Estos cambios de calidad de agua son sumamente importantes desde el punto de vista del hábitat natural que rodea el cuerpo de agua. Cobra importancia dependiendo de los usos del agua en el sector. Un deterioro en calidad del agua afectará el riego, la industria y el uso humano. También puede afectar la salud de las obras emplazadas en el cauce.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	Este parámetro tiene un carácter negativo al afectar la salud de las componentes del hábitat natural y potencialmente ser dañino para el ser humano al observar los derechos de agua.	Negativo (-1)
Intensidad	El impacto de esta situación es relativamente alto, no obstante, al igual que los impactos anteriores, se tiene que depende del grado de intervención que se tiene en la cuenca antes de la obra de la central.	Alta (0,7)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de ocurrencia de la degradación de la calidad de agua es clasificada como muy probable debido al cambio de régimen sedimentológico. Sin embargo, como se comentó anteriormente, también depende del grado de intervención de la zona.	Muy probable (8)
Extensión	El área de influencia se tomará como la cuenca en que se encuentra el cuerpo de agua ya que afecta mayormente aguas abajo de la obra.	Local (0,6)
Duración	La duración de este efecto se estimará como parte de la fase de cierre sumado a un período de adaptación de lecho natural.	Permanente (1)
Desarrollo	La velocidad de desarrollo del impacto señalado es rápida, ya que los efectos del cambio de la calidad de agua se pueden observar muy pronto a través de estudios de calidad de agua. Pero tendrán un efecto sobre el Medio Ambiente relativamente lento por la capacidad de manifestación de los seres vivos.	Medio (0,7)
Reversibilidad	La capacidad de volver a la situación inicial es media por el	Parcialmente reversible (0,6)

	hecho de que, aunque al acabar la fuente del impacto, este desaparecerá. Los efectos persistirán un tiempo dentro de los organismos del sector.	
--	---	--

Tabla 5.56: Evaluación de impacto “Cambio en la calidad de agua por cambio sedimentológico del lecho del río” en fase cierre.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.56 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 8 * (0,7 + 0,6 + 1 + 0,7 + 0,6)}{5} = -5,76$$

El valor de calificación Ambiental de -5,76 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO MEDIO según la tabla 4.6.

- d. Alteración en intercambio de cauce superficial con acuífero por descarga de embalse.

De la misma manera que se estudió el mismo impacto en la fase de construcción, la aparición de la alteración del intercambio entre el agua superficial y subterránea provoca modificaciones en el nivel freático y el grado de saturación del suelo cercano.

El nivel freático alterará las zonas de carga y descarga en la cuenca hidrogeológica. También alterará el nivel freático de la napa subterránea, cambiando la altura de la columna de agua de los pozos y de las diferentes obras hidráulicas, aunque dependerá de la situación previa a la fase de cierre.

La saturación de los suelos cercanos tiene un efecto sobre la capacidad de infiltración de las aguas lluvias, crecimiento de diferente flora y microorganismos. Además, como se vio en la fase de construcción, alrededor de la central Angostura aparecieron humedales debido a estas zonas de saturación.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	El efecto que provoca esta actividad sobre el recurso hídrico será clasificado de forma positiva al aumentar los niveles freáticos de la zona.	Positivo (+1)
Intensidad	La importancia de este factor se clasificará como media por el hecho de que la restitución del cauce no debería hacer variar de forma significativa el nivel freático de la zona.	Media (0,4)

Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de que este efecto ocurra es medio ya que depende del nivel de saturación preexistente de la zona y del nivel freático en que se encuentre.	Probable (6)
Extensión	El área de influencia de este efecto se considerará a nivel de cuenca hidrogeológica.	Local (0,6)
Duración	El tiempo en que se podrá sentir el efecto de este impacto será durante las obras de desmantelación de estructuras hidráulicas y vaciado del embalse. Lo cual se estimará durante toda la fase de cierre. Se tiene que tomar en cuenta la capacidad de absorber la modificación por parte del medio.	Permanente (1)
Desarrollo	El desarrollo del impacto desde que comienza la fuente del impacto y su manifestación completa se sentirá luego de unos meses en donde los pozos, estructuras y suelos puedan regular la entrada y salida del fluido.	Medio (0,7)
Reversibilidad	La reversibilidad natural dependerá de los parámetros hidráulicos del suelo de la zona y dependiendo de las alteraciones en los suelos debido a la saturación por el embalse.	Parcialmente reversible (0,6)

Tabla 5.57: Evaluación de impacto “Alteración en intercambio de cauce superficial con acuífero por descarga de embalse”.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.57 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{+1 * 6 * (0,4 + 0,6 + 1 + 0,7 + 0,6)}{5} = +3,96$$

El valor de calificación Ambiental de +3,96 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación POSITIVO BAJO según la tabla 4.6.

e. Modificación de cauce por descarga de embalse.

Las modificaciones en la morfología del cauce, debido a la descarga propia del embalse por tener un gran volumen de agua a vaciar, provocará un caudal mayor al acostumbrado al

usual durante la época de operación y, probablemente, mayor al natural. Es decir, se considerará una crecida, que puede tener un tiempo de duración mayor.

Por consiguiente, el cauce puede sufrir modificaciones en sus áreas de inundación y forma de lecho. Creando nuevos lugares de extracción o deposición de sedimentos.

Parámetro	Argumento	Calificación
Carácter	Este impacto se clasificará como negativo al provocar modificaciones en la morfología del cuerpo de agua superficial.	Negativo (-1)
Intensidad	La importancia de este impacto es alta al tener un cambio en la forma del corte transversal y longitudinal.	Alta (0,7)
Riesgo de Ocurrencia	La probabilidad de que este impacto se desarrolle es clasificada como poco probable por las obras de atenuación que se deben construir en el rápido de descarga. No obstante, se debe tener en cuenta de que el lecho del río modificado por la fase de operación puede ser susceptible a estas crecidas.	Poco Probable (3)
Extensión	El área de influencia de este impacto se clasificará como local al comprender los sectores del embalse y aguas abajo de este.	Local (0,6)
Duración	La duración de este impacto será durante el proceso de descarga del embalse que puede comprender un par de días. No obstante, los efectos de esta acción pueden demorarse más tiempo en tener una respuesta del cuerpo superficial.	Media (0,6)
Desarrollo	La velocidad de desarrollo es relativamente alta al tener una acción puntual, pero es alterada por la capacidad del entorno en responder a dicha forzante.	Medio (0,7)
Reversibilidad	La capacidad de reversibilidad es relativamente rápida al poder volver a las características previas después de terminado la forzante. Adicionalmente, se debe comentar que en este tipo de obras se debe tener un plan	Reversible (0,1)

	de vaciado que disminuirá la probabilidad de este efecto.	
--	---	--

Tabla 5.58: Evaluación de impacto “Modificación de cauce por descarga de embalse”.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores entregados en la tabla 5.58 se ingresan en la fórmula de la clasificación ambiental mostrada en la sección anterior.

$$Ca = \frac{-1 * 3 * (0,7 + 0,6 + 0,6 + 0,7 + 0,1)}{5} = -1,62$$

El valor de calificación Ambiental de -1,62 permite clasificar el impacto descrito dentro de la clasificación NEGATIVO BAJO según la tabla 4.6.

5.6. Resultados de evaluación de impactos

Como se pudo observar a lo largo del presente acápite, se han podido identificar 53 impactos hacia las componentes humanas, ambiente natural y recurso hídrico para una central hidroeléctrica de embalse general.

Los 53 impactos se dividen dentro de 5 fases principales. La fase de Prefactibilidad/Factibilidad con 1 impacto, Ingeniería básica con 3 impactos, Construcción con 17 impactos, Operación con 16 impactos y Cierre con 16 impactos.

En estos 53 impactos, se tiene que la mayoría están bajo la componente humana donde se cuentan 25 impactos, luego la componente hídrica con 14 y, por último, la componente natural también con 14. De todos estos impactos, solo 14 de ellos se clasificaron de forma positiva que en general corresponden a medidas económicas en el sector.

Los impactos estudiados tienen un alto nivel de incertidumbre al tener factores que dependen de la situación previa o situación particular de la zona a intervenir. Por esta razón, se decidió colocar la calificación de forma aproximada en un dígito, disminuyendo la precisión estimada de estos factores.

Dentro de los parámetros utilizados para la calificación ambiental, se debe mencionar que la variable de intensidad es la que mayor grado de incertidumbre tiene en la calificación al necesitar un estudio de la situación particular de la central y la dificultad de poder generalizar este factor. Por otro lado, se tiene el parámetro de Riesgo de Ocurrencia que tiene la mayor incidencia sobre el valor del impacto.

Tomando en cuenta estos factores, se decidió aproximar los valores encontrados y mostrarlos a través de las siguientes tablas. En primer lugar, se tiene la tabla 5.60 donde se muestran los impactos positivos encontrados, en su mayoría son impactos generados durante la

operación. Se colocará un código de colores para facilitar la lectura el color verde son impactos leves, el color amarillo impactos medios y el color rojo son impactos altos.

Fase	Impacto	valor
Cierre	Alteración de la calidad visual del paisaje local	7
Construcción	Potencial desarrollo de industrias existentes y nuevas en el sector	6
Cierre	Recuperación de vegetación por acción de revegetación y reforestación	6
Operación	Aumento de puestos de trabajo por nuevas actividades en el sector debido al mantenimiento de la central	5
Operación	Alteración del turismo	5
Construcción	Aumento de puestos de trabajo por nuevas actividades en el sector	5
Operación	Alteración intercambio del recurso entre cuerpos superficiales y acuíferos subterráneos	5
Cierre	Aumento de puestos de trabajo por nuevas actividades en el sector	5
Operación	Oportunidad de desarrollo económico	5
Operación	Alteración de la calidad visual del paisaje local	5
Operación	Cambio en el valor del suelo y potencial de urbanización	4
Cierre	Alteración en intercambio de cauce superficial con acuífero por descarga de embalse	4
Cierre	Potencial desarrollo de industrias existentes en el sector	3
Ingeniería básica	Creación de empleos por diferentes estudios que se realizan	3

Tabla 5.60: Impactos Positivos.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se tienen los impactos leves negativos en la tabla 5.61, los impactos medios negativos en la tabla 5.62 y los impactos altos negativos en la tabla 5.63. El grueso de los impactos se encuentra calificado como negativo medio, al contrario de los impactos negativos altos que solo es un impacto en la fase de operación.

Fase	Impacto	valor
Ingeniería básica	Intervención de hábitat natural de flora y fauna de la zona	-1
Construcción	Alteración en intercambio de acuífero subterráneo y cuerpos de agua superficial por cambio en régimen de caudales	-1
Cierre	Modificación de cauce por descarga de embalse	-2
Operación	Reasentamiento de personas	-2
Operación	Posible inundación y ocupación de lugares sagrados o importantes	-2
Construcción	Fragmentación de hábitat acuático	-3
Construcción	Potencial alteración de sitios arqueológicos por despeje de área de inundación y llenado del embalse	-3
Construcción	Intervención de potenciales lugares sagrados por construcción de obras	-3
Operación	Alteración de costumbres locales por aumento en flujo vehicular y humano	-4
Cierre	Pérdida de vegetación por diferentes obras de construcción	-4
Construcción	Alteración de turismo	-4

Tabla 5.61: Impactos negativos bajos.
Fuente: Elaboración propia.

Fase	Impacto	valor
Construcción	Alteración de calidad de vida por potencial contaminación acústica, aérea, hídrica, hábitat natural y vibraciones	-4
Cierre	Alteración de calidad de vida por potencial contaminación acústica, aérea, hídrica, hábitat natural y vibraciones	-4
Construcción	Alteración de calidad de vida de fauna y flora acuática por cambio en régimen de caudales y efectos sobre calidad de agua	-4
Cierre	Alteración de calidad de vida de fauna y flora acuática por descarga del embalse	-4
Cierre	Cambio en el régimen de caudales naturales en los cuerpos de agua superficiales	-4
Operación	Intervención humana en hábitat natural	-4
Cierre	Alteración costumbres locales por aumento en flujo vehicular y humano	-4
Operación	Potencial de eutroficación	-5
Construcción	Cambio en el régimen de caudales naturales en los cuerpos de agua superficiales	-5
Construcción	Cambio en régimen sedimentológico natural del río intervenido	-5
Cierre	Alteración de turismo	-5
Cierre	Cambio en régimen sedimentológico del río debido al vaciado y dragado del embalse	-5
Construcción	Intervención humana en hábitat natural	-5
Cierre	Intervención humana en hábitat natural	-5
Prefactibilidad/factibilidad	Alteración en la calidad de relación empresa, autoridades y comunidades	-5
Ingeniería básica	Alteración en la calidad de relación empresa, autoridades y comunidades	-5
Construcción	Pérdida de vegetación por diferentes obras de construcción	-6
Construcción	Cambio en la calidad de agua por variación de sedimentos del lecho del río	-6
Operación	Fragmentación de hábitat acuático	-6
Operación	Variación del régimen sedimentológico	-6
Operación	Efecto sobre la calidad de agua por cambios en los sólidos disueltos totales y sólidos suspendidos totales	-6
Cierre	Cambio en la calidad de agua por cambio sedimentológico del lecho del río	-6
Operación	Estratificación columna de agua	-6
Construcción	Alteración de la calidad visual del paisaje local	-7
Construcción	Alteración de costumbres locales por aumento en flujo vehicular y humano	-7
Construcción	Cambio de hábitat lotico a hábitat lentic	-7
Cierre	Modificación hábitat lentic artificial a hábitat lotico	-7

Tabla 5.62: Impactos negativos medios.
Fuente: Elaboración propia.

Fase	Impacto	valor
Operación	Transformación de hábitat lotico a lentico	-8

Tabla 5.63: Impactos negativos altos.

Fuente: Elaboración propia.

6. Medidas de desarrollo sustentable

En el acápite anterior se discutieron los posibles impactos que una central hidroeléctrica de embalse genérica podría provocar. Al mismo tiempo, se pudieron identificar que la mayoría de estos impactos son sobre la componente humana y pueden ser trabajados con medidas sustentables de comunicación y transparencia.

Los impactos sobre el medio ambiente natural se manifiestan como intervenciones sobre el hábitat natural en donde está ubicada la central. Cabe destacar, que las consecuencias sobre el recurso hídrico provocan efectos negativos sobre el hábitat acuático del cuerpo de agua superficial.

Por último, con respecto al recurso hídrico, dentro de los 15 impactos identificados su mayoría resultan por el régimen de caudales intervenidos por la operación de la central. Las medidas de desarrollo sustentable deben apuntar a la mitigación de aquellos efectos entendiéndose de que no se podrá eliminar la regulación del flujo de agua.

En las siguientes subsecciones se abordarán diferentes medidas que pretenden disminuir la calificación negativa de los impactos identificados con el objetivo de buscar colocar las centrales hidroeléctricas de embalse dentro del desarrollo sustentable.

6.1. Medidas en impactos en componente humana

La componente humana comprende la identificación de los efectos directos sobre ideas u objetos que tienen importancia solo para ser humano, tales como, la economía, la libertad, la religión, entre otros. Importancia dentro del medio ambiente definido por la sociedad tanto local como nacional.

Con el fin de mitigar o, de simplemente, eliminar dichas consecuencias se plantearán medidas de desarrollo sustentable. En su mayoría, son procedimientos de comunicación y de hacer participe a la población de los proyectos de la zona.

Como se puede ver en la tabla 3.1 de la encuesta realizada, alrededor de un 62% de las personas encuestadas opinan que una gran medida de desarrollo sustentable desde el punto de vista social es la transparencia de información. Esto conduce a que las personas tienen una desconfianza de los privados y autoridades.

En concreto, se requiere una medida para el desarrollo sustentable en la componente humana la cual es integrar a la población en la actividad a realizar. Esto quiere decir que se debe proponer un dialogo directo y transparente con las comunidades y autoridades cercanas al proyecto con el fin de conocer su situación, miedos y posturas.

Entablar un dialogo con las comunidades permitirá conocer la realidad y la forma de vida de las personas. También permite identificar posibles contratiempos.

Estas medidas de comunicación apuntan a conectar la sociedad con las decisiones de diferentes actividades, bajar información y educar a las personas. Dentro de las medidas que se pueden tomar se encuentran las de mesas de trabajo, cabildos, transparencia de documentos físicos o digitales y reuniones tripartitas entre el titular, la autoridad y la representación de la comunidad.

Las medidas y objetivos propuestos en esta componente se extraen de comunicados y guías propuestas por la Organización de Naciones Unidas (ONU) y de la asociación internacional de hidroelectricidad.

En el capítulo anterior, se identificaron y calificaron 25 impactos en la componente humana, dentro de los cuales 14 son clasificados como negativos. A continuación, se procederá a analizar que puede modificar la implementación de medidas de comunicación dentro de las evaluaciones de dichos impactos.

a. Reasentamiento de personas.

Este impacto es de suma importancia al tener un efecto mayor sobre las personas que se deben mudar por las acciones de la actividad en cuestión. El tener que moverse del lugar de residencia tiene efectos psicológicos importantes.

El desarrollo sustentable en esta materia se empleará a través de comunicación y bajada de información entre los participantes. De esta manera, se puede evitar la acción de reasentamiento o de disminuir su impacto psicológico al llegar a acuerdos previos anteriores de que sea necesario.

Esta medida de desarrollo de sustentable apunta a disminuir el parámetro de intensidad. Al tener estas instancias de conversación, la decisión es tomada por todas las partes. Como se comentó en el capítulo de marco teórico, las personas tienen una desconfianza con los titulares de proyecto y, de esta forma, se hacen participe del desarrollo. Adicionalmente, se tiene una mayor precisión en cuanto a la probabilidad de ocurrencia de este impacto al tener más información que en el caso de que no estuvieran estas medidas.

Se estima que el parámetro de intensidad disminuirá a la clasificación media (0,4) por el hecho de que los efectos sobre la componente humana son por la pérdida de sentimiento de comunidad y la conexión con el lugar previo, pero al tener

estas conversaciones se puede llegar a conocer la realidad de las personas que si pudieran mudarse.

Esta disminución produce que la calificación de este impacto baje de -2,28 a -1,92 creando una disminución del 16%.

- b. Posible inundación y ocupación lugares sagrados o importantes.

El presente impacto a incluir el desarrollo sustentable tiene una situación similar con el impacto anterior. Se ha visto a través de otros proyectos la posibilidad de inundación o ocupación de lugares sagrados o importantes como, por ejemplo, el cementerio ancestral del pueblo Pehuenche en la central Ralco. La ocupación de estas áreas provoca una ruptura del pueblo entre las comunidades con su cultura e historia.

Al igual que en el impacto anterior, se tiene que imponer un régimen de comunicación fluida entre las partes que se verán involucradas en el desarrollo de la actividad. Para esto se pueden utilizar prácticas de comunicación como mesas de trabajo, charlas informativas e instancias de levantamiento de consultas.

Como se destacó en el acápite anterior, se tiene que las componentes de mayor incertidumbre en esta evaluación son la intensidad y el riesgo de ocurrencia. Con medidas de comunicación se puede establecer si existen o no estos sectores y, de esta manera, poder establecer de manera concreta la probabilidad de ocurrencia.

Por otra parte, las medidas de comunicación podrán establecer una calificación sobre las variables de intensidad y desarrollo menor. En primer lugar, la intensidad se verá disminuida al tener establecido que lugares se pueden intervenir y al tener una conversación de como mitigar o cambiar lugares que inevitablemente se verán afectados.

Luego, la componente de desarrollo se establecerá de manera lenta al tener un efecto de mitigación establecido entre las partes. Como se puede comprender, estas correcciones no tienen como objetivo reemplazar el sector, con lo cual en un futuro se podrá encontrar el efecto completo de tener este cambio cuando las personas estén acostumbrados a esto.

La nueva clasificación de la intensidad será de media (0,4) y la del desarrollo será de lento (0,4). Estas modificaciones dan como resultado una calificación de 1,32 que corresponde a un 46% de disminución.

- c. Potencial alteración de sitios arqueológicos por despeje de área de inundación y llenado del embalse.

El presente impacto hace referencia a la posible alteración de sitios arqueológicos que comprenden un efecto negativo por la disrupción de estudios de la historia humana y natural en el sector.

A través de estudios arqueológicos, históricos y sociológicos se puede establecer sectores donde posiblemente existan aquellos sectores. Con las medidas de comunicación se puede incluir información no conocida por los profesionales acotando el área de estudio. Adicionalmente, se debe establecer medidas de transparencia de información por la desconfianza que se tiene históricamente entre las comunidades y las empresas privadas.

Para lograr estos objetivos, se propone incluir en las actividades estudios de investigación de la historia natural del sector. Adicionalmente, se debe implementar mesas de trabajo, charlas e instancias de información o preguntas con el fin de entregar los datos rescatados y darles la posibilidad a las comunidades de aportar para la correcta realización del proyecto.

Las medidas de estudios de historia natural tendrán un efecto sobre la variable de riesgo de ocurrencia, no modificará su calificación, pero podrá disminuir la incertidumbre entorno a este parámetro. Por otro lado, se podrá disminuir las variables de extensión y reversibilidad.

Al tener conocimiento sobre que tipo de sitios se pueden afectar, se da la posibilidad de implementar medidas de mitigación o conservación de estos sitios. La extensión del impacto se puede disminuir a un sector local (0,1) y la reversibilidad se puede lograr al tener estas medidas de mitigación o conservación a parcialmente reversible (0,6). Adicionalmente, cabe destacar que existe la posibilidad de contrarrestar la intensidad de esta alteración si se logra un estudio correcto de la zona.

En consecuencia, las nuevas calificaciones de los parámetros de extensión, reversibilidad e intensidad serán de local (0,1), parcialmente reversible (0,6) y media (0,4), respectivamente. Entonces, se llega a un valor de -1,5 logrando una disminución de 43%.

- d. Intervención de potenciales lugares sagrados por construcción de obras.

Este impacto se tiene un análisis similar al desarrollado en el impacto de la letra b. Como consecuencia, se tiene que las medidas de mitigación serán las mismas, es decir, se implementará un régimen de comunicación fluida con mesas de trabajos, charlas informativas e instancias de preguntas por parte de la comunidad.

La diferencia radica en la extensión por la gran cantidad de obras y caminos a construir. Sin embargo, al aplicar dichas medidas, se tendrá una disminución en la intensidad y desarrollo con calificación nueva media (0,4) y lento (0,4), respectivamente. De esta manera, se entrega una calificación de 1,44 que equivale a una disminución del 48%.

e. Alteración de turismo.

La alteración de turismo tiene un impacto directo sobre el intercambio cultural entre las diferentes ciudades o poblados de Chile junto con un efecto económico para las personas que trabajan en ello. Como se estableció en la sección de calificación de impactos por fase de proyectos, se tendrá una alteración de turismo en las fases de construcción y cierre.

En la fase de construcción provocará una disminución en el turismo en el caso de que el atractivo turístico sea parte de la naturaleza o el cuerpo de agua a intervenir. Es aquí donde se puede producir una alteración importante sobretodo si el proyecto entrega una mala fama al sector.

Aquí se plantean medidas para potenciar la economía en el sector para no ver afectado los recursos económicos. Adicionalmente, se recomienda iniciar capacitaciones en la industria turística, discutir coexistencia de ambos rubros en el sector y, por último, potenciar la innovación a través de cursos, capacitaciones y concursos.

Posteriormente, se tiene el mismo impacto en la fase de construcción. El turismo se verá afectado en el caso de existir un desarrollo turístico entorno a la central. Para esta ocasión se propone un seguimiento a través de capacitaciones y mesas de discusión para desarrollar los recursos económicos. De esta manera, la disminución del turismo no será un factor clave en la economía de las comunidades.

Para la fase de construcción, las medidas planteadas no disminuirán de forma significativa la calificación de este. Lo que permitirá es que las consecuencias sean menores en las fases posteriores.

Por otra parte, la fase de cierre la aplicación de las diferentes medidas producirá una disminución en el parámetro de intensidad. Se tendrá una nueva clasificación que será baja al utilizar instancias de crecimiento económico y de la industria turística que pueda mudar sus actividades. Dejando la calificación en -4,08 que representa una disminución del 15%.

- f. Alteración de calidad de vida por potencial contaminación acústica, aérea, hídrica, hábitat natural y vibraciones.

Este impacto es propio de toda obra de construcción que se tiene cercano a lugares urbanos. Para este caso no se tiene una medida de desarrollo sustentable como tal. Aquí se plantea que los titulares deben tener un tiempo extenso de planificación y diseño de las obras que permitirán elegir de manera correcta la ubicación de la central. De esta manera, se evitará que las personas cercanas al sector de las obras estén incluidas en el área de influencia de la contaminación acústica, hídrica, hábitat natural y vibraciones.

En consecuencia, se tendrá una disminución en la probabilidad de ocurrencia de muy probable (8) a poco probable (3). Obteniendo una calificación de -1,56 que equivale a un 63% de disminución para el impacto en las fases de construcción y cierre.

- g. Alteración costumbres locales por aumento en flujo vehicular y humano.

La alteración de costumbres locales se observa en las fases de construcción y operación debido al hecho de que el aumento de la población flotante es certero al tener gran cantidad de trabajadores por las diferentes obras de construcción y mantención de las obras. Esta población flotante puede corromper las costumbres de la comunidad cercana al proyecto.

Para esta situación, el titular puede promover discusiones y entregar información al respecto a través de las diferentes medidas que se utilizan, pero no se logrará disminuir de forma significativa. Lo que puede marcar la diferencia es una correcta manera de elegir la ubicación de la central y preferir sectores con alto grado antrópico.

Al elegir de manera correcta la ubicación del proyecto, se tiene que el impacto que seguirá presenta tenga un efecto menor sobre las personas. Esto se debe al hecho de que se podrá elegir un sector con alto grado de población flotante.

Al incluir estas consideraciones, en la fase de construcción se logrará disminuir la intensidad del impacto de alta a media (0,4) y disminuirá la probabilidad de ocurrencia de cierta a muy probable (8). Quedando en una calificación de -5,28 que equivale a un 27% de disminución.

Para el caso de la fase de operación, la intensidad no se podrá disminuir, pero se podrá disminuir el riesgo de ocurrencia de probable a poco probable (3) logrando una calificación -1,8 que representa una disminución del 50%.

h. Alteración en la calidad de relación empresa, autoridad y comunidades.

La relación entre empresa, autoridad y comunidades no es históricamente buena al contar con la experiencia de los proyectos hidroeléctricos anteriores como son Ralco, Colbún, Alto Maipo, Hidroaysén, entre otros.

El desarrollo sustentable tiene un enfoque de integrar los 3 ejes ambientales de forma simultánea con el fin de crear proyectos que estén acorde con lo que la sociedad necesita en el presente sin afectar el futuro de estas.

A través de medidas previamente mencionadas en otros impactos, se podrá instaurar un régimen de comunicación y confianza mayor entre las tres partes. Sin embargo, poder predecir de forma correcta el resultado de estos acercamientos es complicado porque dependerá de las actitudes de los participantes. A modo de colocar una calificación, se estimará que el efecto disminuirá, pero no desaparecerá o se volverá positiva.

Entonces, se propone emplear mesas de trabajo, instancias de discusión y levantar inquietudes, panfletos informativos, transparencia de proceso ambiental y mejoramiento de infraestructura física y económica.

Con estas medidas se pretende disminuir la calificación de este impacto en las fases de Prefactibilidad/factibilidad e ingeniería básica. Los parámetros de intensidad, riesgo de ocurrencia y desarrollo se verán disminuidos por estas medidas de comunicación. Al tener un régimen de comunicación estables, se pretende que las opiniones e intereses de las partes sean respetadas. De esta misma forma, disminuirá la probabilidad de que se tenga una mala relación entre ellas.

Con una nueva calificación de intensidad, riesgo de ocurrencia y desarrollo que corresponden a baja (0,1), poco probable (3)

y lento (0,4), respectivamente, se tendrá una calificación de -1,62 para ambos casos que equivale a un 69% de disminución.

i. Alteración de la calidad visual del paisaje local.

Este último impacto a emplear el concepto de desarrollo sostenible es la modificación de la calidad visual en la fase de construcción. En esta ocasión se propone al titular que, en la etapa de diseño, se tenga una discusión prolongada para escoger la ubicación del proyecto. Al preferir una zona con alto nivel antrópico, la calidad visual estará alterada anteriormente por otras obras o acciones.

Con esta discusión y mejor elección de ubicación se puede estimar una disminución en el parámetro de intensidad, ya que será una intervención menor en el sector. Entonces, se disminuirá la calificación de intensidad de media a baja (0,1) modificando la calificación general a -6,00 que equivale a una disminución de 9%.

6.2. Medidas en impactos en componente medio ambiente natural

Los impactos en el medio ambiente natural comprenden los efectos sobre el hábitat natural de la zona. Para la ejecución de proyectos es prácticamente imposible no intervenir un hábitat natural con la presencia y obras humanas. Por consiguiente, se buscará minimizar la intervención o crear medidas de reparación.

La mayoría de las acciones que se utilizan en la actualidad de apuntan a reforestación y mudanza de especies para no perder la cantidad de especies afectadas. Sin embargo, el hábitat natural formado en el área de influencia es intervenido de forma significativa corrompiendo la cadena trófica y la interacción entre especies.

Para la componente de medio ambiente natural, se propondrán medidas de contención de la intervención humana, planes de gestión de hábitats y criterios esperados para la elección de la ubicación. La idea es poder restringir la presencia humana al área específica del proyecto. De esta manera, se dividirá el medio ambiente natural de los humanos.

También se pretende incluir criterios de elección de la ubicación del proyecto privilegiando sectores con alto grado de intervención humana, sectores cercanos a ciudades y buscar sectores con baja variedad de especies.

En la sección anterior se identificaron 14 impactos en la componente de medio ambiente natural a través de las 5 fases estudiadas. De estas, se discutirán medidas en 13 impactos que son aquellos que se calificaron de forma negativa.

a. Intervención humana en hábitat natural.

Este primer impacto para discutir está presente desde la fase de ingeniería básica hasta la fase de cierre. Este impacto hace referencia a la presencia humana en sectores donde se tiene el medio ambiente natural intacto.

Por la naturaleza de las obras, la presencia humana es inevitable. Sin embargo, se pretende poder disminuir la importancia de dichos impactos. Por lo cual, las componentes objetivo de estas medidas será intensidad y desarrollo, principalmente.

En primer lugar, para la fase de ingeniería básica, se tiene una intervención pequeña que se produce por los diferentes estudios que se deben realizar sobre todas las componentes ambientales. La particularidad de este impacto es que es un impacto que se va a producir, pero está directamente relacionado con la ubicación del proyecto.

Si este está en una zona intervenida anteriormente la intervención tendrá un impacto pequeño y si es una zona altamente intervenida, la probabilidad del impacto es insignificante. Por lo cual, se recomienda la revisión de las preferencias ante ubicaciones de la central.

Una mejor elección de la ubicación dispondrá una mayor certeza sobre la calificación de intensidad baja asociada a este impacto. Además, promoverá una menor probabilidad de ocurrencia bajando la clasificación a poco probable (3). Esto implica que la nota que se le asigna a este impacto es de -0,66 que determina un 50% de disminución.

Este mismo impacto se producirá en la fase de construcción con una diferencia importante debido a la cantidad de personas, maquinarias y vehículos que existirán en la zona. Como es una acción que no es posible descartar, se utilizará la misma acción que para la fase de ingeniería básica. Al tener una elección de ubicación que integre como parámetro el grado antrópico, se puede disminuir la intensidad del impacto y regulación del perímetro intervenido. No obstante, la probabilidad de ocurrencia no disminuirá por el volumen de factores que provoca el impacto.

Con esta consideración, se reducirá la incertidumbre entorno a los parámetros de intensidad y riesgo de ocurrencia. También se podrá aminorar la clasificación de intensidad de muy alta a media (0,4). Obteniendo una calificación de -4,16 que produce una disminución de 19%.

Posteriormente a la fase de construcción, se tiene una intervención del hábitat natural en la fase de operación. La diferencia radica en el volumen de personas, maquinaria y vehículos que se tendrá en la presente fase. Utilizando las mismas medidas que en las fases anteriores se logrará la mitigación de este impacto.

En esta ocasión se podrá disminuir el área de influencia y la intensidad de este impacto al tener un plan de contención de la intervención humana y una correcta elección de la ubicación. La clasificación de la intensidad se modificará a baja (0,1). Por otro lado, se reafirmará las clasificaciones de riesgo de ocurrencia y extensión aumentando su certeza. Con esto la calificación del impacto se transformará a -4,00 que representa una disminución de 11%.

Por último, la fase de cierre se hará presente una vez terminada la fase de operación. Las actividades y proposiciones son similares que en la fase de construcción. Aunque la acción de recalcar la ubicación de la central se debió realizar en la fase de prefactibilidad/factibilidad, tiene consecuencias hasta la última etapa del proyecto.

Con las medidas de mejor criterio de elección y contención del perímetro intervenido se tendrá una reducción en el grado de intensidad del impacto. También se tendrá un aumento en la certeza del parámetro de riesgo de ocurrencia.

Con estas acciones, se obtendrá una evaluación de la intensidad clasificada como media (0,4) que producirá un valor del impacto de -4,16. Este número es un 19% menor que el impacto sin las medidas.

b. Fragmentación de hábitat acuático.

La fragmentación de hábitat natural es un impacto que se produce al tener barreras que interfieren en la movilidad natural de flujo acuático. Esto se produce en la fase de construcción por las obras de desviación y la fase de operación por la presencia de la presa.

Las medidas recomendadas para este impacto, por sobre la ya comentada de la reevaluación de los criterios de ubicación de la central, es la utilización de diferentes criterios de caudal ecológico, evacuación controladas y mecanismos de desvío lejos de las turbinas de paso aguas abajo.

La aplicación de un caudal ecológico permite otorgar un movimiento continuo mínimo para la sobrevivencia del medio

ambiente acuático presente en el cuerpo de agua superficial intervenido. Actualmente, en Chile se utiliza el caudal ecológico descrito en decreto N°12 del año 2012 y sus modificaciones que determinan un caudal ecológico mínimo a través de la siguiente fórmula.

$$\text{Si } 0,5 \cdot Q_{95\%} \geq Q_{ma} \rightarrow Q_{eco} = 0,2 \cdot Q_{ma}$$

$$\text{Si } 0,5 \cdot Q_{95\%} \leq Q_{ma} \rightarrow Q_{eco} = 0,5 \cdot Q_{95\%}$$

Donde,

$Q_{95\%}$: Caudal mensual con 95% de probabilidad de excedencia (m³/s).

Q_{ma} : Caudal medio anual (m³/s).

Q_{eco} : Caudal ecológico mensual (m³/s).

Como se puede observar de la fórmula presentada, el criterio de elección para el caudal ecológico mínimo que debe dejar pasar la central se basa en la hidrología de la cuenca donde el proyecto este inserto. Al utilizar una metodología que emplea una mezcla entre la hidrología y la altura de agua que necesitan las diferentes especies para sobrevivir.

Para la fase de construcción, no se espera un mayor progreso con la disminución de la calificación. Reevaluar la ubicación de la central es una medida que provocará una mayor precisión a la hora de clasificar los parámetros. Sin embargo, la medida de caudal ecológico con más variables no se podrá emplear con mayor énfasis hasta la etapa de llenado del embalse al final de la fase de construcción.

Por otro lado, en la fase de operación, se tiene una modificación importante de los valores en los parámetros de evaluación. Primero, con la medida de reevaluar los criterios de elección de ubicación, se tiene una mayor certeza sobre la intensidad y riesgo de ocurrencia que se tendrá en el lugar. Posteriormente, se utilizará un criterio diferente de caudal ecológico.

Al emplear un valor de caudal ecológico multivariable, se mitigará la intensidad del impacto sobre el ambiente acuático, el desarrollo del impacto se verá mermado por tener un impacto menor que no se verá manifestado de mayor manera por las especies al tener una situación similar a la línea base y se tendrá una reducción en el tiempo natural que necesitará el medio para revertir los efectos al ser un efecto significativamente menor para las especies.

Con estas consideraciones, se tendrá una modificación en los parámetros de intensidad, desarrollo y reversibilidad de clasificación media (0,4), lento (0,4) y reversible (0,1),

respectivamente. Entregando un valor global del impacto de -3,2 que equivale a una reducción de 44%.

c. Pérdida de vegetación por diferentes obras de construcción.

El presente impacto es una consecuencia de producir obras civiles en sectores no intervenidos anteriormente. Para la fase de construcción y cierre se presentará esta modificación del suelo inevitable por diferentes obras permanentes y transitorias.

Para esto, no se encontró algún texto o experiencia previa que avale un procedimiento en marco de desarrollo sostenible. Solo se han propuesto soluciones de reparación al finalizar la vida útil del proyecto que se emplean en la fase de cierre como es la revegetación, reforestación y tratamiento de recuperación del suelo.

Por consiguiente, no se tendrá una disminución de la calificación de este impacto.

d. Alteración de calidad de vida de fauna flora acuática.

La alteración de la calidad de vida de las diferentes especies que habitan el ambiente acuático del cuerpo de agua superficial intervenido se observará en dos fases del proyecto por diferentes medidas.

En primer lugar, se tendrá un efecto sobre la calidad de vida de las diferentes especies debido al cambio en el régimen de caudales y de calidad de agua. El régimen de caudales es propio de una intervención del río donde se deben emplear obras de desviación y la calidad de agua se da por cambio sedimentológicos. La erosión que se provocará en nuevos sectores provocará un aumento en los sólidos disueltos totales y en la concentración de moléculas contenidas en el lecho del río.

Estos efectos se tienen de manera altamente probable al tener que intervenir el cauce. Sin embargo, dependerá de los parámetros morfológicos y la hidrología de la cuenca. Por lo cual, se procede de la misma manera que en los impactos anteriores al tener que considerar criterios de ubicación sobre parámetros morfológicos y hidrológicos.

Se tendrán que utilizar medidas de corrección del régimen de caudales como el empleado en el caudal ecológico para percibir una menor alteración de la calidad de vida. El régimen de caudal altera la altura de agua presente y la fuerza de erosión del agua sobre el lecho. Por esta razón, se debe

comprender un caudal ecológico multivarial observando parámetros biológicos y considerando la fuerza de arrastre según el tipo de suelo en el gasto de fondo presente.

Con estas consideraciones, se podrá disminuir la intensidad y el desarrollo del impacto rebajando a una intensidad media (0,7) y un desarrollo lento (0,4). Los cuales producen una nueva calificación de -4,80 que significa una reducción de 17%.

Posteriormente, se tiene la presencia de la alteración en la fase de cierre debido a la descarga del embalse. Una descarga del embalse no controlada genera crecidas momentáneas en el cuerpo del río, aumento de la erosión, modificación del cauce y aumento de temperatura del agua.

Para evitar estas modificaciones importantes en el medio, en proyectos anteriores de embalses no de generación eléctricas, se han propuesto métodos de disipación de energía como obstáculos, barreras, piscinas de regulación y un plan que comprende descargas pequeñas en un lapso importante de tiempo. Adicionalmente, se pueden utilizar medidas de protección del medio ambiente natural como extracción de especies para introducirlos posterior a la descarga

Con estas medidas, se logra disminuir la clasificación de los parámetros de intensidad y extensión. Con estas medidas se podrá acotar el impacto a los sectores inmediatamente aguas debajo de la central. La intensidad y extensión tendrán una clasificación media (0,4) y puntual (0,1), respectivamente. Lo que produce una calificación de -3,04, es decir, una mitigación del impacto de 30%.

e. Modificación hábitat lenticó artificial a hábitat lotico

A continuación, se comentará sobre el impacto de cambio de hábitat establecido por la existencia de un embalse que actúa como una laguna y que será desmantelada con la fase de cierre.

Durante el tiempo de operación de la central, que es de 50 a 100 años, se establece una nueva hidrología y sistema acuático en el sector. La existencia de la laguna artificial beneficia el crecimiento y desarrollo de ciertas especies que pueden no estar al tener un sistema fluvial. Con el nivel de desarrollo que se puede tener durante la operación, se observará el real efecto de este cambio de hábitat al anterior.

Con el fin de evitar la generación del presente impacto, se propone revisar los criterios de elección de la ubicación de la central. Este impacto se puede evitar teniendo en cuenta la

inclusión de ubicación en lagos o lagunas naturales donde se puede construir una presa y aumentar el volumen de agua.

También se puede ubicar la central en cuencas donde los ríos nacen o tiene intervención de hábitats lenticos. De esta manera, la modificación de hábitat no será de manera significativa al tener un hábitat parecido que lo afecta directamente.

Teniendo la consideración de que el impacto disminuirá y no se verá eliminado por la elección de la ubicación del proyecto, se reevaluará la calificación obtenida anteriormente. Con esta consideración, se logrará disminuir la clasificación de las componentes de intensidad, riesgo de ocurrencia y reversibilidad. Esto se da por el hecho de que la existencia de un hábitat acuático puramente lotico no va a lugar con esta propuesta, lo que produce una menor alteración de las componentes químicas y físicas que llegan a alterar el sistema natural.

Por esta razón, la intensidad es disminuida a media (0,4), el riesgo de ocurrencia a probable (6) y la reversibilidad a reversible (0,1). Con lo que la calificación general del impacto es de -3,00 que significa una reducción del 58% de la nota original.

f. Transformación de hábitat lotico a lenticos

Este último impacto del medio ambiente natural que se analizará bajo propuestas de desarrollo sustentable tiene que ver con un efecto propio de la creación de un embalse artificial y que se enlaza con el impacto anteriormente analizado.

El desarrollo del hábitat lenticos artificial comienza en la fase de construcción al tener la presa construida y se comienza con la etapa de llenado del embalse. Aunque la situación en la fase de construcción no es de alta duración al ser de las últimas etapas de esta fase, será de alto impacto al comenzar con el proceso de modificación y adaptabilidad de las especies.

Posteriormente, en la fase de operación, se tiene una mantención del cambio de hábitat que se verá perturbado según el régimen de descarga y de producción energética que tendrá la central.

Para este impacto se tomarán las mismas consideraciones que en el impacto anterior. La inclusión de criterios de ubicación en lagos y lagunas artificiales o cercanos a ellos provocará que el medio ambiente acuático esté acostumbrado y adaptado al ambiente lenticos.

Con esto, para ambas fases se producirá una modificación en los parámetros de intensidad, riesgo de ocurrencia y reversibilidad. En la fase de construcción, estas variables cambiarán a media (0,4), probable (6) y reversible, respectivamente. Obteniendo una calificación de -3,00, es decir, una disminución de 58% con respecto a la nota anterior.

Por otro lado, en la fase de operación, se tendrá un análisis similar con la diferencia de una disminución en la velocidad de desarrollo del impacto. Al tener especies que están acostumbrados a este tipo de hábitat, no verán reflejados los efectos de un área mayor de inundación de forma rápida. Por lo cual, junto con las modificaciones que se proponen en la fase de construcción, se tiene un desarrollo lento (0,4) del impacto. Por consiguiente, se tiene una calificación igual al caso de construcción y con una modificación equivalente a un 62% de reducción.

6.3. Medidas en impactos en recurso hídrico

Los impactos sobre el recurso hídrico comprenden los efectos sobre la hidrología de la cuenca a intervenir. De los impactos previamente estudiados, se observa que los efectos se clasifican por dos acciones, el cambio en el régimen de caudales y el cambio en el régimen sedimentológico.

El cambio en el régimen de caudales produce alteración en la morfología, erosión, intercambio en acuífero subterráneo y ciclo del agua. Por otro lado, los cambios en el régimen sedimentológico provocan alteraciones en la calidad de agua, posibles efectos sobre obras hidráulicas y modificación en los sectores de extracción y deposición de los sedimentos.

Para evitar o mitigar dichos impactos se propondrán medidas tales como obras de aireación, medidas de gestión hídrica, gestión de residuos líquidos y programas de liberación de flujo o flushing flows.

A continuación, se procederá a discutir estas recomendaciones a los impactos negativos sobre el recurso hídrico que se identificaron en el acápite número 5. Anteriormente, se identificaron y calificaron 14 impactos sobre la componente de recursos hídricos. De estos 14, solamente 12 son considerados como negativos y ellos serán analizados en la presente sección.

- a. Alteración en intercambio acuífero subterráneo y cuerpos de agua superficial.

Este primer impacto sobre la componente de recurso hídrico tiene que ver con el sistema natural que se tendrá de carga y descarga de agua entre el acuífero subterráneo y cuerpos superficiales en

la fase de construcción. Esto se da por la desviación del río para construir las obras necesarias. Este efecto es pequeño y se da por cambiar el suelo por el cual esta transmisión es realizada. Sin embargo, dependerá totalmente del suelo de la zona y se debe tener en cuenta de que el área de cambio del río es pequeña.

Por la magnitud del impacto y su naturaleza, no se podrá aplicar algunas de las medidas que se mencionaron anteriormente. No obstante, este impacto se puede controlar o eliminar con estudios de hidrogeología para saber las propiedades del suelo y el flujo subterráneo. Además, se debe tener en cuenta de que se deben internalizar los costos que supondrá realizar un desvío mayor.

b. Modificación de cauce por descarga de embalse.

Este segundo impacto sobre el recurso hídrico se produce en la fase de cierre y se provoca por la descarga de una masa de agua masiva contenida por el embalse de la central hidroeléctrica.

La descarga no controlada del embalse puede provocar una crecida que puede ser mayor que otras que naturalmente se da en el cauce intervenido. Las modificaciones morfológicas, daños en el hábitat y daño en obras civiles significan efectos negativos en todas las componentes.

Las medidas anteriormente comentadas no disminuirán el efecto de estas. Sin embargo, se propone emplear un programa de descarga controlada y la construcción de obras de disipación de energía. De esta forma se logrará eliminar o mitigar los efectos provocados por la descarga del embalse y, al mismo tiempo, se podrá precisar los factores de importancia y riesgo de ocurrencia identificados en la calificación.

c. Cambio en el régimen de caudales en los cuerpos de agua superficiales.

La modificación de los regímenes de caudales se da por la acción propia de una obra de regulación como son los embalses. Esto provocará alteraciones en la hidrología de la cuenca y el ciclo del agua del sector. Además, modificará la disponibilidad de agua y cambiará las aguas para los hábitats aguas abajo.

Este impacto se presentará en las fases de construcción y cierre. En la fase de construcción se debe por las actividades de construcción de obras y posterior puesta en marcha del embalse. La modificación se produce en construcción y se mantiene hasta el final de la fase de operación. En la fase de cierre se produce por las acciones de descarga y desmantelación de las obras civiles.

Para el caso de la fase de operación, se utilizarán medidas de planeación de gestión hídrica y liberación de flujo. De esta manera, se tendrá internalizada los efectos sobre la hidrología de la cuenca y se podrá mitigar con los planes de descarga programa con el fin de imitar el flujo natural con cierta probabilidad de excedencia.

En la fase de cierre, se propone utilizar un plan de descarga controlada como se comentó anteriormente. De esta manera, la modificación de caudal por la desaparición de la obra de regulación se observará por el régimen natural y no por intervención humana.

Con medidas de control de flujo y gestión hídrica, los parámetros de importancia y riesgo de ocurrencia se verán modificadas. La importancia se reducirá a una clasificación media (0,4) por el hecho de que se podrá tener una situación similar a la natural, pero disminuida. El riesgo de ocurrencia se reducirá a probable (6) al tener un conocimiento de la situación. Con estos cambios, la calificación de este impacto quedará en -3,24 que representa una disminución de 30%.

Por otro lado, en la fase de cierre, el plan de descarga controlada mitigará el impacto directo de la descarga, pero no tendrá efectos a largo plazo. Por lo cual, se logrará modificar los parámetros de intensidad y desarrollo, al mismo tiempo se bajará el nivel de incertidumbre del riesgo de ocurrencia.

Para la intensidad, la clasificación nueva será media (0,4) y el desarrollo se tomará como muy lento (0,1). Con lo cual, se tiene un valor del impacto de -3,72, es decir, una reducción de 16% con respecto a el valor inicial.

d. Potencial de eutroficación.

Durante la fase de operación de la central hidroeléctrica, se tiene la existencia del embalse que produce una reducción de flujo, estratificación de la columna de agua y preferencia de hábitat acuático diferente al que se tenía de forma natural.

La eutroficación es un proceso en el cual se desarrolla una capa de desarrollo de vegetación acuática que restringe de nutrientes, exposición lumínica y oxígeno disuelto para las capas inferiores.

Para este efecto, se propone implementar un plan de circulación de agua apropiado a las características fisicoquímicas del lugar. Adicionalmente, se pueden utilizar mecanismos de aireación con el fin de entregar oxígeno disuelto a los diferentes estratos.

De esta manera, se podrá modificar los parámetros de intensidad, desarrollo y probabilidad de ocurrencia. El factor de intensidad

cambiará a medio (0,4) por la sectorización que se provocará para este proceso. El desarrollo se demorará en demostrar por la circulación de agua y sus nutrientes, dejando la velocidad de desarrollo como lento (0,4) y la probabilidad de ocurrencia se reducirá a probable (6) por las medidas de prevención optadas. Dejando la calificación del impacto en -3,00 que equivale a una reducción del 35%.

e. Cambio en el régimen sedimentológico del río.

La sedimentología es un proceso físico que ocurre por el flujo de agua en contacto con cualquier material sólido. El agua produce erosión sobre el lecho y las riberas que, a su vez, levanta partículas de suelo con diferentes elementos químicos. Estas partículas pueden estar suspendidas o se pueden disolver en el cuerpo de agua. Las partículas se transportan hasta un punto donde la energía del río pierde contra la fuerza de gravedad y se deposita.

Estos cambios en la sedimentología promuevan el traslado de los sectores de extracción y deposición de dichos sedimentos, cambiando las características de la morfología del río.

Este impacto se produce en la fase de construcción, operación y cierre debido a los cambios en los caudales y la presencia de diferentes obras hidráulicas.

Con el fin de mitigar los efectos de este impacto a través del desarrollo sustentable, se propondrán medidas de revegetación para disminuir la erosión, planes de control de caudales y obras de protección de sedimentos. Adicionalmente, se puede utilizar barreras permeables para controlar el avance de sedimentos.

En primer lugar, se tiene el impacto en la fase de construcción. Aquí se produce por la intervención del río que se debe desviar y por las obras necesarias para la operación de la central. Al utilizar medidas de protección y barreras permeables para sedimentos se logrará modificar la intensidad, riesgo de ocurrencia y la reversibilidad.

La intensidad disminuirá a media (0,4) al tener en control los cambios sedimentológicos. Por esta misma razón, la reversibilidad se clasificará como reversible (0,1). Por último, el riesgo de ocurrencia se colocará como probable (6) al emplear medidas de protección y control de cambios. Con esto se obtiene una calificación de -3,36 que refleja un 35% de disminución.

Luego, se tiene la fase de operación que afecta la sedimentología al cambiar el flujo natural, tener un sector de acumulación de sedimentos y obras hidráulicas en el cauce. Para esta fase, se

emplearán las medidas de planes de control de caudales, barreras permeables y obras de protección a la entrada del embalse.

Con estas medidas se pretende modificar los parámetros de intensidad, riesgo de ocurrencia y desarrollo.

La intensidad se modificará a media (0,4) al tener controlado el flujo de sedimentos con las barreras permeables y obras de protección. El desarrollo disminuirá su velocidad al tener medidas de mitigación importantes, se clasificará como muy lento (0,1). Por último, el riesgo de ocurrencia se tomará como probable (6) al tener un plan de control de caudales para buscar la situación parecida al régimen natural. Estos cambios modifican la calificación a -3,24 que equivale a un 44% de reducción.

Como última fase donde se presenta el impacto, se tiene la fase de cierre que se da por las actividades de dragado y vaciado del embalse. Para esta fase se utilizarán las mismas medidas que para la fase de construcción más un plan de vaciado controlado del embalse. Adicionalmente, el material dragado debe ser tratado y extraído de la cuenca en cuestión. Con esto, se podrá modificar los parámetros de intensidad, riesgo de ocurrencia y reversibilidad.

La intensidad se modificará a media (0,4) por las acciones de mitigación propuestas. De la misma forma que se reducirá el riesgo de ocurrencia a probable (6) y reversibilidad a reversible (0,1). Resultando una calificación de -2,64 y 45% de reducción.

f. Cambio en la calidad de agua.

El impacto de calidad de agua tiene directa relación con el impacto anterior. Al modificar los regímenes de sedimentación, se tiene un cambio en los sólidos disueltos y suspendidos totales, lo cual cambiará la calidad de las aguas del río.

Este impacto está presente en las fases de construcción, operación y cierre por las intervenciones sobre el cuerpo de agua superficial e instalación de obras hidráulicas que se comentaron en el punto anterior.

En la fase de construcción se promueve la instalación de barreras permeables y piscinas de control de calidad. Para la etapa de operación, se recomienda la creación de planes de control de caudales, barreras permeables y control de calidad del agua. Por última, el cierre se debe tener en cuenta un plan de evacuación controlada y protección de sedimentación.

Entonces, se modificará el parámetro de riesgo de ocurrencia al tener controlada la calidad de agua, pero no se garantiza que el impacto sea mitigado. Por lo cual, se tendrá una calificación

probable (6) que implica un valor global de -4,32 con una reducción de 25%. Para la fase de cierre se tendrá un análisis homólogo al de la fase de construcción con la utilización de un plan de evacuación controlada.

Por otra parte, es imposible emplear piscinas de control de calidad para la etapa de construcción. Por lo cual, se emplearán las medidas de barreras permeables, plan de control de caudales y estaciones de monitoreo para control anormalidades.

Con esto se logrará disminuir el efecto del parámetro de riesgo de ocurrencia y desarrollo. El primero se clasificará como probable (6) y el segundo como lento (0,4). Que implica una calificación de -96 y una reducción de 31%.

g. Estratificación columna de agua.

Este último impacto que se produce en la fase de operación por la existencia de una obra que provoca un estancamiento provisorio del agua. Al tener un fluido detenido por un período largo de tiempo, se producen estratos de agua con diferentes cualidades físicas. En particular, se producen divisiones por temperatura y exposición de luz solar.

Para poder evitar o mitigar dicho impacto, se propone planes de circulación y de flujos de agua controlados o flushing flows. De esta manera, se podrá evitar el estancamiento del agua y mitigar los efectos de la estratificación del agua.

De esta manera, se podrá alterar las clasificaciones adjudicadas a las variables de intensidad, riesgo de ocurrencia y desarrollo. Modificándolas a media (0,4), probable (6) y lento (0,4), respectivamente. Con esto se alcanzará un valor del impacto de -2,4 que equivale a una reducción de 59%.

6.4. Discusión de resultados

A través de las acciones y análisis de estas recomendaciones se ha logrado disminuir la calificación promedio de los impactos en un 39,81% en la componente humana, 28,24% en la componente de medio ambiente natural y 28,38% en la componente de recurso hídrico.

A continuación, se procederá a comentar las acciones y recomendaciones empleadas en cada una de las componentes estudiadas.

6.4.1. Componente humana

En esta primera componente se logró una disminución general de 39,81% en promedio a través de impactos en las 5 fases analizadas.

Esto se produce al instaurar las siguientes consideraciones y recomendaciones.

- Mesas de trabajo.
- Charlas informativas.
- Instancias de preguntas e inquietudes.
- Énfasis en estudios de historia y cultura del lugar.
- Transparencia de información técnica.
- Capacitaciones.
- Programas de innovación.
- Elección de la ubicación con entendimiento de la cercanía del medio humano.

Estas medidas de desarrollo sustentable que apuntan a la inclusión de una visión social de los proyectos privados crean una armonía y confianza entre las partes para poder comenzar a discutir sobre los parámetros técnicos. A modo de resumen, se presenta la tabla 6.1 donde se observan las disminuciones en cada uno de los impactos estudiados.

Impacto	Fase	Calificación inicial	Calificación final	Diferencia
Reasentamiento de personas	Operación	-2,28	-1,92	15,79%
Posible inundación y ocupación lugares sagrados o importantes	Operación	-2,46	-1,32	46,34%
Potencial alteración de sitios arqueológicos por despeje de área de inundación y llenado del embalse	Construcción	-2,64	-1,5	43,18%
Intervención de potenciales lugares sagrados por construcción de obras	Construcción	-2,76	-1,44	47,83%
Alteración de turismo	Construcción	-3,84	-3,84	0,00%
Alteración de turismo	Cierre	-4,8	-4,08	15,00%
Alteración de calidad de vida por potencial contaminación acústica, aérea, hídrica, hábitat natural y vibraciones	Construcción	-4,16	-1,56	62,50%
Alteración de calidad de vida por potencial contaminación acústica, aérea, hídrica, hábitat natural y vibraciones	Cierre	-4,16	-1,56	62,50%
Alteración costumbres locales por aumento en flujo vehicular y humano	Construcción	-7,2	-5,28	26,67%
Alteración costumbres locales por aumento en flujo vehicular y humano	Operación	-3,6	-1,8	50,00%
Alteración en la calidad de relación empresa, autoridad y comunidades	Prefactibilidad / Factibilidad	-5,28	-1,62	69,32%
Alteración en la calidad de relación empresa, autoridad y comunidades	Ingeniería básica	-5,28	-1,62	69,32%

Alteración de la calidad visual del paisaje local	Construcción	-6,6	-6	9,09%
---	--------------	------	----	-------

Tabla 6.1: Resumen de impacto desarrollo sustentable en componente humana.

Fuente: Elaboración propia.

6.4.2. Componente medio ambiente natural

En esta primera componente se logró una disminución general de 28,24% en promedio a través de impactos en las 5 fases analizadas. Esto se produce al instaurar las siguientes consideraciones y recomendaciones.

- Elección de la ubicación con entendimiento del medio natural terrestre y acuático donde se coloca el proyecto.
- Asegurar perímetro con el fin de no intervenir más de lo necesario.
- Caudal ecológico basado en las especies y en la hidrología.
- Flujos de evacuación controlados.
- Mecanismos de desvío lejos de las turbinas.

Estas medidas de desarrollo sustentable apuntan a poder unir los ejes de desarrollo de economía, medio humano y el medio natural que rodea la sociedad. De esta manera, se toma conciencia de la existencia de otras especies que conviven con el ser humano. A modo de resumen, se presenta la tabla 6.2 que contiene los impactos estudiados y la diferencia porcentual entre los casos.

Impacto	Fase	Calificación inicial	Calificación final	Diferencia
Intervención humana en hábitat natural	Ingeniería básica	-1,32	-0,66	50,00%
Intervención humana en hábitat natural	Construcción	-5,12	-4,16	18,75%
Intervención humana en hábitat natural	Operación	-4,48	-4	10,71%
Intervención humana en hábitat natural	Cierre	-5,12	-4,16	18,75%
Fragmentación hábitat natural	Construcción	-2,56	-2,56	0,00%
Fragmentación hábitat natural	Operación	-5,76	-3,2	44,44%
Pérdida de vegetación por diferentes obras de construcción	Construcción	-5,6	-5,6	0,00%
Pérdida de vegetación por diferentes obras de construcción	Cierre	-3,72	-3,72	0,00%
Alteración de calidad de vida fauna y flora acuática	Construcción	-5,76	-4,8	16,67%
Alteración de calidad de vida fauna y flora acuática	Cierre	-4,32	-3,04	29,63%
Modificación hábitat lenticó artificial a hábitat lotico	Cierre	-7,2	-3	58,33%

Transformación de hábitat lotico a lentic	Construcción	-7,2	-3	58,33%
Transformación de hábitat lotico a lentic	Operación	-7,8	-3	61,54%

Tabla 6.2: Resumen de impacto desarrollo sustentable en componente medio ambiente natural.

Fuente: Elaboración propia.

6.4.3. Componente de recurso hídrico

En esta primera componente se logró una disminución general de 28,38% en promedio a través de impactos en las 5 fases analizadas. Esto se produce al instaurar las siguientes consideraciones y recomendaciones.

- Estudios hidrogeológicos profundos.
- Plan de descarga controlada.
- Obras de disipación de energía.
- Gestión hídrica.
- Plan de circulación del fluido.
- Barreras permeables.
- Protección ante sedimentación.
- Monitoreo de calidad.
- Piscinas de control.

Impacto	Fase	Calificación inicial	Calificación final	Diferencia
Alteración en intercambio acuífero subterráneo y cuerpos de agua superficiales	Construcción	-1,32	-1,32	0,00%
Modificación de cauce por descarga de embalse	Cierre	-1,62	-1,62	0,00%
Cambio en el régimen de caudales en los cuerpos de agua superficiales	Construcción	-4,8	-3,34	30,42%
Cambio en el régimen de caudales en los cuerpos de agua superficiales	Cierre	-4,44	-3,72	16,22%
Potencial de eutroficación	Operación	-4,64	-3	35,34%
Cambio en el régimen sedimentológico del río	Construcción	-4,8	-3,36	30,00%
Cambio en el régimen sedimentológico del río	Operación	-5,76	-3,24	43,75%
Cambio en el régimen sedimentológico del río	Cierre	-4,8	-2,64	45,00%
Cambio en la calidad de agua	Construcción	-5,76	-4,32	25,00%
Cambio en la calidad de agua	Operación	-5,76	-3,96	31,25%
Cambio en la calidad de agua	Cierre	-5,76	-4,32	25,00%
Estratificación columna de agua	Operación	-5,8	-2,4	58,62%

Tabla 6.3: Resumen de impacto desarrollo sustentable en componente recurso hídrico.

Fuente: Elaboración propia.

7. Conclusión

En primer lugar, cabe destacar, que los objetivos principales que se plantearon al principio del proyecto son alcanzados exitosamente. A través de la investigación presentada en estas páginas, se logró caracterizar las ventajas y desventajas socio ambientales que presentan este tipo de proyectos. Las desventajas se comentaron y se pretendieron disminuir con el fin de colocar la energía hidroeléctrica de embalse de mayor de 100 MW como una solución viable.

Con respecto a los objetivos secundarios, se ha logrado establecer medidas y procedimiento para incluir una visión integral entre los ejes humano, económico y ambiental que se establece en el desarrollo sustentable. Además, con la utilización de la encuesta realizada, se ha podido establecer cuales son los principales problemas sociales que el público general percibe en este tipo de actividad.

En cuanto a los objetivos de desarrollo sustentable descritos por la Organización de Naciones Unidas y discutido en la sección de marco teórico a través de la tabla 2.1, los objetivos marcados como los objetivos de desarrollo principales se cumplen por la naturaleza de la actividad. Por otro lado, los objetivos de desarrollo secundarios se abordaron con las propuestas sobre los impactos de la componente humana. Por último, los objetivos de desarrollo en conflicto se logró disminuir la problemática con las propuestas de los impactos de la componente de medio ambiente natural y recurso hídrico.

En el presente documento, se analizaron 53 impactos sobre el medio ambiente dividido en 5 fases: prefactibilidad/factibilidad, ingeniería básica, construcción, operación y cierre. Los impactos se clasificaron en 3 componentes del medio ambiente: humano, ambiente natural y recurso hídrico.

Para la discusión se propusieron diferentes supuestos que permitieron colocar una calificación a dichos impactos. Los supuestos apuntaban a buscar los escenarios más desfavorables tales como comunidades adyacentes, nulo desarrollo turístico, bajo nivel antrópico, composición del sistema hídrico solamente de ríos y cadenas tróficas complejas.

Con estos datos, se tiene calificaciones que permiten identificar 14 impactos positivos, 11 negativos bajos, 27 negativos medios y 1 negativo alto. Sin embargo, las evaluaciones presentan un alto nivel de incertidumbre principalmente creado por la situación de no conocer la ubicación y características del sector al ser una central genérica. Esto se traduce dentro de la calificación de los impactos a través de los parámetros de importancia y riesgo de ocurrencia, principalmente.

Las medidas propuestas para incluir un desarrollo sustentable pretenden disminuir los impactos generados sobre las diferentes componentes del

medio ambiente. En la tabla 7.1, se presenta un resumen con las medidas recomendadas y recopiladas de diferentes textos.

Con estas medidas se logra disminuir en promedio un 39,81% las calificaciones de impactos en la componente humana, 28,24% en la componente de medio ambiente natural y 28,38% en la componente de recursos hídricos.

Componente	Medidas
Humano	Mesas de trabajo. Charlas informativas. Instancias de preguntas e inquietudes. Énfasis en estudios de historia y cultura del lugar. Transparencia de información técnica. Capacitaciones. Programas de innovación. Elección de la ubicación con entendimiento de la cercanía del medio humano.
Ambiente natural	Elección de la ubicación con entendimiento del medio natural terrestre y acuático donde se coloca el proyecto. Asegurar perímetro con el fin de no intervenir más de lo necesario. Caudal ecológico basado en las especies y en la hidrología. Flujos de evacuación controlados. Mecanismos de desvío lejos de las turbinas.
Recurso hídrico	Estudios hidrogeológicos profundos. Plan de descarga controlada. Obras de disipación de energía. Gestión hídrica. Plan de circulación del fluido. Barreras permeables. Protección ante sedimentación. Monitoreo de calidad. Piscinas de control.

Tabla 7.1: Medidas de desarrollo utilizadas.

Fuente: Elaboración propia.

Se desea recordar que las medidas propuestas son acciones encontradas y recomendadas en la literatura, proyectos anteriores y manuales de sustentabilidad. Sin embargo, se debe recalcar que existe un amplio sector para la innovación e investigación para el mejoramiento de indicadores de sustentabilidad.

En el presente trabajo no se abarcó diferentes soluciones, aun en proyección, que pueden mejorar las componentes de medio ambiente natural y de recurso hídrico. Por esta misma razón, se concluye que las centrales hidroeléctricas de embalse pueden ser utilizadas con el fin de acercarse al desarrollo sustentable, pero no es la única vía.

8. Bibliografía

- Carrasco A., 2019. Caracterización de cuencas y subcuencas para una posible Construcción de centrales hidroeléctricas entre el Río Maipo y el Río Yelcho, Chile. Memoria Ingeniera civil. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de ciencias físicas y matemáticas.
- Muñoz R., 2020. Identificar factores que inciden en la sustentabilidad de proyectos hidroeléctricos. Memoria Ingeniero civil. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de ciencias físicas y matemáticas.
- Systepl, octubre 2020. Reporte mensual del sector eléctrico.
- Ministerio de energía, 2019. Anuario estadístico de energía 2019.
- Meier C., 2015. Estándares internacionales para la hidroelectricidad. Concepción, Universidad de Concepción.
- Organización de las Naciones Unidas, 2020. Objetivos de desarrollo sostenible. [en línea] <<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>> [consulta: 23 de septiembre 2020].
- Anuja Shaktawat & Shelly Vadhera (2020) Assessment of hydropower for climate change mitigation and sustainable development using multicriteria analysis, Journal of Statistics and Management Systems, 23:1, 113-124, DOI: 10.1080/09720510.2020.1714153
- Ministerio de energía, 2020. Compendio cartográfico proyectos e instalaciones de generación eléctrica en Chile, datos a Junio 2020.
- Jones Lewis Arthur, Grant Murray, Rick Rollins, Phil Dearden & Ann Stahl (2020): Differential impacts of dam construction on livelihoods in Ghana, African Geographical Review
- Ministerio de energía, 2018. Energía 2050, política energética en Chile.
- Capik M., Cavusoglu I. y Yilmaz A., Hydropower for sustainable energy development in Turkey: The small hydropower case of the eastern black sea region. Turquía, Karadeniz technical university, Department of Mining engineering.
- Shaktawat A. y Vadhera S., 2018. Risk management of hydropower projects for sustainable development: A review.
- Harlan T., He J. y Xu R., 2020. Is small hydropower beautiful? Social impacts of river fragmentation in China's red river basin.
- Boyd A. y Mayeda A., 2020. Factor influencing public perceptions of hydropower projects: A systematic literature review. Washington D.C., Washington State University, The Edward R. Murrow College of communication.
- Bakken T., Harby A., Ruud A. y Sundt H., 2012. Development of small versus large hydropower in Norway – comparison of environmental impacts. Oslo, SINTEF Energy research.
- Chantha O. y Ty S., 2018. Assesing changes in flow and water quality emerging from hydropower development and operation in the Sesan river basin of the lower Mekong region. Phnom Penh, Institute of Technology of Cambodia.
- Comité consultivo de energía 2050, 2015. Hoja de ruta 2050: Hacia una energía sustentable e inclusiva para Chile.

- Billia R. y Estegoni M., 2015. Hydropower reservoir sediment and water quality assessment. Sao Paulo, University of Sao Paulo.
- Fantin-Cruz I., Girard P., Pedrollo O., Hamilton S. y Zeilhofer P., 2015. Changes in river water quality caused by a diversion hydropower dam bordering the Pantanal Floodplain. Cuiabá, Universidade federal de Mato Grosso, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental.
- Kara O., Kezik U. y Koralay N., 2018. Effects of run-of-the-river hydropower plants on the surface water quality in the Solakli stream watershed, Northeastern Turkey. Trabzon, Karadeniz Technical University, Faculty of forestry.
- Chile. Ministerio secretaría general de la presidencia. 1994. Ley 19.300: Aprueba ley sobre bases generales del medio ambiente, Marzo 1994.
- Chile. Ministerio secretaría general de la presidencia. 2010. Ley 20.417: Crea el ministerio, el servicio de evaluación ambiental y la superintendencia del medio ambiente, enero, 2010.
- Chile. Ministerio de justicia. 1981. Decreto con fuerza de ley 1122: Código de aguas, Octubre 1981.
- Organización Internacional del Trabajo (OIT), *Convenio (N. 169) sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes*, 27 Junio 1989, C169.
- Espinoza J., Espinoza R., Giacaman J., Lagunas M., Rifo C. y Sandoval M., 2014. Impacto de la instalación de la Central Hidroeléctrica Ralco en la identidad y memoria colectiva del pueblo pehuenche. Universidad de Concepción, Chile.
- González-Parra C. y simon J., 2008. All that glitters is not gold. Resettlement, Vulnerability, and Social Exclusion in the Pehuenche community Ayin Mapu, Chile. Universidad de Concepción, Chile.
- González T., Mella M. y Stern J., 2015. Impacto geológico proyecto hidroeléctrico Alto Maipo. Congreso Geológico Chileno, La Serena, Chile.
- Folchi M. y Godoy F., 2016. La disputa de significados en torno al proyecto hidroeléctrico Alto Maipo. Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Bustamante C., 2008. Efectos ambientales generados por la construcción y operación de un embalse. Universidad de Sucre, Sucre, Bolivia.
- Awad G., Caballero J. y Torres M. A., 2015. Hidroeléctricas e impactos socio ambientales caso de estudio: Hidroeléctrica Ituango. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Alonso C., Bejarano M. D., Nilson C. y Sordo-Ward A., 2017. Characterizing effects of hydropowerplants on sub-daily flow regimes. Journal of Hydrology.
- Kaliski E., 2018. Apunte del curso Evaluación de Impacto Ambiental. Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- POCH Ambiental, 2009. Estudio de Impacto Ambiental Central Hidroeléctrica Achibueno. Chile
- Arcadis Geotecnica, 2008. Estudio de Impacto Ambiental Central Hidroeléctrica Angostura. Chile
- SWECO, POCH Ambiental y EPS Ltda., 2008. Estudio de Impacto Ambiental Central Hidroeléctrica Aysén. Chile.
- Sustentable S.A., 2014. Estudio de Impacto Ambiental Central Hidroeléctrica Frontera. Chile.

- Sustentable S.A., 2021. Estudio de Impacto Ambiental Pequeña Hidroeléctrica de Pasada Huequecura. Chile
- Jaime Illanes y Asociados, 2011. Estudio de Impacto Ambiental Hidroeléctrica Molinos de Agua. Chile
- Arcadis Geotecnica, 2008. Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo. Chile.
- Electrowat Ingenieros Consultores, 1996. Estudio de Impacto Ambiental Central Hidroeléctrica Ralco. Chile.
- Chile. Ministerio Minería. 2011. Ley 20.551: Regula el Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras, Noviembre, 2011.
- Kaparaju P, Moya d. y Paredes J., 2018. Technical, financial, economic and enviromental pre-feasibility study of geothermal power plants by RETscreen – Ecuador’s case study.
- Botelho A., Costa Pinto L., Ferreira P., Lima F. y Sousa S., 2016. Assessment of the environmental impacts associated with hydropower. Portugal.
- Chile. Ministerio del medio ambiente. 2012. Decreto N°12: Aprueba reglamento para la determinación del caudal ecológico mínimo, mayo, 2012.
- Asociación Internacional de la Hidroelectricidad, 2010. Hydropower sustainability asesment protocol.
- Goodwin P., Jorde K., Meier C. y Parra O., 2006. Minimizing environmental impacts hydropower development: transferring lessons from past projects to a proposed strategy for Chile. Journal of Hydroinformatics.
- Suen J. y Wayland J., 2006. Reservoir management to balance ecosystem and human needs: Incorporating the paradigm of the ecological flow regime. Water Resources Research.
- Katopodis C., 2010. Developing a toolkit for fish passage, ecological flow management and fish habitat works. Journal of Hydraulic Research.
- Suen J., 2009. Determing the ecological flow regime for existing reservoir operation. Department of hydraulic and ocean engineering, National Chen Kung University, Taiwan.
- Chen Q., Mo K., Wang J., Wang L. y Zhang J., 2020. Incorporating fish habitat requirements of the complete life cycle into ecological flow regime estimation of rivers. Ecohydrology Journal.
- Jang H., Li G., Li H., Li M., Liang X., Xiao C. y Zhang X., 2020. Evaluation of reservoir-induced hydrological alterations and ecological flow based on multi-indicators. Jilin University, Changchun, China.

Anexo A
Encuesta Ciudadana de Opinión de
Centrales Hidroeléctricas de Embalse

Sección 1 de 4

Opinión de centrales hidroeléctricas de embalse y desarrollo sustentable

Descripción del formulario

La siguiente encuesta es parte de un trabajo de título del Departamento de Ingeniería Civil * *
Mención Hidráulica, Sanitaria y Medio Ambiente de la Universidad de Chile titulado "Análisis de Proyectos Hidroeléctricos de Embalse en un Marco de Desarrollo Sustentable". El presente cuestionario tiene una duración aproximada de 5 minutos. Si desea consultar o comentar algo con respecto al presente trabajo, por favor contactarse al correo rodrigo.arnaiz@ing.uchile.cl. Toda la información obtenida mediante esta encuesta tiene fines académicos y es completamente anónima. ¿Está de acuerdo con las condiciones de la encuesta y desea continuar?

- Estoy de acuerdo
- No estoy de acuerdo

Después de la sección 1 Ir a la siguiente sección

Sección 2 de 4

Datos del encuestado

Será necesario cierta información con el fin de clasificar la información entregada. Cabe destacar que toda información entregada en esta encuesta es con fines académicos y serán tratadas de forma privada.

Edad *

Texto de respuesta corta

Sexo *

- Hombre
- Mujer
- Prefiero no decirlo
- Otra...

Área de profesión *

Texto de respuesta corta

Región de residencia *

*

1. Región de Arica y Parinacota.
2. Región de Tarapaca
3. Región de Antofagasta
4. Región de Atacama
5. Región de Coquimbo
6. Región de Valparaíso
7. Región Metropolitana
8. Región del Libertador Bernardo O'higgins
9. Región del Maule
10. Región del Ñuble
11. Región del Biobío
12. Región de la Araucanía
13. Región de los Ríos
14. Región de los Lagos
15. Región de Aysén del General Carlos Ibañez del Campo
16. Región de magallanes y la Antartica Chilena

Región nacimiento *

*

1. Región de Arica y Parinacota.
2. Región de Tarapaca
3. Región de Antofagasta
4. Región de Atacama
5. Región de Coquimbo
6. Región de Valparaíso
7. Región Metropolitana
8. Región del Libertador Bernardo O'higgins
9. Región del Maule
10. Región del Ñuble
11. Región del Biobío
12. Región de la Araucanía
13. Región de los Ríos
14. Región de los Lagos
15. Región de Aysén del General Carlos Ibañez del Campo
16. Región de magallanes y la Antartica Chilena

Después de la sección 2 Ir a la siguiente sección



Opinión impactos hidroeléctricas de embalse

Esta encuesta tiene como objetivo conocer la opinión de la ciudadanía con respecto a los impactos que tiene la ejecución de una central hidroeléctrica de embalse dentro de los 3 ejes del desarrollo sustentable (social, económico y ambiental). Para el caso de estudio, se observarán los impactos que tendría una central hidroeléctrica de embalse con capacidades mayores a 100 MW. Un ejemplo de ellos es la central Los Cipreses (106 MW), ubicada en la región del Maule. Esta central cuenta con un área inundada de 7,5 km2 que equivale a aproximadamente 120 estadios nacionales.

NOTA: Desarrollo Sustentable se refiere a la capacidad de resolver problemas actuales sin poner en riesgo las generaciones futuras.

En general ¿Cree usted que la aplicación de centrales hidroeléctricas es una respuesta viable en términos de desarrollo sustentable? * *

- Sí
- No
- Otra...

En su opinión, clasifique el impacto que tiene una obra de generación eléctrica de embalse * * en las diferentes componentes socio-culturales y económicas en una escala que va desde impacto negativo alto a impacto positivo alto.

	Negativo alto	Negativo leve	Sin impacto	Positivo leve	Positivo alto	No lo sé
Cultura local	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cultura naci...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Calidad de vi...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fomento de...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Desarrollo e...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

En su opinión, clasifique el impacto que tiene una obra de generación eléctrica de embalse * * en las diferentes componentes ambientales en una escala que va desde impacto negativo alto a impacto positivo alto.

	Negativo alto	Negativo leve	Sin impacto	Positivo leve	Positivo alto	No lo sé
Fauna acuáti...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fauna terres...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Flora en la ri...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Flora cercana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disponibili...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Calidad de a...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Calidad agu...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Calidad de ai...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

En su opinión, ¿Existe alguna variable no analizada en la encuesta? Si es así, por favor comentela con su respectivo grado de impacto que usted cree que tiene.

Texto de respuesta larga

Desarrollo sustentable de proyectos



En esta sección se presentarán posibles medidas para poder acercar la información a las personas con el fin de poder acabar con la desinformación en los diferentes efectos que un proyecto hidroeléctrico de embalse pueda tener.
NOTA: Desarrollo Sustentable se refiere a la capacidad de resolver problemas actuales sin poner en riesgo las generaciones futuras.

En su opinión, ¿Cuál es la mejor solución a la demanda energética según un desarrollo sustentable? * *

- Centrales solares.
- Centrales eólicas.
- Centrales hidráulicas de pasada.
- Centrales hidráulicas de embalse
- Centrales de energía por biomasa.
- Centrales geotérmicas.
- Centrales a carbón.
- Centrales a base de gas natural.

¿Cuál de las siguientes medidas cree usted que es efectiva para el desarrollo sustentable? * *

- Transparencia de informes e información de proyectos.
- Bajada de información a través de boletines.
- Mesas de trabajo y discusión.
- Charlas informativas y educativas para comunidades directamente afectadas.
- Integrar autoridades en el desarrollo del proyecto.
- Otra...

