

Universidad de Santiago de Chile  
Facultad de Ciencias  
Departamento de Física



PROPUESTA DE GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL  
IMPACTO ACÚSTICO GENERADO POR LÍNEAS DE  
TRANSMISIÓN ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN  
ALTERNA, EN EL MARCO DEL SEIA

DANIELA FERNANDA BRICEÑO GUTIÉRREZ

PROFESOR GUÍA : ING. ROBERTO QUEZADA BARRERA  
PROFESOR PATROCINANTE : MS. OSCAR RICARDO PESSE LÖRH

TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA FÍSICO

SANTIAGO DE CHILE  
2011

PROPUESTA DE GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO  
ACÚSTICO GENERADO POR LÍNEAS DE TRANSMISIÓN  
ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN ALTERNA, EN EL MARCO DEL  
SEIA

Trabajo de Graduación presentado a la Facultad de Ciencia, en cumplimiento parcial de los requerimientos exigidos para optar al Título Profesional de Ingeniero Físico.

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE

SANTIAGO DE CHILE

2011

PROPUESTA DE GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO  
ACÚSTICO GENERADO POR LÍNEAS DE TRANSMISIÓN  
ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN ALTERNA, EN EL MARCO DEL  
SEIA

Este trabajo de Graduación fue preparado bajo la supervisión del profesor guía Ing. Roberto Quezada Barrera, del Ministerio de Medio Ambiente de Chile y ha sido aprobado por los miembros de la comisión calificadora.

Dra. Yolanda Vargas Hernández .....

Dr. Juan Escrig Murúa .....

Ing. Igor Valdebenito Ojeda .....

Ing. Roberto Quezada Barrera .....

Ms. Oscar Ricardo Pesse Lörh .....

.....  
Director Bernardo Carrasco Puentes

©DANIELA FERNANDA BRICEÑO GUTIÉRREZ

Se autoriza la reproducción parcial o total de esta obra, con fines académicos, por cualquier forma, medio o procedimiento, siempre y cuando se incluya la cita bibliográfica del documento.

*Dedico este trabajo a mi abuelo,  
Manuel Gutiérrez Morales (q.e.d.)*

# AGRADECIMIENTOS

---

Agradezco a todos quienes me dieron su valiosa y desinteresada ayuda para efectuar este trabajo.

Una parte importante en el desarrollo de este trabajo, fue la realización de mi práctica profesional en la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), actual Ministerio de Medio Ambiente, dónde me otorgaron una gama de instrumentos que complementó mi formación de Ingeniera Físico. Es por esto, que agradezco a Roberto Quezada e Igor Valdebenito por su disponibilidad y paciencia, pero por sobre todo por la confianza que depositaron en mí.

Doy las gracias a mis amigos por su apoyo y compañía en el proceso para la obtención de este título, en especial a Silvana Alvarez, Mirta Valle, Antonella Rescaglio, Juan Palma, Franco Tapia, Hugo Hernández, Jorge Salgado y Rubén Gárate.

Finalmente, agradezco a mis padres, Elena y Juan, y a mi madrina Rosa, por demostrarme su amor día a día y por todo el esfuerzo que realizaron en este largo camino.

# ÍNDICE GENERAL

---

|  |            |
|--|------------|
| <b>Agradecimientos</b>   | <b>VI</b>  |
| <b>Resumen</b>   | <b>XIV</b> |
| <b>1. Introducción</b>   | <b>1</b>   |
| 1.1. Antecedentes . . . . .                                      | 2          |
| 1.2. Objetivos . . . . .   | 4          |
| 1.2.1. Objetivo General . . . . .                                | 4          |
| 1.2.2. Objetivos Específicos . . . . .                           | 4          |
| <b>2. Marco Teórico</b>  | <b>5</b>   |
| 2.1. Efecto Corona . . . . .                                     | 5          |
| 2.1.1. Formación de descargas . . . . .                          | 6          |
| 2.1.2. Tipos de descargas . . . . .                              | 6          |
| 2.1.3. Variables . . . . .                                       | 9          |
| 2.2. Método de Cálculo . . . . .                                 | 13         |
| 2.2.1. Campo eléctrico . . . . .                                 | 14         |
| 2.2.2. Cálculo del Ruido producido por los conductores . . . . . | 18         |

---

|   |           |
|---|-----------|
| 2.2.3. Métodos Específicos . . . . .  | 20        |
| 2.2.4. Métodos Generales . . . . .  | 21        |
| 2.3. Normativa Aplicable . . . . .  | 30        |
| 2.3.1. Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) . . . . .  | 30        |
| 2.3.2. D.S.Nº146/97 MINSEGPRES, Norma de Emisión de Ruidos<br>Molestos Generados por Fuentes Fijas. . . . . | 31        |
| <b>3. Procedimiento y Método Utilizado</b>  | <b>33</b> |
| 3.1. Proyectos ingresados al SEIA . . . . .   | 34        |
| 3.2. Predicción de Ruido . . . . .  | 35        |
| 3.2.1. Lectura de datos . . . . .   | 36        |
| 3.2.2. Coef. de Potencial . . . . .   | 38        |
| 3.2.3. Solución Sistema . . . . .   | 39        |
| 3.2.4. Campo Eléctrico . . . . .  | 39        |
| 3.2.5. Ruido . . . . .  | 39        |
| 3.3. Medición . . . . .   | 40        |
| 3.3.1. Instrumentación . . . . .  | 40        |
| 3.3.2. Procedimiento . . . . .  | 40        |
| <b>4. Resultados</b>  | <b>44</b> |
| 4.1. Predicción de Ruido . . . . .  | 44        |
| 4.1.1. Línea Ancoa - Alto Jahuel, tramo Polpaico - Alto Jahuel . . . . .                                    | 45        |
| 4.2. Mediciones . . . . .   | 46        |
| 4.2.1. Condiciones de la Medición . . . . .   | 46        |

---

|  |           |
|--|-----------|
| <b>5. Discusión</b>                            | <b>48</b> |
| <b>6. Conclusión</b>                           | <b>52</b> |
| <b>A. Instrumentación</b>                      | <b>58</b> |
| A.1. Sonómetro <b>01dB Solo Blue</b> . . . . . | 58        |
| A.2. Micrófono de 1/2" . . . . .               | 59        |
| A.3. Xplorer GLX - PASCO . . . . .             | 60        |
| A.4. Sensor de Temperatura . . . . .           | 60        |
| A.5. Sensor de Presión Absoluta . . . . .      | 61        |
| A.6. GPS Smap®76 . . . . .                     | 61        |
| A.7. Cinta de medir STANLEY . . . . .          | 62        |
| <b>B. Localización de Mediciones</b>           | <b>63</b> |
| <b>C. Espectros de Medición</b>                | <b>65</b> |
| <b>D. Estudio Previo</b>                       | <b>68</b> |

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

|  |    |
|--|----|
| 1.1. <i>Distribución temporal de Proyectos ingresados al SEIA, período 01/01/1994 a 31/07/2009. . . . .</i>  | 3  |
| 1.2. <i>Estado de proyectos ingresados al SEIA, en el período del 01 de Enero 1994 a 31 de Julio de 2009. . . . .</i>  | 3  |
| 2.1. <i>Flujo de electrones alejándose del conductor. [1] . . . . .</i>  | 7  |
| 2.2. <i>Cambio del campo eléctrico y desplazamiento de cargas en torno al conductor negativo, para tres instantes sucesivos. [1] . . . . .</i>   | 7  |
| 2.3. <i>Esquema de avalancha en un conductor positivo. [1] . . . . .</i>   | 9  |
| 2.4. <i>Cambio del campo eléctrico y desplazamiento de cargas en torno al conductor positivo, para tres instantes sucesivos. [1] . . . . .</i>   | 9  |
| 2.5. <i>Espectro de ruido generado por el efecto corona en mediciones de una línea de 400 kV, comparado con los espectros de ruido ambiente y con la aplicación de filtro ponderado A. [2] . . . . .</i> | 13 |
| 2.6. <i>Campo eléctrico en un alambre con densidad de carga lineal <math>\lambda</math>. . . . .</i>   | 14 |
| 2.7. <i>Geometría conductor - conductor imagen . . . . .</i>   | 16 |
| 2.8. <i>Representación de un haz de conductores. [5] . . . . .</i>   | 17 |
| 3.1. <i>Torre de alta tensión con fases R, S y T . . . . .</i>   | 36 |
| 3.2. <i>Torre de alta tensión de configuración doble circuito . . . . .</i>  | 37 |

|   |    |
|---|----|
| 3.3. Configuración y distancia entre conductores . . . . .  | 38 |
| 3.4. Zona de medición, Ruta 68 - km 17,1 . . . . .  | 41 |
| 3.5. Distribución de los puntos de medición. A la izquierda se muestra un esquema con el orden de los puntos de los perfiles lateral y perpendicular, y a la derecha las distancias reales entre estos puntos, de acuerdo a las coordenadas medidas con el GPS. . . . . | 42 |
| 3.6. Posición del micrófono para medir ruido [11] . . . . .   | 42 |
| 4.1. Ruido estimado por los métodos predictivos, en función de la distancia fuente-receptor (d) . . . . .   | 46 |
| 5.1. Contraste entre valores teóricos y prácticos . . . . .   | 48 |
| 5.2. Descriptores de ruido $L_{eq}$ , $L_{min}$ y $L_{max}$ para los puntos de medición perpendiculares a la LEAT. . . . .  | 49 |
| 5.3. Ruido con corrección a las mediciones por condiciones de conductor mojado y lluvia fuerte . . . . .  | 50 |
| 5.4. Ruido medido paralelamente a la LEAT . . . . .   | 51 |
| A.1. Sonómetro 01dB Solo Blue . . . . .   | 59 |
| A.2. Xplorer GLX - PASCO . . . . .  | 60 |
| A.3. Sensor de temperatura de respuesta rápida . . . . .  | 60 |
| A.4. Sensor de presión absoluta . . . . .   | 61 |
| A.5. GPSSmap® 76 . . . . .  | 62 |
| C.1. Espectro de Frecuencia para mediciones realizadas perpendicularmente a la LEAT. Los espectros a), b), c) corresponden a las mediciones a 1.5, 3 y 6 m de la LEAT. Y los espectros d), e) y f) a las mediciones a 12, 24 y 48 m. . . . .                            | 66 |

---

|   |    |
|---|----|
| C.2. <i>Espectro de Frecuencia para mediciones realizadas papalelamente a la LEAT. Los espectros de a) a g) corresponden a los puntos de medición; 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 y 220 m., respectivamente . . .</i> | 67 |
|---|----|

# ÍNDICE DE TABLAS

---

|  |    |
|--|----|
| 2.1. Características de los modelos para predecir ruido audible . . . . .                                    | 29 |
| 2.2. Niveles Máximos Permisibles de Presión Sonora Corregidos en $dB(A)$<br>Lento [10] . . . . .             | 31 |
| 4.1. Nivel de Presión sonora calculado con cada método de predicción . .                                     | 45 |
| 4.2. Descriptores de ruido, en decibeles con ponderación A, medidos<br>perpendicularmente a la LEAT. . . . . | 47 |
| 4.3. Descriptores de ruido, en decibeles con ponderación A, medidos<br>paralelamente a la LEAT. . . . .      | 47 |
| B.1. Localización de puntos de medición perpendiculares a la LEAT. . . . .                                   | 63 |
| B.2. Localización de puntos de medición paralelos a la LEAT. . . . .   | 64 |

# RESUMEN

---

Este trabajo entrega una propuesta de *"Guía para la evaluación del impacto acústico generado por líneas de transmisión eléctricas de alta tensión, en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)"*. Ésta estaría destinada a ser utilizada por los titulares de proyectos ingresados al SEIA, así como por los servicios y organismos públicos encargados de revisarlos.

Las principales etapas que contempla este estudio son Simulación, Medición y Análisis. La simulación tiene como propósito comparar las tendencias de todos los modelos predictivos de ruido existentes para LEAT's y además, identificar las variables mínimas necesarias para estimar el ruido que éstas generan. La medición se realiza con el fin de contrastar datos teórico-prácticos, permitiendo establecer los modelos predictivos que mejor representan a la realidad. El Análisis se hace suponiendo dos escenarios que favorecen la generación de ruido por la LEAT: conductor mojado y lluvia fuerte. Esto permite establecer, y posteriormente sugerir, un modelo para estimar el ruido generado por líneas eléctricas de alta tensión alterna. El modelo a sugerir se selecciona bajo un criterio preventivo, considerando la peor condición, y de acuerdo al marco establecido en el SEIA.

Finalmente, se obtiene que para estimar ruido generado por una LEAT es necesario contar con características del tendido, como su tensión, diámetro de conductores y distancia entre ellos, cantidad de conductores por fase, número y posición de fases, y la posición de un potencial receptor. Además, se sugiere como modelo preventivo y conservador, el método Forschungsgemeinschaft Für Hochspannung und Hochstromtechnik (FGH).

## CAPÍTULO 1

# INTRODUCCIÓN

---

En la última década, el ruido se ha convertido en uno de los problemas ambientales más denunciados por la comunidad, dejando de manifiesto la relevancia que tiene en nuestra calidad de vida.

Si bien, el ruido es comúnmente asociado a medios de transporte o procesos industriales, también podemos encontrar que éste es generado por las líneas eléctricas de alta tensión alterna (LEAT).

En el año 1994 se promulga Ley N° 19.300, que establece las Bases Generales del Medio Ambiente, creando la primera institucionalidad ambiental en el país. Con ella, nacen diversos instrumentos de gestión ambiental y además, se define al ruido como un elemento contaminante.

Uno de los instrumentos de gestión, corresponde al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, SEIA, que define una serie de proyectos que, previo a su ejecución, deben ser sometidos a una evaluación, de modo de proteger, preservar y conservar el medio ambiente. El SEIA, como instrumento preventivo considera tres fases del proyecto; construcción, operación y abandono. En este escenario los proyectos de transmisión eléctrica deben ingresar al sistema, y con ello evaluar el impacto ambiental de ruido en todas las fases del proyecto. En esta oportunidad, existe un interés por evaluar el impacto producido en su fase de operación, para ello es necesario generar una predicción de ruido originado por las LEAT's, a partir

de las características de diseño y las condiciones meteorológicas del entorno en el que se emplazarán.

Desde el inicio del SEIA se ha observado un aumento paulatino de proyectos de transmisión eléctrica ingresados al sistema, donde sólo una fracción de éstos ha considerado la evaluación del ruido generado por la transmisión eléctrica. Pese a ello, gran parte de los proyectos han sido aprobados.

En este escenario y dada a la alta especificidad técnica en la predicción de ruido y la diversidad de metodologías existentes, se hace necesario definir una guía con criterios fundados, que permitan orientar y facilitar la correcta evaluación del impacto ambiental del ruido generado por las LEAT's.

## 1.1 ANTECEDENTES

De un análisis previo, *"Estudio de proyectos de líneas de transmisión de alto voltaje, o que las contemplen, sometidos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental"*<sup>1</sup>, realizado por la misma autora en el marco de la práctica profesional, se observó que el 51 % de los proyectos, ingresados al SEIA, pertenece al período entre los años 2006 y 2009 (ver figura 1.1). Si bien, no presenta una tendencia de incremento definida, se establece que la cantidad de proyectos aumentó en un rango de entre 15 % y 30 % respecto al año anterior.

Del mismo estudio, se observó que un 68,8 % de los proyectos no considera el ruido provocado por la operación del proyecto, otro 25 % lo asocia al ruido provocado por mantención de las líneas o de la faja de servidumbre, y sólo un porcentaje menor, considera el ruido generado por la transmisión eléctrica.

---

<sup>1</sup>Estudio adjunto en el anexo D

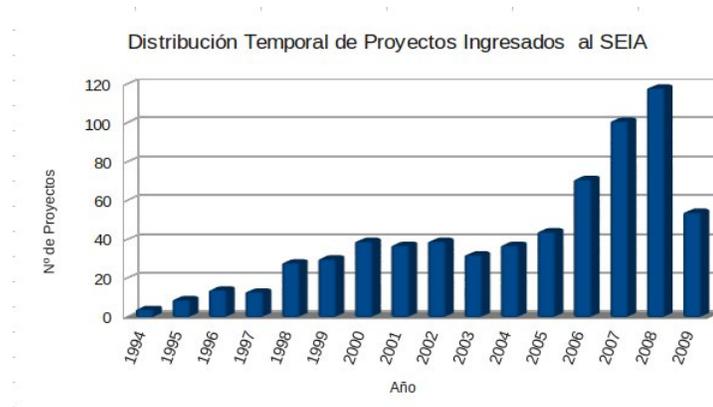


Figura 1.1: *Distribución temporal de Proyectos ingresados al SEIA, período 01/01/1994 a 31/07/2009.*

Sin perjuicio de lo anterior, y sobre los resultados de dicha muestra, un 77 % de los proyectos es aprobado, un 6 % desistido, un 8 % estaba no admitido, un 2 % fue rechazado y un 7 % se encontraba en calificación (véase figura 1.2).

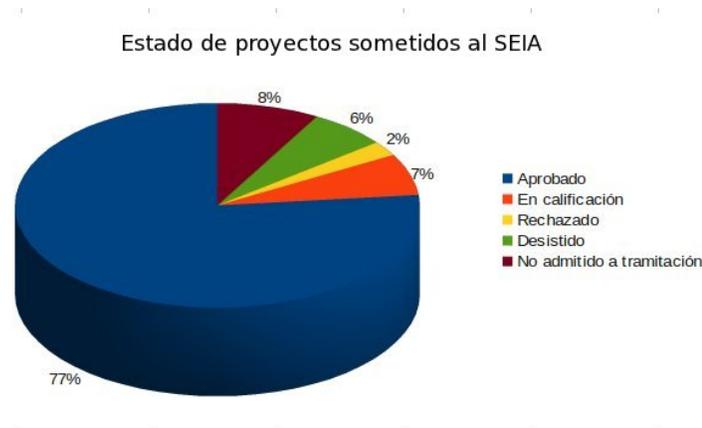


Figura 1.2: *Estado de proyectos ingresados al SEIA, en el período del 01 de Enero 1994 a 31 de Julio de 2009.*

A partir de lo expuesto, el presente estudio pretende establecer lineamientos y criterios al proceso de evaluación de las LEAT, a través de la elaboración de una propuesta de guía de evaluación de impacto ambiental.

## 1.2 OBJETIVOS

Con el presente proyecto se desea dar solución a la problemática anteriormente planteada, determinando un método adecuado para la predicción y evaluación del ruido generado por líneas eléctricas de alta tensión.

De esta forma, en el presente estudio se ha planteado los siguientes objetivos:

### 1.2.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar una propuesta de *Guía para la evaluación del impacto acústico generado por líneas de transmisión eléctricas de alta tensión, en el marco del SEIA.*

Esta guía estaría destinada a ser utilizada por los titulares de dichos proyectos, así como por los servicios y organismos públicos encargados de revisarlos.

### 1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los métodos de predicción de ruido generado por las líneas de alta tensión, existentes.
- Contrastar los métodos predictivos mediante medición y análisis de líneas de alta tensión.
- Determinar un método óptimo para predecir el ruido de las líneas de alta tensión.
- Diseñar una guía para la evaluación del impacto acústico generado por proyectos que contemplen líneas eléctricas de alta tensión alterna, en el marco del SEIA.

## CAPÍTULO 2

# MARCO TEÓRICO

---

El ruido producido por las LEAT's, se manifiesta como un zumbido persistente, que es generado por el llamado *Efecto Corona*. Este fenómeno consiste en la ionización de partículas de aire en la superficie de los conductores, el que se produce cuando el campo eléctrico (E) excede a la rigidez dieléctrica del aire. Son estas descargas, las que producen pérdidas en forma de calor, luz, radiaciones electromagnéticas, ruido audible, vibraciones mecánicas y productos químicos. El ruido generado por el efecto corona es mayor en condiciones de llovizna o neblina, aún cuando su intensidad máxima es bajo lluvia fuerte. Un parámetro determinante en este fenómeno es el tipo y dimensión de los conductores, de modo que si éstos se eligen adecuadamente, el ruido audible no debería ser un problema.

## 2.1 EFECTO CORONA

El efecto corona o la descarga corona, corresponde a la descarga parcial de un gas, en una zona limitada del espacio, donde el resto del gas conserva sus propiedades dieléctricas. Cuando el campo eléctrico (E) alcanza la rigidez dieléctrica del aire, aproximadamente  $30kV/cm$ <sup>1</sup> a presión atmosférica normal, el aire se ioniza, se hace conductor y se produce una descarga local. Ésta se presenta en campos no uniformes, frente a grandes intensidades de campo, o cuando la dimensión de los electrodos es mucho menor que la distancia que los separa.

---

<sup>1</sup>  $30kV/cm$ , corresponde al valor crítico para comenzar la descarga.

### 2.1.1 MECANISMOS DE FORMACIÓN DE DESCARGAS EN EL AIRE

Siempre existe una cantidad de pares ión-electrón libres en el aire, encargados de iniciar el proceso de formación de descargas. Si un electrón choca con un átomo, y otro electrón es liberado, ambos son acelerados por el campo eléctrico. Y si este campo tiene la intensidad suficiente, cada uno de estos electrones adquiere energía suficiente para desprender más electrones por colisión. De esta forma, se produce una reacción en cadena que aumenta la cantidad de electrones y de iones muy rápidamente, formándose lo que comúnmente se denomina una avalancha.

Para que una avalancha se transforme en una descarga, se debe alcanzar una cierta magnitud del gradiente de voltaje crítico, que depende de la polaridad del conductor; luego, en tensión alterna, el fenómeno es diferente en cada semiciclo, por efecto del cambio de polaridad del conductor [1].

### 2.1.2 TIPOS DE DESCARGAS EN LOS CONDUCTORES DE TRANSMISIÓN

Existen 2 tipos de descargas en los conductores de transmisión, una se realiza cuando el conductor se encuentra en polaridad positiva, y por ende, la otra cuando está en polaridad negativa.

#### A) DESCARGA EN CONDUCTOR CON POLARIDAD NEGATIVA

Como es de suponer, el campo eléctrico tiene su máxima intensidad en torno al conductor. Si se considera un electrón libre en esa zona, éste se acelera alejándose y creando una avalancha. En este caso, las condiciones en que se desarrolla la avalancha son más desfavorables, ya que a medida que se aleja del conductor el campo eléctrico disminuye rápidamente.

Algunos de los fotones producidos por esta avalancha golpean al conductor, liberando así electrones que crean otras avalanchas generando un rápido

crecimiento en la cantidad de electrones. Cuando los electrones se alejan del conductor dejan atrás iones positivos, los que se ligan con moléculas neutras, generalmente oxígeno, formando iones negativos (figura 2.1).

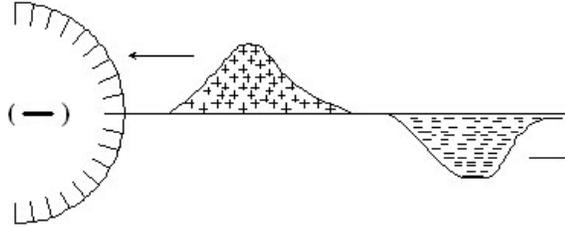


Figura 2.1: *Flujo de electrones alejándose del conductor. [1]*

Las concentraciones de carga en el espacio producen que el campo eléctrico se deforme. Por efecto de la carga espacial positiva cerca del conductor el campo eléctrico aumenta, provocando que los nuevos electrones libres se recombinen con las cargas positivas antes de multiplicarse. La ionización en la superficie finaliza con el movimiento de la carga positiva hacia el conductor, ya que el campo en esa zona disminuye respecto al valor inicial por la neutralización de la carga y por la presencia de la carga negativa más lejos (veáse figura 2.2).

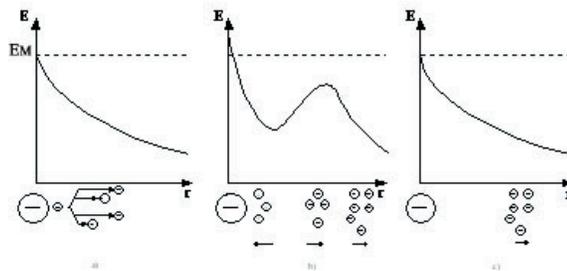


Figura 2.2: *Cambio del campo eléctrico y desplazamiento de cargas en torno al conductor negativo, para tres instantes sucesivos. [1]*

Cuando la carga negativa se aleja por efecto del campo eléctrico, vuelven las condiciones iniciales y el proceso se repite; por la velocidad de formación de la avalancha, cada vez se produce un pequeño pulso de corriente de frente muy escarpado. Así, se genera radiación de energía que aparece en forma de luminosidad continua, por la elevada frecuencia de los pulsos que alcanzan desde

1[kHz] hasta algunos [MHz], lo que provoca ruido audible e interferencias a frecuencias de radio.

La energía para estos procesos es extraída del campo, constituyendo las pérdidas coronas. La frecuencia y los pulsos de corriente conforman las fuentes de interferencia.

#### B) DESCARGA EN CONDUCTOR CON POLARIDAD POSITIVA

Este proceso se produce al principio del semiciclo positivo. Si al cambio de polaridad se encuentra una carga negativa en las proximidades del conductor, estos iones incrementan el campo eléctrico desplazándose hacia el conductor, neutralizándose. Debido a que el movimiento de los iones es lento, no se produce corrientes importantes evitando generar interferencia. Es entonces, en la recombinación, cuando se produce una luminosidad continua. Luego de este fenómeno, el campo eléctrico toma su distribución normal y comienza nuevamente el proceso, repitiéndolo y por tanto produciendo efluvios luminosos con perturbaciones radio-eléctricas.

Los electrones libres son acelerados hacia el conductor y se mueven con intensidad de campo creciente. Si el campo eléctrico es suficientemente alto, ocurren ionizaciones y se forman avalanchas que alcanzan un valor máximo al llegar al conductor. Los electrones se recombinan en el conductor, generando fotones que crean avalanchas secundarias, dando origen a un canal ionizado. Así, las nuevas ionizaciones se producen principalmente en el extremo del canal. Finalmente, la ionización se detiene en una zona de baja intensidad de campo eléctrico.

Las cargas espaciales constituidas por iones, se desplazan por efecto del campo y se restablecen las condiciones iniciales y el proceso puede repetirse.

Con el conductor positivo, los electrones son absorbidos por el conductor, dejando atrás una nube de iones positivos de mucha menor movilidad, alejándose del conductor. Estos iones positivos actúan como una prolongación del conductor, formando canales "streamer" que avanzan producto del alto efecto de borde del campo eléctrico en su extremidad. Luego, se crean nuevas avalanchas de electrones

libres y pares ión-electrón, creados por fotoionización, en el extremo del canal (ver figura 2.3).

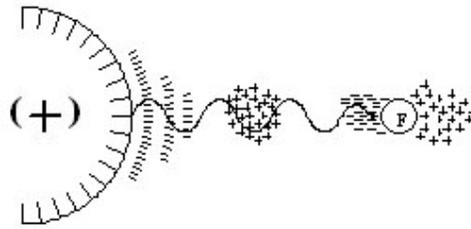


Figura 2.3: *Esquema de avalancha en un conductor positivo. [1]*

Cuando los "streamer" alcanzan zonas de campo débil, su avance se detiene; los electrones se recombinan o forman iones negativos que se alejan del campo. Así, las condiciones iniciales pueden restablecerse y reiniciarse el proceso (véase figura 2.4).

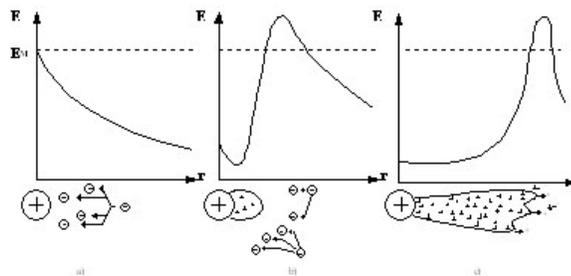


Figura 2.4: *Cambio del campo eléctrico y desplazamiento de cargas en torno al conductor positivo, para tres instantes sucesivos. [1]*

Este proceso de ionización se propaga mucho más lejos del conductor que el de polaridad negativa. Además, genera corrientes cuyo valor aumenta muy rápido y que alcanzan amplitudes varias veces mayores que con polaridad negativa.

### 2.1.3 VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL EFECTO CORONA

La aparición e intensidad de la descarga corona es afectada por factores como el gradiente superficial, el estado de la superficie del conductor, la densidad

relativa del aire y el efecto del agua en el conductor.

#### A) GRADIENTE SUPERFICIAL

La intensidad de campo eléctrico, en la superficie del conductor, juega un importante rol en el proceso de descarga corona. Para producir la ionización del aire en un campo eléctrico uniforme, es necesario un gradiente superficial de  $29,8[kV/cm]$ , bajo condiciones normales de temperatura y presión ( $25[^\circ C]$  y  $760[mmHg]$ ). Sin embargo, un gradiente de esta magnitud no es suficiente para provocar este efecto, ya que no existe una acumulación suficiente de iones para producir la descarga corona, a menos que el gradiente crítico sea excedido hasta una distancia considerable desde el conductor y pueda formar una avalancha.

Se denomina *gradiente crítico visual* o *gradiente de iniciación*,  $E_C$ , al gradiente superficial necesario para alcanzar el umbral corona en el gas que rodea un conductor cilíndrico liso. Alcanzar este gradiente, significa que en una determinada distancia de dicha superficie se ha alcanzado el nivel de ruptura necesario para desencadenar el proceso de descargas y el inicio de manifestaciones luminosas. Para determinar el campo superficial crítico en un conductor cilíndrico, se utiliza la relación de *F.W. Peek*[1].

$$E_C = g_0 \left( 1 + \frac{0,301}{\sqrt{R}} \right) \quad (2.1)$$

donde;

$g_0$  : gradiente crítico disruptivo del aire  $\approx 29,8[kV/cm]$

$R$  : radio del conductor, en cm.

Se debe destacar que la magnitud del gradiente crítico definido Peek puede diferir del gradiente crítico efectivo o real por efecto del estado de la superficie del conductor.

## B) ESTADO DE LA SUPERFICIE DEL CONDUCTOR

Frecuentemente, los métodos para calcular el gradiente superficial en la superficie de conductores de líneas de transmisión se realizan considerando conductores cilíndricos, de superficie lisa y perfectamente pulida, del mismo diámetro exterior que el conductor real. Sin embargo, debido a los daños que puede sufrir el conductor, el gradiente efectivo o real es algo mayor al calculado. Como el efecto corona se inicia siempre en las irregularidades de los conductores, se trata de que éstos no sufran daños durante su construcción.

Se define el *coeficiente de estado de superficie*,  $m$ , como el factor de corrección para el gradiente crítico, que se estima por:

|                   |  |
|-------------------|--|
| $m = 1,00$        | Conductor liso ideal.[1]                       |
| $m = 0,95$        | Conductor cableado nuevo y limpio. [1]         |
| $m = 0,70 - 0,80$ | Conductor cableado envejecido. [1]             |
| $m = 0,50 - 0,70$ | Conductor tratado deficientemente. [1]         |
| $m \leq 0,60$     | Conductor bajo lluvia, nuevo o envejecido. [1] |

## C) DENSIDAD RELATIVA DEL AIRE

Como se mencionó, la relación de Peek es válida en condiciones normales de laboratorio. Por tanto, si la densidad del aire varía por efectos de la temperatura o presión, la rigidez dieléctrica del aire se ve afectada y por consiguiente, el gradiente crítico.

Dentro de los rangos conocidos, se sabe que la densidad del aire aumenta con la presión y disminuye con la temperatura. Así la Comisión Electro Técnica Internacional(CEI), entrega la siguiente relación para la densidad relativa del aire [1]:

$$\delta = \frac{0,393P}{273 + T} \quad (2.2)$$

donde;

$P$  : presión del aire, en mmHg.

$T$  : temperatura del aire, en °C.

Finalmente, el gradiente crítico  $E_C$  [1], en  $kV/cm$ , se obtiene a partir de la corrección de la ecuación 2.1. Para ello, se considera el coeficiente de estado del conductor ( $m$ ) y la ecuación 2.2 de densidad relativa del aire ( $\delta$ ), resultando:

$$E_C = g_0 \delta m \left( 1 + \frac{0,301}{\sqrt{\delta R}} \right) \quad (2.3)$$

#### D) EFECTO DEL AGUA EN EL CONDUCTOR

Las gotas de agua, lluvia o llovizna, pasan a constituir discontinuidades del conductor, originando nuevas fuentes corona. Como efecto, el agua reduce los niveles de gradiente crítico, provocando mayores pérdidas corona y niveles de interferencia superiores. La corrección para tales variables se hace a través del coeficiente de corrección por superficie  $m$ .

Además, según el estudio portugués "*Ruído de linhas eléctricas de muito alta tensão: um estudo experimental e previsional*" [2], el agua presente en los conductores tiene incidencia directa en el espectro de frecuencias del ruido que las LEAT's producen, ya que se genera la existencia de componentes tonales, moduladas en el doble de la frecuencia de la red, las que pueden o no pueden coexistir con las componentes de ruido en banda ancha. A pesar, de que no existe una explicación completamente satisfactoria de la variabilidad del fenómeno, estas componentes tonales se correlacionan con la pérdida de energía eléctrica debido al efecto corona y éstas, a su vez, se correlacionan con la intensidad de las lluvias. En la figura 2.5 se muestra el espectro de frecuencias registrado en mediciones de ruido efectuadas a una línea de 400 kV, en condiciones de lluvia persistente, comparado con el espectro de ruido ambiente y con el espectro con filtro de

ponderación A <sup>2</sup>.

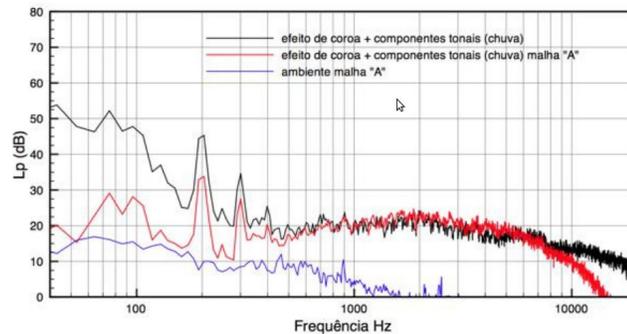


Figura 2.5: *Espectro de ruido generado por el efecto corona en mediciones de una línea de 400 kV, comparado con los espectros de ruido ambiente y con la aplicación de filtro ponderado A.* [2]

Como se puede observar, son notorias las componentes armónicas (200 y 300 Hz) y las componentes de 75 y 100 Hz, tanto para el espectro con y sin filtro. Sin embargo, en el rango de frecuencias  $1 - 4\text{kHz}$ , encontramos que ambos espectros se comportan de manera similar, verificando que el efecto corona presenta mayores contribuciones para las bajas frecuencias.

## 2.2 MÉTODO DE CÁLCULO

Como se mencionó, el ruido audible generado por las LEAT es producto del efecto corona, el que se intensifica principalmente por el gradiente superficial, el estado del conductor, la densidad relativa del aire y por el agua que puede haber en el conductor. De acuerdo a esto, los principales métodos para calcular el ruido se basan en el campo eléctrico superficial del conductor, en las características de los conductores y condiciones meteorológicas.

<sup>2</sup>Filtro con ponderación A es el capaz de entregar un espectro similar a la respuesta auditiva humana.

A continuación, se indicará el método para obtener el campo eléctrico generado por los conductores, ya que es un dato fundamental para calcularlo. Posteriormente, se describirán las diferentes formas para determinar el ruido. Cabe señalar que éstas han sido realizadas en base a líneas de prueba, es decir, son relaciones obtenidas a partir de mediciones realizadas bajo condiciones ideales.

### 2.2.1 CAMPO ELÉCTRICO GENERADO POR LOS CONDUCTORES

El campo eléctrico ( $\vec{E}$ ) producido por conductores de alta tensión, es obtenido utilizando el conocido *Teorema de Gauss*. Éste supone el problema de una línea infinita, con densidad de carga lineal homogénea  $\lambda$ , encerrada por una superficie gaussiana de forma cilíndrica de radio  $r$  y largo  $L$  (véase figura 2.6).

$$\oint \vec{E} \cdot \vec{dS} = \frac{q_{enc}}{\epsilon_0} \quad (2.4)$$

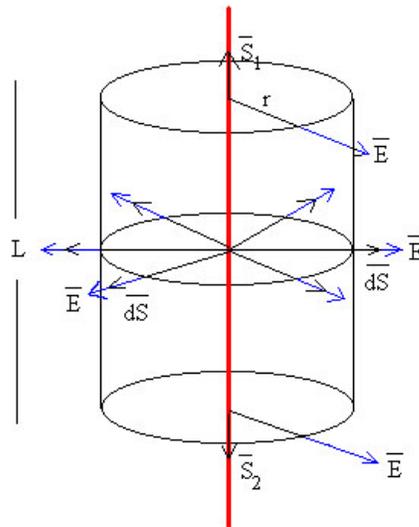


Figura 2.6: *Campo eléctrico en un alambre con densidad de carga lineal  $\lambda$ .*

Como la densidad de carga no tiene componentes paralelas a las tapas del cilindro, esta integral se anula, contribuyendo sólo la integral sobre el área del manto. Si además, por otra parte, la carga encerrada es simplemente  $\lambda L$ , resulta:

$$E2\pi rL = \frac{\lambda L}{\epsilon_0} \quad (2.5)$$

Obteniendo, finalmente, que el modelo del campo eléctrico ( $E$ )[3] en un punto  $P$  cualquiera de la superficie es:

$$E = \frac{\lambda}{2\pi r\epsilon_0} \quad (2.6)$$

donde;

- $E$  : es el campo eléctrico en la superficie del conductor.
- $\lambda$  : es la densidad de carga lineal.
- $r$  : es el radio de la superficie gaussiana.
- $\epsilon_0$  : es la permitividad del vacío ( $\cong \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9} [\frac{Fa}{m}]$ )

Para el caso general de conductores paralelos, el gradiente en un punto del espacio fuera del conductor, se puede calcular usando el método de las imágenes para múltiples cargas. Donde los conductores son separados por grandes distancias entre sí y de la tierra en relación a sus diámetros, además se considera la aproximación de que la línea de carga está localizada en el centro del conductor. Luego, la ecuación electrostática, en términos de los voltajes de las fases y las cargas, puede ser representada en matrices mediante la siguiente relación [3,4]:

$$[V] = [P] [Q] \quad (2.7)$$

donde;

- $V$  : son los voltajes a tierra de los conductores.
- $Q$  : Carga del conductor, en  $C \cdot m$ .
- $P$  : son los coeficientes de potencial de Maxwell, en  $\frac{Fa}{m}$ .

$$P_{mm} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \left( \frac{2h_m}{R_m} \right) \quad (2.8)$$

$$P_{mn} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln \left( \frac{l_{mn'}}{l_{mn}} \right) \quad (2.9)$$

con;

$h$  : altura del conductor.

$R$  : radio del conductor.

$l_{ij'}$  : distancia del conductor  $i$  a la imagen del conductor  $j$ .

$l_{ij}$  : distancia del conductor  $i$  al conductor  $j$ . (ver Figura 2.7)

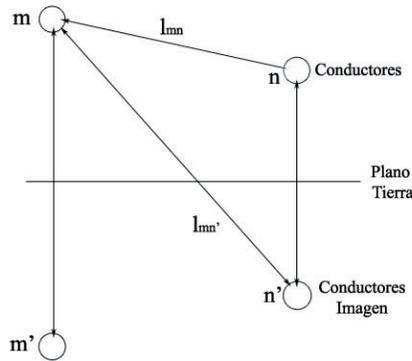


Figura 2.7: Geometría conductor - conductor imagen

Conocidas las magnitudes de las cargas, el gradiente superficial promedio en el conductor "i" está determinado por [5]:

$$Em_i = \frac{Q_i}{2\pi\epsilon_0 r_i} \quad (2.10)$$

Cuando existen líneas de transmisión con haces de conductores, se debe reemplazar cada haz por un conductor único equivalente de igual capacidad. El radio equivalente de tal conductor, para un haz formado por  $N$  conductores distribuidos regularmente en un círculo de centro  $O$  y radio  $R$ , se puede determinar según la figura 2.8.

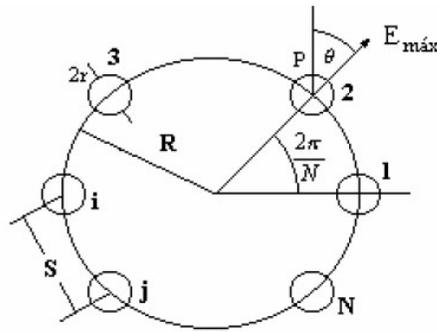


Figura 2.8: Representación de un haz de conductores. [5]

Luego, según GARY, C. & MOREAU, M. (1976), existe la relación:

$$R = \frac{S}{2 \sin\left(\frac{\pi}{N}\right)} \quad (2.11)$$

donde

$R$  : radio del haz.

$N$  : número de conductores.

$S$  : distancia entre los conductores del haz.

Se puede representar el radio equivalente de un conductor único de igual capacidad [3], en función del radio ( $r$ ) de los conductores, como:

$$R_{eq} = R \sqrt[N]{Nr/R} \quad (2.12)$$

Este radio ( $R_{eq}$ ) es el que se utilizará para obtener la magnitud de la carga total del haz. Permitiendo así, de acuerdo al teorema de superposición, calcular el campo eléctrico total en un punto P cualquiera. La superposición se realiza con el campo eléctrico producido por la propia carga del conductor ( $E_m$ ) y por el campo eléctrico producido por los conductores ( $E_0$ ) [6]. Esto es:

$$E = E_m + E_0 \quad (2.13)$$

donde

$$E_m = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0} \frac{1}{Nr} \quad (2.14)$$

y

$$E_0 = E_m \left[ \frac{r}{S} (N - 1) \cos(\theta) \right] \quad (2.15)$$

donde  $\theta$  indica la posición angular del punto en la superficie del conductor en relación al campo eléctrico máximo.

Así el campo superficial máximo promedio será:

$$E_{max} = E_m \left[ 1 + \frac{r}{R} (N - 1) \right] \quad (2.16)$$

El que está definido como el promedio aritmético de los valores de gradiente máximo de los conductores individuales.

### 2.2.2 CÁLCULO DEL RUIDO PRODUCIDO POR LOS CONDUCTORES

Los métodos para calcular ruido pueden ser divididos en dos tipos: específicos y generales. Los primeros son aplicables para un determinado diseño de línea, mientras que los segundos son métodos que se pueden aplicar a diferentes configuraciones.

Una caracterización completa del nivel de ruido de una línea de transmisión de alta tensión, debe incluir información relacionada con las variables de las condiciones meteorológicas, el espectro del ruido y la distribución espacial del ruido. Sin embargo, los métodos de cálculo de ruido no pueden proporcionar una información tan detallada, debido a que son muchas las variables implicadas. Cabe mencionar, que sin perjuicio de esto, todos los métodos disponibles actualmente para predecir niveles de ruido se presentan en términos de nivel de ruido con ponderación A.

En general, se reconoce que el ruido audible de las líneas de transmisión de corriente alterna es una preocupación solamente cuando existe mal tiempo, principalmente en presencia de lluvia. Por consiguiente, todos los métodos de predicción fueron evaluados con lluvia, utilizando los siguientes criterios [7]:

- $L_{50}$ : Es el nivel de lluvia (cantidad en mm/hr) que excede el 50 % del tiempo de duración del mal tiempo, en un período de tiempo dado. Un valor usual de este nivel de lluvia es de 0,75 [mm/hr].
- $L_5$ : Es el nivel de lluvia (cantidad en mm/hr) que excede el 5 % del tiempo de duración del mal tiempo, en un período de tiempo dado. Un valor usual de este nivel de lluvia es de 6,5 [mm/hr].
- PRO: Es el nivel de lluvia promedio esperado durante mal tiempo sobre un largo período de tiempo. Éste nivel generalmente es cercano a  $L_5$ , con un valor usual de 6,5 [mm/hr].
- LL.I.: Es el nivel de lluvia esperado durante lluvias muy intensas, éstos datos son generados de pruebas con lluvia artificial. Pueden considerarse representativos del nivel  $L_5$ . Su valor usual es de 6 [mm/hr].

Para la descripción de cada uno de los métodos para predecir ruido es necesario conocer, previamente, la nomenclatura y unidades que serán utilizadas, éstas son:

|                                       |   |   |
|---------------------------------------|---|---|
| $E$                                   | : | Campo eléctrico producido por el conductor, en $kV/m$ .                               |
| $N$                                   | : | Número de conductores en una fase.  |
| $d$                                   | : | Diámetro de los conductores, en $cm$ .  |
| $D$                                   | : | Distancia de la línea al punto en el que se desea estimar el nivel de ruido, en $m$ . |
| $NPS$                                 | : | Nivel de ruido, con ponderación A, producido por la línea, en $dB(A)$ .               |
| $NPS_i$                               | : | Nivel de ruido producido por una fase de la línea con ponderación A, en $dB(A)$ .     |
| $NPS_0$                               | : | Nivel de ruido de referencia con ponderación A, en $dB(A)$ .                          |
| $f_1(E), f_2(N),$<br>$f_3(d), f_4(D)$ | : | Funciones de los parámetros E, N, d, D.   |
| $k_1, k_2, k_3, k_4$                  | : | Coefficientes constantes.   |
| $K$                                   | : | Factor de ajuste, su valor depende de un parámetro específico.                        |

### 2.2.3 MÉTODOS ESPECÍFICOS

Se obtienen a partir de mediciones en ciertos tipos de líneas, por tanto su aplicación se restringe a las condiciones de éstas. Existen métodos que se han desarrollado para líneas de simple circuito y configuración horizontal, tales como:

#### 2.2.3.1 MÉTODO AMERICAN ELECTRIC POWER (A.E.P.)

Método desarrollado a partir de datos de líneas eléctricas de simple circuito y de configuración horizontal, para lo que la medición del ruido corresponde al promedio en lluvia (PRO), este nivel que generalmente es  $L_{50}$ .

El resultado es válido para un nivel de ruido audible a 30 [m] lateralmente desde la fase central. Tiene un rango de validez entre 500 [kV] y 800 [kV], con haces de menos de 7 conductores por fase.

La expresión que permite calcular el nivel de presión sonora total es [7]:

$$NPS_T = 108\log(E) + 10\log(N) + 75,9\log\left(\frac{d}{2,54}\right)^{1,35} - 94,5 \quad (2.17)$$

donde:

E: es el campo eléctrico promedio máximo de la fase central, en [ $kV_{(ef)}/cm$ ].

N: es el número de conductores por fase que conforman el haz.

d: es el diámetro de los conductores en [cm].

### 2.2.3.2 MÉTODO ONTARIO HYDRO

Este método se basa en líneas de simple circuito y de configuración horizontal. Además, la medida del ruido corresponde a lluvia intensa, similar a  $L_5$ .

Se considera válido para los siguientes rangos:

$$\begin{aligned} &230[kV] a 765[kV] \\ &1 \leq N \leq 4 \\ &2,0 \leq d \leq 6,5[cm] \end{aligned}$$

La relación para estimar el nivel de presión sonora total es [7]:

$$NPS_T = 100\log(E) + 40\log(d) - 10\log(D) - 77,2 \quad (2.18)$$

donde:

E: es el campo eléctrico promedio máximo de la fase central, en [ $kV_{(ef)}/cm$ ].

D: es la distancia radial desde la fase más cercana al punto de cálculo, en [m].

### 2.2.4 MÉTODOS GENERALES

Los métodos generales son los más utilizados debido a que tienen una menor cantidad de restricciones en la configuración de las líneas. Éstas pueden ser de

simple circuito y doble circuito; configuración horizontal, vertical, triangular e incluso pueden tener geometrías de conductores por fases distintas.

En este tipo de métodos, el nivel de presión sonora [7], producido en un determinado punto, se calcula de acuerdo a las contribuciones al nivel de ruido correspondientes a cada fase, y está dado por:

$$NPS_T = 10 \log \left( \sum_{i=1}^n 10^{NPS_i/10} \right) \quad (2.19)$$

donde:

$n$ : es el número total de fases de la línea que contribuyen al nivel de ruido total ( $NPS_T$ ).

$NPS_i$ : es el nivel de presión sonora correspondiente a la fase  $i$ .

A continuación, se mencionan y describen algunos métodos para obtener el nivel de presión sonora de cada fase.

#### 2.2.4.1 BONNEVILLE POWER ADMINISTRATION (B.P.A)

Es un método que determina el nivel de ruido audible para el nivel de lluvia  $L_{50}$  o conductor mojado. Es aplicable a cualquier configuración de geometría de línea de transmisión, cuya tensión esté entre los 230 [kV] y 1500 [kV], donde el diámetro de los conductores esté entre los 2 [cm] y los 6,5 [cm] y considerando un factor de absorción del aire de 2,8 [dB] por cada 100 [m].

El nivel de presión sonora para cada fase [7],  $NPS_i$ , está dado por:

$$NPS_i = 120 \log(E_i) + 55 \log(d) + K \log(N) + NPS_0 - 11,4 \log(D_i) \quad (2.20)$$

donde:

$E_i$ : es el campo eléctrico promedio máximo de la fase central, en [ $kV_{(ef)}/cm$ ].

$D_i$ : es la distancia radial entre la fase  $i$  y el punto de cálculo, en [m].

$N$ : es el número de conductores por fase.

d: es el diámetro de los conductores en [cm].

$$NPS_0 = -128,48 \text{ [dB]} \text{ para } N \geq 3$$

$$NPS_0 = -115,46 \text{ [dB]} \text{ para } N < 3$$

$$K = 26,4 \text{ [dB]} \text{ para } N \geq 3$$

$$K = 0 \text{ [dB]} \text{ para } N < 3$$

El nivel de presión sonora total está dado por la expresión 2.19. Pero en el caso en que la densidad del aire y la velocidad de propagación de la onda difieran de sus valores estándar ( $1,205 \text{ [kg/m}^3\text{]}$  y  $344 \text{ [m/s]}$  respectivamente), el nivel de presión sonora se ve afectado por el factor [7]

$$\frac{\delta c}{414,52}$$

donde:

$\delta$  : es la densidad del aire real existente en el medio ambiente  $[\text{kg/m}^3]$ .

c : es la velocidad de propagación de la onda de sonido  $[\text{m/s}]$ .

Luego, la ecuación 2.19 queda

$$NPS_T = 10 \log \left( \frac{\delta c}{414,52} \sum_{i=1}^n 10^{NPS_i/10} \right) \quad (2.21)$$

#### 2.2.4.2 ELECTRICITÉE DE FRANCE (E.D.F.)

Método desarrollado para lluvia intensa ( $6 \text{ [mm/hr]}$ ), pudiéndose aplicar a cualquier tipo de configuración geométrica de línea de transmisión, cuyo nivel de tensión esté comprendido entre  $400 \text{ [kV]}$  y  $1200 \text{ [kV]}$ , con líneas que posean un máximo de 6 conductores por fase y su diámetro esté entre  $2 \text{ [cm]}$  y  $6 \text{ [cm]}$ .

El nivel de presión sonora  $NPS_i$  para la fase i está dado por [7]:

$$NPS_i = 4,5d + 15 \log(N) - 10 \log(D_i) + E_i(E_i(K_3 E_i + K_2) + K_1) + K_0 \quad (2.22)$$

Con:

$E_i$ : es el campo eléctrico promedio máximo de la fase central, en [ $kV_{(ef)}/cm$ ].

$D_i$ : es la distancia radial entre la fase  $i$  y el punto de cálculo, en [m].

$N$ : es el número de conductores por fase.

$d$ : es el diámetro de los conductores en [cm].

$K_3 = 0,00365798$

$K_2 = -0,26995$

$K_1 = 7,958025$

$K_0 = -31,423209$

#### 2.2.4.3 ENTE NAZIONALE PER L'ENERGIA ELETTRICA (E.N.E.L.)

Método aplicable a cualquier configuración geométrica de línea que se encuentre entre los 400 [kV] y los 1200 [kV] con líneas que posean un máximo de 10 conductores por fase y un diámetro entre 2 [cm] y 5 [cm].

Fue desarrollado para lluvia intensa, donde el nivel de presión sonora por fase está dado por [7]:

$$NPS_i = 85\log(E_i) + 45\log(d) + 18\log(N) + K - 10\log(D_i) \quad (2.23)$$

Con:

$E_i$ : es el campo eléctrico promedio máximo de la fase central, en [ $kV_{(ef)}/cm$ ].

$D_i$ : es la distancia radial entre la fase  $i$  y el punto de cálculo, en [m].

$N$ : es el número de conductores por fase.

$d$ : es el diámetro de los conductores en [cm].

$K = -71$  para  $N \geq 2$

$K = -68$  para  $N < 2$

#### 2.2.4.4 PROYECTO U.H.V. (EPRI)

Método para condiciones de lluvia fuerte ( $L_5 = 6,5$  [mm/hr]) y conductor mojado ( $L_{50} = 0,75$  [mm/hr]). Se utiliza para cualquier configuración de línea de

transmisión con una tensión eléctrica entre fases comprendido entre 230 [kV] y 1500 [kV], con hasta 16 conductores por fase y el diámetro de éstos debe estar comprendido entre 2 [cm] y 6 [cm].

En este caso, existen 2 relaciones que permiten predecir el  $NPS_i$ , éstas depende del número de conductores (N). [7]

- Si  $N < 3$  :

$$NPS_i = 20\log(N) + 44\log(d) - \frac{665}{E_i} + K_n + 67,9 - 10\log(R_i) - 0,02D_i \quad (2.24)$$

Con:

$E_i$ : es el campo eléctrico promedio máximo de la fase central, en [ $kV_{(ef)}/cm$ ].

$D_i$ : es la distancia radial entre la fase i y el punto de cálculo, en [m].

N: número de conductores por fase.

d: diámetro de los conductores en [cm].

$K_n=14,8$  [dB] para  $N = 1$

$K_n=9,9$  [dB] para  $N = 2$

- Si  $N \geq 3$ :

$$NPS_i = 20\log(N) + 44\log(d) - \frac{665}{E_i} + 22,9(N-1)\frac{d}{S} \sin \frac{\pi}{N} \dots$$

$$\dots - 10\log(D_i) - 0,02D_i + 67,9 \quad (2.25)$$

Donde:

$E_i$ : es el campo eléctrico promedio máximo de la fase central, en [ $kV_{(ef)}/cm$ ].

$D_i$ : es la distancia radial entre la fase i y el punto de cálculo, en [m].

N: número de conductores por fase.

d: diámetro de los conductores en [cm].

S: separación entre los conductores adyacentes del haz en [cm].

En la condición de conductor mojado  $L_{50}$ , la potencia acústica generada por un haz de conductores se obtiene a partir de la potencia acústica generada por lluvia fuerte  $L_5$ . de este modo las ecuaciones 2.24 y 2.25 se corrigen sumando un factor de corrección  $A_{ci}$  en dB dado por:

- Para  $N < 3$

$$A_{ci} = 8,2 - 14,2 \frac{E_{ci}}{E_i} \quad (2.26)$$

- Para  $N \geq 3$

$$A_{ci} = 10,4 - 14,2 \frac{E_{ci}}{E_i} + 8(N - 1) \frac{d}{S} \sin \frac{\pi}{N} \quad (2.27)$$

Donde:

$E_i$ : es el campo eléctrico promedio máximo de la fase central, en  $[KV_{(ef)}/cm]$ .

N: número de conductores por fase.

d: diámetro de los conductores en [cm].

S: separación entre los conductores adyacentes del haz en [cm].

$E_{ci}$ : es el campo eléctrico al que el nivel de presión sonora, en la condición de conductor mojado es 6 [dB] menor que el nivel de presión sonora sobre lluvia fuerte correspondiente a la fase i, y es dado en  $kV_{ef}/cm$ , por:

$$E_{ci} = \frac{24,4}{d^{0,24}} \text{ para } N \leq 8$$

$$E_{ci} = \frac{24,4}{d^{0,24}} - 0,25(N - 8) \text{ para } N > 8$$

Además, si en el lugar donde se calcula el nivel de presión sonora, la densidad del aire y la velocidad de propagación de las ondas de sonido son distintas a  $1,205[kg/m^3]$  y  $344[m/s]$ , respectivamente, el nivel de presión sonora total [7]

será:

$$NPS_T = 10 \log \left( \frac{\delta c}{426,99} \sum_{i=1}^n 10^{NPS_i/10} \right) \quad (2.28)$$

donde:

$\delta$  : es la densidad del aire real existente en el medio ambiente [ $kg/m^3$ ].

$c$  : es la velocidad de propagación de la onda de sonido [m/s].

#### 2.2.4.5 FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT FÜR HOCHSPANNUNG UND HOCHSTROMTECHNIK E. V. (F.G.H.)

Método de predicción de nivel de presión sonora desarrollado para lluvia máxima ( $L_5$ ), pudiendo aplicarse a cualquier configuración de geometría de línea que contenga como máximo 6 conductores por fase y un diámetro de éstos entre 2 [cm] y 7 [cm]. El nivel de presión sonora  $NPS_i$  para la fase  $i$  está dado por [7]:

$$NPS_i = 2(E_i) + 45 \log(d) + 18 \log(N) - 0,3 - 10 \log(D_i) \quad (2.29)$$

donde:

$E_i$ : es el campo eléctrico promedio máximo de la fase central, en [ $kV_{(ef)}/cm$ ].

$D_i$ : es la distancia radial entre la fase  $i$  y el punto de cálculo, en [m].

$N$ : es el número de conductores por fase.

$d$ : es el diámetro de los conductores en [cm].

#### 2.2.4.6 HYDROQUEBEC INSTITUTE OF RESEARCH (I.R.E.Q.)

Método desarrollado para determinar el nivel de presión sonora en lluvia máxima, para cualquier configuración de geometría de línea entre 345[kV] y 1500[kV] y cuyas fases estén compuestas por haces de 2 o más conductores. El

efecto de absorción se considerará de 2,8[dB] por cada 100[m]. La expresión que predice el nivel de presión sonora  $NPS_i$  para la fase  $i$  está dado por: [7]

$$NPS_i = 72\log(E_i) + 45,8\log(d) + 22,7\log(N) - 57,6 - 11,4\log(D_i) \quad (2.30)$$

con:

$E_i$ : es el campo eléctrico promedio máximo de la fase central, en [ $kV_{(ef)}/cm$ ].

$D_i$ : es la distancia radial entre la fase  $i$  y el punto de cálculo, en [m].

$N$ : es el número de conductores por fase, con  $N \geq 2$ .

$d$ : es el diámetro de los conductores en [cm].

En la tabla 2.1, se muestran de forma comparativa las características de los métodos para calcular el ruido producido por una LEAT.

Tabla 2.1: Características de los modelos para predecir ruido audible

| Método        | Tipo       | Tensión [ $kV$ ] | Configuración | Número de conductores | Diámetro de conductores [ $cm$ ] | Nivel de lluvia                              |
|---------------|------------|------------------|---------------|-----------------------|----------------------------------|--|
| AEP           | Específico | 500 – 800        | Horizontal    | $N \leq 6$            | $2 \leq d \leq 6,5$              | L50 (prom en lluvias)                        |
| Ontario Hydro | Específico | 230 – 765        | Horizontal    | $1 \leq N \leq 4$     | $2 \leq d \leq 6,5$              | L5 (lluvias intensas)                        |
| BPA           | General    | 230 – 1500       | Cualquiera    | $N \geq 1$            | $2 \leq d \leq 6,5$              | L50 (conductor mojado)                       |
| EDF           | General    | 400 – 1200       | Cualquiera    | $N \leq 6$            | $2 \leq d \leq 6$                | L5 (lluvias intensas)                        |
| ENEL          | General    | 400 – 1200       | Cualquiera    | $N \leq 10$           | $2 \leq d \leq 5$                | L5 (lluvias intensas)                        |
| FGH           | General    | Cualquiera       | Cualquiera    | $N \leq 6$            | $2 \leq d \leq 7$                | L5 (lluvia máxima)                           |
| IREQ          | General    | 345 – 1500       | Cualquiera    | $N \geq 2$            | Cualquiera                       | L5 (lluvia máxima)                           |
| EPRI          | General    | 230 – 1500       | Cualquiera    | $N \geq 3$<br>$N < 3$ | $2 \leq d \leq 6$                | L5 (lluvia fuerte)<br>L50 (conductor mojado) |

## 2.3 NORMATIVA APLICABLE

### 2.3.1 SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (SEIA)

Es un instrumento de gestión ambiental que nace con la promulgación de la ley 19.300 [8], en lo específico comienza a operar con la entrada en vigencia del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, D.S. N°95/2001 [9]. Este reglamento establece las disposiciones por las que se regirá el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y la Participación ciudadana. Principalmente, el reglamento da las directrices y contenidos para cada proyecto sometido al SEIA.

Las LEAT's deben ingresar al SEIA, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3° del reglamento D.S. N°95/2001, donde se indica:

*"(...) Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberían someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, son los siguientes: "* [9]

*"(...) b) Líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje y sus subestaciones. Se entenderá por líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje aquellas líneas que conducen energía eléctrica con una tensión mayor a veintitrés kilovoltios (23 kV)." [9]*

El titular del proyecto, ingresado al SEIA, debe presentar como mínimo los tópicos indicados en los artículos 12° y 15° del reglamento D.S. N°95/2001, según sea Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, respectivamente.

### 2.3.2 D.S.N<sup>o</sup>146/97 MINSEGPRES, NORMA DE EMISIÓN DE RUIDOS MOLESTOS GENERADOS POR FUENTES FIJAS.

Por ser las LEAT, diseñadas para operar en un lugar fijo y determinado, se consideran fuentes fijas emisoras de ruido, y por ende se encuentran reguladas por el DS 146/97 MINSEGPRES. Éste establece los Niveles Máximos Permisibles de Presión Sonora Corregidos, de acuerdo a la zona en donde se encuentre el receptor, diferenciando períodos diurno y nocturno, como se indica en la tabla 2.2.

Tabla 2.2: Niveles Máximos Permisibles de Presión Sonora Corregidos en  $dB(A)$  Lento [10]

|          | de 7 a 21 Hrs. | de 21 a 7 Hrs. |
|----------|----------------|----------------|
| Zona I   | 55             | 45             |
| Zona II  | 60             | 50             |
| Zona III | 65             | 55             |
| Zona IV  | 70             | 70             |

Donde cada zona es definida como [10]:

- Zona I : Aquella zona cuyos usos de suelo permitidos de acuerdo a los instrumentos de planificación territorial corresponden a: habitacional y equipamiento a escala vecinal.
- Zona II : Aquella zona cuyos usos de suelo permitidos de acuerdo a los instrumentos de planificación territorial corresponden a los indicados para la Zona I, y además se permite equipamiento a escala comunal y/o regional.
- Zona III : Aquella zona cuyos usos de suelo permitidos de acuerdo a los instrumentos de planificación territorial corresponden a los indicados para la Zona II, y además se permite industria inofensiva.
- Zona IV : Aquella zona cuyo uso de suelo permitido de acuerdo a los instrumentos de planificación territorial corresponde a industrial, con industria inofensiva y/o molesta.

Para zonas rurales el nivel máximo permisible de presión sonora corregido (NPC), medidos en el lugar donde se encuentre el receptor, no podrá superar al ruido de fondo en 10 dB(A) o más.[10]

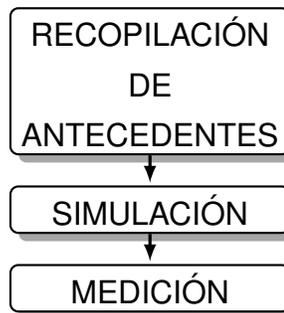
Los instrumentos y procedimientos de medición, se encuentran a partir del artículo 7° del D.S.N°146/97 MINSEGPRES.

### CAPÍTULO 3

# PROCEDIMIENTO Y MÉTODO UTILIZADO

---

Con la finalidad de analizar los diferentes métodos de predicción de ruido generados por LEAT's, se realizaron 3 etapas claramente diferenciadas, como indica el diagrama.



La primera etapa fue la búsqueda de información acerca del origen del ruido en una LEAT. Para ello, se revisó una amplia gama bibliográfica vinculada con líneas eléctricas de alta tensión, de modo de familiarizarse con la temática de interés, tanto nacional como internacional. Entre ellas, normas técnicas, publicaciones, literatura técnica especializada, así como proyectos ingresados al SEIA. Junto con lo anterior, se realizaron entrevistas con el Dr. Luis Ortiz Navarrete, docente del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la USACH, quien posee una amplia experiencia en la materia.

### 3.1 PROYECTOS INGRESADOS AL SEIA

El desarrollo de esta actividad se basa en los resultados del estudio "Proyectos de Líneas de Transmisión de alto voltaje, o que las contemplan, sometidos al sistema de evaluación ambiental (SEIA)", que se encuentra en extenso en el anexo D.

En términos generales, dicho estudio analizó un universo de 670 proyectos ingresados al SEIA, en el período comprendido entre el 01 de Enero de 1994 al 31 de Julio de 2009, donde se encontró que un 77% de los proyectos son Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) y un 23% a Estudios de Impacto Ambiental (EIA). En él, se realizó una clasificación en base a criterios de índole temporal, espacial y económica, además de las características de ingreso al sistema y su resolución de calificación. Al considerar sólo aquellos proyectos ingresados al SEIA, entre los años 2006-2009, exclusivamente como líneas eléctricas de alta tensión, y adicionalmente emplazados en las Regiones Quinta y Metropolitana, con Resolución de Calificación Ambiental (RCA) favorable, se redujo el número de proyectos a 16. Con esta muestra se realizó una revisión pormenorizada de los proyectos, con especial énfasis en lo referente a la evaluación del ruido en su fase de operación, dejando al descubierto una serie de falencias y oportunidades de mejora en la elaboración y revisión de este tipo de proyectos.

Como principales hallazgos del estudio de la referencia, se encuentra que todos los proyectos dicen aplicar el D.S. N°146, *Norma de emisión de ruidos molestos generados por fuentes fijas*. Sin embargo, un 81,3% realiza un estudio de ruido en la fase de construcción y sólo un 31,3% en la fase de operación. Cabe destacar, que la gran mayoría de los proyectos considera el ruido provocado por las maquinarias en la etapa de construcción y que estipulan que el impacto acústico producido por las líneas de alta tensión en su fase de operación son despreciables. Es por ello que, sólo 4 proyectos utilizan un modelo predictivo para estimarlo, aunque sólo dos de ellos especifican el método. Otro factor importante de considerar, al momento de estimar el ruido, es la humedad en el aire, donde se

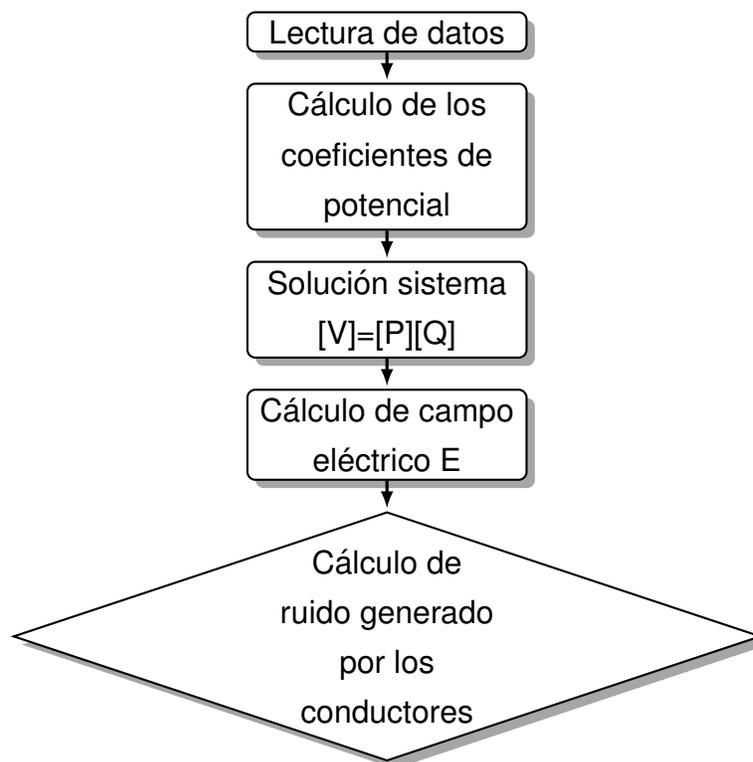
encontró que 3 proyectos presentaron un estudio pertinente, indicando el tipo de clima y humedad.

Por otra parte, se debe mencionar que la gran mayoría de los proyectos no presentan la información mínima necesaria para lograr modelar y estimar el ruido producido por las líneas de alta tensión, con alguno de los métodos conocidos. Por ejemplo, altura en la estructura de las fases, distancia horizontal entre las fases, número de conductores por fase y diámetro de los conductores de las fases.

## 3.2 PREDICCIÓN DE RUIDO

Para la simulación se utiliza un software capaz de procesar y calcular los datos necesarios para lograr una predicción de ruido.

La modelación está basada en los métodos de predicción mostrados en el capítulo 2 y consta de los siguientes pasos:



### 3.2.1 LECTURA DE DATOS

Los variables de entrada, fundamentales, para calcular el ruido generado por las líneas eléctricas de alta tensión son:

- Tensión
- Número de conductores por fase
- Radio del conductor
- Distancia entre cargas

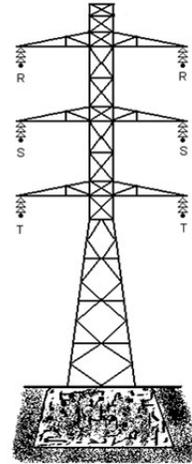


Figura 3.1: Torre de alta tensión con fases R, S y T

#### A) TENSIÓN (V)

Es el voltaje a tierra de cada uno de los conductores. Con estos valores, se genera una matriz compleja de orden  $[n \times 1]$ .

#### B) NÚMERO DE CONDUCTORES POR FASE (N)

Se denomina fase a cada sección donde se apoyan los conductores. En general, se denomina a las 3 fases del generador por los números 1, 2 y 3 o bien, por las letras R, S y T (ver figura 3.1). Por ende, en cada fase existe un número determinado de conductores N, el que depende del tipo de disposición de la torre.

## C) RADIO DEL CONDUCTOR (R)

Para un conductor simple, corresponde a la mitad del diámetro del conductor ( $R = \frac{d}{2}$ ). Mientras que para el caso de haces de conductor, se debe obtener el radio equivalente  $R_{eq}$  como se indicó en el capítulo anterior.

## D) DISTANCIA ENTRE CARGAS

Corresponden a las distancias existentes entre N conductores y sus N imágenes, respecto a un conductor "i". Para obtener dichas distancias, es necesario ingresar la altura de cada fase ( $y_i$ ) y la distancia horizontal entre ellas ( $x_i$ ).

Como ejemplo, se toma el caso de una torre de alta tensión de configuración vertical doble circuito, como se muestra la figura 3.2.

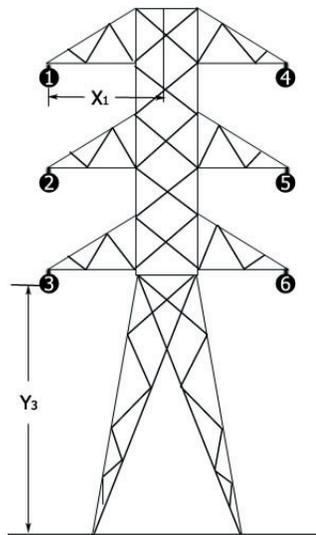


Figura 3.2: Torre de alta tensión de configuración doble circuito

Luego, se realiza la distribución de las cargas imágenes(ver figura 3.3), y por geometría se obtiene:

- Distancia entre conductor i y conductor j ( $L_{ij}$ ):  
 $L_{14}, L_{15}, L_{16}, L_{24}, L_{25}, L_{26}, L_{34}, L_{35}$  y  $L_{36}$ .

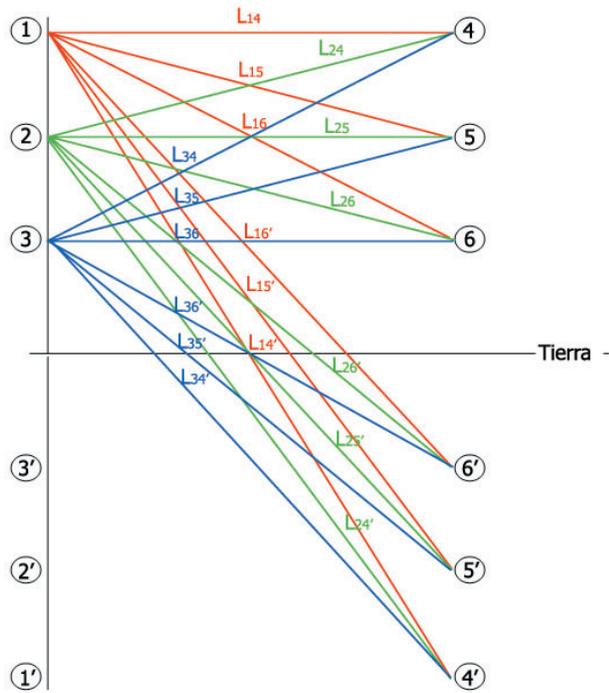


Figura 3.3: Configuración y distancia entre conductores

- Distancia entre conductor  $i$  y conductor imagen  $j'$  ( $L_{ij'}$ ):

$L_{14'}$ ,  $L_{15'}$ ,  $L_{16'}$ ,  $L_{24'}$ ,  $L_{25'}$ ,  $L_{26'}$ ,  $L_{34'}$ ,  $L_{35'}$  y  $L_{36'}$ .

Además, por simetría se tiene:

$$L_{ij} = L_{ji} \text{ y } L_{ij'} = L_{j'i'}$$

### 3.2.2 CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES DE POTENCIAL

Teniendo determinada las distancias, como se indica en el punto anterior, se procede a obtener los coeficientes de potencial de la matriz  $P$  para  $N$  conductores, según la ecuación 2.9.

$$[P] = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & \cdots & P_{1N} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & \cdots & P_{2N} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} & \cdots & P_{3N} \\ \vdots & & & \ddots & \vdots \\ P_{N1} & P_{N2} & P_{N3} & \cdots & P_{NN} \end{bmatrix}$$

### 3.2.3 SOLUCIÓN SISTEMA $[V]=[P][Q]$

Con las matrices  $[V]$  y  $[P]$ , se soluciona el sistema  $[Q] = [P]^{-1}[V]$ , obteniendo la matriz de carga de orden N.

$$[Q] = \begin{bmatrix} Q_{11} \\ Q_{21} \\ Q_{31} \\ \vdots \\ Q_{NN} \end{bmatrix}$$

Con ella se procede a calcular el campo eléctrico producido por cada conductor.

### 3.2.4 CÁLCULO DE CAMPO ELÉCTRICO E

Para calcular el campo eléctrico producido por cada conductor  $E_i$ , se utiliza cada elemento de la matriz  $[Q]$  y la ecuación 2.6. Con él, se procede a calcular el ruido generado por cada conductor ( $NPS_i$ ).

### 3.2.5 CÁLCULO DE RUIDO GENERADO POR LOS CONDUCTORES

Utilizando los métodos de cálculo de ruido, mostrados en el capítulo 2, se puede obtener el ruido recibido por un punto "P" cualquiera. Según corresponda, se puede obtener el ruido generado por cada conductor ( $NPS_i$ ) y por ende la contribución total ruido  $NPS_T$ .

### 3.3 MEDICIÓN

Para sugerir un método de cálculo de ruido, es imprescindible realizar un contraste entre datos medidos y simulados, pues así se logrará encontrar el método que más se ajuste a las condiciones dadas en terreno.

#### 3.3.1 INSTRUMENTACIÓN

El equipamiento consta de un sonómetro **01dB Blue Solo**, un medidor Xplorer GLX, un GPS Smap®76 y una cinta de medir STANLEY, los que se detallan en el Anexo A

#### 3.3.2 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

Las mediciones se realizaron en la *LÍNEA ALTA TENSIÓN ANCOA ALTO-JAHUEL*, tramo POLPAICO-ALTO JAHUEL entre las estructuras 78 y 79, sector km 17,1 ruta 68 (ver figura 3.4). Se selecciona esta línea por tener una tensión de 500 [kV], por la existencia detallada de sus características y por su fácil acceso.

A continuación se señalan los criterios considerados al momento de realizar las mediciones en la LEAT.

##### A) PERFILES DE MEDICIÓN

Para medir el ruido generado por las LEAT's, se realizó un rastreo en dos direcciones, el primero paralelo a los conductores (perfil lateral) y el segundo, perpendicular a éstos, como se detallan a continuación.

La medición correspondiente al perfil lateral a la LEAT, se realizó directamente bajo la línea del conductor, con el propósito de determinar si existían diferencias de niveles de ruido a lo largo de éste, dadas las diferencias de altura que presenta.

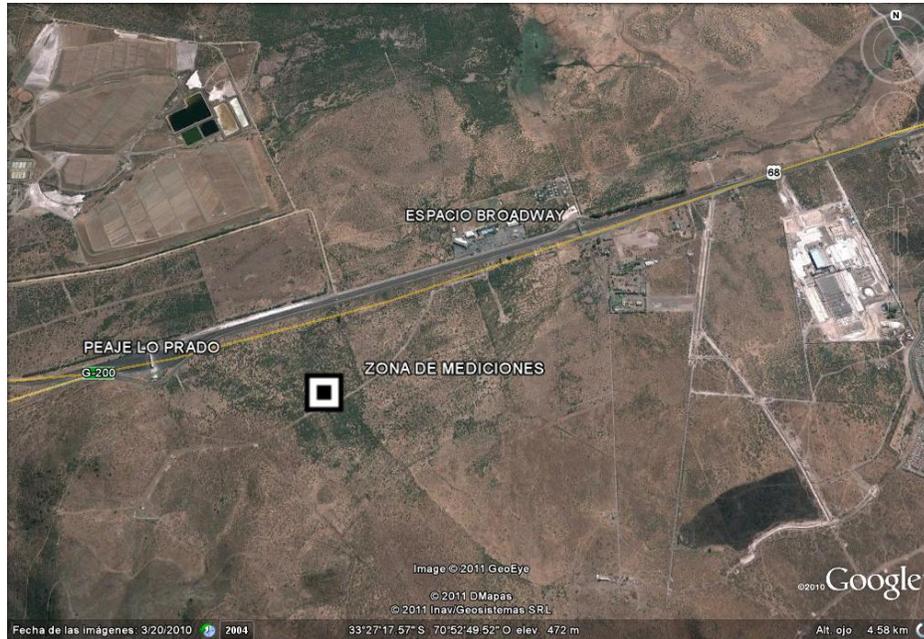


Figura 3.4: Zona de medición, Ruta 68 - km 17,1

Las mediciones en dirección perpendicular a la LEAT, se realizan con la finalidad de conocer la divergencia geométrica al alejarse de la fuente. De esta forma se podrán contrastar los valores medidos, con los valores obtenidos mediante los diferentes métodos de cálculo.

En el perfil lateral de la línea se tomaron 7 puntos de medición (L1-L7), a una separación de 30 [m] entre ellos. La cantidad de puntos se eligió de forma arbitraria, pues se consideró la distancia de la línea entre torre y torre. Verticalmente a la LEAT, se midieron 6 puntos (P1-P6) donde cada uno es el doble de la distancia del punto anterior, partiendo del punto P1 que es 1.5 [m]. De acuerdo a esto, los puntos tienen la distribución indicada en el esquema de la figura 3.5 y la localización de ellos se muestra en la tabla del anexo B.

Teniendo la distribución de los puntos, se comenzó con las mediciones de ruido, según lo estipula el procedimiento definido en el *D.S.146/97 MINSEGPRES*, para la medición de ruido de fondo.

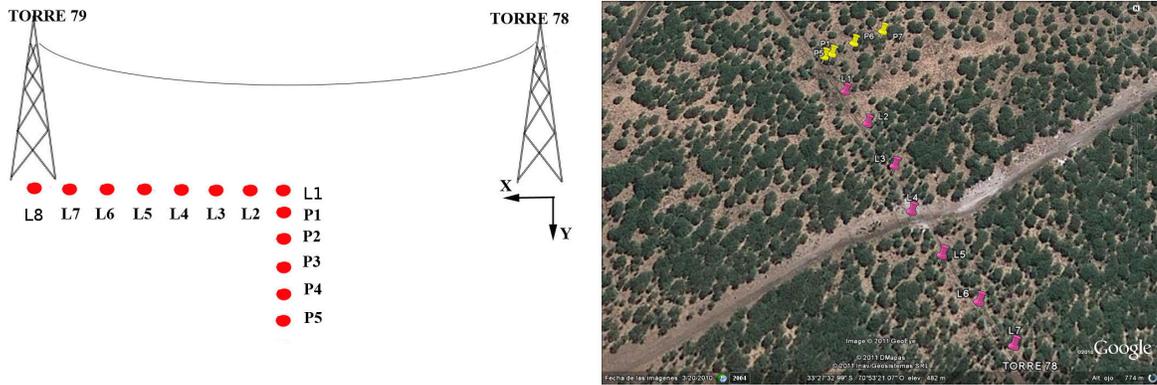


Figura 3.5: Distribución de los puntos de medición. A la izquierda se muestra un esquema con el orden de los puntos de los perfiles lateral y perpendicular, y a la derecha las distancias reales entre estos puntos, de acuerdo a las coordenadas medidas con el GPS.

El micrófono se situó a una altura de 1,5 [m], apuntando a la LEAT directo al centro de la fase del conductor, según *IEEE Std 656-1992*(ver figura 3.6). Además, se registraron las coordenadas y la temperatura ambiente, para cada punto de medición.

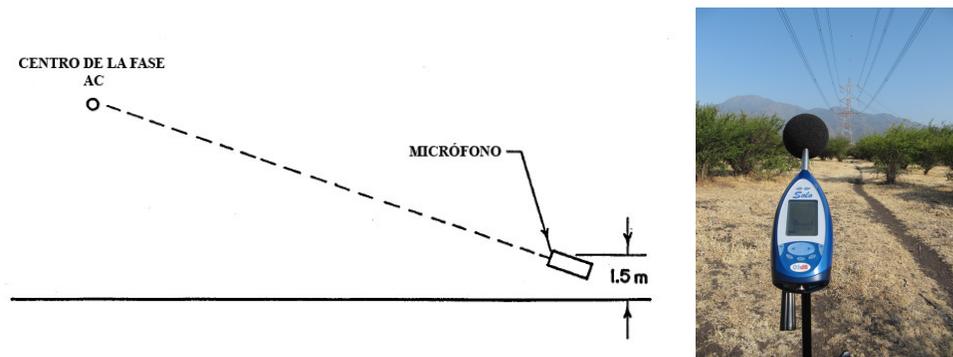


Figura 3.6: Posición del micrófono para medir ruido [11]

Las mediciones se realizaron el día 15 de Diciembre de 2010, registrando los descriptores  $L_{eq}$ <sup>1</sup>,  $L_{min}$ <sup>2</sup> y  $L_{max}$ <sup>3</sup> [12]. En primer lugar se realizan mediciones para puntos perpendiculares y luego, los correspondientes al perfil lateral. Cabe señalar, que el ruido de fondo se registró a una distancia superior a los 150 m, donde claramente el ruido generado por la LEAT no era percibido auditivamente, de modo de obtener el ruido en ausencia de la fuente.

---

<sup>1</sup>Nivel Sonoro Continuo Equivalente ( $L_{eq}$ ) es el nivel de un sonido estable que, en un período de tiempo establecido y en una localización determinada, tiene la misma energía sonora con ponderación A que el sonido que varía con el tiempo.

<sup>2</sup>Nivel Sonoro Mínimo ( $L_{min}$ ) es el menor nivel medido en un sonómetro, durante un intervalo de tiempo o suceso designado, utilizando la ponderación A y el promedio temporal rápido (fast).

<sup>3</sup>Nivel Sonoro Máximo ( $L_{máx}$ ) es el mayor nivel medido en un sonómetro, durante un intervalo de tiempo o suceso designado, utilizando la ponderación A y el promedio temporal rápido (fast).

## CAPÍTULO 4

# RESULTADOS

---

En este capítulo se presentan resultados teóricos, obtenidos por medio de la predicción de ruido, y los datos generados por el proceso de medición en terreno.

### 4.1 PREDICCIÓN DE RUIDO

En esta sección se presentan los resultados obtenidos según lo expuesto en el apartado 3.2. Donde las características de la línea fueron otorgadas por el Dr. Luis Ortiz Navarrete. La data corresponde al trabajo de titulación "*Modelo bidimensional para cálculo del campo eléctrico inducido por líneas de transmisión sobre terreno irregular*" [13].

Para la simulación, se utilizan algunas constantes, tales como la densidad del aire ( $\delta$ ), la velocidad del sonido ( $c$ ) y la altura del punto de cálculo ( $y$ ).

$$\delta = 1.205[Kg/m^3]$$

$$c = 344[m/s]$$

$$y = 1.5[m]$$

### 4.1.1 LÍNEA ANCOA - ALTO JAHUEL, TRAMO POLPAICO - ALTO JAHUEL

#### PARÁMETROS DE LA LÍNEA

|                                  |   |            |
|----------------------------------|---|------------|
| Tensión                          | : | 500 [kV]   |
| Diámetro subconductores          | : | 26,46 [mm] |
| Número de conductores por fase   | : | 4          |
| Distancia entre subconductores   | : | 400 [mm]   |
| Altura de las fases más bajas    | : | 19 [m]     |
| Distancia vertical entre fases   | : | 9,5 [m]    |
| Distancia horizontal entre fases | : | 13,56 [m]  |
| Tipo de Zona donde se encuentra  | : | Rural      |

#### PREDICCIÓN

Debido a las características de los modelos predictivos, sólo es posible simular valores para las mediciones perpendiculares a la LEAT. En la figura 4.1 se muestran las curvas esperadas por cada método de cálculo, considerando una distancia fuente - receptor de 0 a 300 m. Sin embargo, como las mediciones se realizaron en puntos particulares se hace imprescindible obtener los valores esperados para cada uno los métodos de cálculo, descritos en la sección 2.2.2, a estas mismas distancias, como se muestran en la tabla 4.1.

Tabla 4.1: Nivel de Presión sonora calculado con cada método de predicción

| d[m] | FGH [dB(A)] | IREQ [dB(A)] | BPA [dB(A)] | EPRI [dB(A)] | EDF [dB(A)] | ENEL [dB(A)] |
|------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| 1,5  | 52,47       | 45,05        | 35,16       | 42,65        | 46,99       | 45,22        |
| 3,0  | 52,50       | 45,09        | 35,20       | 42,69        | 47,02       | 45,25        |
| 6,0  | 52,54       | 45,13        | 35,25       | 42,73        | 47,06       | 45,29        |
| 12,0 | 52,34       | 44,90        | 35,02       | 42,51        | 46,86       | 45,09        |
| 24,0 | 51,24       | 43,64        | 33,75       | 41,26        | 45,76       | 43,99        |
| 48,0 | 49,05       | 41,13        | 31,21       | 38,64        | 43,57       | 41,80        |

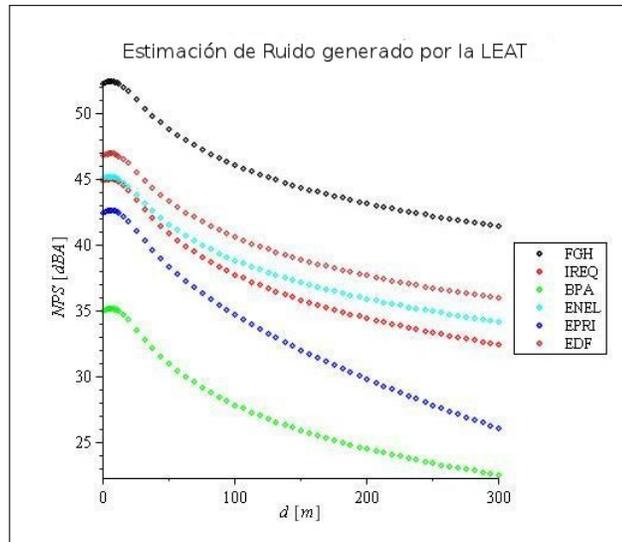


Figura 4.1: Ruido estimado por los métodos predictivos, en función de la distancia fuente-receptor ( $d$ )

## 4.2 MEDICIONES

Los datos correspondiente a las mediciones de ruido ( $L_{eq}$ ,  $L_{max}$  y  $L_{min}$ ), fueron obtenidos a través del software dBTrait, propio del sonómetro 01dB.

### 4.2.1 CONDICIONES DE LA MEDICIÓN

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Día de la medición           | : miércoles, 15 de Diciembre de 2010.   |
| Presión atmosférica promedio | : $96 \pm 1$ [kPa]  |
| Humedad relativa media       | : 59 %  |
| Temperatura inicial          | : $16,3 \pm 0,1$ [°C]   |
| Temperatura final            | : $23,7 \pm 0,1$ [°C]   |
| Ruido de Fondo               | : $L_{eq}$ : $37,0 \pm 0,1$ [dB(A)]<br>$L_{min}$ : $33,1 \pm 0,1$ [dB(A)]<br>$L_{max}$ : $51,3 \pm 0,1$ [dB(A)] |

Los descriptores de ruidos obtenidos a partir de la medición se muestran en las tablas 4.2 y 4.3.

Tabla 4.2: Descriptores de ruido, en decibeles con ponderación A, medidos perpendicularmente a la LEAT.

| d[m] | Leq ± 0,1 [dB(A)] | Lmin ± 0,1 [dB(A)] | Lmax ± 0,1 [dB(A)] |
|------|-------------------|--------------------|--------------------|
| 1,5  | 38,8              | 37,1               | 45,7               |
| 3,0  | 38,2              | 37,1               | 41,1               |
| 6,0  | 38,6              | 37,2               | 42,5               |
| 12,0 | 38,8              | 35,9               | 51,1               |
| 24,0 | 36,4              | 34,7               | 41,2               |
| 48,0 | 39,0              | 33,9               | 53,3               |

Tabla 4.3: Descriptores de ruido, en decibeles con ponderación A, medidos paralelamente a la LEAT.

| d[m]  | Leq ± 0,1 [dB(A)] | Lmin ± 0,1 [dB(A)] | Lmax ± 0,1 [dB(A)] |
|-------|-------------------|--------------------|--------------------|
| 00,0  | 41,6              | 36,6               | 55,8               |
| 30,0  | 40,1              | 37,4               | 54,7               |
| 60,0  | 39,1              | 37,2               | 51,5               |
| 90,0  | 37,8              | 36,5               | 43,9               |
| 120,0 | 38,1              | 37,1               | 40,9               |
| 150,0 | 37,0              | 36,0               | 39,9               |
| 180,0 | 36,5              | 35,2               | 38,7               |
| 220,0 | 36,2              | 36,3               | 55,8               |

## CAPÍTULO 5

# DISCUSIÓN

---

Al comparar el nivel sonoro continuo equivalente ( $L_{eq}$ ) de cada punto medido perpendicularmente a la LEAT (tabla 4.2), y los valores simulados (tabla 4.1) se puede apreciar que las mediciones tienden a seguir la relación dada por las simulaciones, sin embargo es notorio que el último punto, medido a los 48 m, no se encuentra dentro de la tendencia (ver figura 5.1 ). Una explicación a esto, es que el ruido de la LEAT a esa distancia ya no es significativo, enmascarándose con el ruido del entorno. Esto se puede respaldar observando los valores  $L_{min}$  y  $L_{max}$  para ese punto, ya que éste da cuenta que el nivel sonoro sobrepasa los 50 [dB(A)] (ver figura 5.2), provocando la diferencia. Este máximo se pudo deber a la presencia de ruidos ocasionales externos a la fuente.

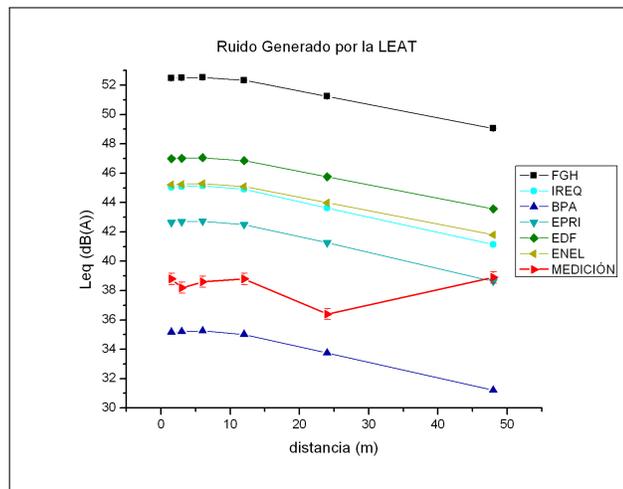


Figura 5.1: *Contraste entre valores teóricos y prácticos*

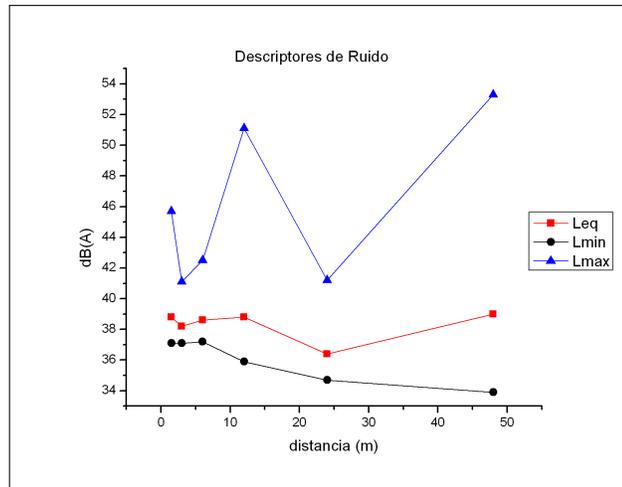


Figura 5.2: *Descriptores de ruido Leq, Lmin y Lmáx para los puntos de medición perpendiculares a la LEAT.*

Si se considera un criterio preventivo, en el marco del SEIA, al momento de seleccionar el método de cálculo de ruido a sugerir se hace necesario pensar en la "peor condición de ruido" <sup>1</sup>. Como se mencionó, las condiciones meteorológicas inciden directamente en el ruido que genera la LEAT, es por ello que se realiza una corrección de conductor mojado sobre las mediciones. Para estimar el factor de corrección, se utiliza el entregado por uno de los métodos usados en la predicción, obteniendo un incremento aproximado de 4 [dB(A)].

Si bien, se logró estimar el aumento de ruido que se produce cuando el conductor está mojado, existen estudios que indican que para lluvia fuerte, se puede producir un incremento aún mayor, aproximado a 7 [dB] por sobre el valor de un conductor mojado [14]. Bajo ese escenario, se puede ver de la figura 5.3 que el único método que cubriría esta condición es el FGH .

En general, de los métodos de predicción de ruido para LEAT, se puede establecer que para modelar bajo condiciones de buen tiempo o de conductor mojado todos los métodos resultan ser representativos, exceptuando el método BPA porque sus valores están por debajo de las mediciones realizadas en la LEAT ANCOA ALTO - JAHUEL, tramo POLPAICO-ALTO JAHUEL. Sin embargo, para un

<sup>1</sup>La peor condición de ruido se producirá cuando el efecto corona se acentúa.

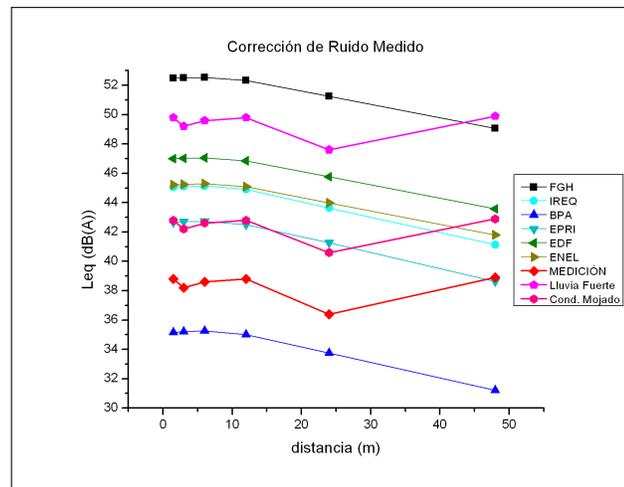


Figura 5.3: *Ruido con corrección a las mediciones por condiciones de conductor mojado y lluvia fuerte*

peor escenario, lluvia fuerte, el modelo a utilizar debería ser el FGH, puesto que es el único que sobrepasa las mediciones corregidas. Adicionalmente, se debe mencionar que este último método, es el único que permite obtener predicciones para tendidos eléctricos con tensiones por debajo de los 230 [kV].

Una consecuencia directa de tener un modelo predictivo de ruido es que se puede estimar la distancia entre el eje de la línea y el potencial receptor más cercano, pudiendo aproximar el área de influencia que la LEAT tendrá.

Si se supone que existen posibles potenciales receptores alrededor de la LEAT, éstos por pertenecer a una zona rural debieran estar, a lo menos a 10 m aproximadamente de la fuente. Esto según lo establecido por la norma "NSEG 5 E.n. 71 , Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Corrientes Fuertes" [15], que señala que la Línea Eléctrica de Transmisión debe contar con una faja de servidumbre, la que dependerá de la tensión de dicha línea. Bajo estas condiciones, y en el marco del SEIA, se puede verificar que el ruido generado por la LEAT, no sobrepasa la norma de ruido D.S.146 MINSEGPRES. Pues, se aprecia que ninguno de los valores medidos supera en 10 [dB(A)] al ruido de fondo.

Con los datos medidos paralelamente a la LEAT, mostrados en la figura 5.4, se verifica la diferencia de altura existente entre el centro de la línea y sus extremos, ya que se produce una diferencia aproximada de 6 [dB(A)] entre el punto ubicado al centro de la línea y el ubicado bajo la torre.

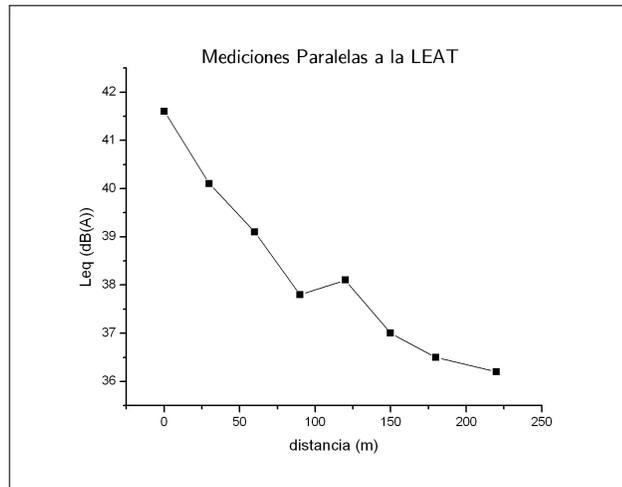


Figura 5.4: *Ruido medido paralelamente a la LEAT*

Otro aspecto observado a partir de las mediciones, es que el ruido generado por el Efecto Corona en las LEAT's, presenta su mayor contribución en las bajas frecuencias. Los espectros de las mediciones, mostrados en las figuras C.1 y C.2 del anexo C, además, muestran que no se produjeron tonos puros, esto se debió a que las condiciones meteorológicas no fueron las propicias para su generación.

Cabe destacar que los resultados obtenidos pueden servir sólo como una aproximación y en ningún caso como referencia absoluta. Esto debido a que corresponde a un caso particular, el que en ningún momento puede ser generalizado.

Para un análisis más profundo es imprescindible realizar un mayor número de mediciones, de las que se puedan estudiar todas las variables que producen el ruido en las LEAT. Principalmente, realizar mediciones bajo distintas condiciones meteorológicas.

## CAPÍTULO 6

# CONCLUSIÓN

---

A pesar de que el nivel de ruido audible que produce una LEAT es muy bajo comparado con el ruido que produce el ambiente, se hace necesario regularlos y reducirlos a niveles mínimos.

Del análisis de los modelos predictivos de ruido, se logró identificar las variables mínimas que permiten estimar el ruido generado por una LEAT, las que dependen netamente de sus características de construcción, exceptuando la posición de un posible receptor. Dichos parámetros se listan a continuación:

- Tensión
- Diámetro conductores
- Distancia entre conductores
- Número de conductores por fase
- Número de fases
- Posición de las fases
- Posición del receptor

Cabe mencionar, que además es necesario conocer las condiciones meteorológicas del lugar. Para realizar una corrección en condiciones de conductor mojado se debe conocer la presión y temperatura.

Al analizar los métodos predictivos se observó que todos siguen la misma tendencia y que, al momento de contrastarlos con las mediciones los modelos recomendables para estimar el ruido generado por una línea de transmisión, en condiciones de buen tiempo o de conductor mojado, son:

- EDF: Electricité de France
- ENEL: Ente Nazionale per L'Energia Elettrica
- EPRI: Proyecto U.H.V.
- IREQ: Hydroquebec Institute of Research
- FGH: Forschungsgemeinschaft für Hochspannung und Hochstromtechnik e.V.

Sin perjuicio de lo anterior, para efectos de la propuesta de guía en el marco del SEIA, se sugiere como modelo preventivo el método de predicción FGH.

Finalmente, se diseña una propuesta de guía para la evaluación del impacto acústico generado por proyectos que contemplen líneas eléctricas de alta tensión alterna, en el marco del SEIA. Ésta será parte de la guía que se encuentra en circulación, *"Guía para la evaluación de impacto ambiental de ruido"*, CONAMA, 2007.

# Guía Para la Evaluación de Ruido Generado por Líneas Eléctricas Alternas de Alta Tensión

## Sobre los proyectos de Líneas Eléctricas Alternas de Alta Tensión

El titular de un proyecto de Líneas Eléctricas Alternas de Alta Tensión, o que las contemplen, deben incluir para su evaluación en etapa de operación:

### 1. Modelo de Predicción

El titular debe definir el modelo y los parámetros que le permitan estimar el ruido que generaría la LEAT en etapa de operación.

#### 1.1. Parámetros mínimos para estimar el ruido

Para realizar una modelación de ruido generado por una LEAT, se debe tener como mínimo los siguientes parámetros:

- Tensión
- Número de fases
- Número de conductores por fase
- Posición de las fases
- Posición del receptor
- Diámetro de conductores
- Distancia entre conductores

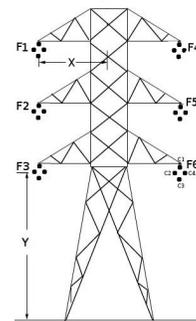


Figura 1: Estructura sostenedora de líneas de alta tensión, donde  $C_i$  son los conductores,  $F_i$  las fases y  $X$  e  $Y$  dan la posición de cada fase respecto al eje de la Línea.

## 1.2. Modelos para estimar el ruido generado por una LEAT

Se sugieren los siguientes métodos para estimar el ruido producido por una LEAT:

### ■ Electricitée de France (E.D.F.)

Tensión : 400 – 1200[kV]

Nº de Conductores :  $N \leq 6$

Diámetro de Conductores :  $2 \leq d \leq 6[cm]$

### ■ Ente Nazionale per L'Energia Elettrica (E.N.E.L.)

Tensión : 400 – 1200[kV]

Nº de Conductores :  $N \leq 10$

Diámetro de Conductores :  $2 \leq d \leq 5[cm]$

### ■ Proyecto U.H.V. (EPRI)

Tensión : 230 – 1500[kV]

Nº de Conductores :  $N \geq 3$

Diámetro de Conductores :  $2 \leq d \leq 6[cm]$

### ■ Forschungsgemeinschaft für Hochspannung und Hochstromtechnik e. V. (F.G.H.)

Tensión : Cualquiera

Nº de Conductores :  $N \leq 6$

Diámetro de Conductores :  $2 \leq d \leq 7[cm]$

### ■ Institute of Research (I.R.E.Q.)

Tensión : 345 – 1500[kV]

Nº de Conductores :  $N \geq 2$

Diámetro de Conductores :  $2 \leq d \leq 6[cm]$

Se recomienda que, ante dudas en la elección del método predictivo, se utilice el modelo FGH debido a que es el más conservador y preventivo.

## **2. Mediciones**

Las mediciones de ruido provocado por las Líneas Eléctricas Alternas de Alta Tensión, deben realizarse de acuerdo a lo establecido en el D.S. N° 146/97 MINSEGPRES.

# **ANEXO**

## ANEXO A

# INSTRUMENTACIÓN

---

A continuación se detallan las características del instrumental utilizado en la medición de ruido en la LEAT.

### A.1 SONÓMETRO **01dB Solo Blue**

El sonómetro **01dB Solo Blue** (figura A.1) es el instrumento que permite realizar las mediciones de ruido, que cumple con los siguientes estándares internacionales:

- IEC 61672-1 (2002) *Electroacoustics - Sound level meters, Part 1: Specifications*
- EN 60651 (2000) *Sound level meters*
- EN 60804 (2000) *Integrating - averaging sound level meters*
- ANSI 1.11 *Specification for Octave - Band and Fractional - Octave - Band Analog and Digital Filters*
- ANSI 1.4 *Specification for Sound Level Meters and Supplement*
- IEC 1260 (1995) *Electroacoustics - Octave - band and fractional - octave - band filters, class 1*
- EN 50081-1 y 2 *Generic emission standard*

- EN 50082-1 y 2 *Generic Immunity standard*

Las normas EN 50081 y EN 50082, corresponden a normas de compatibilidad electromagnética del equipo.



Figura A.1: *Sonómetro 01dB Solo Blue*

#### **Características:**

- Rango: 20-137 dB(A) - Clase 1  
30-137 dB(A) - Clase 2
- Indicadores: Leq (from 20 ms to 10 s), Lp, Lpmin, Lpmax (S, F, I), Lpk (C,Z)
- Ponderaciones: A, B, C y Z
- Mediciones en tiempo Real (de 20 ms a 10 s)
- Espectros: 1/1 y 1/3 (12,5 Hz a 20 kHz)

## A.2 MICRÓFONO DE 1/2"

- Sensibilidad: 50 mV/Pa, clase 1 ó 20 mV/Pa, clase 2

### A.3 XPLORESER GLX - PASCO

Este instrumento es un equipo de adquisición de datos totalmente autónomo (véase figura A.2), el que en esta oportunidad se utiliza para medir la presión atmosférica, en kPa, y la temperatura local, en  $^{\circ}C$ .



Figura A.2: *Xplorer GLX - PASCO*

### A.4 SENSOR DE TEMPERATURA

Sensor de acero inoxidable, que permite medir la temperatura local del lugar de medición.



Figura A.3: *Sensor de temperatura de respuesta rápida*

**Características:**

- Rangos: -10 a 70 [°C]
- Precisión: 0.5 [°C]
- Máxima velocidad de muestreo: 100 [Hz]

## A.5 SENSOR DE PRESIÓN ABSOLUTA

Sensor que permite medir la presión absoluta local.



Figura A.4: *Sensor de presión absoluta*

### **Características:**

- Rango: 0 a 700 [kPa]
- Precisión: 2[kPa]
- Resolución: 0,1 [kPa]
- Máxima velocidad de muestreo: 200 [Hz]
- Repetitividad: 1 [kPa]

## A.6 GPS SMAP®76

El Gps permite establecer la posición de cada punto de medición. El que cumple con la parte 15 de los límites de FCC (Federal Communications Commission) de equipos digitales clase B.

### **Especificaciones:**



Figura A.5: GPSSmap® 76

- Tiempos de adquisición:
  - Caliente: Aprox. 15 segundos
  - Frío: Aprox. 45 segundos
  - AutoLocate: Aprox. 5 minutos
- Medida de actualización: 1/segundo, continua
- Precisión del GPS: < 15m. (49 pies) 95 % típico\*
- Precisión del DGPS (USCG): 3-5 metros con receptor DGPS Garmin opcional, 95 % típico
- Precisión del DGPS (WAAS): 3 metros, 95 % típico con correcciones DGPS
- Precisión de la velocidad: 0,1 nudos RMS sin movimiento
- Dinámica: 6 [g]

\*Sujeto a degradación de precisión de 100m 2DRMS bajo el programa de Disponibilidad Selectiva impuesto por el DOD de los EE.UU.

## A.7 CINTA DE MEDIR STANLEY

Huincha STANLEY de 3/4" de ancho por 5 metros de largo, con una sensibilidad de 1 [mm].

## ANEXO B

# LOCALIZACIÓN DE MEDICIONES

---

Los puntos de medición se muestran en la siguiente tabla, indicando distancia desde la fuente y sus coordenadas georeferenciadas.

Tabla B.1: Localización de puntos de medición perpendiculares a la LEAT.

| Punto | Distancia (X;Y) [m] | Coordenadas GPS                  |
|-------|---------------------|----------------------------------|
| P1    | (0; 1,5)            | 33° 27' 29,9"S<br>70°53' 22,7"WO |
| P2    | (0; 3)              | 33° 27' 29,9"S<br>70°53' 22,7"WO |
| P3    | (0; 6)              | 33° 27' 29,9"S<br>70°53' 22,5"WO |
| P4    | (0; 12)             | 33° 27' 29,9"S<br>70°53' 22,5"WO |
| P5    | (0; 24)             | 33° 27' 29,5"S<br>70°53' 21,9"WO |
| P6    | (0; 48)             | 33° 27' 29,2"S<br>70°53' 21,1"WO |

Tabla B.2: Localización de puntos de medición paralelos a la LEAT.

| Punto | Distancia (X;Y) [m] | Coordenadas GPS                  |
|-------|---------------------|----------------------------------|
| L1    | (0; 0)              | 33° 27' 29,9"S<br>70°53' 22,7"WO |
| L2    | (30; 0)             | 33° 27' 30,8"S<br>70°53' 22,1"WO |
| L3    | (60; 0)             | 33° 27' 31,6"S<br>70°53' 21,5"WO |
| L4    | (90; 0)             | 33° 27' 32,6"S<br>70°53' 20,8"WO |
| L5    | (120; 0)            | 33° 27' 33,6"S<br>70°53' 20,4"WO |
| L6    | (150; 0)            | 33° 27' 34,5"S<br>70°53' 19,7"WO |
| L7    | (180; 0)            | 33° 27' 35,4"S<br>70°53' 18,9"WO |
| L8    | (220; 0)            | 33° 27' 36,2"S<br>70°53' 18,2"WO |

## ANEXO C

# ESPECTROS DE MEDICIÓN

---

Espectros de las mediciones de ruido generado por la línea eléctrica de alta tensión ANCOA ALTO – JAHUEL, tramo POLPAICO – ALTO JAHUEL.

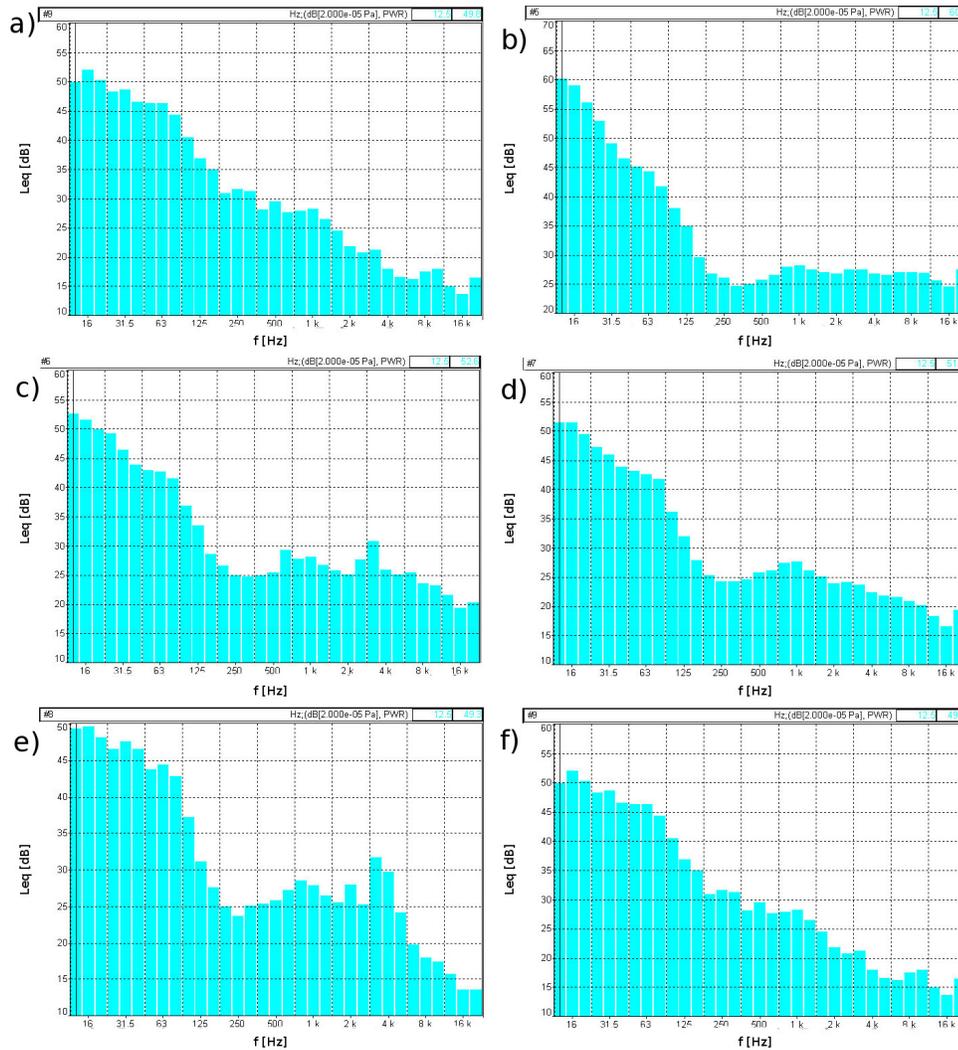


Figura C.1: *Espectro de Frecuencia para mediciones realizadas perpendicularmente a la LEAT. Los espectros a), b), c) corresponden a las mediciones a 1.5, 3 y 6 m de la LEAT. Y los espectros d), e) y f) a las mediciones a 12, 24 y 48 m.*

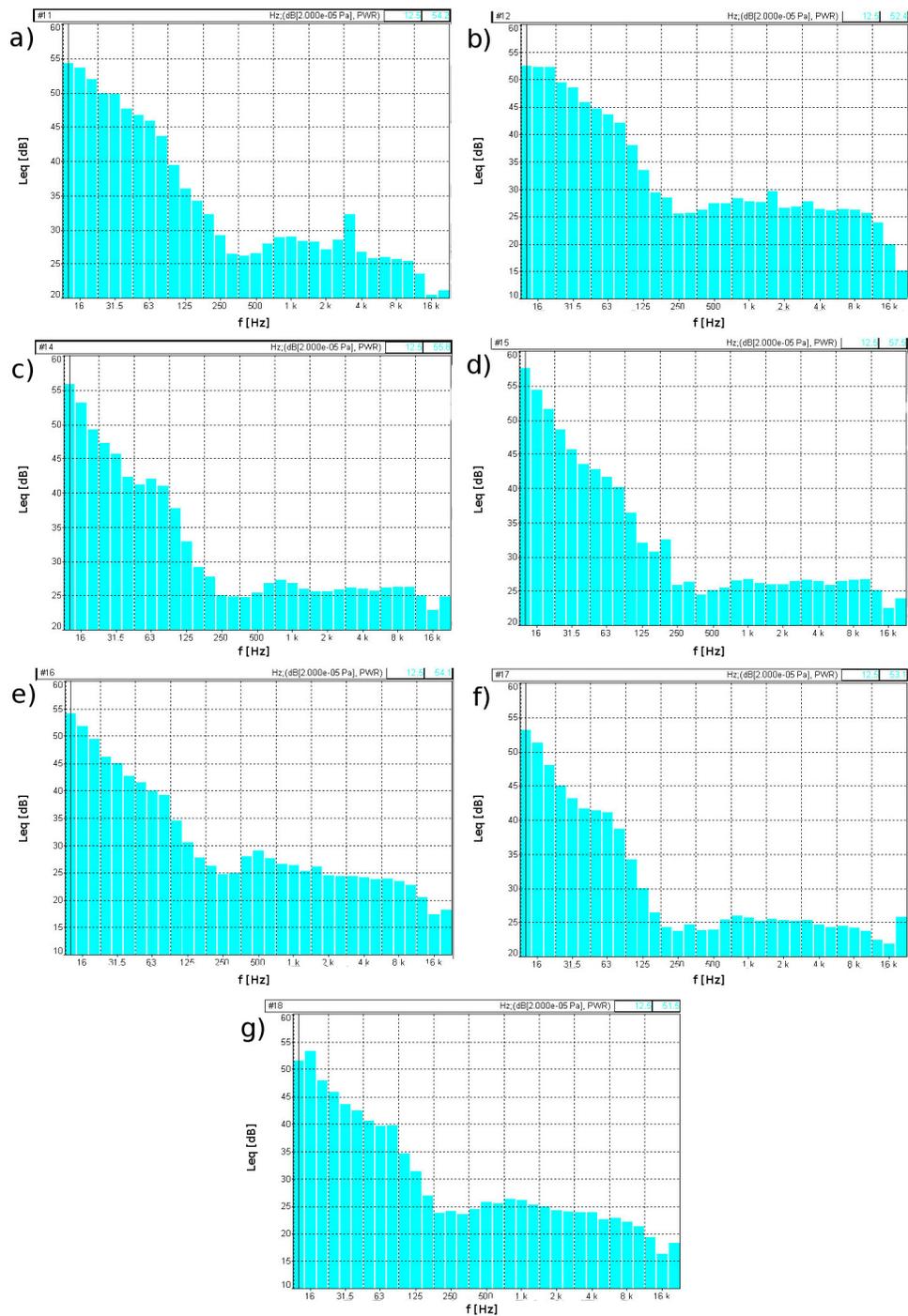


Figura C.2: Espectro de Frecuencia para mediciones realizadas papalelamente a la LEAT. Los espectros de a) a g) corresponden a los puntos de medición; 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 y 220 m., respectivamente

ANEXO D

# ESTUDIO PREVIO

---

# **ESTUDIO DE PROYECTOS DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE ALTO VOLTAJE, O QUE LAS CONTEMPLAN, SOMETIDOS AL SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (SEIA).**

Daniela Briceño Gutiérrez.

## **RESUMEN**

Debido a la gran cantidad de proyectos de líneas de transmisión de alta tensión sometidos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), es que se realiza un análisis de éstos. Inicialmente, existe un estudio en forma global y posteriormente, se toman proyectos en forma particular. Es a partir de ellos, que se deduce la clara necesidad de establecer algún modelo de estimación de ruido, que se sugiera utilizar en los estudios de ruido presentados por los titulares de los proyectos.

## **1. ANTECEDENTES**

Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental que deben obligatoriamente someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), se listan en el artículo 10 de la Ley Sobre Bases Generales del Medio Ambiente (Ley 19.300) y en el artículo 3 del Reglamento del SEIA.

Dentro del universo de proyectos o actividades, mencionados en la ley sobre bases generales del medio ambiente encontramos una clasificación para proyectos exclusivos de líneas eléctricas de alta tensión o bien, proyectos que las contemplen. Ésta corresponde a la siguiente:

- b) Líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje y sus subestaciones.

Se entenderá por líneas transmisión eléctrica de alto voltaje aquellas líneas que conducen energía eléctrica con una tensión mayor a veintitrés kilovoltios (23kV).

- c) Centrales generadoras de energía mayores a 3MW.

Sin embargo, en la fuente de información e-seia existe una subdivisión para el punto b), el cual corresponde a b1) para líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje y b2) para subestaciones.

El titular del proyecto de la actividad que se somete al SEIA lo hace presentando una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), salvo que dicho proyecto genere o presente alguno de los efectos, características o circunstancias contemplados en el artículo 11 de la Ley, en cuyo caso debe presentar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

El procedimiento de la evaluación ambiental está establecido en el [Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental](#). Cada proceso de evaluación genera un expediente que es de acceso público.

## 2. PROCEDIMIENTO

En primera instancia, se realizó un análisis a todos los proyectos b1, b2 y c, presentados desde el inicio del SEIA, según el registro de la página e-seia, desde 01 de Enero de 1994 hasta el 31 de Julio de 2009. Este considera un estudio temporal, espacial, económico, además del tipo de proyecto y si a su vez, éstos fueron aprobados, desistidos, rechazados o aún están en calificación.

Luego, se hizo un enfoque y análisis del mismo tipo a los proyectos presentados en el período 2006 – 2009. Debido a que es en estos años, donde se produce un gran aumento en el número de proyectos sometidos al SEIA.

Los criterios mencionados anteriormente, se basan específicamente, en el ordenamiento y selección de proyectos. Estos se detallan a continuación:

### a) Criterio Tipológico.

Permite establecer el tipo de proyecto o actividad que se presenta. Como se mencionó, pueden ser tipo b1) para líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje, b2) para subestaciones y c) para centrales generadoras de energía mayores a 3MW.

### b) Criterio Temporal.

Permite establecer el período en que los proyectos fueron presentados, es con él que, inicialmente, se busca realizar un catastro del número de proyectos que se han sometido al SEIA en los últimos 15 años. Además, se usa para estratificar la información de forma anual y así facilitar la búsqueda de proyectos que se desean encontrar. Finalmente, seleccionará los proyectos presentados entre el año 2006 y 2009.

### c) Criterio Espacial.

Separa los proyectos por distribución regional, obteniendo así, los sectores donde se focaliza este tipo de proyectos.

Luego, de realizar la selección de proyectos correspondientes al período 2006 - 2009, se toman los proyectos emplazados en la Quinta Región y en la Región Metropolitana.

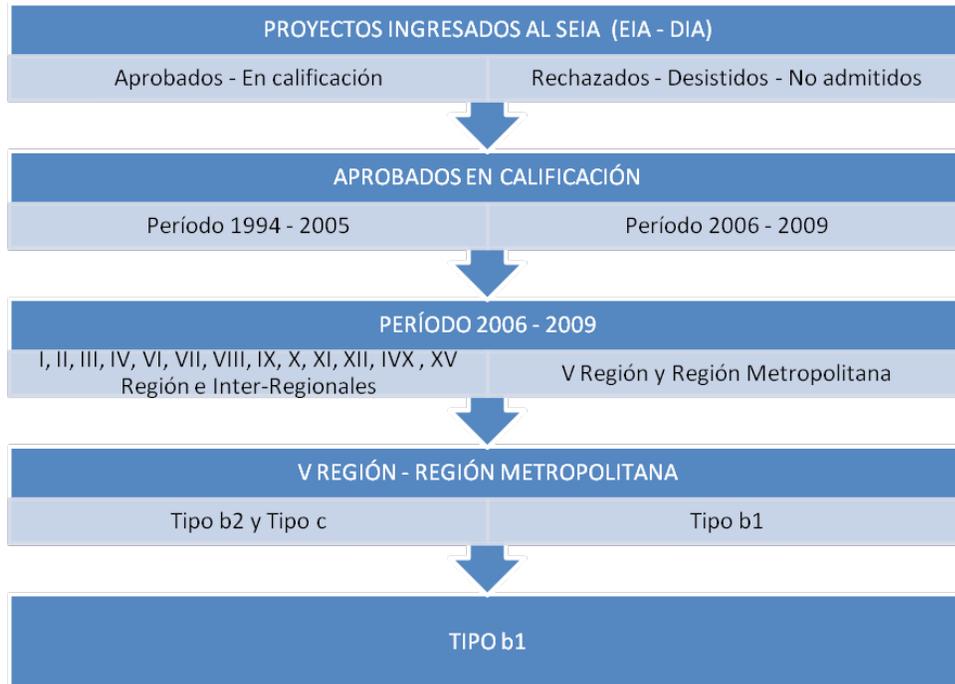
d) Criterio Económico.

Se usa sólo como un dato de referencia dentro del global de proyectos. Pues así, se logrará apreciar en los sectores o períodos donde existe una mayor inversión.

e) Criterio de Resolución.

Selecciona los proyectos aprobados o en proceso de calificación, esto con el motivo de disminuir la cantidad de proyectos que muestra el global de datos. Además, se considera estos tipos de proyectos son los que, finalmente, llevaron a cabo sus obras o actividades.

La forma de aplicación de los criterios anteriormente descritos, se presenta en el siguiente esquema, el cual busca realizar una selección de lo general a lo particular.



Por tanto, se consideran los proyectos sometidos al SEIA aprobados o en calificación correspondientes al período entre el 01 de Enero de 2006 al 31 de Julio de 2009. De ellos, los localizados en la V Región y Región Metropolitana, ingresados como tipo b1.

Luego, de la última selección se procede a realizar una búsqueda de información técnica presentada en cada proyecto, específicamente si en ellos existe informes de estudio de ruido y si se considera el impacto acústico provocado en las fases de construcción y operación. Además, de verificar si, en su estudio, se estima el llamado “Efecto Corona” provocado por las líneas de transmisión de alta tensión.

Finalmente, se seleccionan los proyectos que presenten la información técnica necesaria para modelar y predecir el ruido provocado por las líneas de transmisión de alta tensión.

### **3. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

El universo total de proyectos sometidos al SEIA desde el 01 de Enero de 1994 al 31 de Julio de 2009, resultó ser un número de 670 alcanzando una inversión de 49.887,414 millones de dólares, representando un 27,2% de la inversión conseguida por todos los proyectos ingresados al SEIA. De los cuales, un 77% de los proyectos corresponde a declaraciones de impacto ambiental (DIA) y el 23% a estudios de impacto ambiental (EIA).

#### **a) Criterio Tipológico**

De los proyectos existe un 32% que se presentó como tipo b1), Líneas de transmisión de alto voltaje, un 14% como tipo b2), subestaciones, y un 54% como tipo c), centrales generadoras de energía mayores a 3MW, esto lo podemos visualizar en la figura 1.

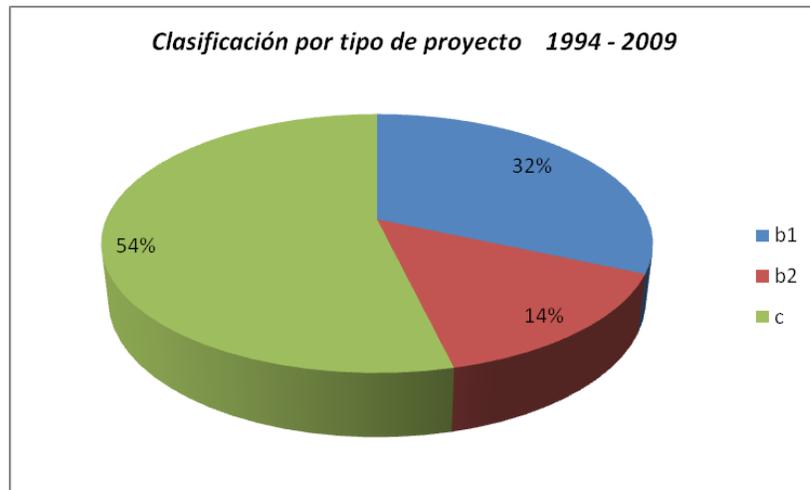


Figura Tipos de proyectos ingresados, según clasificación del SEIA, en el período 1994-2009.

#### b) Criterio Temporal

Del universo total de proyectos, se encontró un incremento inicialmente pequeño, hasta que hubo un alza de 46 % en el número de proyectos del año 1998 respecto al año anterior. Este número aumentó en mínimas proporciones hasta el año 2003, donde se produce una notoria baja. A partir de ahí, el ingreso de proyectos aumenta de tal manera que en los últimos 3 a 4 años se produce un incremento superior al 60% de los proyectos presentados en el año anterior (ver figura 2). Es claro, que para este último análisis no se considera el año 2009, ya que sólo presenta información hasta la mitad del año.

A nivel económico, se puede notar, en la figura 3, que hasta el año 2005 el monto de inversión no es directamente proporcional al número de proyectos. Para los años posteriores, donde existe un gran incremento de proyectos ingresados, también se encuentran las mayores inversiones, 39.844,330 millones de dólares.

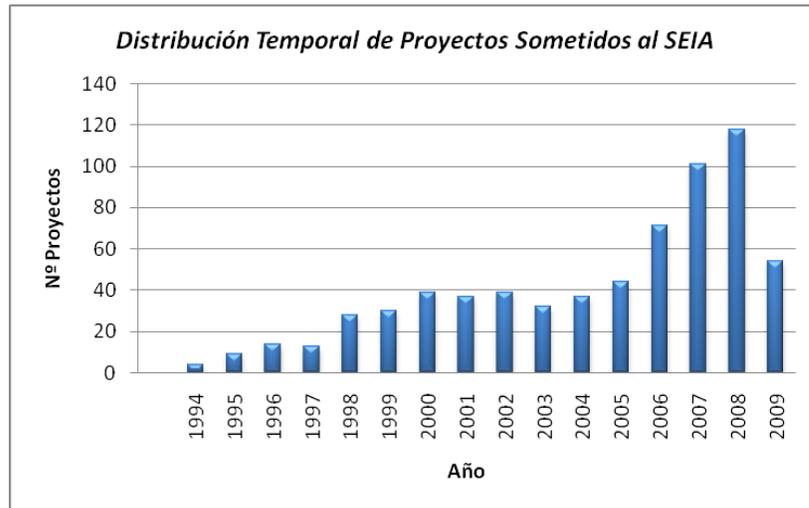


Figura . Distribución temporal de Proyectos Sometidos al SEIA, en el período del 01 de Enero 1994 a 31 de Julio de 2009.

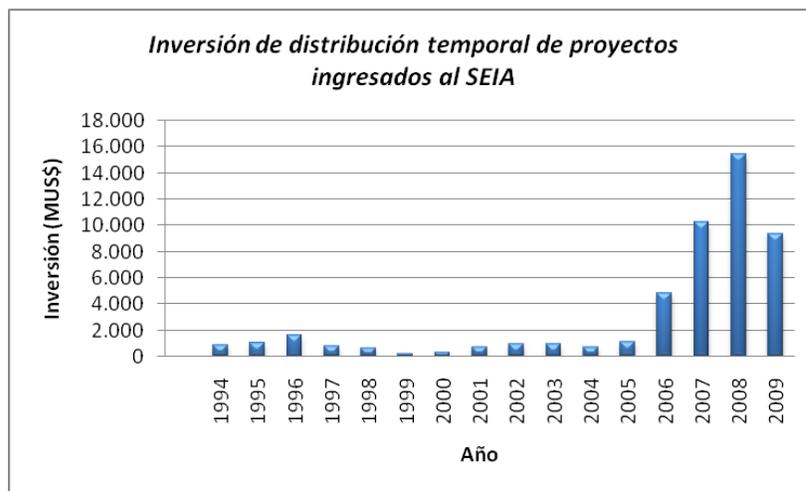


Figura . Inversión de distribución temporal de proyectos sometidos al SEIA, en el período del 01 de Enero 1994 a 31 de Julio de 2009.

c) Criterio Espacial

A lo largo del país, los proyectos presentan una distribución no homogénea, pues existe una gran concentración en la zona centro-norte con un 79% del universo total. Sin embargo, la mayor cantidad de proyectos se encuentran en la segunda región con un 17%, seguida por la octava región con un 11% y con un 10% en la quinta región (véase figura 4). A pesar de lo anteriormente mencionado, se puede apreciar, según la figura 5, que la mayor inversión se ha

realizado en la tercera región con 8.705,148 millones de dólares, siendo un 18% de la inversión a nivel nacional. Mientras que la región en donde menos se ha invertido es la décimo quinta con 41,86 millones de dólares.

Por otra parte, están los proyectos inter-regionales, que son un 7% del total de proyectos, alcanzando una inversión de 1811,181 millones de dólares.

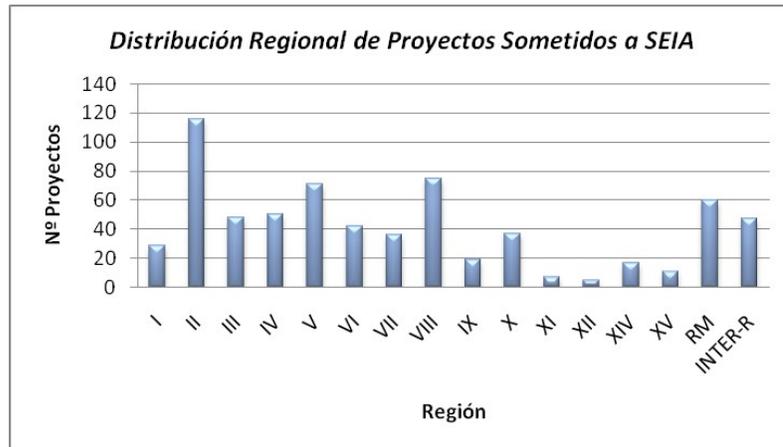


Figura . Distribución espacial de proyectos ingresados al SEIA, en el período del 01 de Enero 1994 a 31 de Julio de 2009.

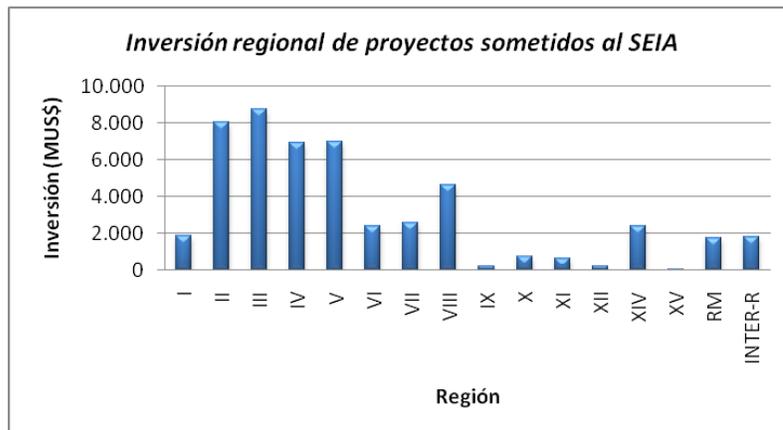


Figura . Inversión de distribución espacial de proyectos ingresados al SEIA, en el período del 01 de Enero 1994 a 31 de Julio de 2009.

Al focalizarse en los proyectos localizados interregionalmente, se logra apreciar la preferencia por instalar este tipo de en la zona centro, número que es seguido por los proyectos presentados para la zona sur (véase figura 6).

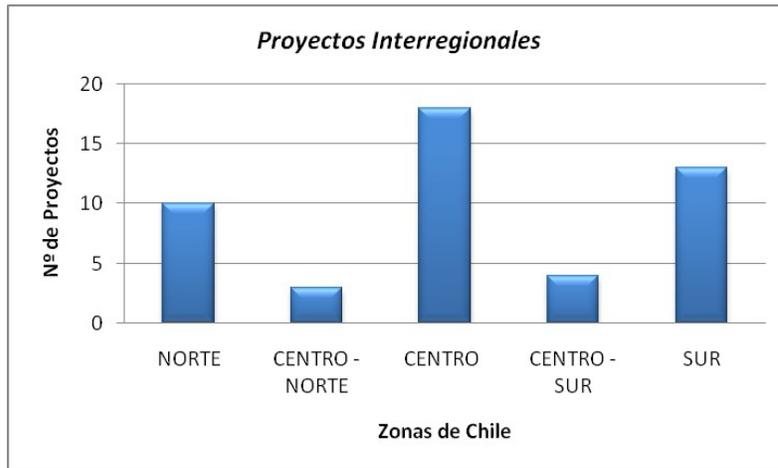


Figura . Distribución interregional de proyectos ingresados al SEIA, en el período del 01 de Enero 1994 a 31 de Julio de 2009.

d) Criterio de Resolución

De los 670 proyectos sometidos al SEIA, se tiene que un 77% fueron aprobados, un 7% se encuentra en calificación, un 6% está desistido, un 8% está no admitido y sólo un 2% fue rechazado, esto se puede ver en el diagrama que muestra la figura 7.

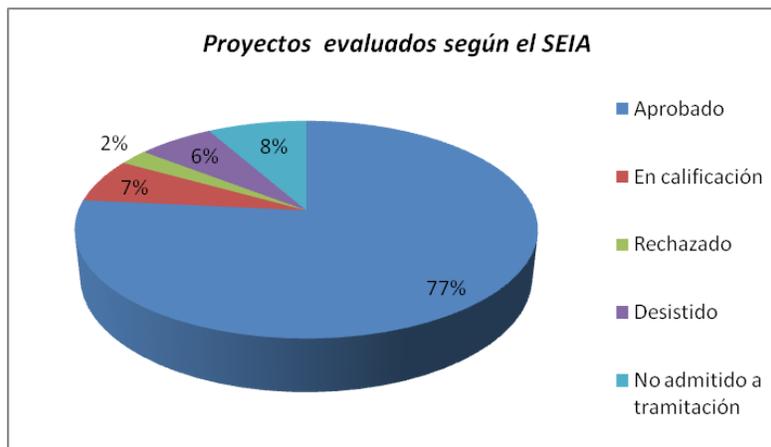


Figura . Resultados de SEIA, en el período del 01 de Enero 1994 a 31 de Julio de 2009.

- **Período del 01 de enero de 2006 al 31 de Julio de 2009**

Del enfoque realizado en el período del 01 de enero de 2006 al 31 de Julio de 2009, que corresponde al 51% del total de proyectos sometidos al SEIA, se considerará los aprobados y

en calificación. Por tanto, de 344 proyectos ingresados al sistema en dicho período, sólo 265 cumplen con la segunda condición.

Espacialmente, se puede observar que se mantiene la tendencia de establecer proyectos en la zona centro-norte. Donde, nuevamente, es en la segunda región donde existe el mayor número de proyectos, alcanzando alrededor de un 16%. A pesar, de la fiel tendencia se puede notar que en el último tiempo hubo un notorio incremento en el número de proyectos en la décima región, logrando alcanzar un 83% de los proyectos de esta región (ver figura 8).

Por su parte, los proyectos inter-regionales aumentaron en un 48% respecto a los proyectos existentes.

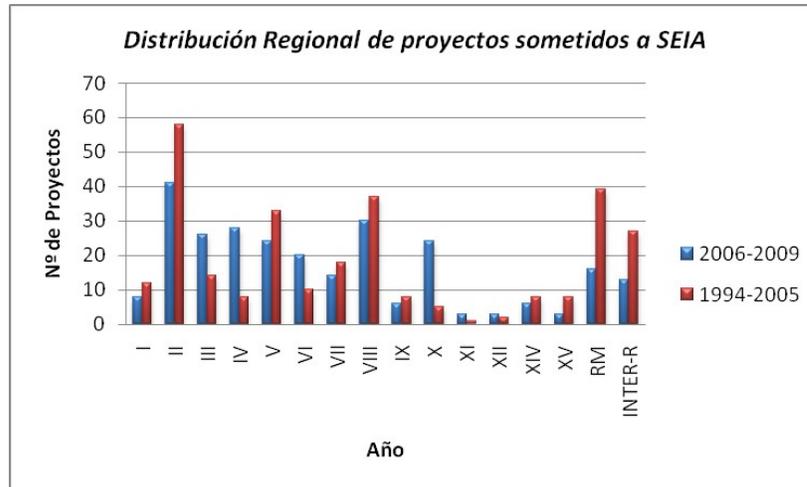


Figura . Distribución espacial de proyectos ingresados al SEIA, en los períodos 1994-2005 y 2006- 2009.

En cuanto a la inversión, se observa que los mayores montos se inyectaron en proyectos en la zona centro-norte, donde la mayor inversión está en la tercera región con 7.070,54 millones de dólares, seguida por la segunda región con 6.031,82 millones de dólares. Por el contrario, las regiones con menor inversión son la undécima y duodécima, con 20,75 millones de dólares y 15,55 millones de dólares respectivamente (ver figura 9).

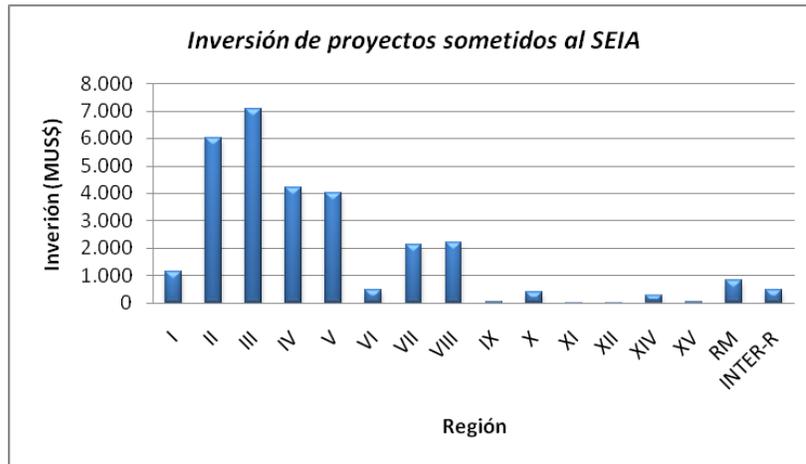


Figura . Inversión de distribución regional de proyectos ingresados al SEIA, en el período del 01 de Enero de 2006 al 31 de Julio de 2009.

Inter-regionalmente, claramente existe una notoria tendencia por emplazar proyectos de líneas de transmisión de alta tensión, en la zona sur de nuestro país (ver figura 10).

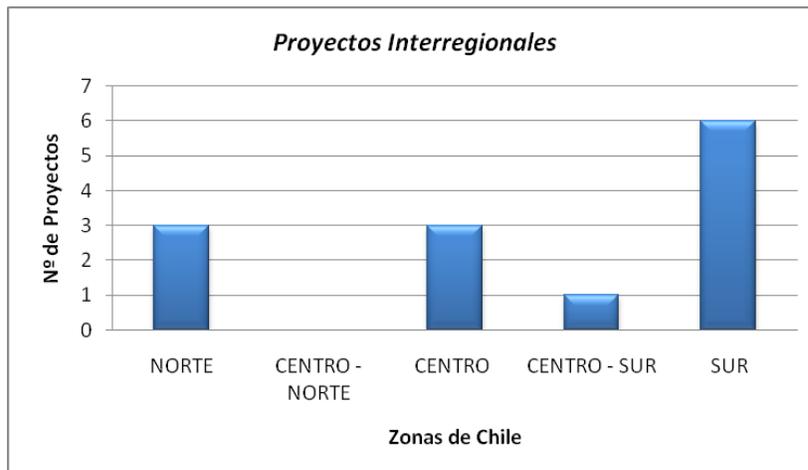


Figura . Distribución interregional de proyectos ingresados al SEIA, en el período del 01 de Enero de 2006 al 31 de Julio de 2009.

De los 265 proyectos ya seleccionados, se tomaron sólo los que se ubican en la Quinta Región y en la Región Metropolitana, de ahí resultaron 40 proyectos, los que se distribuyen de acuerdo a lo mostrado en la siguiente tabla:

**Tabla . Proyectos sometidos al SEIA aprobados o en calificación, ubicados en la V Región y la Región metropolitana, en el período del 01 de Enero de 2006 al 31 de Julio de 2009.**

| Región        | Nº Proyectos | Inversión (MUS\$) | DIA | EIA | Tipo b1 | Tipo b2 | Tipo c |
|---------------|--------------|-------------------|-----|-----|---------|---------|--------|
| Quinta        | 24           | 3.994,83          | 18  | 6   | 7       | 6       | 11     |
| Metropolitana | 16           | 825,75            | 14  | 2   | 9       | 3       | 4      |
| Total         | 40           | 4.820,58          | 32  | 8   | 16      | 9       | 15     |

De los proyectos indicados en la tabla 1, sólo se consideraron los de tipo b1, ya que son éstos los que corresponden a líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje. Es así como el gran universo de proyectos se reduce a solamente 16 proyectos, los que se muestran en las siguientes tablas:

**Tabla . Proyectos tipo b1, pertenecientes a la V región.**

| Proyecto  | Titular                                      | Tipo | Fecha de presentación | Localización Comunal  |
|---|--|------|-----------------------|-----------------------|
| Línea de Transmisión Eléctrica 2x220 Los Maquis – Saladillo                     | Hidroeléctrica Río Lircay S.A.               | EIA  | 15/05/2006            | Los Andes             |
| Tendido Subterráneo de 110 entre GNL Quintero y AES Gener en Ventanas           | GNL Quintero S.A.,                           | DI A | 28/01/2008            | Puchuncaví y Quintero |
| Ampliación de Línea de Transmisión Eléctrica de División Andina                 | División Andina de Codelco – Chile           | DI A | 11/01/2008            | Los Andes             |
| Línea de Transmisión Ventanas- Nogales 2x220                                    | AES GENER S.A                                | DI A | 14/09/2007            | Nogales               |
| Línea de Alta Tensión Central Termoeléctrica Quintero - Subestación San Luis    | Empresa Nacional de Electricidad S.A. ENDESA | DI A | 27/07/2007            | Quillota              |
| Obras complementarias a la central de respaldo Colmito                          | Hidroeléctrica La Higuera S.A.               | DI A | 26/03/2007            | Concón                |
| Línea de Transmisión 110 Agua Santa - Placilla y Subestación 110/12 kV Placilla | CHILQUINTA ENERGÍA S.A.                      | DI A | 10/05/2006            | Valparaíso            |

**Tabla . Proyectos tipo b1, pertenecientes a la región Metropolitana.**

| Proyecto   | Titular                 | Tipo | Fecha de presentación | Localización Comunal |
|--|-------------------------|------|-----------------------|----------------------|
| Línea de Transmisión Eléctrica 220 Polpaico – Confluencia                          | Anglo American Sur S.A. | EIA  | 28/04/2008            | Lampa y Lo Barnechea |
| Modificación Línea de Transmisión Eléctrica N°2; 66 kV San Francisco - Los Bronces | Anglo American Sur S.A. | DI A | 20/04/2009            | Lo Barnechea         |
| Refuerzo Líneas 110 San Cristóbal –  | Chilectra S.A.          | DI   | 23/01/2009            | Huechuraba           |

|   |                         |         |            |                                     |
|---|-------------------------|---------|------------|-------------------------------------|
| Cerro Navia, tramo San Cristóbal – Tap Recoleta y El Salto – San Cristóbal, tramo Torre T28 – San Cristóbal |                         | A       |            | y Recoleta                          |
| Línea de transmisión 110 Santa Marta-Padre Hurtado y Subestación eléctrica 110/12-23 kV Padre Hurtado       | CGE Transmisión S.A.    | DI<br>A | 18/12/2008 | Padre hurtado                       |
| Línea de Transmisión Eléctrica 220 Maitenes-Confluencia   | Anglo American Sur S.A. | DI<br>A | 14/11/2008 | Lo Barnechea                        |
| PROYECTO MODIFICACIÓN LÍNEA 110 ESPEJO - OCHAGAVÍA TRAMO TORRES N°10 A N°15 044                             | CHILECTRA S.A.          | DI<br>A | 03/03/2008 | San Bernardo, Cerrillos y Lo Espejo |
| Refuerzo Línea de Transmisión 110 Chena - Cerro Navia, S/E Maipú - Tap S/E Pajaritos 001/2006               | CHILECTRA S.A.          | DI<br>A | 27/12/2006 | Maipú y Cerrillos                   |
| MODIFICACIÓN DE LAS LÍNEAS 110 LOS ALMENDROS – EL SALTO Y EL SALTO – SAN CRISTÓBAL                          | CHILECTRA S.A.          | DI<br>A | 22/09/2006 | Huechuraba                          |
| Refuerzo Línea 110 Tap a S/E Santa Raquel   | CHILECTRA S.A.          | DI<br>A | 03/07/2006 | La Florida y Puente Alto            |

Luego, a partir de los datos entregados por los proyectos, señalados en la tabla 2 y tabla 3, se encontró que todos los proyectos dicen aplicar el D.S. 146, Norma de emisión de ruidos molestos generados por fuentes fijas. Pero de ellos, un 81,3% realiza un estudio de ruido en la fase de construcción y sólo un 31,3% en la fase de operación. Es importante destacar, que la gran mayoría de los proyectos considera el ruido provocado por las maquinarias en la etapa de construcción y que, los impactos acústicos producidos por las líneas de alta tensión son despreciables, por lo que sólo 4 proyectos utilizan un modelo predictivo para estimarlo, aunque sólo 2 de ellos lo especifican. Es este mismo grupo, el que considera el efecto corona provocado por las líneas de transmisión de alta tensión (ver tabla 4).

**Tabla . Número de proyectos correspondientes a la V región y la región Metropolitana, que presentan estudios de ruido.**

| Fase de Construcción | Fase de Operación | Proyectos que presentan modelo predictivo de ruido | Proyectos que presentan estudio de Efecto Corona | Proyectos que indican humedad en el aire |
|----------------------|-------------------|--|--|--|
| 13                   | 5                 | 4  | 4  | 4  |

Otro factor importante de considerar es la humedad en el aire, dónde sólo 4 proyectos del total presentaron un estudio pertinente, indicando el tipo de clima y humedad.

Por otra parte, se debe mencionar que los proyectos no presentan toda la información necesaria para lograr modelar y estimar el ruido producido por las líneas de alta tensión, con alguno de los métodos conocidos. Ya sea, por ejemplo, la altura en la estructura de las fases, distancia horizontal entre las fases, número de conductores por fase y diámetro de los conductores de las fases (véase tabla 5).

Tabla . Datos necesarios para estimar el ruido producido por una línea de alta tensión.

| Datos de para estudio   | Número de Proyectos |
|---|---------------------|
| Voltaje entre fases   | 16                  |
| Altura en la estructura de las fases (inferiores, centrales y superiores) | 3                   |
| Distancia horizontal (inferiores, centrales y superiores)                 | 3                   |
| Número de conductores por fase  | 7                   |
| Diámetro de los conductores   | 10                  |

De acuerdo a lo anterior y según los antecedentes presentados por cada titular, los proyectos seleccionados con los que se puede realizar una estimación de ruido son:

- Ampliación de Línea de Transmisión Eléctrica de División Andina.

Titular: División Andina de Codelco – Chile.

- Línea de Transmisión Ventanas-Nogales 2x220.

Titular: AES GENER S.A.

- Refuerzo Línea de Transmisión 110 Chena - Cerro Navia, S/E Maipú - Tap S/E Pajaritos 001/2006.

Titular: CHILECTRA S.A.

Cabe mencionar que el proyecto “Tendido Subterráneo de 110 entre GNL Quintero y AES Gener en Ventanas” corresponde a líneas de transmisión de alta tensión emplazadas subterráneamente, por tanto, no se consideró al momento de seleccionar los proyectos para estimación de ruido.

#### 4. CONCLUSIÓN

De todo lo expuesto, se puede notar el gran incremento presentado por los proyectos que se han sometido al SEIA en los últimos años, puesto que corresponden a un 51% del total de proyectos. Si bien, no presenta una tendencia determinada, se puede decir que la cantidad de proyectos ha aumentado, en los últimos 3 años, en un rango de entre 15 y 30% respecto al año anterior. Además, es notoria la disposición a invertir en proyectos de este tipo a contar del año 2006.

Además, es clara la preferencia por instalar este tipo de proyectos en la zona norte del país, a pesar de que en el último tiempo se produjo un gran incremento de proyectos en la décima región. Esta preferencia se ve reflejada en los montos de inversión de los proyectos.

Por otra parte, se puede corroborar la poca importancia que los titulares han dado al ruido producido por las líneas de transmisión de alta tensión. Esto se pudo notar, al momento de tomar los 16 proyectos y establecer que un 68,8% no considera el ruido provocado por la operación del proyecto y que, el 25% de los que sí lo hacen, lo asocian al ruido provocado por mantención de las líneas de alta tensión o la faja de servidumbre.

A pesar de lo anterior, se logró encontrar 3 proyectos que cuentan con la información técnica necesaria para simular el ruido producido por las líneas de alta tensión. De esto, se sugiere se contraste los valores obtenidos con una medición.

Finalmente, se puede concluir que es necesario establecer algún tipo de criterio común o guía, para realizar el estudio de ruido provocado por líneas de transmisión de alta tensión.

## ANEXO

### A. Resumen de número de proyectos, ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

En la tabla I, se encuentra el número de proyectos ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), tomando períodos desde el 01 de Enero de 1994 al 31 de Julio de 2009 y desde el 01 de Enero de 2006 al 31 de Julio de 2009. Mientras, que en la tabla II se muestran los resultados clasificados del número de proyectos ingresados en el último período (01 de Enero de 2006 a 31 de Julio de 2009).

Tabla I. Número de Proyectos ingresados al SEIA desde el 01 de Enero de 1995 al 31 de Julio de 2009.

| Períodos            | Nº de Proyectos | Inversión (MMU\$) |
|---------------------|-----------------|-------------------|
| 01/01/94 a 31/06/09 | 670             | 49.887,41         |
| 01/01/06 a 31/06/09 | 344             | 39.776,43         |

Tabla II. Número de Proyectos ingresados al SEIA desde el 01 de Enero de 2006 al 31 de Julio de 2009.

|                             |     |   |           |
|-----------------------------|-----|---|-----------|
| Aprobados o en calificación | 265 |   | 30.170,08 |
| EIA                         | 46  |   | 23.000,76 |
| DIA                         | 219 |   | 7.169,32  |
| I Región                    | EIA | 2 | 900,00    |
|                             | DIA | 6 | 258,60    |
| II Región                   | EIA | 5 | 3.851,00  |

|                      |     |    |          |
|----------------------|-----|----|----------|
|                      | DIA | 36 | 2.180,82 |
| III Región           | EIA | 4  | 6.265,00 |
|                      | DIA | 22 | 805,54   |
| IV Región            | EIA | 3  | 2.560,00 |
|                      | DIA | 25 | 1.634,54 |
| V Región             | EIA | 6  | 3.792,90 |
|                      | DIA | 18 | 201,92   |
| VI Región            | EIA | 3  | 307,30   |
|                      | DIA | 17 | 186,74   |
| VII Región           | EIA | 4  | 1.905,00 |
|                      | DIA | 10 | 218,34   |
| VIII Región          | EIA | 10 | 2.198,90 |
|                      | DIA | 20 | 766,24   |
| IX Región            | EIA | 0  | 0,00     |
|                      | DIA | 6  | 50,10    |
| X Región             | EIA | 2  | 44,00    |
|                      | DIA | 22 | 366,71   |
| XI Región            | EIA | 0  | 0,00     |
|                      | DIA | 3  | 20,75    |
| XII Región           | EIA | 0  | 0,00     |
|                      | DIA | 3  | 15,55    |
| XIII Región          | EIA | 0  | 0,00     |
|                      | DIA | 0  | 0,00     |
| XIV Región           | EIA | 1  | 202,00   |
|                      | DIA | 5  | 84,05    |
| XV Región            | EIA | 0  | 0,00     |
|                      | DIA | 3  | 41,86    |
| Región Metropolitana | EIA | 2  | 720,00   |
|                      | DIA | 14 | 105,75   |
| Interregional        | EIA | 4  | 254,66   |
|                      | DIA | 9  | 231,82   |

**B. Proyectos, ingresados al SEIA, organizados espacialmente.**

Las siguientes tablas, desde la tabla III a la tabla XVIII, muestran los proyectos ingresados por cada región en el período 01 de Enero de 2006 a 31 de Julio de 2009. Además, aparece el monto de inversión, el titular, el tipo de proyecto, la fecha de presentación al SEIA, si corresponde a estudio de impacto ambiental (EIA) o declaración de impacto ambiental (DIA) y finalmente su estado de resolución.

Tabla III. Proyectos ingresados al SEIA correspondientes a la I región.

| Nº   | Nombre         | Tipo            | Región  | Tipología              | Titular        | Inversión (MMUS) | Fecha Presentación | Estado          |
|--|----------------|-----------------|---------|------------------------|----------------|------------------|--------------------|-----------------|
| <b>TOTAL DE PROYECTOS : 8</b>                                |                |                 |         | <b>INVERSIÓN(\$US)</b> |                | <b>1.158,60</b>  |                    |                 |
| <b>EIA</b>   |                | <b>TOTAL:2</b>  |         | <b>INVERSIÓN(\$US)</b> |                | <b>900,00</b>    |                    |                 |
| 1  | Estudio de Im  | EIA             | Primera | c                      | Central Patac  | 150              | 05/05/2009         | En Calificación |
| 2  | Central Term   | EIA             | Primera | c                      | Río Seco S.A.  | 750              | 03/02/2009         | En Calificación |
|  |                |                 |         |                        |                | <b>Inversión</b> | <b>900,00</b>      |                 |
| <b>DIA</b>   |                | <b>TOTAL: 6</b> |         | <b>INVERSIÓN(\$US)</b> |                | <b>258,60</b>    |                    |                 |
| <b>b1.- LINEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICAS DE ALTO VOLTAJE</b> |                |                 |         |                        |                |                  |                    |                 |
| 1  | Línea de Tran  | DIA             | Primera | b1                     | Compañía Mine  | 37               | 27/07/2007         | Aprobado        |
| 2  | Proyecto Tras  | DIA             | Primera | b1                     | Compañía Mine  | 70               | 25/07/2006         | Aprobado        |
|  |                |                 |         |                        |                | <b>Inversión</b> | <b>107,00</b>      |                 |
| <b>C.- CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA MAYORES A 3MW</b>    |                |                 |         |                        |                |                  |                    |                 |
| 1  | Ampliación Pl  | DIA             | Primera | c                      | EI ORCHILE S.A | 1,9              | 15/10/2008         | Aprobado        |
| 2  | Instalación de | DIA             | Primera | c                      | Compañía Mine  | 25,1             | 16/09/2008         | Aprobado        |
| 3  | Planta de Cog  | DIA             | Primera | c                      | Compañía Mine  | 117              | 15/01/2008         | Aprobado        |
| 4  | Unidades de c  | DIA             | Primera | c                      | Compañía Mine  | 7,6              | 25/07/2007         | Aprobado        |
|  |                |                 |         |                        |                | <b>Inversión</b> | <b>151,60</b>      |                 |

Tabla IV. Proyectos ingresados al SEIA correspondientes a la II región.

| Nº   | Nombre          | Tipo             | Región  | Tipología              | Titular       | Inversión (MMUS) | Fecha Presentación | Estado          |
|--|-----------------|------------------|---------|------------------------|---------------|------------------|--------------------|-----------------|
| <b>TOTAL DE PROYECTOS : 41</b>                               |                 |                  |         | <b>INVERSIÓN(\$US)</b> |               | <b>6.031,82</b>  |                    |                 |
| <b>EIA</b>   |                 | <b>TOTAL:5</b>   |         | <b>INVERSIÓN(\$US)</b> |               | <b>3.851,00</b>  |                    |                 |
| 1  | Infraestructura | EIA              | Segunda | c                      | EDELNOR S.A   | 1.500,00         | 06/02/2009         | En Calificación |
| 2  | EIA Central T   | EIA              | Segunda | c                      | IIRGEIER S.A  | 1.100,00         | 11/07/2008         | En Calificación |
| 3  | Central Kelar   | EIA              | Segunda | c                      |               | 800              | 09/11/2006         | Aprobado        |
| 4  | CENTRAL TE      | EIA              | Segunda | c                      | Iirgener S.A. | 1                | 23/10/2006         | Aprobado        |
| 5  | Central Térm    | EIA              | Segunda | c                      |               | 450              | 06/06/2006         | Aprobado        |
|  |                 |                  |         |                        |               | <b>Inversión</b> | <b>7.702,00</b>    |                 |
| <b>DIA</b>   |                 | <b>TOTAL: 36</b> |         | <b>INVERSIÓN(\$US)</b> |               | <b>2.180,82</b>  |                    |                 |
| <b>b1.- LINEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICAS DE ALTO VOLTAJE</b> |                 |                  |         |                        |               |                  |                    |                 |
| 1  | Proyecto Line   | DIA              | Segunda | b1                     | MINERA ESCO   | 17,3             | 06/04/2009         | Aprobado        |
| 2  | Línea 2x 220    | DIA              | Segunda | b1                     | Minera Espera | 21,7             | 05/01/2009         | Aprobado        |
| 3  | Ampliación St   | DIA              | Segunda | b1                     | MINERA ESCO   | 412              | 27/11/2008         | Aprobado        |
| 4  | LÍNEA DE AL     | DIA              | Segunda | b1                     | IIRGEIER S.A  | 63,2001          | 13/10/2008         | Aprobado        |
| 5  | LÍNEA DE AL     | DIA              | Segunda | b1                     | EDELHOR S.A.  | 36               | 29/09/2008         | Aprobado        |
| 6  | LÍNEA 1 x 220   | DIA              | Segunda | b1                     | Minera Espera | 0                | 18/08/2008         | Aprobado        |
| 7  | LÍNEAS DE T     | DIA              | Segunda | b1                     | Sociedad GIL  | 3,5              | 23/07/2008         | Aprobado        |
| 8  | Subestación E   | DIA              | Segunda | b1                     | MINERA LAS CE | 2,6              | 03/12/2007         | Aprobado        |
| 9  | PROYECTO I      | DIA              | Segunda | b1                     | IIRGEIER S.A  | 46               | 27/08/2007         | Aprobado        |
| 10   | LÍNEA DE AL     | DIA              | Segunda | b1                     | IIRGEIER S.A  | 4                | 16/08/2007         | Aprobado        |
| 11   | Línea de trans  | DIA              | Segunda | b1                     | Atacama Miner | 8,2              | 24/05/2007         | Aprobado        |
| 12   | LÍNEA DE TR     | DIA              | Segunda | b1                     | Electroandina | 11,5             | 16/01/2007         | Aprobado        |
| 13   | LÍNEA DE TR     | DIA              | Segunda | b1                     | EDELHOR S.A.  | 4,4              | 03/10/2006         | Aprobado        |
|  |                 |                  |         |                        |               | <b>Inversión</b> | <b>630,40</b>      |                 |

| b2.- SUBESTACIONES |               |     |         |    |                |              |            |          |
|--------------------|---------------|-----|---------|----|----------------|--------------|------------|----------|
| 1                  | MODIFICACION  | DIA | Segunda | b2 | AES GENER S.A. | 14           | 08/05/2009 | Aprobado |
| 2                  | AMPLIACION    | DIA | Segunda | b2 | EDELHOR S.A.   | 12           | 06/08/2008 | Aprobado |
| 3                  | SUBESTACION   | DIA | Segunda | b2 | EDELHOR S.A.   | 0            | 23/07/2008 | Aprobado |
| 4                  | Ampliación Su | DIA | Segunda | b2 | AES GENER S.A. | 9,8          | 24/09/2007 | Aprobado |
| 5                  | SUBESTACION   | DIA | Segunda | b2 | MIHIERA GABY S | 8            | 28/12/2006 | Aprobado |
| 6                  | Ampliación Su | DIA | Segunda | b2 | AES GENER S.A. | 9            | 07/05/2008 | Aprobado |
| <b>Inversión</b>   |               |     |         |    |                | <b>52,80</b> |            |          |

| C.- CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA MAYORES A 3MW |                 |     |         |    |                 |                 |            |                 |
|--|-----------------|-----|---------|----|-----------------|-----------------|------------|-----------------|
| 1  | Granja Eólica   | DIA | Segunda | c  | Codelco Chile   | 700             | 22/06/2009 | En Calificación |
| 2  | Proyecto Paro   | DIA | Segunda | c  | Parque Eólico   | 0,002           | 16/04/2009 | En Calificación |
| 3  | Proyecto Gen    | DIA | Segunda | c  | Minera Merid    | 4               | 08/01/2009 | Aprobado        |
| 4  | Proyecto Eólico | DIA | Segunda | c  | Ingenieria Sea  | 230             | 24/11/2008 | Aprobado        |
| 5  | PROYECTO        | DIA | Segunda | c  | Ingenieria Sea  | 86              | 11/09/2008 | Aprobado        |
| 6  | Modificación c  | DIA | Segunda | c  | EMPRESA ELEC    | 54              | 21/07/2008 | Aprobado        |
| 7  | Central Capric  | DIA | Segunda | c  | EDELHOR S.A.    | 0               | 21/07/2008 | Aprobado        |
| 8  | Central Termic  | DIA | Segunda | c  | Codelco Chile,  | 65              | 16/04/2008 | Aprobado        |
| 9  | GRUPOS ELE      | DIA | Segunda | c  | Minera Michilla | 2,834           | 05/03/2008 | Aprobado        |
| 10   | Central Barrile | DIA | Segunda | c  | Electroandina   | 100             | 11/01/2008 | Aprobado        |
| 11   | Construcción    | DIA | Segunda | c  | Minera El Teso  | 3,631           | 10/01/2008 | Aprobado        |
| 12   | Operación Pe    | DIA | Segunda | c  | Electroandina   | 8               | 03/12/2007 | Aprobado        |
| 13   | Planta de Ger   | DIA | Segunda | c  | MIHIERA ESCOH   | 222,1           | 28/11/2007 | Aprobado        |
| 14   | Grupos de Ge    | DIA | Segunda | c  | Minera Spence   | 8               | 20/11/2007 | Aprobado        |
| 15   | OBRAS COM       | DIA | Segunda | c  | Gasatacama G    | 12,8            | 13/11/2007 | Aprobado        |
| 16   | Flexibilización | DIA | Segunda | c  | Gasatacama G    | 0               | 19/07/2006 | Aprobado        |
| 17   | Subestación S   | DIA | Segunda | b2 | Juan Claveria   | 1,25            | 20/01/2006 | Aprobado        |
| <b>Inversión</b>                                   |                 |     |         |    |                 | <b>1.497,62</b> |            |                 |

Tabla V. Proyectos ingresados al SEIA correspondientes a la III región.

| Nº                             | Nombre                        | Tipo | Región  | Tipología | Titular       | Inversión (MMU\$)      | Fecha Presentación     | Estado          |
|--------------------------------|-------------------------------|------|---------|-----------|---------------|------------------------|------------------------|-----------------|
| <b>TOTAL DE PROYECTOS : 26</b> |                               |      |         |           |               | <b>INVERSIÓN(\$US)</b> | <b>7.070,54</b>        |                 |
| <b>EIA</b>                     |                               |      |         |           |               | <b>TOTAL:4</b>         | <b>INVERSIÓN(\$US)</b> | <b>6.265,00</b> |
| 1                              | <a href="#">Central Term</a>  | EIA  | Tercera | c         | Empresa Nac   | 1.400,00               | 27/02/2009             | En Calificación |
| 2                              | <a href="#">Unidad 5 Cen</a>  | EIA  | Tercera | c         | Empresa Eléc  | 235                    | 22/01/2009             | En Calificación |
| 3                              | <a href="#">Central Term</a>  | EIA  | Tercera | c         | MPXEnergia d  | 4.400,00               | 10/12/2008             | En Calificación |
| 4                              | <a href="#">Incremento de</a> | EIA  | Tercera | c         | Empresa Eléct | 230                    | 26/04/2007             | Aprobado        |

| DIA | TOTAL: 22 | INVERSIÓN(\$US) | 805,54 |
|-----|-----------|-----------------|--------|
|-----|-----------|-----------------|--------|

| b1.- LINEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICAS DE ALTO VOLTAJE |                                |     |         |    |               |                  |              |                 |
|---|--------------------------------|-----|---------|----|---------------|------------------|--------------|-----------------|
| 1   | <a href="#">Línea de Tran</a>  | DIA | Tercera | b1 | TRANSELEC S.  | 10,6             | 31/07/2009   | En Calificación |
| 2   | <a href="#">LÍNEA DE TR</a>    | DIA | Tercera | b1 | Empresa Eléct | 11               | 19/05/2008   | Aprobado        |
| 3   | <a href="#">Traslado Parc</a>  | DIA | Tercera | b1 | Empresa Eléct | 0,1              | 11/01/2008   | Aprobado        |
| 4   | <a href="#">Segundo Circ</a>   | DIA | Tercera | b1 | Empresa Eléct | 9                | 12/01/2007   | Aprobado        |
| 5   | <a href="#">Subestación E</a>  | DIA | Tercera | b1 | Agrocomercial | 8                | 25/05/2006   | Aprobado        |
| 6   | <a href="#">Línea Eléctric</a> | DIA | Tercera | b1 | Compañía Min  | 1,2              | 26/04/2006   | Aprobado        |
|   |                                |     |         |    |               | <b>Inversión</b> | <b>39,90</b> |                 |

| b2.- SUBESTACIONES |                             |     |         |    |              |      |            |          |
|--------------------|-----------------------------|-----|---------|----|--------------|------|------------|----------|
| 1                  | <a href="#">LÍNEA MAITE</a> | DIA | Tercera | b2 | TRANSELEC S. | 3,14 | 07/05/2009 | Aprobado |

| C.- CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA MAYORES A 3MW |                                |     |         |   |                               |                  |               |          |
|--|--------------------------------|-----|---------|---|-------------------------------|------------------|---------------|----------|
| 1  | <a href="#">Modificación A</a> | DIA | Tercera | c | EMELDA S.A.                   | 0                | 10/03/2009    | Aprobado |
| 2  | <a href="#">Planta de Equ</a>  | DIA | Tercera | c | Agrocomercial                 | 2,5              | 01/09/2008    | Aprobado |
| 3  | <a href="#">Central Term</a>   | DIA | Tercera | c | Empresa Eléct                 | 72               | 29/07/2008    | Aprobado |
| 4  | <a href="#">AMPLIACIÓN</a>     | DIA | Tercera | c | Empresa Eléct                 | 21               | 27/05/2008    | Aprobado |
| 5  | <a href="#">INSTALACION</a>    | DIA | Tercera | c | AIIGLO AMERIC                 | 3,25             | 22/04/2008    | Aprobado |
| 6  | <a href="#">EMELDA, Em</a>     | DIA | Tercera | c | <a href="#">Bautista Bosc</a> | 32               | 17/04/2008    | Aprobado |
| 7  | <a href="#">Ampliación Pl</a>  | DIA | Tercera | c | SOCIEDAD PUI                  | 2,8              | 29/02/2008    | Aprobado |
| 8  | <a href="#">Central Térm</a>   | DIA | Tercera | c | Generadora de                 | 36               | 27/02/2008    | Aprobado |
| 9  | <a href="#">Central Term</a>   | DIA | Tercera | c | EHERGÍA LATI                  | 20,5             | 14/01/2008    | Aprobado |
| 10   | <a href="#">Proyecto Cen</a>   | DIA | Tercera | c | GERDAU AZA G                  | 82               | 20/12/2007    | Aprobado |
| 11   | <a href="#">Generación de</a>  | DIA | Tercera | c | Compañía Min                  | 3                | 21/08/2007    | Aprobado |
| 12   | <a href="#">Central Electr</a> | DIA | Tercera | c | Electrica Cen                 | 7,85             | 05/06/2007    | Aprobado |
| 13   | <a href="#">Central Tierra</a> | DIA | Tercera | c | Sociedad Cent                 | 62               | 28/03/2007    | Aprobado |
| 14   | <a href="#">FLEXIBILIZA</a>    | DIA | Tercera | c | Empresa Eléct                 | 300              | 11/08/2006    | Aprobado |
| 15   | <a href="#">Proyecto Parc</a>  | DIA | Tercera | c | ACCIONA ENER                  | 117,6            | 31/05/2006    | Aprobado |
|  |                                |     |         |   |                               | <b>Inversión</b> | <b>762,50</b> |          |

Tabla VI. Proyectos ingresados al SEIA correspondientes a la IV región.

| Nº   | Nombre                                 | Tipo            | Región | Tipología              | Titular                       | Inversión (MMUS)       | Fecha Presentación | Estado          |
|--|--|-----------------|--------|------------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------|-----------------|
| <b>TOTAL DE PROYECTOS : 28</b>                               |  |                 |        | <b>INVERSIÓN(\$US)</b> |                               | <b>4.194,54</b>        |                    |                 |
| <b>EIA</b>   |  | <b>TOTAL: 3</b> |        | <b>INVERSIÓN(\$US)</b> |                               | <b>2.560,00</b>        |                    |                 |
| 1  | <a href="#">Parque Eólico</a>          | EIA             | Cuarta | c                      | Eólica Talinay                | 1.000,00               | 17/07/2008         | Aprobado        |
| 2  | <a href="#">Central Térmica</a>        | EIA             | Cuarta | c                      | ABASTECIMIENTOS               | 460                    | 06/06/2008         | En Calificación |
| 3  | <a href="#">Central Térmica</a>        | EIA             | Cuarta | c                      | Central Térmica               | 1.100,00               | 21/12/2007         | En Calificación |
| <b>DIA</b>   |  |                 |        | <b>TOTAL: 25</b>       |                               | <b>INVERSIÓN(\$US)</b> |                    | <b>1.634,54</b> |
| <b>b1.- LINEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICAS DE ALTO VOLTAJE</b> |  |                 |        |                        |                               |                        |                    |                 |
| 1  | <a href="#">Línea de Transmisión</a>   | DIA             | Cuarta | b1                     | Compañía Minera               | 16,4                   | 08/07/2008         | Aprobado        |
| <b>b2.- SUBESTACIONES</b>                                    |  |                 |        |                        |                               |                        |                    |                 |
| 1  | <a href="#">Subestación</a>            | DIA             | Cuarta | b2                     | CGE Transmisión               | 0,853                  | 20/10/2006         | Aprobado        |
| <b>C.- CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA MAYORES A 3MW</b>    |  |                 |        |                        |                               |                        |                    |                 |
| 1  | <a href="#">Proyecto Parque Eólico</a> | DIA             | Cuarta | c                      | Ingeniería Sea                | 63                     | 06/02/2009         | Aprobado        |
| 2  | <a href="#">Parque Eólico</a>          | DIA             | Cuarta | c                      | ACCIONA ENE                   | 230                    | 23/01/2009         | Aprobado        |
| 3  | <a href="#">D.I.A. Parque Eólico</a>   | DIA             | Cuarta | c                      | Eolic Partners                | 175                    | 18/12/2008         | Aprobado        |
| 4  | <a href="#">DIA PARQUE Eólico</a>      | DIA             | Cuarta | c                      | Eolic Partners                | 144                    | 10/12/2008         | Aprobado        |
| 5  | <a href="#">Parque Eólico</a>          | DIA             | Cuarta | c                      | Ener-Renova                   | 123                    | 30/09/2008         | En Calificación |
| 6  | <a href="#">DIA MODIFICACIÓN</a>       | DIA             | Cuarta | c                      | Horvind S.A.                  | 140                    | 10/09/2008         | Aprobado        |
| 7  | <a href="#">Ampliación Central</a>     | DIA             | Cuarta | c                      | Termoeléctrica                | 15                     | 24/07/2008         | Aprobado        |
| 8  | <a href="#">Proyecto Ampliación</a>    | DIA             | Cuarta | c                      | <a href="#">Barrick Chile</a> | 70                     | 18/06/2008         | Aprobado        |
| 9  | <a href="#">Parque Eólico</a>          | DIA             | Cuarta | c                      | Central Eólica                | 168                    | 28/04/2008         | Aprobado        |
| 10   | <a href="#">Central El Perro</a>       | DIA             | Cuarta | c                      | ENERGÍA LATINOAMERICANA       | 41                     | 28/02/2008         | Aprobado        |
| 11   | <a href="#">Construcción</a>           | DIA             | Cuarta | c                      | Mínera Los Pellos             | 0,43                   | 27/12/2007         | Aprobado        |
| 12   | <a href="#">MINI CENTRAL</a>           | DIA             | Cuarta | c                      | Hidropaloma S                 | 8                      | 12/11/2007         | Aprobado        |
| 13   | <a href="#">Parque Eólico</a>          | DIA             | Cuarta | c                      | Horvind S.A. T                | 100                    | 18/10/2007         | Aprobado        |
| 14   | <a href="#">Central Espina</a>         | DIA             | Cuarta | c                      | Termoeléctrica                | 45                     | 27/09/2007         | Aprobado        |
| 15   | <a href="#">Proyecto Parque Eólico</a> | DIA             | Cuarta | c                      | Ingeniería Sea                | 150                    | 07/08/2007         | Aprobado        |
| 16   | <a href="#">Parque eólico</a>          | DIA             | Cuarta | c                      | <a href="#">Laura Emery</a>   | 19,5                   | 11/07/2007         | Aprobado        |
| 17   | <a href="#">Central Térmica</a>        | DIA             | Cuarta | c                      | Compañía Barr                 | 50                     | 20/03/2007         | Aprobado        |
| 18   | <a href="#">Aumento de Potencia</a>    | DIA             | Cuarta | c                      | Central Eólica                | 0,0014                 | 09/01/2007         | Aprobado        |
| 19   | <a href="#">GENERACIÓN</a>             | DIA             | Cuarta | c                      | Compañía de l                 | 35                     | 18/12/2006         | Aprobado        |
| 20   | <a href="#">Central Hidroeléctrica</a> | DIA             | Cuarta | c                      | Hidroeléctrica                | 17,752                 | 30/10/2006         | Aprobado        |
| 21   | <a href="#">PROYECTO</a>               | DIA             | Cuarta | c                      | Elektra Genera                | 2,8                    | 27/10/2006         | Aprobado        |
| 22   | <a href="#">PROYECTO</a>               | DIA             | Cuarta | c                      | Elektra Genera                | 2,8                    | 27/10/2006         | Aprobado        |
| 23   | <a href="#">Parque Eólico</a>          | DIA             | Cuarta | c                      | Central Eólica                | 17                     | 02/06/2006         | Aprobado        |
| <b>Inversión</b>   |  |                 |        |                        |                               | <b>1.617,28</b>        |                    |                 |

Tabla VII. Proyectos ingresados al SEIA correspondientes a la V región.

| Nº   | Nombre         | Tipo      | Región | Tipología       | Titular         | Inversión (MMU\$)      | Fecha Presentación | Estado          |
|--|----------------|-----------|--------|-----------------|-----------------|------------------------|--------------------|-----------------|
| <b>TOTAL DE PROYECTOS : 24</b>                               |                |           |        |                 |                 | <b>INVERSIÓN(\$US)</b> | <b>3.994,83</b>    |                 |
| EIA  |                | TOTAL:6   |        | INVERSIÓN(\$US) |                 | 3.792,90               |                    |                 |
| <b>b1.- LINEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICAS DE ALTO VOLTAJE</b> |                |           |        |                 |                 |                        |                    |                 |
| 1  | Línea de Trar  | EIA       | V      | b1              | Hidroeléctrica  | 11                     | 15/05/2006         | Aprobado        |
| <b>C.- CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA MAYORES A 3MW</b>    |                |           |        |                 |                 |                        |                    |                 |
| 1  | Central Term   | EIA       | V      | c               | Energía Minera  | 1.700,00               | 06/06/2008         | Aprobado        |
| 2  | CENTRAL TE     | EIA       | V      | c               | Río Corriente   | 1.081,90               | 14/01/2008         | En Calificación |
| 3  | Central Term   | EIA       | V      | c               | AES GEHER S.A   | 500                    | 01/08/2007         | Aprobado        |
| 4  | Central Term   | EIA       | V      | c               | Empresa Ilacic  | 110                    | 30/07/2007         | Aprobado        |
| 5  | Central Comb   | EIA       | V      | c               | EIAP REFINERI   | 390                    | 14/03/2007         | Aprobado        |
|  |                |           |        |                 |                 | <b>inversión</b>       | <b>3.781,90</b>    |                 |
| DIA  |                | TOTAL: 18 |        | INVERSIÓN(\$US) |                 | 201,9248               |                    |                 |
| <b>b1.- LINEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICAS DE ALTO VOLTAJE</b> |                |           |        |                 |                 |                        |                    |                 |
| 1  | Línea de Trar  | DIA       | V      | b1              | GHIL Quintero   | 10,6                   | 28/01/2008         | Aprobado        |
| 2  | Ampliación de  | DIA       | V      | b1              | Codelco Divisic | 26                     | 11/01/2008         | Aprobado        |
| 3  | Línea de Trar  | DIA       | V      | b1              | AES GEHER S.A   | 7,9376                 | 14/09/2007         | Aprobado        |
| 4  | Línea de Alta  | DIA       | V      | b1              | Empresa Ilacic  | 8,5                    | 27/07/2007         | Aprobado        |
| 5  | DIA Obras co   | DIA       | V      | b1              | Hidroeléctrica  | 0,3139                 | 26/03/2007         | Aprobado        |
| 6  | Línea de Trar  | DIA       | V      | b1              | Chilquinta Ene  | 2,8285                 | 10/05/2006         | Aprobado        |
|  |                |           |        |                 |                 | <b>inversión</b>       | <b>56,18</b>       |                 |
| <b>b2.- SUBESTACIONES</b>                                    |                |           |        |                 |                 |                        |                    |                 |
| 1  | SUBESTACIO     | DIA       | V      | b2              | EIAP REFINERI   | 3,7                    | 24/09/2008         | Aprobado        |
| 2  | SUBESTACIO     | DIA       | V      | b2              | Empresa Eléct   | 2,63                   | 26/06/2008         | Aprobado        |
| 3  | Subestación S  | DIA       | V      | b2              | TRAHSELEC S.A   | 13,3                   | 28/12/2007         | Aprobado        |
| 4  | Subestación F  | DIA       | V      | b2              | Chilquinta Ene  | 0,6948                 | 17/04/2007         | Aprobado        |
| 5  | SUBESTACIO     | DIA       | V      | b2              | CGE Transmisi   | 2,7                    | 31/08/2006         | Aprobado        |
| 6  | Ampliación Su  | DIA       | V      | b2              | Francisco Vic   | 0,82                   | 06/02/2006         | Aprobado        |
|  |                |           |        |                 |                 | <b>inversión</b>       | <b>23,8448</b>     |                 |
| <b>C.- CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA MAYORES A 3MW</b>    |                |           |        |                 |                 |                        |                    |                 |
| 1  | Parque Eólico  | DIA       | V      | c               | Ener-Renova     | 30                     | 13/03/2009         | En Calificación |
| 2  | Parque Eólico  | DIA       | V      | c               | Inversiones EW  | 47                     | 15/07/2008         | En Calificación |
| 3  | Ampliación de  | DIA       | V      | c               | Hidroeléctrica  | 27                     | 20/11/2007         | Aprobado        |
| 4  | Ajuste de la D | DIA       | V      | c               | Empresa Eléct   | 0                      | 12/07/2007         | Aprobado        |
| 5  | Cambio de Co   | DIA       | V      | c               | AES GEHER S.A   | 0                      | 07/09/2006         | Aprobado        |
| 6  | Generadora E   | DIA       | V      | c               | Handel: und Fi  | 17,9                   | 07/08/2006         | En Calificación |
|  |                |           |        |                 |                 | <b>inversión</b>       | <b>121,9</b>       |                 |

Tabla VIII. Proyectos ingresados al SEIA correspondientes a la VI región.

| Nº   | Nombre                        | Tipo | Región          | Tipología              | Titular         | Inversión (MMU\$)      | Fecha Presentación     | Estado          |
|--|-------------------------------|------|-----------------|------------------------|-----------------|------------------------|------------------------|-----------------|
| <b>TOTAL DE PROYECTOS : 20</b>                               |                               |      |                 |                        |                 | <b>INVERSIÓN(\$US)</b> | <b>494,0384</b>        |                 |
| <b>EIA</b>   |                               |      | <b>TOTAL: 3</b> | <b>INVERSIÓN(\$US)</b> |                 | <b>307,3</b>           |                        |                 |
| <b>b1.- LINEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICAS DE ALTO VOLTAJE</b> |                               |      |                 |                        |                 |                        |                        |                 |
| 1  | <a href="#">LINEA DE TR</a>   | EIA  | Sexta           | b1                     | Pacific Hydro C | 25,5                   | 30/10/2008             | En Calificación |
| <b>C.- CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA MAYORES A 3MW</b>    |                               |      |                 |                        |                 |                        |                        |                 |
| 1  | <a href="#">CENTRAL HI</a>    | EIA  | Sexta           | c                      | HYDROCHILE S    | 51,8                   | 06/12/2007             | Aprobado        |
| 2  | <a href="#">Central Hidro</a> | EIA  | Sexta           | c                      | Pacific Hydro C | 230                    | 04/06/2007             | Aprobado        |
|  |                               |      |                 |                        |                 | <b>Inversión</b>       | <b>281,8</b>           |                 |
| <b>DIA</b>   |                               |      |                 |                        |                 | <b>TOTAL: 17</b>       | <b>INVERSIÓN(\$US)</b> | <b>186,7384</b> |
| <b>b1.- LINEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICAS DE ALTO VOLTAJE</b> |                               |      |                 |                        |                 |                        |                        |                 |
| 1  | <a href="#">Línea de Tran</a> | DIA  | Sexta           | b1                     | HIDROELECTR     | 5,5                    | 20/02/2009             | En Calificación |
| 2  | <a href="#">Modificación</a>  | DIA  | Sexta           | b1                     | CGE Transmisi   | 0,94                   | 23/04/2007             | Aprobado        |
| 3  | <a href="#">Línea de Tran</a> | DIA  | Sexta           | b1                     | Hidroeléctrica  | 0,2                    | 26/09/2006             | Aprobado        |
| 4  | <a href="#">Modificación</a>  | DIA  | Sexta           | b1                     | TRANSSELEC S.   | 1,12                   | 31/07/2006             | Aprobado        |
|  |                               |      |                 |                        |                 | <b>Inversión</b>       | <b>7,76</b>            |                 |
| <b>b2.- SUBESTACIONES</b>                                    |                               |      |                 |                        |                 |                        |                        |                 |
| 1  | <a href="#">Línea de Tran</a> | DIA  | Sexta           | b2                     | CGE Transmisi   | 0,798                  | 05/03/2007             | Aprobado        |
| 2  | <a href="#">Subestación</a>   | DIA  | Sexta           | b2                     | CGE Transmisi   | 1,98                   | 01/03/2007             | Aprobado        |
| 3  | <a href="#">SUBESTACI</a>     | DIA  | Sexta           | b2                     | CGE Transmisi   | 13,713                 | 01/02/2007             | Aprobado        |
| 4  | <a href="#">SUBESTACI</a>     | DIA  | Sexta           | b2                     | CGE Transmisi   | 2,3                    | 17/10/2006             | Aprobado        |
|  |                               |      |                 |                        |                 | <b>Inversión</b>       | <b>18,791</b>          |                 |
| <b>C.- CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA MAYORES A 3MW</b>    |                               |      |                 |                        |                 |                        |                        |                 |
| 1  | <a href="#">Optimización</a>  | DIA  | Sexta           | c                      | HYDROCHILE      | 87                     | 29/04/2009             | En Calificación |
| 2  | <a href="#">Portal de Acc</a> | DIA  | Sexta           | c                      | Pacific Hydro   | 5                      | 23/01/2009             | Aprobado        |
| 3  | <a href="#">Central Eléct</a> | DIA  | Sexta           | c                      | Minera Valle C  | 10                     | 31/12/2007             | Aprobado        |
| 4  | <a href="#">Planta Cogen</a>  | DIA  | Sexta           | c                      | Energía Pacific | 27                     | 14/09/2007             | Aprobado        |
| 5  | <a href="#">Sistema de R</a>  | DIA  | Sexta           | c                      | Faenadora Ros   | 4,6093                 | 31/08/2006             | Aprobado        |
| 6  | <a href="#">Sistema de R</a>  | DIA  | Sexta           | c                      | Faenadora Lo    | 4,8344                 | 31/08/2006             | Aprobado        |
| 7  | <a href="#">Sistema de R</a>  | DIA  | Sexta           | c                      | Faenadora San   | 4,1437                 | 31/08/2006             | Aprobado        |
| 8  | <a href="#">Central Hidro</a> | DIA  | Sexta           | c                      | Central Hidro   | 12,6                   | 11/08/2006             | Aprobado        |
| 9  | <a href="#">Central Esper</a> | DIA  | Sexta           | c                      | EI HORCHILE S.  | 5                      | 10/08/2006             | Aprobado        |
|  |                               |      |                 |                        |                 | <b>Inversión</b>       | <b>160,1874</b>        |                 |

Tabla IX. Proyectos ingresados al SEIA correspondientes a la VII región.

| Nº   | Nombre         | Tipo | Región          | Tipología | Titular                | Inversión (MMUS)       | Fecha Presentación     | Estado          |
|--|----------------|------|-----------------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------|
| <b>TOTAL DE PROYECTOS : 14</b>                               |                |      |                 |           |                        | <b>INVERSIÓN(\$US)</b> | <b>2123,3402</b>       |                 |
| <b>EIA</b>   |                |      | <b>TOTAL: 4</b> |           | <b>INVERSIÓN(\$US)</b> | <b>1905</b>            |                        |                 |
| <b>C.- CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA MAYORES A 3MW</b>    |                |      |                 |           |                        |                        |                        |                 |
| 1  | Centrales Hid  | EIA  | Séptima         | c         | HYDROCHILE             | 140                    | 09/04/2009             | En Calificación |
| 2  | Proyecto hidro | EIA  | Séptima         | c         | Hidroeléctrica         | 285                    | 24/03/2009             | En Calificación |
| 3  | CENTRAL TER    | EIA  | Séptima         | c         | AES GEIER S.A          | 1.300,00               | 08/10/2007             | Aprobado        |
| 4  | Central Hidro  | EIA  | Séptima         | c         | Empresa Nació          | 180                    | 05/06/2007             | En Calificación |
|  |                |      |                 |           |                        | <b>Inversión</b>       | <b>1905</b>            |                 |
| <b>DIA</b>   |                |      |                 |           |                        | <b>TOTAL: 10</b>       | <b>INVERSIÓN(\$US)</b> | <b>218,3402</b> |
| <b>b1.- LINEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICAS DE ALTO VOLTAJE</b> |                |      |                 |           |                        |                        |                        |                 |
| 1  | Línea de Tran  | DIA  | Séptima         | b1        | Colbún S.A.            | 0,99                   | 30/04/2009             | En Calificación |
| 2  | Línea Transm   | DIA  | Séptima         | b1        | Hidromaule S.          | 2,65                   | 17/08/2007             | Aprobado        |
|  |                |      |                 |           |                        | <b>Inversión</b>       | <b>3,64</b>            |                 |
| <b>C.- CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA MAYORES A 3MW</b>    |                |      |                 |           |                        |                        |                        |                 |
| 1  | Central Hidro  | DIA  | Séptima         | c         | Hidroeléctrica         | 15,3                   | 13/01/2009             | Aprobado        |
| 2  | Generación d   | DIA  | Séptima         | c         | Río Cautín S.A         | 45                     | 09/09/2008             | Aprobado        |
| 3  | PLANTA TER     | DIA  | Séptima         | c         | Aserraderos Ar         | 105                    | 12/08/2008             | Aprobado        |
| 4  | Instalación y  | DIA  | Séptima         | c         | Cementos Bio           | 13,6                   | 12/02/2008             | Aprobado        |
| 5  | Central Eléct  | DIA  | Séptima         | c         | ENERGÍA LATI           | 0,0002                 | 02/01/2008             | Aprobado        |
| 6  | Central Hidro  | DIA  | Séptima         | c         | Colbún S.A.            | 12                     | 29/05/2007             | Aprobado        |
| 7  | GRUPOS EL      | DIA  | Séptima         | c         | Elektra Gener          | 3,8                    | 23/10/2006             | Aprobado        |
| 8  | Central Hidro  | DIA  | Séptima         | c         | Hidromaule S.          | 20                     | 20/07/2006             | Aprobado        |
|  |                |      |                 |           |                        | <b>Inversión</b>       | <b>214,7002</b>        |                 |

Tabla X. Proyectos ingresados al SEIA correspondientes a la VIII región.

| Nº   | Nombre                          | Tipo | Región           | Tipología              | Titular          | Inversión (MMUS)       | Fecha Presentación | Estado          |
|--|---------------------------------|------|------------------|------------------------|------------------|------------------------|--------------------|-----------------|
| <b>TOTAL DE PROYECTOS : 30</b>                               |                                 |      |                  |                        |                  | <b>INVERSIÓN(\$US)</b> | <b>2965,1441</b>   |                 |
| <b>EIA</b>   |                                 |      | <b>TOTAL: 10</b> | <b>INVERSIÓN(\$US)</b> |                  | <b>2198,9</b>          |                    |                 |
| <b>b1.- LINEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICAS DE ALTO VOLTAJE</b> |                                 |      |                  |                        |                  |                        |                    |                 |
| 1  | <a href="#">Línea de Tran</a>   | EIA  | Octava           | b1                     | TRANSELEC S.A    | 42,9                   | 20/08/2008         | Aprobado        |
|  |                                 |      |                  |                        | <b>Inversión</b> | <b>42,9</b>            |                    |                 |
| <b>C.- CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA MAYORES A 3MW</b>    |                                 |      |                  |                        |                  |                        |                    |                 |
| 1  | <a href="#">PARQUE EOL</a>      | EIA  | Octava           | c                      | Element Powe     | 235                    | 10/06/2009         | En Calificación |
| 2  | <a href="#">Central Hidro</a>   | EIA  | Octava           | c                      | HYDROCHILE       | 80                     | 15/04/2009         | En Calificación |
| 3  | <a href="#">Parque Eólico</a>   | EIA  | Octava           | c                      | Ingeniería Sea   | 15                     | 10/07/2008         | Aprobado        |
| 4  | <a href="#">Parque Eólico</a>   | EIA  | Octava           | c                      |                  | 26                     | 21/12/2006         | Aprobado        |
| 5  | <a href="#">Complejo Ter</a>    | EIA  | Octava           | c                      | Bernardo Larr    | 1.000,00               | 07/09/2006         | Aprobado        |
| 6  | <a href="#">Ampliación C</a>    | EIA  | Octava           | c                      |                  | 460                    | 28/07/2006         | Aprobado        |
| 7  | <a href="#">Central Term</a>    | EIA  | Octava           | c                      | José Manuel G    | 175                    | 31/05/2006         | Aprobado        |
| 8  | <a href="#">Central Nuble</a>   | EIA  | Octava           | c                      | Javier Guevar    | 140                    | 23/05/2006         | Aprobado        |
| 9  | <a href="#">central hidro</a>   | EIA  | Octava           | c                      |                  | 25                     | 26/01/2006         | Aprobado        |
|  |                                 |      |                  |                        | <b>Inversión</b> | <b>2156</b>            |                    |                 |
| <b>DIA</b>   |                                 |      | <b>TOTAL: 20</b> | <b>INVERSIÓN(\$US)</b> |                  | <b>766,2441</b>        |                    |                 |
| <b>b1.- LINEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICAS DE ALTO VOLTAJE</b> |                                 |      |                  |                        |                  |                        |                    |                 |
| 1  | <a href="#">NUEVA LINEA</a>     | DIA  | Octava           | b1                     | Empresa Eléct    | 1,48                   | 11/07/2008         | Aprobado        |
| 2  | <a href="#">Línea de Alta</a>   | DIA  | Octava           | b1                     | Colbún S.A.      | 43                     | 26/05/2008         | Aprobado        |
| 3  | <a href="#">Modificación L</a>  | DIA  | Octava           | b1                     | EMPRESA ELEC     | 1,3519                 | 19/01/2007         | Aprobado        |
| 4  | <a href="#">DECLARACION</a>     | DIA  | Octava           | b1                     | Hernán Casar     | 0,962                  | 04/01/2006         | Aprobado        |
|  |                                 |      |                  |                        | <b>Inversión</b> | <b>46,7939</b>         |                    |                 |
| <b>b2.- SUBESTACIONES</b>                                    |                                 |      |                  |                        |                  |                        |                    |                 |
| 1  | <a href="#">Ampliación Su</a>   | DIA  | Octava           | b2                     | Empresa Ilacio   | 5,4                    | 22/10/2008         | Aprobado        |
| 2  | <a href="#">Subestación S</a>   | DIA  | Octava           | b2                     | Ricardo Cruze    | 3,5                    | 28/07/2008         | Aprobado        |
| 3  | <a href="#">AMPLIACION</a>      | DIA  | Octava           | b2                     | TRANSELEC S.A    | 0,0002                 | 23/02/2006         | Aprobado        |
|  |                                 |      |                  |                        | <b>Inversión</b> | <b>8,9002</b>          |                    |                 |
| <b>C.- CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA MAYORES A 3MW</b>    |                                 |      |                  |                        |                  |                        |                    |                 |
| 1  | <a href="#">MINICENTRA</a>      | DIA  | Octava           | c                      | Hidroeléctrica   | 12,8                   | 08/06/2009         | En Calificación |
| 2  | <a href="#">Central Hidro</a>   | DIA  | Octava           | c                      | Mainco S.A.      | 12                     | 09/04/2009         | En Calificación |
| 3  | <a href="#">Parque Eólico</a>   | DIA  | Octava           | c                      | Inversiones B    | 224                    | 09/03/2009         | En Calificación |
| 4  | <a href="#">Central Hidro</a>   | DIA  | Octava           | c                      | RPI Chile Ener   | 25                     | 24/10/2008         | Aprobado        |
| 5  | <a href="#">Ampliación Pe</a>   | DIA  | Octava           | c                      | Cristalerías To  | 6                      | 01/10/2008         | Aprobado        |
| 6  | <a href="#">Minicentral Hi</a>  | DIA  | Octava           | c                      | Asociación de    | 6,5                    | 04/07/2008         | Aprobado        |
| 7  | <a href="#">MODIFICACION</a>    | DIA  | Octava           | c                      | Alberto Matthe   | 50                     | 07/03/2008         | Aprobado        |
| 8  | <a href="#">Turbina de Re</a>   | DIA  | Octava           | c                      | Energy Genera    | 65                     | 12/12/2007         | Aprobado        |
| 9  | <a href="#">Instalación Sis</a> | DIA  | Octava           | c                      | SouthPacific K   | 2,25                   | 07/12/2007         | Aprobado        |
| 10   | <a href="#">Planta de Coc</a>   | DIA  | Octava           | c                      | Celulosa Arauc   | 73                     | 29/11/2007         | Aprobado        |
| 11   | <a href="#">Central Term</a>    | DIA  | Octava           | c                      | AES GEIER S.A    | 175                    | 28/08/2007         | Aprobado        |
| 12   | <a href="#">Central Hidro</a>   | DIA  | Octava           | c                      | Asociación de    | 42                     | 27/04/2007         | Aprobado        |
| 13   | <a href="#">Sistema de C</a>    | DIA  | Octava           | c                      | MASISA S.A.      | 17                     | 17/04/2007         | Aprobado        |
|  |                                 |      |                  |                        | <b>Inversión</b> | <b>710,55</b>          |                    |                 |

Tabla XI. Proyectos ingresados al SEIA correspondientes a la IX región.

| Nº                            | Nombre   | Tipo | Región          | Tipología | Títular | Inversión (MMUS)       | Fecha Presentación | Estado |
|-------------------------------|----------|------|-----------------|-----------|---------|------------------------|--------------------|--------|
| <b>TOTAL DE PROYECTOS : 6</b> |          |      |                 |           |         | <b>INVERSIÓN(\$US)</b> | <b>50,096</b>      |        |
| DIA                           | TOTAL: 6 |      | INVERSIÓN(\$US) |           | 50,096  |                        |                    |        |

| C.- CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA MAYORES A 3MW |                |     |        |   |                |               |            |          |
|--|----------------|-----|--------|---|----------------|---------------|------------|----------|
| 1  | Aumento Pote   | DIA | Novena | c | PSEG Generaci  | 2,8875        | 16/06/2008 | Aprobado |
| 2  | Aumento Pote   | DIA | Novena | c | PSEG Generaci  | 4,6125        | 02/04/2008 | Aprobado |
| 3  | Central de Pa  | DIA | Novena | c | Mario García   | 5,2           | 07/02/2008 | Aprobado |
| 4  | Central de Pa  | DIA | Novena | c | Eduardo Jose   | 28            | 07/02/2008 | Aprobado |
| 5  | Minicentral Hi | DIA | Novena | c | José Pedro Fl  | 7,396         | 30/08/2007 | Aprobado |
| 6  | GRUPOS EL      | DIA | Novena | c | Elektra Genera | 2             | 24/11/2006 | Aprobado |
| <b>Inversión</b>                                   |                |     |        |   |                | <b>50,096</b> |            |          |

Tabla XII. Proyectos ingresados al SEIA correspondientes a la X región.

| N°  | Nombre          | Tipo | Región | Tipología | Titular         | Inversión (MMUS) | Fecha Presentación | Estado          |
|---|-----------------|------|--------|-----------|-----------------|------------------|--------------------|-----------------|
| TOTAL DE PROYECTOS : 24                               |                 |      |        |           |                 | INVERSIÓN(\$US)  | 410,7064           |                 |
| EIA   |                 |      |        |           |                 | TOTAL: 2         | INVERSIÓN(\$US)    | 44              |
| C.- CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA MAYORES A 3MW    |                 |      |        |           |                 |                  |                    |                 |
| 1   | Minicentral H   | EIA  | Décima | c         | Endesa Eco      | 24               | 16/02/2009         | En Calificación |
| 2   | Mini Centrales  | EIA  | Décima | c         | Hidroaustral S  | 20               | 31/07/2007         | Aprobado        |
|   |                 |      |        |           |                 | Inversión        | 44                 |                 |
| DIA   |                 |      |        |           |                 | TOTAL: 22        | INVERSIÓN(\$US)    | 366,7064        |
| b1.- LINEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICAS DE ALTO VOLTAJE |                 |      |        |           |                 |                  |                    |                 |
| 1   | LINEA DE TR     | DIA  | Décima | b1        | Empresa Eléc    | 4,56             | 06/04/2009         | En Calificación |
| 2   | Línea de Tran   | DIA  | Décima | b1        | Sistema de Tr   | 0                | 13/03/2009         | En Calificación |
| 3   | Traslado líneas | DIA  | Décima | b1        | SOCIEDAD AUS    | 0,395            | 14/11/2008         | Aprobado        |
| 4   | Construcción    | DIA  | Décima | b1        | Sistema de Tra  | 11               | 15/09/2008         | Aprobado        |
| 5   | Refuerzo Sist   | DIA  | Décima | b1        | Sistema de Tra  | 8,4              | 05/06/2007         | Aprobado        |
| 6   | Construcción    | DIA  | Décima | b1        | Sistema de Tra  | 1,229            | 12/10/2006         | Aprobado        |
| 7   | Modificación    | DIA  | Décima | b1        | Sistema de Tra  | 1,7724           | 25/01/2006         | Aprobado        |
|   |                 |      |        |           |                 | Inversión        | 27,3564            |                 |
| b2.- SUBESTACIONES                                    |                 |      |        |           |                 |                  |                    |                 |
| 1   | Construcción    | DIA  | Décima | b2        | Sistema de Tra  | 9                | 04/09/2008         | Aprobado        |
| 2   | Construcción    | DIA  | Décima | b2        | Sistema de Tra  | 1,3              | 06/03/2008         | Aprobado        |
|   |                 |      |        |           |                 | Inversión        | 10,3               |                 |
| C.- CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA MAYORES A 3MW    |                 |      |        |           |                 |                  |                    |                 |
| 1   | OPTIMIZACIÓN    | DIA  | Décima | c         | HIDROENER       | 150              | 08/04/2009         | En Calificación |
| 2   | Modificación I  | DIA  | Décima | c         | Hidroaustral S  | 20               | 24/12/2008         | En Calificación |
| 3   | Proyecto Hidr   | DIA  | Décima | c         | HIDROELÉCTRI    | 12               | 26/11/2008         | Aprobado        |
| 4   | PEQUEÑA CÉ      | DIA  | Décima | c         | Klaus Von Stc   | 9                | 27/06/2008         | Aprobado        |
| 5   | Ampliación C    | DIA  | Décima | c         | PSEG Generaci   | 4,8              | 17/04/2008         | Aprobado        |
| 6   | Central de Ge   | DIA  | Décima | c         | EHLASA Gener    | 43,25            | 15/01/2008         | Aprobado        |
| 7   | Proyecto Tras   | DIA  | Décima | c         | PSEG Generaci   | 11,7             | 05/10/2007         | Aprobado        |
| 8   | Mini Central    | DIA  | Décima | c         | Hidroaustral S. | 15               | 28/08/2007         | Aprobado        |
| 9   | Mini Central H  | DIA  | Décima | c         | Hidroaustral S. | 12               | 21/08/2007         | Aprobado        |
| 10  | Central Hidro   | DIA  | Décima | c         | HIDROENERGIA    | 25               | 26/07/2007         | Aprobado        |
| 11  | GRUPOS EL       | DIA  | Décima | c         | Elektra Genera  | 2,8              | 15/11/2006         | Aprobado        |
| 12  | Planta de Res   | DIA  | Décima | c         | Energy Partner  | 11               | 24/10/2006         | Aprobado        |
| 13  | Central Hidro   | DIA  | Décima | c         | Generación Elé  | 12,5             | 18/07/2006         | Aprobado        |
|   |                 |      |        |           |                 | Inversión        | 329,05             |                 |

Tabla XIII. Proyectos ingresados al SEIA correspondientes a la XI región.

| Nº                     | Nombre | Tipo | Región   | Tipología       | Titular | Inversión (MMU\$) | Fecha Presentación | Estado |
|------------------------|--------|------|----------|-----------------|---------|-------------------|--------------------|--------|
| TOTAL DE PROYECTOS : 3 |        |      |          |                 |         | INVERSIÓN(\$US)   | 20,75              |        |
| DIA                    |        |      | TOTAL: 3 | INVERSIÓN(\$US) | 20,75   |                   |                    |        |

C.- CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA MAYORES A 3MW

|   |                             |     |          |   |               |                  |              |          |
|---|-----------------------------|-----|----------|---|---------------|------------------|--------------|----------|
| 1 | <a href="#">Aumento Pot</a> | DIA | Undécima | c | Empresa Eléct | 6                | 22/10/2008   | Aprobado |
| 2 | <a href="#">Aumento Pot</a> | DIA | Undécima | c | Empresa Eléct | 4,25             | 28/01/2008   | Aprobado |
| 3 | <a href="#">Aumento Pot</a> | DIA | Undécima | c | Empresa Eléct | 10,5             | 28/01/2008   | Aprobado |
|   |                             |     |          |   |               | <b>Inversión</b> | <b>20,75</b> |          |

Tabla XIV. Proyectos ingresados al SEIA correspondientes a la XII región.

| Nº                     | Nombre | Tipo | Región   | Tipología       | Titular | Inversión (MMU\$) | Fecha Presentación | Estado |
|------------------------|--------|------|----------|-----------------|---------|-------------------|--------------------|--------|
| TOTAL DE PROYECTOS : 3 |        |      |          |                 |         | INVERSIÓN(\$US)   | 15,5503            |        |
| DIA                    |        |      | TOTAL: 3 | INVERSIÓN(\$US) | 15,5503 |                   |                    |        |

C.- CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA MAYORES A 3MW

|   |                                 |     |           |   |               |                  |                |          |
|---|---------------------------------|-----|-----------|---|---------------|------------------|----------------|----------|
| 1 | <a href="#">Instalación y C</a> | DIA | Duodécima | c | Empresa Eléct | 8,4354           | 20/09/2007     | Aprobado |
| 2 | <a href="#">REPOSICIÓN</a>      | DIA | Duodécima | c | Empresa Nació | 0,8649           | 01/03/2007     | Aprobado |
| 3 | <a href="#">Instalación y C</a> | DIA | Duodécima | c | Empresa Eléct | 6,25             | 19/05/2006     | Aprobado |
|   |                                 |     |           |   |               | <b>Inversión</b> | <b>15,5503</b> |          |

Tabla XV. Proyectos ingresados al SEIA correspondientes a la XIV región.

| Nº                     | Nombre | Tipo | Región   | Tipología       | Titular | Inversión (MMU\$) | Fecha Presentación | Estado |
|------------------------|--------|------|----------|-----------------|---------|-------------------|--------------------|--------|
| TOTAL DE PROYECTOS : 6 |        |      |          |                 |         | INVERSIÓN(\$US)   | 286,05             |        |
| EIA                    |        |      | TOTAL: 1 | INVERSIÓN(\$US) | 202     |                   |                    |        |

C.- CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA MAYORES A 3MW

|   |                               |     |              |   |             |                  |            |          |
|---|-------------------------------|-----|--------------|---|-------------|------------------|------------|----------|
| 1 | <a href="#">Central Hidro</a> | EIA | Decimocuarta | c | Colbún S.A. | 202              | 30/10/2007 | Aprobado |
|   |                               |     |              |   |             | <b>Inversión</b> | <b>202</b> |          |

DIA TOTAL: 5 INVERSIÓN(\$US) 84,05

C.- CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA MAYORES A 3MW

|   |                                |     |              |   |               |                  |              |                 |
|---|--------------------------------|-----|--------------|---|---------------|------------------|--------------|-----------------|
| 1 | <a href="#">Modificación C</a> | DIA | Decimocuarta | c | Empresa Eléc  | 22               | 29/05/2009   | En Calificación |
| 2 | <a href="#">ADECUACIÓN</a>     | DIA | Decimocuarta | c | Colbún S.A.   | 0                | 05/02/2009   | Aprobado        |
| 3 | <a href="#">Central Calle</a>  | DIA | Decimocuarta | c | PSEG Generaci | 4,8              | 26/05/2008   | Aprobado        |
| 4 | <a href="#">Minicentral Hi</a> | DIA | Decimocuarta | c | HIDROAUSTRAL  | 35               | 19/10/2007   | Aprobado        |
| 5 | <a href="#">CENTRAL HI</a>     | DIA | Decimocuarta | c | Ganadera y Fo | 22,25            | 20/04/2006   | Aprobado        |
|   |                                |     |              |   |               | <b>Inversión</b> | <b>84,05</b> |                 |

Tabla XVI. Proyectos ingresados al SEIA correspondientes a la XV región.

| Nº   | Nombre        | Tipo | Región          | Tipología              | Titular         | Inversión (MMU\$)      | Fecha Presentación | Estado          |
|--|---------------|------|-----------------|------------------------|-----------------|------------------------|--------------------|-----------------|
| <b>TOTAL DE PROYECTOS : 3</b>                                |               |      |                 |                        |                 | <b>INVERSIÓN(\$US)</b> | <b>41,86</b>       |                 |
| <b>DIA</b>   |               |      | <b>TOTAL: 3</b> | <b>INVERSIÓN(\$US)</b> |                 | <b>41,86</b>           |                    |                 |
| <b>b1.- LINEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICAS DE ALTO VOLTAJE</b> |               |      |                 |                        |                 |                        |                    |                 |
| 1  | CONSTRUCC     | DIA  | Decimoquinta    | b1                     | COOPERATI       | 1,5                    | 13/02/2009         | En Calificación |
| <b>b2.- SUBESTACIONES</b>                                    |               |      |                 |                        |                 |                        |                    |                 |
| 1  | Subestación E | DIA  | Decimoquinta    | b2                     | EI HORCHILE S.A | 0,36                   | 04/07/2007         | Aprobado        |
| <b>C.- CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA MAYORES A 3MW</b>    |               |      |                 |                        |                 |                        |                    |                 |
| 1  | CT Parinacot  | DIA  | Decimoquinta    | c                      | Termoeléctric   | 40                     | 29/01/2009         | En Calificación |

Tabla XVII. Proyectos ingresados al SEIA correspondientes a la región Metropolitana.

| Nº   | Nombre   | Tipo | Región           | Tipología              | Titular         | Inversión (MMU\$) | Fecha Presentación | Estado         |
|--|--|------|------------------|------------------------|-----------------|-------------------|--------------------|----------------|
| <b>TOTAL DE PROYECTOS : 16</b>                               |  |      |                  |                        |                 | <b>INVERSIÓN</b>  | <b>825,7507</b>    |                |
| <b>EIA</b>   |  |      | <b>TOTAL: 2</b>  | <b>INVERSIÓN</b>       |                 | <b>720</b>        |                    |                |
| <b>b1.- LINEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICAS DE ALTO VOLTAJE</b> |  |      |                  |                        |                 |                   |                    |                |
| 1  | Línea de Transmisión Eléctrica 220 kV Polpaico – Confl | EIA  | RM               | b1                     | Anglo America   | 20                | 28/04/2008         | Aprobado       |
| <b>C.- CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA MAYORES A 3MW</b>    |  |      |                  |                        |                 |                   |                    |                |
| 1  | PROYECTO HIDROELECTRICO ALTO MAIPO Exp. N°             | EIA  | RM               | c                      | AES GENER S.A   | 700               | 22/05/2008         | Aprobado       |
| <b>DIA</b>   |  |      | <b>TOTAL: 14</b> | <b>INVERSIÓN(\$US)</b> |                 | <b>105,7507</b>   |                    |                |
| <b>b1.- LINEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICAS DE ALTO VOLTAJE</b> |  |      |                  |                        |                 |                   |                    |                |
| 1  | Modificacion Línea de Transmision Eléctrica N2- 66 kV  | DIA  | RM               | b1                     | Anglo America   | 1,9               | 20/04/2009         | En Calificació |
| 2  | Refuerzo Líneas 110 kV San Cristóbal – Cerro Navia, tr | DIA  | RM               | b1                     | CHILECTRA S.A   | 6,7117            | 23/01/2009         | Aprobado       |
| 3  | Línea de transmisión 110 kV Santa Marta- Padre Hurtado | DIA  | RM               | b1                     | CGE Transmi     | 13,5              | 18/12/2008         | En Calificació |
| 4  | Línea de Transmisión Eléctrica 220 kV Maitenes-Conflu  | DIA  | RM               | b1                     | Anglo America   | 7                 | 14/11/2008         | Aprobado       |
| 5  | PROYECTO MODIFICACIÓN LINEA 110 KV ESPEJO              | DIA  | RM               | b1                     | CHILECTRA S.A   | 0,903             | 03/03/2008         | Aprobado       |
| 6  | Refuerzo Línea de Transmisión 110 kV Chena - Cerro N   | DIA  | RM               | b1                     | CHILECTRA S.A   | 1,8714            | 27/12/2006         | Aprobado       |
| 7  | MODIFICACIÓN DE LAS LINEAS 110 kV LOS ALMENDR          | DIA  | RM               | b1                     | CHILECTRA S.A   | 2,0391            | 22/09/2006         | Aprobado       |
| 8  | Refuerzo Línea 110 kV Tap a S/E Santa Raquel Exp. N°   | DIA  | RM               | b1                     | CHILECTRA S.A   | 1,327             | 03/07/2006         | Aprobado       |
|  |  |      |                  |                        |                 | <b>Inversión</b>  | <b>35,2522</b>     |                |
| <b>b2.- SUBESTACIONES</b>                                    |  |      |                  |                        |                 |                   |                    |                |
| 1  | S/E POLPAICO 220 KV- INSTALACIÓN SEGUNDO AU            | DIA  | RM               | b2                     | TRANSELEC       | 25,5878           | 29/05/2009         | En Calificació |
| 2  | Subestación y Tendido Eléctrico Sector Alhué (e-seja)  | DIA  | RM               | b2                     | Emelectric S.A  | 3,5309            | 08/03/2009         | En Calificació |
| 3  | AMPLIACIÓN PATIO 220 KV S/E POLPAICO (e-seja)          | DIA  | RM               | b2                     | TRANSELEC       | 12                | 05/02/2009         | Aprobado       |
|  |  |      |                  |                        |                 | <b>Inversión</b>  | <b>41,1185</b>     |                |
| <b>C.- CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA MAYORES A 3MW</b>    |  |      |                  |                        |                 |                   |                    |                |
| 1  | PROYECTO DESNITRIFICADOR SCR PARA LA CAL               | DIA  | RM               | c                      | SOCIEDAD E      | 8                 | 12/05/2009         | En Calificació |
| 2  | PROYECTO UNIDADES DE GENERACIÓN ELÉCTRIC               | DIA  | RM               | c                      | Anglo America   | 4                 | 18/03/2008         | Aprobado       |
| 3  | CENTRAL HIDROELECTRICA GUAYACÁN (e-seja)               | DIA  | RM               | c                      | EI ENERGIA COYA | 17,38             | 25/02/2008         | Aprobado       |
|  |  |      |                  |                        |                 | <b>Inversión</b>  | <b>29,38</b>       |                |

Tabla XVIII. Proyectos Interregionales, ingresados al SEIA.

| Nº   | Nombre               | Tipo            | Región          | Tipología              | Titular          | Inversión (MMU\$) | Fecha Presentación | Estado   |
|--|----------------------|-----------------|-----------------|------------------------|------------------|-------------------|--------------------|----------|
| <b>TOTAL DE PROYECTOS : 13</b>                               |                      |                 |                 |                        |                  | <b>INVERSIÓN</b>  | <b>486,475</b>     |          |
| <b>EIA</b>   |                      |                 | <b>TOTAL: 4</b> | <b>INVERSIÓN</b>       |                  | <b>254,655</b>    |                    |          |
| <b>b1.- LINEAS DE TRANSMISION ELÉCTRICAS DE ALTO VOLTAJE</b> |                      |                 |                 |                        |                  |                   |                    |          |
| 1  | LÍNEA ALTA TENS      | EIA             | Interregional   | b1                     | CGE Transmisi    | 40                | 10/04/2008         | Aprobado |
| 2  | Línea de Transmisión | EIA             | Interregional   | b1                     | Transchile Cha   | 64,655            | 29/09/2006         | Aprobado |
|  |                      |                 |                 |                        | <b>Inversión</b> | <b>104,655</b>    |                    |          |
| <b>C.- CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA MAYORES A 3MW</b>    |                      |                 |                 |                        |                  |                   |                    |          |
| 1  | Central Hidroeléctri | EIA             | Interregional   | c                      | Empresa Eléct    | 75                | 28/08/2007         | Aprobado |
| 2  | Central Hidroeléctri | EIA             | Interregional   | c                      | Empresa Eléct    | 75                | 13/06/2007         | Aprobado |
|  |                      |                 |                 |                        | <b>Inversión</b> | <b>150</b>        |                    |          |
| <b>EIA</b>   |                      | <b>TOTAL: 9</b> |                 | <b>INVERSIÓN(\$US)</b> |                  | <b>231,82</b>     |                    |          |
| <b>b1.- LINEAS DE TRANSMISION ELÉCTRICAS DE ALTO VOLTAJE</b> |                      |                 |                 |                        |                  |                   |                    |          |
| 1  | LÍNEA DE TRANSMISIÓN | DIA             | Interregional   | b1                     | TRANSELEC        | 53,2              | 09/01/2009         | Aprobado |
| 2  | LÍNEA DE TRANSMISIÓN | DIA             | Interregional   | b1                     | Empresa Eléct    | 12,65             | 28/08/2008         | Aprobado |
| 3  | Ajuste de Trazado    | DIA             | Interregional   | b1                     | Transchile Cha   | 2,5               | 22/11/2007         | Aprobado |
| 4  | Línea de Transmisión | DIA             | Interregional   | b1                     | Sociedad Cont    | 7,5               | 31/10/2007         | Aprobado |
| 5  | Ampliación y Mejor   | DIA             | Interregional   | b1                     | Compañía Min     | 100               | 14/06/2007         | Aprobado |
|  |                      |                 |                 |                        | <b>Inversión</b> | <b>175,85</b>     |                    |          |
| <b>b2.- SUBESTACIONES</b>                                    |                      |                 |                 |                        |                  |                   |                    |          |
| 1  | Línea 88 kV y Sub    | DIA             | Interregional   | b2                     | Empresa Eléct    | 1,46              | 30/08/2006         | Aprobado |
| 2  | PROYECTO ENER        | DIA             | Interregional   | b2                     | TRAISELEC S.     | 40,5              | 09/05/2006         | Aprobado |
|  |                      |                 |                 |                        | <b>Inversión</b> | <b>41,96</b>      |                    |          |
| <b>C.- CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA MAYORES A 3MW</b>    |                      |                 |                 |                        |                  |                   |                    |          |
| 1  | Eficiencia Energéti  | DIA             | Interregional   | c                      | CMPC CELULO      | 12                | 27/11/2008         | Aprobado |
| 2  | Uso de petróleo di   | DIA             | Interregional   | c                      | Empresa Nació    | 2,01              | 16/03/2007         | Aprobado |
|  |                      |                 |                 |                        | <b>Inversión</b> | <b>14,01</b>      |                    |          |

**C. Proyectos Interregionales, ingresados al SEIA, con región de localización.**

La tabla XIX, muestra los proyectos interregionales, ingresados al sistema de evaluación de impacto ambiental (SEIA), en el período del 01 de Enero de 2006 al 31 de Julio de 2009.

Tabla XIX. Proyectos Interregionales, junto con las regiones de localización.

| Nº   | Nombre   | Región   |
|--|--|--|
| <b>TOTAL DE PROYECTOS : 13</b>                               |  |  |
| EIA  |  | TOTAL: 4   |
| <b>b1.- LINEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICAS DE ALTO VOLTAJE</b> |  |  |
| 1  | <a href="#">LÍNEA ALTA TENSION 2x220 kV</a>        | VII del Maule - VIII del Bío Bío                                   |
| 2  | <a href="#">Línea de Transmisión Charrúa-Nu</a>    | VIII del Bío- Bío - IX de la Araucanía                             |
| <b>C.- CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA MAYORES A 3MW</b>    |  |  |
| 1  | <a href="#">Central Hidroeléctrica Osorno</a>      | XIV de los Ríos y X de los Lagos                                   |
| 2  | <a href="#">Central Hidroeléctrica Los Lagos</a>   | XIV de los Ríos y X de los Lagos                                   |
| EIA  |  | TOTAL: 9   |
| <b>b1.- LINEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICAS DE ALTO VOLTAJE</b> |  |  |
| 1  | <a href="#">LÍNEA DE TRANSMISIÓN ELÉC</a>          | Metropolitana - V Región   |
| 2  | <a href="#">LÍNEA DE TRANSMISIÓN ELEC</a>          | XIV de los Ríos y X de los Lagos                                   |
| 3  | <a href="#">Ajuste de Trazado Vértices V17B</a>    | VIII del Bio Bío y IX de la Araucanía                              |
| 4  | <a href="#">Línea de Transmisión Eléctrica Pr</a>  | II Antofagasta y III Atacama                                       |
| 5  | <a href="#">Ampliación y Mejoramiento Línea</a>    | III y IV Región, Quebrada Los Choros                               |
| <b>b2.- SUBESTACIONES</b>                                    |  |  |
| 1  | <a href="#">Línea 66 kV y Sub Estación de 4</a>    | VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins y VII Región del Maule |
| 2  | <a href="#">PROYECTO ENERGIZACION EN</a>           | Región Metropolitana y VII del Maule                               |
| <b>C.- CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA MAYORES A 3MW</b>    |  |  |
| 1  | <a href="#">Eficiencia Energética con Increme</a>  | IX Araucanía   |
| 2  | <a href="#">Uso de petróleo diésel en la unida</a> | II Antofagasta y III Atacama                                       |

# BIBLIOGRAFÍA

---

- [1 ] MORALES Osorio, Nelson. *Fenómeno corona en líneas aéreas*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Eléctrica, 2006.
- [2 ] COSTA, A. & PERALTA, J. *Ruído de linhas eléctricas de muito alta tensão: um estudo experimental e previsional*. REN – Rede Electrica Nacional, SA. Portugal, 2009.
- [3 ] GARY, C. & MOREAU, M. *L'effet de couronne en tension alternative : pertes et perturbations radioélectriques engendrées par les lignes de transport d'énergie électrique*. Collection de la Direction des études et recherches d'Électricité de France. Paris, 1976.
- [4 ] PROJECT UHV, G. E. C. *Transmission line reference book : 345 kV and above*, segunda edición, Palo Alto, CA, 1983.
- [5 ] ANDÍAS Figueroa, Rodrigo. *Método aproximado de cálculo de campo eléctrico en líneas de transmisión*. Universidad de Santiago de Chile, Departamento de Ingeniería Eléctrica.
- [6 ] GALILEA , J. *Cálculo y medición de ruido audible en líneas de transmisión de hasta 500 kV*. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil Electricista. Universidad de Santiago de Chile, Departamento de Ingeniería Eléctrica, 1988.
- [7 ] IEEE *Transactions on Power Apparatus and System: A comparison of methods for calculating audible noise from high voltage transmission lines*. New York: IEEE, Vol. PAS–101, No 10 Octubre 1982.

- [8 ] Ley N°19.300. *Sobre Bases Generales del Medio Ambiente*. Diario Oficial de la República de Chile. Santiago, 09 de Marzo de 1994.
- [9 ] D.S.N°95/2001. *Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental*. Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República de Chile. Santiago, 2001.
- [10 ] D.S.N°146/97 *Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas*. Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República de Chile. Santiago, 1997.
- [11 ] IEEE 656-1992. *IEEE Standard for the Measurement of Audible Noise From Overhead Transmission Lines*. New York: IEEE, c1992. ISBN 1-55937–274–5.
- [12 ] HARRIS, C. *Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido, tomo I, tercera edición*. McGraw–Hill, 1995.
- [13 ] PÉREZ, A. *Modelo Bidimensional para cálculo del campo eléctrico inducido por líneas de transmisión sobreterreno irregular*. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil en Electricidad. Universidad de Santiago de Chile, Departamento de Ingeniería Eléctrica, 2010.
- [14 ] VELILLA, E. & MORENO, G. *Radio interferencia y ruido audible generado por el efecto corona, Informe técnico*. GIMEL, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Revista Asociación de Ingenieros Electricistas Universidad de Antioquia, Edición No. 3, Septiembre 2005.
- [15 ] NSEG 5.E.n.71. *Instalaciones Eléctricas de Corrientes Fuertes*. Superintendencia de Electricidad y Combustible. Chile, 1971.