



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

**METODOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN PEQUEÑAS CENTRALES  
HIDROELÉCTRICAS DE PASADA EN CAUCES NATURALES, ESTUDIO DE CASO**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**RODOLFO ALEXIS ORDOÑEZ PARRINI**

**PROFESOR GUÍA:**

**ENRIQUE KALISKI KRIGUER**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:**

**MARCELO OLIVARES ALVEAL**

**JAMES McPHEE TORRES**

**SANTIAGO DE CHILE**

**OCTUBRE 2011**

## **AGRADECIMIENTOS**

A cada uno de aquellos que me dieron palabras de aliento y apoyo.

A Energía Coyanco y su gerente general Hernán Abad, por su buena disposición y aporte al desarrollo de este tesis.

A mis compañeros, que se encargaron de darle un toque especial a esta travesía.

A mis profesores, cuya paciencia y consejos desinteresados ayudaron al término de esta importante etapa.

A mis amigos, que permitieron mi esparcimiento y desahogo acompañándome en las buenas y en las malas.

A Michelle, por acompañarme en este camino a pesar de los momentos difíciles.

A mi familia, en especial a Marcos por su ayuda en la redacción y a mis padres por enseñarme, ayudarme y apoyarme a lo largo de los años.

A Cristóbal por ser mi fuerza e inspiración para seguir adelante.

## **TABLA DE CONTENIDO**

<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo 1</b>	
<b>Pequeñas Centrales hidroeléctricas en Cauces Naturales</b>	<b>5</b>
Introducción	6
1.1 Matriz Energética en Chile	6
1.2 Pequeñas Centrales Hidroeléctricas en Chile	8
1.3 Zonas de una PCH-CN	11
<b>Capítulo 2</b>	
<b>Evaluación de Impacto Ambiental</b>	<b>13</b>
Introducción	14
2.1 Generalidades de EIA	
2.1.1 Definición de Impacto Ambiental	14
2.1.2 Evaluación de Impacto Ambiental	15
2.1.3 Metodologías de identificación de IA	16
2.1.4 Métodos de identificación de IA para proyectos específicos	18
2.2 Selección de la herramienta a desarrollar	20

### **Capítulo 3**

<b>Listado de verificación</b>	<b>22</b>
Introducción	23
3.1 Metodología de trabajo	23
3.2 Identificación de Actividades	25
3.3 Componentes ambientales	25
3.4 Listado de verificación de impactos ambientales	26
3.5 Descripción de impactos y posibles medidas de mitigación	28
3.6 Forma de aplicación del listado de verificación	43
3.7 Aspectos Relevantes de Antecedentes Encontrados	44
3.7.1 Etapa en que se producen los impactos	44
3.7.2 Caudal Ecológico	45
3.7.3 Regulación de caudal y efectos acumulativos	46
3.7.4 Medidas de mitigación	47

### **Capítulo 4**

<b>Estudio de Caso</b>	<b>49</b>
Introducción	50
4.1 Antecedentes de la central	50
4.2 Resultado de la aplicación	53
4.3 Observaciones a la aplicación	56
4.4 Medidas de mitigación	57

<b>Capítulo 5</b>	
<b>Análisis de la legislación ambiental chilena</b>	<b>60</b>
5.1 Generalidades de EIA en Chile	61
5.2 Principios que rigen la ley de Bases	62
5.3 Procedimiento de EIA en Chile	63
5.4 Ingreso de proyectos de PCH-CN al SEIA	64
5.5 Declaraciones y Estudios de Impacto Ambiental	66
5.6 Observaciones a la legislación ambiental chilena	67
<b>Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>70</b>
<b>Referencias</b>	<b>74</b>
<b>Anexos</b>	
<b>Anexo 1. Pequeñas centrales hidroeléctricas</b>	<b>79</b>
A. Centrales Hidroeléctricas	80
B. Descripción de los componentes y obras de una PCH-CN	82
C. Proyectos de PCH en Chile	87
<b>Anexo 2. Normativa Vigente relacionada a PCH-CN</b>	<b>89</b>
<b>Anexo 3 Desarrollo del listado de verificación</b>	<b>97</b>
<b>Anexo 4. Fotografía de la Visita a Central Guayacán</b>	<b>106</b>

## Índice Tablas

Tabla 1 Proyectos de PCH-CN por región	10
Tabla 2 Proyectos seleccionados para el análisis	11
Tabla 3 Matriz de Área de Proyectos PCH-CN	12
Tabla 4. Listado de verificación definitivo para impactos ambientales en PCH-CN	26
Tabla 5. Ejemplo de Aplicación Listado de Verificación	44
Tabla 6. Antecedentes Generales Central Guayacán	50
Tabla 7. Aplicación del listado de verificación a Central Guayacán	53
Tabla 8. Medidas de mitigación en Central Guayacán	57
Tabla 9 Pertinencia de presentación de EsIA en proyectos seleccionados	65
Tabla 10. Proyectos de PCH ingresados al SEIA electrónico	87
Tabla 11. Obras civiles de los proyectos seleccionados	88
Tabla 12 Actividades etapa de construcción de PCH-CN	98
Tabla 13. Actividades etapa de operación de una PCH-CN	101
Tabla 14. Listado de verificación de acuerdo a bibliografía especializada	101
Tabla 15. Impactos adicionales considerados a través de la revisión de normativa	102
Tabla 16. Impactos adicionales considerados a través de listado de actividades	103
Tabla 17. Impactos adicionales considerados a través de EsIA y DIA	103
Tabla 18. Resumen del origen de los impactos considerados	103
Tabla 19. Duración de la etapa de construcción de los proyectos	105

## Índice Figuras

Figura 1: Diagrama de flujo de desarrollo del trabajo	4
Figura 2 Proyección de la demanda energética en el SING y el SIC	6
Figura 3. Matriz Energética en Chile	7
Figura 4. Potencia reconocida para acreditación	9
Figura 5. Esquema General de Central de Pasada	11
Figura 6. Diagrama de flujo de impactos ambientales	21
Figura 7. Metodología de elaboración del listado de verificación	24
Figura 8. Ubicación general Central Guayacán	51
Figura 9. Plano de ubicación Central Guayacán	51
Figura 10. Esquema de una obra de captación	82
Figura 11. Desarenador con vertedero lateral y compuertas de control	83
Figura 12. Vertedero y estanque de carga tipo	84
Figura 13. Tubería en presión Central Guayacán	84
Figura 14. Plano de un canal trapecial	85
Figura 15. Casa de maquinas central Guayacán	85
Figura 16. Subestación	86
Figura 17 Zona de desvío a obra de toma	107
Figura 18. Obra de Toma	107
Figura 19. Canal de Aducción y zonas de revegetación	108
Figura 20. Desarenadores y compuertas de descarga de rípios	108
Figura 21. Cámara de Carga y Vertedero de Seguridad	109
Figura 22. Tubería en Presión y Casa de Maquinas	109
Figura 23. Vista interior casa de máquinas	110
Figura 24. Zona de restitución	110
Figura 25. Subestación Guayacán	111

## RESUMEN

En la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental se utilizan habitualmente metodologías de identificación de impactos específicas según el tipo de proyecto. Actualmente, en Chile no existen metodologías específicas para el caso proyectos de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas en Cauces Naturales (PCH-CN), correspondientes a centrales de pasada con potencia instalada inferior a 20 MW y en forma gradual hasta los 40MW. Este tipo de centrales han aumentado su importancia en el país en los últimos años debido a sus ventajas como Energía Renovable No Convencional (ERNC) en el marco de diversificar y mejorar un mercado energético en explosiva expansión y con un alto aporte energético de combustibles fósiles.

En este contexto, el objetivo principal de este trabajo es proponer un aporte tanto al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental como a las empresas proyectistas, consistente en un instrumento de apoyo para la identificación de los impactos ambientales y la proposición de medidas de mitigación en la implementación de las PCH-C aportando a la aceleración, objetivación y transparencia del proceso.

Siendo las PCH-CN el objeto central del análisis, se realiza en primer lugar una descripción general de ellas destacando sus ventajas como ERNC. Luego se profundiza en torno a impactos ambientales y sus métodos de identificación, analizando también el sistema y la institucionalidad ambiental del país, en especial en lo relativo a las ventajas y debilidades de la Ley N° 20417 promulgada el año 2010. Finalmente se plantea una lista de verificación de impactos ambientales específica para PCH-CN, planteando también posibles medidas de mitigación.

El trabajo demuestra las ventajas de las listas de verificación frente a otros instrumentos como una metodología de identificación de impactos ambientales, fundamentándose en que su aplicación simple y ordenada contribuye a no omitir factores esenciales y a comparar diversas alternativas y medidas de mitigación eficientes. El análisis centrado sólo en la identificación cualitativa de los impactos ambientales, se aplica en este trabajo a la Central Hidroeléctrica Guayacán con el objetivo de demostrar su validez teórico-práctica.





# **Introducción**

Un estudio realizado por el Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile para la Comisión Nacional de Energía, sostiene que existe una creciente demanda energética en Chile que podría triplicarse entre el periodo 2007 a 2030 (PROGEA, 2008). Esto significa que la demanda media pasará de 6000 MW el año 2007 a casi 20000 MW el 2030, considerando el Sistema Interconectado Central (entre la III región de Atacama y la X Región de Los Lagos) y el Sistema Interconectado del Norte Grande (entre la XV Región de Arica y Parinacota, I Región de Tarapacá y la II Región de Antofagasta).

Según la matriz energética vigente al año 2009, más del 60% de la energía de nuestro país proviene de combustibles fósiles, siendo sólo un 4% el aporte de Energías Renovables No Convencionales ERNC (CNE, Diciembre del 2009).

El año 1994 se dicta en Chile la Ley 19300 sobre las Bases Generales del Medio Ambiente, la cual somete a los proyectos susceptibles a causar impactos a una evaluación de los mismos, a través del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Una vez aprobado dicho proceso las iniciativas pueden obtener las autorizaciones para ser concretados. La entrada en vigencia del SEIA ha generado un cambio en la manera en que se desarrollan los proyectos de infraestructura en el país, permitiendo prevenir o al menos mitigar los impactos que generan las inversiones públicas y privadas sobre el medio ambiente.

Bajo el mismo alero de protección ambiental y de desarrollo sustentable, la Ley N° 20257 promulgada el 2008 se crea con el fin de asegurar y, sobre todo, diversificar la matriz energética, dando especial énfasis a las Energías Renovables No Convencionales, entre las cuales se encuentran las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH), definidas como aquellas con potencias instaladas menores a 20MW.

Podemos encontrar tres tipos de PCH: i) las que se encuentran en sistemas de canales de riego; ii) a pie de presa en embalses de riego y iii) en cauces naturales. Nuestro trabajo se concentrará en el estudio de éstas últimas, debido a su mayor impacto ambiental relativo por ser proyectos totalmente nuevos.

A pesar del gran tiempo que lleva en operación el SEIA, no existen actualmente metodologías exclusivas para la identificación de estos efectos para el mencionado tipo de proyectos, lo que provoca que los procesos de calificación ambiental se alarguen muchas veces

por varios meses. Este trabajo busca dar solución a esta problemática en virtud del incremento del número de proyectos que se ha dado en los últimos años.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

- Proponer un instrumento de apoyo a la identificación de los impactos ambientales y sus correspondientes medidas de mitigación asociados a la implementación (construcción y operación) de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas en Cauces Naturales.

### **Objetivos específicos**

- Elaborar un esquema generalizado para este tipo de centrales hidroeléctricas.
- Realizar una compilación de las normativas que rigen a este tipo de proyectos.
- Efectuar un análisis crítico del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental en Chile.

El trabajo se divide principalmente en cinco etapas:

- i) Antecedentes sobre las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, de tal forma de obtener una descripción general sobre ellas. Se mencionan las principales obras que presentan este tipo de proyectos (Capítulo 1).
- ii) Recopilación y análisis de los antecedentes relativos a la Evaluación de Impacto Ambiental, de tal forma de obtener los criterios que permitan definir la metodología a proponer. Además, una explicación de la normativa vigente en Chile relativa a EIA, con un análisis en torno a sus deficiencias y fortalezas (Capítulo 2).

- iii) Propuesta metodológica para la identificación de impactos ambientales en el mencionado tipo de proyectos, utilizando para ello bibliografía especializada y estudios y declaraciones de impacto ambiental aprobados (Capítulo 3).
- iv) Estudio de caso correspondiente a la Central Guayacán (Capítulo 4).
- v) Conclusiones y Recomendaciones (Capítulo 5).

La figura 1 nos proporciona un esquema a modo de resumen del desarrollo de nuestro trabajo:

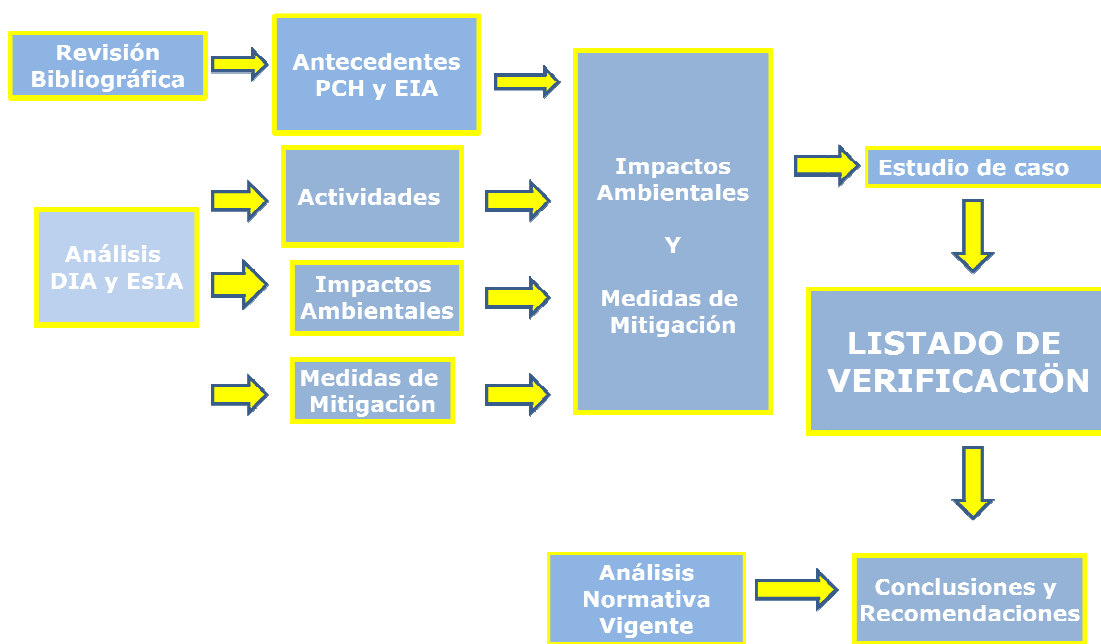


Figura 1: Diagrama de flujo de desarrollo del trabajo

## **Capítulo 1**

# **Pequeñas Centrales Hidroeléctricas en Cauces Naturales**

## Introducción

Este capítulo pretende dar una visión general de las pequeñas centrales hidroeléctricas y más particularmente de aquellas implementadas en cauces naturales (PCH-CN). Para fines de este trabajo se entiende como PCH-CN aquellas centrales con potencia de generación instalada inferior a 40MW, tratándose de centrales de tipo pasada. Esto permitirá tener una noción general de la necesidad y el estado del arte de este tipo de proyectos en Chile y de las principales obras físicas de los proyectos.

### 1.1 Matriz Energética en Chile

Se estima que la demanda media de energía pasará de 6000 MW el año 2007 a casi 20000 MW el 2030 considerando el Sistema Interconectado Central y el Sistema Interconectado del Norte Grande (PROGEA, 2008). El detalle de la proyección mencionada se puede observar en la figura 2, y demuestra cómo la demanda energética podría triplicarse entre el periodo mencionado.

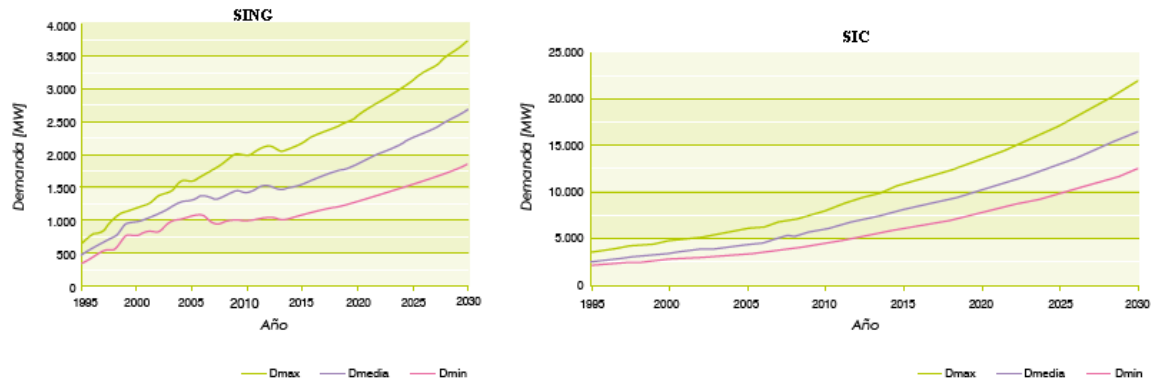


Figura 2. Proyección de la demanda energética en el SING y el SIC

Fuente: Progea, 2008

A nivel mundial, la creciente preocupación por las emisiones de residuos y el impacto ambiental que provocan los medios de generación convencional (tales como termoeléctricas y medianas y grandes hidroeléctricas), ha impulsado el uso creciente de Energías Renovables No Convencionales (ERNC).

En contraste con lo anteriormente dicho, y según la matriz energética vigente al año 2009, más del 60% de la energía de nuestro país proviene de combustibles fósiles, siendo sólo un 4% procedente del aporte de ERNC (CNE, Diciembre del 2009). Lo anterior se puede apreciar en la Figura 3.

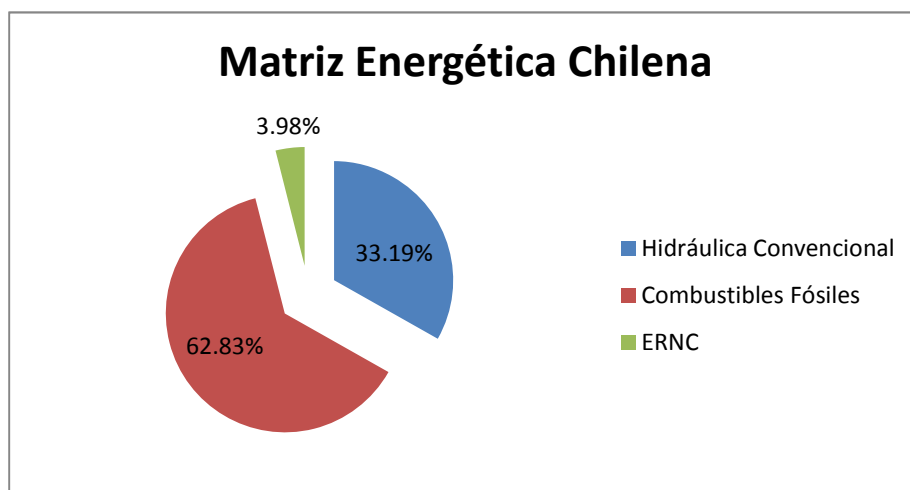


Figura 3. Matriz Energética en Chile

Fuente: Elaboración propia en base a datos de CNE a Diciembre del 2009

En los últimos años, las autoridades del sector energético han intentado subsanar las debilidades del marco legal al reducir las incertidumbres; crear incentivos a la inversión en ERNC y establecer beneficios y cuotas de participación para facilitar la introducción de las ERNC.

Los marcos regulatorios que se promovieron fueron las leyes N° 19.940 (2004), N°20.018 (2005) y N°20.257 (2008), las cuales aportaron los siguientes cambios y definiciones:



- Se consideran como ERNC de acuerdo a su fuente de energía primaria: biomasa, geotermia, solar, eólica, mareomotrices e hidráulicas menores a 20MW y gradual entre 20MW y 40MW.
- El porcentaje de generación con ERNC se propone en un 5% para el periodo 2010-2014, subiendo gradualmente desde el 2015 a una proporción de 0.5% anual hasta llegar a el 2024 al 10%, por un periodo de 25 años.
- Los medios de generación no convencionales cuya potencia instalada sea inferior a 20MW estarán exceptuados del pago de una porción de los peajes por el uso de los sistemas de transmisión troncal. En caso de que dicha potencia sea inferior a 9MW, la exención del pago será total.

Con la intrusión de estas leyes ha habido un aumento en el número de proyectos de generación no convencional, especialmente los referidos a parques eólicos y pequeñas hidroeléctricas. Debido a esto es necesario revisar el impacto ambiental asociado a estos proyectos, tanto de manera individual como en su impacto agregado. Este trabajo se enfoca específicamente en Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH).

## 1.2 Pequeñas centrales hidroeléctricas en Chile

El Anexo 1 (parte A) presenta una descripción general de las centrales hidroeléctricas relativa a su forma de operación y sus principales ventajas y desventajas.

La clasificación de las centrales hidroeléctricas según su tamaño es diferente en cada región y país del mundo. En Chile, la definición se da a partir de la normativa vigente y en forma particular de acuerdo a la ley N° 20257. Según esta legislación se consideran como ERNC las centrales de pasada con potencia instalada inferior a 20MW, y se considera para las centrales de hasta 40 MW el siguiente factor de proporcionalidad en función de su potencia instalada:

$$FP = 1 - \frac{PI - 20}{20}$$

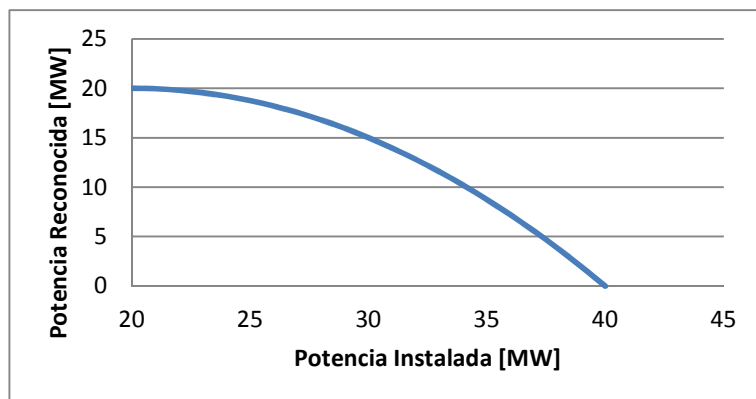


Figura 4. Potencia reconocida para acreditación

De esta forma quedan definidas las pequeñas centrales hidroeléctricas como aquellas de potencia instalada menor a 40 MW ya que son las que cuentan con los beneficios estipulados en la ley. Este tipo de centrales son consideradas soluciones competitivas en la generación de energía, pues poseen ventajas notables con respecto a otras ERNC:

- Poseen alto nivel de automatización y telemando.
- Permiten aprovechar el potencial energético de pequeños cursos de agua con una inversión relativamente baja y un costo de operación prácticamente nulo.
- Son una excelente alternativa para la electrificación de áreas rurales apartadas.

En Chile, las PCH se dividen en dos grandes grupos, entre los cuales están las asociadas a obras de riego y las emplazadas en cauces naturales.

Las PCH asociadas a obras de riego pueden ser *centrales de embalse* a pie de presa en embalses de riego o *centrales de pasada* en canales de regadío. Por su parte, las instaladas en cauces naturales (PCH-CN) corresponden a centrales de tipo pasada, captando el agua en un punto del cauce y restituyéndolo posteriormente a la generación.

En relación a los impactos ambientales generados, tema principal de este trabajo, son las últimas (PCH-CN) las que presentan un mayor desafío, ya que la totalidad de sus obras se incluyen dentro de la evaluación ambiental de los proyectos. En contraste, en las centrales de

embalse y de pasada el grueso de sus obras pertenece al sistema de regadío y por ende son evaluadas en forma separada.

En Chile se han aprobado en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) un total de 40 proyectos de generación hidroeléctrica inferiores a 40 MW en el periodo 2004-2011, aportando 424 MW de potencia a la matriz energética (ver detalle en Anexo 1, parte C).

El grupo más numeroso es el correspondiente a las pequeñas centrales hidroeléctricas en cauces naturales con 27 proyectos y el 67% de la potencia mencionada. Los proyectos se ubican entre la cuarta y la decimocuarta región del país; la Tabla 1 muestra el detalle de la distribución de las PCH-CN en Chile.

Tabla 1. Proyectos de PCH-CN por región

Región	Centrales
Cuarta	1
Quinta	0
RM	1
Sexta	1
Séptima	2
Octava	3
Novena	7
Décima	9
Decimocuarta	3
<b>Total</b>	<b>27</b>

De los proyectos mencionados se seleccionaron nueve (ver Tabla 2) para analizar los principales impactos provocados y las medidas de mitigación sugeridas para cada uno de ellos. Los criterios de selección de proyectos fueron:

- i) Calidad de información: Se privilegia los Estudios de Impacto Ambiental (EsIA) por sobre las Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA)
- ii) Ubicación: se escogió al menos un proyecto por región.
- iii) Potencia Instalada: de existir más de un proyecto en alguna región, se optó por el de mayor potencia instalada, debido al mayor impacto potencial a generar debido a la mayor envergadura de las obras.

Tabla 2. Proyectos Seleccionados para el análisis

Nombre del Proyecto	Potencia (MW)	Presentación	Región	Fecha calificación
Central Hidroeléctrica Balalita	11	DIA	Cuarta	9-jun-2007
Central Hidroeléctrica El Paso	26.84	EsIA	Sexta	24-dic-2008
Minicentral Hidroeléctrica Ojos de Agua	9	DIA	Séptima	1-feb-2006
Central Hidroeléctrica Laja	25	EsIA	Octava	21-sep-2006
Central Hidroeléctrica Río Picoiquén	19.2	DIA	Novena	28-ene-2011
Minicentral Hidroeléctrica Piruquina	7.6	EsIA	Décima	17-nov-2009
Mini CH de Pasada Palmar - Correntoso	13	EsIA	Décima	9-jul-2008
Proyecto Hidroeléctrico Licán	10	EsIA	Decimocuarta	29-dic-2004
Central Hidroeléctrica Guayacán	1	DIA	RM	17-mar-2009

Cabe notar que los proyectos “Central Hidroeléctrica El Paso” y “Central Hidroeléctrica Laja” son los proyectos de mayor envergadura de entre los 27 relativos a PCH-CN, por lo que son una buena referencia para el análisis de los impactos ambientales de estos proyectos.

### 1.3 Zonas de una PCH-CN

La Figura 5 muestra un esquema simplificado de un proyecto hidroeléctrico con captación y restitución en un cauce natural, donde se puede distinguir una captación de agua; una conducción del agua hacia la casa de máquinas (donde están la turbina y el generador eléctrico), y un consumo o punto de entrega de la energía a la red eléctrica.



Figura 5. Esquema general de una central de pasada

Fuente: [www.ecovive.com](http://www.ecovive.com), Modificado

En el Anexo 1 (Parte B) se detalla una descripción de cada una de las obras mencionadas. En base a estadísticas simple en los proyectos seleccionados (Anexo 1, parte C), se obtiene la siguiente definición de área para este tipo de proyectos:

Tabla 3. Matriz de Área de Proyectos PCH-CN

Código	Zona	Descripción
OT – 1	Obra de Toma y Aducción	Incluye la(s) bocatoma(s) con sus obras respectivas. Obras de conducción: túneles, canales y sifones
GE – 2	Carga y Generación	Incluye cámara de carga, tubería en presión y casa o caverna de máquinas
RE – 3	Restitución	Canal de restitución con dissipador de energía si existe
AT – 4	Transmisión	Subestación y líneas de transmisión
CN – 5	Cauce	Tramo Intervenido del río
OA – 6	Obras de Apoyo	Vías de acceso nuevas y existentes, además de obras de apoyo durante la construcción

Definir las zonas de la central permite realizar el listado de actividades en forma detallada y por ende el análisis de los impactos asociados a ellas de manera más ordenada y eficiente.

Cabe señalar que los proyectos “Central Hidroeléctrica El Paso” y “Central Hidroeléctrica Laja” presentan singularidades no presentes en los otros proyectos con el fin de aumentar y asegurar su capacidad de generación.

La Central El Paso presenta un sistema de bombeo para aumenta la cota del agua captada y presenta además un tanque de hormigón que entrega seguridad a la generación. Por su parte la Central Laja contempla la formación de un pequeño embalse en la zona de la captación con el fin de aumentar la cota y la seguridad de generación.

Si bien, estas dos obras podrían traer consigo cambiar su definición a centrales de embalse, en ninguno de los dos casos se declara regulación de caudales en el cauce debido al poco volumen de las obras respectivas (tanque y embalse) por lo que pueden seguir clasificándose como centrales de pasada.

## **Capítulo 2**

### **Evaluación de Impacto Ambiental**

## Introducción

Este capítulo tiene por objetivo presentar las principales definiciones relativas a Evaluación de Impacto Ambiental para definir la herramienta de identificación de impactos ambientales a desarrollar en el trabajo

## 2.1 Generalidades de EIA

### 2.1.1 Definición de Impacto Ambiental

La Ley N° 19.300 define un Impacto Ambiental (IA) como “*la alteración del medio ambiente provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada*”. Podemos ilustrar esta conceptualización con el siguiente esquema:

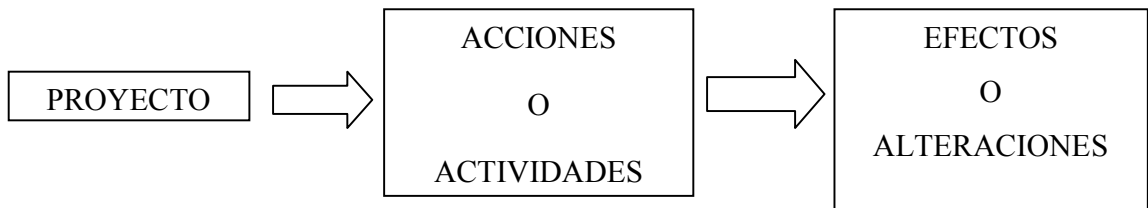


Figura 6. Diagrama de flujo de impactos ambientales

Es importante clarificar que no todos los efectos o alteraciones del medio ambiente se consideran impactos ambientales. Se califican como IA aquellos efectos que tienen las siguientes condiciones (Espinoza, 2001):

- i) Provocan una alteración **significativa** del medio: la determinación de la importancia o significancia de un impacto es relativa desde un ambiente a otro, por lo que no es fácil de determinar.
- ii) La alteración debe producirse **sobre el ambiente** y no sobre el proyecto ya que corresponden a externalidades del mismo. no en el proyecto.
- iii) Externalidades relacionadas a problemas técnicos no se consideran impactos ambientales.

- iv) El impacto no debe corresponder al objetivo del proyecto, sino a externalidades del mismo.

### **Características de los impactos ambientales**

El siguiente listado resume las características de un IA y como pueden calificarse cada una de ellas (Espinoza, 2001 y Gomez Orea, 1994):

- Carácter: Positivo o negativo
- Magnitud o Grado de Perturbación: Alta, Mediana o Baja
- Importancia o Significancia: Alta, Mediana o Baja
- Tipo: Directo o indirecto
- Tiempo de duración del efecto: Permanente, mediano o corto
- Momento en que se produce: Corto, mediano o largo plazo
- Riesgo o Probabilidad de ocurrencia: Muy probable, poco probable, etc.
- Extensión: Puntual, Local o Regional
- Reversibilidad: Irreversible, Parcial o Reversible

### **2.1.2 Evaluación de Impacto Ambiental**

La Ley N° 19300 define la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) como “*el procedimiento, a cargo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente o de la Comisión Regional respectiva, en su caso, que, en base a un Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, determina si el impacto ambiental de una actividad o proyecto se ajusta a las normas vigentes*”.

Sin embargo, para entender la real dimensión e importancia de la EIA, la definición normativa debe ser complementada desde una mirada más global. En este sentido, deseamos enunciarla en su esencia como un análisis sistemático e interdisciplinario de los impactos potenciales de un proyecto, con el propósito de asegurarse que tanto los recursos naturales como



el medio social y cultural sean considerados en los procesos de toma de decisión. De esta manera, se logra que las decisiones sean más informadas, lo cual transforma a la EIA en un proceso de advertencia temprana y análisis continuo que protege el medio ambiente contra daños injustificados o no anticipados.

### **2.1.3 Metodologías de identificación de IA**

Uno de los procesos de mayor importancia y dificultad en la EIA es la identificación y valorización de impactos ambientales. Para ello existen metodologías o herramientas con diferentes enfoques, desarrolladas para identificar, predecir y valorar los impactos ambientales provocados por un proyecto. Éstas permiten reconocer qué variables pueden ser afectadas de manera significativa, contribuyendo a una mejor protección de los recursos.

Los métodos de mayor relevancia que permiten identificar los impactos ambientales son: las reuniones de expertos, las listas de chequeo o verificación, los diagramas de flujo, la cartografía ambiental o superposición de mapas, las redes y las matrices causa-efecto (Espinoza, 2001). Estos métodos no son excluyentes entre sí, sino que cada uno presenta ciertas ventajas respecto a cada situación particular de análisis siendo muchas veces complementarios.

**a) Reuniones de expertos:** Consisten en consultas a un grupo de expertos familiarizados con un proyecto o con sus tópicos especializados, permitiendo identificar una amplia gama de impactos y establecer medidas de mitigación. Su ventaja radica en la falta de formalidad y la facilidad para adaptar la evaluación a las circunstancias específicas de una acción. Sin embargo, se requiere formar equipos particulares para cada tipo de proyecto, lo cual no siempre conlleva un panel representativo en los temas; se recomienda usarlo sólo cuando se trata de estudiar un impacto muy concreto y circunscrito.

**b) Listas de chequeo o verificación:** comprenden una lista de factores ambientales que son potencialmente afectados por una acción humana. Las listas de chequeo son exhaustivas y permiten identificar rápidamente los impactos. Son de gran utilidad para la etapa inicial de la EIA, asegurando que impactos relevantes no sean omitidos y contribuyendo a una fácil

comparación entre las distintas alternativas. Son algo rígidas, pues no permiten establecer un orden de relevancia de los impactos y localizarlos espacialmente.

c) **Diagramas de flujo:** establecen relaciones de causalidad entre la acción y los impactos primarios. Si bien son relativamente fáciles de construir para impactos simples, se complican rápidamente con proyectos de más actividades o número de variables afectadas. Como metodologías de EIA, los diagramas de flujo son estrictamente complementarios con otras metodologías.

d) **Cartografía ambiental o superposición de mapas:** en esta metodología, diversos mapas que establecen impactos singulares sobre una región son sobrepuestos para obtener una visión general de ellos. Los mapas permiten identificar e incluso cuantificar un valor relativo a cada impacto. Es muy útil cuando existen variaciones espaciales de los impactos, siendo particularmente útiles para evaluar alternativas en proyectos como carreteras o líneas de transmisión. Sin embargo su mayor limitación es que solamente considera impactos que están relacionados espacialmente, dejando elementos relevantes de la EIA de lado.

e) **Redes:** son diagramas de flujo ampliados a fin de incorporar impactos de largo plazo que contribuyen a visualizar un resumen global de éstos en un proyecto, con sus interacciones. No obstante, no permiten estimar la relevancia de un impacto en particular y cuando la red es muy densa se genera dificultad para interpretar la información.

f) **Matrices causa-efecto:** consisten en tablas de doble entrada, donde en la primera columna se consideran las variables ambientales y en la fila número uno las actividades o etapas del proyecto. En las intersecciones de las filas y columnas se identifican los impactos correspondientes. Su uso es simple y puede materializarse con una pequeña recolección de datos, pero requiere de conocimiento del área afectada y de la naturaleza del proyecto. Es de gran utilidad si se intenta identificar el origen de ciertos impactos, pero tienen limitaciones al realizar consideraciones espaciales.

## **2.1.4 Métodos de identificación de IA para proyectos específicos**

### **Matriz de Leopold**

La Matriz de Leopold es un tipo de matriz causa-efecto desarrollada en los años 70' para ser aplicada en proyectos de construcción. Considera 100 acciones que pueden causar impactos y 88 factores ambientales, lo cual entrega un total de 8800 celdas a rellenar. El gran número de variables hace que su utilización sea complicada, quedando muchas veces grandes espacios sin rellenar en la matriz. Otras limitaciones son que no se aplican a cada proyecto todas las acciones y que en determinados proyectos las interacciones no están señaladas en la matriz, perdiéndose la identificación de ciertos impactos.

Debido a estas complejidades, se ha disminuido la utilización de esta matriz, efectuándosele diversos ajustes para acercarla a cierto tipo de proyectos; por ejemplo, la Matriz de las grandes Presas confeccionada por la International Commission of Large Dams (ICOLD).

### **Método de Batelle**

El método de Batelle (1972) fue especialmente diseñado para evaluar impactos relacionados con recursos hídricos, sin embargo puede ser utilizado igualmente en otros tipos de proyectos. Corresponde a una lista de verificación con escalas de ponderación, en la cual las variables ambientales son ordenadas en 4 categorías, 17 componentes y 78 parámetros. La importancia relativa de cada variable es obtenida a través de un grupo de expertos y considerando la opinión de los actores involucrados.

La principal ventaja del método es que está sistematizado para la comparación de alternativas. Sin embargo, la lista de indicadores es limitada y arbitraria, sin tener en cuenta las relaciones entre componentes ambientales o las interacciones causa-efecto.

### **Lista de Verificación para EIA de la producción de Biodiesel en Chile**

Desarrollada por Fuenzalida (2008), la lista de verificación es generada a través del listado de actividades y sus consecuentes impactos. El resultado final consiste en una lista donde se consideran los impactos en las etapas de construcción y operación del proyecto, aplicados a las variables ambientales agua, aire, suelo, flora y fauna, ámbito socio-cultural y paisaje.

Es de fácil utilización y presenta los impactos más probables e importantes en la respectiva variable ambiental; a pesar de que no se presenta explícitamente la relación causa-efecto en la matriz ni se considera la distribución espacial de los impactos.

### **Metodología para Identificación de IA en Embalses de Riego**

Este trabajo, realizado por Barrios (2008), se basa en Estudios de Impacto Ambiental (EsIA) ya realizados y aprobados para proyectos de Embalses de Riego en Chile. Se trata de una matriz causa-efecto en la cual se presentan tres columnas principales: área, actividad e impacto. El trabajo plantea un listado de medidas de mitigación para los respectivos impactos.

Entre las ventajas del método están el considerar la localización espacial de los impactos a través de una subdivisión física del proyecto y mostrar explícitamente la relación actividad-impacto.

Entre sus debilidades se puede mencionar que existe una gran cantidad de información muchas veces redundante entre sí (alrededor de 25 páginas de tablas). Además, no está ordenada por variable ambiental, por lo que es más difícil interpretar y/o relacionar el impacto con su variable asociada.

## 2.2 Selección de la herramienta a desarrollar

El método elegido como herramienta de apoyo a la evaluación de impacto ambiental corresponde a una Lista de Verificación (o chequeo) específica para los proyectos de PCH-CN. Se hará una importante modificación a las listas de verificación tradicionales al considerar una Matriz de Área, de tal forma de localizar los impactos espacialmente.

La metodología se genera a través de las actividades, pero éstas no se mostrarán explícitamente en el resultado y se considerarán las etapas de construcción y operación del proyecto. Este método fue elegido por sobre otros métodos debido a que:

- Su aplicación es más simple y directa relativa a otros métodos, debido a su especificidad para los proyectos de PCH-CN.
- Permite agrupar los impactos ambientales de acuerdo a las variables que afectan, logrando identificar fácilmente las variables más afectadas.
- Permite comparar fácilmente diversas alternativas de proyectos gracias a su forma directa de aplicación.
- Asegura que ningún factor esencial sea omitido en el análisis debido a que presenta un conjunto de impactos ambientales que considera tanto bibliografía especializada como estudios de impacto ambiental aprobados en Chile.

La principal limitación de la metodología que escogida es que no permite una interpretación rápida de causalidad entre las probables interacciones y las distintas actividades e impactos. Además no permite una localización espacial de los proyectos. No obstante, para fines de un estudio de impacto ambiental se considera más importante las variables que son afectadas y como son afectadas por encima de las actividades que las producen.

Cabe destacar además que la metodología es eficaz y la forma de presentación es la más usada en los estudios seleccionados, ya que su implementación sirve de apoyo en los procesos de evaluación de impacto ambiental, considerando todas las etapas y requerimientos de este tipo de proyectos.

Esta metodología puede servir de base o de ayuda tanto para la elaboración de estudios de impacto ambiental por parte de los titulares de los proyectos y en la confección de guías metodológicas para el SEIA en este tipo de proyectos.

## **Capitulo 3**

### **Listado de verificación**

## **Introducción**

Este capítulo tiene como objetivo final proponer una lista de verificación para la identificación de impactos ambientales en Pequeñas Centrales Hidroeléctricas en Cauces Naturales (PCH-CN). Para esto es necesario determinar las actividades relevantes de los proyectos, de tal forma de identificar cuáles generan externalidades significativas. Luego se confeccionará la lista de verificación en dos etapas; una primera versión de acuerdo a bibliografía especializada e identificación de impactos en trabajos similares, ajustándola luego de acuerdo a las DIA y los EsIA seleccionados.

### **3.1 Metodología de trabajo**

La elaboración del listado de verificación de impactos ambientales consta de las siguientes etapas:

1. Identificación de actividades: Con objetivo de relacionar los impactos ambientales encontrados a las actividades típicas de este tipo de proyectos.
2. Listado de impactos ambientales según bibliografía especializada en impacto ambiental en proyectos de generación, en particular la guía elaborada por ENDESA (2002). Esta primera versión del listado se actualizará con las siguientes etapas de identificación de impactos.
3. Listada de impactos según listado de actividades, se analizará el listado de actividades en conjunto a los trabajos de Fuenzalida (2008) y Barrios (2008)
4. Revisión normativa vigente: se revisarán la ley 19300 y el reglamento del SEIA, obteniendo un nuevo listado de impactos no considerados previamente.
5. Ajuste de la lista de verificación a través de los proyectos seleccionados, lo cual permite por una parte validar la herramienta y, por otra, mejorar el listado (agregando o quitando impactos) a la realidad chilena.
6. Estudio de caso: se aplicará la herramienta a un caso real, lo cual permite verificar su validez teórico-práctica.



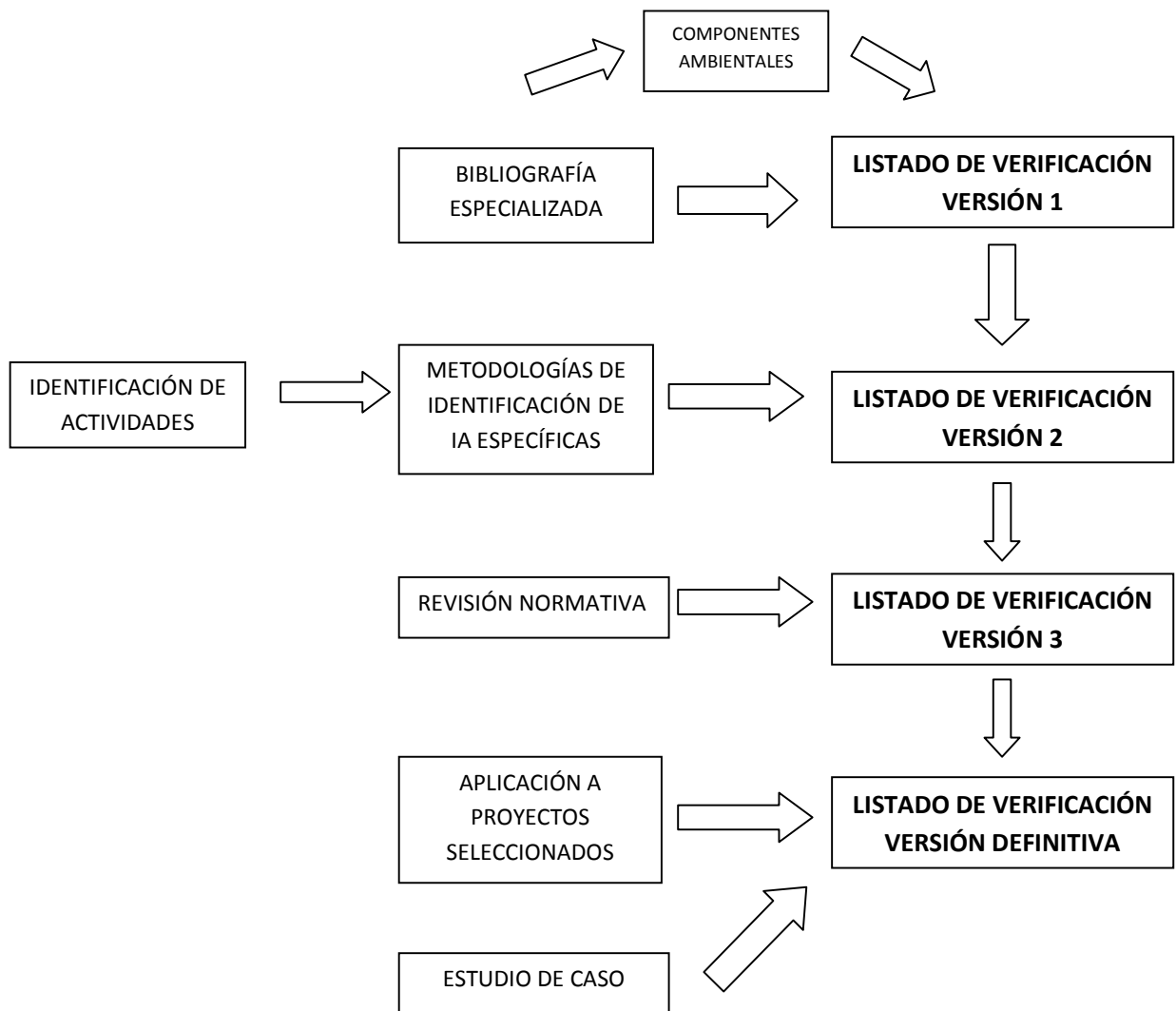


Figura 7. Metodología de elaboración del listado de verificación

## **3.2 Identificación de Actividades**

En esta sección se identifican las actividades involucradas en este tipo de proyectos, de tal forma de identificar los efectos y externalidades potenciales que pueden ser consideradas impactos ambientales.

Las actividades que involucra la implementación de PCH-CN se centran principalmente en la construcción de obras civiles durante la etapa de construcción del proyecto. Las actividades durante la etapa de operación, si bien son importantes porque involucran la generación, son poco numerosas y bastante automatizadas. Además, este tipo de proyectos no contempla en general etapa de abandono, sino que se cambian los equipos una vez finalizada su vida útil y se continúan utilizando las obras civiles.

El Anexo 3 (tablas 12 y 13) muestra el detalle de las actividades tanto en etapa de construcción como de operación, ordenadas según la definición de áreas determinada en el capítulo 1.

## **3.3 Componentes ambientales**

El listado de verificación se divide a través de las etapas del proyecto y el componente ambiental afectado por cada impacto. De acuerdo a lo observado en los proyectos seleccionados, estos componentes son:

- Medio Físico: Aire, Agua y Suelo
- Medio Biótico: Flora y Fauna terrestre y acuática
- Medio Humano: Dimensión socio-cultural, socioeconómica y demografía
- Áreas Protegidas: Patrimonios arqueológicos, históricos o naturales
- Paisaje y turismo
- Medio Construido

### 3.4 Listado de verificación de impactos ambientales

Las etapas de desarrollo del listado de verificación de impactos ambientales se pueden observar en el Anexo 3 (tablas 14 a 18), las tablas detallan el origen (bibliografía, listado de actividades, normativa o proyectos seleccionados) de cada uno de los impactos considerados.

A continuación se presenta la edición definitiva del listado de verificación; el apartado 4.4 presenta la descripción de cada uno de los impactos, así como de sus posibles medidas de mitigación.

Tabla 4. Listado de verificación definitivo para impactos ambientales en PCH-CN

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN		SI/NO	Observaciones
<b>Aire</b>			
01 - CON - AI01	Aumento Material Particulado		
02 - CON - AI02	Emisión de gases		
03 - CON - AI03	Aumento de nivel de ruido y vibraciones		
<b>Agua</b>			
04 - CON - AG01	Aumento de sólidos en suspensión		
05 - CON - AG02	Modificación de mecánica fluvial del río		
06 - CON - AG03	Riesgo de deterioro de la calidad del agua		
07 - CON - AG04	Intervención en red de drenaje y/o quebradas		
<b>Suelo</b>			
08 - CON - SU01	Pérdida de productividad biológica		
09 - CON - SU02	Cambio en el uso de suelo		
10 - CON - SU03	Erosión de suelos		
11 - CON - SU04	Pérdida de estabilidad mecánica		
12 - CON - SU05	Compactación de suelo		
13 - CON - SU06	Riesgo de contaminación		
<b>Flora</b>			
14 - CON - FL01	Remoción de cobertura vegetal		
15 - CON - FL02	Pérdida de flora nativa y/o con problemas de conservación		
16 - CON - FL03	Restricciones reproductivas		
<b>Fauna</b>			
17 - CON - FA01	Alteración de comunidades acuáticas		
18 - CON - FA02	Efecto barrera para la población íctica		
19 - CON - FA03	Alteración de comunidades de fauna terrestre		
20 - CON - FA04	Pérdidas de fauna nativa y/o con problemas de conservación		

<b>Tabla 4. Continuación</b>			
<b>Medio Humano</b>			
21 - CON - MH01	Alteración de costumbres en comunidades cercanas		
22 - CON - MH02	Incremento de habitantes en centros urbanos cercanos		
23 - CON - MH03	Aumento de posibilidades de empleo		
24 - CON - MH04	Incremento de la actividad económica		
25 - CON - MH05	Alteración de costumbres de comunidades étnicas		
26 - CON - MH06	Aumento flujo vehicular		
<b>Áreas Protegidas</b>			
27 - CON - AP01	Alteración de reservas naturales o parques nacionales		
28 - CON - AP02	Alteración de patrimonio arqueológico o histórico		
<b>Paisaje y Turismo</b>			
29 - CON - PT01	Alteración de valor paisajístico		
30 - CON - PT02	Alteración de actividad turística		
<b>Medio Construido</b>			
31 - CON - MC01	Deterioro vías de tránsito		
32 - CON - MC02	Mejoramiento y construcción de vías de tránsito		
<b>ETAPA DE OPERACIÓN</b>		SI/NO	Observaciones
<b>Aire</b>			
33 - OP - AI04	Aumento Nivel de Ruido		
<b>Agua</b>			
34 - OP - AG01	Modificación del régimen hidrológico y mecánica fluvial del río		
35 - OP - AG02	Riesgo de deterioro de la calidad del agua		
36 - OP - AG03	Alteración del nivel estático en acuíferos cercanos		
<b>Suelo</b>			
37 - OP - SU01	Pérdida de estabilidad mecánica		
<b>Flora</b>			
38 - OP - FL01	Remoción de cobertura vegetal		
<b>Fauna</b>			
39 - OP - FA01	Menoscabo en el hábitat de la fauna acuática		
40 - OP - FA02	Efecto barrera para la población íctica		
41 - OP - FA03	Pérdidas de fauna nativa y/o con problemas de conservación		
42 - OP - FA04	Alteración de comunidades de fauna terrestre		
43 - OP - FA05	Riesgo de choque para avifauna		
44 - OP - FA06	Posible efecto de campos electromagnéticos en la fauna		
<b>Medio Humano</b>			
45 - OP - MH01	Posible efecto de campos electromagnéticos en las personas		
46 - OP - MH02	Alteración de la disponibilidad del recurso hídrico		

<b>Tabla 4. Continuación</b>			
<b>Paisaje y Turismo</b>			
47 - OP - PT01	Alteración de valor paisajístico		
48 - OP - PT02	Alteración de actividad turística		
<b>Medio Construido</b>			
49 - OP - MC01	Riesgo de deterioro de obras civiles en el cauce		

### 3.5 Descripción de impactos y posibles medidas de mitigación

Esta sección da una breve descripción de cada uno de los impactos ambientales considerados, así como de las medidas de mitigación, compensación y/o restauración necesarias para controlarlo.

**Código /Impacto 01 - CON - AI01 / Aumento de Material Particulado**

Etapa	Construcción	Comp. Ambiental	Aire
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Alta
Significancia	Media	Reversibilidad	Reversible

Descripción: Asociado a actividades de movimiento de tierras y movimiento de maquinarias por zonas de tierra seca y poco compactada, así como al tránsito de camiones y vehículos menores por caminos de tierra.

Medidas de mitigación: Humedecer áreas intervenidas y sus áreas de acceso  
 Estabilizar y compactar la zona de tránsito de vehículos y maquinaria  
 Realizar la circulación de vehículos a baja velocidad  
 Realizar el transporte de materiales de construcción o escombros con la carga cubierta

**Código /Impacto 02 - CON - AI02 / Emisión de gases**

Etapa	Construcción	Comp. Ambiental	Aire
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Alta
Significancia	Media	Reversibilidad	Reversible

Descripción: Producto de la combustión de motores de maquinarias y vehículos en general, además de grupos generadores en zona de instalaciones generales.

Medidas de mitigación: Correcta mantención de vehículos y maquinarias  
 Ahorro energético para disminuir el tiempo de generación

Código /Impacto	<b>03 - CON - AI03 / Aumento de nivel de ruido y vibraciones</b>		
Etapas	Construcción	Comp. Ambiental	Aire
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Alta
Significancia	Media	Reversibilidad	Reversible
Descripción	Producidas por la maquinaria utilizada durante las obras de construcción: movimiento de tierras, retiro de escombros, producción de hormigón, explosivos en caso de excavación en roca, etc; además del tránsito de vehículos en vías cercanas. Afecta tanto a comunidades cercanas como la fauna presente en el lugar.		
Medidas de mitigación	Realizar trabajos en jornada diurna de tal forma de causar las menores molestias posibles a las comunidades cercanas Instalación de pantallas acústicas en frentes de trabajo en caso de ser necesario		
Código /Impacto	<b>04 - CON - AG01 / Aumento de sólidos en suspensión</b>		
Etapas	Construcción	Comp. Ambiental	Agua
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Alta
Significancia	Media	Reversibilidad	Reversible
Descripción	Los movimientos de tierras y la eliminación de vegetación dejan expuestas partículas de suelo al escurrimiento superficial. Éste llega a las corrientes naturales, incrementando los sólidos en suspensión, lo cual se agrava al existir riesgo de movimientos de tierra en los mismos cauces naturales. El aumento de los sólidos en suspensión deteriora la calidad del agua para usos específicos como agua potable o riego.		
Medidas de Mitigación	Minimizar movimientos de tierra Reponer vegetación en las áreas donde ha sido eliminada		
Código /Impacto	<b>05 - CON - AG02 / Modificación de mecánica fluvial del río</b>		
Etapas	Construcción	Comp. Ambiental	Agua
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Alta
Significancia	Alta	Reversibilidad	Irreversible
Descripción	La construcción de estructuras en el cauce del río para el desvío de aguas, tales como ataguías y bocatomas y el cambio en las condiciones sedimentológicas modifican las condiciones de escurrimiento del mismo. Lo anterior puede modificar el área y velocidad de flujo, cambiando los regímenes de escurrimiento.		
Medidas de Mitigación	Realizar las obras en el menor tiempo posible Mantener las condiciones del cauce dentro de las posibilidades del proyecto		

Código /Impacto	<b>06 - CON - AG03 / Riesgo de deterioro de la calidad del agua</b>		
Etapas	Construcción	Comp. Ambiental	Agua
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Baja
Significancia	Media	Reversibilidad	Reversible
Descripción	Existe riesgo de vertimientos de residuos y lavado de materiales al cauce, lo cual afecta la calidad físicoquímica del agua (sumado al aumento de sólidos en suspensión). Además, las obras anexas para alimentación y obras sanitarias tienen riesgo de alterar la calidad microbiológica del agua.		
Medidas de Mitigación	Evitar el desecho de residuos al lecho del cauce Utilizar un sistema de tratamiento de residuos domésticos que impida su descarga en el cauce		
Código /Impacto	<b>07 - CON - AG04 / Intervención de redes de drenaje</b>		
Etapas	Construcción	Comp. Ambiental	Agua
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Media
Significancia	Baja	Reversibilidad	Reversible
Descripción	La construcción de obras de conducción (canales, sifones y túneles) y caminos, junto a la colocación de tuberías, pueden intervenir las redes de drenaje tanto naturales como artificiales del sector.		
Medidas de Mitigación	Rehabilitación de obras de drenaje en caso de ser artificiales Habilitación de drenes en las obras en caso de drenaje natural		
Código /Impacto	<b>08 - CON - SU01 / Pérdida de productividad biológica</b>		
Etapas	Construcción	Comp. Ambiental	Suelo
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Media
Significancia	Baja	Reversibilidad	Reversible
Descripción	La eliminación de vegetación, erosión, compactación y el riesgo de contaminación de suelos provocan una pérdida de productividad biológica del mismo, mermando la capacidad de auto recuperación de la flora.		
Medidas de Mitigación	Descompactación de suelos mediante aradura o método similar Reincorporación de vegetación en el suelo luego de la descompactación Potenciar la recuperación mediante la incorporación de suelo orgánico		
Código /Impacto	<b>09 - CON - SU02 / Cambio en el uso de suelo</b>		
Etapas	Construcción	Comp. Ambiental	Suelo
Carácter	Indeterminado	Prob. de ocurrencia	Alta
Significancia	Media	Reversibilidad	Irreversible

Descripción La implementación de PCH-CN permite la utilización de suelos muchas veces sin un uso establecido, en cuyo caso se considera un impacto positivo. Sin embargo, en caso de tratarse de suelo de uso forestal, agrícola o ganadero perjudicando a algún miembro de la comunidad el cambio de su uso de considera negativo.

Medidas de Mitigación Compensar a quienes resulten afectados en caso de ser negativo, ya sean personas o suelo utilizado por flora y fauna.

**Código /Impacto 10 - CON - SU03 / Erosión de suelos**

Etapa Construcción Comp. Ambiental Suelo

Carácter Negativo Prob. de ocurrencia Alta

Significancia Alta Reversibilidad Reversible

Descripción La erosión de suelos se puede producir en zonas donde ha desaparecido la cubierta vegetal como consecuencia del movimiento de tierras y despeje de áreas para la construcción de casa de máquinas, colocación de tuberías, caminos de acceso, faja de servidumbre, etc. Esto conlleva, en casos extremos, a la pérdida de suelos.

Medidas de Mitigación Construcción de muros de contención y/o enmallamiento  
Reposición de vegetación de áreas afectadas  
En el área de la tubería, respetar la pendiente propia del terreno  
Relleno de cortes y excavaciones en terreno

**Código /Impacto 11 - CON - SU04 / Pérdida de estabilidad mecánica**

Etapa Construcción Comp. Ambiental Suelo

Carácter Negativo Prob. de ocurrencia Alta

Significancia Media Reversibilidad Reversible

Descripción Los movimientos de tierra como cortes y excavaciones, producen una pérdida de estabilidad en el suelo, particularmente en los taludes naturales de cerros y el cauce.

Medidas de Mitigación Construcción de muros de contención y/o enmallamiento  
Relleno de cortes y excavaciones en terreno  
En el área de la tubería, respetar la pendiente propia del terreno

**Código /Impacto 12 - CON - SU05 / Compactación de suelos**

Etapa Construcción Comp. Ambiental Suelo

Carácter Negativo Prob. de ocurrencia Alta

Significancia Baja Reversibilidad Reversible

Descripción La circulación de vehículos y maquinaria pesada en la zona de las obras produce la compactación de los suelos.



Medidas de Mitigación	Descompactación de suelo a través de aradura o método similar		
Código /Impacto	<b>13 - CON - SU06 / Riesgo de contaminación</b>		
Etapa	Construcción	Comp. Ambiental	Suelo
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Baja
Significancia	Media	Reversibilidad	Reversible
Descripción	Existe riesgo de contaminación del suelo debido al derrame de combustibles y/o lubricantes destinados a las maquinarias.		
Medidas de Mitigación	Impermeabilización de las áreas de trabajo y almacenamiento de combustibles Rodear el área de trabajo con un pretil para prevenir eventuales derrames		
Código /Impacto	<b>14 - CON - FL01 / Remoción de cobertura vegetal</b>		
Etapa	Construcción	Comp. Ambiental	Flora
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Alta
Significancia	Alta	Reversibilidad	Reversible
Descripción	Reducción de la cubierta vegetal debido a las obras civiles del proyecto, tales como canales, casa de máquinas, patio de alta tensión y tuberías, además de obras de construcción, entre las que se encuentran instalación de faenas, caminos de acceso y botaderos.		
Medidas de Mitigación	Utilizar áreas previamente perturbadas para la construcción de obras temporales Utilizar preferentemente aras de praderas para obras temporales y definitivas, tales como casa de máquinas, patios de alta tensión y subestación. Considerar utilización de senderos o huellas existentes Limitar remoción a flora de tipo herbácea o arbustiva con fácil capacidad de recuperación natural		
Código /Impacto	<b>15 - CON - FL02 /Pérdida de flora nativa y/o con problemas de conservación</b>		
Etapa	Construcción	Comp. Ambiental	Flora
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Media
Significancia	Alta	Reversibilidad	Reversible

Descripción Reducción de la cubierta vegetal debido a las obras civiles del proyecto, como canales, tuberías, casa de máquinas, patio de alta tensión, faja de servidumbre en líneas de alta tensión, etc. Se consideran además en este impacto las obras de construcción, entre las que están la instalación de faenas, caminos de acceso y botaderos.

Medidas de Mitigación Elaborar un plan de recuperación de la flora nativa endémica y/o con problemas de conservación que incluya labores de revegetación.

**Código /Impacto 16 - CON - FL03 /Restricciones reproductivas**

Etapa	Construcción	Comp. Ambiental	Flora
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Media
Significancia	Baja	Reversibilidad	Reversible

Descripción La capa vegetal es degradada como resultado de la movilización de maquinaria y equipos para el despeje de áreas y construcción de las instalaciones, impidiendo la reproducción y recuperación de la flora.

Medidas de Mitigación Revegetación de áreas afectadas  
Potenciar la recuperación mediante la incorporación de suelo orgánico

**Código /Impacto 17 - CON - FA01 /Alteración de comunidades acuáticas**

Etapa	Construcción	Comp. Ambiental	Fauna
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Alta
Significancia	Alta	Reversibilidad	Medianamente Reversible

Descripción La alteración de las comunidades acuáticas se produce por diversas razones: i) desvegetación en zonas ribereñas que limita el alimento de las comunidades; ii) extracción de áridos para la confección de hormigón; iii) aumento de sólidos en suspensión y iv) construcción de obras civiles en el cauce del río. Las tres últimas cambian las condiciones naturales del río, como profundidad, granulometría, sección, velocidad y turbidez.

Medidas de Mitigación Reducir las áreas completamente desvegetadas  
Realizar la extracción de áridos en yacimientos ya existentes, evitando hacerlo directamente desde el cauce  
Restauración de hábitats una vez finalizada la construcción

**Código /Impacto 18 - CON - FA02 /Efecto barrera para la población íctica**

Etapa	Construcción	Comp. Ambiental	Fauna
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Alta
Significancia	Media	Reversibilidad	Medianamente Reversible

Descripción El efecto barrera genera la fragmentación de las poblaciones aguas arriba y debajo de la obra de toma, evitando el flujo de individuos en ambos sentidos del río. Este efecto es más severo en sentido contrario a la corriente.

Medidas de Mitigación Realizar un estudio y establecer programas de traslado de especies afectadas

Código /Impacto **19 - CON - FA03 /Alteración de comunidades de fauna terrestre**

Etapa	Construcción	Comp. Ambiental	Fauna
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Alta
Significancia	Alta	Reversibilidad	Medianamente Reversible

Descripción La construcción de obras civiles y la implementación de obras de apoyo pueden producir pérdida de hábitats de especies terrestres. La construcción de canales puede dificultar la movilidad de determinadas especies.

Medidas de Mitigación Utilizar áreas previamente perturbadas para la construcción de obras temporales  
 En áreas de mayor sensibilidad, tener especial cuidado con ruidos molestos, especialmente en época de reproducción  
 Delimitar físicamente el área de máxima intervención, de tal forma de evitar impactos en lugares innecesarios  
 Revegetar una vez finalizadas las obras  
 Plan de rescate y relocalización de especies previo a la ejecución de obras  
 Construcción de atraviesos o abovedado de canales

Código /Impacto **20 - CON - FA04 / Pérdida de fauna nativa y/o con problemas de conservación**

Etapa	Construcción	Comp. Ambiental	Fauna
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Media
Significancia	Alta	Reversibilidad	Medianamente Reversible

Descripción La construcción de las obras civiles pone en riesgo el normal desarrollo y reproducción de la fauna endémica.

Medidas de Mitigación Plan de rescate y relocalización de especies previo a la ejecución de obras

Código /Impacto **21 - CON - MH01 / Alteración de costumbres de comunidades cercanas**

Etapa	Construcción	Comp. Ambiental	Medio Humano
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Alta
Significancia	Baja	Reversibilidad	Reversible

Descripción	La etapa de construcción del proyecto afecta al espacio territorial común, incluyendo las condiciones de conectividad, libre circulación y tiempos de desplazamiento de los miembros de la comunidad.		
Medidas de Mitigación	Desarrollo de actividades de información previas y durante las obras, buscando una retroalimentación entre la comunidad y los representantes del proyecto. Generar en el proyecto actividades que incluyan y favorezcan a la comunidad, como la contratación de mano de obra local		
Código /Impacto	<b>22 - CON - MH02 / Incremento de habitantes en centros urbanos cercanos</b>		
Etapa	Construcción	Comp. Ambiental	Medio Humano
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Alta
Significancia	Alta	Reversibilidad	Reversible
Descripción	El incremento del número de habitantes en la zona del proyecto implica una serie de demandas adicionales sobre los servicios básicos de vivienda, salud, agua potable, electricidad, transporte, etc. Al realizarse en zonas donde no existe gran desarrollo urbano, esta alza de demandas puede provocar serios trastornos tanto a los habitantes permanentes como a los trabajadores.		
Medidas de Mitigación	Desarrollo de actividades de información previas y durante las obras Camiones cisterna para abastecimiento de agua potable De ser posible, realizar pernoctación en centros urbanos cercanos Instalación de viviendas temporales Implementación de grupos electrógenos Constitución de enfermería propia del proyecto		
Código /Impacto	<b>23 - CON - MH03 / Aumento de posibilidades de empleo</b>		
Etapa	Construcción	Comp. Ambiental	Medio Humano
Carácter	Positivo	Prob. de ocurrencia	Alta
Significancia	Media	Reversibilidad	Reversible
Descripción	La construcción del proyecto demanda en forma temporal importantes contingentes de mano de obra calificada y no calificada.		
Medidas de Mitigación	No corresponde		
Código /Impacto	<b>24 - CON - MH04 / Incremento de actividad económica</b>		
Etapa	Construcción	Comp. Ambiental	Medio Humano
Carácter	Positivo	Prob. de ocurrencia	Alta
Significancia	Media	Reversibilidad	Reversible

Descripción	El flujo de gastos que genera la construcción del proyecto genera un efecto positivo en la economía local y regional.		
Medidas de Mitigación	No corresponde		
Código /Impacto	<b>25 - CON - MH05 / Alteración de costumbres de comunidades étnicas</b>		
Etapa	Construcción	Comp. Ambiental	Medio Humano
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Alta
Significancia	Alta	Reversibilidad	Reversible
Descripción	La alteración de las costumbres de comunidades aledañas presenta mayor relevancia al tratarse de comunidades indígenas, pudiendo afectar en actividades religiosas y rituales propias del grupo.		
Medidas de Mitigación	Desarrollo de actividades de información previas y durante las obras, originando una retroalimentación entre la comunidad y los representantes del proyecto. Evitar la construcción de obras civiles en áreas de importancia religiosa o de tradiciones de la comunidad		
Código /Impacto	<b>26 - CON - MH06 / Aumento de tránsito vehicular</b>		
Etapa	Construcción	Comp. Ambiental	Medio Humano
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Alta
Significancia	Baja	Reversibilidad	Reversible
Descripción	El traslado de personas y el transporte de materias primas y escombros producen un aumento en el número de vehículos en el sector, aumentando los tiempos de viaje y el riesgo de accidentes.		
Medidas de Mitigación	Evitar el tránsito de maquinaria pesada en las vías utilizadas por la comunidad y el proyecto en horarios de alta demanda. Reposición y colocación de señaléticas en caminos.		
Código /Impacto	<b>27 - CON - AP01 / Alteración de reservas naturales o parques nacionales</b>		
Etapa	Construcción	Comp. Ambiental	Áreas Protegidas
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Media
Significancia	Alta	Reversibilidad	Medianamente Reversible
Descripción	Tanto reservas naturales como parques nacionales tienen muchas veces un gran potencial hidroeléctrico, lo que provoca que sean afectados por este tipo de proyectos.		
Medidas de Mitigación	Minimizar el área afectada Realizar planes de relocalización y protección de especies de flora y fauna		

Código /Impacto	<b>28 - CON - AP02 / Alteración de patrimonio arqueológico o histórico</b>		
Etapas	Construcción	Comp. Ambiental	Áreas Protegidas
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Media
Significancia	Alta	Reversibilidad	Irreversible
Descripción	El movimiento de tierras puede acarrear el desentierro de patrimonio arqueológico o histórico conocido o desconocido.		
Medidas de Mitigación	<p>Acompañar las excavaciones por arqueólogos que inspeccionen las faenas en sitios no reconocidos como arqueológicos.</p> <p>Realizar un programa de rescate del patrimonio arqueológico dirigido por especialistas, con el fin de recuperar una muestra representativa del sitio.</p> <p>Realizar cierres perimetrales en áreas reconocidas como sitios arqueológicos.</p>		
Código /Impacto	<b>29 - CON - PT01 / Alteración del valor paisajístico</b>		
Etapas	Construcción	Comp. Ambiental	Paisaje y Turismo
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Alta
Significancia	Alta	Reversibilidad	Medianamente Reversible
Descripción	Las obras de construcción de centrales y líneas de alta tensión tienen como consecuencia la modificación del paisaje, el que podría ser afectado por la eliminación de vegetación, movimiento de tierras, instalaciones temporales, construcción de caminos, presencia de estructuras, etc. Estas obras pueden romper la armonía del paisaje pre-existente en sus formas, texturas y colores, presentando obras que son discordantes con el mismo y provocando una pérdida de límites y continuidad.		
Medidas de Mitigación	<p>Evitar la construcción de un edificio tipo industrial por su alto impacto visual.</p> <p>Desarrollar un proyecto de paisajismo en los alrededores de la central.</p> <p>Enterrar tuberías, de tal forma de no crear obstáculos ni impacto visual.</p> <p>Utilizar caminos o huellas existentes, evitando la construcción de nuevas vías.</p> <p>Revestir tuberías y casa de máquinas con vegetación.</p> <p>Recuperar los terrenos utilizados para instalación de faenas y acopio de materiales.</p>		
Código /Impacto	<b>30 - CON - PT02 / Alteración de actividad turística</b>		
Etapas	Construcción	Comp. Ambiental	Paisaje y Turismo
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Alta
Significancia	Media	Reversibilidad	Reversible

Descripción	Las actividades pueden afectar a diversas actividades turísticas, tales como trekking, pesca, deportes acuáticos o simple admiración del paisaje.		
Medidas de Mitigación	No realizar obras en la época de mayor afluencia de público Restaurar senderos existentes o mejorar su nivel de diseño Generar proyectos turísticos que incluyan y favorezcan a la comunidad		
Código /Impacto	<b>31 - CON - MC01 / Riesgo de deterioro de vías de tránsito</b>		
Etapas	Construcción	Comp. Ambiental	Medio Construido
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Alta
Significancia	Media	Reversibilidad	Reversible
Descripción	El aumento de flujo de vehículos y maquinaria pesada destinada a las obras, puede causar el deterioro de caminos de zonas aisladas que muchas veces están poco preparadas para este tránsito. Cabe notar que este impacto puede convertirse en un problema técnico ya que es solucionable a relativamente bajo costo.		
Medidas de Mitigación	Limitar al máximo posible los viajes Acondicionamiento previo de caminos en caso de ser necesario Reparación de vías una vez finalizadas las obras		
Código /Impacto	<b>32 - CON - MC01 / Mejoramiento y construcción de nuevas vías de acceso</b>		
Etapas	Construcción	Comp. Ambiental	Medio Construido
Carácter	Positivo	Prob. de ocurrencia	Media
Significancia	Alta	Reversibilidad	No corresponde
Descripción	La construcción de proyectos en sitios apartados trae consigo el mejoramiento o la implementación de vías de acceso a las obras, integrando sectores aislados al sistema y provocando un alza en el valor de las propiedades.		
Medidas de Mitigación	No corresponde		
Código /Impacto	<b>33 - OP - AI01 / Aumento de nivel de ruido</b>		
Etapas	Operación	Comp. Ambiental	Aire
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Media
Significancia	Baja	Reversibilidad	Reversible
Descripción	Ruido generado por grupos generadores en casa de máquinas pueden afectar el normal desarrollo de fauna y poblaciones.		
Medidas de mitigación	Instalación de pantallas acústicas en casa de máquinas		

Código /Impacto **34 - OP - AG01 / Modificación del régimen hidrológico y mecánica fluvial del río**

Etapa	Operación	Comp. Ambiental	Agua
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Alta
Significancia	Alta	Reversibilidad	Irreversible

Descripción En función de la forma de generación, la sección entre la bocatoma y la restitución presenta una disminución importante de caudal. La acumulación del recurso hídrico en la cámara de carga, tuberías y canales produce un efecto de regulación de caudal. Aguas arriba de la obra de toma se produce una disminución de la velocidad del río, mientras agua abajo se producen “golpes de agua” debido a la restitución del caudal captado. Además en la bocatoma se produce la captación de gran parte de los sedimentos del río.

Medidas de mitigación Mantención de un caudal mínimo o ecológico  
Reincorporación de sedimentos al cauce

Código /Impacto **35 - OP - AG02 / Riesgo de deterioro de la calidad del agua**

Etapa	Operación	Comp. Ambiental	Agua
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Alta
Significancia	Media	Reversibilidad	Reversible

Descripción La captación provoca una disminución del potencial de dilución del cuerpo de agua.

Medidas de mitigación Mantención de un caudal mínimo o ecológico

Código /Impacto **36 - OP - AG03 / Alteración del nivel estático en acuíferos cercanos**

Etapa	Operación	Comp. Ambiental	Agua
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Alta
Significancia	Baja	Reversibilidad	Irreversible

Descripción El manejo de caudales en la obra de toma puede afectar el flujo de aguas subterráneas hacia acuíferos alimentados por el río.

Medidas de mitigación Mantención de un caudal mínimo

Código /Impacto **37 - OP - SU01 / Pérdida de estabilidad mecánica**

Etapa	Operación	Comp. Ambiental	Suelo
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Alta
Significancia	Media	Reversibilidad	Reversible



Descripción La modificación permanente del régimen hidrológico del río puede provocar problemas de estabilidad en los taludes del cauce.

Medidas de Mitigación Construcción de muros de contención y/o enmallamiento

**Código /Impacto 38 - OP - FL01 / Remoción de cobertura vegetal**

Etapa	Operación	Comp. Ambiental	Flora
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Media
Significancia	Baja	Reversibilidad	Reversible

Descripción La mantención de patios de media tensión, subestaciones y fajas de servidumbre en las líneas de alta tensión requiere la remoción constante de vegetación.

Medidas de Mitigación Traslado de especies a lugares no afectados  
Uso de flora herbácea o arbustiva pequeña para revegetación de estas zonas

**Código /Impacto 39 - OP - FA01 / Menoscabo en el hábitat de la fauna acuática**

Etapa	Operación	Comp. Ambiental	Fauna
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Alta
Significancia	Alta	Reversibilidad	Medianamente Reversible

Descripción La disminución de caudales debido a la captación produce un muy significativo impacto sobre la fauna acuática, debido a la reducción del recurso hídrico disponible. El cambio en el régimen sedimentológico del río transforma además su mecánica fluvial, alterando las comunidades acuáticas, afectadas también por los “golpes de agua” producidos en la zona de restitución.

Medidas de Mitigación Mantención de un caudal mínimo  
Reincorporación de sedimentos aguas abajo del punto de restitución

**Código /Impacto 40 - OP - FA02 / Efecto barrera para la población íctica**

Etapa	Operación	Comp. Ambiental	Fauna
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Alta
Significancia	Media	Reversibilidad	Medianamente Reversible

Descripción El efecto barrera genera la fragmentación de las poblaciones aguas arriba y debajo de la obra de toma, evitando el flujo de individuos en ambos sentidos del río. Este impacto es más severo en sentido contrario a la corriente.

Medidas de Mitigación Realizar un estudio y establecer programas de traslado de especies afectadas

Código /Impacto	<b>41 - OP - FA03 / Pérdida de fauna nativa y/o con problemas de conservación</b>		
Etapas	Operación	Comp. Ambiental	Fauna
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Baja
Significancia	Alta	Reversibilidad	Medianamente Reversible
Descripción	La alteración de comunidades animales, tanto acuáticas como terrestres, pone en riesgo su normal desarrollo y reproducción, siendo especialmente afectadas las especies con problemas de conservación.		
Medidas de Mitigación	Plan de rescate y relocalización de especies altamente afectadas		
Código /Impacto	<b>42 - OP - FA04 / Alteración de comunidades de fauna terrestre</b>		
Etapas	Operación	Comp. Ambiental	Fauna
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Media
Significancia	Media	Reversibilidad	Reversible
Descripción	La generación de ruidos y la integración de elementos extraños al paisaje pueden provocar una alteración significativa a las costumbres de la fauna. Entre los impactos más relevantes están el riesgo de ahogo y la pérdida de conectividad en canales.		
Medidas de Mitigación	Implementar obras de arte que permitan el cruce de canales y mejora de la conectividad Revegetación y recuperación de hábitats para especies afectadas		
Código /Impacto	<b>43 - OP - FA05 / Riesgo de choque para avifauna</b>		
Etapas	Operación	Comp. Ambiental	Fauna
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Media
Significancia	Media	Reversibilidad	Irreversible
Descripción	Las torres de alta tensión y las líneas de transmisión presentan un riesgo de choque para las aves de la zona.		
Medidas de Mitigación	Implementación de medidas espantapájaros en torres y cableado		
Código /Impacto	<b>44- OP - FA06 / Posible efecto de campos electromagnéticos en la fauna</b>		
Etapas	Operación	Comp. Ambiental	Fauna
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Baja
Significancia	Media	Reversibilidad	Irreversible

Descripción Existen estudios, no concluyentes aún, que asocian los campos electromagnéticos generados por las líneas de alta tensión con serias enfermedades, tales como cáncer.

Medidas de Mitigación No corresponde

Código /Impacto **45 - OP - MH01 / Posible efecto de campos electromagnéticos en las personas**

Etapa	Operación	Comp. Ambiental	Medio Humano
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Baja
Significancia	Media	Reversibilidad	Irreversible

Descripción Existen estudios, no concluyentes aún, que asocian los campos electromagnéticos generados por las líneas de alta tensión con serias enfermedades, tales como cáncer.

Medidas de Mitigación No corresponde

Código /Impacto **46 - OP - MH02 / Alteración de la disponibilidad del recurso hídrico**

Etapa	Operación	Comp. Ambiental	Paisaje y Turismo
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Media
Significancia	Media	Reversibilidad	Irreversible

Descripción El proceso de generación tiene una pequeña capacidad de regulación gracias al llenado de obras de construcción y cámara de carga durante etapas de no generación, con el fin de aprovechar al máximo sus posteriores etapas. Esta capacidad de regulación, si bien es solo horaria, puede dificultar la utilización del recurso para consumo o regadío aguas abajo del punto de restitución.

Medidas de Mitigación Monitoreo y reparación constante de zonas afectadas

Código /Impacto **47 - OP - PT01 / Alteración del valor paisajístico**

Etapa	Operación	Comp. Ambiental	Paisaje y Turismo
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Alta
Significancia	Alta	Reversibilidad	Medianamente Reversible

Descripción La integración de elementos ajenos al paisaje provocan un impacto visual significativo y permanente en el mismo.

Medidas de Mitigación Monitoreo y reparación constante de zonas afectadas

Código /Impacto	<b>48 - OP - PT02 / Alteración de actividad turística</b>		
Etapas	Operación	Comp. Ambiental	Paisaje y Turismo
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Media
Significancia	Media	Reversibilidad	Reversible
Descripción	Las obras permanentes y el proceso de generación pueden afectar a diversas actividades turísticas, tales como trekking, pesca, deportes acuáticos o la simple admiración del paisaje.		
Medidas de Mitigación	Generación de proyectos que favorezcan el turismo en la zona		

Código /Impacto	<b>49 - OP - MC01 / Riesgo de deterioro de obras civiles en el cauce</b>		
Etapas	Operación	Comp. Ambiental	Medio Construido
Carácter	Negativo	Prob. de ocurrencia	Baja
Significancia	Media	Reversibilidad	Reversible
Descripción	La captación de caudales y su posterior restitución, así como la captación de gasto sólido y su restitución, pueden provocar cambios en el régimen del río. Esto lleva al incremento de la capacidad erosiva y de socavación del flujo, pudiendo afectar a obras civiles presentes en el cauce, entre las que están puentes u otras.		
Medidas de Mitigación	Reincorporación de sedimentos extraídos al cauce Seguimiento de las condiciones del cauce		

### 3.6 Forma de uso del listado de verificación

La forma de aplicación de la lista a los proyectos es bastante simple y directa, indicando con una “X” que el impacto se produce en el proyecto y zona indicada, agregando una nota explicativa de las causas que lo producen en las observaciones.

En caso de existir dudas en relación a algún impacto en particular y/o las causas que lo producen se puede consultar el apartado anterior para mayor información. De la misma forma, se proponen medidas de mitigación para la etapa siguiente de la evaluación.

Si bien los impactos no presentes pueden eliminarse de la lista, se recomienda presentarlos a fin de facilitar comparación de alternativas en los proyectos. Este proceso permite identificar todas las posibles consecuencias ligadas a la acción propuesta, asegurando en una

primera etapa de la evaluación de impacto ambiental que ninguna alteración relevante sea omitida. A continuación se muestra un ejemplo de ejecución del listado de verificación.

Tabla 5. Ejemplo de Aplicación Listado de Verificación

ETAPA DE OPERACIÓN		SI/NO	Observaciones
<b>Agua</b>			
33 - OP - AG01	Modificación del régimen hidrológico y mecánica fluvial del río	<b>SI</b>	Captación de caudales en bocatoma para generación
34 - OP - AG02	Riesgo de deterioro de calidad del agua	<b>SI</b>	Debido a captación de caudales y gasto sólido en la obra de captación
35 - OP - AG03	Alteración del nivel en acuíferos cercanos	<b>NO</b>	
<b>Suelo</b>			
36 - OP - SU01	Pérdida de estabilidad mecánica	<b>SI</b>	Pérdida de estabilidad en los taludes, debido a la variación en los niveles del agua
<b>Flora</b>			
37 - OP - FL01	Remoción de cobertura vegetal	<b>SI</b>	Mantenimiento de faja de servidumbres en líneas de alta tensión

### 3.7 Aspectos relevantes de antecedentes encontrados

#### 3.7.1 Etapas en que se producen los impactos

Los impactos generados por las PCH-CN se concentran, en términos de cantidad, durante su etapa de construcción la cual tiene una duración en la mayoría de los casos de aproximadamente dos años (ver Anexo 3, parte C), causando un impacto en el área de influencia del proyecto, y por un largo periodo de tiempo. Cabe mencionar, además, que algunas de las consecuencias provocadas por la etapa de construcción del proyecto tienen su persistencia mas allá de la etapa misma (particularmente aquellas que afectan flora, fauna y suelo), consiguiendo que las medidas de mitigación hagan efecto semanas o hasta meses después de finalizada la construcción de la central.

Por su parte, la etapa de operación del proyecto presenta pocos pero altos impactos ambientales, en particular aquellos relacionados al manejo de caudales para generación. Este manejo afecta de gran forma las condiciones hidrológicas, sedimentológicas y mecánicas del río, afectando fuertemente a la flora y fauna que habita en el cauce. Como medida de mitigación se propone la mantención de un caudal mínimo o “caudal ecológico” que permita establecer condiciones mínimas para la conservación y viabilidad de la biota acuática.

### 3.7.2 Caudal Ecológico

De acuerdo a la Dirección General de Aguas (DGA) el caudal ecológico se define como “caudal mínimo que debieran tener los ríos para mantener los ecosistemas presentes, preservando la calidad ecológica”. Existen, principalmente, dos modelos para definir este caudal, el hidrológico y el ecohidráulico. El primero considera un determinado porcentaje del caudal natural del río, y el segundo contempla los requerimientos reales por parte de los usuarios (flora y fauna acuática, vida humana y sus necesidades ambientales, etc.).

En relación a métodos de criterio hidrológico, la DGA indica los siguientes:

$Q_{\text{ecológico}} = 10\%$  del caudal medio anual

$Q_{\text{ecológico}} = 50\%$  del caudal mínimo del estiaje del año 95 %

$Q_{\text{ecológico}} =$  caudal que es excedido al menos 330 días al año

$Q_{\text{ecológico}} =$  caudal que es excedido al menos 347 días al año

En relación a los criterios que lo definen según los requerimientos reales por parte de los usuarios, la DGA no tiene una recomendación general. Cabe hacer notar que el organismo se encuentra elaborando actualmente un reglamento para el cálculo de caudales ecológicos.

Los métodos más utilizados para el cálculo del valor del caudal ecológico son los dos primeros mencionados siendo ajustado en los sucesivos procesos del SEIA. Sin embargo se debe tener en cuenta que:

- i) El cálculo y el valor del caudal ecológico puede aumentar de manera significativa durante el proceso de EIA, lo que puede llegar a poner en riesgo la rentabilidad económica de la central y la implementación de nuevas variables técnicas (por no estar trabajando en el óptimo).

- ii) Internacionalmente existe la tendencia a utilizar más frecuentemente métodos ecohidráulicos, los que realizan pruebas y ensayos para cada cauce en particular. Los más utilizados son: IFIM (Instream Flow Incremental Methodology), y PHABSIM (Physical Habitat Simulation System) desarrollados por el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de EEUU.

Cabe notar además que no existen exigencias en torno a la longitud de cauce que puede afectarse, lo cual puede ser muy relevante a la hora de la instalación de centrales hidroeléctricas en serie. Por otra parte, el caudal ecológico se preocupa solo de las condiciones del tramo entre la obra de toma y la restitución no corrigiendo los efectos aguas arriba ni especialmente los golpes de agua producidos aguas abajo de la restitución.

Se recomienda el uso de métodos que consideren los requerimientos del ecosistema y la sociedad localizada en el área de influencia del proyecto, de tal forma de llegar a valores de caudales ecológicos más representativos de las necesidades del ambiente. Cabe notar que la mantención de un caudal ecológico es una variante relevante en la rentabilidad económica del proyecto, ya que a mayor caudal ecológico es menor la eventual potencia instalada.

### **3.7.3 Regulación de caudal y efectos acumulativos**

Si bien las declaraciones y los estudios de impacto ambiental explicitan que no existe regulación de caudal en el proceso de generación, este hecho no es del todo cierto, ya que existe una regulación menor de escala horaria al mantener tuberías, cámara de carga, desarenadores y canales en su máxima capacidad, con el propósito de aprovechar al máximo las tarifas puntas de generación. Esto provoca una merma en la disponibilidad del agua en relación a los caudales reales del río, afectando no sólo a la fauna del lugar sino también la disponibilidad del recurso para consumo o regadío aguas abajo de la central.

Otro punto relevante a considerar es el impacto acumulativo que tienen estas centrales sobre el ambiente. Aunque son consideradas ERNC por tener “bajos impactos ambientales”, la suma final de todos estos efectos puede ser realmente significativa. En Chile existen actualmente

27 proyectos de PCH-CN aprobados, los cuales se concentran mayormente en las novena y décima regiones (ver tabla I). Dadas las ventajas que presentan las PCH este número irá en aumento y dado los recursos naturales del país seguirán concentrándose en la misma zona.

En este sentido, toma gran importancia la implementación de evaluación ambiental estratégica (EAE) en Chile, particularmente en el ámbito de la planificación territorial, de tal forma de lograr una evaluación ambiental integradora y coordinada para los proyectos. Lo anterior implica no verlos como proyectos aislados con “impactos bajos”, sino como parte de un conjunto de proyectos, lo que acarrea potenciales altos impactos, no solo de generación sino de cualquier otra categoría que requiera de evaluación ambiental.

La Ley 20417 integra el concepto de EAE como instrumento de gestión, incorporando la variable ambiental en los procesos de decisiones estratégicas del sector público. Su administración está en manos de la División de Estudios del Ministerio del Medio Ambiente, cuya misión es liderar y apoyar la introducción de la EAE como herramienta pública y ambiental en las distintas reparticiones del estado. Paralelamente, el Gobierno de Chile y la Unión Europea desarrollan el proyecto “Apoyo a la Evaluación Ambiental Estratégica en Chile” con el objeto de guiar los primeros pasos de este proceso de integración de la dimensión ambiental en políticas y planes públicos.

### **3.7.4 Medidas de mitigación**

Actualmente no existen en Chile catastros suficientes para realizar una comparación con los datos presentados en la línea de base de los estudios o declaraciones lo cual no permite tener una visión objetiva de los impactos y por ende de las medidas de mitigación propuestas. Es por ello que cobra importancia el desarrollo de bases de datos que contengan la información relativa a especies de flora y fauna, sedimentología de los cauces, hidrología de cauces menores como quebradas y otros aspectos en las distintas áreas sensibles del país. Esto contribuiría a que los datos y cifras planteadas por los titulares de los proyectos sean comparables y se pueda efectuar un seguimiento a los impactos mencionados.



Las medidas de mitigación, compensación y/o restauración planteadas resuelven o aminoran el impacto generalmente en forma efectiva. Sin embargo, se debe tener precaución por diversas razones a la hora de implementarlas:

- Reacción del ambiente biótico: como ejemplo, existen diversos casos de fauna capturada y trasladada que no es capaz de completar su ciclo de vida una vez evacuada a otras zonas. En tal caso, es claro que la medida de mitigación no sólo es poco efectiva, sino causa un perjuicio todavía mayor al esperado.
- Reacción del medio físico: es necesario verificar, por ejemplo, si la capacidad de arrastre del río en el tramo entre la bocatoma y la restitución es suficiente para elevar el gasto sólido reincorporado desde los desarenadores.
- Reacción de las comunidades: este es un punto muy sensible, ya que puede provocar el paro de obras una vez comenzadas. La participación de la comunidad en la elaboración de medidas de mitigación del proyecto es de vital importancia para evitar conflictos futuros.

Finalmente, es necesaria la correcta implementación de planes de seguimiento y monitoreo durante la etapa de operación del proyecto, con el propósito de mantener las condiciones ambientales estipuladas en el estudio o declaración realizada y ver la real efectividad de las medidas planteadas. Este plan debe contener al menos la definición de las variables ambientales a medir; el método de cálculo o medición; el análisis de resultados y un plan de acción según los resultados obtenidos.

## **Capitulo 4**

### **Estudio De Caso**

## Introducción

El estudio de caso para la aplicación y verificación del listado de verificación de impactos ambientales se realizará para la Central Guayacán, ubicada en la región Metropolitana y en Operación desde Septiembre del 2010.

### 4.1 Antecedentes de la Central

La Tabla 6 contiene los antecedentes generales de la Central Guayacán.

Tabla 6. Antecedentes Generales Central Guayacán

Nombre del Proyecto	Central Hidroeléctrica Guayacán
Titular del Proyecto	Energía Coyanco S.A.
Ingreso al SEIA	Centrales Mayores a 3MW
Modo de Ingreso	Declaración de Impacto Ambiental
Potencia Instalada	12 MW
Localización	San José de Maipo, Región Metropolitana
Monto de la Inversión	US\$ 17.380.000
Fecha Presentación	25/02/2008
Fecha Calificación	09/03/2009
Inicio Construcción	Marzo 2009
Inicio Operación	24/09/2010

Las Figuras 8 y 9 muestran la localización del proyecto



Figura 8. Ubicación general Central Guayacán

Fuente: Google Maps

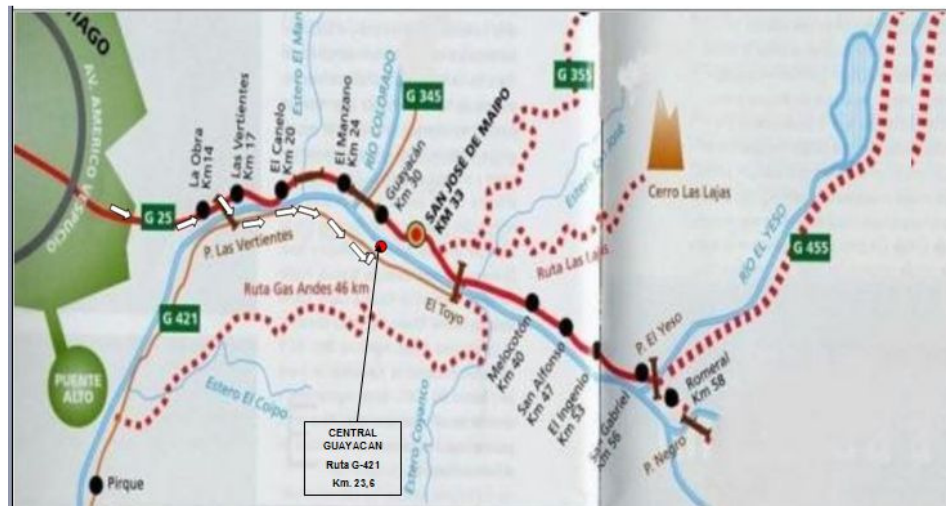


Figura 9. Plano de ubicación Central Guayacán

La elección de la central se debió a los siguientes factores:

- Cercanía, encontrándose en la zona sur de la Región Metropolitana
- Al encontrarse en un sector relativamente urbanizado puede presentar externalidades en el medio humano y medio construido
- Se encuentra en un sector de gran actividad turística, entre los pueblos La Obra y San José de Maipo.
- En sus cercanías de encuentran diversas áreas protegida tales como: Reserva Nacional Rio Clarillo, Parque Nacional El Morado y el Santuario de la Naturaleza Cascada de las Ánimas.

La potencia instalada de 12 MW, con un factor de planta de 0.85, se logra a través de dos turbinas Francis de 6MW cada una, una altura de caída de 32 metros y un caudal de diseño de 42 m<sup>3</sup>/s tomados desde el Rio Maipo, considerando 3km de canales entre la bocatoma y el punto de restitución, el cual corresponde a tuberías subterráneas.

La energía generada pasa a una primera “subestación Guayacán” al costado de la casa de máquinas donde es elevada a través de transformadores a 23 KV y transportada a través de cableado en postes de hormigón por 7 km hasta una nueva subestación “La Laja” (ambas propiedad de la empresa) que eleva nuevamente a 110 KV, empalmando a torres de alta tensión pertenecientes a la empresa *AES Gener* ya existentes en la zona.

El Anexo 4 presenta fotografías de la visita a la central realizada el 27 de septiembre del 2011, donde puede observarse el estado final de las obras. Esta visita fue realizada con el objetivo de verificar en terreno el estado de las obras, los impactos generados y las medidas de mitigación adoptadas.

## 4.2 Resultado de la aplicación

Tabla 7. Aplicación del listado de verificación a Central Guayacán

<b>Listado de Verificación de Impactos aplicada a “Central Guayacán”</b>			
<b>ETAPA DE CONSTRUCCIÓN</b>		<b>S/N</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Aire</b>			
01 - CON - AI01	Aumento Material Particulado	SI	Debido a circulación de vehículos, maquinaria y movimiento de tierras.
02 - CON - AI02	Emisión de gases	NO	
03 - CON - AI03	Aumento de nivel de ruido y vibraciones	SI	Debido a circulación de vehículos y utilización de maquinaria.
<b>Agua</b>			
04 - CON - AG01	Aumento de sólidos en suspensión	NO	
05 - CON - AG02	Modificación de mecánica fluvial del río	NO	
06 - CON - AG03	Riesgo de deterioro de la calidad del agua	NO	
07 - CON - AG04	Intervención en red de drenaje y/o quebradas	SI	Existen quebradas aprovechadas para el consumo humano afectadas por la construcción del canal.
<b>Suelo</b>			
08 - CON - SU01	Pérdida de productividad biológica	NO	
09 - CON - SU02	Cambio en el uso de suelos	SI	Existen obras de extracción de áridos en etapa de abandono
10 - CON - SU03	Erosión de suelos	NO	
11 - CON - SU04	Perdida de estabilidad mecánica	SI	Debido a la modificación de taludes en la construcción de obras civiles
12 - CON - SU05	Compactación de suelo	SI	Debido a circulación de vehículos y maquinaria pesada
13 - CON - SU06	Riesgo de contaminación	NO	
<b>Flora</b>			
14 - CON - FL01	Remoción de cobertura vegetal	SI	Debido al movimiento de tierras y construcción de obras civiles.
15 - CON - FL02	Perdida de flora nativa y/o con problemas de conservación	SI	Existe una especie a razón de 10 esp/há con problemas de conservación correspondiente al Guayacán (Porlieria Chilensis)
16 - CON - FL03	Restricciones reproductivas	NO	
<b>Fauna</b>			
17 - CON - FA01	Alteración de comunidades acuáticas	SI	Debido a desvegetación de zonas ribereñas y cambios en el régimen de las aguas.
18 - CON - FA02	Efecto barrera para la población íctica	NO	

<b>Tabla 7. Continuación</b>			
19 - CON - FA03	Alteración de comunidades de fauna terrestre	SI	Debido a desvegetación y utilización de espacios para obras de apoyo y construcción de obras civiles.
20 - CON - FA04	Perdidas de fauna nativa y/o con problemas de conservación	SI	Existen en la zona dos especies con problemas de conservación que pudiesen ser afectadas: Lagartija Lemniscata (reptil) y Bagre (pez)
<b>Medio Humano</b>			
21 - CON - MH01	Alteración de costumbres en comunidades cercanas	SI	Aumento del nivel de ruido y de tráfico de vehículos en el área del proyecto
22 - CON - MH02	Incremento de habitantes en centros urbanos cercanos	NO	
23 - CON - MH03	Aumento de posibilidades de empleo	SI	Se contempla la contratación de un peak de 105 personas durante la construcción del proyecto.
24 - CON - MH04	Incremento de la actividad económica	NO	
25 - CON - MH05	Alteración de costumbres de comunidades étnicas	NO	
26 - CON - MH06	Aumento flujo vehicular	SI	Debido al traslado de trabajadores, materiales e insumos al área del proyecto
<b>Áreas Protegidas</b>			
27 - CON - AP01	Alteración de reservas naturales o parques nacionales	NO	
28 - CON - AP02	Alteración de patrimonio arqueológico o histórico	NO	
<b>Paisaje y Turismo</b>			
29 - CON - PT01	Alteración de valor paisajístico	SI	El paisaje se ve afectado por la eliminación de vegetación, movimiento de tierras, instalaciones temporales, construcción de caminos, presencia de estructuras, etc.
30 - CON - PT02	Alteración de actividad turística	SI	El proyecto se centra en una zona de alto potencial turístico, afectándolo por emisiones de ruido, calidad del paisaje y tránsito vehicular.
<b>Medio Construido</b>			
31 - CON - MC01	Deterioro vías de tránsito	NO	
32 - CON - MC02	Mejoramiento y construcción de vías de tránsito	NO	
<b>ETAPA DE OPERACIÓN</b>		S/N	Observaciones
<b>Aire</b>			
33 - OP - AI04	Aumento Nivel de Ruido	NO	
<b>Agua</b>			
34 - OP - AG01	Modificación del régimen hidrológico y mecánica fluvial del río	SI	Debido a la captación de caudal para la generación
35 - OP - AG02	Riesgo de deterioro de calidad del agua	SI	Debido a la captación de caudal para la generación

<b>Tabla 7. Continuación</b>			
36 - OP - AG03	Alteración del nivel estático en acuíferos cercanos	NO	
<b>Suelo</b>			
37 - OP - SU01	Perdida de estabilidad mecánica	NO	
<b>Flora</b>			
38 - OP - FL01	Remoción de cobertura vegetal	NO	
<b>Fauna</b>			
39 - OP - FA01	Menoscabo en el hábitat de la fauna acuática	SI	Debido a la captación de caudal para la generación
40 - OP - FA02	Efecto barrera para la población íctica	NO	
41 - OP - FA03	Perdidas de fauna nativa y/o con problemas de conservación	NO	
42 - OP - FA04	Alteración de comunidades de fauna terrestre	NO	
43 - OP - FA05	Riesgo de choque para avifauna	NO	
44 - OP - FA06	Posible efecto de campos electromagnéticos en la fauna	NO	
<b>Medio Humano</b>			
45 - OP - MH01	Posible efecto de campos electromagnéticos en las personas	NO	
46 - OP - MH02	Alteración de la disponibilidad del recurso hídrico	NO	
<b>Paisaje y Turismo</b>			
47 - OP - PT01	Alteración de valor paisajístico	SI	La casa de máquinas, canal de aducción y tubería en presentan un impacto visual mediano.
48 - OP - PT02	Alteración de actividad turística	NO	
<b>Medio Construido</b>			
49 - OP - MC01	Riesgo de deterioro de obras civiles en el cauce	NO	



### 4.3 Observaciones a la aplicación

Los impactos identificados son de baja significancia, por lo que se justifica la presentación de una Declaración de Impacto Ambiental en lugar de un Estudio. Cabe notar que el proyecto cumple con todos los límites establecidos por la normativa vigente.

Además, en la implementación del listado de debe tomar en consideración que la definición de impacto ambiental requiere que el impacto sea una *alteración significativa del medio ambiente provocada por una actividad del proyecto*. De acuerdo a esta definición se realizan algunas observaciones para los impactos ambientales no contemplados de mayor probabilidad de ocurrencia.

#### **Etapa de Construcción**

- Si bien se contempla emisión de gases (CO, HC y NOx) durante la construcción del proyecto, los niveles estimados son muy bajos respecto al límite de los mismos, superando solo el NOX el 1% de la norma establecida.
- El nivel de sólidos en suspensión en el Río Maipo de acuerdo al estudio realizado es bastante alto por lo que no se afecta significativamente su condición natural con el proyecto.
- Si bien existe alteración de la mecánica fluvial del Río esta no se considera significativa ya que no existen obras civiles en el cauce mismo, aprovechando para la obra de toma desvíos naturales del río.
- No existe efecto barrera para la población íctica a que la obra de toma no contempla barrera.
- Al ubicarse en la cercanía de Santiago el traslado de trabajadores se puede realizar diariamente o pueden ser contratados habitantes del lugar.
- Si bien se encuentra en un sector catalogado como “Reserva de la Biosfera” el impacto generado no es significativo.

### **Etapa de Operación**

- El suelo es recuperado estructuralmente durante la etapa de construcción por lo que no hay riesgo de desmoronamiento, solamente la zona de restitución contempla la colocación de mallas protectoras.
- Las torres de alta tensión utilizadas para el transporte de la energía no son parte del proyecto, se encontraban previamente construidas y son propiedad de otra empresa. Además, el cableado de 7km entre ambas subestaciones es en postes de hormigón bajos y no transportan en alta tensión, por lo que no existe riesgo de choque para la avifauna ni un posible efecto de campos electromagnéticos.
- Si bien se centra en un área de gran potencial turístico, una vez en operación no presenta mayor impacto que el visual.

## **4.4 Medidas de Mitigación**

Las medidas de mitigación, compensación y/o restauración presentan correspondencia a las planteadas en el capítulo 3. Las medidas de mitigación de mayor relevancia de la central son las siguientes:

Tabla 8. Medidas de mitigación en Central Guayacán

<b>ETAPA DE CONSTRUCCIÓN</b>		
01 - CON - AI01	Aumento Material Particulado	Humedecimiento de caminos y zonas de trabajo
03 - CON - AI03	Aumento de nivel de ruido y vibraciones	Evitar trabajos en horarios de descanso de la población
07 - CON - AG04	Intervención en red de drenaje y/o quebradas	Protección de quebradas con enrocados
09 - CON - SU02	Cambio en el uso de suelos	No Aplica
11 - CON - SU04	Perdida de estabilidad mecánica	Protección con mallas y hormigón en lugares necesarios
12 - CON - SU05	Compactación de suelo	Existen zonas de recuperación de suelos equivalentes a las afectadas por la central y aledañas a la misma, donde el suelo fue descompactado y se mejoraron sus capacidades reproductivas a través de abonos

<b>Tabla 8. Continuación</b>		
14 - CON - FL01	Remoción de cobertura vegetal	Revegetación de todo el sector con flora autóctona específicamente Quillay, Maitenes, Litre, Guayacán y Espinos.
15 - CON - FL02	Perdida de flora nativa y/o con problemas de conservación	Revegetación equivalente de la especie explotada (Guayacán).
17 - CON - FA01	Alteración de comunidades acuáticas	Los desvíos contemplados intentan disminuir la sección del río mínimamente.
19 - CON - FA03	Alteración de comunidades de fauna terrestre	Previo a la construcción se realizó un plan de traslado de fauna del lugar, específicamente la Lagartija Lemniscata.
20 - CON - FA04	Perdidas de fauna nativa y/o con problemas de conservación	Traslado de Lagartija Lemniscata (reptil)
21 - CON - MH01	Alteración de costumbres en comunidades cercanas	Si bien se afecta la estabilidad de las comunidades, se considera compensada a través de la contratación de mano de obra.
23 - CON - MH03	Aumento de posibilidades de empleo	No Aplica
26 - CON - MH06	Aumento flujo vehicular	Utilización de caminos en horarios valle.
29 - CON - PT01	Alteración de valor paisajístico	No se mencionan
30 - CON - PT02	Alteración de actividad turística	Cese de trabajos durante los fines de semana, días de mayor atracción de turistas.
<b>ETAPA DE OPERACIÓN</b>		
34 - OP - AG01	Modificación del régimen hidrológico	Mantenimiento de un caudal ecológico
35 - OP - AG02	Modificación de mecánica fluvial del río	Los desarenadores incluyen obras de restitución de los sedimentos al río a través de compuertas colocadas a un costado de los mismos
39 - OP - FA01	Menoscabo en el hábitat de la fauna acuática	Mantenimiento de un caudal ecológico
47 - OP - PT01	Alteración de valor paisajístico	Revegetación y recuperación de suelos

Cabe notar que:

- El caudal ecológico fijado finalmente es de 7.86 m<sup>3</sup>/s, valor cercano al 7% del caudal medio del Río Maipo en el sector 118.6 m<sup>3</sup>/s, correspondiente a la suma de las estaciones Río Maipo en La Obra y Río Colorado en junta con el Maipo (DGA, 1975).
- La casa de máquinas se encuentra aislada acústicamente, por lo que el ruido generado durante la generación al exterior de la misma es de solo 30 dB (menor a una conversación), mientras en el interior de la casa de máquinas puede llegar a 90 dB.
- En términos turísticos, la central contempla en un futuro cercano la implementación de visitas guiadas a las instalaciones.
- Además en cada uno de los procedimientos de operación de la central se plantea un programa PRYMA (Prevención de Riesgos y Medio Ambiente)

La central tomó el compromiso de realizar un seguimiento durante 5 años al crecimiento de la flora revegetada, así como un estudio sedimentológico del río para verificar la inexistencia de impacto sobre el puente Las Vertientes ubicado aguas abajo de las obras.

## **Capítulo 5**

### **Análisis de la legislación ambiental Chilena**

## 5.1 Generalidades de EIA en Chile

Como ya se ha definido anteriormente, la Evaluación de Impacto Ambiental es, según la letra j) del Artículo 2 de la Ley N° 19300, “*el procedimiento, a cargo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente o de la Comisión Regional respectiva, en su caso, que en base a un Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, determina si el impacto ambiental de una actividad o proyecto se ajusta a las normas vigentes*”.

En Chile la Ley 19300 fue promulgada en marzo de 1994 siguiendo las tendencias mundiales acaecidas en Estados Unidos en 1969 y en la Comunidad Europea en 1989. Su entrada en vigencia se programó para abril del mencionado año, transformándose desde entonces en uno de los instrumentos más importantes de la gestión ambiental de nuestro país.

Bajo la perspectiva de la legislación chilena, una EIA debe ser entendida como una herramienta que puede ser vista como un *proceso* y un *estudio*. En la primera perspectiva, se aborda el proceso dinámico e interactivo a través del cual los actores sociales se comprometen a evitar el deterioro de la calidad del medio ambiente. Desde la segunda visión, la EIA tiene como finalidad lograr las orientaciones necesarias para su protección.

### **Características de la EIA en Chile:**

- Es Preventiva, pues su objetivo es evitar un deterioro del ambiente
- Se aplica sólo a proyectos o actividades nuevas
- No es sistémica; se aplica proyecto a proyecto.
- Identifica los principales impactos ambientales para minimizarlos
- Permite la participación ciudadana
- Acelera el proceso de obtención de permisos ambientales
- Permite el ingreso voluntario al sistema aunque el proyecto no lo requiera

### **Marco Jurídico de una EIA en Chile**

- Ley N° 19300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Marzo 1994.
- Ley N° 20417, la que introduce modificaciones en la Ley N° 19300

- Decreto Supremo N° 30 de Minsegespres. Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental. Abril de 1997. Nueva versión del reglamento en consulta pública a la fecha de esta publicación
- Cuerpos legales que reglamentan los denominados permisos ambientales sectoriales contemplados en los artículos 66 al 97 del Reglamento.
- Otras leyes específicas, tales como el Código Sanitario y la Ley sobre Emisiones.

Este capítulo realiza un breve análisis de la Ley 19300 y del Reglamento de EIA. En lo que respecta a otras leyes específicas y los permisos ambientales sectoriales, en el Anexo 2 se muestra las principales normativas que rigen para PCH-CN.

## **5.2 Principios que rigen la Ley de Bases**

La Ley de bases del Medio Ambiente está basada en siete principios básicos, los cuales son el de la participación, la internacionalización de los costos ambientales, la prevención, la responsabilidad, la ventanilla única, el gradualismo y la eficiencia.

- i) Participación: la Ley contempla el derecho de las organizaciones sociales con personalidad jurídica y personas naturales afectadas por un proyecto a informarse, hacer observaciones y presentar reclamación si sus observaciones no son acogidas.
- ii) Internalización de costos ambientales: el agente contaminador debe neutralizar, minimizar o controlar los impactos que genera, de lo cual se desprende que los primeros responsables en disminuirlos deben ser los propios particulares, recayendo en el Estado la responsabilidad de fiscalizar.
- iii) Prevención: la normativa desea evitar que se produzcan problemas ambientales.
- iv) Responsabilidad: contempla disposiciones orientadas a que quienes provoquen un daño ambiental asuman una indemnización por los perjuicios causados. Lo anterior, en forma independiente de si se ha o no infringido las leyes ambientales.
- v) Ventanilla única: este instrumento existe con el fin de acelerar los permisos ambientales sectoriales (PAS) que necesite un proyecto. Se piden al momento de presentar el Estudio de Impacto Ambiental o la Declaración de Impacto Ambiental

- vi) Gradualismo: la ley no pretende mejorar los problemas ambientales de un día para otro, por lo que se ha buscado proporcionar un marco legal general y preparar las capacidades humanas para la aplicación de diversos instrumentos.
- vii) Eficiencia: privilegia la aplicación de instrumentos que permitan la mejor asignación de los recursos que tanto el sector público como privado destinan a la solución de los problemas.

### **5.3 Procedimiento de EIA en Chile**

El procedimiento de EIA se inicia con la presentación del Estudio o Declaración al Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) creado con la promulgación de la Ley N°20417 (antiguamente se presentaba a la CONAMA o COREMA según correspondiera), teniendo este último un plazo de cinco días para recibir en forma conforme el EsIA o DIA, lo que significa que debe incorporar todos los contenidos solicitados. Se ordena la publicación de un extracto o resumen ejecutivo del Estudio o Declaración en el diario oficial y en un medio de prensa nacional o regional, cuyo objetivo es permitir la participación de la comunidad en el proceso de EIA.

Posteriormente se somete al EsIA o DIA a una revisión por parte de los “Órganos del Estado con competencias ambientales”, los cuales son aquéllos que deben pronunciarse acerca del otorgamiento de permisos ambientales sectoriales (PAS) o que tienen competencias relativas a la protección del medio ambiente, uso de recursos naturales o fiscalización, pero no otorgan ninguno de los permisos aludidos. Se encuentran en este grupo: Servicios de Salud, SISS, SAG, SERNAGEOMIN, SEC y SERNAPESCA.

Los informes sectoriales deben indicar si el proyecto o actividad cumple con la normativa de carácter ambiental e incluir los PAS, si corresponde al ámbito de sus competencias. Tres son los contenidos importantes de estos informes: i) cumplimiento de normas; ii) opinión del Organismo ante el proyecto en forma objetiva y ajustada a los contenidos del artículo 11 y a sus competencias legales y iii) opiniones acerca de aspectos que estén fuera de su vigilancia, pero que el Organismo considere importantes. En este proceso pueden auto-excluirse organismos que no deban pronunciarse sobre algún PAS si así lo desean. Finalmente el SEA debe realizar un



Informe Técnico que resuma y concluya de acuerdo a las observaciones que hayan realizado los distintos organismos involucrados en el proceso.

De acuerdo al Informe Técnico el SEA puede aprobar o rechazar el proyecto inmediatamente. Sin embargo, la situación más común es que los órganos del Estado estimen que es necesario completar determinados aspectos del EsIA, en cuyo caso se elabora un Informe Consolidado, el cual contiene los requerimientos de aclaraciones o ampliaciones de información solicitadas. La respuesta a estas solicitudes se denomina Addendum (del latín, aquel añadido que se añade a un escrito). Este proceso de “pregunta-respuesta” puede producirse varias veces según los órganos competentes lo estimen conveniente. Al finalizar el proceso se elabora el Informe Técnico Definitivo, el cual debe ser visado, positiva o negativamente, por los órganos del Estado que participaron en el proceso.

La parte final del proceso está dada por la resolución de la comisión de evaluación compuesta por el intendente, Seremis y el director regional del SEA en caso de tratarse de proyectos regionales integrando los actores equivalentes en caso de tratarse de proyectos multiregionales. Esta resolución puede ser favorable, sujeta a condiciones o exigencias o desfavorable. En los dos últimos casos, el titular del proyecto puede realizar reclamación al SEA, quedando a su criterio aceptar o rechazar el recurso.

## **5.4 Ingreso de proyectos PCH-CN al SEIA**

El ingreso al Servicio de Evaluación Ambiental presenta dos preguntas principales: ¿Debe ingresar el proyecto al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, dada sus características? y, de ingresar, ¿Cuál es la forma de presentación, como Declaración de Impacto Ambiental o Estudio de Impacto Ambiental?

La respuesta a estas interrogantes se puede buscar entre los artículos 9 a 11 de la Ley de Bases. El Artículo 10 presenta un listado de proyectos o actividades que deben someterse al SEIA las cuales deben presentar una Declaración de Impacto Ambiental o un Estudio de Impacto Ambiental, conforme lo regula el artículo 9 de dicha normativa (ver Anexo 2).

Lo expuesto significa que es responsabilidad de los titulares de los proyectos realizar la presentación de la documentación en las entidades responsables. El mismo artículo contempla el ingreso voluntario de proyectos no contenidos en el listado, en cuyo caso quedan sometidos a cumplir con todos los requisitos y/o restricciones que se le impongan.

Entre las actividades detalladas en el artículo 10 de la Ley que deben someterse al SEIA, se encuentran en la letra c) las “Centrales generadoras de energía mayores a 3MW”, tipología por la cual los proyectos estudiados ingresan al sistema. El Artículo 3 del Reglamento del SEIA extiende y detalla estas tipologías de proyectos o actividades, con el fin de dejar claramente establecidos los criterios por los cuales un proyecto debe o no ingresar al sistema.

La segunda pregunta enunciada en este apartado la complementan los artículos 5 al 11 del Reglamento (extensión del Artículo 11 de la Ley de Bases), los cuales definen qué proyectos deben presentar Estudio de Impacto Ambiental según el influjo que ejercen en diversas variables ambientales.

En el caso de los nueve proyectos seleccionados, cinco presentan EsIA, detallándose a continuación el motivo de esta forma de presentación:

Tabla 9. Pertinencia de presentación de EsIA en proyectos seleccionados

Proyecto	Pertinencia de presentación EsIA
Central Hidroeléctrica El Paso	Letras k) y m) del Artículo 6 del Reglamento, relativos a la intervención y explotación de fauna nativa o que se encuentre en peligro de extinción.
Central Hidroeléctrica Laja	Artículo 6 del Reglamento, por potenciales efectos adversos significativos en la cantidad o calidad de recursos naturales renovables, en particular del agua.
Minicentral Hidroeléctrica Piruquina	Si bien no reconocen necesidad de presentar un EsIA, deciden hacerlo voluntariamente.
Mini CH de Pasada Palmar - Correntoso	Justifica su presentación en el Artículo 11 de la Ley de Bases: letra a) efectos adversos significativos en la cantidad o calidad del agua y letra d) por su localización cercana al Parque Nacional Puyehue.
Proyecto Hidroeléctrico Licán	Artículo 6 del Reglamento, por potenciales efectos adversos significativos en la cantidad o calidad de recursos naturales renovables, en particular del agua.

## **5.5 Declaraciones y Estudios de Impacto Ambiental**

Si bien tanto un Estudio como una Declaración de Impacto Ambiental persiguen objetivos similares, sus contenidos son diferentes tanto por la profundidad con que se abordan como por los temas que eventualmente contienen.

Un Estudio de Impacto Ambiental es definido según la ley como un documento que describe en forma muy detallada un proyecto, exigiendo que contenga antecedentes con base técnico-científica para la predicción e identificación de impactos, así como la presentación de medidas que permitan impedir o controlar los efectos significativos.

La Declaración de Impacto Ambiental corresponde a una declaración jurada cuya única exigencia es presentar los antecedentes mínimos que permitan establecer que el proyecto cumple con las normativas ambientales vigentes. El contenido exigido a EsIA y DIA es el siguiente:

### **Contenido exigido a DIA**

- a) Indicación del tipo de proyecto o actividad**
- b) Descripción del proyecto o actividad**
- c) Pertinencia de presentación de DIA**
- d) Normativa ambiental**
- e) Compromisos ambientales voluntarios**
- f) Permisos Ambientales Sectoriales y Normativa de carácter general**

### **Contenidos exigidos a EsIA**

- a) Descripción del proyecto o actividad**
- b) Línea de Base.**
- c) Pertinencia de presentación de EsIA.**
- d) Predicción y evaluación del impacto ambiental**
- e) Plan de medidas de mitigación, reparación y/o compensación**
- f) Plan de seguimiento ambiental.**
- g) Plan de cumplimiento de la legislación ambiental**
- h) Participación Ciudadana previa a la presentación al EsIA**
- i) Índice, Resumen Ejecutivo e Información de apoyo en forma de Anexos.**

## 5.6 Observaciones a la legislación ambiental chilena

La Ley 20417 fue motivada por las sugerencias de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) para el ingreso de Chile en calidad de país miembro. En la “Evaluación de Desempeño Ambiental – Chile” realizada por el organismo se plantean principalmente tres desafíos para disminuir la brecha en estándares ambientales entre los países de la OCDE: i) aplicar sus leyes ambientales en forma cabal; ii) profundizar en la integración ambiental en la toma de decisiones económicas, sociales y sectoriales y iii) fortalecer su cooperación ambiental internacional.

La Ley 19300 y el Reglamento de EIA contaban con muchos vacíos y/o problemas que hacían perder su eficacia. Es por ello que la Ley 20417 realiza un gran aporte al modificar estos problemas. Algunas de las transformaciones incorporadas son:

- Se eleva el rango de la institucionalidad ambiental, aumentando la importancia del tema. Se crea el Ministerio del Medio Ambiente, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente.
- La responsabilidad de presentarse al SEIA es de los titulares del proyecto. Antiguamente existían casos en que se realizaba un “bypass” al sistema, pidiendo las autorizaciones respectivas directamente a los organismos sin pasar por la evaluación ambiental. Realizar este tipo de acciones está ahora sancionado con grandes multas de dinero.
- Se prohíbe el fraccionamiento de proyectos, práctica muy común que se utilizaba para minimizar los impactos en los estudios y obtener más fácilmente la aprobación.
- La nueva normativa contemplan el proceso de participación ciudadana para todos los proyectos sean presentados por DIA o EsIA
- Se intenta despolitizar el proceso, dejando a los consejeros regionales y gobernadores fuera del proceso de calificación.
- La normativa sube a categoría de Ley Orgánica, lo cual aumenta el quórum necesario para derogar o modificar sus artículos.
- Se centraliza la fiscalización y aumentan duramente las sanciones con la creación de la Superintendencia.
- Se elimina la opción que tenían los titulares de iniciar un proyecto en tramitación con la previa presentación de una póliza de seguros.

Si bien la Ley 20417 y la pronta publicación de una nueva versión del Reglamento (en consulta pública a la fecha de esta publicación) son un gran paso hacia una mayor protección del medio ambiente, existen factores que siguen siendo relevantes y que van en contra del objetivo de esas normativas presentados a continuación.

Se ha dado una integración de las respuestas al problema ambiental desde el punto de vista del derecho provenientes principalmente de Europa y EEUU, basándose en introducir normas, instituciones y principios aprobados en otras realidades. Como consecuencia, se ha generado una falta de correspondencia entre los problemas ambientales principales percibidos por la comunidad y el cuerpo legal, convirtiéndolo en una “solución ajena”. Esto genera una falta de legitimidad de la normativa ambiental en Chile, lo cual se repite en Latinoamérica en general (KATZ, 1995).

La constitución chilena “asegura a todas las personas vivir en un ambiente libre de contaminación”. Sin embargo, se obvia a los actores principales en el desarrollo de políticas ambientales. La Ley N° 19300 se basa en la “propuesta de Ley básica de protección ambiental del desarrollo sostenible” desarrollada por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Dos de sus propuestas incorporan dos puntos claves: participación ciudadana y educación y capacitación ambiental. No hay forma en que la gente pueda ejercer su derecho a vivir en un ambiente limpio sin la capacidad de comprender exactamente lo que sucede y debiera ocurrir en su entorno. En este sentido, es rol del Estado lograr la concientización ambiental.

Hay que considerar además que los espacios participativos en los procesos de toma de decisión y evaluación son estrechos, ya que se limitan a la información y presentación de observaciones a los proyectos, sin incorporar a los actores afectados en las etapas de diseño del proyecto.

Si bien los nuevos proyectos son sometidos a EIA, iniciativas en operación desde antes de la entrada en vigencia del sistema todavía funcionan, causando grandes impactos ambientales (OCDE, 2005). Aun cuando se expresa el principio del “Gradualismo” para ir disminuyendo estos impactos, los esfuerzos no son suficientes y se siguen creando grandes problemas ambientales en Chile, tales como los inconvenientes originados por las mineras en el norte; la deforestación en la zona sur; la polución atmosférica en la Región Metropolitana; la

contaminación y el aumento de temperatura de las aguas en áreas costeras; la gran congestión vehicular en varias ciudades del país y otro largo listado de impactos que se han acumulado durante muchos años sin una real respuesta de parte del ejecutivo ni de las empresas.

No existen herramientas sistemáticas para la elaboración de los Estudios y Declaraciones. El SEA está haciendo el esfuerzo para proporcionar guías para los proyectos más comunes e importantes presentados, pero muchos de los proyectos aún no cuentan con una guía y cuentan con un gran déficit de expertos, lo que dificulta la evaluación. En ocasiones las evaluaciones son dispares en exigencia de información y control de impactos por depender de un sistema de evaluación regional. En este sentido, cobran gran importancia trabajos como el presente y los métodos específicos mencionados en el capítulo 2.

El proceso del SEA puede durar muchas veces periodos mayores a un año, a través de las adendas sucesivas de cada proyecto. En este sentido debiese limitarse este proceso de pregunta-respuestas a solo dos rondas con el objetivo de acelerar y transparentar el proceso (IAIA, 2011).

Aunque se ha prescindido de los consejeros y gobernadores en el proceso de calificación, sigue existiendo un gran nivel de politización, ya que quienes toman la decisión final siguen siendo funcionarios con “cargos de confianza” (SEREMIS) y no expertos que podrían contribuir a optimizar el nivel técnico exigido.

Es importante destacar que la normativa no puede solucionar todos los problemas ambientales de nuestro país (como se ha planteado en más de una oportunidad), requiriéndose adicionalmente instrumentos que complementen lo que debe ser una gestión dinámica e integral, tales como educación y planificación territorial y ambiental.

Aunque la creación de la Superintendencia del Medio Ambiente pretende entregar mayor poder de fiscalización al Estado, los organismos involucrados siguen estando tremendamente limitados, principalmente por razones presupuestarias. Es de esperar que la creación de esta entidad refleje lo que realmente se pretende, ya que contribuiría en forma significativa al éxito del sistema.

## **Conclusiones y recomendaciones**

Se ha planteado una metodología de identificación de impactos ambientales que consiste en una lista de verificación específica, de aplicación simple y ordenada por componentes ambientales y etapas del proyecto realizada sobre la base de la revisión de bibliografía especializada, legislación ambiental vigente y EIA de estos proyectos en Chile. Esta propuesta es más eficiente para este tipo de proyectos que otras metodologías más generales como las indicadas en el capítulo 3.

Lo anterior se fundamenta en que al realizar la identificación de impactos en base a una lista de verificación, se pueden estructurar las etapas iniciales de una EIA. Esto significa que apoya la definición de impactos significativos del proyecto; asegura no omitir factores esenciales y contribuye a comparar fácilmente diversas alternativas dentro de una iniciativa.

Los impactos ambientales identificados corresponden a aquellos que derivan del análisis de bibliografía especializada y de los proyectos realizados en Chile. Esto permite obtener los principales efectos derivados de la experiencia internacional y aquellos que corresponden a la experiencia específica de pequeñas centrales en Chile, para luego concluir con una metodología representativa para los proyectos.

El mayor número de impactos se presenta durante la etapa de construcción del proyecto, cuya duración representa menos de un 10% del tiempo total de duración de éste. Los efectos ambientales en esta etapa tienen, en general, una alta probabilidad de ocurrencia, pero también presentan alto grado de reversibilidad, ya sea porque están presentes sólo en la etapa de construcción o porque las medidas de mitigación propuestas son efectivas y de fácil implementación.

Durante la etapa de operación del proyecto, el mayor impacto es el relacionado al manejo de caudales, disminuyendo el mismo en un tramo del cauce. Esto, debido a que la generación a través de la captación es el principal objetivo de este tipo de iniciativas. Los métodos de cálculo de caudal ecológico más utilizados en Chile son métodos basados en criterios hidrológicos, sin tomar en cuenta los requerimientos de la biota o asentamientos de aguas debajo de la bocatoma.

El análisis realizado está centrado solo en la identificación de impactos ambientales, siendo eminentemente cualitativo y no tiene como objetivo entrar en otras etapas de la



evaluación de impacto ambiental, como son la cuantificación y jerarquización de los efectos del proyecto.

Las medidas de mitigación, compensación y/o reparación ofrecidas son de alta eficiencia y de fácil aplicación, por lo que las externalidades del proyecto pueden ser minimizadas en forma óptima. Sin embargo, es necesario focalizarse en elementos sensibles del medio ambiente para evitar problemáticas mayores y trabajar en la implementación de planes de seguimiento y control que permitan verificar el efecto positivo de las medidas adoptadas.

Si bien el estudio se realizó en base a proyectos de generación inferiores a 40 MW, el resultado puede hacerse extensible fácilmente a centrales hidroeléctricas de tipo pasada de mayor o menor envergadura, ya que presentan la misma morfología y, por lo tanto, actividades en el proyecto.

La aplicación del listado de verificación a la Central Hidroeléctrica Guayacán permitió demostrar la validez de la metodología propuesta y verificar en terreno tanto los impactos ambientales como las medidas de mitigación implementadas en la misma. Además permitió verificar el bajo impacto que provocan este tipo de centrales, al menos individualmente, en el ambiente.

La Ley N° 20417 realiza importantes cambios en la institucionalidad ambiental del país, creando el Ministerio del Medio Ambiente y dando un significativo realce a dichas materias, pues supone la dedicación de gente capacitada y concentrada a ello. Al dictarse esta normativa, se eliminaron ciertos vicios y vacíos legales que presentaba la anterior Ley 19300, mejorando con ello el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

No obstante lo anterior, siguen existiendo importantes falencias dentro del sistema. Entre ellas se encuentran el grado de politización en el SEIA y la falta de una planificación ambiental estratégica que permita la integración de los distintos actores y elementos en la toma de decisiones ambientales, pues en este momento el factor de gestión ambiental de relevancia es únicamente el SEIA.

Metodologías de evaluación de impacto ambiental como la presente y las mencionadas en el capítulo relativo a EIA, contribuyen a la aceleración y objetivación de los procesos de evaluación de impacto ambiental, permitiendo que éstos sean más rápidos y transparentes.

## **Recomendaciones**

- ✓ Utilizar la metodología propuesta para la identificación de impactos ambientales en este tipo de proyectos tanto para aquellos que se presentan por DIA como por EsIA.
- ✓ Considerar la metodología propuesta en las guías metodológicas oficiales en elaboración.
- ✓ Aumentar las garantías y beneficios a la implementación de ERNC con el objetivo de diversificar aun más la matriz energética, lo que contribuye no sólo a proteger de mejor forma el ambiente, sino también a disminuir la dependencia respecto al petróleo en la generación.
- ✓ Utilizar herramientas de planificación ambiental estratégica. Por ejemplo, utilizar los mapas de potencial hidroeléctrico para identificar zonas de mayor susceptibilidad y riesgo ambiental, notando las interacciones entre los distintos proyectos.
- ✓ Realizar un estudio en relación al impacto acumulativo de este tipo de proyectos, especialmente en zonas de mayor potencial hidroeléctrico y susceptibilidad ambiental.
- ✓ Se recomienda a la autoridad competente implementar un mayor control y fiscalización de los proyectos, tanto en su etapa de construcción como de operación.

## **Referencias**

### **Referencias Bibliográficas**

Aguilar, Maria Angeles: “Evaluación de Impacto Ambiental. Detección de Impactos.” IV Curso d’Enginyeria Ambiental.

Barrios, Raimundo: “Propuesta de Metodología para Identificación de impactos Ambientales en embalses de Riego. Caso de Estudio: Sistema de riego Embalse Empedrado, provincia de Talca, VII Región”, U. de Viña del Mar, 2008

Bolívar Ruiz Adaros, “Evaluación de Impacto Ambiental en Chile, Manual de Procedimiento”, 1998

CIPMA, Centro de Investigación y Planificación del Medio Ambiente, “Reflexiones sobre conflictos y evaluación de impacto ambiental”, Ambiente Ahora, Chile, 1996

CNE, “Las Energías Renovables No Convencionales (ERNC) en el Mercado Eléctrico Chileno”, Comisión Nacional de Energía, Chile, 2009

Díez Hernández, Juan: “Recuperación de ríos regulados: modelación ecohidráulica de caudales ecológicos”, Universidad del Valle, Colombia, 2005.

ENDESA: “Guía de formación ambiental”, Santiago, Chile, 2002

Espinoza, Guillermo: “Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental”, BID – CED, Santiago, Chile, 2001

Fuenzalida, Mónica: “Lista de verificación para Estudios de Impacto Ambiental de la Producción de Biodiesel en Chile”, Universidad de Chile, 2008.

Gomez Orea, Domingo: “Evaluación de impacto ambiental”, Editorial Agricola Española, Madrid, España, 1994

Harambour, Fernando. “Introducción al Proyecto de Centrales Hidroeléctricas” EPS Ediciones, Santiago, Chile, 2003

IAIA, International Association for Impact Assessment, “Environmental Assessment, New Environmental Institutional Framework in Chile”, EEUU, 2011

Katz, R.; Del Favero, G. y Sierralta, L , “Bases conceptuales y marco de referencia para la elaboración de políticas ambientales en América latina”, Revista Estudios Públicos, Chile, 1995

Mery, Horacio. “Hidráulica Aplicada Al Diseño de Obras” División de Recursos hídricos y Medio Ambiente, Departamento de Ingeniería Civil Universidad de Chile, 2007

OCDE - CEPAL, Evaluaciones del Desempeño Ambiental –Chile, 2005

Ormazabal, G. “Manual para la elaboración de estudios de impacto ambiental”, UNICYT, Santiago, Chile, 2002

PROGEA, “Demanda Energética Nacional a Largo Plazo, Modelo de Proyección” estudio contratado por la Comisión Nacional de Energía al Programa de Gestión y Economía Ambiental del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile, Santiago, 2008.

Programa Chile Sustentable, “Crisis Energética en Chile: Rol y futuro de las energías renovables no convencionales”, LOM Ediciones, Santiago, Chile, 2004

Programa Chile Sustentable, “Propuesta ciudadana para el cambio”, LOM Ediciones, Santiago, Chile, 2003

Sohr, Raul. “Chao Petroleo” Editorial Debate, Santiago, Chile, 2009

### **Leyes**

Ley N° 19300 Sobres Bases Generales del Medio Ambiente, 1994

Ley N° 20417 Crea el ministerio, el SEIA y la Superintendencia del Medio Ambiente, 2010

D.S. N°95 Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, 2001

Ley N°20257 Introduce Modificaciones a la Ley de Servicios Eléctricos respecto de la generación de energía eléctrica con fuentes de ERNC, 2008.

### **Sitios Web**

Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental, Estudios y Declaraciones Disponibles

[www.e-seia.cl](http://www.e-seia.cl)

Comisión Nacional de Energía

[www.cne.cl](http://www.cne.cl)

Sustentabilidad y medio Ambiente, Universidad de Santiago de Chile

<http://web.usach.cl/ima/>

IAIA, International Association for Impact Assessment

<http://www.iaia.org/>

Programa Chile Sustentable

<http://www.chilesustentable.net/>

## **Anexos**

## **Anexo 1**

### **Pequeñas Centrales Hidroeléctricas**



## **A. Centrales Hidroeléctricas**

La siguiente descripción está basada en la publicación de Harambour (2003).

Las centrales hidroeléctricas requieren construir obras civiles que permitan captar agua de un río, lago o embalse y trasladarla hasta los equipos de generación y su posterior restitución. En este proceso es necesario minimizar las pérdidas de tal forma de lograr un mayor desnivel energético con el consecuente aumento en la generación.

A continuación se presentan las principales ventajas y desventajas de las centrales hidroeléctricas:

### **Ventajas**

- Utilizan una fuente renovable de energía.
- Es una energía limpia, pues al no utilizar combustibles no emiten gases que provocan el efecto invernadero ni lluvia ácida.
- Pueden combinarse con beneficios complementarios, tales como riego, control de crecidas, suministro de agua potable y otros.
- Presenta costos de mantenimiento bajos y una sencilla operación.
- Utiliza tecnología conocida y con equipos de limitada complejidad.
- Las obras civiles tienen una duración alta, pudiendo oscilar entre los 40 y 200 años. No considerando etapa de abandono.

### **Desventajas**

- Inversión inicial alta debido a la construcción de obras civiles.
- Emplazamiento muchas veces alejado de los centros de consumo.
- Largo tiempo de construcción en relación a las centrales térmicas.
- La energía generada puede sufrir variaciones a lo largo del tiempo.
- Impactos ambientales en el paisaje y el recurso hídrico.
- En Chile, se requiere tener los derechos de aprovechamientos de agua No Consuntivo según el Código de Aguas (Artículos 5 al 29), factor muy limitante en algunos casos debido al gran monopolio del agua existente en el país.

Las centrales se pueden dividir entre *las centrales de embalse* y *las centrales de pasada*. Las primeras aprovechan el agua de un embalse u otro cuerpo de agua que posibilite la regulación del caudal afluente y de la altura de generación, de tal forma de independizar la generación de las condiciones hidrológicas de la cuenca. El desnivel energético se consigue descargando el agua en un cuerpo con una cota más baja que el primero.

Por su parte, las centrales de pasada captan agua desde un río sin mediar obras que permitan regular el caudal afluente, por lo que la capacidad de generación queda supeditada a la disponibilidad del caudal. El desnivel se obtiene transportando el caudal captado hasta una cámara de carga situada a mayor cota que el punto donde se proyecta restituir dicho recurso hídrico.

Existe un tercer tipo de centrales, no utilizada aún en Chile, conocidas como *centrales de bombeo*. Estos proyectos poseen dos embalses a diferente nivel y en horas de alta demanda generan como una central normal, llevando el agua desde el embalse superior al inferior (pasando a través de las turbinas); mientras que durante las horas de baja demanda el agua es bombeada al embalse superior para repetir el ciclo nuevamente. Su uso se justifica desde un punto de vista económico, debido a la diferencia de precios de la energía entre los horarios de alta y baja demanda; además permiten normalizar la demanda energética en horarios de baja demanda.

En el caso de las dos primeras (de embalse y pasada) la potencia se calcula como el producto entre las eficiencias de los equipos mecánicos, el peso específico del agua, el caudal turbinado y la altura neta de caída:

$$P = 9,8 * \eta * Q * H$$

De acuerdo a esto la potencia depende esencialmente del caudal aprovechable y la altura neta de caída (diferencia entre la altura bruta y las pérdidas de carga). Por esta razón se pretende siempre captar el mayor caudal posible, maximizar el desnivel y minimizar las pérdidas dentro de las obras civiles.

## B. Descripción de los componentes y obras de una PCH-CN

La siguiente descripción está basada en las publicaciones de Harambour (2003) y Mery (2007).

Las obras civiles de estos proyectos se construyen para captar, conducir y restituir el caudal, así como para contener el equipo electromecánico. Si bien las centrales de paso pueden tener distintas configuraciones dependiendo principalmente de la topografía del lugar, es posible identificar componentes comunes, los que se describen a continuación

### a) Captación

La obra de captación o de toma cumple la función de atraer y almacenar una porción del caudal del cauce. Para esto se construye un pequeño muro de tal forma de asegurar una profundidad y sumergencia mínimas para asegurar que la toma opere de forma eficiente. Dentro de la obra de captación se construyen obras para el paso del caudal no utilizado por la central y escaleras de peces para evitar que los mismos entren en las instalaciones.

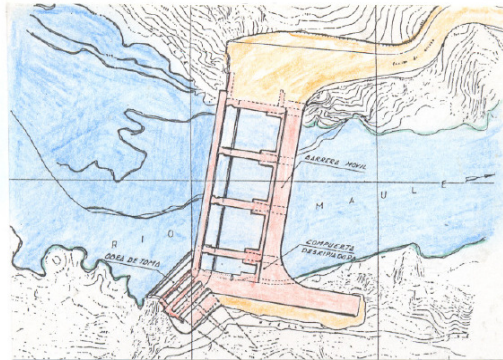


Figura 10. Esquema de una obra de captación

Fuente: Mery, 2007

### a) Desarenador

Los sólidos en suspensión que son captados junto con el caudal en la bocatoma deben ser eliminados, ya que al entrar en contacto con la turbina bajan su eficiencia y además pueden dañarla, disminuyendo su vida útil. Para esto se utilizan los desarenadores, que corresponden a

zonas de baja velocidad de flujo que permiten que las partículas decanten por gravedad. No siempre son necesarios ya que dependerá del régimen sedimentológico del río.



Figura 11. Desarenador con vertedero lateral y compuertas de control  
Fuente: DIA Mini Central Hidroeléctrica Cayucupil.

***b) Obra de seguridad***

Estas obras están orientadas a descargar el exceso de caudal que se sucede tras sus aumentos, para el correcto funcionamiento de la central. Están ubicadas generalmente inmediatamente a un costado o inmediatamente aguas arriba de la cámara de carga.

***c) Cámara de carga***

La Cámara de Carga tiene como objetivo estabilizar la cantidad de agua que fluye en el afluente a la central. Asimismo, posibilita maniobras que signifiquen cambios rápidos de caudal, lo cual sirve como zona de transición controlada entre las obras de conducción y la tubería en presión, esto asegura que no entren burbujas de aire que puedan provocar cavitación. En muchas ocasiones además es ocupada también como obra desarenadora.



Figura 12. Vertedero y estanque de carga tipo  
Fuente: DIA Mini Central Hidroeléctrica Cayucupil.

***d) Tubería en presión o de aspiración***

Esta tubería tiene por finalidad conducir el agua desde la cámara de carga hasta la casa de máquinas. En su interior se presenta la transformación de energía potencial a energía cinética y de presión a medida que desciende el agua. La Figura 9 muestra la zona de la tubería en presión y la cámara de carga tipo central hidroeléctrica.



Figura 13. Tubería en presión Central Guayacán

Fuente: Fotografía tomada durante visita a la central

**e) Obras de conducción**

Para la conducción del caudal se utilizan canales, túneles y sifones en caso de ser necesario. La principal preocupación es que el agua se mantenga limpia y minimice las pérdidas antes de entrar a la cámara de carga. En los proyectos de PCH-CN es necesaria además una obra de conducción para restituir el agua al cauce.

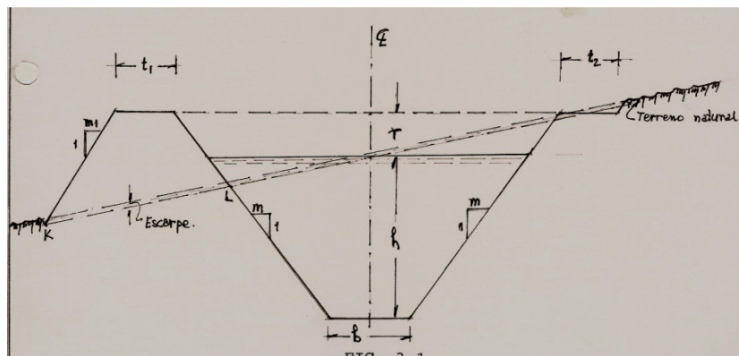


Figura 14. Plano de un canal trapecial  
Fuente: Mery, 2007

**f) Casa de máquinas**

La casa o caverna de máquinas, en caso de estar enterrada, es el edificio que da alojamiento a los equipos que permiten la transformación de la energía hidráulica en energía eléctrica. Se encuentran entre ellos turbinas, generadores, equipos auxiliares y tableros de control.



Figura 15. Casa de maquinas central Guayacán  
Fuente: Fotografía tomada durante visita a la central

***g) Subestación***

Este tipo de proyecto debe considerar la construcción y operación de una subestación eléctrica o patio de alta tensión donde se ubiquen los transformadores de poder para elevar el voltaje y comenzar la transmisión.

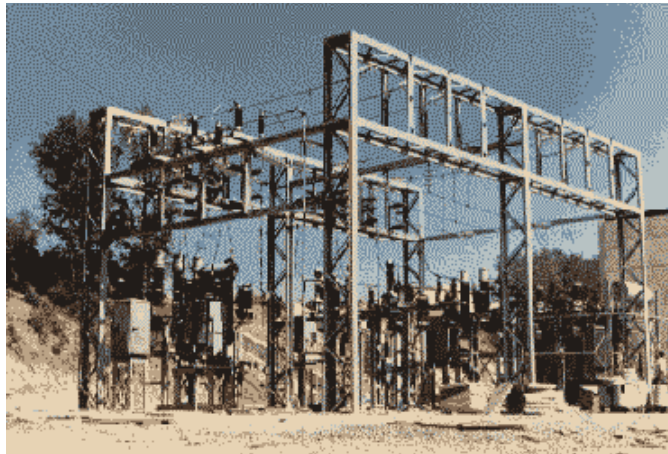


Figura 16. Subestación

***h) Otras obras***

Si bien no son obras propias de las centrales, deben considerarse para la evaluación de impacto ambiental las rutas de acceso y las instalaciones de apoyo necesarias especialmente durante la etapa de construcción de la central entre las que se encuentran botaderos, plantas de hormigón, campamento, etc.

## C. Proyectos de PCH en Chile

Tabla 10. Proyectos de PCH ingresados al SEIA electrónico

Nombre Proyecto	Potencia Instalada	Tipo*	Ingreso	Región	Fecha calificación
Mini Central Hidroeléctrica El Canelo	5.5	CN	DIA	Novena	29-abr-2011
Central Hidroeléctrica Providencia	12.7	CR	DIA	Séptima	7-jul-2011
Proyecto Central Hidroeléctrica Río Picoiquén	19.2	CN	DIA	Novena	28-ene-2011
Central Hidroeléctrica Mallarauco	3.4	CR	DIA	RM	13-ago-2010
Generadora Eléctrica Roblería	3.9	CR	DIA	Séptima	30-dic-2010
Central Hidroeléctrica Los Hierros	19.85	CR	EIA	Séptima	9-nov-2010
Mini Central Hidroeléctrica de Pasada Río Negro	8	CN	DIA	Décima	25-may-2010
Central Hidroeléctrica Río Huasco	4.3	EMB	DIA	Tercera	12-jul-2010
Mini Central Hidroeléctrica de Pasada El Callao	3.2	CN	DIA	Décima	8-jun-2010
Mini Central Hidroeléctrica Cayucupil	6	CN	DIA	Octava	9-ago-2010
CH de Pasada Canal Bío-Bío Sur	7.1	CR	DIA	Octava	11-jun-2010
Mini central Hidroeléctrica Puruquina	7.6	CN	EIA	Décima	17-nov-2009
Central Hidroeléctrica Mariposas	6	CR	DIA	Séptima	24-jun-2009
Central Hidroeléctrica Butamalal	11	CN	DIA	Octava	18-ago-2009
Mini central Hidroeléctrica El Diuto	3.16	CR	DIA	Octava	21-ago-2009
Pequeña Central Hidroeléctrica Dongo	5	CN	DIA	Décima	6-ene-2009
Central Hidroeléctrica Guayacán	10.4	CN	DIA	RM	17-mar-2009
Central de Pasada Carilafquén-Malalcahuello	18.3	CN	DIA	Novena	29-jul-2008
Central de Pasada Tacura	5.87	CN	DIA	Novena	29-jul-2008
Central hidroeléctrica El Paso	26.84	CN	EIA	Sexta	24-dic-2008
Mini Central hidroeléctrica La Paloma	4.5	EMB	DIA	Cuarta	5-jun-2008
Mini central Hidroeléctrica de Pasada Casualidad	21.2	CN	DIA	Decimocuarta	22-dic-2008
Mini central Hidroeléctrica El Manzano	4.7	CN	DIA	Novena	28-nov-2007
Mini CH de Pasada Río Blanco Rupanco	5.5	CN	DIA	Décima	11-mar-2008
Mini Central Hidroeléctrica de Pasada Río Nalcas	3.5	CN	DIA	Décima	19-may-2008
Mini CH de Pasada Palmar - Correntoso	13	CN	EIA	Décima	9-jul-2008
Central Hidroeléctrica de Pasada Río Blanco	18	CN	DIA	Décima	18-feb-2008
Central Hidroeléctrica San Clemente	6	CN	DIA	Séptima	25-sep-2007
Central Hidroeléctrica de Pasada Trupan	36	CR	DIA	Octava	12-nov-2007
Central Hidroeléctrica Balalita	11	CN	DIA	Cuarta	9-jun-2007
Central Hidroeléctrica Convento Viejo	14	EMB	DIA	Sexta	24-abr-2007
Central Hidroeléctrica Lircay	19.04	CR	DIA	Séptima	22-nov-2006
Central Hidroeléctrica Pulelfu	9	CN	DIA	Décima	30-mar-2007
Central Hidroeléctrica Chilcoco	12	CN	DIA	Decimocuarta	29-sep-2007
Central Hidroeléctrica Laja	25	CN	EIA	Octava	21-sep-2006
Central Hidroeléctrica Puclaro	5.4	EMB	DIA	Cuarta	7-ago-2006
Central Hidroeléctrica Alto Cautín	6	CN	DIA	Novena	18-abr-2006
Mini central Hidroeléctrica Ojos de Agua	9	CN	DIA	Séptima	1-feb-2006
Central Hidroeléctrica Trueno	4.15	CN	DIA	Novena	28-oct-2005
Proyecto Hidroeléctrico Licán	10	CN	EIA	Decimocuarta	29-dic-2004



- CN: Cauce Natural    CR: Canal de Riego    Emb: Embalse de Riego

Tabla 11. Obras civiles de los proyectos seleccionados

Obra Civil/Proyecto	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Obra de Captación	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Desarenador	SI	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SI
Obras de Conducción	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI
Obra de Seguridad	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Cámara de Carga	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Tubería en Presión	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Casa de máquinas	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Canal de Restitución	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Subestación	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI
Vías y Caminos	Si	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Obras de Apoyo	Si	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

1	Central Hidroeléctrica Balalita
2	Central Hidroeléctrica El Paso
3	Minicentral Hidroeléctrica Ojos de Agua
4	Central Hidroeléctrica Laja
5	Central Hidroeléctrica Río Picoiquén
6	Minicentral Hidroeléctrica Piruquina
7	Mini CH de Pasada Palmar - Correntoso
8	Proyecto Hidroeléctrico Licán
9	Central Hidroeléctrica Guayacán

## **Anexo 2**

### **Normativa Vigente relacionada a PCH-CN**

## **Normativa de carácter general**

### **Ley N° 1150 Constitución Política de la República de Chile, 1980**

Establece, para todas las personas, “el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación” y establece que “es deber del Estado velar para que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza”. Además, señala que “la ley podrá establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades para proteger el medio ambiente”.

### **Ley N° 19300 Sobres Bases Generales del Medio Ambiente, 1994**

Establece instrumentos de gestión ambiental en particular el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, determinando que tipo de proyectos deben ingresar al sistema y su forma de ingreso.

### **Ley N° 20417 Crea el ministerio, el SEIA y la Superintendencia del Medio Ambiente, 2010**

Introduce cambios en la ley N°19300, modificando ciertos vacíos del sistema y crea a su vez nuevas institucionalidades ambientales.

### **D.S. N°95 Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, 2001**

Establece y aclara criterios y procedimientos del SEIA.

### **D.F.L. N°4 texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N° 20018 Ley General de Servicios Eléctricos, 2007**

Rige la producción, el transporte, la distribución, el régimen de concesiones y tarifas de la energía eléctrica y las funciones del Estado relacionadas con estas materias.

### **D.S. N° 327 Fija Reglamento de de la Ley de Servicios Electricos, 1997**

Establece y aclara criterios y procedimientos relacionados a la Ley de Servicios Eléctricos.

### **Ley N°20257 Introduce Modificaciones a la Ley de Servicios Eléctricos respecto de la generación de energía eléctrica con fuentes de ERNC.**

Introduce incentivos para la generación a través de ERNC, estableciendo los criterios para ésta.

## **Normativa de carácter específico**

Las normativas de carácter específico relacionadas a PCH-CN se encuentran ordenadas según el ámbito de protección ambiental que representan.

### **Emisiones atmosféricas**

**D.S. N° 144/61**, Establece Normas para Evitar Emanaciones o Contaminantes Atmosféricos de Cualquier Naturaleza.

Ministerio de Salud., Diario Oficial: 18/05/61

**D.S. N° 4/92**, Establece Norma de Emisión de Material Particulado a Fuentes Estacionarias Puntuales y Grupales.

Ministerio de Salud, Diario Oficial: 02/03/92

**D.S. N° 75**, Establece Condiciones para el Transporte de Cargas que Indica

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Diario Oficial: 07/07/1987

**D.S. N° 47**, Ordenanza General de urbanismo y Construcciones

Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Diario Oficial: 05/06/1992

**D.S. N° 138**, Establece Obligación de Declarar Emisiones

Ministerio de Salud, Diario Oficial: 17/11/2005

**D.S. N° 55**, Norma de Emisión a Vehículos Motorizados que indica

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Diario Oficial: 08/03/1994

### **Ruido**

**D.S. N° 146**, Establece Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas

Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Diario Oficial: 17/04/19985

**D.S. N° 594**, Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo

Ministerio de Salud, Diario Oficial: 29/04/2000

## **Efluentes Líquidos**

**D.F.L. N° 725**, Código Sanitario

Ministerio de Salud, Diario Oficial: 31/03/1968

**D.S. N° 90/2000**, Regula Contaminantes por Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Continentales y Superficiales.

Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Diario Oficial: 03/09/2001

**D.S. N° 3557**, Establece Disposiciones sobre Protección Agrícola

Ministerio de Agricultura, Diario Oficial: 09/02/1981

## **Residuos Sólidos**

**D.F.L. N° 725**, Código Sanitario

Ministerio de Salud, Diario Oficial: 31/03/1968

**D.S. N° 148**, Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos

Ministerio de Salud, Diario Oficial: 12/06/1993

**D.S. N° 3557**, Establece Disposiciones sobre Protección Agrícola

Ministerio de Agricultura, Diario Oficial: 09/02/1981

**D.S. N° 379**, Aprueba Reglamento Sobre Requisitos Mínimos de Seguridad para el Almacenamiento y Manipulación de Combustibles Líquidos Derivados del Petróleo Destinados a Consumos Propios.

Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción, Diario Oficial: 19/03/86

**D.S. N° 594**, Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo

Ministerio de Salud, Diario Oficial: 29/04/2000

### **Protección de Recursos Naturales**

**Ley N°20283** Ley sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal

Ministerio de Agricultura, Diario Oficial: 30/07/2008

**D.S. N° 531**, Convención Internacional para la Protección de la Flora y Fauna y las Bellezas Escénicas Naturales de América.

Ministerio de Relaciones Exteriores, Año Publicación: 1967

**D.S. N° 1963, Convenio sobre Diversidad Biológica**

Año Publicación: 1995

### **Recursos Hídricos**

**D.F.L. N° 1122**, Código de Aguas

Ministerio de Justicia, Diario Oficial: 29/10/1981

### **Patrimonio Histórico y Arqueológico**

**Ley N°17288 Legisla Sobre monumentos Nacionales**

Ministerio de Educación, Diario Oficial: 04/02/1970

**Decreto 484 Reglamento de la Ley de Monumentos Nacionales**

Ministerio de Educación, Diario Oficial: 02/04/1991

## **Seguridad y Salud Ocupacional**

**Ley N° 16.744**, Accidentes y Enfermedades Profesionales.

Ministerio del Trabajo y Previsión Social, Diario Oficial: 01/02/68

**D.F.L. N°1**, Código del Trabajo (Art. 153–157).

Ministerio del Trabajo y Previsión Social, Diario Oficial: 24/01/94

**D.S. N° 745**, Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo.

Ministerio de Salud, Diario Oficial: 08/06/93

**D.S. N° 95**, Modifica D.S. N° 40/69 que Aprobó el Reglamento Sobre Prevención de Riesgos Profesionales.

Ministerio del Trabajo y Previsión Social, Diario Oficial: 16/09/95

**D.S. N° 90**, Reglamento de Seguridad para Almacenamiento, Refinación, Transporte y Expendio al Público de Combustibles Líquidos Derivados del Petróleo.

Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción, Diario Oficial: 05/08/96

**Norma NCh 387/Of. 55 / D.S. 1.314**, Medidas de Seguridad en el Empleo y Manejo de Materias Primas Inflamables.

Ministerio de Economía, Diario Oficial: 30/11/55

## **Permisos Ambientales Sectoriales**

Los permisos ambientales sectoriales (PAS) son aquellos permisos o pronunciamientos de carácter ambiental que, de acuerdo con la legislación vigente, deban o puedan emitir los organismos del Estado respecto de proyectos o actividades sometidos al SEIA y que son otorgados a través de dicho sistema (“Ventanilla Única”) de acuerdo a lo dispuesto en los artículos 65-106 del Reglamento. A continuación se identifican los PAS que podrían resultar aplicables a PCH-CN

### **PAS del Art. 89**

Permiso para la extracción de ripio y arena en los cauces de los ríos y esteros, a que se refiere el artículo 11 de la Ley N°11.402, los requisitos para su otorgamiento y los contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento.

**PAS del Art. 91**

Construcción, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de desagües y aguas servidas de cualquier naturaleza.

**PAS del Art. 93**

Permiso para la construcción, modificación y ampliación de cualquier planta de tratamiento de basuras y desperdicios de cualquier clase; o para la instalación de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios de cualquier clase

**PAS del Art. 94**

En la calificación de los establecimientos industriales o de bodegaje a que se refiere el artículo 4.14.2. del D.S. N°47/92, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

**PAS del Art. 95**

Permisos para realizar pesca de investigación que sea necesaria para el seguimiento de la condición de poblaciones de especies hidrobiológicas en la aplicación del primer año del plan de seguimiento ambiental, a que se refiere el Título VII de la Ley N° 18.892, Ley General de Pesca y Acuicultura y sus modificaciones, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado se contiene en el D.S. N° 430, de 1992, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción

**PAS del Art. 96**

Cambio de Uso de suelo. Permiso para subdividir y urbanizar terrenos rurales para complementar alguna actividad industrial con viviendas, dotar de equipamiento a algún sector rural, o habilitar un balneario o campamento turístico; o para las construcciones industriales, de equipamiento, turismo y poblaciones, fuera de los límites urbanos.

**PAS del Art. 99**

Permiso para la caza o captura de los ejemplares de animales de las especies protegidas, a que se refiere el artículo 9° de la Ley N°4.601, sobre Caza.



**PAS del Art. 101**

Permiso para la construcción de las obras hidráulicas a que se refiere el artículo 294 del Código de Aguas

**PAS del Art. 102**

Permiso para corta o explotación de bosque nativo, en cualquier tipo de terrenos, o plantaciones ubicadas en terrenos de aptitud preferentemente forestal

**PAS del Art. 106**

Permiso para las obras de regularización y defensa de cauces naturales

## **Anexo 3**

### **Desarrollo de Listado de Verificación**

Tabla 12. Actividades etapa de construcción de PCH-CN

Zona	Sub-Zona	Actividades Relevantes	
OT - 1	Bocatoma	Construcción de ataguías	
		Excavación fundaciones	
		Construcción de bocatoma	
		Construcción desarenador	
	Canales	Roce y despeje de vegetación	
		Excavaciones (incluye tronaduras en sectores con roca)	
		Revestimiento de canales con hormigón proyectado	
		Construcción de obras especiales (transiciones y cruce de quebradas)	
	Túneles	Construcción de portales	
		Tronaduras (excavaciones subterráneas)	
		Retiro de marinas	
		Colocación de sostenimientos	
		Construcción de radier de hormigón	
		Montaje Tuberías	
	Sifones	Construcción de ataguías	
		Excavaciones (incluye tronaduras en sectores con roca)	
Construcción del sifón			
Restitución del cauce y protección con enrocados			
GE - 2	Cámara de Carga	Roce y despeje de vegetación	
		Excavación (incluye tronaduras en sectores con roca)	
		Construcción de la cámara	
	Tubería en Presión	Roce y despeje de vegetación	
		Excavación (incluye tronaduras en sectores con roca)	
		Construcción de silla y manchones de anclaje	
		Montaje de tubería	
	Casa o Caverna de Máquinas	Roce y despeje de vegetación	
		Excavaciones (incluye tronaduras en sectores con roca)	
		Construcción de las obras civiles	
		Montaje de estructuras metálicas	
		Montaje de equipos electromecánicos	
		Pruebas y puesta en marcha	
	RE - 3	Rápidos de descargas	Roce y despeje de vegetación
			Excavaciones
Construcción de obras de hormigón			
Construcción obras de protección hidráulica			

<b>Tabla 12. Continuación</b>		
	Canal de Restitución	Roce y despeje de vegetación
		Excavaciones
		Tronaduras
		Construcción de canales de hormigón
		Construcción obras de protección hidráulica
AT - 4	Subestaciones	Roce y despeje de vegetación
		Movimiento de tierra
		Construcción de obras civiles
		Instalación de cercos
		Instalación de equipos
	Pruebas y puesta en marcha	
	Línea de interconexión	Poda de la vegetación
		Movimiento de tierra
		Instalación de los postes
		Tendido de los conductores y cable de guardia
Pruebas de recepción		
CN - 5	Cauce	Desvío a través de ataguías
OA - 6	Caminos nuevos	Roce y despeje de vegetación
		Excavaciones
		Construcción de terraplenes
		Construcción cunetas
		Construcción de carpeta de rodado
		Instalación de barreras y señalética
	Caminos a mejorar	Construcción carpeta de rodado
		Rehabilitación de cuneta
		Instalación de barreras y señalética
	Instalaciones de faenas	Roce y despeje de vegetación
		Escarpe del terreno
		Nivelación, relleno y compactación del suelo
		Instalación y operación de grupos electrógenos
		Manejo de aguas servidas – baños químicos (en faenas)
		Manejo de residuos sólidos domésticos
		Manejo de residuos sólidos industriales
		Manejo de excedentes de excavaciones
Tránsito de maquinaria pesada y camiones		
Manejo de combustibles		
Desmovilización y retiro de instalaciones		
Incorporación de suelo vegetal y plantación de vegetación		

<b>Tabla 12. Continuación</b>	
Frentes de Trabajo	Instalación y operación de grupos electrógenos
	Manejo de aguas servidas – baños químicos (en faenas)
	Manejo de residuos sólidos domésticos
	Manejo de residuos sólidos de construcción e industriales
	Manejo de excedentes de excavaciones
	Tránsito de maquinaria pesada y camiones
	Desmovilización y retiro de instalaciones
Plantas dosificadoras de hormigón	Roce y despeje de vegetación
	Escarpe del terreno
	Emplazamiento de instalaciones
	Instalación y operación de grupos electrógenos
	Acopio de material granular
	Tránsito de maquinaria pesada y camiones
	Desmovilización y retiro de instalaciones
Depósitos de residuos	Escarpe del terreno
	Manejo de residuos de construcción y excedentes de excavaciones
	Desmovilización y retiro de instalaciones
	Cierre-abandono de depósitos
	Incorporación de suelo vegetal y plantación de vegetación
Polvorines	Roce y despeje de vegetación
	Escarpe del terreno
	Nivelación, relleno y compactación del suelo
	Construcción de instalaciones
	Manejo de explosivos
	Desmovilización y retiro de instalaciones
	Incorporación de suelo vegetal y plantación de vegetación

Tabla 13. Actividades etapa de operación de una PCH-CN

Central Hidroeléctrica	Traslado de personal
	Transporte de materiales e insumos
	Operación de central
	Regulación de caudal
	Manejo de aguas servidas
	Manejo de residuos sólidos domésticos
Líneas de alta tensión	Requerimiento de personal para inspecciones
	Mantenimiento de faja de servidumbre
	Tránsito de vehículos

Tabla 14. Listado de verificación de acuerdo a bibliografía especializada

<b>ETAPA DE CONSTRUCCIÓN</b>	
<b>Aire</b>	
01 - CON - AI01	Aumento Material Particulado
02 - CON - AI02	Emisión de gases
03 - CON - AI03	Aumento de nivel de ruido y vibraciones
<b>Agua</b>	
04 - CON - AG01	Aumento de sólidos en suspensión
05 - CON - AG02	Modificación de mecánica fluvial del río
<b>Suelo</b>	
06 - CON - SU01	Uso económico de suelos sin uso alternativo
07 - CON - SU02	Erosión de suelos
<b>Flora</b>	
08 - CON - FL01	Remoción de cobertura vegetal
<b>Fauna</b>	
09 - CON - FA01	Alteración de comunidades acuáticas
10 - CON - FA02	Alteración de comunidades de fauna terrestre
<b>Medio Humano</b>	
11 - CON - MH01	Alteración de costumbres en comunidades cercanas
12 - CON - MH02	Incremento de habitantes en centros urbanos cercanos
13 - CON - MH03	Aumento de posibilidades de empleo
<b>Paisaje y Turismo</b>	
14 - CON - PT01	Alteración de valor paisajístico
<b>Medio Construido</b>	
15 - CON - MC01	Deterioro vías de transito
16 - CON - MC02	Mejoramiento y construcción de vías de transito

<b>Tabla 13. Continuación</b>	
<b>ETAPA DE OPERACIÓN</b>	
<b>Agua</b>	
17 - OP - AG01	Modificación del régimen hidrológico y mecánica fluvial del río
18 - OP - AG02	Riesgo de deterioro de la calidad del agua
<b>Flora</b>	
19 - OP - FL01	Remoción de cobertura vegetal
<b>Fauna</b>	
20 - OP - FA01	Menoscabo en el hábitat de la fauna acuática
21 - OP - FA02	Efecto barrera para la población íctica
22 - OP - FA03	Riesgo de choque para avifauna
23 - OP - FA04	Posible efecto de campos electromagnéticos en la fauna
<b>Medio Humano</b>	
24 - OP - MH01	Posible efecto de campos electromagnéticos en las personas
<b>Paisaje y Turismo</b>	
25 - OP - PT01	Alteración de valor paisajístico

Tabla 15. Impactos adicionales considerados a través de la revisión de normativa

Etapa	Componente ambiental	Impacto Ambiental
Construcción	Agua	Riesgo de deterioro de la calidad del agua
	Suelo	Riesgo de contaminación
	Flora	Perdida de flora nativa y/o con problemas de conservación
	Fauna	Perdidas de fauna nativa y/o con problemas de conservación
	Medio Humano	Alteración de costumbres de comunidades étnicas
	Áreas Protegidas	Alteración de reservas naturales o parques nacionales
	Áreas Protegidas	Alteración de patrimonio arqueológico o histórico
Paisaje y turismo	Alteración de actividad turística	
Operación	Fauna	Perdidas de fauna nativa y/o con problemas de conservación
	Fauna	Alteración de comunidades de fauna terrestre
	Paisaje y turismo	Alteración de actividad turística

Tabla 16. Impactos adicionales considerados a través de listado de actividades

Etapa	Componente ambiental	Impacto Ambiental
Construcción	Suelo	Perdida de estabilidad mecánica
	Suelo	Compactación de suelo
	Fauna	Efecto barrera para la población íctica
	Medio Humano	Incremento de la actividad económica
	Medio Humano	Aumento flujo vehicular

Tabla 17. Impactos adicionales considerados a través de EsIA y DIA

Etapa	Componente Ambiental	Impacto Ambiental
Construcción	Agua	Intervención en red de drenaje
	Suelo	Pérdida de productividad biológica
	Flora	Restricciones reproductivas
Operación	Aire	Aumento Nivel de Ruido
	Agua	Alteración del nivel estático en acuíferos cercanos
	Medio Humano	Alteración de la disponibilidad del recurso hídrico
	Suelo	Perdida de estabilidad mecánica
	Medio Construido	Riesgo de deterior de obras civiles en el cauce

Tabla 18. Resumen del origen de los Impactos considerados

- A Bibliografía Especializada
- B Normativa Ambiental
- C Actividades
- D EsIA y DIA de proyectos seleccionados

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN		A	B	C	D
<b>Aire</b>					
01 - CON - AI01	Aumento Material Particulado	x	x	x	x
02 - CON - AI02	Emisión de gases	x	x	x	x
03 - CON - AI03	Aumento de nivel de ruido y vibraciones	x	x	x	x
<b>Agua</b>					
04 - CON - AG01	Aumento de sólidos en suspensión	x	x	x	x
05 - CON - AG02	Modificación de mecánica fluvial del río	x	x	x	x
06 - CON - AG03	Riesgo de deterioro de la calidad del agua		x		
07 - CON - AG04	Intervención en red de drenaje y/o quebradas		x		x



<b>Tabla 18. Continuación</b>					
<b>Suelo</b>					
08 - CON - SU01	Pérdida de productividad biológica			x	
09 - CON - SU02	Cambio en el uso de suelo	x	x	x	x
10 - CON - SU03	Erosión de suelos	x	x	x	x
11 - CON - SU04	Pérdida de estabilidad mecánica	x	x	x	x
12 - CON - SU05	Compactación de suelo			x	
13 - CON - SU06	Riesgo de contaminación		x	x	
<b>Flora</b>					
14 - CON - FL01	Remoción de cobertura vegetal	x	x	x	x
15 - CON - FL02	Pérdida de flora nativa y/o con problemas de conservación		x		x
16 - CON - FL03	Restricciones reproductivas	x			x
<b>Fauna</b>					
17 - CON - FA01	Alteración de comunidades acuáticas	x	x	x	x
18 - CON - FA02	Efecto barrera para la población íctica	x			x
19 - CON - FA03	Alteración de comunidades de fauna terrestre	x	x	x	x
20 - CON - FA04	Pérdidas de fauna nativa y/o con problemas de conservación		x		x
<b>Medio Humano</b>					
21 - CON - MH01	Alteración de costumbres en comunidades cercanas	x	x	x	x
22 - CON - MH02	Incremento de habitantes en centros urbanos cercanos	x	x	x	x
23 - CON - MH03	Aumento de posibilidades de empleo	x	x	x	x
24 - CON - MH04	Incremento de la actividad económica	x	x	x	x
25 - CON - MH05	Alteración de costumbres de comunidades étnicas		x		
26 - CON - MH06	Aumento flujo vehicular	x		x	
<b>Áreas Protegidas</b>					
27 - CON - AP01	Alteración de reservas naturales o parques nacionales		x		x
28 - CON - AP02	Alteración de patrimonio arqueológico o histórico		x		x
<b>Paisaje y Turismo</b>					
29 - CON - PT01	Alteración de valor paisajístico	x	x	x	x
30 - CON - PT02	Alteración de actividad turística		x	x	x
<b>Medio Construido</b>					
31 - CON - MC01	Deterioro vías de tránsito	x		x	
32 - CON - MC02	Mejoramiento y construcción de vías de tránsito	x		x	x
<b>ETAPA DE OPERACIÓN</b>					
<b>Aire</b>					
33 - OP- AI04	Aumento Nivel de Ruido		x		x
<b>Agua</b>					
34 - OP - AG01	Modificación del régimen hidrológico y mecánica fluvial del río	x	x	x	x
35 - OP - AG02	Riesgo de deterioro de la calidad del agua		x	x	x

<b>Tabla 18. Continuación</b>				
36 - OP - AG03	Alteración del nivel estático en acuíferos cercanos	x		x
<b>Suelo</b>				
37 - OP - SU01	Pérdida de estabilidad mecánica		x	x
<b>Flora</b>				
38 - OP - FL01	Remoción de cobertura vegetal	x	x	x
<b>Fauna</b>				
39 - OP - FA01	Menoscabo en el hábitat de la fauna acuática	x	x	x
40 - OP - FA02	Efecto barrera para la población íctica	x		x
41 - OP - FA03	Pérdidas de fauna nativa y/o con problemas de conservación		x	x
42 - OP - FA04	Alteración de comunidades de fauna terrestre			x
43 - OP - FA05	Riesgo de choque para avifauna	x		x
44 - OP - FA06	Posible efecto de campos electromagnéticos en la fauna	x		
<b>Medio Humano</b>				
45 - OP - MH01	Posible efecto de campos electromagnéticos en las personas	x		x
46 - OP - MH02	Alteración de la disponibilidad del recurso hídrico		x	x
<b>Paisaje y Turismo</b>				
47 - OP - PT01	Alteración de valor paisajístico	x	x	x
48 - OP - PT02	Alteración de actividad turística		x	x
<b>Medio Construido</b>				
49 - OP - MC01	Riesgo de deterioro de obras civiles en el cauce		x	x

Tabla19. Duración de la etapa de construcción de los proyectos

<b>Proyecto</b>	<b>Duración Construcción (meses)</b>
Central Hidroeléctrica Balalita	25
Central Hidroeléctrica El Paso	25
Minicentral Hidroeléctrica Ojos de Agua	24
Central Hidroeléctrica Laja	20
Central Hidroeléctrica Río Picoiquén	18
Minicentral Hidroeléctrica Piruquina	23
Mini CH de Pasada Palmar - Correntoso	12
Proyecto Hidroeléctrico Licán	25
Central Hidroeléctrica Guayacán	19

## **Anexo 4**

### **Fotografías de la visita a Central Guayacán**



Figura 17. Zona de desvío a obra de toma



Figura 18. Obra de Toma



Figura 18. Canal de Aducción y zonas de revegetación



Figura 19. Desarenadores y compuertas de descarga de rípios



Figura 20. Cámara de Carga y Vertedero de Seguridad



Figura 21. Tubería en Presión y Casa de Maquinas



Figura 22. Vista interior casa de máquinas



Figura 23. Zona de restitución



Figura 24. Subestación Guayacán