

## INDICE DE CONTENIDOS

<b>5. LÍNEA DE BASE AMBIENTAL</b>	<b>5.1</b>
<b>5.1. Clima y Meteorología</b>	<b>5.2</b>
5.1.1. Introducción	5.2
5.1.2. Area de Influencia	5.2
5.1.3. Metodología	5.2
5.1.4. Descripción del Clima	5.2
5.1.5. Descripción Meteorológica	5.3
<b>5.2. Calidad del Aire</b>	<b>5.8</b>
<b>5.3. Aspectos Hídricos</b>	<b>5.9</b>
5.3.1. Introducción	5.9
5.3.2. Definición del Área de Influencia	5.9
5.3.3. Metodología General Aplicada	5.10
5.3.4. Antecedentes	5.11
5.3.5. Descripción de los Recursos Hídricos	5.12
5.3.6. Duración General del Caudal Medio Diario	5.29
5.3.7. Estudio Hidrológico de Crecidas	5.29
5.3.8. Caudales Máximos de Diseño	5.33
5.3.9. Derechos de Agua y Caudal Ecológico	5.35
<b>5.4. Geomorfología</b>	<b>5.37</b>
5.4.1. Definición del Área de Influencia	5.37
5.4.2. Metodología	5.37
5.4.3. Caracterización General del Área de Estudio	5.37
5.4.4. Meteorización y Alteración	5.38
<b>5.5. Geología</b>	<b>5.40</b>
5.5.1. Definición del Área de Influencia	5.40
5.5.2. Metodología	5.40
5.5.3. Marco Geológico Regional	5.40
5.5.4. Unidades de Roca	5.43
5.5.5. Estructuras y Tectónica	5.44
<b>5.6. Edafología</b>	<b>5.45</b>
5.6.1. Definición del Área de Influencia	5.45
5.6.2. Metodología	5.45
5.6.3. Caracterización de los Suelos en el área de Estudio	5.45
<b>5.7. Ruido</b>	<b>5.48</b>
5.7.1. Definición del Área de Influencia	5.48
5.7.2. Metodología	5.48
5.7.3. Caracterización del Área de Influencia del Proyecto	5.49
5.7.4. Conclusiones de la Línea Base de Ruido	5.54

## INDICE DE TABLAS

Tabla 5.1.1: Temperaturas Medias y Extremas Mensuales (°C)	5.4
Tabla 5.1.2: Precipitaciones Medias Mensuales (mm)	5.4
Tabla 5.1.3: Humedad Relativa Media Mensual (%)	5.5
Tabla 5.1.4: Evaporación Media Mensual	5.6
Tabla 5.1.5: Velocidad del Viento Media Mensual	5.7
Tabla 5.3.1: Estaciones Meteorológicas	5.11
Tabla 5.3.2: Estaciones Fluviométricas	5.12
Tabla 5.3.3: Estaciones Utilizadas en el Estudio de las Estadísticas de Caudales	5.13
Tabla 5.3.4: Correlaciones entre Caudales Medios Mensuales Juncal En Juncal - Aconcagua en Río Blanco	5.13
Tabla 5.3.5: Caudales Medios Mensuales del río Juncal en Juncal (m³/s).	5.15
Tabla 5.3.6: Duración General del Caudal Medio Mensual	5.16
Tabla 5.3.7: Variación Estacional del Caudal Medio Mensual y Duración del Caudal Medio Anual del río Juncal en Juncal (m³/s)	5.16
Tabla 5.3.8: Rendimiento Específico de las Cuencas	5.17
Tabla 5.3.9: Caudales Medios Mensuales del río Juncalillo antes de Juncal (m³/s).	5.18
Tabla 5.3.10: Duración General del Caudal Medio Mensual río Juncalillo antes Juncal	5.19

Tabla 5.3.11: Variación Estacional del caudal Medio Mensual y Duración del Caudal Medio Anual del río Juncalillo antes de Juncal (m <sup>3</sup> /s)	5.19
Tabla 5.3.12: Caudales Medios Mensuales del Estero Ojos de Agua (m <sup>3</sup> /s)	5.20
Tabla 5.3.13: Duración General del Caudal Medio Mensual Estero Ojos de Agua	5.21
Tabla 5.3.14: Variación Estacional del caudal Medio Mensual y Duración del Caudal Medio Anual del Estero Ojos de Agua (m <sup>3</sup> /s)	5.21
Tabla 5.3.15: Caudales Medios Mensuales del Estero El Peñón (m <sup>3</sup> /s)	5.22
Tabla 5.3.16: Duración General del Caudal Medio Mensual, Estero El Peñón	5.23
Tabla 5.3.17: Variación Estacional del caudal Medio Mensual y Duración del Caudal Medio Anual del Estero El Peñón (m <sup>3</sup> /s)	5.23
Tabla 5.3.18: Caudales Medios Mensuales de la Cuenca Intermedia (m <sup>3</sup> /s)	5.24
Tabla 5.3.19: Duración General del Caudal Medio Mensual Cuenca Intermedia	5.25
Tabla 5.3.20: Variación Estacional del caudal Medio Mensual y Duración del Caudal Medio Anual Cuenca Intermedia (m <sup>3</sup> /s)	5.26
Tabla 5.3.21: Caudales Medios Mensuales de del río Juncal (m <sup>3</sup> /s)	5.26
Tabla 5.3.22: Duración General del Caudal Medio Mensual en el río Juncal antes río Blanco	5.27
Tabla 5.3.23: Variación Estacional del caudal Medio Mensual y Duración del Caudal Medio Anual en río Juncal antes de río Blanco (m <sup>3</sup> /s)	5.28
Tabla 5.3.24: Comparación de Promedios Anuales	5.28
Tabla 5.3.25: Duración General del Caudal Medio Diario (m <sup>3</sup> /s)	5.29
Tabla 5.3.26: Línea de Nieves (m.s.n.m.)	5.30
Tabla 5.3.27: Superficies (km <sup>2</sup> ) Cuencas en Estudio	5.31
Tabla 5.3.28: Superficies (km <sup>2</sup> ) Cuencas Controladas	5.31
Tabla 5.3.29: Caudales Máximos Instantáneos y Rendimientos Específicos para T = 10 Años en Cuencas Controladas	5.32
Tabla 5.3.30: Distribución del Caudal Máximo Instantáneo Río Juncal en Juncal	5.32
Tabla 5.3.31: Caudales Máximos Instantáneos para T = 10 Años en las Cuencas en Estudio	5.33
Tabla 5.3.32: Caudales Máximos Instantáneos para Diferentes Períodos de Retorno	5.34
Tabla 5.3.33: Caudales Máximos Instantáneos de Diseño (m <sup>3</sup> /s)	5.34
Tabla 5.3.34: Caudales Máximos Instantáneos Crecida del 3 de Mayo de 1993	5.35
Tabla 5.3.35: Derecho de Aprovechamiento No Consuntivo del río Juncal	5.36
Tabla 5.7.1: Nivel Máximo Permitido según Zona (D.S 146/97)	5.49
Tabla 5.7.2: Capacidad Instalada y Generada al realizar Medición de Ruido en la Central Hidroeléctrica Aconcagua	5.50
Tabla 5.7.3 : Niveles de Ruido Basales en Área de Proyecto y Posición de Receptores Sensibles más cercanos.	5.51
Tabla 5.7.4: Radio de Cobertura de Emisiones en Etapas de Construcción y Operación para condiciones de máxima inmisión permitida. Cálculos bajo condición de campo libre.	5.53

#### INDICE DE FIGURAS

Figura 5.1.1: Temperaturas Medias y Extremas Mensuales (°C)	5.4
Figura 5.1.2: Precipitaciones Medias Mensuales (mm)	5.5
Figura 5.1.3: Humedad Relativa Media Mensual (%)	5.5
Figura 5.1.4: Evaporación Media Mensual	5.6
Figura 5.1.5: Velocidad del Viento Media Mensual	5.7
Figura 5.3.1: Cuencas en el área de Estudio	5.14
Figura 5.3.2: Caudales Medios Mensuales del río Juncal en Juncal (m <sup>3</sup> /s).	5.15
Figura 5.3.3: Caudales Medios Mensuales del río Juncalillo antes Juncal (m <sup>3</sup> /s).	5.18
Figura 5.3.4: Caudales Medios Mensuales del Estero Ojos de Agua (m <sup>3</sup> /s)	5.20
Figura 5.3.5: Caudales Medios Mensuales del Estero El Peñón (m <sup>3</sup> /s)	5.22
Figura 5.3.6: Caudales Medios Mensuales de la Cuenca Intermedia (m <sup>3</sup> /s)	5.25
Figura 5.3.7: Caudales Medios Mensuales del río Juncal (m <sup>3</sup> /s)	5.27
Figura 5.4.1: Modelo Digital de Terreno del Área del Proyecto	5.39
Figura 5.5.1: Imagen Landsat del Área de Estudio	5.42
Figura 5.7.1: Puntos de Medición de Ruido de Fondo, Área del Proyecto y de Receptores más cercanos	5.52

## 5. LÍNEA DE BASE AMBIENTAL

Se incluye a continuación la caracterización ambiental de los sectores en los cuales se emplazará el proyecto Central Hidroeléctrica Hornitos. Para la definición de los componentes ambientales de interés y el nivel de profundidad requerido para su análisis, se han considerado aquellos posibles de ser afectados por el Proyecto, según se establece en el Reglamento de Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental vigente.

Se consideran los componentes ambientales que caracterizan al Medio Físico, Medio Biótico, Medio Humano y Medio Cultural y Patrimonial. El listado es el siguiente:

- ❑ **MEDIO FÍSICO**
  - Clima y Meteorología
  - Calidad del Aire
  - Aspectos Hidricos
  - Geomorfología
  - Geología
  - Edafología (Suelos)
  - Ruido.
- ❑ **MEDIO BIÓTICO**
  - Flora y Vegetación Terrestre
  - Fauna Terrestre
  - Flora y Fauna Acuática
- ❑ **MEDIO HUMANO:**
  - Aspectos Socioeconómicos
  - Caracterización del Área de Estudio Sociocultural
  - Infraestructura, Equipamiento y Servicios
  - Uso del Suelo
  - Otros Proyectos y Estudios Planificados en la Zona
- ❑ **MEDIO CULTURAL Y PATRIMONIAL:**
  - Patrimonio Arqueológico y Cultural
  - Paisaje y Estética.

En los puntos siguientes se desarrollan las Líneas de Base para cada uno de estos componentes ambientales en forma independiente.

## 5.1. CLIMA Y METEOROLOGÍA

### 5.1.1. Introducción

La presente Línea Base describe en el estado actual de los principales componentes del Clima y la Meteorología de la zona donde se ubicará el proyecto. Resulta útil conocer las características del clima ya que constituye una referencia importante para definir el área de influencia del proyecto y que, en conjunto con otros factores ambientales, tiene gran importancia desde el punto de vista de la inserción del proyecto en su entorno.

### 5.1.2. Area de Influencia

El Area de Influencia Directa (AID) para esta componente corresponde al sector de la cuenca del Río Juncal donde se emplazarán las distintas obras del proyecto. El embalse poseerá una superficie muy reducida (3,8 ha), por lo que se descarta la potencial alteración en algunos parámetros meteorológicos debido a la presencia de un nuevo cuerpo de agua.

Este proyecto no considera Area de Influencia Indirecta (AII) ya que el uso de agua del río por parte del proyecto es no consuntivo.

### 5.1.3. Metodología

La descripción del Clima y Meteorología se realiza sobre la base de antecedentes existentes para la zona de localización del proyecto. (Ver Bibliografía en Anexo 6). La caracterización de las variables propiamente tales se basa principalmente en la información contenida en el Atlas Agroclimático de Chile.

En primer lugar se describe en forma general el tipo de clima de la V Región y más detalladamente las características del área en donde se emplazará el proyecto. A continuación se describe más detalladamente la meteorología del lugar. Se incluyen los siguientes indicadores: temperaturas medias y extremas mensuales, precipitaciones medias mensuales, humedad relativa media mensual, velocidad del viento media mensual y evaporación media mensual.

### 5.1.4. Descripción del Clima

El área de emplazamiento del proyecto pertenece según la clasificación de Köppen, a la categoría "templado cálido con estación seca prolongada", denominado también "templado cálido con lluvias invernales". El período seco en esta región se mantiene durante 7 u 8 meses, comprendiendo las estaciones de primavera, verano y parte del otoño, debido a que en dicha época esta zona queda dentro de la influencia del Anticiclón del Pacífico Sur.

La presencia de planicies litorales y llanos de sedimentación fluvial asociados al río Aconcagua favorece el ingreso de influencias climáticas de naturaleza marina hacia el interior de los valles disminuyendo de esta manera las condiciones de semiaridez imperantes.

El régimen de precipitaciones es de tipo ciclónico-orográfico, de tal forma que la cantidad de precipitaciones aumenta según la exposición del relieve y, por consiguiente, de acuerdo a su altura. Las precipitaciones anuales varían entre 250 y 400 mm. En general en toda la Región las precipitaciones tienden a presentarse por períodos cortos de 24 a 48 horas, interrumpidos por breves períodos de calma; su intensidad es poco considerable, aún cuando pueden adquirir cierta torrencialidad. Normalmente, la precipitación media en 24 horas no supera los 35 mm.

La región se caracteriza por estar bajo la influencia mayoritaria de los vientos anticiclónicos del sur y sudoeste, de características netamente oceánicas. Los vientos que acompañan las lluvias son siempre de N y NW con influencia marítima, los dominantes, en cambio, son del S y SW con los que se observa buen tiempo.

Para este tipo de clima, las temperaturas presentan oscilaciones que se ven menos acentuadas con la cercanía al mar. Las temperaturas medias fluctúan alrededor de los 14°C. Las temperaturas más bajas son en los meses de mayo a agosto con una media de 11,4 °C. Las temperaturas más altas ocurren en enero con una media de 17,7 °C.

#### **5.1.5. Descripción Meteorológica**

De acuerdo al Atlas Agroclimático de Chile, que contiene información detallada y sectorizada del comportamiento de las variables meteorológicas del área del proyecto, es posible situar dicha área en el distrito denominado 74.1, cuyas principales variables meteorológicas se describen a continuación.

El distrito 74.1 presenta una temperatura media anual de 6,2 °C con una máxima de 11,4°C en enero y una mínima de 1,4 °C en julio. El régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 774,0 mm, con un máximo de 170,9 mm en junio. La evaporación potencial alcanza 984,0 mm anuales, con una máxima y mínima mensual de 152,0 mm (enero) y 12,0 mm (julio) respectivamente. La estación seca es de 8 meses, septiembre a abril. La humedad relativa varía entre un 46% en enero y un 57% en julio. La velocidad del viento presenta un promedio de 9,7 km/h, presentando el mes de marzo un máximo de 12,3 km/h.

A continuación se presenta un detalle de cada uno de los parámetros antes mencionados.

##### **A. Temperaturas Medias y Extremas Mensuales**

De acuerdo a los datos correspondientes a este distrito agroclimático, las temperaturas medias anuales en esta área oscilan entre los 11,4 °C en verano y los 1,4 °C en invierno, con una temperatura media anual de 6,2 °C. Estos datos corresponden a las temperaturas características de los climas templados, según lo descrito anteriormente.

Las temperaturas máximas más altas se presentan en el mes de enero y alcanzan a los 19,1 °C; por su parte las temperaturas mínimas más bajas se registran en julio y agosto y varían en torno a los -2,4 °C.

La oscilación de la temperatura presenta en términos relativos una amplitud moderada lo que es característico de los sectores ubicados en la Zona Central, debido a la ausencia del Océano Pacífico que actúa como amortiguador. De hecho, en verano (enero y febrero) se

observan variaciones de 14,4 °C entre los registros máximos y mínimos. Dicha variación disminuye en los meses de invierno (junio y julio) a 7,7 °C, disminuyendo también la magnitud de la diferencia según aumenta la latitud.

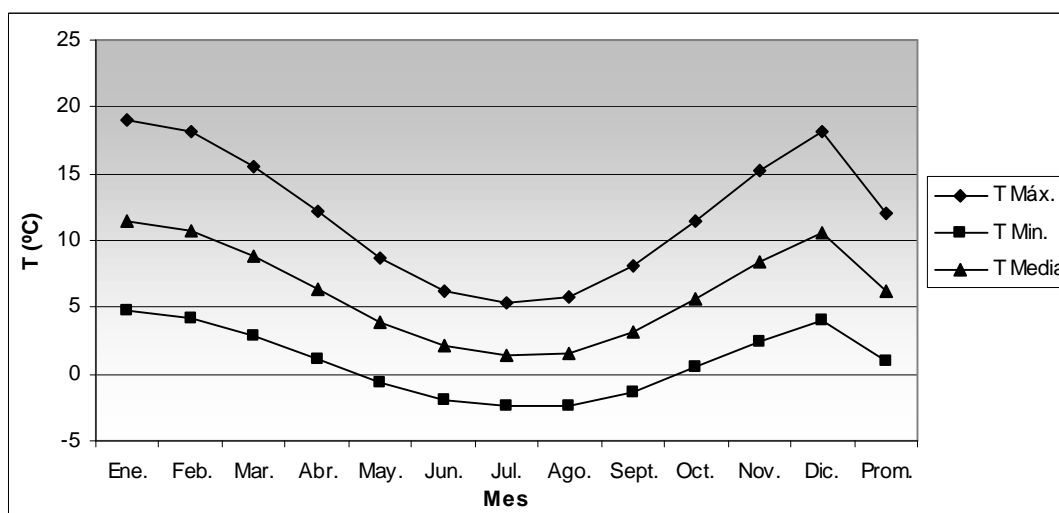
Esta información se muestra en la Tabla 5.1.1 y en la Figura 5.1.1 incluidas a continuación:

**Tabla 5.1.1: Temperaturas Medias y Extremas Mensuales (°C)**

MES	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	PROM.
T Máx. (°C)	19,1	18,2	15,6	12,2	8,7	6,2	5,3	5,8	8,1	11,5	15,2	18,1	12,0
T Min. (°C)	4,7	4,2	2,9	1,1	-0,6	-1,9	-2,4	-2,4	-1,3	0,5	2,5	4,1	1,0
T Media (°C)	11,4	10,7	8,9	6,4	3,9	2,1	1,4	1,6	3,2	5,7	8,4	10,6	6,2

Fuente: Atlas Agroclimático de Chile

**Figura 5.1.1: Temperaturas Medias y Extremas Mensuales (°C)**



#### B. Precipitaciones Medias Mensuales

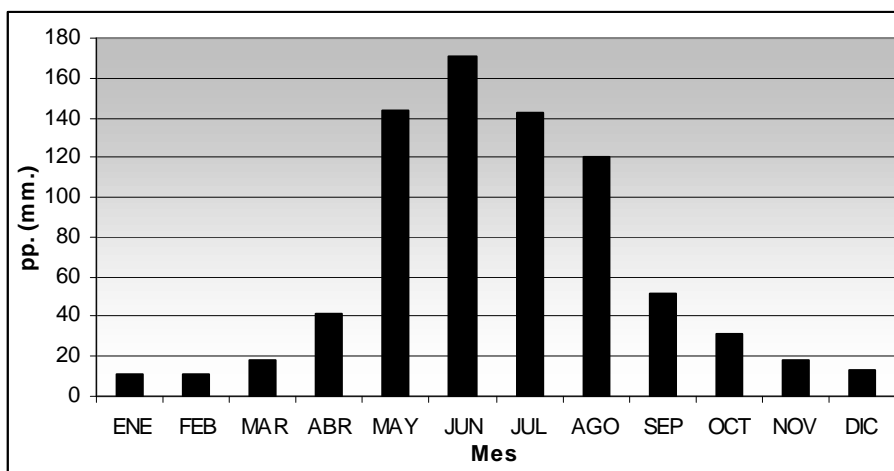
La precipitación se concentra principalmente entre mayo y agosto, ambos meses inclusive. Las mayores precipitaciones se registran en el mes de junio, con 171 mm, y las menores en enero con 10,8 mm. Su promedio anual es de 64,5 mm y su total anual acumulado es de 774 mm. Esto se detalla en la Tabla 5.1.2 y en la Figura 5.1.2, los cuales muestran la precipitación media mensual en los diferentes meses del año.

**Tabla 5.1.2: Precipitaciones Medias Mensuales (mm)**

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ACUMULADO
Pp. Media (mm)	10,8	11,6	17,8	41,8	144	171	143	120	51,8	30,9	18,6	13	774,00

Fuente: Atlas Agroclimático de Chile

**Figura 5.1.2: Precipitaciones Medias Mensuales (mm)**



**C. Humedad Relativa Media Mensual**

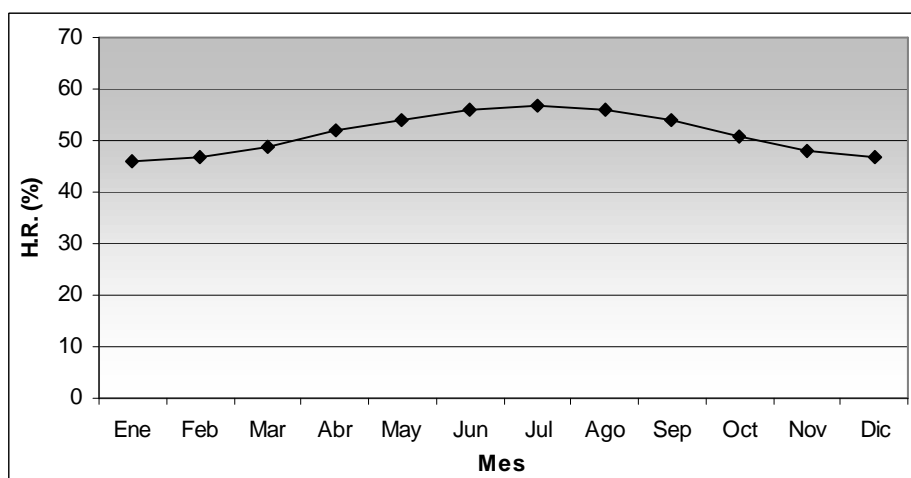
Esta variable esta en directa relación con las precipitaciones y por tanto tiene un comportamiento estacional similar. Fluctúa entre 47% en verano y 57% en invierno. La humedad relativa media promedio anual es de 51%. La Tabla 5.1.3 y su respectivo gráfico incluido en la Figura 5.1.3 muestran el comportamiento de esta variable.

**Tabla 5.1.3: Humedad Relativa Media Mensual (%)**

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
H.R. (%)	46	47	49	52	54	56	57	56	54	51	48	47	51

Fuente: Atlas Agroclimático de Chile

**Figura 5.1.3: Humedad Relativa Media Mensual (%)**



#### D. Evaporación Potencial Media Mensual

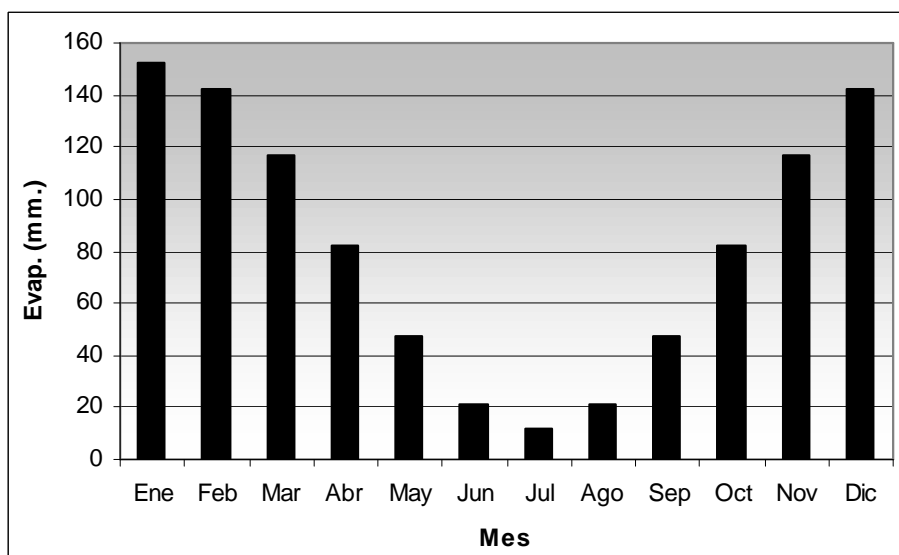
La evaporación potencial es directamente proporcional con las temperaturas, y por lo tanto presentan un comportamiento estacional similar. La mayor evaporación se presenta en los meses de primavera y verano (octubre – marzo) con un máximo en el mes de enero de 152 mm, coincidiendo con el mes de mayor temperatura media. Las menor evaporación ocurre en julio y es de 12 mm, coincidiendo nuevamente con el mes de menor temperatura. La información detallada se muestra en la Tabla 5.1.4 y en la Figura 5.1.5.

**Tabla 5.1.4: Evaporación Media Mensual**

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Evap. Pot. (mm)	152	143	117	82	47	21	12	21	47	82	117	143	<b>82</b>

Fuente: Atlas Agroclimático de Chile

**Figura 5.1.4: Evaporación Media Mensual**



#### E. Velocidad del Viento Media Mensual

La información para esta variable corresponde a un sector ubicado aguas abajo del área donde se emplazará el proyecto, por lo que podría no representar fielmente las magnitudes de los vientos en el sector del proyecto. Lo anterior se debe a que no existe ninguna estación de monitoreo fija que registre esta variable en la zona de interés.

Según los datos presentados, las velocidades de los vientos presentan magnitudes aleatorias a lo largo del año, por lo que no presentan una tendencia clara o definida como las otras variables. En todo caso, se puede definir que las velocidades de los vientos varían entre los 7,4 y 12,3 (m/s), con un promedio anual de 9,7 (m/s). El detalle de esta información se presenta en la Tabla 5.1.5 y en la Figura 5.1.5.

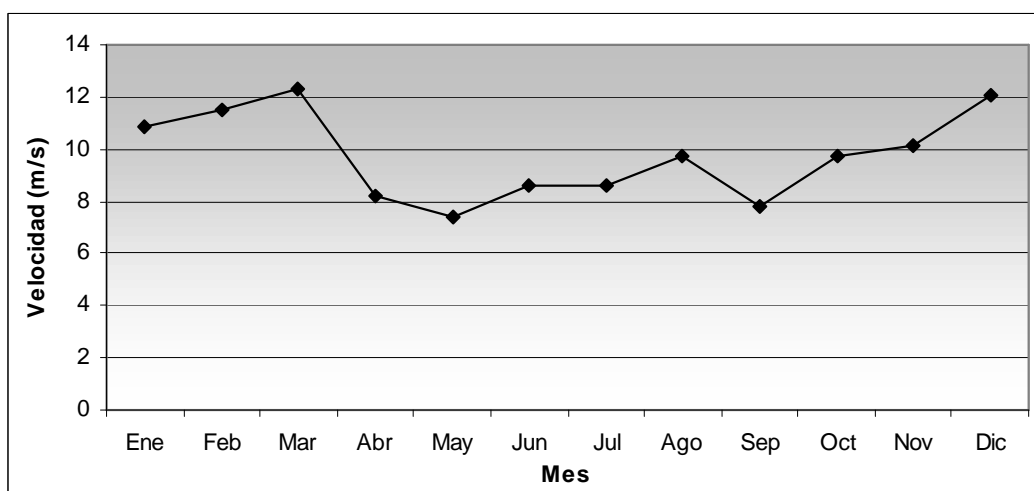


**Tabla 5.1.5: Velocidad del Viento Media Mensual**

MES	VEL. VIENTO (m/s)
Enero	10,9
Febrero	11,5
Marzo	12,3
Abril	8,2
Mayo	7,4
Junio	8,6
Julio	8,6
Agosto	9,7
Septiembre	7,8
Octubre	9,7
Noviembre	10,1
Diciembre	12,1
<b>PROMEDIO</b>	<b>9,7</b>

Fuente: Estudio de Factibilidad Embalses de Regulación para el Río Aconcagua

**Figura 5.1.5: Velocidad del Viento Media Mensual**



## 5.2. CALIDAD DEL AIRE

En el área de estudio no existen estaciones de monitoreo de calidad de aire y tampoco se han encontrado estudios anteriores con información sobre este parámetro, por lo que no se incluye información sobre los niveles actuales de los distintos contaminantes atmosféricos.

De acuerdo a lo observado en terreno, la calidad del aire en el área de emplazamiento del proyecto es buena y se puede considerar como la típica de un área rural. La única fuente de emisiones atmosféricas corresponde al tránsito de vehículos por la ruta CH-60, la cual esta pavimentada y posee un flujo vehicular alto. Estudios en rutas pavimentadas indican que éstas no generan impactos en la calidad del aire de los sectores aledaños (Geotécnica Consultores, 1998).

En el tramo comprendido entre el embalse de regulación y la casa de máquinas, obras que constituyen los límites del área afectada por el proyecto (sin incluir la línea de alta tensión) no existen fuentes identificables de material particulado, excepto por algunos caminos de tierra que dan acceso a las propiedades que se encuentran en torno a la ruta, pero cuyo aporte es despreciable.

Sin embargo y debido a que el proyecto generará material particulado durante la etapa de construcción, se incluye en el Anexo 5 del presente estudio una estimación y modelación de emisiones de este contaminante.

### 5.3. ASPECTOS HÍDRICOS

#### 5.3.1. Introducción

En el presente acápite se realizará el análisis hidrológico para la línea de base del proyecto central Hidroeléctrica Hornitos en la parte alta de la cuenca del río Aconcagua. Este análisis permitirá definir los recursos hídricos de las distintas cuencas comprometidas en el proyecto, las que se caracterizarán a base de una estadística de caudales medios mensuales y diarios y de la curva de variación estacional. Así también se desarrollará un estudio hidrológico de las crecidas, estimándose para este efecto como cuencas de interés: río Juncal en Juncal, río Juncalillo antes de río Juncal, estero Ojos de Agua antes de río Juncal y estero El Peñón antes de río Juncal.

En lo principal se establecieron las estadísticas y caracterizaciones hidrológicas siguientes:

- ❑ Estadísticas de caudales medios mensuales.
- ❑ Variación estacional de los caudales medios mensuales para niveles significativos de probabilidades de excedencia (entre 5% y 95%).
- ❑ Duración general de los caudales medios anuales, medios mensuales y medios diarios.
- ❑ Caudales máximos instantáneos de crecidas de diseño. Corresponden a los caudales punta para los periodos de retorno comprendidos entre 10 y 500 años.

Otro aspecto de importancia que se consideró en el análisis fue la componente nival del régimen hidrológico del área del proyecto, incluyéndose en este caso el caudal máximo probable.

#### 5.3.2. Definición del Área de Influencia

##### A. Área de Influencia Directa

Se considera como Área de Influencia Directa del proyecto los siguientes sectores de la cuenca del río Aconcagua:

- ❑ Río Juncal desde la bocatoma Juncal hasta la zona de restitución del agua al río.
- ❑ Río Juncalillo desde la bocatoma Juncalillo hasta la junta con el río Juncal.
- ❑ Estero El Peñón desde la bocatoma El Peñón a la junta con el río Juncal.

##### B. Área de Influencia Indirecta

Se considera como Área de Influencia Indirecta del proyecto la cuenca del río Aconcagua hasta la zona de captación de las aguas por la bocatoma del embalse Guardia Vieja.

### 5.3.3. Metodología General Aplicada

#### A. Recursos Hídricos

Aunque en las secciones de interés de los ríos no se tienen mediciones fluviométricas, las existentes en otras secciones de la cuenca del río Juncal y también del río Blanco y en el río Aconcagua, permiten un análisis hidrológico de manera de aplicar técnicas de transposiciones de caudales desde los puntos controlados a los puntos de interés.

Con este propósito se establecieron series homogéneas y consistentes de caudales medios anuales, medios mensuales y series de excedencias anuales de lo caudales máximos a medios diarios, máximos y máximos instantáneos, a lo menos Juncal en Juncal, Blanco en río Blanco y Aconcagua en río Blanco.

Para la transposición de los puntos de interés se determinaron las relaciones analíticas entre las diferentes agregaciones de los caudales y entre las diferentes estaciones, especialmente entre las indicadas en el punto anterior y aquellas que controlan cuencas de tamaño menor como Juncalillo en Calaveras y Blanco en Saladillo.

En términos regionales y también para la transposición de caudales se incorporaron en las relaciones analíticas los principales parámetros morfométricos como superficie, elevación media y pendientes.

De esta forma el estudio hidrológico se desarrolló basado en estadísticas fluviométricas y en él se aplicaron técnicas de transposición de caudales de uso generalizado y convencional.

#### B. Crecidas

Considerando que el régimen hidrológico en la cuenca alta del río Juncal es eminentemente de carácter nival y teniendo en cuenta la disponibilidad de datos, tanto en la cuenca misma del río Juncal como en la cuenca del río Blanco inmediatamente vecina a la del río Juncal, y en la cuenca conjunta de ambos ríos; se lleva a cabo una transposición de caudales desde las cuencas controladas a las cuencas en estudio.

No obstante lo anterior, se recopilaron los datos tanto para el período de invierno donde se incorporan los caudales máximos producto de crecidas pluviales, y los datos para el período de verano donde naturalmente se incorporan los caudales producto del deshielo, y se efectúa entonces la transposición tanto para caudales de invierno como para caudales de verano.

Para esta transposición se analiza el comportamiento de los caudales máximos de las cuencas controladas en función de variables morfométricas (altura media, superficie pluvial y nival), de modo de aplicar la relación que se establezca en las cuencas de interés.

#### 5.3.4. Antecedentes

##### ❑ Estudio Hidrológico

Para el desarrollo del estudio hidrológico se dispuso de antecedentes bibliográficos constituidos por estudios hidrológicos afines realizados en cuencas similares y por estadísticas pluviométricas de estaciones de control ubicadas en la cuenca superior del río Aconcagua.

En relación a los estudios hidrológicos disponibles se utilizaron los realizados en la cuenca del río Blanco con fines de generación hidroeléctrica, del estudio de la Comisión Nacional de Riego en la cuenca del río Aconcagua y de diferentes publicaciones correspondientes a trabajos de investigación, donde se destacan los de L. Stohw y Seguel, y H. Peña y F. Vidal referentes a la hidrología de nieves en la cuenca del río Aconcagua y otros (crecidas de deshielo y variaciones de la línea de nieves).

En relación a las estadísticas pluviométricas, se utilizaron las estadísticas existentes en diferentes secciones que se ubican en la cuenca superior del río Aconcagua y que comprenden la cuenca del río Juncal. Todas ellas cuentan con amplios registros.

##### ❑ Antecedentes de Recursos Hídricos

Los antecedentes que se han considerado en la realización de este estudio, corresponden a estadísticas de caudales registrados en la zona de interés, disponibles en la DGA, además de distintos estudios realizados a la fecha. Estos se listan en el Anexo 6 Bibliografía del presente EIA.

##### ❑ Antecedentes Estudio de Crecidas

Los antecedentes principales que se han considerado como fundamento para la determinación de los caudales de crecidas se incluyen en el Anexo 6 Bibliografía.

##### ❑ Estaciones Meteorológicas y Pluviométricas consideradas

En relación a la información estadística recopilada, ésta ha correspondido a las estaciones que se indican en las dos Tablas siguientes 5.3.1 y 5.3.2.

**Tabla 5.3.1: Estaciones Meteorológicas**

ESTACIÓN	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE	ELEVACIÓN m.s.n.m.	TIPO	PROPIETARIO
Lagunitas	33° 05'	70° 16'	2.766	Meteorológica	División Andina Codelco
Riecillos	32° 57'	70° 22'	1.290	Pluviométrica	Dirección General de Aguas
Vilcuya	32° 57'	70° 27'	1.100	Meteorológica	Dirección General de Aguas
Los Andes	32° 50'	70° 36'	820	Pluviométrica	Dirección General de Aguas
San Felipe	32° 46'	70° 44'	640	Pluviométrica	Dirección General de Aguas
Río Blanco	32° 54'	70° 18'	1.420	Pluviométrica	Dirección Meteorológica de Chile

**Tabla 5.3.2: Estaciones Fluviométricas**

ESTACIÓN	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE	ELEVACIÓN m.s.n.m.	SUPERFICIE km <sup>2</sup>	PROPIETARIO
Juncal en Juncal	32° 53'	70° 09'	2.200	227	DGA
Juncalillo en Calavera	32° 56'	70° 15'	-	-	DGA
Juncal antes Blanco	32° 54'	70° 18'	-	-	DGA
Blanco en Río Blanco	32° 55'	70° 19'	1.420	380	DGA
Aconcagua en Río Blanco	32° 54'	70° 19'	1.420	866	DGA

Las estadísticas de Juncalillo en Calavera y Juncal antes río Blanco corresponden a periodos comprendidos entre 1916 y 1931, los registros fluviométricos son del tipo limnimétrico con lecturas de unos 10 días al mes presentan bastantes interrupciones. Por este motivo fueron consultadas sólo como referencia.

### 5.3.5. Descripción de los Recursos Hídricos

#### A. Objetivos

El objetivo principal de este estudio es caracterizar el régimen hidrológico de algunas de las cuencas altas del río Aconcagua que guardan relación con el proyecto de la central Hornitos de modo de cuantificar los recursos disponibles para el desarrollo de dicho Proyecto.

En particular se han estudiado los recursos de las cuencas del río Juncal en Juncal, del río Juncalillo, de los esteros Ojos de Agua y el Peñón, y de la cuenca intermedia definida, por aguas abajo, por el río Juncal antes de su junta con el río Blanco, y por aguas arriba, por los puntos definidos anteriormente. Finalmente se ha estudiado también el régimen en el río Juncal antes de su junta con el río Blanco. Estas cuencas se muestran en la Figura 5.3.1 incluida a continuación.

Los regímenes de tales cuencas se han caracterizado sobre la base de una estadística de caudales medios mensuales, de la curva de duración de los caudales medios mensuales, de la curva de variación estacional y de la curva de duración de los caudales medios diarios.

#### B. Caudales Medios Mensuales

Las estadísticas recopiladas de caudales corresponden a las siguientes estaciones:

**Tabla 5.3.3: Estaciones Utilizadas en el Estudio de las Estadísticas de Caudales**

ESTACION	PERIODO OBSERVACION	CONTROLADA POR
Juncal en Juncal	1913 – 1932 1942 – 1970 1970 - fecha	DGA ENDESA DGA
Juncalillo en Calaveras	1913 - 1932	DGA
Juncal antes junta Río Blanco	1914 - 1931	DGA
Río Blanco en Río Blanco	1913 – 1927 1952 – 1970 1970 - fecha	DGA ENDESA DGA
Río Aconcagua en Río Blanco	1942 – 1970 1970 - fecha	ENDESA DGA

De acuerdo con la información disponible, se ha determinado considerar el período 1950/51 - 1993/94 como el período de análisis para el estudio.

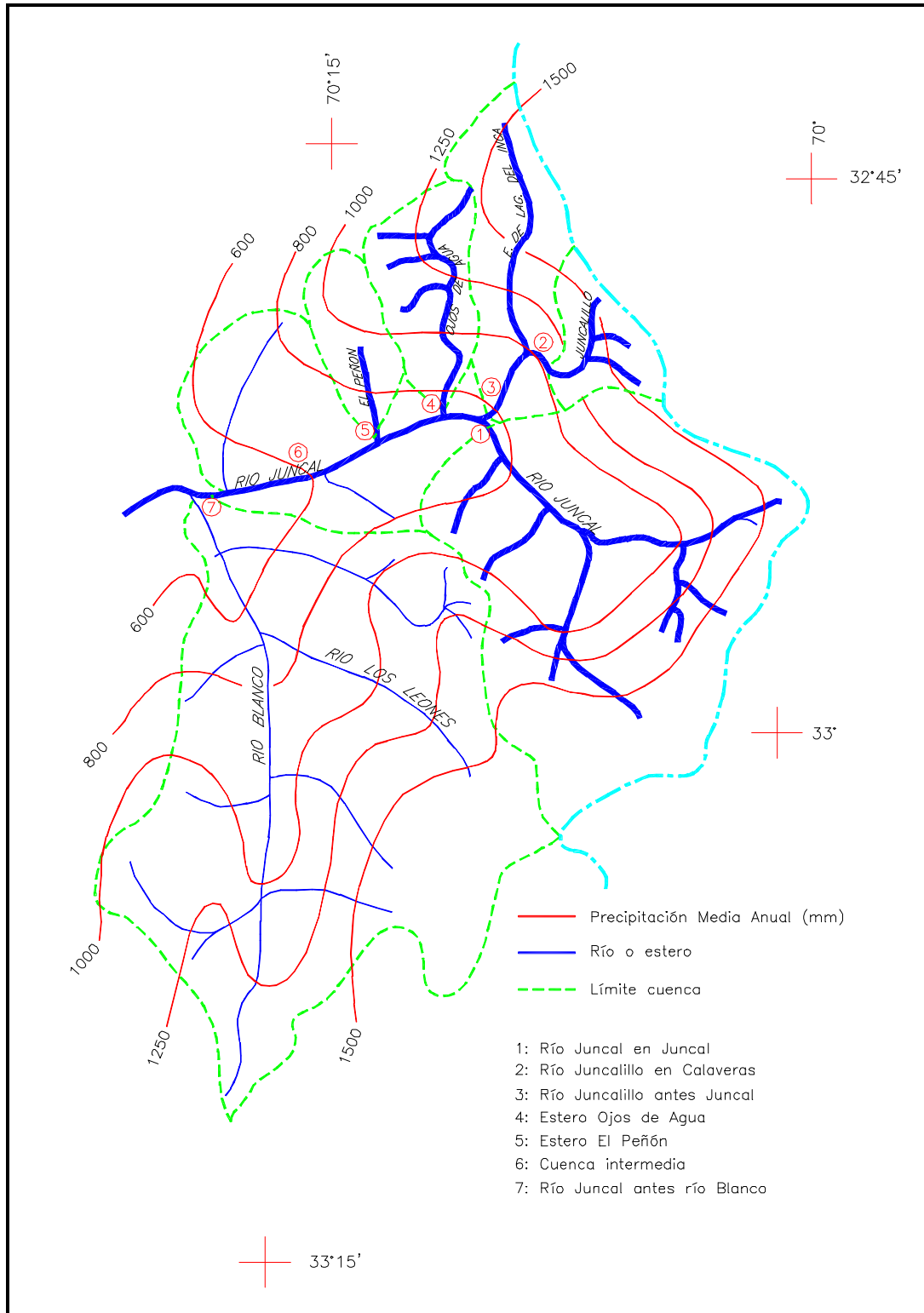
C. Cuenca del río Juncal en Juncal

La estadística de esta estación, correspondiente al período de análisis, es bastante completa, existiendo algunos vacíos, especialmente entre los años 1961 a 1967. Los rellenos de la estadística se realizaron sobre la base de correlaciones mensuales con la estación de Aconcagua en río Blanco. Dichas correlaciones se entregan en la Tabla 5.3.4 ( $Q_m \text{ Juncal en Juncal} = A + B * Q_m \text{ Aconcagua en río Blanco}$ ):

**Tabla 5.3. 4: Correlaciones entre Caudales Medios Mensuales Juncal En Juncal - Aconcagua en Río Blanco**

MES	A	B	R <sup>2</sup>
Abril	1,491	0,258	0,73
Mayo	-0,458	0,367	0,75
Junio	0,768	0,120	0,55
Julio	1,333	0,071	0,65
Agosto	1,099	0,089	0,50
Septiembre	1,318	0,071	0,57
Octubre	0,676	0,210	0,83
Noviembre	-0,067	0,252	0,79
Diciembre	0,617	0,246	0,85
Enero	2,367	0,242	0,93
Febrero	2,628	0,241	0,91
Marzo	1,917	0,265	0,87
Abril - Septiembre	0,868	0,174	0,59
Octubre - Marzo	2,133	0,295	0,72
<b>Año</b>	<b>1,757</b>	<b>0,251</b>	<b>0,89</b>

Figura 5.3.1: Cuencas en el área de Estudio





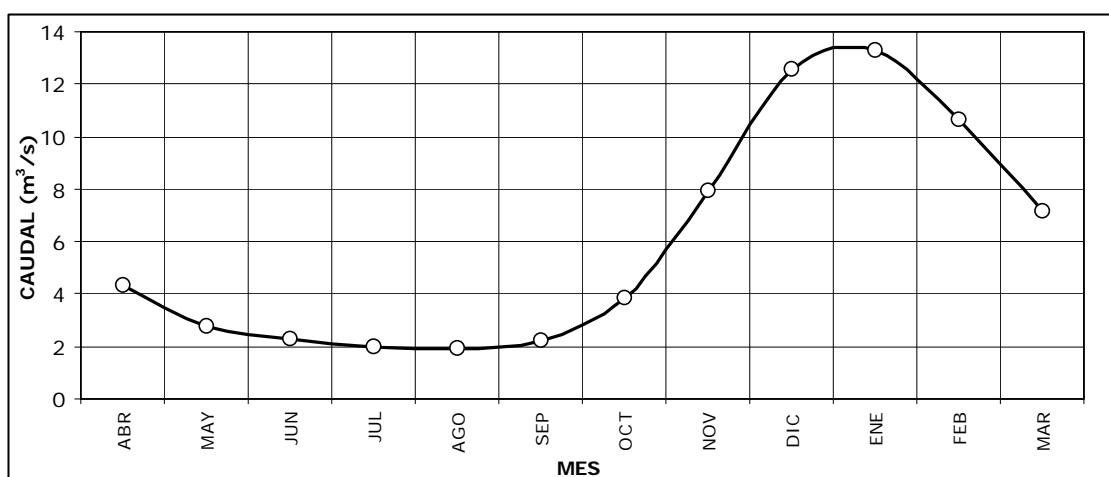
El promedio de los caudales de la estadística rellena de caudales medios mensuales, correspondiente al período antes indicado, se muestra en la Tabla 5.3.5. siguiente.

**Tabla 5.3.5: Caudales Medios Mensuales del río Juncal en Juncal ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).**

MES	CAUDAL ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
Abril	4,31
Mayo	2,77
Junio	2,30
Julio	2,00
Agosto	1,91
Septiembre	2,23
Octubre	3,85
Noviembre	7,92
Diciembre	12,55
Enero	13,26
Febrero	10,65
Marzo	7,17
<b>ANUAL</b>	<b>5,91</b>

En la Figura 5.3.2 incluida a continuación se muestra en forma gráfica los caudales medios mensuales indicados en la tabla precedente (Tabla 5.3.5)..

**Figura 5.3.2: Caudales Medios Mensuales del río Juncal en Juncal ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).**



La duración general de los caudales medios mensuales, se resume en la Tabla 5.3.6.

**Tabla 5.3.6: Duración General del Caudal Medio Mensual**

PROBABILIDAD %	CAUDAL MEDIO MENSUAL (m <sup>3</sup> /s)
5	15,35
10	12,20
20	9,40
30	7,51
40	5,40
50	4,04
60	2,95
70	2,43
80	2,09
90	1,77
95	1,54

La variación estacional de los caudales medios mensuales se resume en la Tabla 5.3.7 siguiente. Junto con la variación estacional, se indican los valores correspondientes a la curva de duración del caudal medio anual. Tanto para las curvas de duración general de los caudales medios mensuales, de variación estacional de los mismos y de duración del caudal medio anual, se determinaron las probabilidades de acuerdo a la fórmula de Weibull.

**Tabla 5.3.7: Variación Estacional del Caudal Medio Mensual y Duración del Caudal Medio Anual del río Juncal en Juncal (m<sup>3</sup>/s)**

MES	PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA (%)				
	5	20	50	80	95
Abr	6,93	5,20	4,13	3,21	2,45
May	4,57	3,29	2,65	2,09	1,56
Jun	3,30	2,75	2,16	1,74	1,47
Jul	2,84	2,38	1,92	1,59	1,28
Ago	2,74	2,37	1,97	1,49	1,20
Sep	3,45	2,54	2,16	1,79	1,51
Oct	5,41	4,72	3,92	2,90	1,96
Nov	12,35	9,40	8,04	5,85	3,85
Dic	23,60	16,20	11,20	8,55	5,79
Ene	25,45	17,20	12,08	9,18	6,72
Feb	20,08	14,10	9,72	7,22	5,75
Mar	11,95	8,76	6,77	5,20	4,29
<b>ANUAL</b>	<b>9,10</b>	<b>7,69</b>	<b>5,52</b>	<b>4,69</b>	<b>3,92</b>

La metodología antes señalada se aplicó para todos los puntos de la cuenca que se analizan en el presente estudio.

#### D. Río Juncalillo

La superficie del río Juncalillo alcanza a los 85,5 km<sup>2</sup>, incluyendo la cuenca afluente a la Laguna del Inca. De la cuenca total del río Juncalillo, una superficie de 27,5 km<sup>2</sup> está controlada por la estación de Juncalillo en Calaveras. La estadística de esta estación es bastante antigua (1913 - 1931), pero coincide con un período observado en la estación Juncal en Juncal.

Con el objeto de generar los caudales de Juncalillo en Calaveras para el período de estudio, se realizaron sendas correlaciones gráficas con Juncal en Juncal. La idea original, era estimar los caudales mensuales de la totalidad del río Juncalillo a partir de esta estadística de Juncalillo en Calaveras. Sin embargo, dicha estadística se desechó por presentar un rendimiento específico (18 l/s/km<sup>2</sup>) notoriamente más bajo que los rendimientos calculados con datos de otras cuencas cercanas y con similar régimen hidrológico.

En efecto, el cálculo del rendimiento específico se realizó para las cuencas controladas por las estaciones de Juncal en Juncal, Río Blanco en río Blanco y Aconcagua en río Blanco, arrojando los siguientes resultados para el período 1950/51 - 1989/90 (Tabla 5.3.8).

**Tabla 5.3.8: Rendimiento Específico de las Cuencas**

<b>CUENCA CONTROLADA POR LA ESTACION</b>	<b>SUPERFICIE (km<sup>2</sup>)</b>	<b>RENDIMIENTO ESPECIFICO (l/s/km<sup>2</sup>)</b>
Juncal en Juncal	227	26,2
Río Blanco en Río Blanco	380	26,8
Aconcagua en Río Blanco	875	24,3

Como se puede ver, el considerar la estadística de Juncalillo en Calaveras, calculada sobre la base de las correlaciones mensuales, habría llevado al hecho de subestimar el recurso disponible en la cuenca. Debido a la buena correspondencia del rendimiento específico de Juncal en Juncal con las otras cuencas estudiadas, se consideró adecuado estimar los recursos de la cuenca total del río Juncalillo por transposición de los caudales de Juncal en Juncal. El método de transposición de caudales consideró tanto las superficies involucradas como las precipitaciones medias anuales (P media) caídas sobre las respectivas cuencas. Es decir:

$$Q_A = Q_B \cdot \frac{S_A \cdot P_A}{S_B \cdot P_B}$$

donde:  $Q_A$  : Caudal cuenca río Juncalillo (m<sup>3</sup>/s),  
 $Q_B$  : Caudal cuenca Juncal en Juncal (m<sup>3</sup>/s),  
 $S_A$  : Superficie cuenca río Juncalillo (85,5 km<sup>2</sup>),  
 $S_B$  : Superficie cuenca Juncal hasta Juncal (227 km<sup>2</sup>),  
 $P_A$  : Precipitación media cuenca río Juncalillo (1.320 mm),  
 $P_B$  : Precipitación media en cuenca Juncal (1.250 mm).

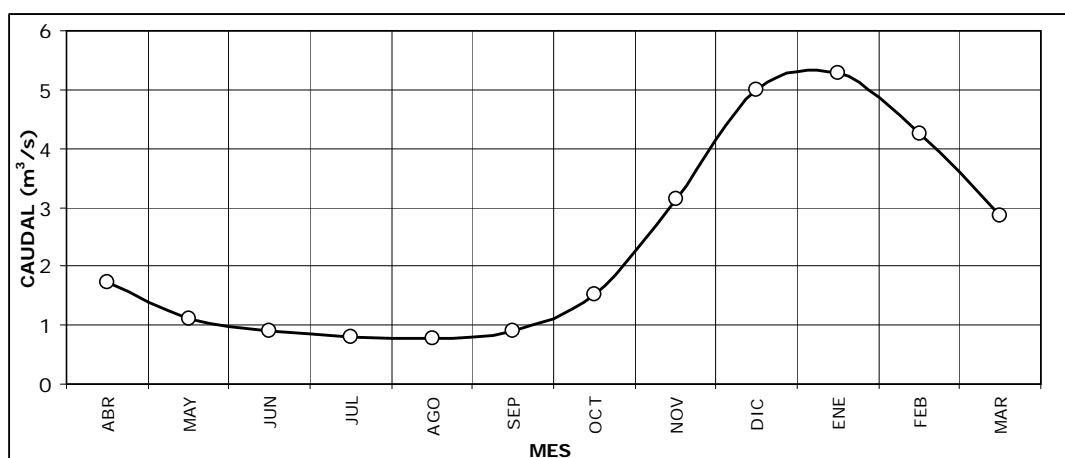
De esta forma, se obtuvo la estadística del río Juncalillo que se muestra en la Tabla 5.3.9 siguiente. La duración general del caudal medio mensual y la correspondiente variación estacional, se muestran en la Tabla 5.3.10. Las superficies fueron medidas en planchetas 1:50.000 del IGM, y las precipitaciones medias estimadas del plano de isoyetas incluido en el "Estudio a Nivel de Diagnóstico del Proyecto Aconcagua V Región, CNR-DR.

**Tabla 5.3. 9: Caudales Medios Mensuales del río Juncalillo antes de Juncal ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).**

MES	CAUDAL ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
Abril	1,72
Mayo	1,10
Junio	0,91
Julio	0,80
Agosto	0,76
Septiembre	0,89
Octubre	1,53
Noviembre	3,15
Diciembre	5,00
Enero	5,28
Febrero	4,24
Marzo	2,85
<b>ANUAL</b>	<b>2,35</b>

El promedio de los caudales de la estadística rellenada de caudales medios mensuales, correspondiente al período antes indicado y que se muestra en la Tabla 5.3.9 anterior. Por su parte en la Figura 5.3.3 se muestran en forma gráfica ,los caudales medios mensuales indicados en la mencionada tabla.

**Figura 5.3.3: Caudales Medios Mensuales del río Juncalillo antes Juncal ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).**



La duración general de los caudales medios mensuales, se resume en la Tabla 5.3.10.

**Tabla 5.3.10: Duración General del Caudal Medio Mensual río Juncalillo antes Juncal**

PROBABILIDAD %	CAUDAL MEDIO MENSUAL (m <sup>3</sup> /s)
5	6,11
10	4,86
20	3,74
30	2,99
40	2,15
50	1,61
60	1,17
70	0,97
80	0,83
90	0,70
95	0,61

La variación estacional de los caudales medios mensuales del río Juncalillo antes de Juncal, se resume en la Tabla 5.3.11. Junto con la variación estacional, se indican los valores correspondientes a la curva de duración del caudal medio anual.

**Tabla 5.3.11: Variación Estacional del caudal Medio Mensual y Duración del Caudal Medio Anual del río Juncalillo antes de Juncal (m<sup>3</sup>/s)**

MES	PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA (%)				
	5	20	50	80	95
Abr	2,76	2,07	1,64	1,28	0,98
May	1,82	1,31	1,05	0,83	0,62
Jun	1,40	1,09	0,86	0,69	0,59
Jul	1,13	0,95	0,76	0,63	0,51
Ago	1,09	0,94	0,74	0,59	0,48
Sep	1,37	1,10	0,86	0,71	0,60
Oct	2,15	1,88	1,56	1,15	0,78
Nov	4,92	3,74	3,20	2,33	1,53
Dic	9,39	6,45	4,46	3,40	2,31
Ene	10,13	6,85	4,81	3,65	2,67
Feb	7,99	5,61	3,87	2,87	2,29
Mar	4,76	3,49	2,69	2,07	1,71
<b>Anual</b>	<b>3,62</b>	<b>3,06</b>	<b>2,20</b>	<b>1,87</b>	<b>1,56</b>

### E. Estero Ojos de Agua

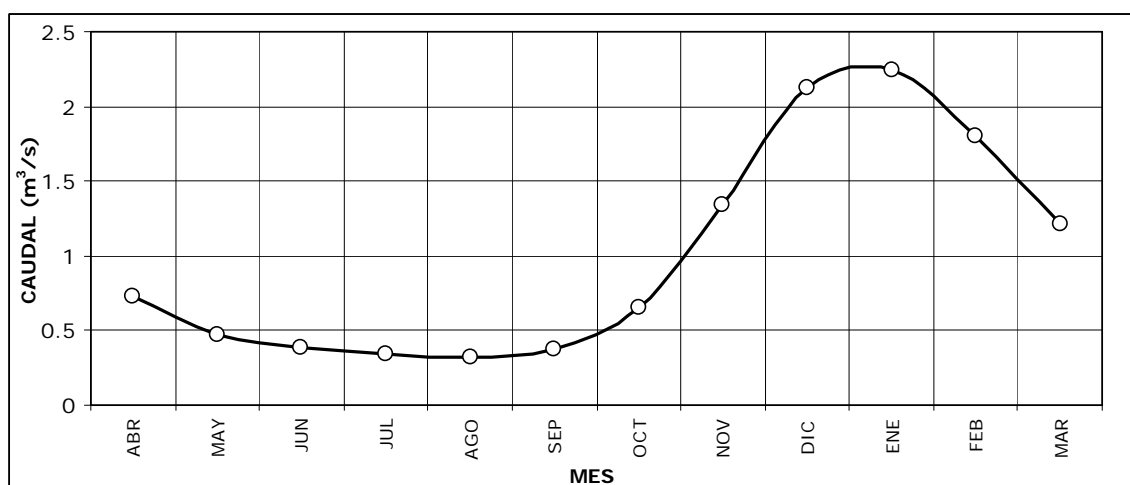
En forma análoga al estero Juncalillo se han calculado los acaudales medios mensuales de esta cuenca, obteniéndose lo que se muestra en la Tabla 5.3.12. En la Tabla 5.3.13, se incluyen valores de la duración general del caudal medio mensual y de la variación estacional. La superficie total del Estero Ojos de Agua es de 40,0 km<sup>2</sup> y su precipitación media anual de 1.200 mm.

**Tabla 5.3.12: Caudales Medios Mensuales del Estero Ojos de Agua (m<sup>3</sup>/s)**

MES	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)
Abril	0,73
Mayo	0,47
Junio	0,39
Julio	0,34
Agosto	0,32
Septiembre	0,38
Octubre	0,65
Noviembre	1,34
Diciembre	2,12
Enero	2,24
Febrero	1,80
Marzo	1,21
<b>ANUAL</b>	<b>1,00</b>

En la Figura 5.3.4 se muestra en forma gráfica los caudales medios mensuales indicados en la tabla anterior.

**Figura 5.3.4: Caudales Medios Mensuales del Estero Ojos de Agua (m<sup>3</sup>/s)**



La duración general de los caudales medios mensuales, se resume en la Tabla 5.3.13.

**Tabla 5.3.13 Duración General del Caudal Medio Mensual Estero Ojos de Agua**

PROBABILIDAD %	CAUDAL MEDIO MENSUAL (m <sup>3</sup> /s)
5	2,60
10	2,06
20	1,59
30	1,27
40	0,91
50	0,68
60	0,50
70	0,41
80	0,35
90	0,30
95	0,26

La variación estacional de los caudales medios mensuales del estero Ojos de Agua, se resume en la Tabla 5.3.14. Junto con la variación estacional, se indican los valores correspondientes a la curva de duración del caudal medio anual.

**Tabla 5.3.14: Variación Estacional del caudal Medio Mensual y Duración del Caudal Medio Anual del Estero Ojos de Agua (m<sup>3</sup>/s)**

MES	PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA (%)				
	5	20	50	80	95
Abr	1,17	0,88	0,70	0,54	0,41
May	0,77	0,56	0,45	0,35	0,26
Jun	0,58	0,47	0,36	0,29	0,25
Jul	0,48	0,40	0,32	0,27	0,22
Ago	0,46	0,40	0,32	0,25	0,20
Sep	0,58	0,48	0,37	0,30	0,26
Oct	0,91	0,80	0,66	0,49	0,33
Nov	2,09	1,59	1,36	0,99	0,65
Dic	3,99	2,74	1,89	1,45	0,98
Ene	4,31	2,91	2,04	1,55	1,14
Feb	3,40	2,39	1,64	1,22	0,97
Mar	2,02	1,48	1,15	0,88	0,73
<b>Anual</b>	<b>1,54</b>	<b>1,30</b>	<b>0,93</b>	<b>0,79</b>	<b>0,66</b>

#### F. Estero El Peñón

El cálculo de su estadística se realizó como en los casos anteriores, obteniéndose los valores que se incluyen en la Tabla 5.3.15. En la Tabla 5.3.16 se incluyen valores de la duración general del caudal medio mensual y de la variación estacional.

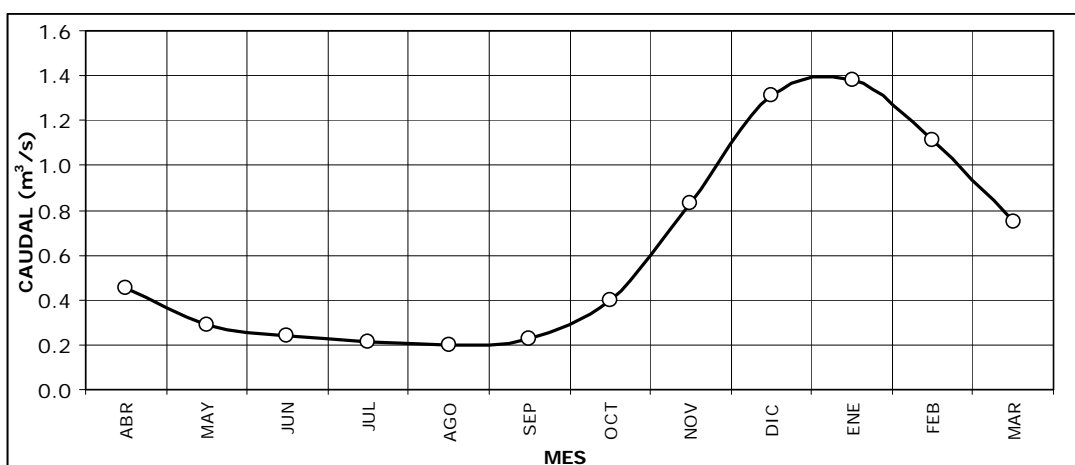
La superficie total del Estero El Peñón es de 32,2 km<sup>2</sup> y su precipitación media anual de 920 mm.

**Tabla 5.3.15: Caudales Medios Mensuales del Estero El Peñón (m<sup>3</sup>/s)**

MES	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)
Abril	0,45
Mayo	0,29
Junio	0,24
Julio	0,21
Agosto	0,20
Septiembre	0,23
Octubre	0,40
Noviembre	0,83
Diciembre	1,31
Enero	1,38
Febrero	1,11
Marzo	0,75
<b>ANUAL</b>	<b>0,62</b>

En la Figura 5.3.5 se muestra en forma gráfica los caudales medios mensuales indicados en la tabla anterior.

**Figura 5.3.5: Caudales Medios Mensuales del Estero El Peñón (m<sup>3</sup>/s)**





La duración general de los caudales medios mensuales, se resume en la Tabla 5.3.16.

**Tabla 5.3.16: Duración General del Caudal Medio Mensual, Estero El Peñón**

PROBABILIDAD %	CAUDAL MEDIO MENSUAL (m <sup>3</sup> /s)
5	1,61
10	1,27
20	0,98
30	0,78
40	0,56
50	0,42
60	0,31
70	0,25
80	0,22
90	0,18
95	0,16

La variación estacional de los caudales medios mensuales del estero El Peñón, se resume en la 5.3.17. Junto con la variación estacional, se indican los valores correspondientes a la curva de duración del caudal medio anual.

**Tabla 5.3.17: Variación Estacional del caudal Medio Mensual y Duración del Caudal Medio Anual del Estero El Peñón (m<sup>3</sup>/s)**

MES	PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA (%)				
	5	20	50	80	95
Abr	0,72	0,54	0,43	0,34	0,26
May	0,48	0,34	0,28	0,22	0,16
Jun	0,36	0,29	0,22	0,18	0,15
Jul	0,30	0,25	0,20	0,17	0,13
Ago	0,29	0,25	0,20	0,16	0,13
Sep	0,36	0,29	0,23	0,19	0,16
Oct	0,56	0,49	0,41	0,30	0,20
Nov	1,29	0,98	0,84	0,61	0,40
Dic	2,46	1,69	1,17	0,89	0,60
Ene	2,66	1,80	1,26	0,96	0,70
Feb	2,10	1,47	1,01	0,75	0,60
Mar	1,25	0,91	0,71	0,54	0,45
<b>Anual</b>	<b>0,95</b>	<b>0,80</b>	<b>0,58</b>	<b>0,49</b>	<b>0,41</b>

G. Cuenca Intermedia (Juncal antes Blanco-Juncal en Juncal-Juncalillo-Ojos de Agua-Peñón)

Su estadística se calculó de la misma forma anterior, obteniéndose los resultados que se muestran en la Tabla 5.3.18. En la Tabla 5.3.19, se incluyen valores de la duración general del caudal medio mensual y de la variación estacional.

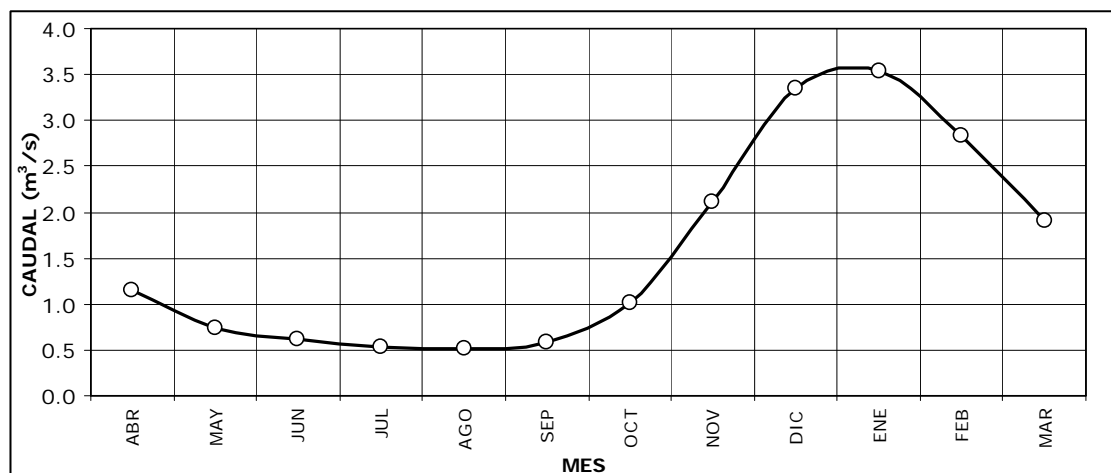
La superficie total de la Cuenca Intermedia es de 107,9 km<sup>2</sup> y su precipitación media anual de 700 mm.

**Tabla 5.3.18: Caudales Medios Mensuales de la Cuenca Intermedia (m<sup>3</sup>/s)**

MES	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)
Abril	1,15
Mayo	0,74
Junio	0,61
Julio	0,53
Agosto	0,51
Septiembre	0,59
Octubre	1,02
Noviembre	2,11
Diciembre	3,34
Enero	3,53
Febrero	2,84
Marzo	1,91
<b>ANUAL</b>	<b>1,57</b>

En la Figura 5.3.6 se muestra en forma gráfica los caudales medios mensuales indicados en la tabla anterior.

**Figura 5.3.6: Caudales Medios Mensuales de la Cuenca Intermedia ( $\text{m}^3/\text{s}$ )**



La duración general de los caudales medios mensuales, se resume en la Tabla 5.3.19 siguiente.

**Tabla 5.3.19: Duración General del Caudal Medio Mensual Cuenca Intermedia**

PROBABILIDAD %	CAUDAL MEDIO MENSUAL ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
5	4,08
10	3,25
20	2,50
30	2,00
40	1,44
50	1,08
60	0,79
70	0,65
80	0,56
90	0,47
95	0,41

La variación estacional de los caudales medios mensuales en la cuenca intermedia, se resume en la Tabla 5.3.20. Junto con la variación estacional, se indican los valores correspondientes a la curva de duración del caudal medio anual.

**Tabla 5.3.20: Variación Estacional del caudal Medio Mensual y Duración del Caudal Medio Anual Cuenca Intermedia (m<sup>3</sup>/s)**

MES	PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA (%)				
	5	20	50	80	95
Abr	1,84	1,38	1,10	0,85	0,65
May	1,22	0,88	0,70	0,56	0,42
Jun	0,90	0,73	0,57	0,46	0,39
Jul	0,76	0,63	0,51	0,42	0,34
Ago	0,73	0,63	0,50	0,40	0,32
Sep	0,92	0,75	0,57	0,48	0,40
Oct	1,44	1,26	1,04	0,77	0,52
Nov	3,29	2,50	2,14	1,56	1,03
Dic	6,28	4,31	2,98	2,28	1,54
Ene	6,77	4,58	3,22	2,44	1,79
Feb	5,34	3,75	2,59	1,92	1,53
Mar	3,18	2,33	1,80	1,38	1,14
<b>Anual</b>	<b>2,42</b>	<b>2,05</b>	<b>1,47</b>	<b>1,25</b>	<b>1,04</b>

H. Río Juncal antes de su junta con el río Blanco

Esta estadística corresponde a la suma de las de Juncal en Juncal, río Juncalillo, estero Ojos de Agua, estero El Peñón y la Cuenca Intermedia vista en el punto anterior.

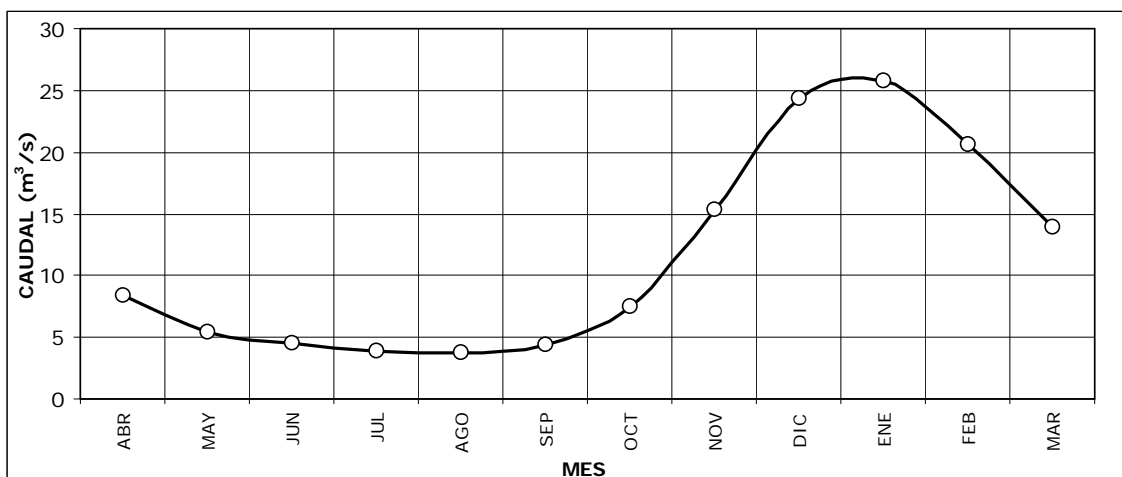
Su estadística se muestra en la Tabla 5.3.21, y en la Tabla 5.3.22 se incluyen valores de la duración general del caudal medio mensual y de la variación estacional.

**Tabla 5.3.21: Caudales Medios Mensuales de del río Juncal (m<sup>3</sup>/s)**

MES	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)
Abril	8,35
Mayo	5,37
Junio	4,45
Julio	3,88
Agosto	3,70
Septiembre	4,33
Octubre	7,45
Noviembre	15,34
Diciembre	24,33
Enero	25,70
Febrero	20,64
Marzo	13,89
<b>ANUAL</b>	<b>11,45</b>

En la Figura 5.3.7 se muestra en forma gráfica los caudales medios mensuales indicados en la tabla anterior.

**Figura 5.3.7: Caudales Medios Mensuales del río Juncal ( $\text{m}^3/\text{s}$ )**



La duración general de los caudales medios mensuales, se resume en la Tabla 5.3.22.

**Tabla 5.3.22: Duración General del Caudal Medio Mensual en el río Juncal antes río Blanco**

PROBABILIDAD %	CAUDAL MEDIO MENSUAL ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
5	29,75
10	23,64
20	18,22
30	14,55
40	10,46
50	7,83
60	5,72
70	4,71
80	4,05
90	3,43
95	2,98

La variación estacional de los caudales medios mensuales en el río Juncal antes de río Blanco, se resume en la Tabla 5.3.23. Junto con la variación estacional, se indican los valores correspondientes a la curva de duración del caudal medio anual.

**Tabla 5.3.23: Variación Estacional del caudal Medio Mensual y Duración del Caudal Medio Anual en río Juncal antes de río Blanco ( $\text{m}^3/\text{s}$ )**

MES	PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA (%)				
	5	20	50	80	95
Abr	13,42	10,08	7,99	6,22	4,75
May	8,85	6,38	5,13	4,05	3,03
Jun	6,80	5,33	4,18	3,37	2,85
Jul	5,50	4,61	3,72	3,08	2,48
Ago	5,31	4,59	3,62	2,89	2,33
Sep	6,68	5,50	4,19	3,47	2,93
Oct	10,48	9,15	7,60	5,62	3,79
Nov	23,93	18,22	15,58	11,34	7,47
Dic	45,73	31,39	21,70	16,57	11,22
Ene	49,32	33,33	23,41	17,79	13,02
Feb	38,90	27,32	18,83	13,99	11,14
Mar	23,16	16,98	13,12	10,08	8,32
<b>Anual</b>	<b>17,63</b>	<b>14,90</b>	<b>10,70</b>	<b>9,09</b>	<b>7,59</b>

Cabe hacer notar, que en este punto del río Juncal existió un control de caudales entre los años 1914 y 1931, de acuerdo a lo indicado anteriormente. Sin embargo, dicha estadística, por considerarse poco confiable, sólo se ha tenido a la vista como un valor del orden de magnitud del caudal medio anual ( $13,8 \text{ m}^3/\text{s}$  para el período 1914-1931), verificándose así el valor obtenido en el presente estudio de  $11,45 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Una forma de verificar la consistencia de la información generada fue la de comparar el promedio anual de Aconcagua en río Blanco con la suma de los promedios anuales de Blanco en río Blanco y de la estadística generada en Juncal antes río Blanco. Cabe hacer notar que esta última es el resultado de todas las estadísticas generadas en el presente estudio. En efecto, se tiene lo siguiente:

**Tabla 5.3.24: Comparación de Promedios Anuales**

CUENCA	CAUDAL
Promedio Anual Aconcagua en río Blanco	<b><math>21,1 \text{ m}^3/\text{s}</math></b>
Promedio Anual Blanco en río Blanco	$10,2 \text{ m}^3/\text{s}$
Promedio Anual Juncal antes río Blanco	$11,5 \text{ m}^3/\text{s}$
	<b><math>21,7 \text{ m}^3/\text{s}</math></b>

De la misma forma se realizó un análisis doble másico considerando las mismas estadísticas indicadas en el párrafo anterior, de donde se obtuvo la curva doble acumulada, la que muestra una tendencia única.

De acuerdo con el balance anterior y la curva doble acumulada indicada, se puede concluir la consistencia de las estadísticas generadas.

### 5.3.6. Duración General del Caudal Medio Diario

Como ya se ha visto, la única cuenca, de entre las que se están estudiando, que tiene datos diarios confiables, es la correspondiente a la estación de Juncal en Juncal.

Para la elaboración de la curva de duración general del caudal medio diario de esta estación, se consideraron los últimos 26 años de estadística diaria, encontrándose los valores que se indican en la columna 1 de la Tabla 5.3.25. incluida a continuación.

**Tabla 5.3.25: Duración General del Caudal Medio Diario (m<sup>3</sup>/s)**

PROBABILIDAD (%)	CAUDAL MEDIO DIARIO (m <sup>3</sup> /s)					
	Juncal en Juncal	Juncalillo antes Juncal	Estero Ojos de Agua	Estero El Peñón	Cuenca Intermedia	Juncal antes río Blanco
5	18.30	7.28	3.10	1.92	4.86	35.47
10	14.40	5.74	2.43	1.50	3.84	27.90
20	10.60	4.22	1.79	1.11	2.82	20.55
30	8.38	3.34	1.42	0.87	2.23	16.24
40	6.45	2.57	1.09	0.67	1.72	12.49
50	4.77	1.90	0.80	0.50	1.28	9.24
60	3.70	1.47	0.63	0.39	0.99	7.17
70	2.86	1.14	0.48	0.29	0.77	5.54
80	2.39	0.95	0.40	0.25	0.64	4.63
90	1.97	0.78	0.33	0.20	0.52	3.82
95	1.72	0.68	0.29	0.18	0.46	3.33

Los valores para las otras cuencas, que se muestran en la misma Tabla 5.3.25, se estimaron considerando válida la relación existente en Juncal en Juncal, entre el caudal medio mensual y el caudal medio diario correspondientes a una misma probabilidad de ocurrencia.

### 5.3.7. Estudio Hidrológico de Crecidas

#### A. Objetivo

El estudio hidrológico de crecidas tiene como objetivo establecer los caudales máximos de crecidas en la cuenca superior del río Juncal. Los caudales máximos de crecidas se establecerán a nivel de caudales máximos instantáneos para los períodos de retorno comprendidos entre 10 y 500 años.

Las cuencas de interés, donde se establecerán los caudales de crecidas corresponden a las siguientes:

- ❑ Río Juncal en Juncal.
- ❑ Río Juncalillo antes río Juncal.
- ❑ Estero Ojos de Agua antes río Juncal.
- ❑ Estero el Peñón antes río Juncal.

El río Juncal tiene su nacimiento en el Glaciar Juncal Norte, cuyas elevaciones máximas alcanzan poco más de los 5.500 m.s.n.m., en su inicio presenta un recorrido de Sur a Norte y en las vegas de la Chépica a 2.760 m.s.n.m. recibe por su orilla derecha a su primer afluente de importancia, el estero Manos de Agua.

Luego continua en la misma dirección por espacio de unos 6 km y en La Yesera a 2.450 m.s.n.m. recibe otro afluente también por su ribera derecha, el estero Navarro.

Desde esta confluencia el río Juncal toma una dirección hacia el Noroeste por espacio de unos 8 km y a unos 2 km aguas abajo de la localidad de Juncal recibe las aguas del río Juncalillo. Desde este punto toma una dirección hacia el Oeste donde aproximadamente a la cota 2.100 m.s.n.m. recibe las aguas del Estero Ojos de Agua y luego en la cota 1.925 m.s.n.m. recibe las aguas del Estero El Peñón.

Desde esta confluencia el río Juncal continua en dirección al Oeste por espacio de unos 12 km donde se junta con el río Blanco en la cota 1.420 m.s.n.m.

#### B. Línea de Nieves y Superficie de las Cuencas

En relación a la línea media de nieves se tiene diversos antecedentes que reflejan sus variaciones en el transcurso del año.

Como criterio básico se optó por establecer una línea de nieve del período Abril - Septiembre (Otoño - Invierno) que permitiera fijar la cota bajo la cual la precipitación esperada es líquida, y otra línea de nieve del período Octubre - Marzo (Primavera - Verano), la que a su vez permitiera fijar la cota sobre la cual es de esperar la acumulación nival que contribuye a la onda de deshielo.

De los antecedentes recopilados se encontró una variedad de niveles de acuerdo a los propósitos de cada estudio y se optó finalmente por considerar aquellos niveles que maximizarán las respectivas cuencas.

En la Tabla 5.3.26 que sigue a continuación se entregan los rangos de elevación y la elevación media adoptada en el presente estudio.

**Tabla 5.3.26: Línea de Nieves (m.s.n.m.)**

PERIODO	RANGO MEDIO DE ELEVACION m.s.n.m.	ELEVACION MEDIA m.s.n.m.
Otoño - Invierno	1.900 a 2.500	2.500
Primavera - Verano	2.500 a 3.600	3.000



De acuerdo a la elevación de la línea de nieve se determinaron las correspondientes superficies de cada cuenca, las que se entregan en la Tabla 5.3.27 siguiente.

**Tabla 5.3.27: Superficies (km<sup>2</sup>) Cuencas en Estudio**

CUENCA	SUPERFICIE TOTAL	SUPERFICIE (h > 3.000)	SUPERFICIE (h < 2.500)
Juncal en Juncal	227,0	173,0	10,50
Juncalillo antes Juncal	85,5	31,2*	1,45
Ojos de Agua antes Juncal	40,0	30,5	1,85
El Peñón antes Juncal	32,2	23,6	3,10

\* No se incluyó cuenca afluente a la Laguna del Inca

#### C. Análisis de los Caudales en Cuencas Controladas

Las superficies de las cuencas controladas son las que se muestran en la Tabla 5.3.28 siguiente:

**Tabla 5.3.28: Superficies (km<sup>2</sup>) Cuencas Controladas**

CUENCA	SUPERFICIE TOTAL	SUPERFICIE (h > 3.000)	SUPERFICIE (h < 2.500)
Juncal en Juncal	227,0	173,0	10,5
Blanco en Río Blanco	380,0	296,0	30,0
Aconcagua en Río Blanco	866,0	667,0	78,0

Para las cuencas controladas indicadas en el cuadro anterior se recopilieron y establecieron las series de excedencias anuales de los caudales máximos instantáneos de invierno y de verano para el período 1953 - 1993, también se recopilieron datos de caudales máximos medios diarios.

En todos los casos fue necesario establecer correlaciones para el relleno y extensión de las series, luego a cada serie de caudales máximos instantáneos se efectuó un análisis de frecuencia para determinar los caudales para los períodos de retorno significativos en el rango considerado.

El mejor ajuste adoptado para los resultados del análisis de frecuencia fue el que entregó la distribución log-normal, para ello se consideró el ajuste gráfico de los puntos observados y el test del Chi-Cuadrado.

Es importante destacar que en relación a las series de caudales de invierno, el caudal máximo instantáneo correspondiente a mayo de 1993 tiene especial relevancia por su gran magnitud, hecho que hace cambiar radicalmente los resultados de los ajustes de frecuencia utilizados hasta ahora, especialmente en las estadísticas de las estaciones de Blanco en Río Blanco y Aconcagua en Río Blanco, donde para períodos de retorno superior a 100 años los caudales máximos de crecidas pluviales aparecen como superiores a los de las crecidas de deshielo.

Del análisis de los resultados obtenidos se ha optado por efectuar la transposición de los caudales máximos a las cuencas en estudios, de acuerdo a los siguientes pasos:

- ❑ Determinar el caudal máximo para el período de retorno de 10 años en base al rendimiento específico de Juncal en Juncal, para el invierno el rendimiento de Juncal en Juncal se encuentra entre los rendimientos de Blanco en Río Blanco y Aconcagua en Río Blanco, en cambio para el período de verano el rendimiento de Juncal en Juncal es prácticamente igual al de Aconcagua en Río Blanco y ambos un 30% menor que el de Blanco en Río Blanco.
- ❑ Distribuir el caudal máximo de período de retorno 10 años en función de la distribución de los caudales de Juncal en Juncal, esta distribución se presenta más acentuada que la distribución de los mismos caudales en las otras dos estaciones.

En la Tabla 5.3.29 siguiente se entregan los rendimientos de los caudales máximos instantáneos para el período de retorno de 10 años.

**Tabla 5.3.29: Caudales Máximos Instantáneos y Rendimientos Específicos para T = 10 Años en Cuencas Controladas**

CUENCAS CONTROLADAS	INVIERNO (1)		VERANO (2)	
	Q m <sup>3</sup> /s	q m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup>	Q m <sup>3</sup> /s	q m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup>
Juncal en Juncal	12,4	1,18	30,3	0,175
Blanco en Río Blanco	38,7	1,29	80,5	0,272
Aconcagua en Río Blanco	74,1	0,95	115,6	0,173

(1) Se utilizó área pluvial

(2) Se utilizó área nival

En la Tabla 5.3.30 se entrega la distribución de los caudales de Juncal en Juncal.

**Tabla 5.3.30: Distribución del Caudal Máximo Instantáneo Río Juncal en Juncal**

T (Años)	INVIERNO (1)		VERANO (2)	
	Q m <sup>3</sup> /s	Q/Q <sub>10</sub>	Q m <sup>3</sup> /s	Q/Q <sub>10</sub>
10	12,4	1,00	30,3	1,00
20	17,1	1,38	46,2	1,52
50	25,0	2,02	57,6	1,90
100	32,2	2,60	67,1	2,21
200	40,8	3,29	77,2	2,55
500	54,6	4,40	92,1	3,04

(1) Se utilizó área pluvial

(2) Se utilizó área nival

### 5.3.8. Caudales Máximos de Diseño

Para determinar el caudal máximo del período de retorno de 10 años en las cuencas de interés, basado en el caudal máximo de Juncal en Juncal, se efectuó una transposición no lineal para los caudales pluviales y lineal para los caudales de deshielo.

La transposición no lineal utilizada se desarrolló considerando el exponente determinado en la fórmula de Verni-King (1977) para cuencas chilenas. En el presente estudio se consideró una precipitación igual en todas las cuencas en relación a la de Juncal en Juncal, de este modo se asumió una estimación por el lado de la seguridad ya que es de esperar que el incremento de la precipitación con la elevación entregue una precipitación más alta para la cuenca de Juncal en Juncal. La relación aplicada es del siguiente tipo:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{K_1 \cdot A_1^{0,88}}{K_2 \cdot A_2^{0,88}}$$

Luego aplicando la distribución de la Tabla 5.3.30 se obtuvieron los caudales máximos instantáneos para los diferentes períodos de retorno.

En la Tabla 5.3.31 se entregan los caudales para el período de retorno de 10 años y en la Tabla 5.3.32, los caudales para los diferentes períodos de retorno.

Seleccionando los caudales máximos de la Tabla 5.3.32 y aproximándolos a cifras significativas, se obtuvieron los caudales máximos instantáneos para el diseño. En general, los gastos mayores corresponden a crecidas de deshielo con excepción de los caudales del estero El Peñón para los períodos de retorno más altos. Los caudales para diseño se entregan en la Tabla 5.3.33.

**Tabla 5.3.31: Caudales Máximos Instantáneos para T = 10 Años en las Cuencas en Estudio**

CUENCAS EN ESTUDIO	INVIERNO Q (m³/s)	VERANO Q (m³/s)
Juncal en Juncal	12,4	30,3
Juncalillo antes Juncal	2,1	5,5
Ojos de Agua antes Juncal	2,7	5,3
El Peñón antes Juncal	4,2	4,1

**Tabla 5.3.32: Caudales Máximos Instantáneos para Diferentes Períodos de Retorno**

CUENCAS EN ESTUDIO	Q MAX INSTANTÁNEOS (m <sup>3</sup> /s)					
	T = 10	T = 20	T = 50	T = 100	T = 200	T = 500
<b>INVIERNO</b>						
Juncal en Juncal	12,4	17,1	25,0	32,2	40,8	54,6
Juncalillo antes Juncal	2,1	2,9	4,2	5,5	6,9	9,2
Ojos de Agua antes Juncal	2,7	3,7	5,5	7,0	8,9	11,9
El Peñón antes Juncal	4,2	5,9	8,6	11,0	13,9	18,6
<b>VERANO</b>						
Juncal en Juncal	30,3	46,2	57,6	67,1	77,2	92,1
Juncalillo antes Juncal	5,5	8,4	10,5	12,2	14,0	16,7
Ojos de Agua antes Juncal	5,3	8,1	10,1	11,7	13,5	16,1
El Peñón antes Juncal	4,1	6,2	7,8	9,1	10,5	12,5

**Tabla 5.3.33: Caudales Máximos Instantáneos de Diseño (m<sup>3</sup>/s)**

CUENCAS EN ESTUDIO	Q MAX INSTANTÁNEOS DE DISEÑO(m <sup>3</sup> /s)					
	T = 10	T = 20	T = 50	T = 100	T = 200	T = 500
Juncal en Juncal	30,0	46,0	58,0	67,0	77,0	92,0
Juncalillo antes Juncal	5,5	8,4	11,0	12,0	14,0	17,0
Ojos de Agua antes Juncal	5,3	8,1	10,0	12,0	14,0	16,0
El Peñón antes Juncal	4,1	6,2	9,0	9,6	14,0	19,0

En relación a la crecida del 3 de Mayo de 1993, se tienen los siguientes antecedentes:

- ❑ El temporal fue producto de una situación meteorológica atípica, que en términos hidrometeorológicos se caracterizó por intensidades altas y una gran elevación de la isoterma 0°C.
- ❑ La mayor intensidad de la lluvia se concentró en la cuenca del río Cachapoal y del río Maipo, siendo menos intensa en la cuenca del río Aconcagua.
- ❑ Las mayores intensidades de la lluvia fueron alrededor de 18 mm/m en Sewell, 10 mm/m en Santiago y entre 6 y 7 mm/m en Lagunitas.
- ❑ La elevación de línea de nieve se estimó a los 3.350 m.s.n.m durante la mayor intensidad del temporal.
- ❑ Finalmente cabe indicar que en La Disputada (3.540 m.s.n.m) se informó de precipitación nival con intervalos de agua - nieve.

En relación a los caudales máximos instantáneos se tiene que en Juncal en Juncal un máximo de 73,7 m<sup>3</sup>/s, considerando la línea de nieves indicada la superficie aportante fue

de aproximadamente 77 km<sup>2</sup>, lo que da un rendimiento máximo de casi 1 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>, rendimiento equivalente a un período de retorno superior a 100 años.

Aplicando la transposición no lineal se estiman los siguientes caudales máximos, los cuales se presentan en la Tabla 5.3.34.

**Tabla 5.3.34: Caudales Máximos Instantáneos Crecida del 3 de Mayo de 1993**

CUENCA	S (km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s)
Juncal en Juncal	77	73,7
Juncalillo antes Juncal	16	18,5
Ojos de Agua antes Juncal	19	21,5
El Peñón antes Juncal	14	16,4

### 5.3.9. Derechos de Agua y Caudal Ecológico

El proyecto cuenta con derechos de aprovechamiento no consuntivo de las aguas del río Juncal de 8 m<sup>3</sup>/seg y de 4 m<sup>3</sup>/seg del río Juncalillo otorgados por la Dirección General de Aguas a la Hidroeléctrica Guardia Vieja S.A. (HGV), titular del proyecto. Estos derechos fueron otorgados por las siguientes resoluciones:

- ❑ Resolución DGA N° 374 del 13 de noviembre de 1984
- ❑ Autorización Cambio Punto de Captación DGA VR N° 169 de 1996
- ❑ Resolución DGA N° 370 del 21 de junio de 2001

Copias de dichos documentos se incluyen en el Anexo 4 del presente estudio.

#### A. Resolución DGA N° 374 del 13 de noviembre de 1984

Mediante este documento se le otorga a la Hidroeléctrica Guardia Vieja S.A., el derecho de aprovechamiento no consuntivo sobre las aguas del río Juncal, afluente del río Aconcagua, Primera Sección, de ejercicio eventual y continuo de 4 m<sup>3</sup>/seg. Este derecho se suma al derecho de 8m<sup>3</sup>/seg concedido provisionalmente por la resolución DGA N° 277 de 1980 y ratificados en la resolución DGA 370 de 21 de junio de 2001.

El punto de captación se define en la cota 2.070 m.s.n.m, inmediatamente aguas abajo de la confluencia del río Juncal con el estero Ojos de Agua donde se podrán captar gravitacionalmente los 12 m<sup>3</sup>/seg concedidos a HGV.

#### B. Autorización Cambio Punto de Captación DGA VR N° 169 de 1996

Este documento autoriza el cambio de punto de captación de los 4 m<sup>3</sup>/seg de derecho constituido a la Hidroeléctrica Guardia Vieja S. A. en la Resolución DGA N° 374 del 13 de noviembre de 1984.

El cambio de captación es desde la ribera derecha del río Juncal en la cota 2.070 m.s.n.m. inmediatamente aguas abajo de la confluencia del río Juncal con el estero Ojos de Agua a un punto ubicado en la cota 2.210 m.s.n.m en el río Juncalillo, afluente del Juncal. La distancia entre el nuevo punto de captación y de restitución será de 11,82 km.

C. Resolución DGA N° 370 del 21 de junio de 2001

Resolución DGA N° 370 del 21 de junio de 2001; copia de dicho documento se incluye en el Anexo 4.

El derecho de aprovechamiento no consuntivo de 8 m<sup>3</sup>/seg del río Juncal es de ejercicio permanente y continuo y de ejercicio eventual y continuo según los caudales que se indican en la tabla 5.3.35 siguiente.

**Tabla 5.3.35: Derecho de Aprovechamiento No Consuntivo del río Juncal**

CAUDAL OTORGADO POR MES (m <sup>3</sup> /seg)	PERMANENTE Y CONTINUO	EVENTUAL Y CONTINUO
Enero	7,09	0,91
Febrero	6,01	1,99
Marzo	4,01	3,99
Abril	1,84	6,16
Mayo	1,14	6,86
Junio	0,97	7,03
Julio	0,67	7,33
Agosto	0,71	7,29
Septiembre	0,54	7,46
Octubre	2,18	5,82
Noviembre	3,52	4,48
Diciembre	7,02	0,98

En la mencionada resolución se señala textualmente en el punto 3:

*"El titular del derecho de aprovechamiento deberá dejar pasar aguas abajo del punto de captación, un caudal no inferior a 0,17 m<sup>3</sup>/s para preservar el equilibrio ecológico".*

En este sentido el caudal ecológico que se dejará escurrir sobre la Bocatoma del río Juncal será de 0,17 m<sup>3</sup>/seg.

D. Esterio El Peñón

La Hidroeléctrica Guardia Vieja S. A. solicitará a la DGA los derechos de aprovechamiento no consuntivo de las aguas del estero El Peñón.

#### 5.4. GEOMORFOLOGÍA

Se incluye a continuación la caracterización geomorfológica del área de estudio que comprende el río Juncal en el sector que se extiende entre la confluencia del río Juncal con el río Juncalillo y poco más arriba de la confluencia del río Juncal con el río Blanco. Esto está inserto en un ambiente donde la altura de relieve se encuentra por sobre los 1400 m.s.n.m., rodeada de cordones montañosos que sobrepasan los 3000 m.s.n.m., y donde resalta el valle del río Juncal (Ver Figura 5.4.1 siguiente).

##### 5.4.1. Definición del Área de Influencia

El área de influencia directa del proyecto corresponde a la cuenca del río Juncal entre aguas arriba de la confluencia con el río Juncalillo y poco más arriba de la confluencia con el río Blanco. Se considera también el sector correspondiente trazado del camino a la cámara de carga.

El área de influencia indirecta es el valle del río Juncal.

##### 5.4.2. Metodología

La descripción de los aspectos geomorfológicos del área de estudio se basa en antecedentes bibliográficos cuyas referencias se listan en el Anexo 6 del presente EIA.

##### 5.4.3. Caracterización General del Área de Estudio

En términos generales, la parte alta de la hoya hidrográfica del río Aconcagua ha sido esculpida principalmente por la acción de los hielos. Frecuentemente es posible observar la presencia de rasgos de la acción glacial en las laderas rocosas de los valles actuales, así como también cordones morrénicos de gran espesor y extensión. Todos estos rasgos morfológicos son indicadores de la significativa participación de los glaciales en la modelación del paisaje en la región que interesa.

Luego del predominio glacial, el paisaje ha sido profundizado hasta nuestros días por los diversos sistemas de drenaje superficial que han reemplazado a los hielos. Se han desarrollado así valles de laderas más empinadas, donde es frecuente observar la presencia de importantes apilamientos de sedimentos fluviales y gravitacionales que han removilizado y reemplazado los depósitos morrénicos existentes. Allí coexisten escombros de ladera, conos de deyección, terrazas fluviales y en forma restringida al sector más alto del valle, algunos depósitos morrénicos bien preservados.

Hacia las cabeceras de los tributarios principales del sistema hidrográfico actual es posible observar la coexistencia de los rasgos glaciales y fluviales. En las quebradas de los esteros Ojos de Agua y del Peñón se observa claramente esta situación. Mientras en las cabeceras se reconoce un circo glacial típico con laderas y fondo de valle de pendientes suaves y con roca aflorando en forma frecuente, en el curso medio y bajo predomina un valle fluvial, con pendientes más empinadas y gran cantidad de sedimentos gravitacionales acumulados en la base de las laderas.

Esto indica que el efecto de profundización de los valles por parte de los ríos actuales no ha alcanzado aún las cabeceras del sistema hidrográfico, por lo cual aún en ellas se preservan intactas las características de la modelación glacial del paisaje.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente se puede establecer que morfológicamente la región del proyecto corresponde a un relieve de tipo cordillerano, abrupto, en el cual los procesos de modelación del paisaje están en pleno desarrollo.

En el mecanismo de formación de algunos depósitos que hoy día se están acumulando tales como los conos de deyección y algunas escombreras y flujos, está intrínseca la caída de piedras, avenidas de carácter aluvional por sus ejes y movimiento de horizontes de fragmentos ladera abajo, que en conjunto configuran una situación de laderas ciertamente activas, más aún si se considera el régimen meteorológico severo al cual están sometidas, como es el que corresponde a la alta cordillera.

Estas condiciones generales que no pueden ser calificadas como catastróficas desde el punto de vista geomorfológico, se traducen en una situación que obliga a considerar resguardos especiales para las obras superficiales, principalmente al momento de proyectar canales y caminos recorriendo estas laderas. Esto de modo tal que estas obras no contribuyan a la desestabilización de las laderas, sino más bien a la consolidación de las mismas.

Así, un análisis general de la morfología de los terrenos donde se inserta el proyecto Hornitos permite establecer que las obras subterráneas son preferentemente una solución de riesgo relativo menor que las obras de superficie ubicadas en los terrenos de laderas con depósitos no consolidados que muestran actividad del tipo antes mencionado.

#### **5.4.4. Meteorización y Alteración**

El fenómeno de meteorización ha afectado principalmente a la superficie de las rocas expuestas a la intemperie, extendiéndose sólo algunos metros en profundidad.

Es un proceso que ha favorecido la fragmentación de las rocas por medio de modificar principalmente sus condiciones físicas.

Por su parte la alteración corresponde a un fenómeno asociado a los efectos de la intrusión de cuerpos tipo diques y filones que se han encajado en las rocas preexistentes. En sus contornos, en ciertas ocasiones, los cuerpos intrusivos han desarrollado zonas de alteración hidrotermal donde se han producido cambios físicos y químicos importantes en las rocas.

En el flanco Sur del valle del río Juncal, frente al estero Ojos de Agua, se desarrolla una zona de alteración hidrotermal que se relaciona con la presencia de cuerpos intrusivos encajados poco más al Este de la confluencia Juncal-Juncalillo.

Allí afloran rocas de color amarillento, completamente degradadas a materiales blandos, deleznales, tipo arcillas, que conforman un cuerpo que penetra en las rocas estratificadas, estimándose que es un fenómeno que alcanza bastante profundidad en el lugar donde se localiza.



**Figura 5.4.1: Modelo Digital de Terreno del Área del Proyecto**

Insertar figura 2 pdf

## 5.5. GEOLOGÍA

Se incluye a continuación la descripción geológica del área de estudio para el valle y entorno montañoso del río Juncal .

### 5.5.1. Definición del Área de Influencia

El área de influencia directa del proyecto corresponde a la cuenca del río Juncal entre aguas arriba de la confluencia con el río Juncalillo y poco más arriba de la confluencia con el río Blanco. Se considera también el sector correspondiente trazado del camino a la cámara de carga.

El área de influencia indirecta es el valle del río Juncal.

### 5.5.2. Metodología

La descripción de los aspectos geológicos del área de estudio se basa en antecedentes bibliográficos cuyas referencias se listan en el Anexo 6 del presente EIA.

### 5.5.3. Marco Geológico Regional

El área de estudio se encuentra inserta en la Cordillera de Los Andes, a lo largo del valle del río Juncal, desde la confluencia del Juncalillo con este, hasta un poco antes de la confluencia con el río Blanco, en un ambiente dominado por las altas cumbres y laderas escarpadas (ver Figura 5.5.1). A nivel geológico corresponde a una zona que presenta una secuencia de rocas estratificadas que se agrupan en las formaciones Abanico y Farellones, depositadas a partir del período Cretácico y hasta el Terciario.

La formación Abanico es la más antigua de las dos y consiste principalmente en un conjunto de rocas volcánicas que incluye una gran variedad de andesitas, tobas y brechas. Esta secuencia de rocas tiene amplia distribución en la región y alcanza espesores de varios miles de metros.

Sobre ella y coronando algunas de las cumbres, se dispone en forma discordante y con espesores más restringidos, el conjunto de estratos que pertenece a la formación Farellones, depositada en el período Terciario. Esta unidad geológica de extensión regional es también de origen volcánico, aunque presenta intercalaciones de rocas sedimentarias de origen continental. La fracción volcánica, que es mayoritaria, está formada principalmente por andesitas, en tanto que los niveles sedimentarios comprenden rocas de grano fino tales como lutitas y limolitas lacustres.

Las rocas estratificadas de ambas formaciones geológicas se encuentran frecuentemente atravesadas por rocas intrusivas tipo granodiorita de extensión diversa que se han encajado a partir del Cretácico, intruyendo las más antiguas a la formación Abanico y las más nuevas, emplazadas en el período Terciario, afectando a toda la serie volcánica.

Las rocas estratificadas de la formación Abanico y Farellones presentan direcciones e inclinaciones diversas que se deben principalmente a la tectónica que ha actuado sobre ellas, que consiste principalmente en un conjunto de fallas de corrida regional que están alineadas en dirección preferentemente Norte-Sur.

Las inclinaciones son mayores en los estratos de la formación Abanico, que por ser más antiguos han soportado los efectos de una tectónica más prolongada, que los ha plegado en forma más significativa.

Los estratos de la formación Farellones en tanto tienen inclinaciones más suaves e incluso horizontales, disponiéndose como un sello sobre los estratos plegados de la formación Abanico.

La alteración hidrotermal en el basamento rocoso estratificado no tiene gran extensión y cuando ocurre se encuentra estrechamente ligada a la intrusión de los cuerpos granodioríticos. Es el caso de los campos de alteración que se asocian a los cuerpos intrusivos que afloran en el valle del río Juncal, en el sector de la confluencia de éste con el estero Juncalillo y poco más arriba, cerca del estero Potrero Escondido.

Por último, los agentes modeladores del paisaje que han actuado sobre la superficie de las rocas a partir del período cuaternario y hasta el Reciente, han originado importantes depósitos de sedimentos no consolidados que cubren las rocas fundamentales con extensión y espesores diversos, y entre los cuales se cuentan sedimentos de origen glacial, fluvial y gravitacional.

De preferencia, éstos sedimentos alcanzan su mayor espesor en el fondo de los valles y en la base de las laderas, en tanto que hacia las cumbres, las rocas basales afloran en forma frecuente.

**Figura 5.5.1: Imagen Landsat del Área de Estudio**

#### **5.5.4. Unidades de Roca**

Las unidades de roca principales dentro del área de estudio son:

##### **A. Unidad KTae**

Comprende un conjunto de rocas nítidamente estratificadas que forman parte de los niveles superiores de la formación Abanico.

Esta unidad en el área del proyecto tiene su mayor expresión en el flanco Norte del valle del río Juncal donde consiste en una secuencia formada principalmente por brechas finas, tobas y areniscas, con lavas y brechas gruesas intercaladas en forma subordinada. En algunos sectores, como es el caso del valle del estero El Peñón, la secuencia suele incorporar algunos niveles delgados de riolitas e ignimbritas, que son rocas francamente efusivas.

Esta secuencia de estratos nítidamente estratificados presenta suaves inclinaciones, de preferencia hacia el Norte, situación que favorece la formación de laderas empinadas, y libres de depósitos inconsolidados, donde la serie comentada se observa limpia y continua.

##### **B. Unidad KTam**

Comprende un conjunto de estratos de aspecto masivo, que forman la serie basal de la formación Abanico en el sector estudiado, ubicándose por debajo de la serie bien estratificada de la unidad KTae.

Estas rocas tienen un mejor desarrollo en el flanco Sur del valle del río Juncal en el área del estudio. Allí aflora un conjunto de estratos potentes de lavas andesíticas y brechas volcánicas, en partes conglomerádicas.

Estas rocas suelen desarrollar laderas empinadas y libres de depósitos inconsolidados, aunque también se observa la formación de sedimentos donde localmente el fracturamiento de la roca en superficie está relativamente más concentrado.

Es el caso del gran flujo de bloques Qb que se ubica en el curso medio del río Juncal en el área analizada.

##### **C. Unidad KTg**

Se agrupan en esta unidad los cuerpos intrusivos menores que se han encajado en las rocas estratificadas preexistentes.

En el área del estudio se ha podido constatar que estas rocas intrusivas afectan de preferencia a los estratos de la secuencia masiva KTam. Consisten por lo general en diques y cuerpos filonianos de poca extensión formados principalmente por andesitas y pórfidos andesíticos.

---

### 5.5.5. Estructuras y Tectónica

El macizo rocoso que aflora en el área del proyecto se encuentra atravesado por una serie de estructuras tipo fallas, fracturas mayores y juegos de diaclasas, que son el resultado de los procesos tectónicos y de intemperización que han operado sobre él. Las fallas geológicas y las fracturas mayores que se han reconocido corresponden a elementos planares que tienen direcciones predominantes Norte-Este e inclinaciones verticales a fuertemente empinadas.

En la morfología de ambos flancos del valle del río Juncal es posible apreciar que en la mayoría de los planos de falla o zonas débiles asociadas a éstas estructuras se han desarrollado quebradas, algunas de las cuales han llegado a ser muy profundas, bisectando en forma significativa el macizo rocoso, desarrollando paredes de roca muy empinadas a ambos lados, donde la roca fundamental se observa sana y libre de fracturación.

Estos rasgos están indicando que los planos de debilidad producidos por las fallas y grandes fracturas no comprometen sectores amplios de roca. Asimismo, en ambos lados de las quebradas o donde se han reconocido alineamientos, las rocas se observan continuas, sin desplazamientos significativos.

Con respecto a los juegos de fracturas menores 6 diaclasas, estos afectan ampliamente a las rocas fundamentales cada vez que afloran en superficie. Son en general discontinuidades que producen la fragmentación de los materiales, principalmente en el estrato más externo de los cuerpos rocosos, sin comprometerlos mayormente en profundidad.

La tectónica consistente en fallas importantes de gran corrida regional que han afectado la región ha provocado en el área del estudio algunas deformaciones en las series de rocas estratificadas.

Estas deformaciones han llevado a los estratos a la posición que hoy día tienen. Estos se observan dispuestos en variadas direcciones, con inclinaciones también variables las que parecen intensificarse hacia el Este de la cubeta rocosa estudiada.

En la mayoría de los casos las deformaciones dejan a los estratos de roca en posiciones relativamente similares a la de su depositación, mostrando flexuras suaves, sin el desarrollo de pliegues, situación que indica que la tectónica que ha afectado al campo geológico que aquí se analiza ha sido más bien leve.

## 5.6. EDAFOLOGÍA

Se incluye a continuación la descripción de las características de los suelos del área de estudio para el valle y entorno montañoso del río Juncal .

### 5.6.1. Definición del Área de Influencia

El área de influencia directa del proyecto corresponde a la cuenca del río Juncal entre aguas arriba de la confluencia con el río Juncalillo y poco más arriba de la confluencia con el río Blanco. Se considera también el sector correspondiente trazado del camino a la cámara de carga.

El área de influencia indirecta es el valle del río Juncal.

### 5.6.2. Metodología

Para el área de estudio no existen estudios de Edafología. Las observaciones que aquí se hacen más bien en función de observaciones en terreno y de los antecedentes geológicos y geomorfológicos que existen cuyas referencias bibliográficas se citan en el Anexo 6.

### 5.6.3. Caracterización de los Suelos en el área de Estudio

En general existe una capa de suelo vegetal de espesor variable, que es mayor en terrenos planos (algunas decenas de cm) y muy delgada o inexistente en los terrenos con pendiente. El espesor de esta capa de suelo vegetal disminuye también con la altura del relieve. Las unidades de suelos ordenadas desde las más recientes a las más antiguas, son aquellas que se describen a continuación.

#### A. Unidad Qfca

Comprende los depósitos de sedimentos fluviales que se disponen en el cauce actual del río Juncal. Consisten en mezclas de gravas y arenas con escasas finos, que forman depósitos sueltos, frecuentemente removilizados en sus horizontes más externos como consecuencia de las crecidas del río Juncal.

#### B. Unidad Qb

Se agrupan en esta unidad los depósitos producto de flujos de bloques que han avanzado desde las laderas hacia el fondo del valle. Se disponen de preferencia en la base de las pendientes y consisten en acumulaciones de fragmentos de roca sin matriz que forman cuerpos cónicos o en abanicos, los cuales presentan cierta dinámica, al experimentar algunos movimientos tipo corrimientos o reptaciones en sus sedimentos más superficiales. En todo caso estos sedimentos son más frecuentes en la ladera Sur del valle del río Juncal.

C. Unidad Qe

Corresponde a los depósitos de escombros de ladera de cerro formados a partir de la fragmentación de los afloramientos de la roca fundamental. La acción de los agentes atmosféricos sobre la superficie rocosa expuesta genera un manto de sedimentos formado por fragmentos de roca de diversos tamaños y una matriz de arenas y limos que juntos forman un depósito estable, cubierto por suelos y en algunos casos, con bastante vegetación.

Estos depósitos presentan en algunos casos inestabilidades menores, en especial cuando están desprovistos del horizonte de suelo que generalmente los cubre. Alcanzan mayor desarrollo en el flanco Sur del valle del río Juncal en el sector que interesa. Esta particularidad se relaciona con la presencia en este flanco, de laderas con menor pendiente, con algunos afloramientos de roca que muestran mayor fracturación y con la mayor exposición al sol que tiene éste lado del valle.

D. Unidad Qcd

Comprende tanto los depósitos de conos de deyección activos (Qcda) como los que se encuentran estabilizados (Qcde). Se trata de sedimentos movilizados por las quebradas laterales hacia el valle del río Juncal y consisten en un conjunto de abundantes bloques subangulares a angulares con poco transporte que se disponen principalmente en el eje de éstas quebradas y hacia la base se expanden formando llanuras inclinadas que tienen forma de cono, algunas de las cuales alcanzan gran extensión, llegando incluso a modificar el curso del río.

- ❑ Los conos de deyección activos (Qcda) experimentan desplazamientos en el estrato de fragmentos de roca superior, cuando ocurren lluvias intensas o se producen avalanchas de nieve.
- ❑ Los conos de deyección estabilizados (Qcde) se presentan cubiertos por un horizonte de suelo con vegetación, situación que indica que ellos no han sufrido movimientos recientemente.

E. Unidad Qf

Están agrupados en ésta unidad los sedimentos fluviales que se han depositado como remanentes de terrazas bajas en ambas riberas del río Juncal. Consisten en mezclas de gravas y arenas las cuales integran depósitos estables, que se desarrollan como planicies laterales al río en algunos casos y en otros se presentan cubiertas por derrames de conos de deyección, en cuyos bordes sufren la acción erosiva del curso actual del río Juncal.

F. Unidad Qfa

Corresponde a los depósitos fluvio aluviales generados por los esteros tributarios principales del río Juncal tales como los esteros Juncalito, ojos de Agua y Peñón. Son los sedimentos que se han acumulado como producto de la actividad fluvial de éstos esteros, generando verdaderos abanicos aluviales de cierta extensión que se adentran en los depósitos fluviales del cauce principal del río Juncal.



Consisten en lo principal en gravas arenosas sueltas, que incluyen frecuentes bloques rocosos provenientes de las laderas de los esteros, todos los cuales se disponen en depósitos que están continuamente siendo trabajados por la acción de las aguas superficiales.

G. Unidad Qm

Comprende los depósitos morrénicos acumulados como producto de la acción de los hielos en la hoya hidrográfica alta del río Juncal. Son sedimentos formados por arenas y gravas limosas firmes, cuyos depósitos se encuentran bien conservados hacia las cabeceras del sistema de drenaje actual.

Se encuentran muy bien desarrollados en el tramo del río Juncal comprendido entre la confluencia Juncal Juncalillo y Juncal ojos de Agua donde presentan una morfología tipo terrazas altas con lomajes suaves.

Las características de todas estas unidades de suelo indican que estos tienen, por lo general, severas limitaciones para ser utilizados para un fin distinto de las praderas naturales, arbustos o matorrales.

## 5.7. RUIDO

El presente informe establece los niveles de ruido basales existentes en el área de proyecto y su entorno cercano. Se indican además los potenciales receptores sensibles afectados por las actividades de construcción del proyecto.

Para todos los efectos de la evaluación, se utilizará como referencia los estándares de inmisión establecidos en el D.S. 146/97, para efectuar la homologación de las zonas a cubrir por el proyecto y los límites máximos permisibles en cada una de ellas.

### 5.7.1. Definición del Área de Influencia

#### A. Area de Influencia Directa (AID)

Para la determinación del área de influencia del proyecto, se consideró el menor nivel permitido de acuerdo a la ubicación de receptores sensibles y la zona que corresponde homologar a dicha ubicación. De esta forma, se estimó un radio de cobertura de las emisiones tanto para la etapa de construcción como la de operación, considerándose para la primera etapa la condición más desfavorable de emisión de faenas constructivas, con un nivel global de 76 dBA a 30 m, tomando en cuenta además las emisiones por concepto de tronaduras.

Para la etapa de operación, se aplicó una emisión de referencia equivalente a la generación eléctrica máxima de la Central Hidroeléctrica Aconcagua.

#### B. Area de Influencia Indirecta (AII)

Es la formada principalmente por las zonas de paso de camiones hacia los frentes de obra. El flujo de camiones de hormigón se estima en un total de aproximadamente 2300, distribuidos durante un período de 36, lo que indica que el flujo diario es relativamente bajo.

### 5.7.2. Metodología

El procedimiento metodológico para la determinación de los niveles sonoros basales actuales en el área de proyecto se ajusta al D.S. 146/97, considerado como normativa de referencia del presente estudio.

De esta forma, se establecieron puntos de medición en los cuales se midió por períodos no inferiores a 10 minutos, tomando en cuenta el criterio de estabilización de lectura, es decir, dos lecturas continuas consecutivas de 5 minutos con diferencia menor o igual a 2 dBA, para considerar el último valor como el representativo del nivel basal medido.

Se midió en horario diurno, considerando que será el horario de trabajo durante la fase de construcción del proyecto y debido a la homogeneidad del nivel basal que corresponde a la caracterización de una zona rural.

Se incluye a continuación la línea de base de ruido para el proyecto.

### 5.7.3. Caracterización del Área de Influencia del Proyecto

#### A. Definición de los Niveles Máximos de Ruido Permitidos

Para la estimación de los niveles máximos de ruido permitidos para el área de influencia del proyecto, es importante considerar que todas las obras de construcción se ubicarán en la comuna de Los Andes, V Región, en sectores definidos como rurales.

De acuerdo a lo anterior, la homologación corresponde a Zona Rural, equivalente a una inmisión máxima de **Ruido de Fondo más 10 dBA** como se muestra en la Tabla 5.7.1.

**Tabla 5.7.1: Nivel Máximo Permitido según Zona (D.S 146/97)**

ZONA	DIURNO (7 a 21 horas)	NOCTURNO (21 a 7 horas)
Rural	Ruido de Fondo + 10 dBA	Ruido de Fondo + 10 dBA

Los límites del área de emplazamiento del proyecto comprenden:

- ❑ Al Sur: Ruta Ch-60.
- ❑ Al Norte: Cerros de altura sobre 2000 m.
- ❑ Al Este: Sector de ubicación de botadero 1, Regimiento N°3.
- ❑ Al Oeste: receptores más cercanos a 1700 m del área de Carga que se encuentra en altura y 1200 m aguas abajo de Casa de Máquinas.

#### B. Horarios de Funcionamiento

Durante la etapa de construcción cuyo plazo de ejecución de las obras alcanza a 36 meses, el horario de trabajo del personal será diurno (8:30 a 20.00 hrs.), a excepción del personal que trabaje en la excavación al interior de los túneles, donde se realizarán tres turnos para completar 24 horas continuas de trabajo.

Por ser una central de pasada, esta central operará en general las 24 horas del día durante todo el año, dependiendo su funcionamiento de la disponibilidad de agua en los ríos y de las mantenciones a los diferentes equipos. Asimismo la subestación eléctrica tendrá una operación continua.

#### C. Referencia de Emisión

Para realizar una adecuada estimación de las emisiones de ruido durante la operación del proyecto se consideran como referencia mediciones de los niveles de ruido realizadas en la central Aconcagua en operación.

La Central Aconcagua, que se utilizará como emisión de ruido de referencia, presenta 2 sistemas de turbinas Pelton verticales, denominados Juncal y Blanco, cuyas capacidades

de trabajo se presentan en la Tabla 5.7.2. El horario punta de consumo eléctrico implica mayor uso de capacidad instalada con fines de generación eléctrica. No toda la capacidad instalada es para generación, sino que un porcentaje de ésta.

El horario punta de consumo eléctrico normalmente es entre 18:00 y 23:00 horas condición en que existe mayor generación de ruido, debido al número de turbinas en operación y/o a su rendimiento bajo esta condición. Si opera un mayor número de turbinas a un cierto rendimiento o bien aumenta el rendimiento durante la operación, se incrementará el nivel de ruido generado.

**Tabla 5.7.2: Capacidad Instalada y Generada al realizar Medición de Ruido en la Central Hidroeléctrica Aconcagua**

GENERADOR	JUNCAL	BLANCO
Velocidad angular rotor (rpm)	300	600
Potencia (Capacidad Instalada en Mva)	29	48
Potencia eléctrica durante medición de ruido	23,5	22
Número de inyectores en operación durante la medición	6	3
Altura de caída (mca)	280	680
Flujo (caudal m <sup>3</sup> /seg)	13,2	9,0
Modelo turbina	Pelton vertical	Pelton vertical
Frecuencia de generación (Hz)	50	50

A máxima operación se puede esperar que el nivel de ruido generado al interior de la casa de máquinas sea la contribución del ruido en el generador, ruido del eje y ruido asociado a la turbina.

El nivel proyectado será un valor estable por el tipo de ruido y trabajo continuo del sistema. Para un grupo de turbinas de iguales características el valor resultante puede obtenerse por la siguiente expresión:

$$Lp_{w,A} \text{ (a 1 m de la fuente)} = 10 \log [ S (\eta_{ti} / \eta_t) \times 10^{Lp_{Ai}/10} ]$$

Donde:

- $Lp_{w,A}$  = nivel de presión ponderado A proyectado al interior de la casa de máquinas.
- $\eta_{ti}$  = rendimiento total del iésimo sistema turbina – generador.
- $\eta_t$  = rendimiento total (del grupo). Máximo valor es 1 (100%).
- $10^{Lp_{Ai}/10}$  = contribución energética de la iésima turbina.

Si las dos turbinas aportan igual energía, asumiendo cada turbina con un nivel de emisión de 90 dBA en la ubicación del generador, y un rendimiento del 90%, el aporte total será aproximadamente 96 dBA, esperándose un nivel al límite de la pared de casa de máquinas estándar (distancia aproximada de 8 metros) de 88,7 dBA en la condición máxima de trabajo del sistema.

#### D. Mediciones de Nivel de Ruido Basal

Los puntos de medición fueron escogidos de acuerdo a los frentes de obra más representativos de la etapa de construcción como operación del proyecto. Se distribuyeron a lo largo del trazado, considerando además la ubicación de receptores sensibles cercanos al área de proyecto. El total de puntos ascendió a 5, cuyas ubicaciones se muestran en la Figura 5.7.1.

Las mediciones se efectuaron en período diurno comprendido entre las 10:00 y las 17:00 horas del día Miércoles 5 de Marzo de 2003, condiciones ambientales adecuadas, sonómetro Larson-Davis modelo 814 debidamente calibrado y con pantalla antiviento.

Se empleó la metodología indicada en el D.S 146/97, con criterio de estabilización de lectura de 2 lecturas continuas y consecutivas de 5 minutos, con diferencia inferior a 2 dBA.

Los resultados de las mediciones se presentan en la Tabla 5.7.4 siguiente

**Tabla 5.7.3 : Niveles de Ruido Basales en Area de Proyecto y Posición de Receptores Sensibles más cercanos.**

PUNTO DE MEDICIÓN	DESCRIPCION	RUIDO DE FONDO (dBA)			DISTANCIA RECEPTOR A LÍMITE DE PROYECTO (m)
		Leq,A dBA	Lmax DBA	Lmin dBA	
Punto 1	Sector Botadero de marina del túnel. Ubicación en sector cancha de esquí	37.4	46.8	30.7	Sin receptor
Punto 2	Poblado más cercano al área de proyecto a unos 1700 del botadero y 1200 de Casa de Máquinas	50	63	43	Poblado a 1700 m
Punto 3	Sector ubicación Casa de Máquinas y Subestación eléctrica, próximo a ruta Ch-60. Alto flujo vehicular pesado.	64,6	78,6	45,5	Sin receptor
Punto 4	Sector Túnel de Aducción en altura, Cámara de carga	45	51.2	38	Sin receptor
Punto 5	Sector de Botadero N°1. Inicio de trazado.	54.3	71.9	38.2	Regimiento N°3, 200 m
Punto 6	Regimiento N°3	66	80.3	55	200 m

No se consideró realizar mediciones de ruido de fondo en horario nocturno, debido a que durante la noche se mantiene relativamente estable la circulación de camiones por el sector, lo que asegura que los niveles basales se mantendrán con baja fluctuación.





#### E. Estimación de Emisiones en Area de Influencia Directa

Tal como se mencionó anteriormente, el AID la constituye toda el área encerrada por el radio de cobertura de las emisiones que cumplen con los estándares de inmisión indicados en el D.S. 146/97. De acuerdo con el plano regulador comunal, las zonas que abarca el trazado del proyecto comprenden zonas rurales, de manera que las inmisiones pueden alcanzar el valor máximo indicado como ruido de fondo más 10 dBA.

##### a. **Etapas de Construcción**

- ❑ *Emisión Global.* Referencia 76 dBA a 30 m.
- ❑ *Tronadura.* Para el caso de tronaduras, los niveles típicos de ruido se evalúan a distancias grandes, dado que son valores elevados como para que un sonómetro sea expuesto a ellos. Las distancias de evaluación comunes son 100 metros o más. El ruido abarca un amplio rango de frecuencias, percibiéndose ruido en el rango alto y vibración mecánica en el rango de baja frecuencia (frecuencias bajo los 20 Hz). Los niveles de presión desarrollados corresponden a 110 dBA<sup>1</sup> a 100 metros del punto principal de tronadura en condiciones de propagación libre sin obstáculos. Con una carga instantánea máxima de 50 Kg se desarrolla un nivel de presión sonora de 108 dB lineal a 500 metros distancia en campo libre (sin obstáculos)

##### b. **Etapas de Operación**

- ❑ *Central Aconcagua*  
88,7 dBA en la condición máxima de trabajo para dos turbinas Pelton Verticales.

En la Tabla 5.7.3 se muestra el resumen de los radios de cobertura para las emisiones en etapas de construcción y operación, considerando las condiciones más desfavorables de emisión e inmisión.

**Tabla 5.7.4: Radio de Cobertura de Emisiones en Etapas de Construcción y Operación para condiciones de máxima inmisión permitida. Cálculos bajo condición de campo libre.**

EMISIÓN DE REFERENCIA		RUIDO DE FONDO (DBA)		RADIO DE COBERTURA DE LA EMISIÓN (m)	
CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN	LEQ,A DBA	RF + 10 DBA	CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN
76 dBA a 30 m	88.7 dBA a 8 m (sin aislamiento)	37,4	47,4	28 a 807.4	32.2 a 92,9
110 dBA a 100 m	68,7 dBA a 8 m (con aislamiento 20 dBA)	66,0	76,0	5011,8 a 134896,2	3.45 a 92,9

<sup>1</sup> Noise, Vibration and Airblast Control, 1998, Department of the Environment Australia.



Se puede observar en la tabla anterior que el radio de cobertura se mantiene en general dentro de los 1000 m, salvo para el caso de las tronaduras que tienen un alcance mucho mayor debido a la magnitud de la emisión.

#### F. Estimación de Emisiones en el Area de Influencia Indirecta

Es la formada principalmente por las zonas de paso de camiones hacia los frentes de obra. El flujo de camiones de hormigón se estima en un total de aproximadamente 2300, distribuidos durante un periodo de 36, lo que indica que el flujo diario es relativamente bajo.

Para este proyecto, el acceso al área general de trabajo se realizará a través del camino Los Andes - Portillo o Camino Internacional Ruta Ch-60. Este camino es pavimentado y presenta alto flujo vehicular de tipo pesado y mediano constituido principalmente por camiones de carga y camionetas. De esta forma, no se prevé que exista un aumento significativo de los niveles de ruido basales, por encontrarse la zona a lo largo de la ruta mencionada, altamente impactada por ruido.

Para llegar a los frentes de trabajo específicos, se accederá por caminos especialmente construidos para este proyecto, alejados de poblados u otro tipo de actividades.

El proyecto considera además la utilización de unos 8 terrenos que como botaderos, donde se dispondrán los materiales excavados que no sean utilizables en otra parte de la obra como material de relleno, principalmente marina de los túneles. El botadero B se ubicará a unos 100 m al oeste del inicio del camino de acceso al estero Ojos de Agua, al norte de la ruta Ch-60. El Botadero E comprenderá el uso de un terreno localizado aguas arriba de la desembocadura del estero El Peñón en el río Juncal, hacia el sur de la ruta Ch-60. Este segundo botadero corresponde a un antiguo yacimiento de extracción de áridos. Los otros botaderos irán ubicados el costado norte de la Ruta Ch-60, zonas que no presentan ningún tipo de receptor cercano y que se encuentran actualmente altamente transitadas por flujo vehicular pesado. Es por ello que se prevé que no exista aumento de niveles basales por este concepto.

#### **5.7.4. Conclusiones de la Línea Base de Ruido**

Se observa que los niveles de ruido de fondo del sector de emplazamiento del proyecto son relativamente bajos. La principal fuente de emisión sonora la constituye el flujo vehicular pesado que circula por el Camino a Portillo, que siendo intenso, no es suficiente para conseguir elevar los niveles a los estándares de una carretera de mayor flujo.

Las tronaduras presentan gran alcance en distancia, si se trata de lograr cumplir la normativa de inmisión, pero; es importante considerar que el ruido que producen solo se escucha durante las faenas en las bocas de los túneles. El resto de las faenas caen dentro de un radio de alcance inferior a 1000 m, distancia dentro de la cual no existen receptores sensibles en la mayor parte del trazado, a excepción del Regimiento N°3, que por tratarse de equipamiento de corte militar de uso esporádico, no se considera receptor formal. De esta forma, se requiere que la periodicidad de las tronaduras para excavación en roca sea controlada y que se regule la carga al mínimo posible.



El flujo de camiones asociado a las actividades del proyecto no provocará incrementos significativos de nivel, debido a que el flujo actual es ya elevado en cuanto a la composición de vehículos pesados. El flujo proyectado de camiones hormigoneros se distribuirá en un período de 36 meses, estableciendo una frecuencia diaria baja.

Las emisiones por concepto de operación de la casa de máquinas no producirán impacto sonoro sobre el ambiente, debido a que su radio máximo de cobertura, para una condición de aislamiento de 20 dBA de la estructura, es inferior a 100 m.