

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“Aprovechamiento de las Aguas del Río Cristal para la Producción  
de Energía Eléctrica”

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACION  
POTENCIA**

Presentada por:

Luís Javier Aguirre Mateus

Alexs Eduardo Jácome Freire

Gabriel Renato Orquera Noboa

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**AÑO: 2008**

## AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirnos concluir con éxito la presente tesis. A nuestros Padres, hermanos y familiares por su amor e incondicional apoyo. A nuestros amigos que apoyaron nuestros ideales y a los profesores que nos brindaron lo mejor de sí para nuestra formación. Al Ing. Juan Saavedra, Director de Tesis por su dedicación plena y su inestimable ayuda en la elaboración y revisión de esta tesis.

## DEDICATORIAS

A nuestros Padres, Hermanos y familiares.

A mi Esposa e Hijo por comprender el tiempo que no estuve con ellos. *(Javier Aguirre)*

A mi Madre y Abuela por su amor, confianza y esfuerzo anegable *(Alexs Jácome)*

INV. No. 1707-1  
BIBLIOTECA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA  
DEL CANTON  
FACULTAD DE INGENIERIA  
BIBLIOTECA  
INV. No. ELET-SP-1707-1

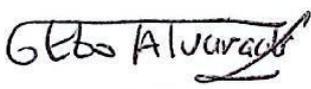
### TRIBUNAL DE GRADUACION



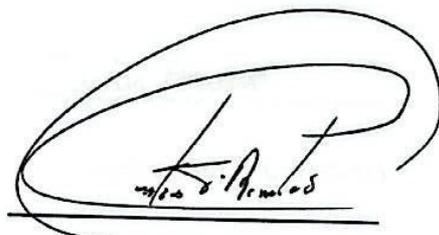
Ing. Holger Cevallos U.  
SUBDECANO DE LA FIEC  
PRESIDENTE



Ing. Juan Saavedra M.  
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Otto Alvarado M.  
VOCAL

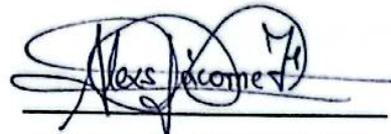


Ing. Gustavo Bermúdez F.  
VOCAL

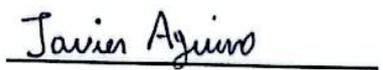
## DECLARACION EXPRESA

La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral

Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Alexs E. Jácome Freire



Luis J. Aguirre Mateus



Gabriel R. Orquera Noboa

## RESUMEN

La ESPOL, para cooperar con el país, ha decidido mediante tópicos de graduación, realizar estudios de prefactibilidad para el aprovechamiento de los recursos hidrológicos de la cuenca del río Guayas mediante la producción de energía eléctrica. El presente proyecto se denomina Balsapamba, en el cual se pretende aprovechar las aguas del río Cristal.

### *Capítulo 1: Hidrología*

Se presentan datos meteorológicos de interés como temperatura y pluviometría; además datos hidrométricos tabulados y en forma gráfica que describen el comportamiento hidrológico estacional del proyecto. Finalmente se determinan los caudales necesarios para realizar el dimensionamiento de obras y para la preservación del medio ambiente.

### *Capítulo 2: Geología*

En este capítulo se presentan características geológicas del área del proyecto, tales como litología, sismicidad y volcanismo.

### *Capítulo 3: Descripción de las alternativas*

Se indica la ubicación exacta del proyecto y se describe el tipo de aprovechamiento a realizar, que en este caso consiste en tres centrales ubicadas una después de la otra, pero analizadas separadamente. Se presentan las características principales de cada una de estas centrales.

#### *Capítulo 4: Diseño Preliminar*

En este capítulo se describen las obras civiles del proyecto, desde el punto de captación hasta la restitución, los cuales se muestran gráficamente en los layouts. Además se indican los criterios de selección de los equipos.

#### *Capítulo 5: Presupuesto de Obra*

Se presentan tablas indicando las cantidades de obra detalladas para cada componente del proyecto. Además se incluyen precios unitarios y totales tanto de obras civiles como de equipos electromecánicos.

#### *Capítulo 6: Producciones Energéticas*

Mediante el software denominado PFIRM se generan series sintéticas de caudales mensuales para los próximos 50 años a partir de un historial de registros, obtenidos en el capítulo 3; de esta forma se simula el comportamiento de la central para estimar la energía que se generará durante ese tiempo.

## *Capítulo 7: Evaluación Económica*

En este análisis se ha escogido el escenario adecuado para venta de energía de cada central del proyecto y luego se han calculado la TIR y el VAN. Adicionalmente, para tomar en cuenta el riesgo país y el riesgo industrial con el que el Ecuador está calificado internacionalmente, se ha calculado el WAAC (Costo Promedio Ponderado de Capital).

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	VII
ÍNDICE GENERAL .....	IX
ABREVIATURAS .....	XVI
ÍNDICE DE TABLAS .....	XVII
ÍNDICE DE PLANOS .....	XXII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1 .....	3
HIDROLOGÍA.....	3
1.1. Información Disponible.....	3
1.2. Descripción General de la cuenca .....	4
1.3. Análisis Hidrológico .....	5
1.3.1. Determinación del coeficiente de transposición.....	8
1.3.2. Meteorología .....	11
<i>Temperatura</i> .....	13
<i>Humedad Relativa</i> .....	16
<i>Pluviometría</i> .....	17
<i>Análisis de Crecidas</i> .....	18
1.4. Tablas y Curvas de Caudales.....	20
CAPÍTULO 2 .....	30
GEOLOGÍA .....	30
2.1. Introducción .....	30

2.2. Características Geológicas Regionales .....	30
<i>Litología</i> .....	31
<i>Estructuras</i> .....	33
<i>Geomorfología</i> .....	33
2.3. Aspectos Geológicos-Geotécnicos del proyecto .....	33
2.3.1. Litología .....	33
2.3.2. Aspectos Geotécnicos.....	35
2.3.3. Sismicidad .....	36
2.3.4. Volcanismo.....	37
2.3.5. Materiales de Construcción .....	37
CAPÍTULO 3 .....	38
DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS .....	38
3.1. Toma 1 a 720 msnm.....	40
3.1.1. Descripción del área a estudiar. ....	40
3.1.2. Alternativas a 720 msnm .....	42
3.1.2.1. Alternativa 1: BA-A1 .....	42
3.1.2.2. Alternativa 2: BA-A2.....	44
3.2. Toma 2 a 360 msnm.....	46
3.2.1. Descripción del área a estudiar. ....	46
3.2.2. Características generales .....	48
3.3. Toma 3 a 200 msnm.....	50
3.3.1. Descripción del área a estudiar. ....	50
3.3.2. Características generales .....	52

CAPÍTULO 4 .....	54
DISEÑO PRELIMINAR.....	54
4.1. Obras Civiles e Hidráulicas .....	54
4.1.1. Caminos de Acceso.....	54
4.1.2. Sistema Hidráulico .....	56
4.1.2.1. Obras de Toma .....	58
<i>Azud</i> .....	58
<i>Orificio de Toma</i> .....	60
<i>Dique sumergido</i> .....	62
<i>Depósito de sedimentación</i> .....	62
<i>Rejilla</i> .....	63
<i>Cámara de limpieza</i> .....	63
4.1.2.2. Desarenador.....	63
4.1.2.3. Obras de conducción .....	67
4.1.2.4. Obras de arte en la conducción .....	70
4.1.2.5. Reservorios.....	71
4.1.2.6. Tanque de presión.....	73
4.1.2.7. Tubería de Presión .....	75
4.1.2.8. Casa de Máquinas.....	76
4.1.2.9 Canal de Restitución.....	79
4.2 Equipo Mecánico.....	79
4.2.1. Turbinas.....	80
4.2.2. Válvulas de Entrada (de guardia) .....	81

4.2.3. Reguladores.....	82
4.2.4. Compuertas del Proyecto .....	82
<i>Compuertas de Tipo Radial</i> .....	82
<i>Compuertas de Tipo Deslizantes</i> .....	83
<i>Compuertas Planas con Ruedas</i> .....	83
4.3. Equipo Eléctrico .....	83
4.3.1. Generadores .....	84
4.3.2. Disyuntores de Unidad .....	85
4.3.3. Transformador Principal.....	85
4.3.4. Sistemas de Servicios Auxiliares.....	87
4.3.5. Subestación .....	87
CAPÍTULO 5 .....	88
PRESUPUESTO DE OBRA .....	88
5.1. Introducción .....	88
5.2. Presupuesto de Obras Civiles .....	89
5.2.1. BA-A1.....	89
5.2.2 BA-M .....	92
5.2.3. BA-B.....	95
5.3. Presupuesto de Equipos Electro-mecánicos y S/E. ....	98
5.3.1. BA-A1.....	98
5.3.2. BA-M .....	99
5.3.3. BA-B.....	100
5.4. Resumen y Presupuesto General .....	101

5.4.1. BA-A1 .....	102
5.4.2. BA-M .....	103
5.4.3. BA-B .....	104
CAPÍTULO 6 .....	106
PRODUCCIONES ENERGÉTICAS .....	106
6.1. Introducción .....	106
6.2. Metodología de cálculo .....	107
6.2.1. Datos Generales para la Hidrología .....	108
6.2.2. Datos generales para la operación del sistema .....	109
6.2.3. Características de la Central .....	110
6.2.4. Pérdidas de altura en la restitución y capacidad de generación de reserva .....	112
6.2.5. Datos de simulación de operación .....	116
6.2.6. Ingreso de la tabla de caudales .....	118
6.3. Resultados .....	120
6.3.1. Serie Sintética de Caudales .....	124
6.3.1.1. Caudales Excedentes .....	124
6.3.1.2. Caudales Turbinados .....	128
6.3.1.3. Caudales Excedentes .....	131
6.3.1.4. Capacidades Máximas y Mínimas relacionadas con la Potencia Instalada .....	134
6.3.2. Generación Estimada .....	138
6.3.2.1. Generación Mensual Promedio .....	138
CAPITULO # 7 .....	142

EVALUACIÓN ECONÓMICA .....	142
7.1. Introducción .....	142
7.2. Determinación de la remuneración .....	143
7.2.1. Determinación de la Remuneración por venta a Precio de Recursos Energéticos no Convencionales .....	143
7.2.1.1. Cálculo de la Remuneración por Energía para BA-A1	145
7.2.1.2. Cálculo de Remuneración por Energía para BA-M.....	147
7.2.1.3. Cálculo de la Remuneración por Energía para BA-B ..	149
7.3. Hipótesis de Cálculo.....	151
7.4. Análisis Económico.....	151
7.4.1. BA-A1 .....	152
7.4.1.1. Resultados del TIR y VAN .....	153
7.4.2. BA-M .....	155
7.2.4.1. Resultados del TIR y VAN .....	156
7.4.3. BA-B.....	157
7.4.3.1. Resultados del TIR y VAN .....	158
Conclusiones .....	160
Recomendaciones .....	163
Bibliografía .....	164

## ANEXOS

Anexo 1. Terminología y Teoría Hidrológica

Anexo 2. Cálculo de los parámetros hidrológicos del Proyecto Balsapamba y Transposición de caudales desde la estación de Echeandía a Balsapamba.

Anexo 3. Correlación del historial pluviométrico de la estación Caluma con el de la estación Balsapamba.

Anexo 4. Análisis de crecidas

Anexo 5. Presupuesto de obra

Anexo 6. Tablas y gráficos obtenidos con las simulaciones en P-firm

Anexo 7. Evaluación económica

Anexo 8. Planos de obras civiles

## ABREVIATURAS

m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
PMP	Precipitación media ponderada
Ech	Echeandía
BA-A	Balsapamba cota 720 m.s.n.m.
BA-A1	Balsapamba cota 720 m.s.n.m. alternativa 1
BA-A2	Balsapamba cota 720 m.s.n.m. alternativa
BA-M	Balsapamba cota 360 m.s.n.m.
BA-B	Balsapamba cota 200 m.s.n.m
CONELC	Consejo Nacional de Electricidad
CER	Certificado de Reducción de Emisión de Carbono
TIR	Tasa Interna de Retorno
VAN	Valor Actual Neto
WACC	Promedio Ponderado del Costo del Capital

## ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1 Características hidrológicas de la subcuenca del río Cristal en tres puntos distintos.
- Tabla 2 Cálculo de la Precipitación Media Ponderada (PMP) para cada punto de captación
- Tabla 3 Coeficientes de transposición Echeandía – Balsapamba
- Tabla 4 Promedios mensuales de registros de temperatura comprendidos entre 1982 y 1990.
- Tabla 5 Caudales máximos esperados para un período de retorno de 100 años.
- Tabla 6 Caudales promedio mensuales de 1965 a 1999 – Toma 1 (720 m.s.n.m.)

- Tabla 7 Caudales promedio mensuales de 1965 a 1999 – Toma 1 (360 m.s.n.m.)
- Tabla 8 Caudales promedio mensuales de 1965 a 1999 – Toma 1 (200 m.s.n.m.)
- Tabla 9 Caudales de interés del proyecto Balsapamba.
- Tabla 10 Caudales de interés, considerando la disminución por el caudal ecológico.
- Tabla 11 Características de la alternativa 1, toma a 720 m.s.n.m.
- Tabla 12 Características de la alternativa 2, toma a 720 m.s.n.m.
- Tabla 13 Características de la central con captación a 360 m.s.n.m.
- Tabla 14 Características de la central con captación a 200 m.s.n.m.
- Tabla 15 Distancias de separación entre las obras importantes de cada central y la carretera principal.
- Tabla 16 Parámetros importantes para el dimensionamiento del azud.
- Tabla 17 Principales parámetros del orificio de toma.
- Tabla 18 Características generales del desarenador.
- Tabla 19 Características generales de las obras de conducción.
- Tabla 20 Características generales de los reservorios.

- Tabla 21 Características generales del tanque de presión.
- Tabla 22 Características generales de la tubería de presión.
- Tabla 23 Características generales de la casa de máquinas.
- Tabla 24 Características generales del canal de restitución.
- Tabla 25 Características de las turbinas.
- Tabla 26 Características de los generadores.
- Tabla 27 Características de los transformadores.
- Tabla 28 Cantidades de obras civiles de BA-A1
- Tabla 29 Cantidades de obras civiles de BA-M
- Tabla 30 Cantidades de obras civiles de BA-B
- Tabla 31 Cantidades de obras electromecánicas, hidromecánicas y de subestación de BA-A1
- Tabla 32 Cantidades de obras electromecánicas, hidromecánicas y de subestación de BA-M
- Tabla 33 Cantidades de obras electromecánicas, hidromecánicas y de subestación de BA-B
- Tabla 34 Resumen general de obras y presupuesto de BA-A1
- Tabla 35 Resumen general de obras y presupuesto de BA-M

- Tabla 36 Resumen general de obras y presupuesto de BA-B
- Tabla 37 Pérdidas de altura en restitución, para distintos caudales turbinados.
- Tabla 38 Caudales promedio mensuales de los registros de 1965 a 1999 para BA-M
- Tabla 39 Resultados de la simulación en PFIRM para BA-A1
- Tabla 40 Resultados de la simulación en PFIRM para BA-M
- Tabla 41 Resultados de la simulación en PFIRM para BA-B
- Tabla 42 Indicativo de temporada seca, temporada lluviosa, mes más lluvioso y mes más seco.
- Tabla 43 Indicativo de períodos en los que se obtiene el mes con máximo y mínimo caudal turbinado.
- Tabla 44 Máximos y mínimos caudales excedentes.
- Tabla 45 Meses con máxima y mínima capacidad de potencia.
- Tabla 46 Capacidad de generación promedio mensual multianual, para BA-A1, BA-M y BA-B.
- Tabla 47 Precios para energía producida con recursos energéticos no convencionales.
- Tabla 48 Remuneración por energía para BA-A1 durante los 50 años de vida del proyecto.

Tabla 49 Remuneración por energía para BA-M durante los 50 años de vida del proyecto.

Tabla 50 Remuneración por energía para BA-B durante los 50 años de vida del proyecto.

Tabla 51 Resumen de los parámetros para la evaluación económica de BA-A1

Tabla 52 Resumen de los parámetros para la evaluación económica de BA-M

Tabla 53 Resumen de los parámetros para la evaluación económica de BA-B

## ÍNDICE DE PLANOS

Plano BAL-01	Bocatoma
Plano BAL-02	Paso de Agua Tipo
Plano BAL-03	Obras de Arte en la Conducción
Plano BAL-04	Tanque de Presión Tipo y Tubería
Plano BAL-05	Casa de Máquinas

# INTRODUCCIÓN

Las condiciones actuales en las que se encuentra el sector eléctrico del Ecuador nos indican que es imprescindible impulsar proyectos de generación eléctrica para suplir la demanda, la cual año a año sigue incrementándose. Considerando el alto potencial hidroeléctrico que tiene nuestro país, es recomendable invertir en este tipo de generación; sin embargo, los grandes proyectos hidroeléctricos requieren de una alta inversión, razón por la cual la ejecución de centrales pequeñas es una salida real y a corto plazo a la crisis del sector.

La generación hidroeléctrica ocasiona menores impactos ambientales, permite el uso intensivo de mano de obra e ingeniería nacional, genera energía eléctrica a bajos costos, reduce el consumo de combustibles derivados del petróleo y fomenta el desarrollo económico y social de la región en la que se encuentra.

Actualmente el sistema eléctrico de nuestro país gira en torno a nuestro mayor proyecto de generación eléctrica, que es Paute – Molino. Durante la mayor parte del año obtenemos de esta central un gran porcentaje de nuestra energía eléctrica. El problema está en los meses de estiaje, tiempo en el que se desaprovecha su capacidad instalada por falta del recurso

hídrico, es ahí cuando suelen ocurrir los cortes de energía. Para enfrentar este problema es necesario impulsar los proyectos hidroeléctricos de la cuenca del Guayas, los cuales son capaces de proveernos energía durante estos meses. El proyecto que se analizará en este trabajo está ubicado en esta cuenca.

El proyecto Balsapamba está ubicado en las provincias de Bolívar y Los Ríos, sin embargo, el recurso hídrico se genera en la provincia de Bolívar y forma parte de la cuenca del río Guayas, la cual desemboca en el Océano Pacífico.

Se pretende aprovechar el potencial hidroenergético del río Cristal mediante la construcción de 3 centrales. Para esto se han planteado alternativas para una toma a 720 msnm, para una toma a 360 msnm y para otra a 200 msnm. Cada alternativa ha sido analizada independientemente de las demás.

# CAPÍTULO 1

## HIDROLOGÍA

### 1.1. Información Disponible

Para la realización de este proyecto se dispone de información meteorológica de la estación Balsapamba, desde el año 1981 hasta 1990:

- Temperatura del aire a la sombra (°C): absoluta y media, máxima y mínima, por cada mes.
- Humedad relativa (%): máxima, mínima y media, por cada mes.
- Precipitación: suma mensual, y máxima en 24 horas.

Debido a que a los pies del río Cristal no existe una estación hidrométrica, no se dispone de un historial de caudales para este proyecto; sin embargo, se ha realizado un estudio previo con el fin de transponer la serie de caudales diarios y mensuales promedio disponibles de un río cuyo comportamiento hidrológico estacional sea similar al del proyecto.

Habiendo realizado el análisis se llegó a la conclusión de que el río del que se posee información hidrológica y cuyo comportamiento estacional es similar al de interés es el Río Soloma. Su estación hidrométrica, denominada Echeandía en Echeandía está ubicada a 320 msnm, junto al río. Se cuenta con los datos históricos de caudales del INAMHI de esta estación, desde el año 1965 hasta 1999.

Para determinar el caudal de diseño se han transpuesto estos caudales al sitio de interés aplicando métodos hidrológicos.<sup>1</sup>

Se han utilizado y transpuesto los registros de caudales máximos en la estación Echeandía durante el periodo de 1965 hasta 1980 para realizar el análisis de crecidas, indispensable para el dimensionamiento de las obras civiles.

## **1.2. Descripción General de la cuenca**

Los principales caminos para acceder al sitio son desde la costa, siguiendo la ruta Babahoyo – Montalvo – Balsapamba; o desde la sierra, por la vía Guaranda – San Miguel – Balsapamba.

---

<sup>1</sup> Ver Anexo 2.

La cuenca de drenaje del río Cristal hasta el sitio de captación a 200 msnm cubre un área de 169 km<sup>2</sup>. Geográficamente está comprendida entre las longitudes 79° 16' 17" a 79° 5' 26" y entre las latitudes 1° 41' 53" a 1° 46' 20" (incluyendo los sitios de obra). El punto más alto que corta la línea divisoria de la cuenca o de divortio aquarum está ubicado a 3040 msnm y el más bajo a 140 msnm (casa de máquinas del último proyecto en cascada).

Los principales centros poblados ubicados dentro de la cuenca son Balsapamba, Las Peñas, Chaupiyacu y El Limón. Potenciales centros de consumo son Babahoyo, Juan Montalvo, Balsapamba y San Miguel; además de otras pequeñas poblaciones ubicadas en los alrededores del río Cristal.

### **1.3. Análisis Hidrológico**

Habiendo revisado las estaciones hidrométricas de las cuales contamos con un historial de caudales, se encontró que la más conveniente para realizar el análisis hidrológico de este proyecto es la de Echeandía en Echeandía; principalmente porque el comportamiento estacional de la microcuenca del proyecto Echeandía es muy similar al de la microcuenca del proyecto Balsapamba. En la figura 1.1 se puede

apreciar que el área de drenaje de las dos estaciones están atravesadas por las mismas isoyetas.

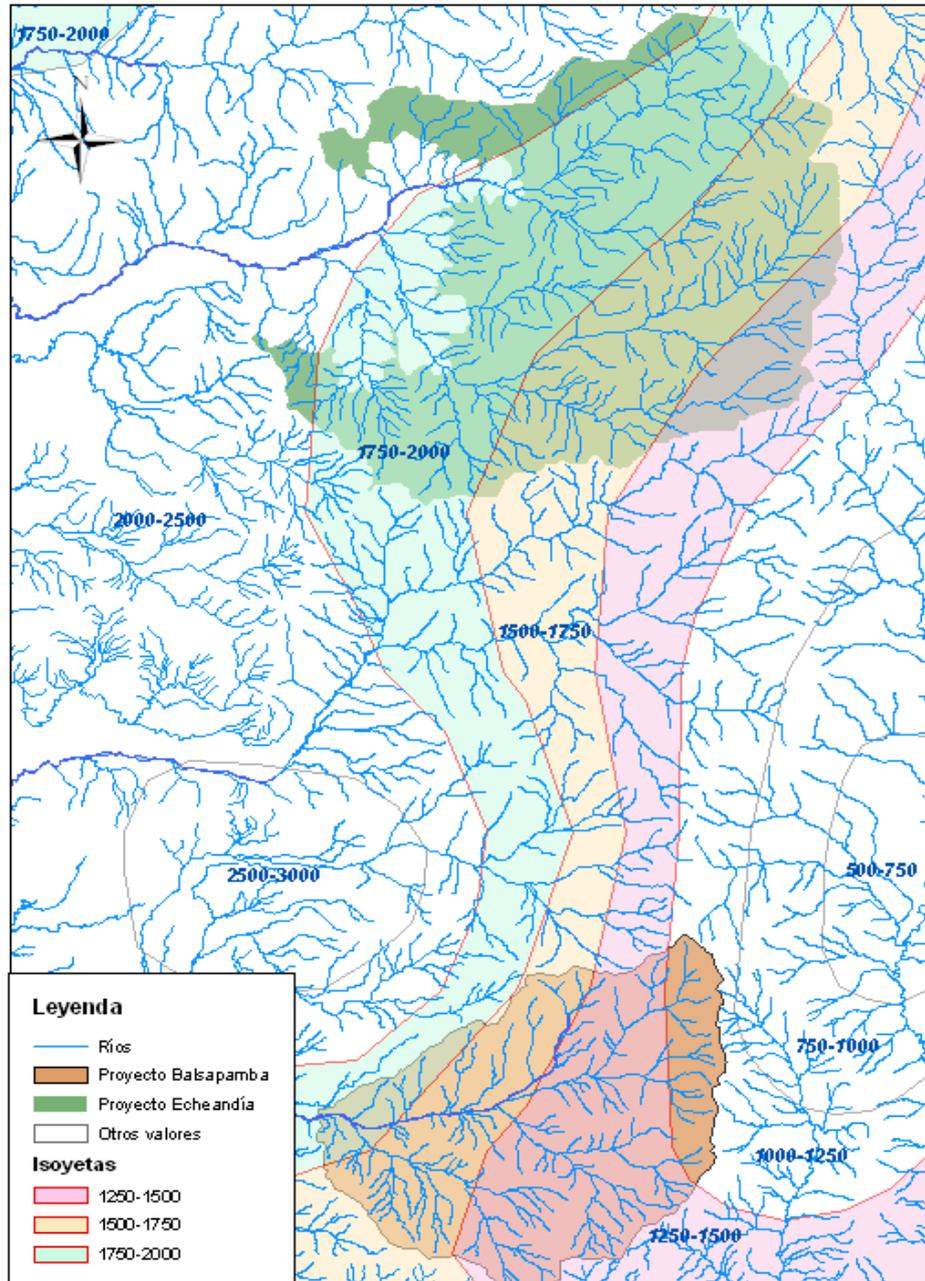


FIGURA 1.1. Isoyetas que atraviesan los ríos Soloma (Proyecto Echeandía) y Cristal (Proyecto Balsapamba).

Se han calculado varios parámetros<sup>2</sup> para definir las características geométricas de la cuenca, y también para comparar y decidir en base a ellos si es conveniente o no realizar la transposición de datos a partir de los disponibles (ver tabla 1).

**TABLA 1**  
**PARÁMETROS HIDROLÓGICOS DE LA SUBCUENCA DEL RÍO**  
**CRISTAL EN TRES PUNTOS DISTINTOS**

Lugar de la toma	BA-B	BA-M	BA-A	Ech.
Altitud de la toma (msnm)	200	360	760	320
Perímetro (km)	59	55	44	852
Área Drenaje (km <sup>2</sup> )	169	164	96	365
Índice de Compacidad	1.27	1.21	1.26	1.25
Máx. Recorrido (km)	22.9	18.7	12.8	34.6
Factor de forma	0.322	0.468	0.583	0.304
Relación de Confluencias	1.805	1.805	4.230	4.230
Altitud Media del relieve (H) (msnm)	1548	1581	1855	1607
Coeficiente Orográfico (Co)	14171	15211	35877	7078

<sup>2</sup> La terminología y el cálculo detallado de estos parámetros se ha realizado a partir de la información obtenida de la página web de HidroRed, de un ensayo denominado "Evaluación Hidrológica" publicado en el año 2004 y escrito por el especialista en hidrología Oswaldo Ortiz Vera. Ver Anexos 1 y 2.

### 1.3.1. Determinación del coeficiente de transposición

Con la ayuda del programa ArcMap, y utilizando información cartográfica digitalizada de la cuenca del Guayas e isoyetas de la cobertura nacional, se calculó el coeficiente de transposición, para interpolar los caudales registrados en la estación Echeandía hasta cada punto de interés del proyecto Balsapamba (obras de toma en el Río Cristal).

El coeficiente de transposición relaciona características físico-hidrológicas como el área de drenaje de la cuenca y la precipitación media ponderada de la estación base con las características físico-hidrológicas de la cuenca cuya información hidrológica se desconoce. Este parámetro se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$CT = \frac{PMP_{ED} \times A_{ED}}{PMP_{EB} \times A_{EB}}$$

Donde  $PMP_{ED}$  y  $A_{ED}$  son la Precipitación Media Ponderada y el Área de drenaje del punto de captación (información hidrológica no conocida), y  $PMP_{EB}$  y  $A_{EB}$  son la Precipitación Media Ponderada y el Área de drenaje de la estación base (información hidrológica conocida).

La precipitación media ponderada (PMP) y áreas de drenaje se han calculado con la ayuda de la herramienta XTools Pro de ArcMap. En la tabla 2 se presentan los resultados obtenidos para la estación base y para cada punto de captación del proyecto Balsapamba (Río Cristal):

TABLA 2

**CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA PONDERADA (PMP)  
PARA CADA PUNTO DE CAPTACIÓN**

		<i>Echeandía (Est. Base)</i>	<i>Río Cristal 200 msnm</i>	<i>Río Cristal 360 msnm</i>	<i>Río Cristal 720 msnm</i>
<b>Áreas (km<sup>2</sup>)</b>	<i>Area_2000-2500</i>	65	0	0	0
	<i>Area_1750-2000</i>	174	14.5	10.0	0
	<i>Area_1500-1750</i>	98	51.9	51.9	13.8
	<i>Area_1250-1500</i>	26	82.4	82.4	61.9
	<i>Area_1000-1250</i>	0	20.2	20.2	20.2
	<b>Área total</b>	<b>364</b>	<b>169.0</b>	<b>164.4</b>	<b>95.9</b>
<b>Precipitación (mm<sup>2</sup>)</b>	<i>Precip_2000-2500</i>	2250	2250	2250	2250
	<i>Precip_1750-2000</i>	1875	1875	1875	1875
	<i>Precip_1500-1750</i>	1625	1625	1625	1625
	<i>Precip_1250-1500</i>	1375	1375	1375	1375
	<i>Precip_1000-1250</i>	1125	1125	1125	1125
	<i>Área x Precip 2000-2500</i>	147917	0	0	0
	<i>Área x Precip 1750-2000</i>	325934	27114	18660	0
	<i>Área x Precip 1500-1750</i>	159773	84312	84312	22476
	<i>Área x Precip 1250-1500</i>	35941	113253	113253	85065
	<i>Área x Precip 1000-1250</i>	0	22736	22736	22760
	<b>Σ (Área x Precip)</b>	<b>669567</b>	<b>247415</b>	<b>238961</b>	<b>130301</b>
<b>PMP</b>	<b>1839</b>	<b>1465</b>	<b>1453</b>	<b>1358</b>	

Para obtener un historial de caudales en cada punto de captación se utiliza un coeficiente de transposición que se haya calculado en función de la Precipitación Media Ponderada y del área de drenaje. Para transponer los caudales máximos necesarios para el análisis de crecidas se utiliza un coeficiente de transposición calculado solamente en base a la relación de áreas de las cuencas de drenaje, ya que los máximos caudales no dependen de la Precipitación Media Ponderada. En la tabla 3 se presentan los coeficientes de transposición importantes para el proyecto.

**TABLA 3**

**COEFICIENTES DE TRANSPOSICIÓN ECHEANDÍA –  
BALSAPAMBA**

	<b>Ech320- Ech320</b>	<b>Ech320- Bal200</b>	<b>Ech320- Bal360</b>	<b>Ech320- Bal720</b>
<b>Sin incluir PMP</b>	1	0.4643	0.4516	0.2635
<b>Incluyendo PMP</b>	1	0.1716	0.1612	0.0513

### **1.3.2. Meteorología**

Los datos meteorológicos como temperatura, humedad relativa, lluvias medias y extremas son útiles para las programaciones del

trabajo a cielo abierto y para identificar el rango climático de operación de los equipos.

Se han observado los registros pertenecientes a la estación Balsapamba, ubicada a 840 msnm, a  $79^{\circ} 10' 50''$  de longitud Oeste y  $1^{\circ} 45' 55''$  de latitud Sur, cerca de la población que lleva el mismo nombre. Por su ubicación, se puede afirmar que dichos registros describen el comportamiento meteorológico de la región estudiada (ver figura 1.2).

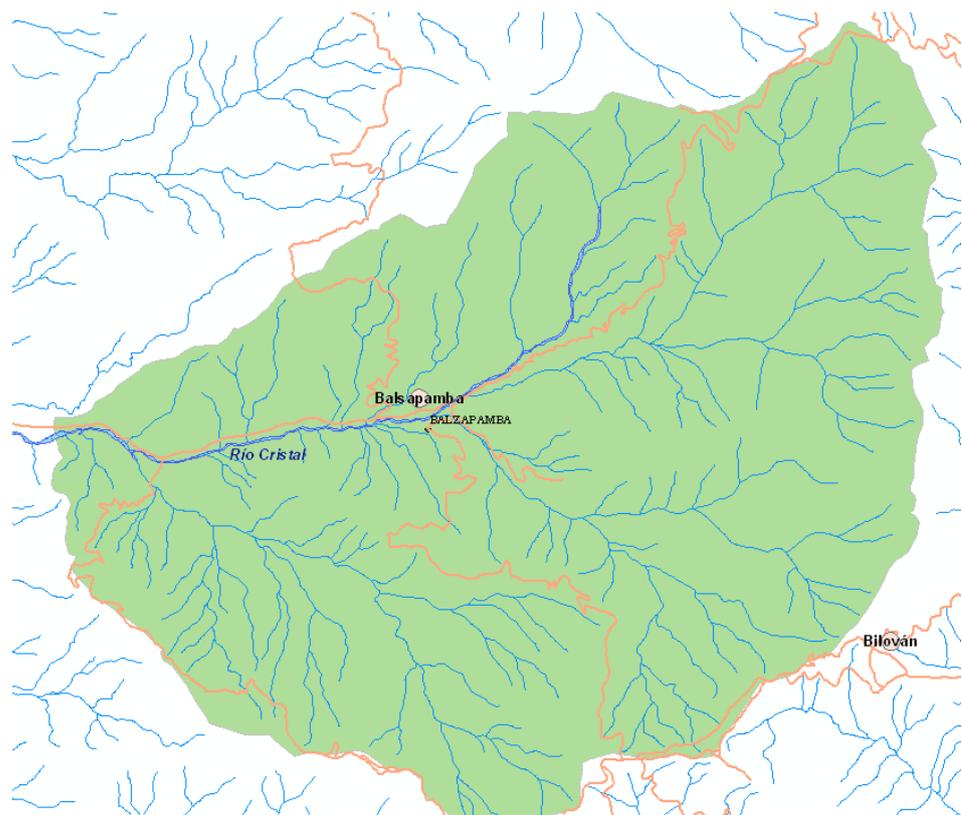


FIGURA 1.2. Ubicación de la estación meteorológica Balsapamba

## **Temperatura**

En la tabla 4 se presentan los registros de temperatura de la estación Balsapamba.

**TABLA 4**

**PROMEDIOS MENSUALES DE REGISTROS DE  
TEMPERATURA COMPENDIDOS ENTRE 1982 Y 1990**

**Altura: 920 msnm**

	<b>Temp. Máx. Absoluta (°C)</b>	<b>Temp. Mín. Absoluta (°C)</b>	<b>Temperatura Media (°C)</b>
<b>Enero</b>	28.5	18.3	20.8
<b>Febrero</b>	28.4	18.6	21.0
<b>Marzo</b>	28.9	17.9	21.2
<b>Abril</b>	28.3	17.6	21.1
<b>Mayo</b>	27.6	16.2	20.7
<b>Junio</b>	28.4	17.1	20.4
<b>Julio</b>	27.7	16.3	20.0
<b>Agosto</b>	29.6	15.4	20.2
<b>Septiembre</b>	28.9	15.0	20.5
<b>Octubre</b>	30.2	16.0	20.5
<b>Noviembre</b>	30.3	16.3	20.7
<b>Diciembre</b>	29.4	17.4	20.6

La temperatura media multianual para el período registrado en la estación Balsapamba es de 20.6 °C. En la gráfico 1.1 se puede observar que la temperatura media mensual varía entre 20 °C (mes de Julio) y 21.2 °C (en Marzo).

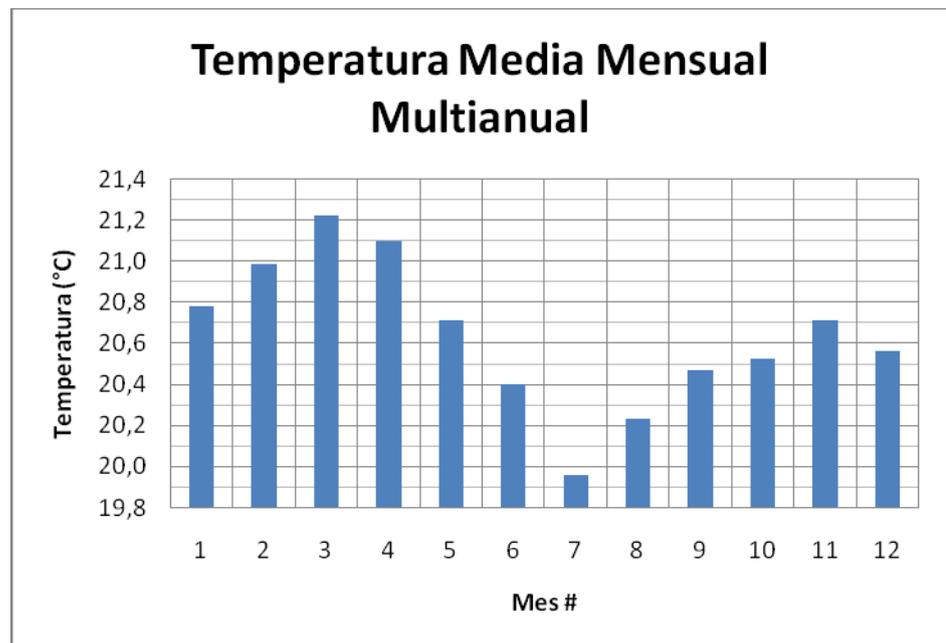


GRÁFICO 1.1. Temperatura Media Mensual Multianual de los registros de la estación Balsapamba, de 1982 a 1990.

En el gráfico 1.2 se presentan las temperaturas máximas y mínimas absolutas promedio mensuales registradas.

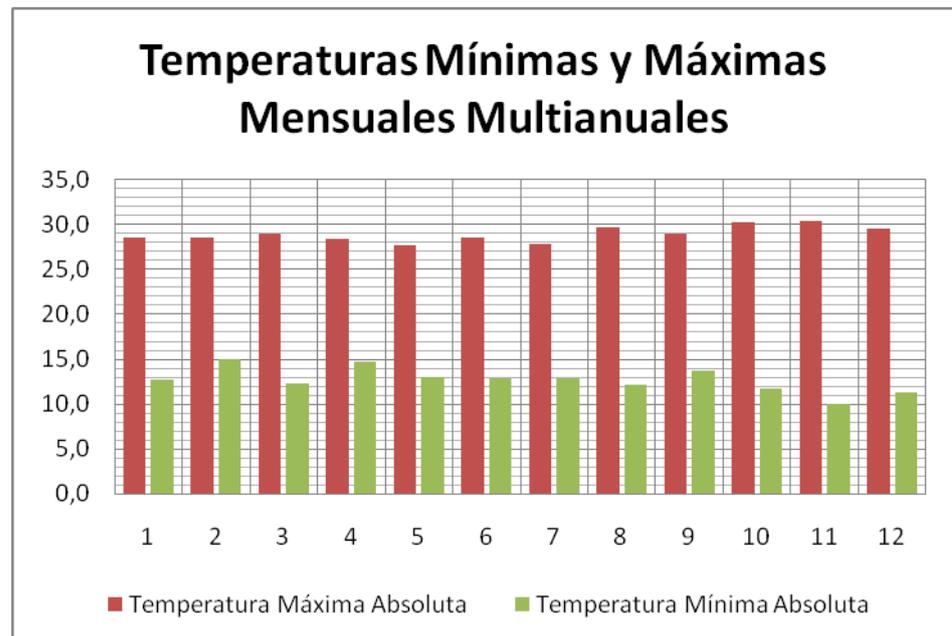


GRÁFICO 1.2. Temperaturas Mínimas y Máximas Absolutas Mensuales Multianuales, estación Balsapamba, de 1982 a 1990.

En la tabla 4 y en el gráfico 1.2 se puede observar que la temperatura máxima absoluta fue de 30.3 °C, registrada en un mes de Noviembre; y la temperatura mínima absoluta fue de 15 °C, registrada en un mes de Septiembre.

De los registros obtenidos se puede decir que la temperatura media para el proyecto, cerca de los 820 msnm oscila entre 20 °C y 21 °C, con temperaturas absolutas máximas esperadas de hasta 30 °C y mínimas de hasta 15 °C.

### ***Humedad Relativa***

El Proyecto Balsapamba se encuentra ubicado en un sector cuya humedad relativa es muy alta. Esto se observa claramente en el gráfico 1.3, que se presenta a continuación, en el cual se muestran los valores de humedad relativa mensual multianual máximo, mínimo y medio.

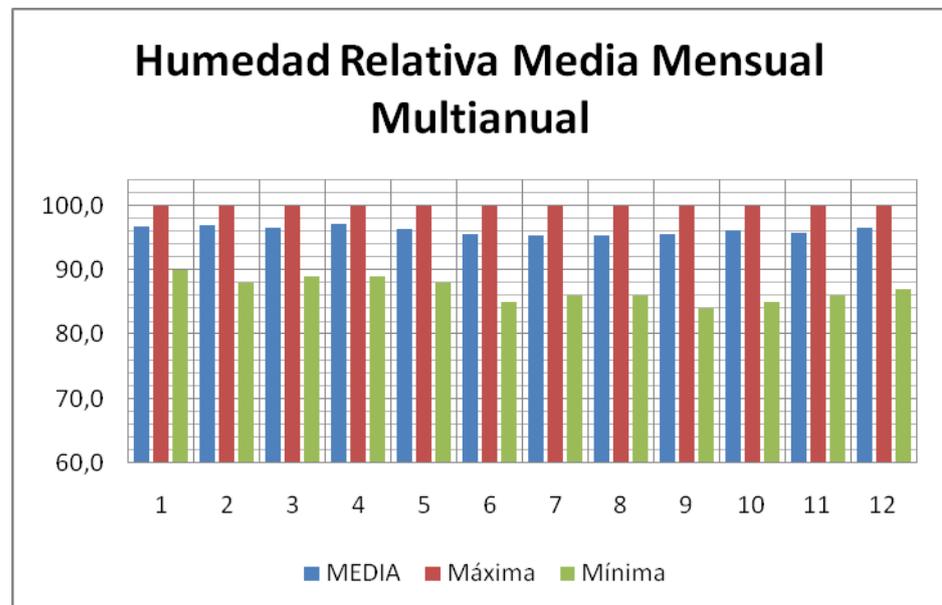


GRÁFICO 1.3. Humedad Relativa Mínima, Máxima y Media Absoluta Mensual Multianual, estación Balsapamba, de 1982 a 1990.

### ***Pluviometría***

Con el propósito de describir el comportamiento pluviométrico en la zona del proyecto, se han analizado los datos de lluvias obtenidos en la estación meteorológica Balsapamba. En este análisis se presentan los promedios mensuales multianuales y el análisis de las precipitaciones máximas en 24 horas.

Se dispone de un historial pluviométrico desde el año 1982 a 1996, pero existe discontinuidad de información en un par de años y varios meses; para completar estos datos se ha utilizado y correlacionado con el historial pluviométrico registrado en la estación Caluma<sup>3</sup>, ubicado sobre los 350msnm.

En el gráfico 1.4 se puede apreciar el efecto que tuvo el fenómeno del niño (1982 y 1997) en las precipitaciones durante los meses de octubre a diciembre. En estos años se registraron valores de precipitación muy altos comparados con los demás años.

---

<sup>3</sup> Ver Anexo 3.

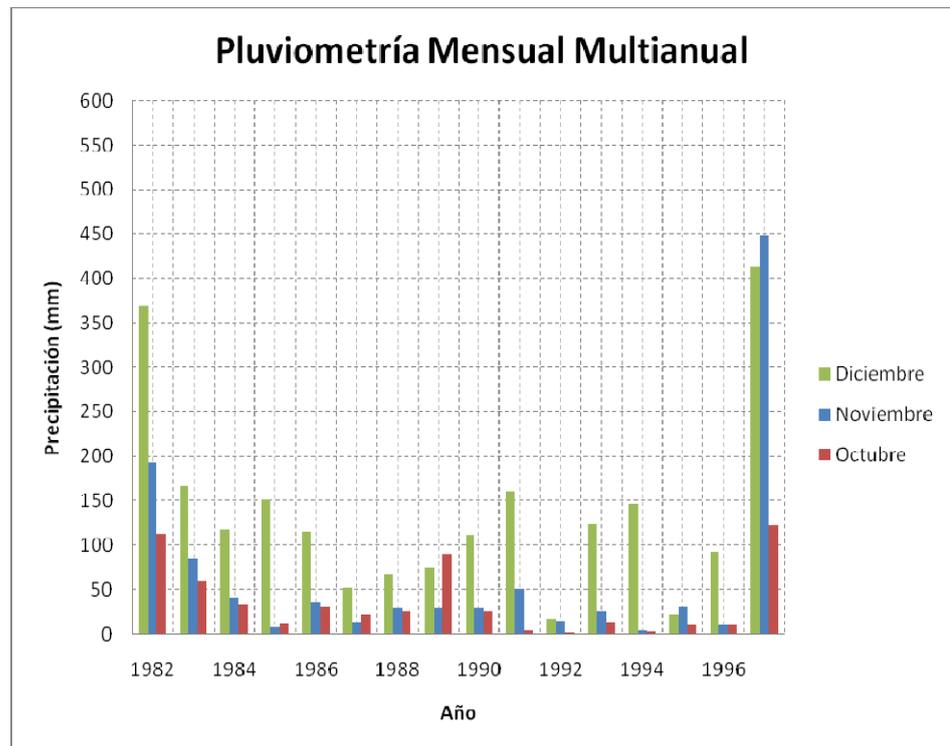


GRÁFICO 1.4. Precipitación por meses, estación Balsapamba, de 1982 a 1997.

De los registros disponibles, se conoce que la máxima precipitación en 24 horas fue de 103.5mm (diciembre 15, 1984).

### ***Análisis de Crecidas***

El dimensionamiento de las obras civiles debe realizarse de tal manera que éstas sean capaces de soportar condiciones extremas que puedan suscitarse durante el tiempo de vida útil de la central. Estas obras se diseñan tomando como referencia el

mayor caudal que posiblemente ocurra durante los próximos 100 años, lo cual es razonable, considerando que el tiempo de vida útil de este tipo de proyectos es de 50 años.

La determinación de estos caudales máximos para períodos de tiempo determinados (tiempo de retorno), se conoce como análisis de crecidas. Existen varios métodos que se pueden emplear para realizar este análisis, siendo los métodos estadísticos los más utilizados.

Al no contar con un historial de los caudales anuales máximos para el Río Cristal, se ha optado por transponer estos valores de la estación meteorológica de Echeandía.

En este proyecto se ha utilizado el método estadístico de Gumbel Tipo I para la determinación del máximo caudal esperado dentro de un período de retorno de 100 años<sup>4</sup>, cuyo resultado fue el que se muestra en la tabla 5.

---

<sup>4</sup> Ver Anexo 4

**TABLA 5**

**CAUDALES MÁXIMOS ESPERADOS PARA UN PERÍODO DE**

**RETORNO DE 100 AÑOS**

Período de retorno (años)		100
Probabilidad de ocurrencia		0.010
Caudal máximo esperado (m3/seg)	Estación Echeandía	467
	Río Cristal - 200 msnm	217
	Río Cristal - 360 msnm	211
	Río Cristal - 720 msnm	123

#### 1.4. Tablas y Curvas de Caudales

Como ya se había mencionado, se han utilizado los datos de caudales promedio mensuales de la estación meteorológica Echeandía, y se los traspuso hacia el área del presente proyecto. Los caudales traspuestos para los tres puntos de captación se presentan en las tablas 6 a 8.

**TABLA 6. CAUDALES PROMEDIO MENSUALES DE 1965 A 1999 – TOMA 1 (720 msnm)**

<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
1965	4.86	8.32	10.40	14.93	12.99	5.78	3.17	1.97	1.65	1.51	1.73	1.57
1966	4.13	7.23	6.32	4.37	3.25	2.31	1.78	1.56	1.00	0.98	0.86	0.95
1967	3.46	5.61	5.22	3.54	2.82	2.15	1.60	1.08	0.90	0.83	0.73	0.79
1968	1.94	3.75	4.30	4.10	2.20	1.62	1.10	0.89	0.80	0.79	0.71	0.81
1969	1.92	2.64	4.21	7.64	4.77	2.63	2.09	1.73	1.46	0.82	0.82	1.22
1970	3.62	5.26	4.66	6.11	5.57	2.93	1.91	1.69	1.52	1.17	0.96	1.29
1971	2.76	5.95	8.18	5.47	2.92	1.96	1.46	1.08	0.95	0.88	0.79	1.11
1972	4.47	5.64	10.83	8.33	5.10	5.43	4.00	2.96	2.55	2.36	2.23	3.77
1973	5.98	8.18	6.38	6.85	4.96	3.09	2.12	1.65	1.52	1.41	1.26	1.34
1974	2.24	4.96	5.73	3.56	3.75	2.27	1.72	1.38	1.24	1.27	1.22	2.23
1975	4.68	7.43	6.98	6.89	4.50	3.04	2.13	1.67	1.43	1.36	1.20	1.22
1976	4.41	8.12	8.25	7.22	5.07	3.16	2.16	1.62	1.35	1.15	1.13	1.58
1977	3.26	4.97	6.09	5.52	3.34	2.14	1.62	1.34	1.19	1.07	0.92	1.07
1978	3.11	4.93	5.65	6.01	4.30	2.45	1.71	0.28	0.45	1.11	0.96	1.29
1979	2.82	5.29	8.87	3.04	3.01	2.74	1.69	1.34	1.18	1.07	0.89	1.51
1980	1.52	6.65	5.39	9.42	6.12	3.26	1.95	1.45	1.14	1.01	0.92	2.06
1981	2.67	8.65	8.37	6.60	8.93	2.09	1.76	1.59	1.49	1.50	1.51	1.59
1982	4.01	7.70	6.01	4.97	3.28	2.16	1.81	1.33	1.19	1.68	6.65	10.49
1983	13.76	13.50	13.76	13.64	15.73	4.78	5.63	3.41	2.58	2.45	2.19	0.58
1984	3.93	9.67	12.42	8.73	5.33	2.55	1.94	1.45	1.94	1.13	0.87	1.82
1985	4.34	4.87	8.40	4.87	3.69	2.12	1.65	1.44	1.34	1.77	1.71	1.31
1986	4.09	6.04	5.59	7.00	4.16	2.15	1.59	1.32	1.37	1.35	1.31	1.29
1987	5.16	8.82	10.91	9.81	8.20	3.34	1.66	1.18	0.85	0.68	0.68	0.80
1988	4.21	9.47	7.03	7.11	6.37	2.36	1.41	0.98	0.75	0.65	0.58	0.64
1989	5.04	10.90	10.64	9.37	5.89	2.79	1.87	1.33	1.08	1.11	1.36	1.35
1990	1.79	5.71	4.79	6.27	4.07	2.29	1.54	1.15	0.91	0.83	0.73	1.15
1991	2.53	7.92	7.23	6.23	4.60	2.44	1.61	1.16	0.94	0.80	0.74	1.19
1992	5.39	9.78	14.55	11.49	9.62	5.05	2.17	1.28	0.85	0.69	0.62	0.73
1993	2.04	9.82	11.27	10.82	6.35	2.71	1.47	1.04	0.83	0.62	1.39	1.00
1994	4.34	8.88	7.79	9.12	4.93	1.93	1.04	0.74	0.67	0.51	0.48	1.22
1995	4.20	7.87	4.20	4.69	2.61	1.75	1.31	1.19	0.76	0.61	0.62	0.67
1996	2.23	8.94	7.67	5.66	3.28	1.70	1.27	0.73	0.60	0.55	0.57	0.65
1997	2.61	5.79	7.91	6.65	5.63	4.75	2.40	2.27	2.50	3.14	5.76	8.09
1998	8.50	8.67	7.77	8.40	5.73	2.11	1.82	1.51	1.43	0.99	1.37	0.55
1999	2.10	8.16	8.17	6.73	7.28	8.59	7.06	8.62	7.48	5.63	1.37	1.73
<b>PROM</b>	<b>3.95</b>	<b>7.32</b>	<b>7.77</b>	<b>7.18</b>	<b>5.44</b>	<b>2.99</b>	<b>2.09</b>	<b>1.64</b>	<b>1.43</b>	<b>1.30</b>	<b>1.37</b>	<b>1.73</b>

**TABLA 7. CAUDALES PROMEDIO MENSUALES DE 1965 A 1999 – TOMA 2 (360 msnm)**

<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
1965	8.91	15.26	19.08	27.38	23.82	10.61	5.81	3.60	3.02	2.76	3.18	2.87
1966	7.58	13.26	11.59	8.01	5.96	4.24	3.26	2.86	1.83	1.80	1.57	1.74
1967	6.35	10.28	9.57	6.49	5.16	3.95	2.93	1.98	1.65	1.53	1.33	1.45
1968	3.56	6.88	7.89	7.53	4.03	2.98	2.02	1.63	1.46	1.45	1.31	1.48
1969	3.53	4.85	7.73	14.00	8.74	4.82	3.83	3.18	2.68	1.50	1.50	2.24
1970	6.65	9.65	8.54	11.21	10.21	5.38	3.50	3.09	2.78	2.15	1.75	2.37
1971	5.07	10.90	14.99	10.03	5.35	3.60	2.67	1.97	1.74	1.61	1.45	2.04
1972	8.20	10.35	19.86	15.28	9.35	9.95	7.34	5.43	4.67	4.33	4.09	6.91
1973	10.97	15.01	11.70	12.56	9.09	5.67	3.90	3.02	2.79	2.59	2.30	2.46
1974	4.11	9.10	10.51	6.52	6.88	4.17	3.15	2.53	2.27	2.33	2.23	4.08
1975	8.58	13.63	12.80	12.64	8.24	5.58	3.91	3.06	2.62	2.49	2.21	2.24
1976	8.09	14.89	15.14	13.24	9.29	5.79	3.96	2.98	2.48	2.11	2.08	2.89
1977	5.98	9.11	11.17	10.12	6.12	3.93	2.96	2.46	2.18	1.97	1.69	1.97
1978	5.71	9.04	10.37	11.02	7.89	4.49	3.13	0.52	0.82	2.03	1.76	2.36
1979	5.17	9.70	16.27	5.57	5.53	5.02	3.10	2.45	2.16	1.97	1.63	2.78
1980	2.79	12.19	9.89	17.28	11.23	5.97	3.57	2.66	2.08	1.86	1.69	3.79
1981	4.89	15.86	15.35	12.10	16.38	3.83	3.23	2.91	2.73	2.75	2.77	2.92
1982	7.35	14.12	11.02	9.11	6.02	3.97	3.32	2.44	2.18	3.09	12.19	19.23
1983	25.23	24.75	25.24	25.02	28.86	8.76	10.33	6.26	4.74	4.49	4.02	1.07
1984	7.21	17.73	22.78	16.00	9.78	4.67	3.55	2.67	3.56	2.08	1.59	3.33
1985	7.95	8.94	15.40	8.93	6.76	3.88	3.03	2.64	2.47	3.25	3.14	2.40
1986	7.49	11.08	10.26	12.83	7.62	3.95	2.91	2.42	2.51	2.48	2.41	2.36
1987	9.47	16.18	20.01	18.00	15.03	6.13	3.05	2.16	1.55	1.24	1.25	1.46
1988	7.71	17.36	12.89	13.03	11.68	4.33	2.59	1.79	1.38	1.19	1.06	1.18
1989	9.24	20.00	19.51	17.19	10.80	5.12	3.43	2.44	1.98	2.04	2.50	2.47
1990	3.27	10.47	8.78	11.50	7.46	4.20	2.83	2.12	1.67	1.52	1.33	2.11
1991	4.64	14.53	13.27	11.42	8.43	4.47	2.95	2.12	1.72	1.47	1.36	2.18
1992	9.88	17.94	26.68	21.08	17.65	9.25	3.99	2.35	1.57	1.26	1.13	1.35
1993	3.74	18.01	20.67	19.84	11.64	4.97	2.69	1.91	1.52	1.13	2.55	1.83
1994	7.96	16.29	14.29	16.73	9.05	3.54	1.91	1.36	1.23	0.93	0.88	2.24
1995	7.71	14.42	7.70	8.60	4.79	3.21	2.41	2.19	1.39	1.12	1.14	1.23
1996	4.08	16.39	14.07	10.39	6.02	3.11	2.34	1.34	1.09	1.00	1.05	1.20
1997	4.79	10.62	14.51	12.20	10.33	8.72	4.40	4.16	4.58	5.76	10.57	14.83
1998	15.59	15.91	14.25	15.41	10.50	3.88	3.34	2.77	2.63	1.82	2.51	1.00
1999	3.86	14.96	14.99	12.34	13.36	15.76	12.95	15.81	13.73	10.32	2.51	3.18
<b>PROM</b>	<b>7.24</b>	<b>13.42</b>	<b>14.25</b>	<b>13.16</b>	<b>9.97</b>	<b>5.48</b>	<b>3.84</b>	<b>3.01</b>	<b>2.61</b>	<b>2.38</b>	<b>2.51</b>	<b>3.18</b>

**TABLA 8. CAUDALES PROMEDIO MENSUALES DE 1965 A 1999 – TOMA 3 (200 msnm)**

<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
1965	9.23	15.81	19.77	28.37	24.68	10.99	6.02	3.73	3.13	2.86	3.30	2.97
1966	7.85	13.73	12.01	8.30	6.17	4.39	3.38	2.96	1.89	1.87	1.63	1.80
1967	6.58	10.65	9.91	6.72	5.35	4.09	3.03	2.05	1.71	1.59	1.38	1.50
1968	3.69	7.13	8.18	7.80	4.17	3.08	2.09	1.69	1.52	1.50	1.36	1.54
1969	3.66	5.02	8.00	14.51	9.06	4.99	3.96	3.29	2.77	1.56	1.56	2.32
1970	6.89	10.00	8.85	11.61	10.58	5.57	3.63	3.21	2.88	2.23	1.82	2.45
1971	5.25	11.30	15.54	10.39	5.55	3.73	2.77	2.04	1.81	1.67	1.51	2.11
1972	8.49	10.72	20.58	15.83	9.69	10.31	7.60	5.63	4.84	4.49	4.24	7.16
1973	11.36	15.55	12.12	13.01	9.42	5.87	4.04	3.13	2.89	2.69	2.39	2.55
1974	4.26	9.42	10.89	6.75	7.13	4.32	3.27	2.63	2.36	2.41	2.31	4.23
1975	8.89	14.12	13.26	13.09	8.54	5.78	4.05	3.17	2.72	2.58	2.29	2.32
1976	8.38	15.43	15.68	13.72	9.63	6.00	4.10	3.08	2.57	2.19	2.15	2.99
1977	6.19	9.43	11.57	10.48	6.34	4.07	3.07	2.55	2.26	2.04	1.75	2.04
1978	5.91	9.37	10.74	11.42	8.17	4.66	3.24	0.54	0.85	2.10	1.83	2.45
1979	5.36	10.05	16.85	5.77	5.73	5.20	3.22	2.54	2.24	2.04	1.69	2.88
1980	2.89	12.63	10.24	17.91	11.64	6.19	3.70	2.76	2.16	1.93	1.75	3.92
1981	5.07	16.43	15.90	12.54	16.97	3.96	3.34	3.01	2.83	2.84	2.87	3.02
1982	7.62	14.62	11.42	9.44	6.24	4.11	3.44	2.53	2.26	3.20	12.63	19.93
1983	26.14	25.64	26.15	25.92	29.90	9.08	10.70	6.49	4.91	4.65	4.16	1.11
1984	7.47	18.37	23.60	16.58	10.13	4.84	3.68	2.76	3.69	2.15	1.65	3.45
1985	8.24	9.26	15.95	9.25	7.00	4.02	3.13	2.74	2.55	3.36	3.25	2.49
1986	7.76	11.48	10.63	13.29	7.90	4.09	3.01	2.51	2.60	2.57	2.50	2.45
1987	9.81	16.77	20.73	18.65	15.58	6.35	3.16	2.24	1.61	1.29	1.30	1.52
1988	7.99	17.99	13.36	13.50	12.11	4.48	2.68	1.86	1.43	1.24	1.10	1.22
1989	9.58	20.72	20.21	17.80	11.19	5.30	3.55	2.53	2.05	2.11	2.59	2.56
1990	3.39	10.85	9.10	11.91	7.73	4.35	2.93	2.19	1.73	1.58	1.38	2.18
1991	4.81	15.05	13.75	11.83	8.74	4.63	3.06	2.20	1.78	1.52	1.41	2.26
1992	10.24	18.59	27.64	21.84	18.28	9.59	4.13	2.44	1.62	1.30	1.17	1.40
1993	3.88	18.66	21.42	20.55	12.06	5.15	2.78	1.98	1.58	1.17	2.64	1.90
1994	8.25	16.88	14.81	17.34	9.38	3.66	1.98	1.41	1.27	0.96	0.91	2.32
1995	7.98	14.94	7.98	8.91	4.96	3.33	2.49	2.27	1.44	1.16	1.19	1.27
1996	4.23	16.99	14.57	10.76	6.24	3.23	2.42	1.39	1.13	1.04	1.09	1.24
1997	4.97	11.00	15.03	12.64	10.70	9.03	4.56	4.31	4.74	5.97	10.95	15.36
1998	16.15	16.48	14.76	15.97	10.88	4.02	3.46	2.87	2.72	1.89	2.60	1.04
1999	4.00	15.50	15.53	12.79	13.84	16.32	13.42	16.38	14.22	10.69	2.60	3.29
<b>PROM</b>	<b>7.50</b>	<b>13.90</b>	<b>14.76</b>	<b>13.63</b>	<b>10.33</b>	<b>5.68</b>	<b>3.97</b>	<b>3.12</b>	<b>2.71</b>	<b>2.47</b>	<b>2.60</b>	<b>3.29</b>

A continuación se presentan las curvas de duración de caudales para cada una de las tomas.

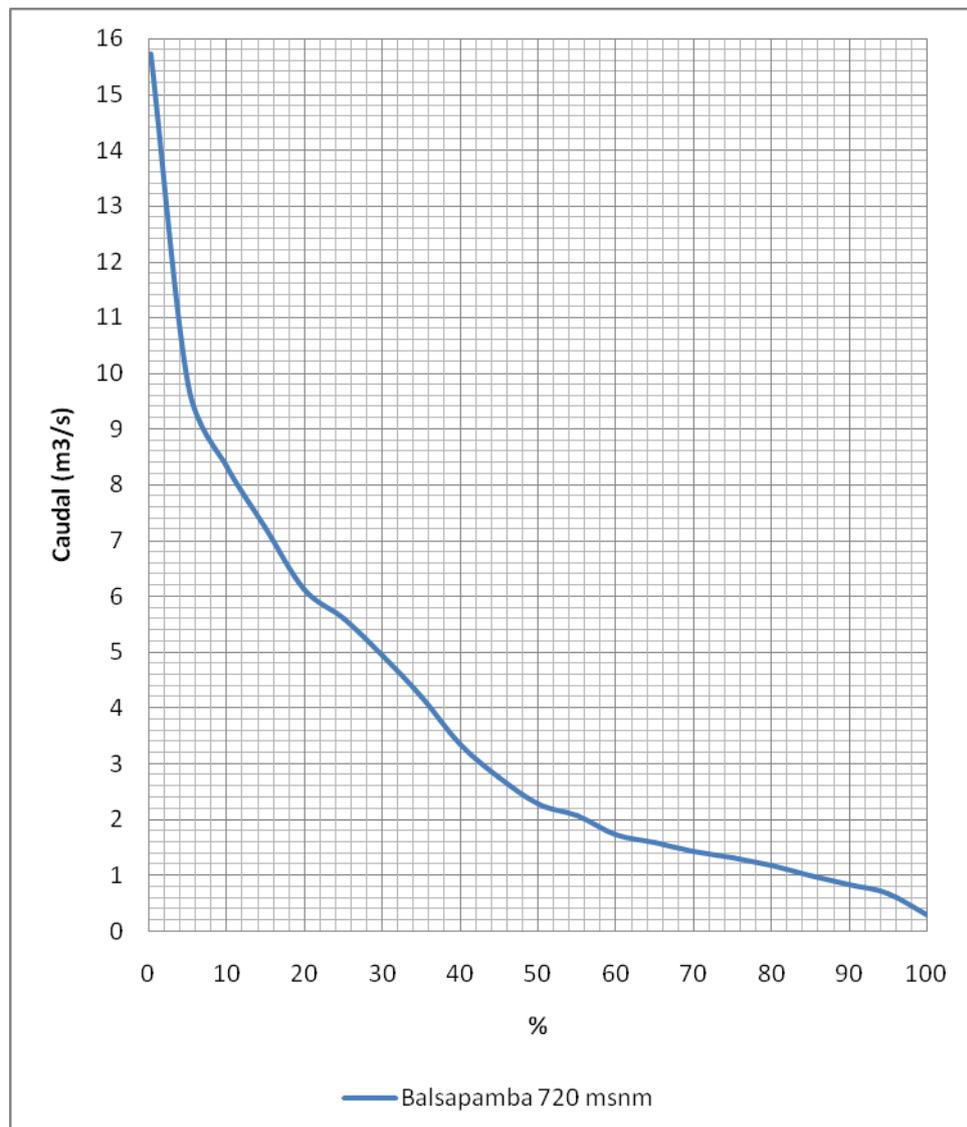


GRÁFICO 1.5. Curva de duración de caudales promedio mensuales de 1965 a 1999 para el proyecto Balsapamba, para la toma a 720msnm.

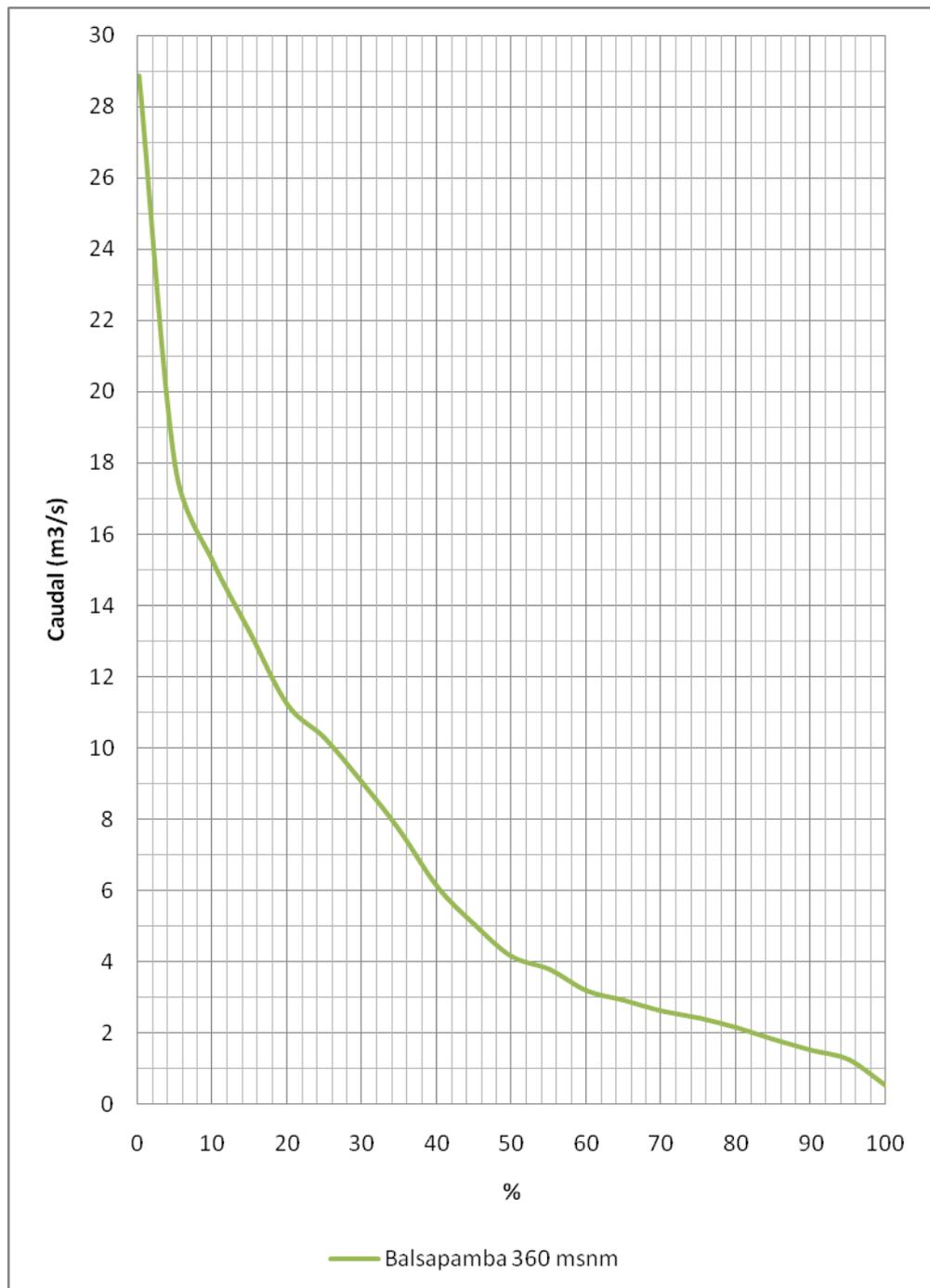


GRÁFICO 1.6. Curva de duración de caudales promedio mensuales de 1965 a 1999 para el proyecto Balsapamba, para la toma a 360msnm.

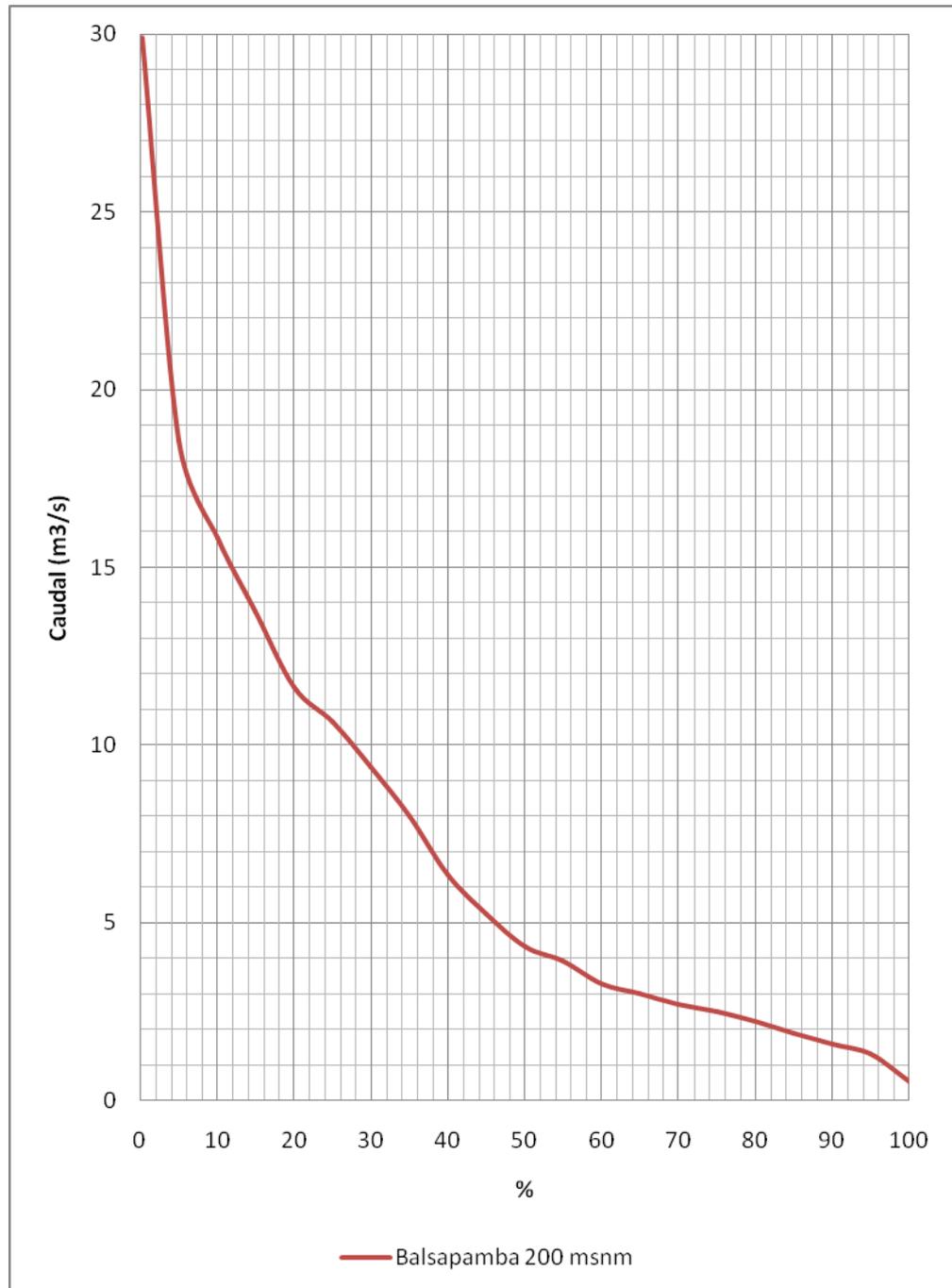


GRÁFICO 1.7. Curva de duración de caudales promedio mensuales de 1965 a 1999 para el proyecto Balsapamba, para la toma a 200msnm.

De esta forma se han determinado los caudales  $q_{50}$  y  $q_{90}$ . A este último se lo conoce también como caudal firme. En la tabla 9 se presentan estos valores.

**TABLA 9.**

**CAUDALES DE INTERÉS DEL PROYECTO BALSAPAMBA**

<b>Toma</b>	<b>720msnm</b>	<b>360msnm</b>	<b>200msnm</b>
<b><math>q_{\text{medio}}</math> (<math>\text{m}^3/\text{s}</math>)</b>	3.68	6.75	7.00
<b><math>q_{50}</math> (<math>\text{m}^3/\text{s}</math>)</b>	2.27	4.17	4.32
<b><math>q_{90}</math> (<math>\text{m}^3/\text{s}</math>)</b>	0.83	1.53	1.59

Los nuevos reglamentos establecen que se debe considerar un caudal ecológico equivalente al 10% del caudal medio del proyecto para preservar el ecosistema, el cual depende de las aguas del río. De esta manera, el caudal de diseño y firme para las tres tomas son los que se presentan en la tabla 10.

**TABLA 10**

**CAUDALES DE INTERÉS, CONSIDERANDO LA DISMINUCIÓN POR  
EL CAUDAL ECOLÓGICO**

<b>Toma</b>	<b>720msnm</b>	<b>360msnm</b>	<b>200msnm</b>
<b>q<sub>diseño</sub> (m<sup>3</sup>/s)</b>	3.31	6.08	6.30
<b>q<sub>50</sub> (m<sup>3</sup>/s)</b>	1.90	3.49	3.88
<b>q<sub>90</sub> (m<sup>3</sup>/s)</b>	0.47	0.86	0.89
<b>q<sub>ecológico</sub> (m<sup>3</sup>/s)</b>	0.37	0.68	0.70

En los análisis hidrológicos realizados por el ex INECEL como parte de los estudios de prefactibilidad de los proyectos Echeandía, Caluma y Chanchán se ha determinado que el caudal de diseño es aproximadamente igual al caudal medio, luego de haber realizado la optimización de caudales. Para la realización del presente proyecto hemos seleccionado al caudal medio como caudal de diseño, acogiéndonos a los resultados de los estudios antes mencionados y considerando que el comportamiento hidrológico y estacional de la cuenca de estudio de Balsapamba es muy similar a la de Echeandía y

Caluma, pero principalmente que los caudales han sido transpuestos a partir de los registrados en la estación Echeandía.

Todos los cálculos como el dimensionamiento de los equipos y las producciones energéticas de cada central se han realizado basados en estos caudales de diseño.

# **CAPÍTULO 2**

## **GEOLOGÍA**

### **2.1. Introducción**

Debido a la importancia de un estudio geológico para la realización de este proyecto, se ha incluido información disponible de los estudios de prefactibilidad de proyectos cercanos como el Caluma Bajo, y los estudios Geológicos – Geotécnicos del informe de inventario del proyecto Balsapamba, realizados por el ex INECEL.

Los sitios de obra se implantan en el basamento volcánico de la Formación Macuchi, afectado por metamorfismo de contacto por los cuerpos intrusivos cuarzo dioríticos. Superficialmente son comunes los depósitos coluviales y suelos de alteración. A lo largo del río Cristal se han depositado potentes terrazas aluviales.

### **2.2. Características Geológicas Regionales**

La geología del Ecuador corresponde a una serie de litológicas y estructuralmente distintas de orientación sensiblemente Norte-Sur.

Estas zonas son, de Oeste a Este:

- Zona Litoral
- Cordillera Occidental
- Depresión Interandina
- Cordillera Oriental
- Zonas de Escamas
- Cuenca Oriental

La vertiente Oeste de la Cordillera Occidental, sector donde se encuentra el proyecto Balsapamba, está formada por rocas esencialmente piroclásticas, que se presentan en las vecindades de Balsapamba como “Formación Macuchi”, la cual está intrusionada por rocas ácidas e intermedias.

### ***Litología***

Las formaciones encontradas corresponden básicamente a:

- Un basamento rocoso, constituido por las Formaciones Macuchi.
- Intrusiones ácidas a intermedias.

- Materiales detríticos cuaternarios.

La formación Macuchi es de origen predominantemente volcánico, caracterizado por lavas y rocas volcano-clásticas. En lo que se refiere a los intrusitos, estos han sido identificados principalmente como rocas graníticas, aunque existen variaciones locales que ocupan una gama tan amplia como la escala granito-microdiorita. En la hoja Geológica de Guaranda se distinguen dos cuerpos intrusitos a diferentes alturas: el batolito de Puroloma y el de Caluma-Echeandía.

Las formaciones cuaternarias comprenden a:

- Terrazas indiferenciadas.
- Depósitos coluviales recientes.
- Depósitos aluviales recientes.

Las terrazas indiferenciadas son potentes acumulaciones de detrito de origen volcánico, consistentes en cenizas, limos, arenas y cantos rodados.

Los depósitos aluviales recientes corresponden a terrazas fluviales alineadas con los cauces actuales de los ríos. Constituyen parte del lecho de la inundación.

Los depósitos coluviales, aparecen principalmente como acumulaciones a pie de monte, con desarrollo y ubicaciones variables, y muestran frecuentemente un potente desarrollo residual.

### ***Estructuras***

Un rasgo tectónico importante es la alineación N-S de cuerpos intrusivos, algunos de los cuales afectan directamente al proyecto Balsapamba.

### ***Geomorfología***

El aprovechamiento Balsapamba se encuentra ubicado en el flanco Oeste de la Cordillera Occidental, con características de topografía abruptas, ríos angostos y profundos, encañonados, con corte típico en “V” que atestiguan el levantamiento continuo en la región.

## **2.3. Aspectos Geológicos-Geotécnicos del proyecto**

### **2.3.1. Litología**

En la margen izquierda de la cota 640 aparecen a nivel del cauce, lavas metamorizadas, masivas, poco fracturadas, impermeables,

cubiertas de suelo de alteración superficial. El talud de pendiente abrupta es estable.

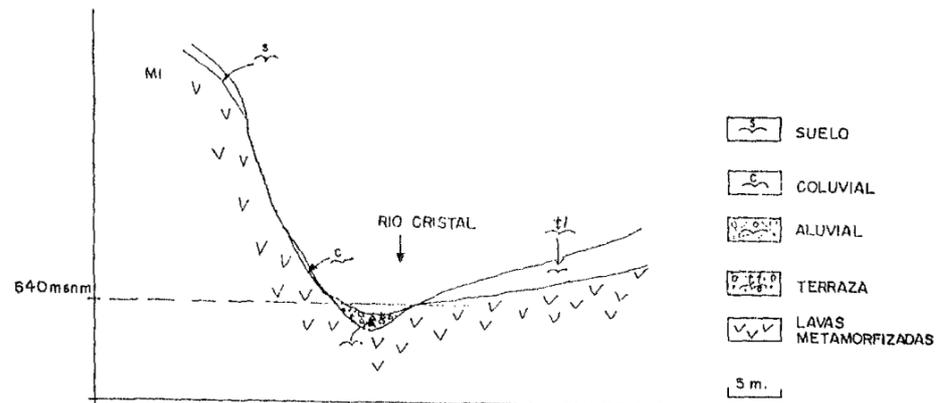


FIGURA 2.1. Litología en la parte alta del proyecto

El aluvial del cauce es poco potente y se halla compuesto por cantos de 10 cm de diámetro promedio el 60% y arena-grava el 40%.

En la margen derecha aparece una terraza, aluvial, permeable, que contiene grandes cantos de 50 cm de diámetro promedio. Este depósito (al igual que el aluvial del cauce) deben ser tratados en relación a la permeabilidad y poca consolidación. El factor geológico de la toma es 1.25.

Para el desvío puede utilizarse el sistema de cierre parcial del cauce, método que no es afectado directamente por la geología. El factor es 1.00.

### **2.3.2. Aspectos Geotécnicos**

Las obras de derivación podrían ubicarse en aluviales muy gruesos o en roca fresca. En ambos casos se deberá impermeabilizar las cimentaciones y los estribos para evitar filtraciones.

Los canales serán excavados indistintamente en suelos residuales y coluviales, pero también en roca, generalmente fracturada y fresca a medianamente meteorizada. Los canales deberán ser revestidos, aún en caso de ser excavados en roca, para prevenir filtraciones en diaclasas y planos de estratificación, meteorizados o no.

Los túneles serán excavados en roca, excepto los portales. Se espera que las condiciones de excavación varíen de excelentes a pobres, dependiendo de la litología, meteorización, orientación de diaclasamiento y estratificación, alteración hidrotermal, fallamiento, etc. El soporte consistirá en pernos de anclaje,

cuando sean necesarios, con malla de alambre y hormigón lanzado ocasionales cuando se encuentren litologías erosionables o exfoliables.

Las tuberías de presión cruzarán suelos residuales, coluviales y aluviales y, ocasionalmente, roca. Los anclajes, en los primeros casos, requerirán pesados bloques de gravedad. No se recomienda rellenar la trinchera excavada para la tubería de presión.

Las casas de máquinas que se proponen serán construidas en aluviales, en los cuales se recomienda cimentaciones en zapatas. Aunque no se espera encontrar el lecho rocoso cerca de la superficie en estas áreas, se procurará ajustar las alineaciones de canales y tubería de presión a los sitios rocosos.

### **2.3.3. Sismicidad**

A 20 km al E-NE, en la región de San Miguel de Bolívar, se halla ubicado un sismo histórico, del siglo XVII de 11-12 grados de intensidad MM, según esto, el área presenta un riesgo que hay que considerar. Las obras, en general, serán implantadas en roca masiva y dura, lo que atenúa el efecto de cualquier sismo. El área

está catalogada como hipocentros superficiales y magnitudes entre 5 y 6 Richter. La calificación sísmica es de 38/100, es decir, se trata de un área sísmicamente peligrosa, al ser el 100/100 la condición ideal.

#### **2.3.4. Volcanismo**

Ausente en la zona del aprovechamiento.

#### **2.3.5. Materiales de Construcción**

En cuanto a roca, existe cualquier cantidad de material volcánico en la zona del proyecto.

En conclusión, este proyecto es factible en todas sus obras a pesar de los inconvenientes geológicos – geotécnicos descritos que sin anular el proyecto, incidirán en su costo. Se reitera la recomendación de realizar un estudio de campo más detenido en la ruta del canal de trasvase.

# **CAPÍTULO 3**

## **DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS**

La cuenca de estudio Balsapamba atraviesa las provincias de Bolívar y Los Ríos, y su afluente de mayor altura se ubica a los 2920 msnm. El proyecto se ha establecido como 3 centrales ubicadas a lo largo del río, pero analizadas independientemente. La primera toma está ubicada a 720 msnm, la segunda a 360 msnm y la tercera a 200 msnm.



FIGURA 3.1. Ubicación del proyecto Balsapamba.

A continuación se presenta una descripción individual de cada central.

### **3.1. Toma 1 a 720 msnm**

#### **3.1.1. Descripción del área a estudiar.**

La primera toma se ubica a 720msnm. El área de drenaje de la toma 1 es de 96 Km<sup>2</sup>, con un perímetro de 44km y la precipitación media ponderada (PMP) es de 1358mm<sup>2</sup>.

El área de drenaje mantiene la forma de una hoja, conformada por 8 afluentes, entre los cuales tenemos la quebrada Oschuaycu que es el que nace a mayor altura (2920 msnm) (Ver figura 3.2).

Las poblaciones que se verían afectados por la conducción del agua hasta la casa de máquinas son Chaupiyacu y Las Peñas; sin embargo, estas poblaciones no adquieren el agua del río Cristal, sino de pequeños afluentes a éste, cuyo recurso no se ve afectado por el proyecto.

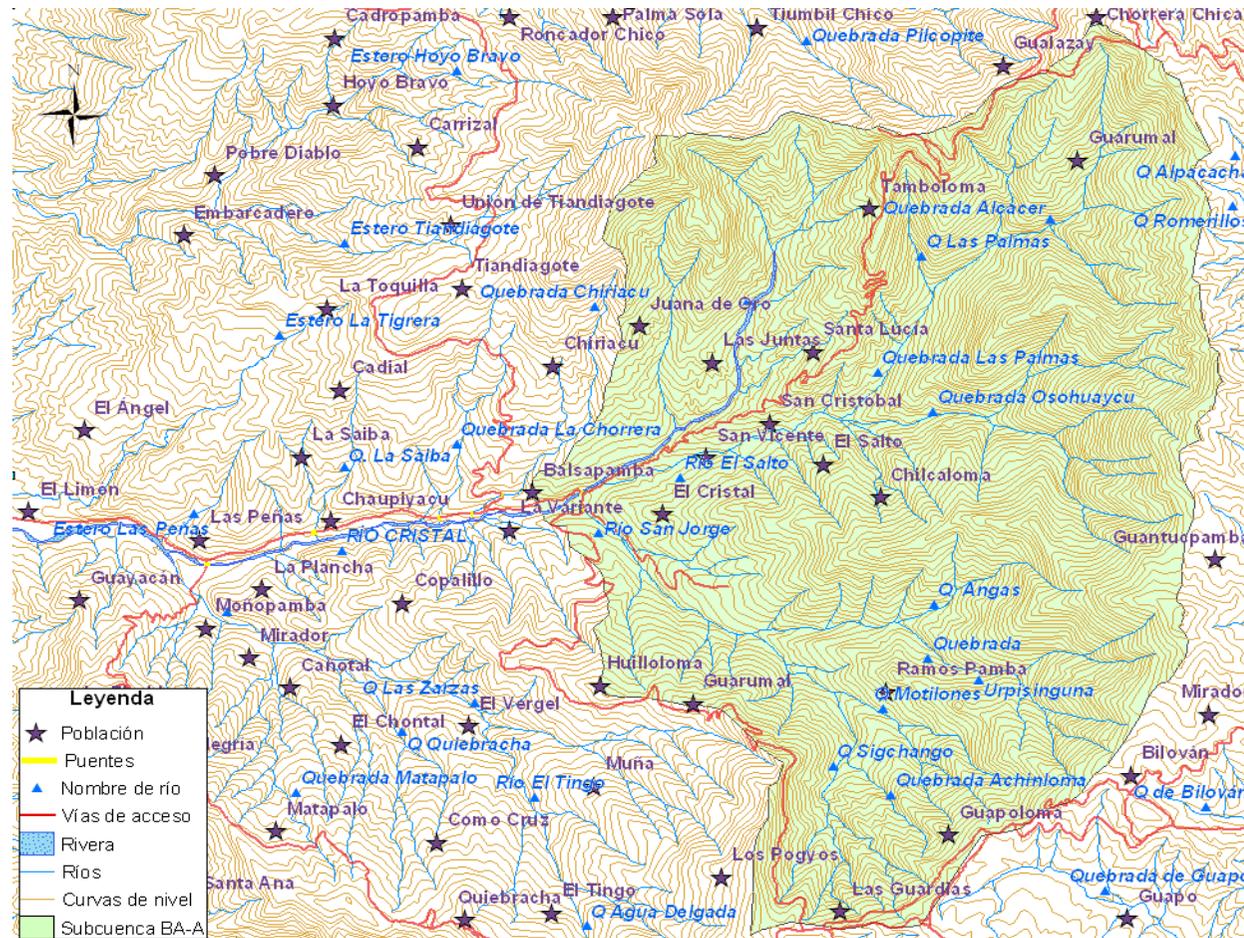


FIGURA 3.2. Poblaciones, afluentes y vías de acceso del proyecto Balsapamba, toma 1, a 720msnm.

### **3.1.2. Alternativas a 720 msnm**

Para una toma a 720 msnm se presentan dos opciones de desarrollo: una por la derecha y otra por la izquierda de río. Estas se muestran en la figura 3.3. A continuación se describe cada una de estas alternativas planteadas para la toma 1.

#### **3.1.2.1. Alternativa 1: BA-A1**

La alternativa 1 tiene su toma en la cota 720 msnm, y la descarga se la realiza en la cota 400 msnm. El aprovechamiento se desarrolla por el margen derecho del río (río abajo), para lo cual se necesitan 2 túneles de conducción de 85 y 65m de longitud, cada uno de los cuales cruzará por debajo de la carretera. Los siguientes tramos de conducción se los realizará con 6032m de canal.

La conducción se complementa con una tubería de presión de 907m de longitud, descargando las aguas turbinadas al mismo Río Cristal, sobre los 400msnm.

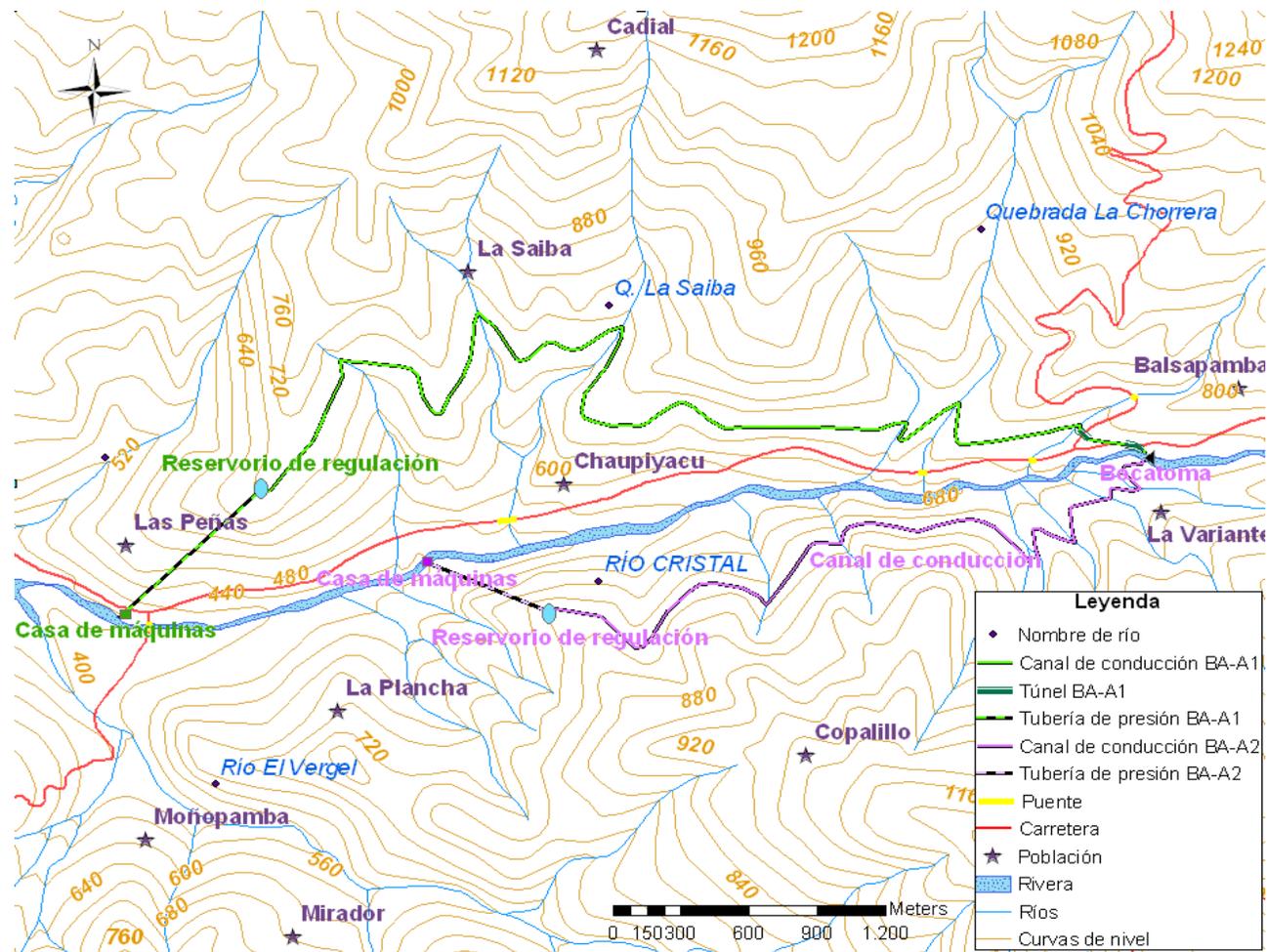


FIGURA 3.3. Alternativas planteadas para la toma 1, a 720msnm.

**TABLA 11**  
**CARACTERÍSTICAS DE LA ALTERNATIVA 1, TOMA A**  
**720 m.s.n.m.**

Alternativa	720-1
Cota de cierre (msnm)	720
Cota de restitución (msnm)	400
Caída neta (m)	320
Caudal de diseño (m <sup>3</sup> /s)	3.31
Caudal firme (m <sup>3</sup> /s)	0.47
Potencia Instalada (MW)	9.38
Conducción (m)	6032
Tubería de Presión	907
Longitud total de túnel (m)	150

### 3.1.2.2. Alternativa 2: BA-A2

La alternativa 2 tiene su toma en la cota 720 msnm, y la descarga se la realiza en el mismo río Cristal, en la cota 480 msnm (figura 3.3). El aprovechamiento se desarrolla

por el margen izquierdo del río (río abajo). Los tramos de conducción se los realizará con 3823m de canal.

La conducción se complementa con una tubería de presión de 614m de longitud.

### **TABLA 12**

#### **CARACTERÍSTICAS DE LA ALTERNATIVA 2, TOMA A**

**720 m.s.n.m.**

Alternativa	720-2
Cota de cierre (msnm)	720
Cota de restitución (msnm)	480
Caída neta (m)	240
Caudal de diseño (m <sup>3</sup> /s)	3.31
Caudal firme (m <sup>3</sup> /s)	0.47
Potencia Instalada (MW)	7.04
Conducción (m)	3823
Tubería de presión (m)	614

## **3.2. Toma 2 a 360 msnm**

### **3.2.1. Descripción del área a estudiar.**

La segunda toma se ubica a 360 msnm. El área de drenaje de la toma 2 es de 164 Km<sup>2</sup>, con un perímetro de 55Km y la precipitación media ponderada (PMP) es de 1453 mm<sup>2</sup>.

El área de drenaje mantiene la forma de una hoja, conformada por 13 afluentes, entre los cuales tenemos el de mayor aportación a la cuenca, el Río Vergel. (Ver figura 3.4).



La población que se vería afectada por la conducción del agua hasta la casa de máquinas es El Limón.

### **3.2.2. Características generales**

La captación se realiza en la cota 360, y la descarga a 240 msnm (Ver figura 3.5). El aprovechamiento se desarrolla por el margen izquierdo del río (río abajo), para lo cual se necesita 3136 m de canal de conducción.

La conducción se complementa con una tubería de presión de 412 m de longitud. La descarga de las aguas turbinadas se hace al mismo Río Cristal.

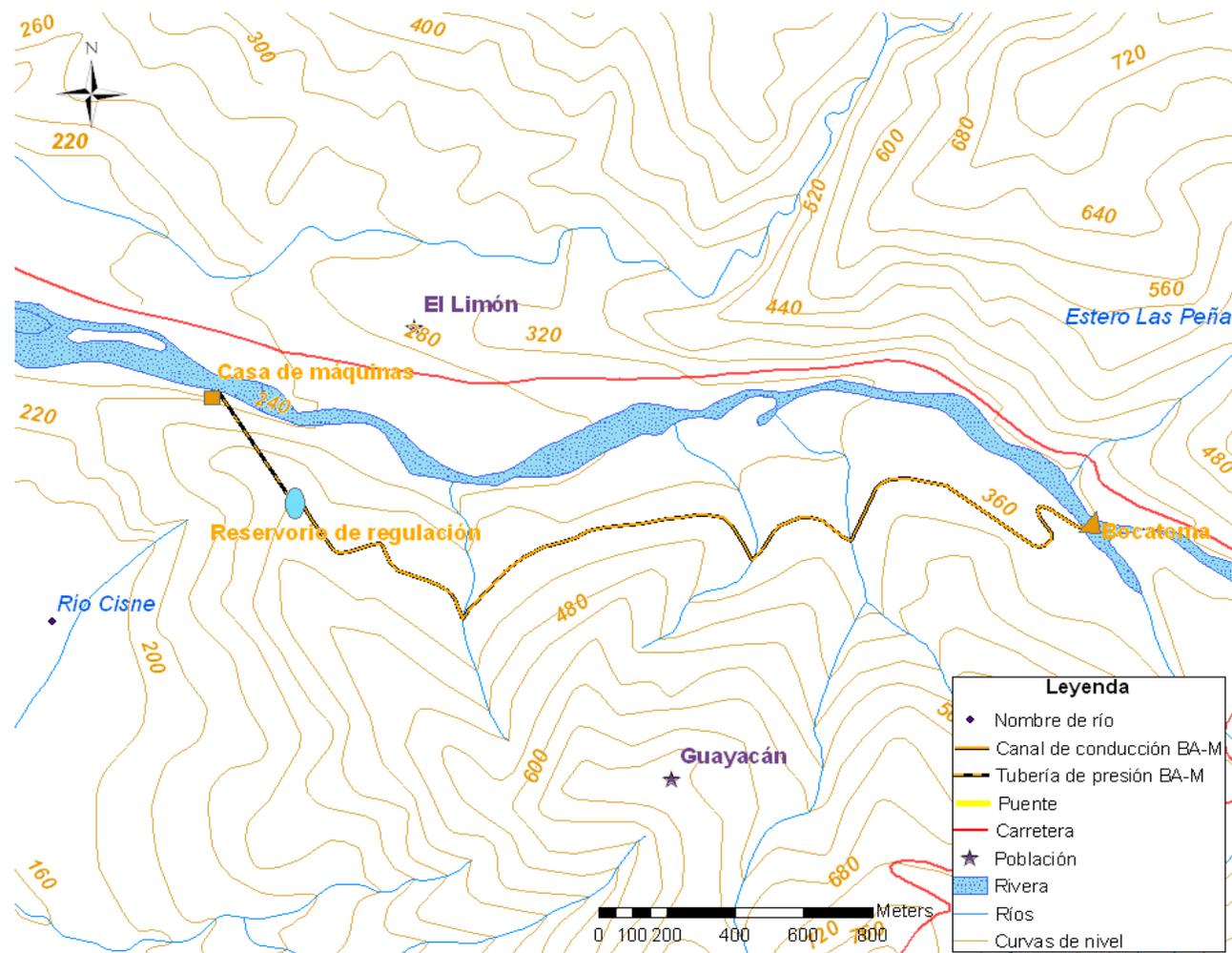


FIGURA 3.5. Toma 2, a 360msnm.

TABLA 13

## CARACTERÍSTICAS DE LA CENTRAL CON CAPTACIÓN

A 360 m.s.n.m.

Cota de cierre (msnm)	360
Cota de restitución (msnm)	240
Caída neta (m)	120
Caudal de diseño (m <sup>3</sup> /s)	6.08
Caudal firme (m <sup>3</sup> /s)	0.86
Potencia Instalada (MW)	6.45
Conducción (m)	3136
Tubería de presión (m)	412

**3.3. Toma 3 a 200 msnm****3.3.1. Descripción del área a estudiar.**

La tercera toma se ubica a 200 msnm. El área de drenaje de la toma 3 es de 169 Km<sup>2</sup>, con un perímetro de 59 Km. La precipitación media ponderada (PMP) es de 1465 mm<sup>2</sup>.

El área de drenaje mantiene la forma de una hoja, conformada por 26 afluentes (figura 3.6).



### 3.3.2. Características generales

La captación se realiza a 200msnm, y la descarga a 140msnm (Ver figura 3.7). El aprovechamiento se desarrolla por el margen izquierdo del río (río abajo), para lo cual se necesita 568 m de canal de conducción.

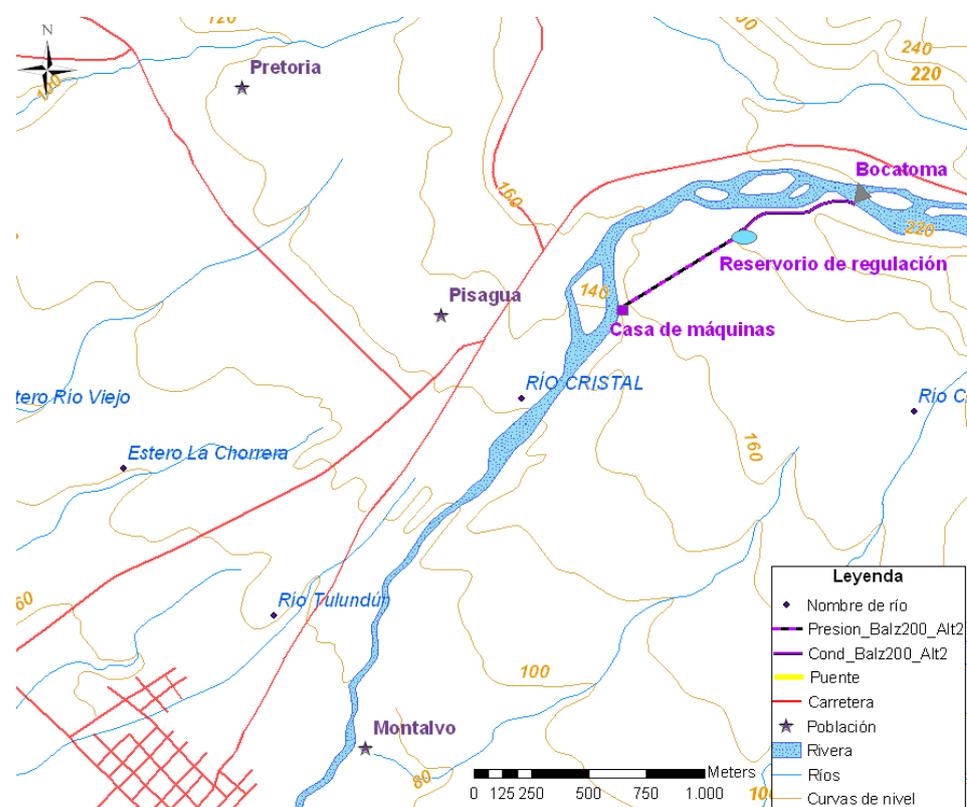


FIGURA 3.7. Toma 3, a 200msnm.

La conducción se complementa con una tubería de presión de 601m de longitud. La descarga de las aguas turbinadas se hace al mismo Río Cristal.

**TABLA 14****CARACTERÍSTICAS DE LA CENTRAL CON CAPTACIÓN****A 200 m.s.n.m.**

Cota de cierre (msnm)	200
Cota de restitución (msnm)	140
Caída neta (m)	60
Caudal de diseño (m <sup>3</sup> /s)	6.30
Caudal firme (m <sup>3</sup> /s)	0.89
Potencia Instalada (MW)	3.34
Conducción (m)	568
Tubería de presión (m)	601

# **CAPÍTULO 4**

## **DISEÑO PRELIMINAR**

El diseño del Proyecto Hidroeléctrico Balsapamba se ha realizado tomando como base el Informe de Prefactibilidad de Centrales Hidroeléctricas de Mediana Capacidad Grupo 3: Chanchan, Echeandía y Caluma realizado por INECEL, debido a que por ser proyectos de capacidades similares, su diseño estructural y de operación no varían significativamente en sus principales características constructivas, como son: Obras Civiles e Hidráulicas, Equipo Mecánico y Equipo Eléctrico.

El análisis de los 3 niveles de Toma se realizará en forma conjunta puesto que la características de cada una de las centrales son similares en cuanto a caudal y generación, resaltando las individualidades de cada una de las centrales cuando sea necesario hacerlo.

### **4.1. Obras Civiles e Hidráulicas**

#### **4.1.1. Caminos de Acceso**

El presente proyecto consiste en tres centrales hidroeléctricas ubicadas a lo largo del río Cristal, cuyas aguas corren paralelas a

la carretera principal que interconecta las ciudades de Guaranda y Babahoyo. En la tabla 15 se detallan las distancias de separación entre las obras importantes de cada central y la carretera principal.

**TABLA 15**

**DISTANCIAS DE SEPARACIÓN ENTRE LAS OBRAS**

**IMPORTANTES DE CADA CENTRAL Y LA CARRETERA**

**PRINCIPAL**

CENTRAL CARACTERÍSTICA	BA-B	BA-M	BA-A1
A bocatoma (m)	600	200	100
A casa de maquinas (m)	750	500	500
A tanques de presión (m)	600	800	1120

En estos tramos no existen caminos de acceso, por lo que se necesita construir vías carrozables hasta las obras de toma en el río Cristal. Las distancias que se presentan son medidas desde la carretera principal Guaranda-Babahoyo hasta los lugares mencionados.

#### **4.1.2. Sistema Hidráulico**

El sistema hidráulico está formado por una conducción que se realiza desde la toma que se hace en el río, llevando el caudal a presión, procurando en lo posible mantener la misma cota, hasta llegar al sitio donde está la tubería de presión, la cual conduce el

agua hasta la casa de maquinas, para finalmente restituirla al río. Cabe resaltar que el dimensionamiento de los componentes del sistema hidráulico se realiza en base al caudal de diseño de cada central; por esta razón la dimensión de estos componentes no varía significativamente entre centrales que tienen caudales de diseño parecidos.

Los principales componentes del sistema hidráulico son:

- Obras de Toma
- Desarenador
- Obras de conducción
- Obras de arte en la conducción
- Reservorio
- Tanque de carga
- Tubería de presión
- Casa de maquinas y patio de maniobras
- Canal de restitución

#### **4.1.2.1. Obras de Toma**

El tipo de obra de toma ha sido seleccionado en base a consideraciones de operación de la central. Para el dimensionamiento de estas obras se han considerado datos de orden hidrológico, hidroenergético, morfológico y geológico.

Las obras de toma diseñadas para este proyecto son de tipo de rejilla de fondo y constan de: Azud, Cámara de limpieza, Orificio de toma, Deposito de sedimentación, Rejilla, Dique sumergido y Compuertas de admisión al canal.

El plano de las obras de toma se lo puede observar en el plano BAL-01.

##### ***Azud***

El azud debe soportar las fuerzas que se generan por la presión del agua durante la operación normal de la central y cuando se presenten situaciones extremas, como lo son las crecidas. También debe impedir que ocurran filtraciones a lo largo de su estructura. El azud se ha

dimensionado en base a nuestro análisis de crecidas, realizado en el capítulo 1, en el cual se ha considerado un período de retorno de 100 años.

El ancho del río y la consistencia de los suelos de cimentación son también parámetros muy importantes a tener en cuenta para dimensionar el azud. En los sitios de captación de las tres centrales, los suelos están constituidos principalmente por depósitos aluviales, por lo que el perfil de contacto del azud se ha diseñado de modo que los efectos del flujo de filtración se atenúen. El acceso al sitio de la toma se lo puede hacer por las vías descritas en la sección 7.1.1.

Las cantidades de obra de excavación y de hormigón para el azud han sido calculadas en base a los resultados del dimensionamiento de los mismos, considerando la magnitud de las crecientes, el caudal de diseño y las dimensiones del canal. En la tabla 16 se detallan los principales parámetros.

TABLA 16

**PARÁMETROS IMPORTANTES PARA EL  
DIMENSIONAMIENTO DEL AZUD**

CENTRAL PARÁMETRO	BA-B	BA-M	BA-A1
Longitud del vertedero (m)	30	30	25
Longitud del zampeado (m)	12,5	12,5	11,0
Altura del azud (m)	2,9	2,9	2,6
Cota del cimacio (m.s.n.m.)	203	363	723
Ancho del vano de limpieza (m)	2,8	2,8	2,8
Caudal de Crecida (m <sup>3</sup> /sg)	217	211	123

***Orificio de Toma***

La capacidad del orificio de la toma ha sido dimensionada en base al caudal óptimo obtenido del análisis de caudales descrito en el capítulo 1. Para facilidad de las

obras se ha tratado de ubicar el punto de toma en los tramos rectos del río.

Las cantidades de obra de excavación y de hormigón para la bocatoma han sido calculadas en base a los resultados del dimensionamiento de los mismos, considerando la magnitud de las crecientes, el caudal de diseño y las dimensiones del canal. En la tabla 17 se encuentra detallado los principales parámetros

TABLA 17

## PRINCIPALES PARÁMETROS DEL ORIFICIO DE TOMA

CENTRAL PARÁMETRO	BA-B	BA-M	BA-A1
Ubicación	Margen Izquierdo	Margen Izquierdo	Margen Derecho
Caudal de captación (m <sup>3</sup> /sg)	6.30	6,08	3,31
Ancho de orificio (m)	2,00	2,00	1,50
Altura de orificio (m)	1,50	1,50	1,00
Cota de umbral de entrada (m.s.n.m.)	202,00	362,00	722,00

***Dique sumergido***

Ubicado en el orificio de toma esta diseñado como el primer obstáculo que impide el paso de sedimentos.

***Depósito de sedimentación***

Se encuentran antes de la rejilla y es el lugar donde se depositan los sedimentos que la rejilla impide el paso.

### ***Rejilla***

Ubicada antes de cada una de las compuertas de captación. Están diseñadas para no permitir el paso de sedimento de mediano tamaño.

### ***Cámara de limpieza***

En el diseño se encuentra ubicado a lado de las compuertas de admisión, cumple el papel de descarga de los sedimentos acumulados en el depósito de sedimentación aunque también puede hacer el papel de cámara de descarga en caso de crecidas del río.

#### **4.1.2.2. Desarenador**

El Desarenador tiene como función remover las partículas que se sedimentan al reducirse la velocidad con que son transportadas por el agua.

El tipo de desarenador ha sido seleccionado en base a consideraciones de operación de la central. El desarenador utilizado es de tipo limpieza periódica. Para el dimensionamiento del desarenador se considera aspectos de orden hidráulicos como es el caudal de

diseño en la conducción, la velocidad del agua que pasa por el mismo y el diámetro mínimo de las partículas a sedimentarse.

Considerando que los desarenadores irán cimentándose en terrazas aluviales, el pre dimensionamiento estructural se ha efectuado para estas condiciones. El plano BAL-01 se puede observar el modelo de desarenador a utilizarse.

Con el propósito de asegurar el continuo ingreso del flujo, se coloca 2 compuertas de admisión. Esto es con el fin de que en caso de necesitar mantenimiento una de las compuertas ya sea correctivo o preventivo, la otra continúe operando en forma normal o también puede servir como un auxiliar de regulación de caudal en caso de ser necesario.

Las compuertas son de tipo planas y deslizantes para aprovechar al máximo el caudal del río. Se ha buscado la ubicación de los desarenadores en sitios morfológicamente aptos para su implantación. En las tablas siguientes se encuentran detalladas las principales características.

TABLA 18

**CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL  
DESARENADOR**

**ADMISIÓN**

CENTRAL PARÁMETROS	BA-B	BA-M	BA-A1
Numero de Compuertas	2	2	2
Dimensiones de las compuertas (m x m)	1,5 x 2	1,5 x 2	1 x 1,9
Longitud de la transición (m)	9,0	9,0	5,9

## CÁMARAS

CENTRAL PARÁMETRO	BA-B	BA-M	BA-A1
Numero de cámaras	1	1	1
Caudal de diseño por cámara (m <sup>3</sup> /sg)	6,30	6,08	3,31
Ancho de cámara (m)	4,4	4,4	3,0
Longitud útil (m)	20	20	20
Altura útil (m)	2,4	2,4	2,4

### UMBRAL DE SALIDA

CENTRAL PARÁMETRO	BA-B	BA-M	BA-A1
Ancho total (m)	6	6	6
Longitud de transición (m)	5,9	5,9	5,9
Numero de compuertas (m)	2	2	2
Dimensión de conductos de purga BxH (m x m)	1,5 x 2,5	1,5 x 2,5	1,0 x 2,0

#### 4.1.2.3. Obras de conducción

Las obras de conducción adoptadas para los diferentes aprovechamientos prevén un flujo a gravedad y son de dos tipos: en canal abierto y en túnel. En túnel para atravesar 2 carreteras que son la carretera Babahoyo-Guaranda y la carretera que conduce a Tiandigote para el caso de la toma 720 m.s.n.m. Estos tramos de túneles se los puede observar en la figura 2.3.

La sección hidráulica del canal es de geometría trapezoidal. Se ha previsto ubicar en el lado exterior un camino de mantenimiento de 6 metros de ancho. Se adopto conducciones a cielo abierto en toda la longitud de la conducción y túnel en el caso anteriormente mencionado.

En las conducciones a cielo cubierto, los taludes de corte para la conformación de la plataforma han sido seleccionados considerando los tipos de suelos a ser excavados.

En las conducciones en túnel se han adoptado para la excavación un diámetro de 2.5 metros. En los tramos de entrada y salida se ha previsto excavación y revestimiento aumentado y el uso de soportes metálicos permanentes. En la tabla 19 se encuentran detallados los principales parámetros.

TABLA 19

**CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS OBRAS DE  
CONDUCCIÓN**

CENTRAL PARÁMETRO	BA-B	BA-M	BA-A1
Longitud total (m)	568	3136	6126
Longitud canales (m)	568	3136	5976
Longitud túneles (m)	0	0	150
Caudal de diseño (m <sup>3</sup> /sg)	6,30	6,08	3,31

## CANAL DE CONDUCCIÓN

CENTRAL PARÁMETROS	BA-B	BA-M	BA-A1
Longitud (m)	568	3136	6126
Pendiente (grados)	0,00033	0,00033	0,00037
Ancho de la base (Trapezoide-base mayor) (m)	1,5	1.5	1,0
Calado normal (m)	2,10	2.10	1,84
Velocidad (m/sg)	1,18	1.18	1,10

### 4.1.2.4. Obras de arte en la conducción

Se han previsto tres tipos de obras de arte, las cuales son: Aliviaderos, Pasos de quebradas y Pasos de agua.

Los aliviaderos han sido ubicados al inicio y al final de la conducción. Son de tipo lateral, formando parte de una estructura de sección triangular.

Los pasos de agua han sido previstos en los sitios de cruce del canal con cursos de agua intermitentes. Estas obras son de características similares a los aliviaderos y se diferencia por tener en la zona de aliviadero una losa de hormigón armado sobre la cual pasaran caudales del curso de agua en el periodo lluvioso.

#### **4.1.2.5. Reservorios**

Los Reservorios tienen la capacidad necesaria de almacenamiento para permitir trasladar recursos hídricos de las horas en las que se tiene flujo de caudal a las horas de regulación.

Se han previstos reservorios de regulación diaria en todas las tomas. Su ubicación ha sido condicionada por aspectos morfológicos y geológicos, mientras que su capacidad ha sido determinada en base al análisis de caudales según lo indicado en el capítulo 1. En la tabla 20 se encuentra detallado los principales parámetros.

**TABLA 20**

**CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS**

**RESERVORIOS**

CENTRAL PARÁMETRO	BA-B	BA-M	BA-A1
Longitud (m)	200	200	200
Ancho (m)	30	30	20
Profundidad (m)	5	5	5
Volumen total (m <sup>3</sup> )	30000	30000	20000
Tiempo de reserva a Pot. Nominal (horas)	4	4	4
Numero de compuertas	2	2	2
Tipo de Compuertas	Plana deslizante	Plana deslizante	Plana deslizante
Dimensión compuertas BxH (m x m)	2 x 2	2 x 2	2 x 2

#### **4.1.2.6. Tanque de presión**

Los tanques de presión son del tipo cámara rectangular y estarán ubicados en el extremo del reservorio de regulación diaria.

La parte final del tanque de presión constituye la estructura de control, provista de rejilla fina para retención de basuras, compuertas de control y ducto de aireación. Lateralmente se encuentra una compuerta de lavado. Para la ubicación y el dimensionamiento de esta obra se han considerado aspectos de orden morfológico, geológico e hidráulico.

La ubicación se ha hecho considerando la posición de la tubería de presión y la casa de maquinas tratando de que los sitios en que serán ubicados sean morfológicamente los más aptos para su implantación esto es que las pendientes transversales sean pocas pronunciadas. El dimensionamiento hidráulico se ha efectuado considerando la velocidad del flujo delante de la rejilla y un funcionamiento adecuado de la entrada a la tubería de presión.

Los niveles característicos del tanque han sido definidos considerando la altura mínima de succión, así como las condiciones de rechazo de carga o incremento brusco de la misma. En la tabla 21 se encuentra detallado los principales parámetros.

**TABLA 21**

**CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TANQUE DE PRESIÓN**

CENTRAL PARÁMETRO	BA-B	BA-M	BA-A1
Caudal de diseño (m <sup>3</sup> /sg)	6,30	6,08	2,04
Longitud del tanque (m)	10,00	10,00	5,00
Ancho del tanque (m)	5,00	5,00	3,00
Altura total (m)	5,00	5,00	4,00

#### **4.1.2.7. Tubería de Presión**

En el proyecto se ha previsto la instalación de una sola tubería de presión cerrada de diámetro constante. Su ubicación y mantenimiento se ha hecho considerando aspectos morfológicos y geológicos del lugar, así como también de criterios hidroenergéticos y económicos.

Para la cuantificación del costo se ha tomado en cuenta los costos de excavación, así como el hormigón de los anclajes y apoyos. El trazado de las tuberías ha estado condicionado a aspectos fundamentalmente geológicos evitando siempre zonas de posible inestabilidad. En la tabla 22 se encuentra detallado los principales parámetros.

TABLA 22

**CARÁCTERÍSTICAS GENERALES DE LA TUBERÍA DE  
PRESIÓN**

CENTRAL PARÁMETRO	BA-B	BA-M	BA-A1
Diámetro (m)	1,50	1,50	1,00
Longitud (m)	601,00	412,00	907,00

#### 4.1.2.8. Casa de Máquinas

En este proyecto se ha diseñado la casa de maquinas con cubierta metálica ubicada al pie de la ladera y convenientemente alejada de la orilla del río a los cuales se restituye el caudal turbinado.

En la toma los materiales de fundación de las estructuras de hormigón estarán constituidos por depósitos aluviales.

El dimensionamiento de la casa de maquinas se ha realizado considerando turbinas Pelton para la central

ubicada en la cota 720 m.s.n.m. de eje horizontal y turbinas Francis para las restantes, acopladas a generadores individuales cada una de ellas. Cabe recalcar que tanto las turbinas como los generadores utilizados por cada una de las centrales constan de sus respectivos dispositivos de protección e interrupción.

La distancia entre los ejes de los grupos se ha calculado en función del diámetro externo del rodete y el área de montaje se ha adoptado a 1.5 veces la distancia entre grupos. En la tabla 23 se encuentra detallado los principales parámetros.

TABLA 23

**CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CASA DE  
MÁQUINAS**

CENTRAL PARÁMETRO	BA-B	BA-M	BA-A1
Tipo	Cubierta metálica	Cubierta metálica	Cubierta metálica
Longitud total (m)	27,00	27,00	27,00
Ancho total (m)	7,62	7,62	7,62
Tipo de turbinas	Francis	Francis	Pelton
Numero de turbinas	2 x 1,7 Mw	2 x 3,25 Mw	2 x 4,7 Mw
Potencia instalada (Mw)	3,34	6,45	9,38

#### 4.1.2.9 Canal de Restitución.

Tiene como fin restituir el agua turbinada al río sin que produzca una erosión excesiva en el cauce. Los niveles de restitución determinados para diferentes condiciones de operación se indican a continuación en la tabla 24.

**TABLA 24**

#### **CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CANAL DE RESTITUCIÓN**

CENTRAL PARÁMETRO	BA-B	BA-M	BA-A1
Cota de restitución (m.s.n.m.)	140	240	360
Longitud (m.)	150	150	150

#### 4.2 Equipo Mecánico.

Con respecto al equipo mecánico se ha tomado en consideración los elementos más importantes, de manera que si se quiere obtener mayor

información por favor referirse a los estudios de INECEL. El principal equipo mecánico tomado en consideración se presenta a continuación:

#### **4.2.1. Turbinas**

Las turbinas serán de tipo Francis de eje horizontal y de rodete simple, que operen a una velocidad de 900 rpm, y con una potencia nominal de 3140 Kw cada una.

Las principales características de cada uno de las turbinas a utilizarse en el Proyecto Balsapamba se resumen en la tabla 25.

TABLA 25

## CARACTERÍSTICAS DE LAS TURBINAS

CENTRAL PARÁMETRO	BA-B	BA-M	BA-A1
Numero de Turbinas	2	2	2
Tipo	Francis	Francis	Pelton
Potencia (KW)	1700,00	3250,00	4700,00

**4.2.2. Válvulas de Entrada (de guardia)**

Una válvula de entrada de tipo mariposa será provista para cada turbina entre la turbina de presión y el caracol de la turbina para permitir el desagüe de la misma para inspección y mantenimiento y también para cierre de emergencia del flujo de agua en el caso de falla de los álabes móviles.

Las válvulas de entrada serán operadas hidráulicamente solamente en la apertura, debiendo ser la operación de cierre

mediante contrapeso. El diámetro de la válvula es de aproximadamente 750 mm.

#### **4.2.3. Reguladores.**

Cada turbina estará provista de un regulador PID para mantener una velocidad de la turbina constante mediante la regulación automática de la apertura de los álabes móviles como respuesta a los cambios de carga. Los reguladores serán del tipo electro-hidráulico

#### **4.2.4. Compuertas del Proyecto**

Entre las principales compuertas a utilizarse en el Proyecto Hidroeléctrico Balsapamba tenemos las siguientes: Compuertas Tipo Radial, Compuertas Tipo Deslizantes y Compuertas Planas con ruedas.

##### ***Compuertas de Tipo Radial***

Trabajarán totalmente sumergidas, empleándose en los desagües de fondo y para la limpieza del fondo del reservorio, para evacuar

los materiales pesados como piedras y arena, que se depositarán en este sitio, dada la configuración de la bocatoma.

### ***Compuertas de Tipo Deslizantes***

Serán empleadas en la zona de la bocatoma para permitir o no el paso de agua, para evacuación en labores de limpieza del canal desarenador, y como compuertas de mantenimiento de las compuertas tipo radial y de las turbinas.

### ***Compuertas Planas con Ruedas***

Similares a las deslizantes, pero a ser empleadas en condiciones no equilibradas de presión de agua en las dos caras.

## **4.3. Equipo Eléctrico**

De la misma manera que se realizó el resumen para equipo mecánico tomando los estudios de INECEL, se realizó un resumen considerando los principales equipos eléctricos, y el cual se presenta a continuación:

### 4.3.1. Generadores

Las principales características de cada uno de los generadores a utilizarse en el Proyecto Balsapamba se resumen en la tabla 26.

**TABLA 26**

#### **CARACTERÍSTICAS DE LOS GENERADORES**

CENTRAL PARÁMETRO	BA-B	BA-M	BA-A1
Numero de Generadores	2	2	2
Potencia de cada Generador (MVA)	1,70	3,25	4,70
Factor de Potencia (Inductivo)	0,90	0,90	0,90
Tensión de cada Generador (KV)	4,16+/- 5%:	4,16+/- 5%:	4,16+/- 5%:
Frecuencia (Hz)	60	60	60
Velocidad (r.p.m.)	720	720	720

#### **4.3.2. Disyuntores de Unidad**

Por exigencias mínimas de mantenimiento se recomiendan disyuntores en SF6, con mando trifásico con resorte y motor a corriente continua, corriente nominal 600 amperios, corriente de ruptura nominal 25KA, corriente de falla 1 segundo 25 KA; de diseño normalizado. Cada disyuntor de unidad irá contenido en el cubículo respectivo de 4.16 Kv. Los disyuntores serán de tipo extraíbles para mantenimiento y pruebas.

#### **4.3.3. Transformador Principal**

Las principales características de cada uno de los transformadores a utilizarse en el Proyecto Balsapamba se resumen en la tabla 27.

TABLA 27

## CARACTERÍSTICAS DE LOS TRANSFORMADORES

CENTRAL PARÁMETRO	BA-B	BA-M	BA-A1
Número de Transformadores	1	1	1
Numero de devanados por transformador	3	3	3
Potencia (MW)	3,40	6,50	9,50
Numero de Fases	Trifásico	Trifásico	Trifásico
Tensión de las bobinas (KV/KV/KV)	4.16/69/13.8	4.16/69/13.8	4.16/69/13.8
Frecuencia (Hz)	60	60	60
Conexiones de los devanados	$\Delta / Y_{\downarrow} / Y_{\downarrow}$	$\Delta / Y_{\downarrow} / Y_{\downarrow}$	$\Delta / Y_{\downarrow} / Y_{\downarrow}$

#### **4.3.4. Sistemas de Servicios Auxiliares**

Se dispondrá de un transformador de servicios auxiliares de 4.16/0.48 Kv y potencia estimada de 300 KVA. Estará conectado a las barras del cubículo de 4.16 Kv. La energía para los servicios auxiliares será distribuida a la casa de máquinas y a la subestación a través de los tableros de 480 voltios y de los subtableros de 220/127 voltios.

#### **4.3.5. Subestación**

Cada central cuenta con una subestación que estará ubicada en la parte posterior de la casa de maquinas El patio de la subestación se ubica en la parte posterior de la casa de máquinas. Del terciario del transformador principal de BA-A1 se dispondrá de una capacidad de 4 MVA a 13.8 Kv para distribuir a los poblados cercanos a la central. A cada uno de los transformadores se los han ubicado convenientemente junto a sus respectivas casa de máquinas para acortar su conexión mediante cables a la barra general de 4.16 Kv así como para dejar libre el espacio necesario para la construcción y montaje de cada una de las subestaciones a 69 Kv. La alimentación a las barras de 69 Kv parte del seccionador.

# **CAPÍTULO 5**

## **PRESUPUESTO DE OBRA**

### **5.1. Introducción**

Para el desarrollo del presupuesto de cada una de las tres centrales analizadas independientemente, se contó con la información de costos de materiales, equipos electromecánicos y equipos hidromecánicos dados por la compañía de Consultores en Ingeniería CAMINOSCA, Caminos y Canales Cía. Ltda., en enero del 2006.

Además se consideraron precios de materiales, equipos electromecánicos e hidromecánicos dados por el Departamento de Planificación del Consejo Provincial del Guayas en junio del 2006.

Los costos unitarios dados por Caminosca y el Consejo Provincial, fueron basados en la tarifa de los equipos y maquinaria, costos de mano de obra, costos de materiales y equipos.

## 5.2. Presupuesto de Obras Civiles

A continuación se presenta el presupuesto de obras civiles para cada una de las centrales.

### 5.2.1. BA-A1

En la tabla 28 se muestran las cantidades de obras civiles para la toma ubicada en la cota 720 m.s.n.m (BA-A1) y su respectivos costos que fueron analizados en el Anexo 5.

**TABLA 28**

#### **CANTIDADES DE OBRAS CIVILES DE BA-A1**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	PRECIO T.
<b>AZUD Y BOCATOMA</b>				<b>\$ 1.142.864,83</b>
Replanteo, desbroce y limpieza	Ha	1	220,18	220,18
Construcción y mantenimiento de las Ataguías	Gl	1	32362,32	32.362,32
Desvío de río	Gl	1	32362,32	32.362,32
Excavación común con agua (para azud, muros, etc)	m <sup>3</sup>	4880	6,80	33.172,01
Excavación en roca con agua (para azud, muros, etc)	m <sup>3</sup>	11440	9,50	108.653,12
Rellenos con material clasificado	m <sup>3</sup>	8160	15,69	127.996,38
Hormigón para azud	m <sup>3</sup>			
Hormigón para zampeado	m <sup>3</sup>			
Hormigón para muros, vigas y semejantes	m <sup>3</sup>			
Hormigón para reptantillos	m <sup>3</sup>	3264	180,30	588.509,02
Acero de refuerzo	Kg	39168	1,64	64.195,37
Acero estructural	Kg	39168	3,11	121.971,21
Inyección a presión para pantalla de impermeabilización	m	68	458,25	31.161,08
Compuerta plana para desagüe de fondo (1 de 2m x 2m)	U	1	2261,83	2.261,83
<b>DESARENADOR</b>				<b>\$ 146.592,99</b>
Excavación de plataforma: común	m <sup>3</sup>	9480	3,10	29381,78

Excavación de plataforma: roca	m <sup>3</sup>	400	11,45	4580,73
Excavación cajón: común	m <sup>3</sup>	1480	4,81	7121,56
Excavación cajón: roca	m <sup>3</sup>	680	11,45	7787,23
Hormigón para muros	m <sup>3</sup>	340	187,05	63598,11
Acero de refuerzo	Kg	16680	1,64	27338,10
Acero estructural	Kg	0	3,11	0,00
Compuertas planas (2 de 1m x1.9m y 1 de 1m x 1.5m)	U	3	2261,83	6785,48
<b>CONDUCCION: CANAL</b>				<b>\$ 1.933.240,51</b>
Replanteo, desbroce y limpieza	Ha	3,016	220,18	664,06
Excavación de plataforma: común	m <sup>3</sup>	30160	3,10	93476,21
Excavación de plataforma: roca	m <sup>3</sup>	1840	11,45	21071,34
Excavación cajón: común	m <sup>3</sup>	10556	4,81	50794,02
Excavación cajón: roca	m <sup>3</sup>	920	11,45	10535,67
Limpieza de derrumbes	m <sup>3</sup>	9048	1,03	9315,93
Hormigón de revestimiento para canal	m <sup>3</sup>	7917	191,64	1517249,56
Drenaje canal	ml	532	5,77	3068,54
Sub-base (para pavimento del camino)	m <sup>3</sup>	4250	11,18	47509,26
Rellenos con material clasificado para plataforma y terraplén	m <sup>3</sup>	2300	15,69	36077,41
Excavación común - Obras de Arte	m <sup>3</sup>	360	7,14	2571,93
Hormigón para muros, vigas tablero de obras de arte	m <sup>3</sup>	342	225,11	76986,56
Acero de refuerzo	Kg	39000	1,64	63920,03
<b>CONDUCCION: TUNEL</b>				<b>\$ 64.984,97</b>
Excavación portales: Común	m <sup>3</sup>	1350	4,81	6496,01
Excavación portales: Roca	m <sup>3</sup>	150	23,37	3504,89
Excavación túnel en roca	m <sup>3</sup>	548	11,45	6269,87
Hormigón de revestimiento	m <sup>3</sup>	413	91,21	37622,06
Soporte metálicos	kg	2214	5,01	11092,14
<b>ALIVIADEROS TIPO</b>				<b>\$ 453.237,36</b>
Excavación cajón: común	m <sup>3</sup>	1840	4,81	8853,83
Excavación cajón: roca	m <sup>3</sup>	4960	11,45	56800,99
Hormigón para muros	m <sup>3</sup>	1424	187,05	266363,86
Acero de refuerzo	Kg	71200	1,64	116695,02
Compuertas (2 de 1m x 1m)	U	2	2261,83	4523,66
<b>PASOS DE AGUA</b>				<b>\$ 49.689,23</b>
Excavación cajón: común	m <sup>3</sup>	583,2	4,81	2806,28
Excavación cajón: roca	m <sup>3</sup>	252	11,45	2885,86
Hormigón para muros	m <sup>3</sup>	132	187,05	24691,03
Acero de refuerzo	Kg	3499,2	1,64	5735,10
Compuertas (6 de 2.5m x 2.5m)	U	6	2261,83	13570,97
<b>RESERVORIO DE REGULACIÓN DIARIA</b>				<b>\$ 800.741,87</b>
Excavación de plataforma: común	m <sup>3</sup>	16000	3,10	49589,50
Excavación de plataforma: roca	m <sup>3</sup>	4000	11,45	45807,25
Excavación cajón: común	m <sup>3</sup>	5600	4,81	26946,43

Excavación cajón: roca	m <sup>3</sup>	2000	11,45	22903,63
Sub-base de material drenaje	m <sup>3</sup>	1280	11,18	14308,67
Tubería de drenaje	ml	640	5,77	3692,80
Hormigón de revestimiento	m <sup>3</sup>	550	191,64	105404,48
Hormigón para muros	m <sup>3</sup>	110	187,05	20575,86
Acero de refuerzo	m <sup>3</sup>	5333	1,64	8741,20
Acero estructural	Kg	160000	3,11	498248,40
Compuertas (2 de 2m x 2m)	U	2	2261,83	4523,66
<b>TANQUE DE CARGA</b>				<b>\$ 8.194,40</b>
Replanteo, desbroce y limpieza	ha	1	220,18	220,18
Excavación cajón: común	m <sup>3</sup>	60	4,81	288,71
Excavación cajón: roca	m <sup>3</sup>	12	11,45	137,42
Relleno simple	m <sup>3</sup>	7,2	1,66	11,95
Hormigón para muros	m <sup>3</sup>	16	187,05	2992,85
Acero de refuerzo	Kg	24	1,64	39,34
Acero estructural	Kg	720	3,11	2242,12
Compuerta (1 de 2m x 2m)	U	1	2261,83	2261,83
<b>TUBERIA DE PRESION</b>				<b>\$ 2.022.369,87</b>
Replanteo, desbroce y limpieza	ha	1	220,18	220,18
Excavación común - Tubería de Presión	m <sup>3</sup>	14375	7,14	102698,59
Excavación en roca - Tubería de Presión	m <sup>3</sup>	14375	23,37	335884,81
Relleno simple	m <sup>3</sup>	250	1,66	415,00
Hormigón para bloques de apoyo (ó de apoyos y anclaje)	m <sup>3</sup>	600	225,11	135064,15
Acero de refuerzo	Kg	12000	1,64	19667,70
Tubería blindada Presión (Diámetro 1 m)	U	1,00	1428419,44	1428419,44
<b>CASA DE MAQUINAS</b>				<b>\$ 172.248,65</b>
Excavación de plataforma: común	m <sup>3</sup>	4680	3,10	14504,93
Excavación de plataforma: roca	m <sup>3</sup>	936	11,45	10718,90
Excavación cajón: común	m <sup>3</sup>	270	4,81	1299,20
Excavación cajón: roca	m <sup>3</sup>	270	11,45	3091,99
Rellenos con material clasificado para Casa de máquinas	m <sup>3</sup>	561,6	15,69	8809,16
Hormigón estructural	m <sup>3</sup>	99	167,11	16544,13
Hormigón para Apoyo de equipos	m <sup>3</sup>	79,2	221,93	17577,17
Hormigón para Paredes	m <sup>3</sup>	291	194,06	56471,73
Acero de refuerzo	Kg	19560	1,64	32058,35
Cubierta metálica	m <sup>2</sup>	205,74	54,31	11173,08
<b>CANAL DE RESTITUCIÓN</b>				<b>\$ 15.194,98</b>
Excavación cajón: común	m <sup>3</sup>	80	4,81	384,95
Excavación cajón: roca	m <sup>3</sup>	80	11,45	916,15
Hormigón de revestimiento	m <sup>3</sup>	40	191,64	7665,78
Acero estructural	Kg	2000	3,11	6228,11
<b>TERRENOS Y SERVIDUMBRES</b>				<b>\$ 419.776,40</b>
Terrenos	Ha	20,00	2498,53	49970,60

Edificaciones	m2	640,00	429,43	274835,20
Cultivos	Ha	20,00	2498,53	49970,60
Gastos legales de adquisición	Gl	1,00	25000,00	25000,00
Imprevistos	Gl	1,00	20000,00	20000,00
<b>CAMINOS DE ACCESO</b>				<b>\$ 270.000,00</b>
Camino de acceso - Toma 720	Km	0,1	150000,00	15000,00
Camino de acceso - Reservorio	Km	1,2	150000,00	180000,00
Camino de acceso - Casa de Máquinas	Km	0,5	150000,00	75000,00
<b>MEDIDAS DE MITIGACION AMBIENTAL</b>				<b>\$ 200.000,00</b>
Mitigación Ambiental	Gl	1	200000,00	200000,00
<b>TOTAL OBRAS CIVILES</b>				<b>\$ 7.699.136,07</b>

### 5.2.2 BA-M

En la tabla 29 se muestran las cantidades de obras civiles para la toma ubicada en la cota 360 m.s.n.m. (BA-M) y su respectivos costos que fueron analizados en el Anexo 5.

**TABLA 29**

### **CANTIDADES DE OBRAS CIVILES DE BA-M**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	PRECIO T.
<b>AZUD Y BOCATOMA</b>				<b>\$ 1,501,548.72</b>
Replanteo, desbroce y limpieza	Ha	1	220.18	220.18
Construcción y mantenimiento de las Ataguías	Gl	1	32362.32	32,362.32
Desvío de río	Gl	1	32362.32	32,362.32
Excavación común con agua (para azud, muros, etc)	m <sup>3</sup>	7320	6.80	49,758.02
Excavación en roca con agua (para azud, muros, etc)	m <sup>3</sup>	17160	9.50	162,979.67
Rellenos con material clasificado	m <sup>3</sup>	12240	15.69	191,994.57
Hormigón para azud				
Hormigón para zampeado				
Hormigón para muros, vigas y semejantes				
Hormigón para reptantillos	m <sup>3</sup>	4896	180.30	882,763.53
Acero de refuerzo	Kg	58752	1.64	96,293.06
Acero estructural	Kg	1224	3.11	3,811.60

Inyección a presión para pantalla de impermeabilización	m	102	458.25	46,741.61
Compuerta plana para desagüe de fondo (1 de 2m x 2m)	U	1	2261.83	2,261.83
<b>DESARENADOR</b>				<b>\$ 216,496.75</b>
Excavación de plataforma: común	m <sup>3</sup>	14220	3.10	44072.67
Excavación de plataforma: roca	m <sup>3</sup>	600	11.45	6871.09
Excavación cajón: común	m <sup>3</sup>	2220	4.81	10682.33
Excavación cajón: roca	m <sup>3</sup>	1020	11.45	11680.85
Hormigón para muros	m <sup>3</sup>	510	187.05	95397.17
Acero de refuerzo	Kg	25020	1.64	41007.15
Acero estructural	Kg	0	3.11	0.00
Compuertas planas (3 de 1.5m x2m)	U	3	2261.83	6785.48
<b>CONDUCCION: CANAL</b>				<b>\$ 1,631,929.80</b>
Replanteo, desbroce y limpieza	Ha	2	220.18	440.36
Excavación de plataforma: común	m <sup>3</sup>	27440	3.10	85045.99
Excavación de plataforma: roca	m <sup>3</sup>	2560	11.45	29316.64
Excavación cajón: común	m <sup>3</sup>	9604	4.81	46213.13
Excavación cajón: roca	m <sup>3</sup>	1280	11.45	14658.32
Limpieza de derrumbes	m <sup>3</sup>	8232	1.03	8475.77
Hormigón de revestimiento para canal	m <sup>3</sup>	6272	191.64	1201994.34
Drenaje canal	ml	798	5.77	4602.81
Sub-base (para pavimento del camino)	m <sup>3</sup>	4250	11.18	47509.26
Rellenos con material clasificado para plataforma y terraplén	m <sup>3</sup>	3200	15.69	50194.66
Excavación común - Obras de Arte	m <sup>3</sup>	360	7.14	2571.93
Hormigón para muros, vigas tablero de obras de arte	m <sup>3</sup>	342	225.11	76986.56
Acero de refuerzo	Kg	39000	1.64	63920.03
<b>ALIVIADEROS TIPO</b>				<b>\$ 453,237.36</b>
Excavación cajón: común	m <sup>3</sup>	1840	4.81	8853.83
Excavación cajón: roca	m <sup>3</sup>	4960	11.45	56800.99
Hormigón para muros	m <sup>3</sup>	1424	187.05	266363.86
Acero de refuerzo	Kg	71200	1.64	116695.02
Compuertas (2 de 1m x 1m)	U	2	2261.83	4523.66
<b>PASOS DE AGUA</b>				<b>\$ 23,410.84</b>
Excavación cajón: común	m <sup>3</sup>	291.6	4.81	1403.14
Excavación cajón: roca	m <sup>3</sup>	126	11.45	1442.93
Hormigón para muros	m <sup>3</sup>	66	187.05	12345.52
Acero de refuerzo	Kg	874.8	1.64	1433.78
Compuertas (3 de 2m x 2m)	U	3	2261.83	6785.48
<b>RESERVORIO DE REGULACIÓN DIARIA</b>				<b>\$ 1,141,587.19</b>
Excavación de plataforma: común	m <sup>3</sup>	24000	3.10	74384.25
Excavación de plataforma: roca	m <sup>3</sup>	6000	11.45	68710.88
Excavación cajón: común	m <sup>3</sup>	8400	4.81	40419.65
Excavación cajón: roca	m <sup>3</sup>	3000	11.45	34355.44
Sub-base de material drenaje	m <sup>3</sup>	1920	11.18	21463.01

Tubería de drenaje	ml	960	5.77	5539.20
Hormigón de revestimiento	m <sup>3</sup>	575	191.64	110195.59
Hormigón para muros	m <sup>3</sup>	115	187.05	21511.13
Acero de refuerzo	m <sup>3</sup>	8000	1.64	13111.80
Acero estructural	Kg	240000	3.11	747372.60
Compuertas (2 de 2m x 2m)	U	2	2261.83	4523.66
<b>TANQUE DE CARGA</b>				<b>\$ 20,827.92</b>
Replanteo, desbroce y limpieza	ha	1	220.18	220.18
Excavación cajón: común	m <sup>3</sup>	250	4.81	1202.97
Excavación cajón: roca	m <sup>3</sup>	50	11.45	572.59
Relleno simple	m <sup>3</sup>	30	1.66	49.80
Hormigón para muros	m <sup>3</sup>	37.5	187.05	7014.50
Acero de refuerzo	Kg	100	1.64	163.90
Acero estructural	Kg	3000	3.11	9342.16
Compuerta (1 de 2m x 2m)	U	1	2261.83	2261.83
<b>TUBERIA DE PRESION</b>				<b>\$ 1,716,483.79</b>
Replanteo, desbroce y limpieza	ha	1	220.18	220.18
Excavación común - Tubería de Presión	m <sup>3</sup>	20125	7.14	143778.03
Excavación en roca - Tubería de Presión	m <sup>3</sup>	20125	23.37	470238.74
Relleno simple	m <sup>3</sup>	250	1.66	415.00
Hormigón para bloques de apoyo (ó de apoyos y anclaje)	m <sup>3</sup>	600	225.11	135064.15
Acero de refuerzo	Kg	12000	1.64	19667.70
Tubería blindada Presión (Diámetro 1,5 m)	U	1.00	947100.00	947100.00
<b>CASA DE MAQUINAS</b>				<b>\$ 172,248.65</b>
Excavación de plataforma: común	m <sup>3</sup>	4680	3.10	14504.93
Excavación de plataforma: roca	m <sup>3</sup>	936	11.45	10718.90
Excavación cajón: común	m <sup>3</sup>	270	4.81	1299.20
Excavación cajón: roca	m <sup>3</sup>	270	11.45	3091.99
Rellenos con material clasificado para Casa de maquinas	m <sup>3</sup>	561.6	15.69	8809.16
Hormigón estructural	m <sup>3</sup>	99	167.11	16544.13
Hormigón para Apoyo de equipos	m <sup>3</sup>	79.2	221.93	17577.17
Hormigón para Paredes	m <sup>3</sup>	291	194.06	56471.73
Acero de refuerzo	Kg	19560	1.64	32058.35
Cubierta metálica	m2	205.74	54.31	11173.08
<b>CANAL DE RESTITUCIÓN</b>				<b>\$ 22,792.47</b>
Excavación cajón: común	m <sup>3</sup>	120	4.81	577.42
Excavación cajón: roca	m <sup>3</sup>	120	11.45	1374.22
Hormigón de revestimiento	m <sup>3</sup>	60	191.64	11498.67
Acero estructural	Kg	3000	3.11	9342.16
<b>TERRENOS Y SERVIDUMBRES</b>				<b>\$ 419,776.40</b>
Terrenos	Ha	20.00	2498.53	49970.60
Edificaciones	m2	640.00	429.43	274835.20
Cultivos	Ha	20.00	2498.53	49970.60

Gastos legales de adquisición	Gl	1.00	25000.00	25000.00
Imprevistos	Gl	1.00	20000.00	20000.00
<b>CAMINOS DE ACCESO</b>				<b>\$ 225,000.00</b>
Camino de acceso - Toma 360	Km	0.2	150000.00	30000.00
Camino de acceso - Reservorio	Km	0.8	150000.00	120000.00
Camino de acceso - Casa de Máquinas	Km	0.5	150000.00	75000.00
<b>MEDIDAS DE MITIGACION AMBIENTAL</b>				<b>\$ 200,000.00</b>
Mitigación Ambiental	Gl	1	200000.00	200000.00
<b>TOTAL OBRAS CIVILES</b>				<b>\$ 7,745,339.88</b>

### 5.2.3. BA-B

En la tabla 30 se muestran las cantidades de obras civiles para la toma ubicada en la cota 200 m.s.n.m. (BA-B) y su respectivos costos que fueron analizados en el Anexo 5.

**TABLA 30**

### CANTIDADES DE OBRAS CIVILES DE BA-B

DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	PRECIO T.
<b>AZUD Y BOCATOMA</b>				<b>\$ 1,501,548.72</b>
Replanteo, desbroce y limpieza	Ha	1	220.18	220.18
Construcción y mantenimiento de las Ataguías	Gl	1	32362.32	32,362.32
Desvío de río	Gl	1	32362.32	32,362.32
Excavación común con agua (para azud, muros, etc)	m <sup>3</sup>	7320	6.80	49,758.02
Excavación en roca con agua (para azud, muros, etc)	m <sup>3</sup>	17160	9.50	162,979.67
Rellenos con material clasificado	m <sup>3</sup>	12240	15.69	191,994.57
Hormigón para azud				
Hormigón para zampeado				
Hormigón para muros, vigas y semejantes				
Hormigón para reptantillos	m <sup>3</sup>	4896	180.30	882,763.53
Acero de refuerzo	Kg	58752	1.64	96,293.06
Acero estructural	Kg	1224	3.11	3,811.60
Inyección a presión para pantalla de impermeabilización	m	102	458.25	46,741.61
Compuerta plana para desagüe de fondo (1 de 2m x 2m)	U	1	2261.83	2,261.83

<b>DESARENADOR</b>				<b>\$ 216,496.75</b>
Excavación de plataforma: común	m <sup>3</sup>	14220	3.10	44072.67
Excavación de plataforma: roca	m <sup>3</sup>	600	11.45	6871.09
Excavación cajón: común	m <sup>3</sup>	2220	4.81	10682.33
Excavación cajón: roca	m <sup>3</sup>	1020	11.45	11680.85
Hormigón para muros	m <sup>3</sup>	510	187.05	95397.17
Acero de refuerzo	Kg	25020	1.64	41007.15
Acero estructural	Kg	0	3.11	0.00
Compuertas planas (3 de 1.5m x2m)	U	3	2261.83	6785.48
<b>CONDUCCION: CANAL</b>				<b>\$ 476,558.96</b>
Replanteo, desbroce y limpieza	Ha	0.284	220.18	62.53
Excavación de plataforma: común	m <sup>3</sup>	4970	3.10	15403.74
Excavación de plataforma: roca	m <sup>3</sup>	1030	11.45	11795.37
Excavación cajón: común	m <sup>3</sup>	1739.5	4.81	8370.23
Excavación cajón: roca	m <sup>3</sup>	515	11.45	5897.68
Limpieza de derrumbes	m <sup>3</sup>	1491	1.03	1535.15
Hormigón de revestimiento para canal	m <sup>3</sup>	1136	191.64	217708.16
Drenaje canal	ml	798	5.77	4602.81
Sub-base (para pavimento del camino)	m <sup>3</sup>	4250	11.18	47509.26
Rellenos con material clasificado para plataforma y terraplén	m <sup>3</sup>	1287.5	15.69	20195.51
Excavación común - Obras de Arte	m <sup>3</sup>	360	7.14	2571.93
Hormigón para muros, vigas tablero de obras de arte	m <sup>3</sup>	342	225.11	76986.56
Acero de refuerzo	Kg	39000	1.64	63920.03
<b>ALIVIADEROS TIPO</b>				<b>\$ 332,529.91</b>
Excavación cajón: común	m <sup>3</sup>	11504	4.81	55355.67
Excavación cajón: roca	m <sup>3</sup>	3100	11.45	35500.62
Hormigón para muros	m <sup>3</sup>	890	187.05	166477.41
Acero de refuerzo	Kg	44500	1.64	72934.39
Compuertas (1 de 1m x 1m)	U	1	2261.83	2261.83
<b>PASOS DE AGUA</b>				<b>\$ 0.00</b>
Excavación cajón: común	m <sup>3</sup>	0	4.81	0.00
Excavación cajón: roca	m <sup>3</sup>	0	11.45	0.00
Hormigón para muros	m <sup>3</sup>	0	187.05	0.00
Acero de refuerzo	Kg	0	1.64	0.00
Compuertas de 2m x 2m	ml	0	2261.83	0.00
<b>RESERVOIRIO DE REGULACIÓN DIARIA</b>				<b>\$ 1,141,587.19</b>
Excavación de plataforma: común	m <sup>3</sup>	24000	3.10	74384.25
Excavación de plataforma: roca	m <sup>3</sup>	6000	11.45	68710.88
Excavación cajón: común	m <sup>3</sup>	8400	4.81	40419.65
Excavación cajón: roca	m <sup>3</sup>	3000	11.45	34355.44
Sub-base de material drenaje	m <sup>3</sup>	1920	11.18	21463.01
Tubería de drenaje	ml	960	5.77	5539.20
Hormigón de revestimiento	m <sup>3</sup>	575	191.64	110195.59

Hormigón para muros	m <sup>3</sup>	115	187.05	21511.13
Acero de refuerzo	m <sup>3</sup>	8000	1.64	13111.80
Acero estructural	Kg	240000	3.11	747372.60
Compuertas (2 de 2m x 2m)	U	2	2261.83	4523.66
<b>TANQUE DE CARGA</b>				<b>\$ 20,827.92</b>
Replanteo, desbroce y limpieza	ha	1	220.18	220.18
Excavación cajón: común	m <sup>3</sup>	250	4.81	1202.97
Excavación cajón: roca	m <sup>3</sup>	50	11.45	572.59
Relleno simple	m <sup>3</sup>	30	1.66	49.80
Hormigón para muros	m <sup>3</sup>	37.5	187.05	7014.50
Acero de refuerzo	Kg	100	1.64	163.90
Acero estructural	Kg	3000	3.11	9342.16
Compuerta (1 de 2m x 2m)	U	1	2261.83	2261.83
<b>TUBERIA DE PRESION</b>				<b>\$ 1,716,483.79</b>
Replanteo, desbroce y limpieza	ha	1	220.18	220.18
Excavación común - Tubería de Presión	m <sup>3</sup>	20125	7.14	143778.03
Excavación en roca - Tubería de Presión	m <sup>3</sup>	20125	23.37	470238.74
Relleno simple	m <sup>3</sup>	250	1.66	415.00
Hormigón para bloques de apoyo (ó de apoyos y anclaje)	m <sup>3</sup>	600	225.11	135064.15
Acero de refuerzo	Kg	12000	1.64	19667.70
Tubería blindada Presión (Diámetro 1,5 m)	U	1.00	947100.00	947100.00
<b>CASA DE MAQUINAS</b>				<b>\$ 172,248.65</b>
Excavación de plataforma: común	m <sup>3</sup>	4680	3.10	14504.93
Excavación de plataforma: roca	m <sup>3</sup>	936	11.45	10718.90
Excavación cajón: común	m <sup>3</sup>	270	4.81	1299.20
Excavación cajón: roca	m <sup>3</sup>	270	11.45	3091.99
Rellenos con material clasificado para Casa de maquinas	m <sup>3</sup>	561.6	15.69	8809.16
Hormigón estructural	m <sup>3</sup>	99	167.11	16544.13
Hormigón para Apoyo de equipos	m <sup>3</sup>	79.2	221.93	17577.17
Hormigón para Paredes	m <sup>3</sup>	291	194.06	56471.73
Acero de refuerzo	Kg	19560	1.64	32058.35
Cubierta metálica	m2	205.74	54.31	11173.08
<b>CANAL DE RESTITUCIÓN</b>				<b>\$ 22,792.47</b>
Excavación cajón: común	m <sup>3</sup>	120	4.81	577.42
Excavación cajón: roca	m <sup>3</sup>	120	11.45	1374.22
Hormigón de revestimiento	m <sup>3</sup>	60	191.64	11498.67
Acero estructural	Kg	3000	3.11	9342.16
<b>TERRENOS Y SERVIDUMBRES</b>				<b>\$ 419,776.40</b>
Terrenos	Ha	20.00	2498.53	49970.60
Edificaciones	m2	640.00	429.43	274835.20
Cultivos	Ha	20.00	2498.53	49970.60
Gastos legales de adquisición	GI	1.00	25000.00	25000.00
Imprevistos	GI	1.00	20000.00	20000.00

<b>CAMINOS DE ACCESO</b>				<b>\$ 292,500.00</b>
Camino de acceso - Toma 360	Km	0.6	150000.00	90000.00
Camino de acceso - Reservorio	Km	0.6	150000.00	90000.00
Camino de acceso - Casa de Máquinas	Km	0.75	150000.00	112500.00
<b>MEDIDAS DE MITIGACION AMBIENTAL</b>				<b>\$ 200,000.00</b>
Mitigación Ambiental	GI	1	200000.00	200000.00
<b>TOTAL OBRAS CIVILES</b>				<b>\$ 6,513,350.76</b>

### 5.3. Presupuesto de Equipos Electro-mecánicos y S/E.

A continuación se presenta el presupuesto de obras electro-mecánicas y de subestación para cada una de las Centrales.

#### 5.3.1. BA-A1

En la tabla 31 se muestra las cantidades de obras electro-mecánicas, hidro-mecánicas y de subestación para la toma ubicada en la cota 720 m.s.n.m y sus respectivos costos que fueron analizados en el Anexo 5.

**TABLA 31**

**CANTIDADES DE OBRA ELECTROMECAÑICAS,  
HIDROMECAÑICAS Y DE SUBESTACIÓN DE BA-A1**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	PRECIO T.
<b>EQUIPAMIENTO ELECTRO - MECANICO</b>				<b>\$ 5.844.418,27</b>
Turbina Pelton y regulador (2 x 4700 KW)	GI	2	1230030,48	2460060,96

Generador (2 de 4.7 MW, 4.16 KV)	U	2	1320078,36	2640156,72
Transformador (9,5 MW, 4.16/69/13.8 KV)	U	1	105782,77	105782,77
Tableros de Control	U	1	329835,84	329835,84
Equipos auxiliares, incluido generador de emergencia y de comunicación	U	1	293581,99	293581,99
Línea de Distribución primaria de 13.8 Kv (GLOBAL)	Km	0,5	30000,00	15000,00
<b>EQUIPOS HIDRO-MECANICOS</b>				<b>\$ 201.236,32</b>
Reguladores de velocidad	U	2	22181,48	44362,95
Válvulas esféricas	U	2	22181,48	44362,95
Puente grúa	U	1	36741,20	36741,20
Sistemas auxiliares	GI	1	75769,22	75769,22
<b>SUBESTACION</b>				<b>\$ 1.966.309,13</b>
Obras Civiles (Servicio Eléctrico y Sanitario)	GI	1	297765,72	297765,72
Equipos	GI	1	437343,41	437343,41
Líneas de Transmisión a 69 KV (Obra Civil y Equipos)	Km	21	60000,00	1231200,00
<b>TOTAL OBRAS ELECTROMECHANICAS Y S/E</b>				<b>\$ 8.011.963,73</b>

### 5.3.2. BA-M

En la tabla 32 se muestran las cantidades de obras electromecánicas, hidro-mecánicas y de subestación para la toma ubicada en la cota 360 m.s.n.m y sus respectivos costos que fueron analizados en el Anexo 5.

**TABLA 32**

**CANTIDADES DE OBRAS ELECTROMECHANICAS,  
HIDROMECHANICAS Y DE SUBESTACION DE BA-M**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	PRECIO T.
<b>EQUIPAMIENTO ELECTRO - MECANICO</b>				<b>\$ 4,123,170.03</b>
Turbina Francis y regulador (2 x 3250 KW)	GI	2	914394.90	1828789.81

Generador (2 de 3,25 MW, 4.16 KV)	U	2	981335.78	1962671.57
Transformador (6.5 MW, 4.16/69/13.8 KV)	U	1	83664.55	83664.55
Tableros de Control	U	1	261822.2443	
Equipos auxiliares, incluido generador de emergencia y de comunicación	U	1	233044.1015	233044.10
Línea de Distribución primaria de 13.8 Kv (GLOBAL)	Km	0.5	30000.00	15000.00
<b>EQUIPOS HIDRO-MECANICOS</b>				<b>\$ 234,450.40</b>
Reguladores de velocidad	U	2	33272.21	66544.43
Válvulas esféricas	U	2	33272.21	66544.43
Puente grúa	U	1	24800.31	24800.31
Sistemas auxiliares	Gl	1	76561.23	76561.23
<b>SUBESTACION</b>				<b>\$ 1,667,380.37</b>
Obras Civiles (Servicio Eléctrico y Sanitario)	Gl	1	297765.72	297765.72
Equipos	Gl	1	241934.65	241934.65
Líneas de Transmisión a 69 KV (Obra Civil y Equipos)	Km	16	60000.00	967680.00
Barra de Conexión	Gl	1	160000	160000
<b>TOTAL OBRAS ELECTROMECHANICAS Y S/E</b>				<b>\$ 6,025,000.80</b>

### 5.3.3. BA-B

En la tabla 33 se muestran las cantidades de obras electro-mecánicas, hidro-mecánicas y de subestación para la toma ubicada en la cota 360 m.s.n.m y sus respectivos costos que fueron analizados en el Anexo 5.

TABLA 33

**CANTIDADES DE OBRAS ELECTROMECAICAS,  
HIDROMECAICAS Y DE SUBESTACION DE BA-B**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	PRECIO T.
<b>EQUIPAMIENTO ELECTRO - MECANICO</b>				<b>\$ 3,533,080.78</b>
Turbina Francis y regulador (2 x 1700 KW)	GI	2	788411.61	1576823.21
Generador (2 de 1,7 MW, 4.16 KV)	U	2	846129.52	1692259.04
Transformador (3.4 MW, 4.16/69/13.8 KV)	U	1	65777.65	65777.65
Tableros de Control	U	1	205846.4541	
Equipos auxiliares, incluido generador de emergencia y de comunicaci3n	U	1	183220.8798	183220.88
L3nea de Distribuci3n primaria de 13.8 Kv (GLOBAL)	Km	0.5	30000.00	15000.00
<b>EQUIPOS HIDRO-MECANICOS</b>				<b>\$ 207,059.78</b>
Reguladores de velocidad	U	2	33272.21	66544.43
V3lvulas esf3ricas	U	2	33272.21	66544.43
Puente grúa	U	1	13777.95	13777.95
Sistemas auxiliares	GI	1	60192.97	60192.97
<b>SUBESTACION</b>				<b>\$ 1,085,436.16</b>
Obras Civiles (Servicio El3ctrico y Sanitario)	GI	1	297765.72	297765.72
Equipos	GI	1	126550.43	126550.43
L3neas de Transmisi3n a 69 KV (Obra Civil y Equipos)	Km	8	60000.00	501120.00
Barra de Conexi3n	GI	1	160000	160000
<b>TOTAL OBRAS ELECTROMECAICAS Y S/E</b>				<b>\$ 4,825,576.71</b>

#### 5.4. Resumen y Presupuesto General

A continuaci3n se presenta el resumen y presupuesto general de obras civiles, electromec3nicas y de subestaci3n, as3 como los costos por administraci3n e imprevistos para cada una de las Centrales.

### 5.4.1. BA-A1

En la tabla 34 se muestra el resumen general de obras y el presupuesto del proyecto.

**TABLA 34**

**RESUMEN GENERAL DE OBRAS Y PRESUPUESTO DEL  
PROYECTO BA-A1**

RESUMEN GENERAL	SUBTOTAL	%
<b>OBRA CIVIL</b>	<b>\$ 7.699.136,07</b>	<b>49,00%</b>
AZUD Y BOCATOMA	1.142.864,83	7,27%
DESARENADOR	146.592,99	0,93%
CONDUCCION: CANAL	1.933.240,51	12,30%
CONDUCCION: TUNEL	64.984,97	0,41%
ALIVIADEROS TIPO	453.237,36	2,88%
PASOS DE AGUA	49.689,23	0,32%
RESERVORIO DE REGULACIÓN DIARIA	800.741,87	5,10%
TANQUE DE CARGA	8.194,40	0,05%
TUBERIA DE PRESION	2.022.369,87	12,87%
CASA DE MAQUINAS	172.248,65	1,10%
CANAL DE RESTITUCIÓN	15.194,98	0,10%
TERRENOS Y SERVIDUMBRES	419.776,40	2,67%
CAMINOS DE ACCESO	270.000,00	1,72%
MEDIDAS DE MITIGACION AMBIENTAL	200.000,00	1,27%
<b>EQUIPOS</b>	<b>\$ 6.045.654,60</b>	<b>38,48%</b>
EQUIPAMIENTO ELECTRO - MECANICO	5.844.418,27	37,20%
EQUIPOS HIDRO-MECANICOS	201.236,32	1,28%
<b>SUBESTACION</b>	<b>\$ 1.966.309,13</b>	<b>12,52%</b>
<b>Costo Directo de Construcción</b>		
	15.711.099,80	100%
<b>Ingeniería y Administración (10% C.D.C.)</b>	1.571.109,98	---
<b>Imprevistos (8% C.D.C.)</b>	1.256.887,98	---
<b>COSTO TOTAL DE CONSTRUCCION DEL PROYECTO</b>	<b>\$ 18.539.097,76</b>	<b>---</b>

La construcción de la central en la cota 720 m.s.n.m, se ha presupuestado en \$18'593,097.76. En este valor, ya constan los

los rubros aproximados por Ingeniería y Administración, e Imprevistos, los cuales fueron obtenidos como un 10% y 8%, de los costos directos de construcción, respectivamente.

Para esta central de 9.38 MW, se ha calculado que su costo por KW instalado es de \$ 1.976,45

#### 5.4.2. BA-M

En la tabla 35 se muestra el resumen general de obras y el presupuesto del proyecto.

**TABLA 35**

**RESUMEN GENERAL DE OBRAS Y PRESUPUESTO DEL  
PROYECTO BA-M**

RESUMEN GENERAL	SUBTOTAL	%
<b>OBRA CIVIL</b>	<b>\$ 7,745,339.88</b>	<b>56.25%</b>
AZUD Y BOCATOMA	1,501,548.72	10.90%
DESARENADOR	216,496.75	1.57%
CONDUCCION: CANAL	1,631,929.80	11.85%
ALIVIADEROS TIPO	453,237.36	3.29%
PASOS DE AGUA	23,410.84	0.17%
RESERVORIO DE REGULACIÓN DIARIA	1,141,587.19	8.29%
TANQUE DE CARGA	20,827.92	0.15%
TUBERIA DE PRESION	1,716,483.79	12.47%
CASA DE MAQUINAS	172,248.65	1.25%
CANAL DE RESTITUCIÓN	22,792.47	0.17%
TERRENOS Y SERVIDUMBRES	419,776.40	3.05%
CAMINOS DE ACCESO	225,000.00	1.63%
MEDIDAS DE MITIGACION AMBIENTAL	200,000.00	1.45%
<b>EQUIPOS</b>	<b>\$ 4,357,620.43</b>	<b>31.64%</b>
EQUIPAMIENTO ELECTRO - MECANICO	4,123,170.03	29.94%

EQUIPOS HIDRO-MECANICOS	234,450.40	1.70%
<b>SUBESTACION</b>	<b>\$ 1,667,380.37</b>	<b>12.11%</b>
<b>Costo Directo de Construcción</b>		
Ingeniería y Administración (10% C.D.C.)	13,770,340.68	100%
Imprevistos (8% C.D.C.)	1,377,034.07	---
	1,101,627.25	---
<b>COSTO TOTAL DE CONSTRUCCION DEL PROYECTO</b>	<b>\$ 16,249,002.01</b>	<b>---</b>

La construcción de la central en la cota 360, se ha presupuestado en \$16'249,002.01. En este valor, ya constan los rubros aproximados por Ingeniería y Administración, e Imprevistos, los cuales fueron obtenidos como un 10% y 8%, de los costos directos de construcción, respectivamente.

Para esta central de 6.45 MW, se ha calculado que su costo por KW instalado es de \$2,519.23

#### 5.4.3. BA-B

En la tabla 36 se muestra el resumen general de obras y el presupuesto del proyecto.

**TABLA 36**

**RESUMEN GENERAL DE OBRAS Y PRESUPUESTO DEL  
PROYECTO BA-B**

RESUMEN GENERAL	SUBTOTAL	%
<b>OBRA CIVIL</b>	<b>\$ 6,513,350.76</b>	<b>57.44%</b>
AZUD Y BOCATOMA	1,501,548.72	13.24%
DESARENADOR	216,496.75	1.91%
CONDUCCION: CANAL	476,558.96	4.20%

ALIVIADEROS TIPO	332,529.91	2.93%
PASOS DE AGUA	0.00	0.00%
RESERVORIO DE REGULACIÓN DIARIA	1,141,587.19	10.07%
TANQUE DE CARGA	20,827.92	0.18%
TUBERIA DE PRESION	1,716,483.79	15.14%
CASA DE MAQUINAS	172,248.65	1.52%
CANAL DE RESTITUCIÓN	22,792.47	0.20%
TERRENOS Y SERVIDUMBRES	419,776.40	3.70%
CAMINOS DE ACCESO	292,500.00	2.58%
MEDIDAS DE MITIGACION AMBIENTAL	200,000.00	1.76%
<b>EQUIPOS</b>	<b>\$ 3,740,140.55</b>	<b>32.98%</b>
EQUIPAMIENTO ELECTRO - MECANICO	3,533,080.78	31.16%
EQUIPOS HIDRO-MECANICOS	207,059.78	1.83%
<b>SUBESTACION</b>	<b>\$ 1,085,436.16</b>	<b>9.57%</b>
<b>Costo Directo de Construcción</b>		
	11,338,927.47	100%
<b>Ingeniería y Administración (10% C.D.C.)</b>	1,133,892.75	---
<b>Imprevistos (8% C.D.C.)</b>	907,114.20	---
<b>COSTO TOTAL DE CONSTRUCCION DEL PROYECTO</b>	<b>\$ 13,379,934.42</b>	<b>---</b>

La construcción de la central en la cota 200, se ha presupuestado en \$13'379,934.42. En este valor, ya constan los rubros aproximados por Ingeniería y Administración, e Imprevistos, los cuales fueron obtenidos como un 10% y 8%, de los costos directos de construcción, respectivamente.

Para esta central de 3.34 MW, se ha calculado que su costo por KW instalado es de \$4,005.97

# CAPÍTULO 6

## PRODUCCIONES ENERGÉTICAS

### 6.1. Introducción

La determinación de las producciones energéticas es una herramienta indispensable para conocer la rentabilidad de un proyecto energético durante su tiempo de vida útil. Para el caso de un proyecto hidroeléctrico, cuyo tiempo de vida útil es de 50 años, el análisis consiste en realizar proyecciones a futuro de lo que podría generar la central, basándose en registros históricos de los caudales mensuales promedio del río cuyas aguas se desea aprovechar. En el capítulo 3 de la presente tesis se determinaron estos caudales tomando como base los registrados en el período 1965-1999.

Para el cálculo de las producciones energéticas se ha empleado un software denominado PFIRM, el cual utiliza modelos estocásticos para la elaboración de series numéricas. Esta herramienta permite obtener una simulación para conocer cómo se comportarán las centrales en su tiempo de funcionamiento. En este análisis se obtienen datos como energía mensual promedio producida, potencia mensual pico disponible,

caudales turbinados, operación de embalses, producción firme, entre otros.

## **6.2. Metodología de cálculo**

En la simulación de las producciones energéticas de este proyecto se analiza por separado cada una de las centrales (BA-A1, BA-M y BA-B) en las diferentes cotas (720-360-200), tratando a cada una de ellas como un proyecto distinto e independiente. Para esto se especifican las características de cada central, como la caída neta, caudal de diseño, potencia instalada, punto de captación, entre otras. Si se desea conocer con mayor detalle el funcionamiento de este software por favor revisar la tesis Modelo de Operación de Embalses - PFIRM.

A continuación se han detallado los pasos a seguir para ingresar los datos y obtener las tablas de datos y gráficos deseados. Para el efecto se analiza como ejemplo la central BA-M. Cabe recalcar que se omite aquellas ventanas en las que se requiere información acerca de la operación de embalses, ya que las centrales del presente proyecto son de pasada, es decir, no cuentan con reservorios con capacidades de almacenamiento que les permitan seguir funcionando por varios días o inclusive semanas independiente del flujo de caudal que aporte el río, sino mas bien solo regulan el flujo de agua por un determinado número

de horas, como medida de seguridad para el continuo funcionamiento de la central ante imprevisto (derrumbes en el canal de conducción) que solucionables en el lapso de funcionamiento del reservorio.

### **6.2.1. Datos Generales para la Hidrología**

En la figura 5.1 se pueden observar los datos iniciales que requiere el programa, los cuales tienen que ver con los años de los cuales se tienen registro de caudales. En este caso son para los años comprendidos entre 1965-1969. Es importante también especificar el número de años para la cual se quiere que el programa desarrolle la serie numérica; para esto se toma el valor de la vida útil de las centrales, la cual se determina en 50 años basándose en el criterio del tiempo de duración de las obras civiles.

**PFIRM - General Data for Hydrology**

**Database Design Information**

Number of Hydrological Stations (inflow series) 20

Initial Year of Natural Inflow Database 1965

Number of Years of Natural Inflows Database 35

Final Year of Natural Inflow Database 1999

Number of Years of Synthetic Inflow Series 50

Number of Hydro Conditions to be Calculated 10

Number of Hydro Facilities (reservoirs & plants) 20

**Probability Distribution Model**

LogNormal Distribution

Normal Distribution

**Correlation Parameters to Preserve**

Correlation Matrixes Lag 0 and Lag 1

Correlation Matrix Lag 0 & Autocorrel. Lag 1

Help Print Clear Cancel << >> OK

FIGURA 5.1. Ventana de PFIRM para ingresar los datos de hidrología

### 6.2.2. Datos generales para la operación del sistema

Se ha considerado el 97% de garantía anual y mensual para la energía y capacidad firme, aumentando la confiabilidad en este parámetro, normalmente fijado al 90%. No se considera déficit de energía para un año o mes fallido (0%). Se considera que en un día promedio la central trabaja 4 horas en el período pico.

Parameter	Value
Guarantee for Annual Firm Peak Capacity (%)	97.0
Guarantee for Annual Firm Energy (%)	97.0
Guarantee for Monthly Firm Peak Capacity (%)	97.0
Guarantee for Monthly Firm Energy (%)	97.0
Maximum Admissible Deficit (% of Mean Inflow)	0.0
Maximum Admissible Error (% of Mean Inflow)	0.0
Average Working-Day Peak Period (hours)	4.0

FIGURA 5.2. Ventana de PFIRM para ingresar los datos que especifican la operación del sistema.

### 6.2.3. Características de la Central.

El programa requiere que se identifique el tipo de central analizar. En este caso se ha seleccionado la opción Run of the River Plant (central de pasada). Se ingresaron los valores de Potencia Instalada, caída neta y caudal de diseño. También se han ajustado los valores de eficiencia tanto de la turbina como del generador los cuales son de 92% y 98% respectivamente. Un dato interesante es que una central de pasada no tiene un gran reservorio, por lo que se ingresa el mismo valor de la altura de la toma tanto en el nivel mínimo como en el máximo para simplificar el análisis, sin

que esto afecte considerablemente los resultados. En la figura 5.3 se puede apreciar lo explicado anteriormente.

Design Data		Excluded From Calculations <input type="checkbox"/>	
Type:	Run-of-the-River Plant	Turbine Efficiency (%):	92,00
	Reservoir Plant	Generator Efficiency (%):	98,00
	Regulation Reservoir	Forced Outage Factor (%):	3,00
Design Capacity (MW):	6,45	Max Reservoir Elevation (m):	360,00
Design Head (m):	120,00	Min Reservoir Elevation (m):	360,00
Design Discharge (m3/s):	6,08		
Name of the Facility: BALS_360		10	
Help		Print	
Clear		Cancel	
<<		>>	
		OK	

FIGURA 5.3. Ventana para ingresar los datos de la planta.

Para BA-M la altura neta es de 120m, con un caudal de diseño de 6.08m<sup>3</sup>/s y una capacidad instalada de 6.45MW. Esta es una central de pasada, para la que se considera que no existe variación en el reservorio, el cual se supone mantiene su nivel en 360msnm. Se ha considerado un 3% de interrupción forzada de la generación, por motivos de mantenimiento anual de la central, que equivale a 11 días.

#### 6.2.4. Pérdidas de altura en la restitución y capacidad de generación de reserva.

Se han tomado diferentes valores de caudales y se ha estimado el efecto que tiene cada valor en el nivel de restitución de la central. Para las pérdidas hidráulicas en la altura se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$p = k_p \times q^2$$

Donde:

$p$  = Pérdidas de altura

$q$  = Caudal

Para determinar  $k_p$  se ha considerado que la máxima pérdida de altura no excede al 7% de la caída neta del proyecto, y ocurre cuando se turbinan con el caudal de diseño.

$$k_p \times q_{dis}^2 = 0.07 h_n$$

$$k_p = \frac{0.07 \times 120}{6.08^2} = 0.2272$$

Finalmente, las máximas pérdidas en la restitución son:

$$p = k_p \times q^2 = 0.2272 \times 6.08^2 = 8.4m$$

Y con el mismo  $k_p$  se han calculado las pérdidas para otros caudales, en donde se obtuvieron los siguientes resultados:

**TABLA 37**

**PÉRDIDAS DE ALTURA EN RESTITUCIÓN, PARA  
DISTINTOS CAUDALES TURBINADOS**

Caudal Turbinado ( $m^3/s$ )	Pérdidas (m)
6.08	8.40
4.56	4.73
2.28	1.18
1.22	0.34

Se ha excluido de los cálculos la curva de elevación del reservorio por ser una central de pasada.

Otros datos importantes en esta sección son la capacidad de generar de la central mientras no tiene afluentes, y a qué caudal lo puede hacer. En la figura 5.4 se observan los valores mencionados.

**Firm Energy Model - Reservoir Data**

Reservoir Elevation Curve			Tailwater Elevation Curve		Hydraulic Losses		
	Elevation (m)	Volume (Hm3)	Area (Km2)	Elevation (m)	Inflow (m3/s)	Losses (m)	Discharge (m3/s)
Point 1	0,00	0,00	0,00	240,00	6,08	8,40	6,08
Point 2	0,00	0,00	0,00	240,00	5,00	5,68	5,00
Point 3	0,00	0,00	0,00	240,00	3,00	2,04	3,00
Point 4	0,00	0,00	0,00	240,00	1,82	0,75	1,82

Volume (Million m3):

Area (Km2):

Tailwater Elevation (m):  
 $E = 0,00000E+00 + 0,00000E+00*Q + 0,00000E+00*Q^2 + 0,00000E+00*Q^3$

Hydraulic Losses (m):  
 $L = 0,00000E+00 + 0,00000E+00*Q + 0,00000E+00*Q^2 + 0,00000E+00*Q^3$

Run-of-the-River Plants

Site Name:  10

Daily/Weekly Storage (MWh)

Maximum Discharge (m3/s)

Buttons: Help, Print, Clear, Cancel, <<, >>, OK

FIGURA 5.4. Ventana para ingresar la información del reservorio, curva de elevación a nivel de restitución y pérdidas hidráulicas.

Para determinar el almacenamiento diario que tiene la central en su pequeño reservorio se calcula el coeficiente energético, el cual es un parámetro que nos indica la cantidad de potencia generada por cada metro cúbico de agua turbinada:

$$C_E = \frac{E_p}{3600} = \frac{m \times g \times h_n \times \eta_T \times \eta_G}{3600}$$

$$C_E = \frac{1000 \times 9,81 \times 120 \times 0,92 \times 0,98}{3600}$$

$$C_E = 294,8 \left[ \frac{W}{m^3} \right]$$

Donde:

$C_E$ : Coeficiente Energético

$E_p$ : Energía Potencial

$h_n$ : Altura neta

$\eta_T$ : Eficiencia de la turbina

$\eta_G$ : Eficiencia del generador

$m$ : Masa del agua

$g$ : Aceleración de la gravedad

Se ha considerado que el volumen de almacenamiento en el pequeño reservorio de esta toma es de 30000m<sup>3</sup>. De esta manera, la energía generada aprovechando solamente el agua almacenada en el reservorio; es decir, cuando el agua desde los afluentes del río es escasa, es:

$$E = C_E \times V = 294.8 \times 30000 = 8844000$$

$$E = 8.84\text{MW/h}$$

Donde:

$C_E$ : Coeficiente Energético

$E$ : Energía disponible en el embalse

### *V: Capacidad de almacenamiento del embalse*

Entonces, se dispone de una capacidad de 8.84MW/h almacenada en el reservorio, con una descarga máxima igual al caudal de diseño, que es 6.08m<sup>3</sup>/s.

#### **6.2.5. Datos de simulación de operación**

En esta sección se toma en cuenta el caudal mínimo hasta el cual la central puede operar. Se ha considerado un caudal mínimo de 0m<sup>3</sup>/s debido a que se está trabajando con caudales promedio mensuales. Si se escogiera un caudal mínimo mayor a cero, podría estarse excluyendo en generación aquellos días de moderadas lluvias durante los meses secos, en donde el promedio de caudal es bajo. La figura 5.5 representa estos valores.

PFIRM - Operating Simulation Data

	Plant			Reservoir			
	Q Min (m <sup>3</sup> /s)	Q Max (m <sup>3</sup> /s)	Planned Outage (%)	Min Elev. (m)	Max Elev. (m)	Evaporation (mm)	QFirm Distr. (%)
January	0,00	6,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
February	0,00	6,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
March	0,00	6,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
April	0,00	6,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
May	0,00	6,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
June	0,00	6,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
July	0,00	6,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
August	0,00	6,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
September	0,00	6,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
October	0,00	6,08	33,33	0,00	0,00	0,00	0,00
November	0,00	6,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
December	0,00	6,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Site Name: BALS\_360 10

QFirm Distribution

Help Print Clear Cancel << >> OK

FIGURA 5.5. Ventana para ingresar las restricciones para la simulación de la operación del reservorio.

Como se ha mencionado en el numeral 5.2.3, se ha considerado una interrupción forzada de la generación de 11 días, por motivos de mantenimiento, que corresponde al 33.33% del tiempo total de un mes. Observando el comportamiento estacional del recurso hídrico, se ha considerado conveniente realizar el mantenimiento en el mes de Octubre de cada año, debido a que es el mes en que generalmente el caudal promedio es más bajo. De esta manera se

intenta afectar en el menor grado posible la producción normal de energía.

#### **6.2.6. Ingreso de la tabla de caudales**

Se han ingresado uno a uno los valores de los registros históricos de los caudales promedio mensuales en el periodo de tiempo mencionado 1965-1999 (tabla 38). A cada valor se le ha restado el caudal ecológico, equivalente al 10% del caudal promedio de la cuenca.

TABLA 38

**CAUDALES PROMEDIO MENSUALES DE LOS REGISTROS  
DE 1965 A 1999 PARA BA-M**

Years	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Average
1965	8,23	14,58	18,40	26,71	23,14	9,93	5,14	2,93	2,35	2,09	2,51	2,20	9,81
1966	6,90	12,58	10,91	7,34	5,28	3,56	2,58	2,18	1,15	1,13	0,90	1,06	4,58
1967	5,67	9,61	8,89	5,81	4,49	3,27	2,25	1,31	0,98	0,86	0,66	0,77	3,68
1968	2,89	6,21	7,22	6,85	3,35	2,30	1,34	0,95	0,79	0,77	0,64	0,81	2,92
1969	2,85	4,17	7,05	13,33	8,07	4,14	3,15	2,50	2,00	0,83	0,83	1,56	4,20
1970	5,97	8,98	7,87	10,53	9,54	4,70	2,83	2,42	2,11	1,47	1,08	1,69	4,90
1971	4,39	10,23	14,32	9,35	4,68	2,93	1,99	1,30	1,07	0,93	0,78	1,36	4,41
1972	7,52	9,67	19,19	14,61	8,68	9,28	6,66	4,76	4,00	3,65	3,41	6,23	8,13
1973	10,29	14,33	11,03	11,88	8,42	4,99	3,22	2,34	2,11	1,92	1,63	1,79	6,11
1974	3,43	8,42	9,83	5,84	6,21	3,49	2,48	1,86	1,60	1,65	1,56	3,41	4,12
1975	7,90	12,95	12,12	11,96	7,57	4,91	3,23	2,39	1,95	1,82	1,53	1,56	5,77
1976	7,41	14,22	14,46	12,56	8,62	5,11	3,28	2,30	1,81	1,44	1,40	2,21	6,18
1977	5,30	8,43	10,50	9,44	5,44	3,25	2,29	1,79	1,51	1,29	1,01	1,29	4,27
1978	5,03	8,37	9,69	10,35	7,21	3,82	2,45	0,00	0,15	1,36	1,09	1,69	4,24
1979	4,50	9,03	15,59	4,89	4,85	4,35	2,43	1,77	1,49	1,29	0,96	2,10	4,42
1980	2,11	11,52	9,21	16,61	10,56	5,30	2,89	1,99	1,41	1,19	1,01	3,11	5,52
1981	4,21	15,19	14,67	11,42	15,71	3,15	2,55	2,23	2,05	2,07	2,09	2,24	6,41
1982	6,68	13,44	10,34	8,43	5,35	3,29	2,65	1,77	1,51	2,41	11,51	18,56	7,12
1983	24,55	24,07	24,56	24,34	28,18	8,09	9,65	5,59	4,06	3,82	3,34	0,40	13,34
1984	6,53	17,06	22,11	15,33	9,10	3,99	2,88	1,99	2,89	1,40	0,92	2,65	7,17
1985	7,28	8,26	14,72	8,25	6,08	3,21	2,35	1,97	1,79	2,57	2,47	1,73	5,04
1986	6,82	10,41	9,58	12,16	6,95	3,27	2,23	1,74	1,84	1,81	1,74	1,69	4,98
1987	8,79	15,51	19,34	17,32	14,36	5,46	2,37	1,49	0,88	0,57	0,58	0,79	7,23
1988	7,04	16,69	12,22	12,36	11,01	3,65	1,91	1,12	0,71	0,52	0,38	0,50	5,60
1989	8,57	19,32	18,83	16,51	10,12	4,44	2,75	1,76	1,30	1,36	1,83	1,79	7,30
1990	2,60	9,79	8,11	10,82	6,78	3,53	2,15	1,44	1,00	0,85	0,66	1,43	4,05
1991	3,97	13,85	12,59	10,74	7,76	3,79	2,27	1,45	1,04	0,79	0,69	1,51	4,98
1992	9,20	17,27	26,01	20,40	16,97	8,58	3,31	1,68	0,89	0,58	0,46	0,67	8,78
1993	3,07	17,34	20,00	19,16	10,97	4,30	2,01	1,23	0,85	0,46	1,87	1,15	6,78
1994	7,28	15,61	13,62	16,06	8,37	2,86	1,23	0,69	0,55	0,25	0,20	1,56	5,62
1995	7,03	13,75	7,02	7,92	4,11	2,54	1,73	1,51	0,71	0,45	0,47	0,55	3,91
1996	3,41	15,72	13,99	9,71	5,35	2,44	1,66	0,67	0,42	0,32	0,38	0,52	4,42
1997	4,12	9,94	13,84	11,52	9,65	8,04	3,73	3,49	3,90	5,09	9,89	14,15	8,10
1998	14,91	15,23	13,58	14,73	9,83	3,20	2,66	2,09	1,95	1,14	1,83	0,32	6,73
1999	3,18	14,28	14,31	11,67	12,68	15,08	12,28	15,14	13,05	9,65	1,83	2,50	10,44
<b>Average</b>	<b>6,56</b>	<b>12,74</b>	<b>13,57</b>	<b>12,48</b>	<b>9,30</b>	<b>4,81</b>	<b>3,16</b>	<b>2,41</b>	<b>1,94</b>	<b>1,71</b>	<b>1,83</b>	<b>2,50</b>	<b>6,04</b>

### **6.3. Resultados**

Se han realizado las simulaciones para prever el comportamiento de la central durante los próximos 50 años. Previamente se explicó paso a paso el ingreso de los datos para la simulación de central cuya toma está ubicada a 360msnm. En las tablas 39 a 41 se incluyen también los resultados obtenidos para las simulaciones realizadas para las otras centrales, cuyas captaciones están a 720 y 200msnm. Los detalles de las simulaciones, con las tablas de datos obtenidas para cada central están incluidos en el anexo 4.







### **6.3.1. Serie Sintética de Caudales**

De los resultados promedios de la serie sintética generada se pueden analizar parámetros específicos que nos den una referencia del comportamiento del flujo de caudal de en cada una de las centrales del proyecto.

#### **6.3.1.1. Caudales Excedentes**

Así, para BA-B de los resultados obtenidos en la Tabla 41 se considera que el mes con menor caudal esperado promedio es el mes de Octubre con 1.64 m<sup>3</sup>/sg, siendo el periodo de menor caudal el comprendido entre los meses de Junio y Diciembre ya que sus valores están por debajo del promedio anual que es de 6.467 m<sup>3</sup>/sg. Por el contrario el mes en el cual se obtiene un mayor caudal esperado promedio es Marzo con un valor de 14.96 m<sup>3</sup>/sg, y el periodo en el que se obtienen un mayor caudal turbinado son los meses comprendidos entre Enero y Mayo cuyos valores están por encima del promedio anual que es de 6.467 m<sup>3</sup>/sg.

En BA-M tenemos el máximo caudal promedio esperado mensual en Marzo, siendo este de 14.44 m<sup>3</sup>/sg, así mismo la etapa en la que se obtiene los mayores registro de caudales son los meses comprendidos entre Enero y Mayo con caudales superiores al promedio anual que es de 6.25

m<sup>3</sup>/sg. El rango de tiempo en el que se obtiene el menor caudal esperado es entre los meses de Junio y Diciembre, siendo estos valores menores que el promedio anual de caudal esperado que es de 6.25 m<sup>3</sup>/sg, siendo el mes en el que registra el menor valor el mes de Octubre con un valor de 1.58 m<sup>3</sup>/sg.

Para BA-A1, los meses con mayor flujo de caudal esperado promedio son los meses comprendidos entre Enero y Mayo con un valor por encima del caudal turbinado promedio anual que es de 3.91 m<sup>3</sup>/sg, siendo el mes más lluvioso Marzo con un caudal esperado de 8.45 m<sup>3</sup>/sg. Los meses con menor flujo de caudal son los comprendidos entre Junio y Diciembre con un valor de caudal esperado promedio por debajo del promedio anual que es de 3.9 m<sup>3</sup>/sg, y con un mínimo caudal esperado promedio de 1.06 m<sup>3</sup>/sg en el mes de Octubre.

Cabe recalcar que las 3 centrales hidroeléctricas ubicadas a lo largo del río Cristal, comparten los mismos periodos de sequía como de época lluviosa, lo que se ve reflejado en el análisis de los resultados de la serie sintética. En este análisis se considera temporada lluviosa a la comprendida en los meses cuyos caudales están por encima del promedio anual y como temporada seca a los meses en los

cuales el caudal mensual está por debajo del promedio anual.

TABLA 42

## INDICATIVO DE TEMPORADA SECA, TEMPORADA LLUVIOSA, MES MÁS LLUVIOSO Y MES MÁS SECO

TOMA a 720msnm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio
Caudales Promedio Esperados (m <sup>3</sup> /s)	4.2	7.51	8.45	7.78	6.15	3.18	2.19	1.73	1.43	1.12	1.19	1.94	3.91

Maximo caudal esperado

Minimo caudal esperado

Temporada lluviosa

Temporada seca

TOMA a 360msnm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio
Caudales Promedio Esperados (m <sup>3</sup> /s)	7.09	13.18	14.44	12.79	8.9	4.7	3.01	2.16	1.82	1.58	2.13	3.18	6.25

Maximo caudal esperado

Minimo caudal esperado

Temporada lluviosa

Temporada seca

TOMA a 200msnm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio
Caudales Promedio Esperados (m <sup>3</sup> /s)	7.34	13.66	14.96	13.26	9.23	4.87	3.11	2.17	1.88	1.64	2.2	3.29	6,4675

Maximo caudal esperado

Minimo caudal esperado

Temporada lluviosa

Temporada seca

### 6.3.1.2. Caudales Turbinados

Para la central de la toma 200 m.s.n.m. de los resultados obtenidos en la Tabla 41 se considera que el mes con menor caudal turbinado promedio es el mes de Octubre con 1.64 m<sup>3</sup>/sg, siendo el periodo de menor caudal el comprendido entre los meses de Julio – Diciembre ya que sus valores están por debajo del promedio anual el cual es de 3.95 m<sup>3</sup>/sg. Por el contrario los meses en los cuales se obtiene un mayor caudal turbinado promedio son los meses de Marzo y Abril con un valor de caudal de 6.17 m<sup>3</sup>/sg cada uno, y el periodo en el que se obtienen un mayor caudal turbinado son los meses comprendidos entre Febrero y Mayo cuyos valores están por encima del promedio anual que es de 3.95 m<sup>3</sup>/sg.

En la toma 360 m.s.n.m. tenemos el máximo caudal promedio turbinado mensual en el mes de Marzo, siendo este de 5.90 m<sup>3</sup>/sg, así mismo la etapa en la que se obtiene los mayores registro de caudales son los meses comprendidos entre Febrero y Mayo con caudales superiores al promedio anual que es de 3.79 m<sup>3</sup>/sg. El rango de tiempo en el que se obtiene el menor caudal turbinado es entre los meses de Julio y Diciembre estando estos valores por debajo del promedio anual de caudal turbinado que es de 3.79 m<sup>3</sup>/sg, siendo el mes en el que

registra el menor valor el mes de Octubre con un valor de 1.58 m<sup>3</sup>/sg.

Para la toma 720 m.s.n.m. los meses con mayor flujo de caudal turbinado promedio son los meses comprendidos entre Febrero y Mayo con un valor por encima del caudal turbinado promedio anual que es de 2.27 m<sup>3</sup>/sg, siendo los meses más lluviosos Marzo y Abril con un caudal turbinado de 3.21 m<sup>3</sup>/sg. Los meses con menor flujo de caudal son los comprendidos entre Julio y Diciembre con un valor de caudal turbinado promedio por debajo del promedio anual que es de 2.27 m<sup>3</sup>/sg, y con un mínimo caudal turbinado promedio de 1.06 m<sup>3</sup>/sg en el mes de Octubre.

TABLA 43

INDICATIVO DE PERÍODOS EN LOS QUE SE OBTIENE EL MES CON MÁXIMO Y MÍNIMO CAUDAL TURBINADO

TOMA a 720msnm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio
Caudales Promedio Turbinados (m <sup>3</sup> /s)	2.79	3.19	3.21	3.21	3.01	2.69	2.05	1.66	1.4	1.06	1.19	1.78	2.27

Maximo caudal turbinado

Minimo caudal turbinado

Temporada lluviosa

Temporada seca

TOMA a 360msnm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio
Caudales Promedio Turbinados (m <sup>3</sup> /s)	4.85	5.89	5.9	5.89	5.13	4.19	2.92	2.16	1.82	1.58	2.13	3.03	3.79

Maximo caudal turbinado

Minimo caudal turbinado

Temporada lluviosa

Temporada seca

TOMA a 200msnm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio
Caudales Promedio Turbinados (m <sup>3</sup> /s)	5.07	6.16	6.17	6.17	5.36	4.36	3.03	2.17	1.88	1.64	2.2	3.15	3.95

Maximo caudal turbinado

Minimo caudal turbinado

Temporada lluviosa

Temporada seca

### 6.3.1.3. Caudales Excedentes

En la toma a 200 m.s.n.m.(BA-B) los meses en los cuales se produce la mayor excedencia son de Febrero a Mayo con una excedencia máxima en el mes de Marzo de 8.79 m<sup>3</sup>/sg. En la temporada seca el excedente producido es mínimo, siendo los meses comprendidos entre Agosto y Noviembre los más críticos ya que se utiliza todo el caudal disponible en esos meses, es decir, el excedente de caudal es 0 m<sup>3</sup>/sg.

Para la toma 360 m.s.n.m. (BA-M) los valores de caudales excedentes son máximos para los meses comprendidos entre Enero y Mayo con un caudal excedente máximo de 8.55 m<sup>3</sup>/sg en el mes de Marzo, partiendo como base de un caudal excedente promedio de 2.46 m<sup>3</sup>/sg. En los meses desde Junio hasta Diciembre el caudal excedente es muy por debajo del promedio anual, llegando a ser de un valor de 0 m<sup>3</sup>/sg en los meses de Agosto hasta Septiembre.

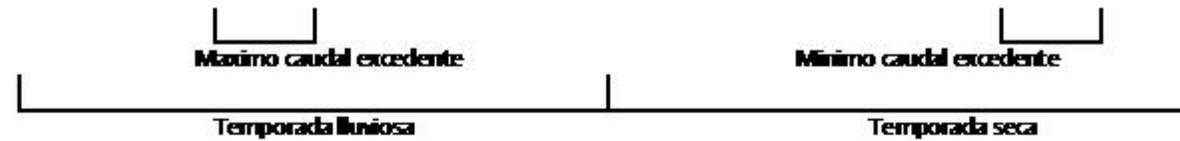
En la toma a 720 m.s.n.m. (BA-A1) el caudal excedente toma su valor mas alto en el mes de Marzo con 5.24 m<sup>3</sup>/sg y su valor más bajo en el mes de Noviembre con un valor de 0 m<sup>3</sup>/sg. En los meses entre Junio y Diciembre el caudal excedente es considerablemente menor en relación con el caudal promedio excedente anual.

El caudal excedente que se origine en las centrales es devuelto al cauce original del río, con esto se logra minimizar el impacto ambiental causado por el desvío de las aguas del Río Cristal, a mas de el caudal ecológico que está constantemente fluyendo por el cauce normal del río.

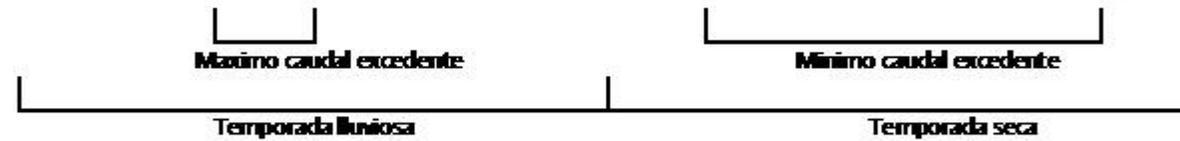
TABLA 44

## MÁXIMOS Y MÍNIMOS CAUDALES EXCEDENTES

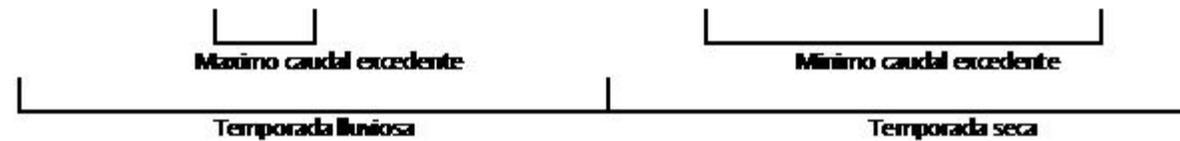
TOMA a 720msnm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio
Caudal Excedente Promedio (m <sup>3</sup> /s)	1.41	4.31	5.24	4.57	3.14	0.49	0.14	0.07	0.03	0.06	0	0.17	1.64



TOMA a 360msnm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio
Caudal Excedente Promedio (m <sup>3</sup> /s)	2.24	7.3	8.55	6.9	3.77	0.5	0.09	0	0	0	0	0.15	2.46



TOMA a 200msnm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio
Caudal Excedente Promedio (m <sup>3</sup> /s)	2.28	7.49	8.79	7.09	3.86	0.51	0.08	0	0	0	0	0.14	2.52



#### **6.3.1.4. Capacidades Máximas y Mínimas relacionadas con la Potencia Instalada**

La capacidad máxima promedio de generación de la central que está ubicada en la toma a 200 m.s.n.m. según los resultados de la simulación en PFIRM se da en los meses de Enero a Junio, generando un máximo de 3.05 Mw de potencia, mientras que la menor potencia generada se da en los meses denominados secos con un mínimo de generación de potencia de 1.67 Mw. Basándonos en estos datos se puede concluir que en la temporada húmeda o lluviosa que comprenden los meses de Enero a Junio, la central en promedio trabaja a un 87% de capacidad en este periodo de tiempo que representa un 50% del tiempo en el año, mientras que en la temporada seca que representa un 50% del tiempo del año, la central trabaja a una capacidad del 57% con respecto a su capacidad instalada.

La capacidad máxima promedio de generación de la central que está ubicada en la toma a 360 m.s.n.m. según los resultados de la simulación en PFIRM se da en los meses de Enero a Junio, generando un máximo de 3.05 Mw de potencia, mientras que la menor potencia generada se da en los meses denominados secos que comprenden desde Julio hasta Diciembre, con un mínimo de generación de potencia de 1.67 Mw. Basándonos en estos datos se

puede concluir que en la temporada húmeda o lluviosa que comprenden los meses de Enero a Junio, la central en promedio trabaja a un 87% de capacidad en este periodo de tiempo que representa un 50% del tiempo en el año, mientras que en la temporada seca que significa el 50% del tiempo del año, la central trabaja a una capacidad del 58% con respecto a su capacidad instalada.

La capacidad máxima promedio de generación de la central que está ubicada en la toma a 720 m.s.n.m. según los resultado de la simulación en PFIRM se da en los meses de Enero a Junio, generando un máximo de 7.57 Mw de potencia, mientras que la menor potencia generada se da en los meses denominados secos que comprenden desde Junio hasta Diciembre, con un mínimo de generación de potencia de 4.25 Mw. Basándonos en estos datos se puede concluir que en la temporada húmeda o lluviosa que comprenden los meses de Enero a Junio, la central en promedio trabaja a un 80% de capacidad en este periodo de tiempo que representa un 50% del tiempo en el año, mientras que en la temporada seca que representa un 50% del tiempo del año, la central trabaja a una capacidad del 60% con respecto a su capacidad instalada.

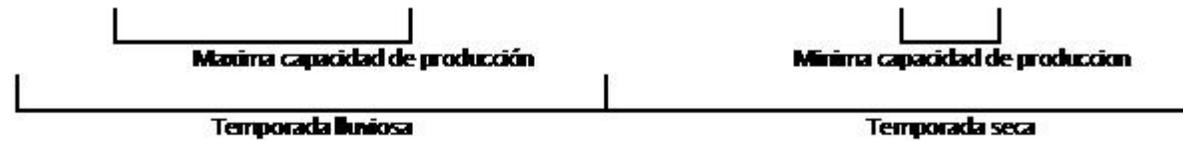
Recordemos que estos valores son la proyección promedio de 50 años de vida útil por lo tanto se puede predecir el

comportamiento de la central y las respectivas estrategias a tomarse tanto para la temporada lluviosa como para la temporada seca.

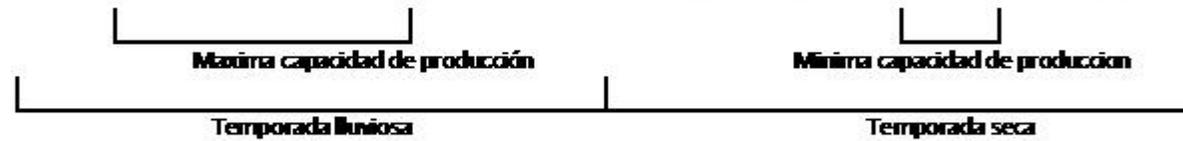
TABLA 45

## MESES CON MÁXIMA Y MÍNIMA CAPACIDAD DE POTENCIA

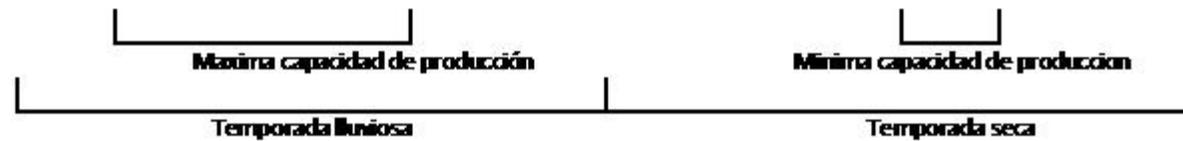
TOMA a 720msnm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio
Capacidad Máxima													
Promedio (MW)	7.31	7.57	7.57	7.57	7.48	7.43	6.84	6.16	5.41	4.25	5.16	5.63	6.53



TOMA a 360msnm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio
Capacidad Máxima													
Promedio (MW)	5.29	5.84	5.84	5.84	5.53	5.21	4.25	3.53	3.39	3.09	3.68	4.31	4.65



TOMA a 200msnm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio
Capacidad Máxima													
Promedio (MW)	2.76	3.05	3.05	3.05	2.88	2.7	2.19	1.77	1.73	1.67	1.88	2.22	2.4125



## **6.3.2. Generación Estimada**

### **6.3.2.1. Generación Mensual Promedio**

Basándose en los caudales turbinados mensuales promedios generados por PFIRM para un periodo de 50 años para cada una de las 3 centrales, se puede estimar la generación mensual promedio para dichos caudales.

Para la toma a 200 m.s.n.m. la producción anual promedio es de 1.44 GWh, donde la mayor generación mensual promedio se produce en el mes de Marzo con una generación de 2.27 GWh, por el contrario, el mes en el cual la central produce su más bajo valor de generación, es el mes de Octubre con un valor de 0.64 GWh.

En la central ubicada en la toma a 360 m.s.n.m. la generación anual promedio es de 2.77 GWh, siendo el mes de mayor producción Marzo con una producción estimada de 4.35 GWh. En la temporada seca se produce la menor generación estimada con un valor promedio mensual de 1.23 GWh.

Para la central que se encuentra en la toma a 720 m.s.n.m. se tiene una generación anual promedio de 3.94 GWh, obteniéndose un máximo valor de producción energética en

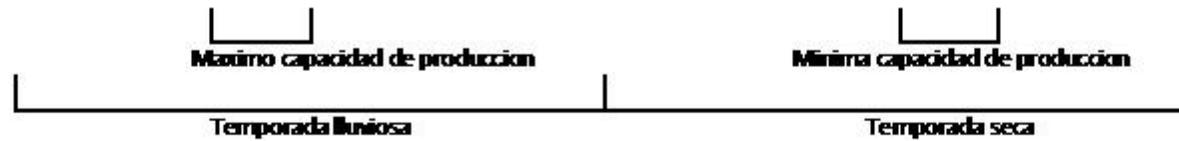
el mes de Marzo con 5.45 GWh y registrando una mínima producción con 1.93 GWh en la temporada seca.

No está demás recalcar que al estar las 3 centrales en cascadas las características energéticas son muy similares, ya que aprovechan y comparten el mismo recurso hídrico.

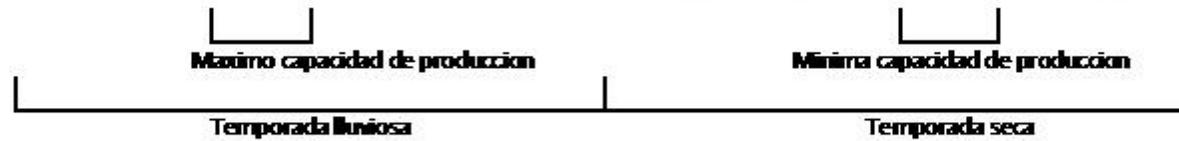
TABLA 46

## CAPACIDAD DE GENERACIÓN PROMEDIO MENSUAL MULTIANUAL PARA BA-A1, BA-M Y BA-B

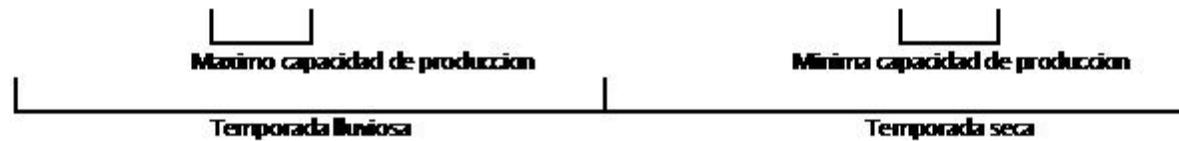
TOMA a 720msnm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio
Generación Promedio (GWh)	4.93	5.06	5.63	5.45	5.3	4.6	3.67	2.98	2.43	1.93	2.09	3.16	3.94



TOMA a 360msnm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio
Generación Promedio (GWh)	3.6	3.92	4.35	4.2	3.81	3.05	2.21	1.66	1.36	1.23	1.59	2.29	2.77



TOMA a 200msnm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio
Generación Promedio (GWh)	1.88	2.05	2.27	2.2	1.99	1.59	1.15	0.83	0.7	0.64	0.82	1.19	1.44



### **6.3.3. Curva de Duración de Energía**

En la curva de duración de Energía generada para BA-B, que se encuentra en Anexos 6 se observa que con un nivel de seguridad probabilística del 95% se obtiene una energía de 9 Gwh, con una probabilidad del 50% se tiene una energía de 18 Gwh, lo que indica que la energía Firme del proyecto es de 9 Gwh.

En la curva de duración de Energía generada para la BA-M, que se la puede ubicar en Anexos 6, se tiene una Energía Firme de 17 Gwh y una energía al 50% de probabilidad de 35 Gwh.

Para BA-A1 la curva de duración de energía da como resultado una Energía Firme de 48 Gwh y una energía de 60 Gwh con una probabilidad de ocurrencia del 50%

# **CAPITULO # 7**

## **EVALUACIÓN ECONÓMICA**

### **7.1. Introducción**

En el presente capítulo se realiza la evaluación económica de cada una de las tres centrales del proyecto Balsapamba individualmente, para lo cual se ha considerado tres posibles escenarios en los que se puede vender la energía a generar, escogiéndose finalmente para el desarrollo de este estudio, el escenario en el que se tiene mayores ingresos.

También se detalla las hipótesis de cálculo, dentro de la cual encontramos parámetros como remuneración por CER, préstamo del FEISEH, años de vida útil, gastos por concepto de operación y mantenimiento (O&M), y seguros, para cada central.

Finalmente se realiza la determinación del TIR y el VAN con su respectivo análisis.

## **7.2. Determinación de la remuneración**

Previo a la determinación de los ingresos por venta de energía, se determinaron las producciones de energía eléctrica y la potencia eléctrica disponible para cada caso, como se muestra en el capítulo 6. Luego se ha considerado tres posibles escenarios en los que se puede vender la energía a generar.

Estos tres posibles escenarios son: venta en el Mercado Spot, venta en el Mercado de Contratos, o venta a un precio especial para energía producida con recursos energéticos renovables no convencionales.

Para el presente capítulo solo se detallará la venta de energía en el tercer escenario, debido a que es con el que se obtiene un mejor rendimiento del proyecto. Para ver los análisis de ventas en los otros escenarios, referirse al Anexo 7.

### **7.2.1. Determinación de la Remuneración por venta a Precio de Recursos Energéticos no Convencionales**

La remuneración por venta a un precio especial para energía producida con recursos energéticos renovables no convencionales aprobado por el CONELEC en la Regulación No. CONELEC -

009/06, tiene diferentes valores de acuerdo al tipo de generación y la capacidad de generación en el caso de Hidroeléctricas.

A continuación se presenta la tabla 47, que contiene la lista de precios preferencial para energía producida con recursos energéticos no convencionales.

**TABLA 47**

**PRECIOS PARA ENERGÍA PRODUCIDA CON RECURSOS  
ENERGÉTICOS NO CONVENCIONALES**

<b>CENTRALES</b>	<b>PRECIO (cUSD/kWh)</b>	<b>PRECIO (cUSD/kWh)</b>
	<b>Territorio Continental</b>	<b>Territorio Insular de Galápagos</b>
EOLICAS	9.31	12.10
FOTOVOLTAICAS	28.37	31.20
BIOMASA Y BIOGAS	9.04	9.94
GEOTERMICAS	9.17	10.08
PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS HASTA 5 MW	5.80	6.38
PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS MAYORES A 5 MW HASTA 10 MW	5.00	5.50

### **7.2.1.1. Cálculo de la Remuneración por Energía para BA-A1**

Para el cálculo de la remuneración por energía de esta central, cuya potencia instalada es de 9.83 MW, se ha considerado un precio de venta de 5.00 cUSD/KWh. Este precio corresponde para centrales hidroeléctricas mayores de 5 MW hasta 10 MW, como se muestra en la tabla 47.

Luego se multiplica el precio de venta establecido con los valores de energía mensual obtenidos con el programa P-Firm.

A continuación se presenta la tabla 48 que contiene la energía y remuneración anual.

**TABLA 48**

**REMUNERACIÓN POR ENERGÍA PARA BA-A1**

**DURANTE LOS 50 AÑOS DE VIDA DEL PROYECTO**

<b>Año</b>	<b>Energía Gen.(GWh)</b>	<b>Total (\$)</b>
1	52.30	2615000
2	57.14	2857000
3	58.25	2912500
4	37.46	1873000
5	43.67	2183500
6	31.18	1559000
7	59.93	2996500
8	38.96	1948000
9	42.91	2145500
10	51.33	2566500
11	71.49	3574500
12	41.95	2097500
13	54.28	2714000
14	66.31	3315500
15	40.66	2033000
16	53.27	2663500
17	59.37	2968500
18	34.44	1722000
19	42.70	2135000
20	32.59	1629500
21	45.13	2256500
22	39.44	1972000
23	50.12	2506000
24	55.64	2782000
25	51.91	2595500
26	38.92	1946000
27	58.70	2935000
28	50.26	2513000
29	32.67	1633500
30	46.99	2349500
31	45.89	2294500
32	55.69	2784500
33	52.07	2603500
34	28.27	1413500
35	37.54	1877000
36	40.59	2029500
37	64.31	3215500
38	73.08	3654000
39	48.29	2414500
40	43.82	2191000
41	69.28	3464000
42	48.32	2416000
43	56.82	2841000
44	34.50	1725000
45	45.27	2263500
46	48.46	2423000
47	24.28	1214000
48	51.70	2585000
49	41.28	2064000
50	34.49	1724500

### **7.2.1.2. Cálculo de Remuneración por Energía para BA-M**

Para el cálculo de la remuneración por energía de esta central, cuya potencia instalada es de 6.45 MW, se ha considerado un precio de venta de 5.00 cUSD/KWh. Este precio corresponde para centrales hidroeléctricas mayores de 5 MW hasta 10 MW, como se muestra en la tabla 47.

Luego se multiplica el precio de venta establecido con los valores de energía mensual obtenidos con el programa PFirm.

A continuación se presenta la tabla 49 que contiene la energía y remuneración anual.

**TABLA 49**

**REMUNERACIÓN POR ENERGÍA PARA BA-M**

**DURANTE LOS 50 AÑOS DE VIDA DEL PROYECTO**

Año	Energía Gen.(GWh)	Total (\$)
1	31.57	1578500
2	44.92	2246000
3	43.71	2185500
4	38.53	1926500
5	41.15	2057500
6	27.45	1372500
7	22.06	1103000
8	45.76	2288000
9	37.47	1873500
10	25.07	1253500
11	34.75	1737500
12	31.84	1592000
13	39.07	1953500
14	33.50	1675000
15	24.64	1232000
16	24.86	1243000
17	29.44	1472000
18	24.39	1219500
19	26.61	1330500
20	46.34	2317000
21	33.38	1669000
22	30.62	1531000
23	23.66	1183000
24	39.15	1957500
25	41.71	2085500
26	38.52	1926000
27	26.15	1307500
28	37.22	1861000
29	36.98	1849000
30	37.25	1862500
31	31.94	1597000
32	42.24	2112000
33	31.44	1572000
34	30.17	1508500
35	43.46	2173000
36	29.54	1477000
37	37.58	1879000
38	27.32	1366000
39	25.86	1293000
40	40.23	2011500
41	31.32	1566000
42	41.98	2099000
43	27.84	1392000
44	31.19	1559500
45	28.97	1448500
46	22.92	1146000
47	37.74	1887000
48	26.52	1326000
49	36.26	1813000
50	21.90	1095000

### **7.2.1.3. Cálculo de la Remuneración por Energía para BA-B**

Para el cálculo de la remuneración por energía de esta central, cuya potencia instalada es de 3.34 MW, se ha considerado un precio de venta de 5.80 cUSD/KWh. Este precio corresponde para centrales hidroeléctricas de hasta 5 MW, como muestra la tabla 47.

Luego se multiplica el precio de venta establecido con los valores de energía mensual obtenidos con el programa PFirm.

A continuación se presenta la tabla 50 que contiene la energía y remuneración anual.

**TABLA 50**

**REMUNERACIÓN POR ENERGÍA PARA LOS 50 AÑOS**

**DE VIDA DEL PROYECTO**

<b>Año</b>	<b>Energía Gen.(GWh)</b>	<b>Total (\$)</b>
1	16.41	951780
2	23.41	1357780
3	22.75	1319500
4	19.96	1157680
5	21.39	1240620
6	14.28	828240
7	11.53	668740
8	23.77	1378660
9	19.49	1130420
10	13.00	754000
11	17.99	1043420
12	16.52	958160
13	20.34	1179720
14	17.43	1010940
15	12.77	740660
16	12.95	751100
17	15.27	885660
18	12.74	738920
19	13.81	800980
20	24.06	1395480
21	17.35	1006300
22	15.88	921040
23	12.38	718040
24	20.27	1175660
25	21.68	1257440
26	20.00	1160000
27	13.62	789960
28	19.33	1121140
29	19.22	1114760
30	19.40	1125200
31	16.63	964540
32	21.94	1272520
33	16.33	947140
34	15.74	912920
35	22.62	1311960
36	15.37	891460
37	19.46	1128680
38	14.17	821860
39	13.36	774880
40	20.88	1211040
41	16.26	943080
42	21.80	1264400
43	14.52	842160
44	16.20	939600
45	15.02	871160
46	11.92	691360
47	19.57	1135060
48	13.81	800980
49	18.75	1087500
50	11.46	664680

### 7.3. Hipótesis de Cálculo

Una vez que se obtuvo el presupuesto para la construcción, y las remuneraciones por la venta de energía; el análisis económico se lo realizó planteando los años de vida útil, número de años de construcción, seguro, costos de operación y mantenimiento.

Además se tomó en cuenta la obtención de un Certificado de Reducción de Emisión de Carbono (CER). El CER fue creado en el tratado de Kyoto para el Financiamiento de Proyectos de Energía Limpia y Renovable. Este mercado de compra-venta de CER está vigente desde el 2005.

Este certificado representa para el proyecto una considerable cantidad de dinero que ingresará. Para nuestro análisis, se considerará que del total del CER vendido en 4 años de funcionamiento de la central, se obtendrá un anticipo del 50 % para el último año de construcción o año cero, y el 50 % restante se receptorá en partes iguales durante los 4 años de producción mencionados.

Para cada una de las tres centrales, se consideró lo siguiente:

- 1 CER = 1 TON menos de emisión de CO<sub>2</sub>
- 1 GWh = 1090 TON de reducción de CO<sub>2</sub>
- 1 GWh = 1090 CER

- 1 CER = \$15

Para el financiamiento de cada una de las centrales, se consideró un crédito del estado (Los recursos serán provenientes del ex Fondo Ecuatoriano de Inversión en los Sectores Energéticos e Hidrocarburíferos, a través del estado). Para cada centrale se ha considerado un préstamo a 13 años plazo al 8% de interés, con 3 años de gracia.

Los 3 años de gracia se los da con la finalidad de otorgar al inversionista un plazo para la construcción adecuada del proyecto.

#### **7.4. Análisis Económico**

A continuación se presentan los resultados obtenidos del TIR y VAN del análisis económico de cada central, con sus respectivos parámetros de evaluación. Para ver el detalle del análisis económico de cada central referirse al Anexo 7

##### **7.4.1. BA-A1**

Para el estudio de esta central se ha considerado 50 años de vida útil, en los cuales se tendrá como costos anuales de operación y

mantenimiento \$220,800.00 y como gastos anuales por seguro \$92,695.49

En la tabla 51 se observa un resumen de los parámetros para la evaluación.

**TABLA 51**

**RESUMEN DE LOS PARÁMETROS PARA LA EVALUACIÓN  
ECONÓMICA DE BA-A1**

Inversión	\$ 18.539.097,76
Costo O&M	\$ 220.800,00
Seguro	\$ 92.695,49
Cambio equipos (30 años)	\$ 6.045.654,60
Vida útil (años)	50
Años de construcción	3
Remuneración por CER	
Monto	\$ 3.354.202,50
% de Inversión	18%
CER año 0	\$ 1.677.101,25
CER por año (1-5)	\$ 419.275,31
Financiamiento FEISEH	
Préstamo	\$ 16.861.996,51
Interés	8%
Plazo	13
Años de Gracia	3

**7.4.1.1. Resultados del TIR y VAN**

Con los valores de remuneración, costos de inversión, O&M, seguro, y demás parámetros para la evaluación

económica, obtenidos o establecidos anteriormente, se realizó la determinación de los índices económicos que ayudaron a interpretar si la central es o no rentable. En el Anexo 7 se presentan los cálculos y resultados de este análisis.

El monto del Valor Actual Neto (VAN) que se obtuvo con un interés del 10 % es de siete millones trescientos ochenta y cinco mil trescientos treinta y un dólares americanos, mientras que al evaluar con la tasa del WACC (18.054 %) el VAN fue de un millón novecientos sesenta y un mil doscientos cuarenta dólares americanos. De igual forma, del análisis económico se obtuvo una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 42 %.

$$\text{TIR} = 42 \%$$

$$\text{VAN (10 \%)} = 7'385,331 \text{ dólares}$$

$$\text{VAN (K = 18.054 \%)} = 1'961,240 \text{ dólares}$$

Estos valores indican que el proyecto es factible y recomendable de realizar bajo las hipótesis anteriormente mencionadas.

### 7.4.2. BA-M

Para el estudio de esta central se ha considerado 50 años de vida útil, en los cuales se tendrá como costos anuales de operación y mantenimiento \$182,400.00 y como gastos anuales por seguro \$81,245.01.

En la tabla 52 se observa un resumen de los parámetros para la evaluación.

**TABLA 52**

### **RESUMEN DE LOS PARÁMETROS PARA LA EVALUACIÓN ECONÓMICA DE BA-M**

Inversión	\$ 16.249.002,01
Costo O&M	\$ 182.400,00
Seguro	\$ 81.245,01
Cambio equipos (30 años)	\$ 4.357.620,43
Vida útil (años)	50
Años de construcción	3
Remuneración por CER	
Monto	\$ 2.595.235,50
% de Inversión	16%
CER año 0	\$ 1.297.617,75
CER por año (1-5)	\$ 324.404,44
Financiamiento FEISEH	
Préstamo	\$ 14.951.384,26
Interés	8%
Plazo	13
Años de Gracia	3

#### 7.2.4.1. Resultados del TIR y VAN

Con los valores de remuneración, costos de inversión, O&M, seguro, y demás parámetros para la evaluación económica, obtenidos o establecidos anteriormente, se realizó la determinación de los índices económicos que ayudaron a interpretar si la central es o no rentable. En el Anexo 7 se presentan los cálculos y resultados de este análisis.

El monto del Valor Actual Neto (VAN) que se obtuvo con un interés del 10 % es de un millón setecientos cinco mil sesenta y siete dólares americanos, mientras que al evaluar con la tasa del WACC (18.054 %) el VAN fue de menos novecientos noventa y tres mil ciento diecisiete dólares americanos. De igual forma, del análisis económico se obtuvo una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 13 %.

$$\text{TIR} = 13 \%$$

$$\text{VAN (10 \%)} = 1'705,067 \text{ dólares}$$

$$\text{VAN (K = 18.054 \%)} = - 993,117 \text{ dólares}$$

Estos valores indican que el proyecto es factible y recomendable de realizar bajo las hipótesis anteriormente mencionadas.

#### **7.4.3. BA-B**

Para el estudio de esta central se ha considerado 50 años de vida útil, en los cuales se tendrá como costos anuales de operación y mantenimiento \$139,200.00 y como gastos anuales por seguro \$66,899.67

En la tabla 53 se observa un resumen de los parámetros para la evaluación.

TABLA 53

**RESUMEN DE LOS PARÁMETROS PARA LA EVALUACIÓN  
ECONÓMICA DE BA-B**

Inversión	\$ 13,379,934.42
Costo O&M	\$ 139,200.00
Seguro	\$ 66,899.67
Cambio equipos (30 años)	\$ 3,740,140.55
Vida útil (años)	50
Años de construcción	3
Remuneración por CER	
Monto	\$ 1,349,365.50
% de Inversión	10%
CER año 0	\$ 674,682.75
CER por año (1-5)	\$ 168,670.69
Financiamiento FEISEH	
Préstamo	\$ 12,705,251.67
Interés	8%
Plazo	13
Años de Gracia	3

#### 7.4.3.1. Resultados del TIR y VAN

Con los valores de remuneración, costos de inversión, O&M, seguro, y demás parámetros para la evaluación económica, obtenidos o establecidos anteriormente, se realizó la determinación de los índices económicos que ayudaron a interpretar si la central es o no rentable. En el

Anexo 7 se presentan los cálculos y resultados de este análisis.

El monto del Valor Actual Neto (VAN) que se obtuvo con un interés del 10 % es de menos novecientos noventa y tres mil ciento diecisiete dólares americanos, mientras que al evaluar con la tasa del WACC (18.054 %) el VAN fue de un millón setecientos cinco mil sesenta y siete dólares americanos. De igual forma, del análisis económico se obtuvo una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 5 %.

$$\text{TIR} = 5 \%$$

$$\text{VAN (10 \%)} = - 2'720,757 \text{ dólares}$$

$$\text{VAN (K = 18.054 \%)} = - 2'960,673 \text{ dólares}$$

Estos valores indican que el proyecto no es recomendable de realizar bajo las hipótesis anteriormente mencionadas.

## CONCLUSIONES

- Morfológicamente y geológicamente, el proyecto Balsapamba no presenta mayores complicaciones técnicas, para la construcción de cualquiera, o de las tres centrales BA-A1, BA-M y BA-B; además es favorable que en los puntos de captación no se hayan encontrado viviendas que se vean afectadas por estas construcciones.
  
- El comportamiento hidrológico del río Cristal para las tres centrales es el mismo. Cabe resaltar que se toma al mes de diciembre como un mes de transición, es decir, el mes en que por lo general empieza la temporada lluviosa o temporada húmeda, y esta puede aparecer a comienzos, mediados o finales de mes, manteniéndose hasta el mes de mayo. Por consiguiente la temporada seca empieza en junio hasta finales de noviembre o principios de diciembre.
  
- Los valores pronosticados de caudal promedio en el programa P-Firm, nos aseguran valores dentro del rango de operación de turbinas tipo Francis y Pelton, las cuales pueden operar con un caudal mínimo de hasta un 30% y 40% de su capacidad nominal respectivamente. Adicionalmente, de la simulación de la operación de las tres centrales

para 100 años en P-Firm, se puede decir que para el aprovechamiento BA-A1 la producción de energía promedio anual es de 3.94 GWh, para el aprovechamiento BA-M la producción de energía anual es de 2.77 GWh y para el aprovechamiento BA-B la producción de energía anual es de 1.44 GWh.

- La construcción de la central BA-A1 ubicada en la cota 720 msnm, se ha presupuestado en \$18'593,098. Con este valor, para esta central de 9.38 MW, se ha calculado que su costo por KW instalado es de \$1,976.45. La construcción de la central BA-M ubicada en la cota 360 msnm, se ha presupuestado en \$16'249,002. Con este valor para esta central de 6.45 MW, se ha calculado que su costo por KW instalado es de \$2,519.23. La construcción de la central BA-B ubicada en la cota 200 msnm, se ha presupuestado en \$13'379,934. Con este valor para esta central de 3.34 MW, se ha calculado que su costo por KW instalado es de \$4,005.97
- En el análisis económico de BA-A1 el monto del Valor Actual Neto (VAN) que se obtuvo con un interés del 10% es de \$ 7'385,331 mientras que al evaluar con la tasa del WACC (18.054%) el VAN es de \$ 1'961,240. De igual forma, del análisis económico se obtuvo una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 42%. En el análisis económico de BA-M el monto del Valor Actual Neto (VAN) que se obtuvo con un interés del 10% es de \$

1'705,067 mientras que al evaluar con la tasa del WACC (18.054%) el VAN es de - \$ 993,117. De igual forma, del análisis económico se obtuvo una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 13%. En el análisis económico de BA-B el monto del Valor Actual Neto (VAN) que se obtuvo con un interés del 10% es de - \$ 2'720,757 dólares mientras que al evaluar con la tasa del WACC (18.054%) el VAN es de - \$ 2'960,673. De igual forma, del análisis económico se obtuvo una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 5 %.

- Luego de los cálculos de presupuestos de obra, determinación de las producciones energéticas y análisis económicos realizados, se puede concluir que las centrales BA-A1 y BA-M son técnicamente factibles de construir, y además son económicamente rentables, mientras que, con estos mismos estudios se concluye que la central BA-B es técnicamente factible de construir, pero económicamente no es rentable.

## RECOMENDACIONES

- Es importante mencionar que para la proyección de la serie sintética (P-firm) de caudales del proyecto en total, se debe tomar como mínimo valor de caudal turbinable  $0 \text{ m}^3/\text{sg}$ , siendo el mínimo valor turbinable el 30% y 40% del caudal máximo de Turbina Pelton Y Turbina Francis respectivamente. Esto es debido a que por ser valores promedios mensuales, si se consideran solo esos caudales mínimos se estarían excluyendo días en los que las centrales pueden operar sin problemas de eficiencia.
- Finalmente, se recomienda a los inversionistas privados o públicos que inviertan en estas dos centrales BA-A1 y BA-M del río Cristal “Proyecto Balsapamba”, aprovechando que estas pequeñas centrales hidroeléctricas tienen beneficios que incentivan su desarrollo, tales como, libres de Impuesto al Valor Agregado, facilidad de crédito nacional a una tasa de interés baja a través del FEISEH, venta de Certificados de Reducción de Emisiones de Carbono (CER - Tratado de Kyoto), precio de venta preferencial para energía producida con recursos energéticos renovables no convencionales aprobado por el CONELEC y el despacho preferencial de su energía.

## BIBLIOGRAFIA

Las siguientes fuentes han sido consultadas para la realización de este proyecto:

1. Proyecto Balsapamba

Estudio a nivel de Inventario

Escuela Politécnica Nacional – 1995

2. Informe de Prefactibilidad, Centrales Hidroeléctricas de Mediana Capacidad, Grupo 3: Chanchán, Echeandía y Caluma

Tomo I: Informe General

Escuela Politécnica Nacional, INECEL – Abril 1983

3. “Aprovechamiento del río Pita en la Provincia de Bolívar para la construcción de una central hidroeléctrica”

Escuela Superior Politécnica del Litoral – 2006

4. Cartas ArcView del Ecuador (1:250000) y de la cuenca del Guayas (1:50000)

Instituto Geográfico Militar – 2005

5. Anuarios Meteorológicos e Hidrológicos del INAMHI (1963-1999)

6. Archivos magnéticos sobre datos meteorológicos-hidrométricos de la cuenca del Guayas / INAMHI.
7. “Evaluación Hidrológica” (Ensayo HidroRed publicado en el año 2004 y escrito por el especialista en hidrología Oswaldo Ortiz Vera)
8. <http://www.conelec.gov.ec/>

Regulación No. CONELEC – 009/06: “Precios de la energía producida con recursos energéticos renovables no convencionales”.

9. <http://www.bce.fin.ec/>

# **ANEXOS**

# ANEXO 1

## TERMINOLOGÍA Y TEORÍA HIDROLÓGICA

**Cuenca Hidrográfica.-** Es toda el área tal que las aguas que llegan a ella procedentes de una precipitación, desembocan en un mismo punto.

**Línea Divisoria de Aguas.-** Determina los límites de una cuenca. Se conoce también como línea de “divortio aquarum” o línea neutra de flujo. Esta línea inicia y termina en la cota de captación del proyecto.

Para trazar la línea divisoria de la cuenca se pueden seguir las siguientes reglas prácticas:

1. La línea divisoria corta ortogonalmente a las curvas de nivel.
2. Cuando la divisoria va aumentando su altitud, corta a las curvas de nivel por su parte convexa.
3. Cuando la divisoria va disminuyendo su altitud, corta a las curvas de nivel por su parte cóncava.
4. Si cortamos el terreno por el plano normal a la divisoria, el punto de intersección con ésta ha de ser el punto de mayor altitud del terreno.
5. Como comprobación, la línea divisoria nunca debe cortar a un río o arroyo, excepto en el punto donde se desea cerrar la cuenca.

**Perímetro de la cuenca (P).-** Es la longitud de la línea divisoria de aguas.

**Área de la cuenca (A).-** Es la superficie de la cuenca comprendida dentro de la curva cerrada de divortio aquarum. Corresponde a la proyección horizontal. En base a este valor se puede clasificar a un sistema hidrológico:

TABLA A1.1

TAMAÑO RELATIVO DE LOS SISTEMAS HIDROLÓGICOS

Unidad Hidrológica	Área (km <sup>2</sup> )	# de Orden
Micro cuenca	10 – 100	1, 2, 3
Sub cuenca	101 – 700	4, 5
Cuenca	Más de 700	6 a más

**Longitud del Máximo Recorrido (L).-** Es la medida de la mayor trayectoria de las partículas del flujo, comprendida entre el punto más bajo del colector común (punto de captación el proyecto hidroeléctrico) y el punto más alto o inicio del recorrido sobre la línea de divortio aquarum.

**Factor de Forma (F).**- Es un parámetro adimensional que denota la forma redondeada o alargada de la cuenca. Este parámetro mide la tendencia de la cuenca hacia las crecidas, rápidas y muy intensas a lentas y sostenidas, según que su factor de forma tienda hacia valores extremos grandes o pequeños, respectivamente.

$$F = \frac{A}{L^2}$$

Ecuación A1.1

Donde A es el área de la cuenca y L es la longitud del cauce principal o máximo recorrido.

**Índice de Compacidad (Kc).**- Denominado también Coeficiente de Gravelius, es un parámetro adimensional que relaciona el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área que el de la cuenca. Al igual que el factor de forma, este parámetro describe la geometría de la cuenca y está estrechamente relacionado con el tiempo de concentración del sistema hidrológico. Las cuencas redondeadas tienen tiempos de concentración cortos con gastos pico muy fuertes y recesiones rápidas, mientras que las alargadas tienen gastos pico más atenuados y recesiones más prolongadas.

$$K_c = \frac{0.28P}{\sqrt{A}}$$

Ecuación A1.2

De acuerdo al índice de compacidad, se clasifica la forma de una cuenca de la siguiente manera:

TABLA A1.2

FORMAS DE LA CUENCA DE ACUERDO AL ÍNDICE DE COMPACIDAD

Clase de Forma	Índice de Compacidad (K <sub>c</sub> )	Forma de la Cuenca
Clase I	1.0 a 1.25	Casi redonda a oval – redonda
Clase II	1.26 a 1.50	Oval – redonda a oval – oblonga
Clase III	1.51 a 1.75	Oval – oblonga a rectangular – oblonga

**Altitud Media (H).**- Es el parámetro ponderado de las altitudes de la cuenca, obtenidas en la carta o mapa topográfico.

$$H = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n H_i * A_i$$

ECUACIÓN A1.3

**Pendiente de la cuenca.**- Conocida también como pendiente de laderas, es el promedio de las pendientes de la cuenca. Este parámetro determina el tiempo de concentración y su influencia en las máximas crecidas. Para calcular este parámetro se puede utilizar una metodología analítica, la cual se representa mediante la siguiente ecuación:

$$S_c = \frac{C}{A} \sum_{i=1}^n l_i$$

ECUACIÓN A1.4

Donde S<sub>c</sub> es la pendiente de la cuenca, C es la equidistancia entre curvas de nivel (distancia vertical), A el área de la cuenca y l<sub>i</sub> la longitud de cada curva de nivel.

La clasificación de las cuencas de acuerdo a la pendiente de laderas, se aprecia en la siguiente tabla:

TABLA A1.3

CLASIFICACIÓN DE LAS CUENCAS DE ACUERDO A LA PENDIENTE PROMEDIO DE LADERAS

Pendiente Media (%)	Tipo de Relieve	Símbolo
0 – 3	Plano	P1
3 – 7	Suave	P2
7 – 12	Mediano	P3
12 – 20	Accidentado	P4

20 – 35	Fuerte	P5
35 – 50	Muy Fuerte	P6
50 – 75	Escarpado	P7
> 75	Muy Escarpado	P8

**Coefficiente Orográfico (C<sub>o</sub>).**- Es la relación entre el cuadrado de la altitud media del relieve y la superficie proyectada sobre un plano horizontal. Este parámetro expresa el potencial de degradación de la cuenca, crece mientras que la altura media del relieve aumenta y la proyección del área de la cuenca disminuye. Toma valores altos para micro cuencas pequeñas y montañosas, disminuyendo en cuencas extensas y de baja pendiente.

$$C_o = \frac{H^2}{A}$$

ECUACIÓN A1.5

**Número de Orden de la Cuenca (N).**- Es un número que tiene relación estrecha con el número de ramificaciones de la red de drenaje. A mayor número de orden, es mayor el potencial erosivo, mayor el transporte de sedimentos y por tanto mayor también la componente de escorrentía directa que en otra cuenca de similar área. El número de orden de una cuenca es muy vulnerable a sufrir el efecto de escala, la misma que es necesario especificar siempre.

Uno de los métodos aplicados para determinar el número de orden de una cuenca es el criterio de Schumn, el cual dice que este parámetro se determina asignando el primer orden 1 a todos los cauces que no tienen tributarios y, en general la unión de dos cauces de igual orden determinan o dan origen a otro de orden inmediatamente superior, y dos de diferente orden dan origen a otro de igual orden que el de orden mayor, y así sucesivamente hasta llegar al orden de la cuenca. El cauce principal tiene el orden más elevado, que es el orden de la cuenca.

**Relación de Confluencias.**- Es la relación entre el número total de cauces de cierto orden al número total de cauces de orden inmediatamente superior.

$$R_c = \frac{n_i}{n_{i+1}}$$

ECUACIÓN A1.6

Donde  $R_c$  es la relación de confluencias,  $n_i$  el número total de cauces de orden  $i$  y  $n_{i+1}$  el número total de cauces de orden  $i+1$ .

La relación de confluencias de la cuenca  $R_c$  es el valor promedio de todas las relaciones de confluencias parciales. Es un indicador del potencial erosivo y de la capacidad de evacuación de la escorrentía directa de la cuenca.

**Similitud Hidrológica.-** Para transferir información hacia una cuenca que no dispone desde otra vecina similar que sí la tiene, existe la necesidad de que ambos sistemas hidrológicos cumplan condiciones de similitud. Dos sistemas hidrológicos son similares si cumplen las condiciones de similitud geométrica, cinemática y dinámica. Los parámetros adimensionales juegan aquí un papel de primerísima importancia.

*Similitud Geométrica.-* Dos sistemas hidrológicos son similares geoméricamente si el Índice de Compacidad tiene un valor equivalente o idéntico en ambos sistemas.

*Similitud Cinemática.-* Dos sistemas hidrológicos guardan similitud cinemática si la red de drenaje natural tiene la misma conformación geométrica, esto es, cuando la Relación de Confluencia adopta un valor equivalente o idéntico en ambos sistemas.

*Similitud Dinámica.-* Dos sistemas hidrológicos son similares dinámicamente si el Coeficiente Orográfico tiene igual o idéntico valor en ambos sistemas.

El cumplimiento de las tres condiciones anteriores garantizan la similitud total de los sistemas hidrológicos, que encierran implícitamente similares condiciones de clima, geológicas y hasta de cobertura vegetal.

**Precipitación Media Ponderada (PMP).-** Para el cálculo de la precipitación media ponderada en una cuenca de drenaje correspondiente a la sección de interés, se sigue el siguiente procedimiento:

- En caso de no disponer de los planos de isoyetas, para cada estación pluviométrica seleccionada, se calcula el valor de la precipitación media multianual y se elabora el plano de isoyetas anuales.
- Una vez delimitada la cuenca de drenaje de la sección del río correspondiente, se calcula la precipitación media ponderada de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$PMP = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \times A_i)}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

ECUACIÓN A1.7

Donde  $A_i$  es la porción del área de la cuenca de drenaje delimitada por dos isoyetas consecutivas, y  $P_i$  es el promedio de los valores de las isoyetas delimitantes de  $A_i$ .

**Coeficiente de Transposición.-** Se conoce con este nombre al parámetro que nos permite trasladar los datos meteorológicos de una estación hacia otra con similares características físicas y meteorológicas. Se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$CT = \frac{PMP_{EF} \times A_{EF}}{PMP_{ED} \times A_{ED}}$$

ECUACIÓN A1.8

Donde  $PMP_{EF}$  y  $A_{EF}$  son la Precipitación Media Ponderada y el Área de drenaje de la cuenca de cuya estación no se dispone información, y  $PMP_{ED}$  y  $A_{ED}$  son la Precipitación Media Ponderada y el Área de drenaje de la cuenca de cuya estación si se dispone información (Estación Base).

Para obtener los datos de la cuenca destino basta con multiplicar uno a uno los valores de la estación fuente por el coeficiente de transposición calculado.

## ANEXO 2

### CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS HIDROLÓGICOS DEL PROYECTO BALZAPAMBA Y TRANSPOSICIÓN DE CAUDALES DESDE LA ESTACIÓN ECHEANDÍA A BALSAPAMBA

En este Anexo se presentarán los cálculos realizados para obtener los parámetros necesarios para realizar el análisis hidrológico del proyecto Balzapamba. Sin embargo, se detallarán solamente aquellas operaciones para la toma a 360 msnm en el río Cristal. Las operaciones realizadas para calcular los parámetros de las tomas a 760 y 280 msnm en el río Cristal, y de la estación Echeandía en Echeandía (río Soloma, 320 msnm), son análogas.

El **perímetro** y el **área de la cuenca** se obtuvieron utilizando el software XTools Pro 1.0.1 de ArcMap – ArcView 8.2, con las cartas disponibles a escala 1:50000. Los resultados fueron los siguientes:

TABLA A2.1

Altitud de la toma (msnm)	360
Perímetro (km)	55.2474
Área Drenaje (km <sup>2</sup> )	164.4117

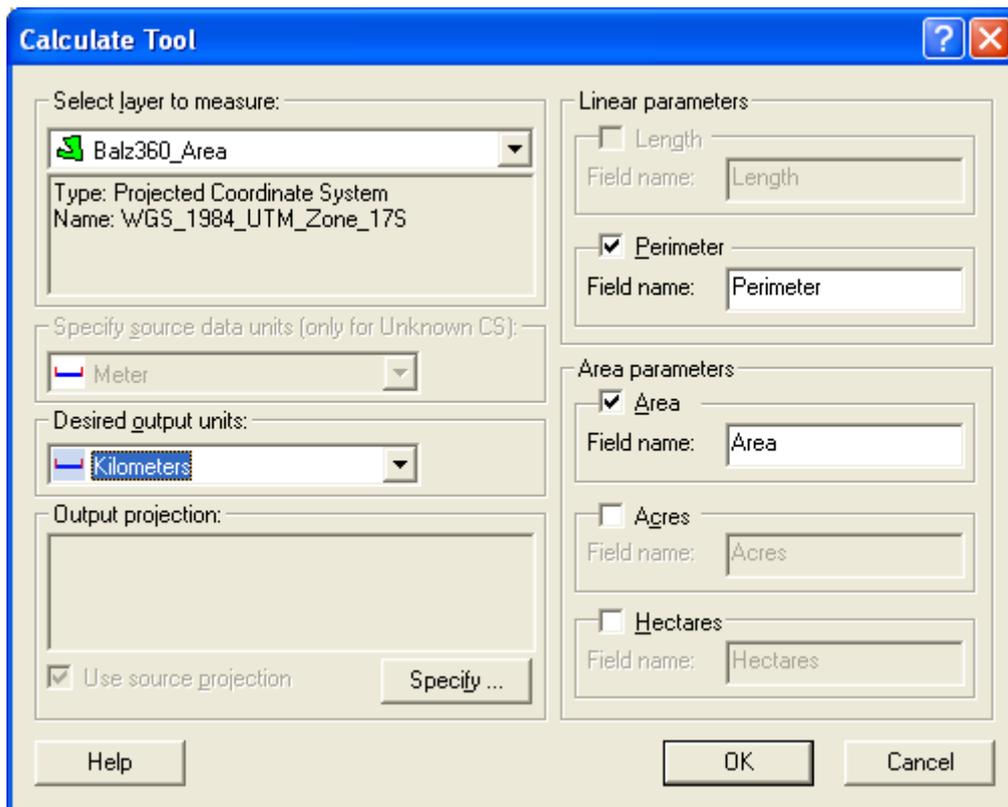


FIGURA A2.1 Herramienta para calcular perímetros y áreas en ArcMap.

El **índice de compacidad** se calculó en Excel, reemplazando los datos de la Tabla A2.1 en la Ecuación A1.2, de la siguiente manera:

$$K_c = \frac{0.28P}{\sqrt{A}} = \frac{0.28 \times 44.111821}{\sqrt{95.928232}} = 1.261072$$

La **longitud del máximo recorrido** se calculó utilizando el XTools Pro 1.0.1 de ArcMap – ArcView 8.2 (herramienta computacional), con las cartas disponibles a escala 1:50000. Los resultados fueron los siguientes:

Máximo Recorrido = 18.7397 km



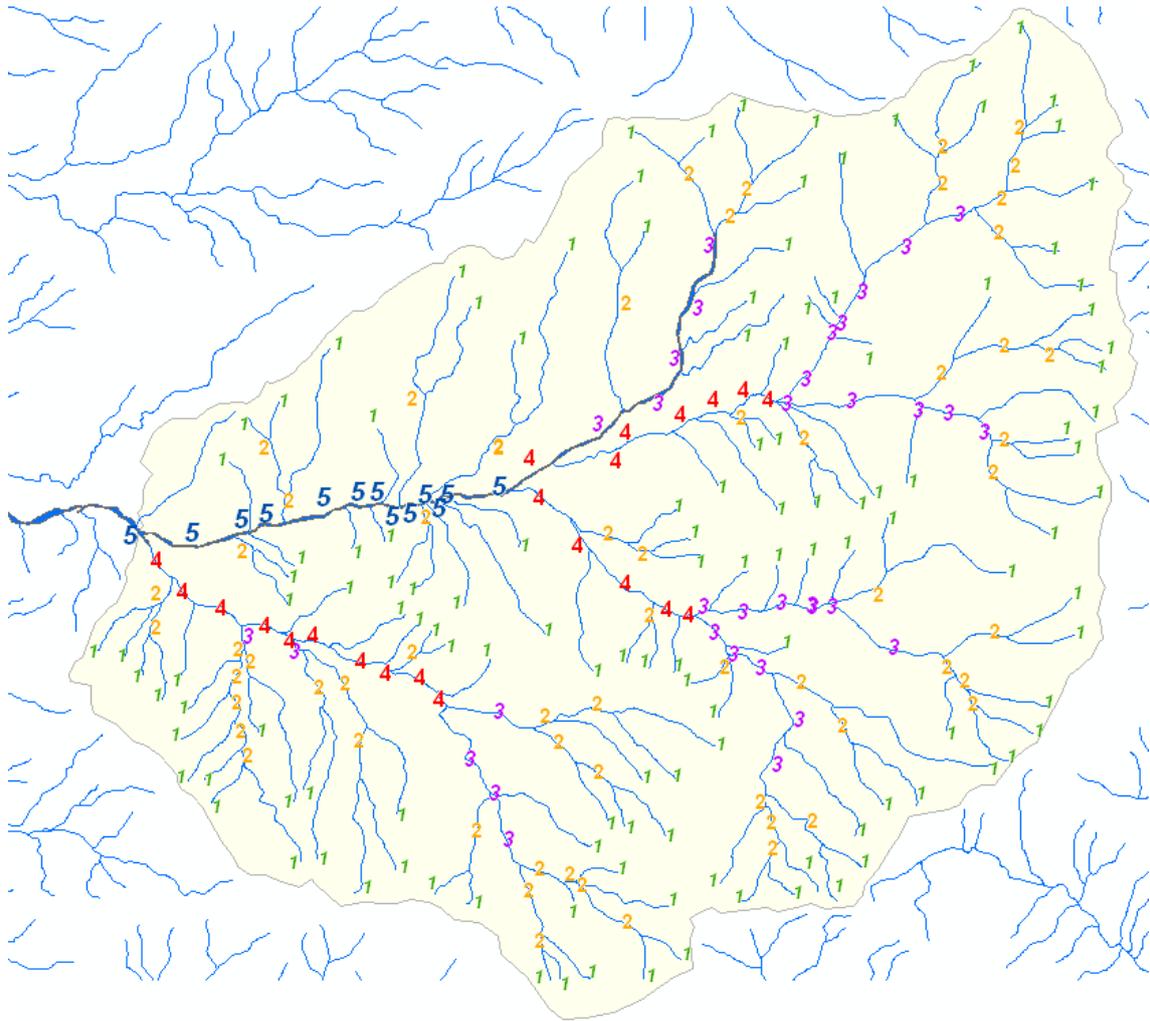


FIGURA A2.3.- Determinación del número de orden del proyecto Balzapamba, toma a 360 msnm.

Luego, en Excel, aplicando la ecuación A1.6, se calcularon las relaciones de confluencias parciales. El promedio de éstas es la relación de confluencias de la cuenca.

TABLA A2.2

TABLA DE LA DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN DE CONFLUENCIAS DE LA CUENCA, TOMA A 360 msnm, PROYECTO BALZAPAMBA

<b># de Orden</b>	<b># de cauces</b>	<b>Relaciones de confluencias parciales</b>	<b>Relación de confluencias de la cuenca</b>
1	133	2.18033	1.80528
2	61	1.84848	
3	33	1.5	
4	22	1.69231	
5	13		

Para determinar **Altitud Media** de la cuenca se emplearon los programas: ArcMap 8.2, con el XTool Pro 1.0.1 y Excel. En el primero se visualizaron las cartas disponibles, a escala 1:50000. Con XTool Pro se calcularon las “áreas acumuladas”, tal y como se explica en el anexo 1, y luego esos datos se tabularon en Excel. Se multiplica cada área acumulada  $A_i$  por su correspondiente altitud  $H_i$  y la suma total de estos productos dividida entre el área total de la cuenca para la correspondiente toma es la altitud media, tal y como se muestra en la ecuación A1.3. A continuación se presenta la tabla en Excel que se empleó para encontrar este parámetro.

TABLA A2.3

DETERMINACIÓN DE LA ALTITUD MEDIA DE LA CUENCA, TOMA A 360 msnm, PROYECTO BALZAPAMBA

Cota <sub>i</sub> (msnm)	A <sub>i</sub> (km <sup>2</sup> )	Cota <sub>i</sub> *A <sub>i</sub>
360	0.173039	62.29404
400	0.411162	164.4648
440	0.586295	257.9698
480	0.81184	389.6832
520	1.024715	532.8518
560	1.441832	807.4259
600	1.43901	863.406
640	1.721179	1101.555
680	1.824333	1240.546
720	2.140284	1541.004
760	2.398251	1822.671
800	2.267367	1813.894
840	2.602493	2186.094
880	2.727795	2400.46
920	3.145176	2893.562
960	3.087729	2964.22
1000	3.109517	3109.517
1040	3.41074	3547.17
1080	3.264096	3525.224
1120	3.830174	4289.795
1160	3.625909	4206.054
1200	3.556129	4267.355
1240	4.086772	5067.597
1280	3.760041	4812.852
1320	4.113601	5429.953
1360	4.171418	5673.128
1400	3.899541	5459.357
1440	4.269226	6147.685
1480	3.989416	5904.336
1520	4.537957	6897.695
1560	4.219259	6582.044
1600	4.081668	6530.669
1640	3.942617	6465.892
1680	3.616474	6075.676
1720	3.647962	6274.495

Cota <sub>i</sub> (msnm)	A <sub>i</sub> (km <sup>2</sup> )	Cota <sub>i</sub> *A <sub>i</sub>
1760	3.602509	6340.416
1800	3.180085	5724.153
1840	3.424339	6300.784
1880	3.240647	6092.416
1920	3.334737	6402.695
1960	3.386368	6637.281
2000	3.139929	6279.858
2040	3.166117	6458.879
2080	2.925656	6085.364
2120	2.837046	6014.538
2160	3.079948	6652.688
2200	2.683227	5903.099
2240	2.632673	5897.188
2280	2.377872	5421.548
2320	2.242083	5201.633
2360	2.017693	4761.755
2400	1.681527	4035.665
2440	1.500631	3661.54
2480	1.340616	3324.728
2520	1.338534	3373.106
2560	1.277671	3270.838
2600	1.124216	2922.962
2640	1.018842	2689.743
2680	0.933028	2500.515
2720	0.945	2570.4
2760	1.004248	2771.724
2800	1.013844	2838.763
2840	0.795732	2259.879
2880	0.669801	1929.027
2920	0.544301	1589.359
2960	0.375562	1111.664
3000	0.380662	1141.986
3040	0.132017	401.3317
3080	0.041224	126.9699

$$\sum_{i=1}^{n_1} Cota_i \times A_i = 260003.1$$

$$H = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n Cota_i * A_i = \frac{260003.1}{164.4117} = 1581.4149$$

Entonces, la altitud media del proyecto para la toma a 360 msnm es igual a 1581.4149 msnm.

El **Coefficiente Orográfico** es obtenido a partir de la ecuación A1.5:

$$C_o = \frac{H^2}{A} = \frac{1581.4149^2}{164.4117} = 15211.0409$$

Para determinar el **Coefficiente de Transposición (CT)** es necesario primero encontrar primero la **Precipitación Media Ponderada (PMP)**, aplicando las ecuaciones A1.8 y A1.7, respectivamente. El resumen de los cálculos realizados para obtener la precipitación media ponderada se presenta en la siguiente tabla.

TABLA A2.4

RESUMEN DE LOS CÁLCULOS PARA OBTENER EL COEFICIENTE DE TRANSPOSICIÓN, TOMA 360 msnm, PROYECTO BALZAPAMBA

		<b>Echeandia 320msnm</b>	<b>Balzapamba 360msnm</b>
<b>Perimetro (km)</b>			55.247421
<b>Area total (km<sup>2</sup>)</b>		364.0340	164.41169
<b>Areas(km<sup>2</sup>)</b>	Area_2000-2500	65.7412	0
	Area_1750-2000	173.8318	9.9522
	Area_1500-1750	98.3220	51.8840
	Area_1250-1500	26.1390	82.3659
	Area_1000-1250	0	20.2095
		364.0340	164.4117
<b>Precip(mm<sup>2</sup>)</b>	Precip_2000-2500	2250	2250
	Precip_1750-2000	1875	1875
	Precip_1500-1750	1625	1625
	Precip_1250-1500	1375	1375
	Precip_1000-1250	1125	1125
	147917.75	0	
	325934.65	18660.40	
	159773.28	84311.55	
	35941.07	113253.18	
	0	22735.69	
	669566.76	238960.81	
<b>PMP</b>	<b>1839.297</b>	<b>1453.430</b>	

Se dispone de la cobertura nacional de isoyetas como cartas ArcView, a escala 1:250000. A partir de ellas se ha obtenido la precipitación media ponderada, como se muestra en la tabla A2.4. Con XTool Pro se calculó en ArcMap el área ubicada dentro de dos isoyetas consecutivas en cada cuenca, por ejemplo, entre las isoyetas 2000 y 2500mm el área que corresponde a la cuenca del proyecto en Echeandía es 65.7412km<sup>2</sup>, y en Balzapamba 0km<sup>2</sup>. Luego se calcula el valor promedio de precipitación dentro de cada área; para los dos valores del ejemplo, esta cantidad sería 2250mm. A continuación se multiplican el área y la precipitación promedio, para cada zona de la cuenca ubicada dentro de dos isoyetas consecutivas. Se suman estos productos y el resultado se divide entre el área total de la cuenca:

Para Echeandía a 320 msnm:

$$PMP_E = \frac{147917.75 + 325934.65 + 159773.28 + 35941.08 + 0}{364.034} = \frac{669566.76}{364.034}$$

$$= 1839.297$$

Para Balzapamba a 360 msnm:

$$PMP_B = \frac{0 + 18660.4 + 84311.55 + 113253.18 + 22735.69}{164.412} = \frac{238960.81}{164.412}$$

$$= 1453.430$$

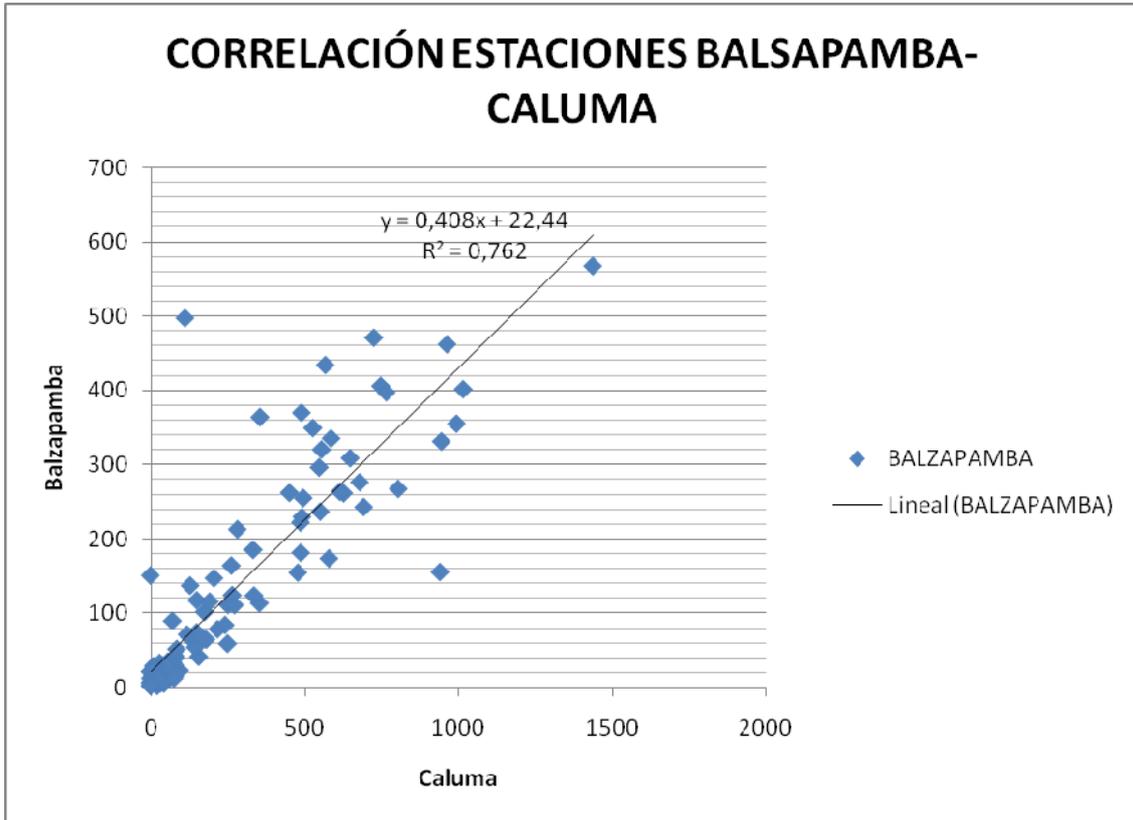
Aplicando la ecuación A1.8 se obtiene el coeficiente de transposición:

$$CT = \frac{PMP_E \times A_E}{PMP_B \times A_B} = \frac{1839.297 \times 364.034}{1453.430 \times 164.412} = 0.35689$$

## ANEXO 3

### CORRELACIÓN DEL HISTORIAL PLUVIOMÉTRICO DE LA ESTACIÓN CALUMA CON EL DE LA ESTACIÓN BALSAPAMBA

A continuación se presenta el gráfico que muestra la relación que existe entre los datos de la estación Caluma con la estación Balsapamba, y se grafica la recta que describe la tendencia.



El coeficiente de correlación obtenido es de 0.878, el cual es un valor alto. Entonces se justifica la utilización de los datos de la estación Caluma para completar a partir de ellos valores inexistentes de la estación Balsapamba.

En la siguiente tabla se presentan la precipitación promedio mensual de las estaciones Caluma y Balsapamba en mm, desde el año 1982 hasta 1996. Ya se incluyen en la columna correspondiente a los valores de Balsapamba aquellos completados a partir de los conocidos de la Estación Caluma.

AÑO	CALUMA	BALSAPAMBA		
<b>1982</b>	683.9	301.4712	57.4	25.543
	533.2	239.9856	221.1	112.6488
	284.3	138.4344	417.6	192.8208
	282.5	137.7	848.5	368.628
	200.4	104.2032	<b>1983</b> 850.9	369.6072
	3	1.335	587	261.936
	0.5	0.2225	920.5	398.004
	0.4	0.178	1243.1	529.6248
		963	415.344	

	393.1	182.8248		304.1
	547.4	245.7792	478.6	154.7
	172.4	92.7792	22.7	3.8
	232.3	103.3735	25.6	7.1
	136	60.52	17.0	13.2
	191.3	85.1285	4.8	2.136
	353.6	166.7088	33.7	21.5
<b>1984</b>	175.1	101.7	19.7	13.8
	747.4	406.4	85.3	51.7
	963.1	462.6	<b>1988</b>	255.5
	490.3	370.4	765.8	397.8
	18.7	18.6	217.9	78.5
	95.7	22.8	626.9	261.9
	43.9	5.1	206.3	147.2
	23.3	4.2	29.9	18.9
	72.5	33.5	33.0	6.6
	30.1	33.1	15.5	9
	156.8	41.5	19.0	22.7
	150.7	117.5	35.0	25
<b>1985</b>	940.0	155.6	39.6	28.7
	353.5	113.6	126.6	67.9
	692.4	243.2	<b>1989</b>	331.6
	265.1	124.4	1015.4	402
	146.0	54.3	1435.9	568.1
	55.4	19	615.5	263.9
	22.3	2.1	180.8	64.5
	13.5	13.1	29.9	22.6
	19.9	22.7	12.2	7
	0.0	12.5	11.5	8.2
	27.9	8.1	9.5	19.5
	0.0	151	71.0	89.7
<b>1986</b>	993.6	355.6	51.6	29.2
		194.1	149.7	74.2
	487.4	222.3	<b>1990</b>	84.1
	648.4	309.1	547.9	296.6
	82.7	40.8	262.3	164.2
	21.4	5.2	282.5	213.1
	24.5	7.8	118.8	71.3
	32.6	5.4	82.0	18.9
	18.8	14.5	5.6	7.3
	39.7	29.9	0.0	2.3
	56.7	34.7	2.7	3.6
	192.3	115.7	23.7	25.9
<b>1987</b>	679.3	276.6	9.5	28.8
	804.5	267.7	251.5	111.3
	112.0	498	<b>1991</b>	59
			250.1	

	527.3	349.7		7.2	17.6
	551.2	237		6.9	14.2
	166.2	73.959		11.2	25.7
	91.6	40.762		336.4	123.8
	0.0	21.2	<b>1994</b>	555.0	320.7
	0.0	21.2		492.0	229.9
	0.0	7.1		451.4	262.5
	0.0	6		496.1	255.4
	9.1	4.0495		128.9	137.3
		50.3		25.7	12.1
	339.4	160.9152		0.0	2.6
<b>1992</b>	873.1	378.6648		0.0	2
	678.5	299.268			1.8
	990.2	426.4416			2.5
	567.3	253.8984		8.6	3.827
	523.0	235.824		303.1	146.1048
	90.7	59.4456	<b>1995</b>	518.9	234.1512
	31.9	14.1955		413.6	191.1888
	6.9	3.0705		362.1	170.1768
	4.2	1.869		303.1	146.1048
	4.9	2.1805		54.2	24.119
	33.1	14.7295		7.4	3.293
	38.1	16.9545		51.1	22.7395
<b>1993</b>	488.1	181.5		22.3	9.9235
	725.2	471.5		5.2	2.314
	586.6	335.7		25.4	11.303
	355.6	364.4		68.4	30.438
	272.7	110.9		48.3	21.4935
	21.0	16.4	<b>1996</b>	333.2	185.6
	76.4	12.6		567.9	434.7
	10.4	13.4		579.6	173.8

## ANEXO 4

### ANÁLISIS DE CRECIDAS

El análisis de crecidas consiste en la determinación de los caudales máximos que puede ocurrir en una cuenca durante un período de tiempo determinado. Existen distintas formas de determinar estos caudales, clasificadas de la siguiente manera:

- Métodos directos. Testigos de niveles alcanzados en avenidas históricas.  
Archivos y periódicos.  
Testimonios de testigos.
- Métodos empíricos.  
Curvas envolventes de caudales máximos en función del área.  
Aplicación de formulas que proporcionan un caudal punta.
- Métodos estadísticos.  
Análisis estadístico de las series de caudales máximos anuales de las estaciones de aforos  
Ajuste de una distribución de Gumbel.  
Concepto del período de retorno.
- Métodos hidrometeorológicos.  
Método del hidrográma unitario. En combinación o no con métodos estadísticos.

En este anexo se desarrolla el método estadístico de Gumbel Tipo I para la determinación de los caudales máximos para 3 sitios de captación en el Río Cristal – Proyecto Balsapamba.

La distribución Gumbel Tipo I se define por la siguiente ecuación:

$$f(x) = \alpha e^{-\alpha(x-\beta)-e^{-\alpha(x-\beta)}} \quad \text{Ecuación A4-1}$$

donde  $\alpha$  y  $\beta$  son los parámetros de la función. Para muestras muy grandes:

$$\alpha = \frac{1.2825}{S}$$

Ecuación A4-2

$$\beta = \bar{x} - 0.45S$$

Ecuación A4-3

Para muestras relativamente pequeñas:

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{S}$$

Ecuación A4-4

$$\beta = \bar{x} - \frac{\mu_y}{\alpha}$$

Ecuación A4-5

Donde  $\sigma_y$  y  $\mu_y$  se muestran en la Tabla A4-1.

TABLA A4-1

PARÁMETROS PARA MUESTRAS PEQUEÑAS DE LA DISTRIBUCIÓN GUMBEL

n	$\mu_y$	$\sigma_y$	n	$\mu_y$	$\sigma_y$
10	0.4952	0.9496	60	0.5521	1.1747
15	0.5128	1.0206	65	0.5535	1.1803
20	0.5236	1.0628	70	0.5548	1.1854
25	0.5309	1.0914	75	0.5559	1.1898
30	0.5362	1.1124	80	0.5569	1.1938
35	0.5403	1.1285	85	0.5578	1.1974
40	0.5436	1.1413	90	0.5586	1.2007
45	0.5463	1.1518	95	0.5593	1.2037
50	0.5485	1.1607	100	0.5600	1.2065
55	0.5504	1.1682			

En la tabla A4-2 se muestran los caudales máximos registrados en la estación Echeandía y los caudales transpuestos a los sitios de captación del proyecto Balsapamba.

TABLA A4-2

CAUDALES MÁXIMOS EN LOS SITIOS DE INTERÉS

	<b>Mes</b>	<b>Año</b>	<b>Qmax (m3/s) ECHEANDÍA</b>	<b>Qmax (m3/s) BA- A1</b>	<b>Qmax (m3/s) BA-M</b>	<b>Qmax (m3/s) BA-B</b>
1	abr	1965	291.43	76.80	131.62	135.32
2	feb	1966	60.1	15.84	27.14	27.91
3	feb	1967	43.32	11.42	19.56	20.11
4	abr	1968	39.66	10.45	17.91	18.41
5	ene	1969	27.03	7.12	12.21	12.55
6	abr	1970	57.36	15.12	25.91	26.63
7	mar	1971	88.7	23.37	40.06	41.19
8	mar	1972	264.04	69.58	119.25	122.60
9	feb	1973	86.03	22.67	38.85	39.95
10	mar	1974	65.04	17.14	29.37	30.20
11	feb	1975	65.04	17.14	29.37	30.20
12	feb	1976	110.15	29.03	49.75	51.14
13	mar	1977	94.11	24.80	42.50	43.70
14	mar	1978	63.8	16.81	28.81	29.62
15	feb	1979	86.63	22.83	39.13	40.22
16	abr	1980	294.17	77.52	132.86	136.59
<b>Coefficiente de Transposición</b>				0.2635	0.451638256	0.464318571

A partir de las ecuaciones anteriores se obtuvieron los siguientes resultados:

TABLA A4-3

	<b>ECHEANDÍA</b>	<b>BA-A1</b>	<b>BA-M</b>	<b>BA-B</b>
Media Aritmética	108.538125	28.6013665	49.0199695	50.3962671
Dev. Estándar	89.4697961	23.5765859	40.4079827	41.5424879
Quasivarianza	8004.84442	555.855405	1632.80507	1725.7783
Coefficiente de Variación	0.82431677	0.82431677	0.82431677	0.82431677

TABLA A4-4

	<b>ECHEANDÍA</b>	<b>BA-A1</b>	<b>BA-M</b>	<b>BA-B</b>
$\sigma_y =$	1.0206	1.0206	1.0206	1.0206
$\mu_y =$	0.5128	0.5128	0.5128	0.5128
$\alpha =$	0.0114072	0.04328871	0.02525739	0.02456762
$\beta =$	63.5840671	16.7553218	28.7169972	29.5232632

TABLA A4-5

MÁXIMAS CRECIDAS

<i>TR (años)</i>	<i>PROB=1/TR</i>	<i>ECHEANDÍA</i>	<i>Qmax (m3/s) BA- A1</i>	<i>Qmax (m3/s) BA-M</i>	<i>Qmax (m3/s) BA- B</i>
2	0.500	95.71	25.22	43.23	44.44
50	0.020	405.64	106.89	183.20	188.35
<b>100</b>	<b>0.010</b>	<b>466.85</b>	<b>123.02</b>	<b>210.85</b>	<b>216.77</b>
150	0.007	502.54	132.43	226.97	233.34
200	0.005	527.84	139.09	238.39	245.08
250	0.004	547.44	144.26	247.25	254.19
300	0.003	563.45	148.48	254.48	261.62
350	0.003	576.99	152.04	260.59	267.91

## ANEXO 5

### PRESUPUESTO DE OBRA

#### Costos Unitarios de Obras.

Para el desarrollo del presupuesto de las centrales se contó con la información de costos de materiales, equipos electromecánicos y equipos hidromecánicos dados por la compañía de consultores en ingeniería Caminosca, caminos y canales C.Ltda en enero del 2006 para el proyecto Angamarca Sinde.

Además se consideraron precios de materiales, equipos electromecánicos e hidromecánicos dados por el Departamento de Planificación del Conejo Provincial del Guayas en junio del 2006. Estos costos fueron dados para una central que tiene potencia nominal de 12 Mw y un caudal de diseño de 12 m<sup>3</sup>/seg (Proyecto Caluma Bajo).

Los costos unitarios dados por Caminosca y el Consejo Provincial, fueron basados en la tarifa de los equipos y maquinaria, costos de mano de obra, costos de materiales y equipos, así como su debido transporte.

#### Actualización de precios dados por CAMINOSCA

Los precios presentados por Caminosca en enero del 2006, fueron calculados a partir de una lista de precios en Sucre (Moneda ecuatoriana antes de la dolarización) dada por el INECEL en el año 1984, la cual fue actualizada a diciembre del 2005 como se detalla a continuación:

1) Transformación de los Precios Unitarios de sucres a dólares americanos con la tasa de cambio a enero de 1984.

$$PU_0 = PU_{sucres} \times TC$$

Donde:

$PU_0 =$	Precio Unitario (enero de 1984 usd/amer.)
$PU_{sucres} =$	Precio Unitario (enero de 1984 en sucres)
$TC =$	Tasa de cambio de sucre a usd/amer. (1 usd/amer. = 54.00 sucres)

2) Actualización de precios de dólares americanos de enero de 1984 a dólares americanos de diciembre del 2005, utilizando la formula de interés compuesto que se muestra a continuación:

$$PU_f = PU_0(1+i)^n$$

Donde:

$PU_f =$	Precio Unitario (diciembre del 2005 usd/amer.)
$i =$	Tasa de Inflación Promedio Anual (2.5%)
$n =$	Número de años (22 años)

Luego se procedió a comparar los precios obtenidos en dólares americanos del 2005 con una lista de precios de la Base de Datos de Caminosca, determinándose el grado de afinidad de los rubros con características similares.

La base de datos anteriormente mencionada hace referencia a precios de proyectos realizados en el Ecuador por Caminosca entre los años 2003 y 2005 a nivel de detalle. Estos proyectos se enlistan a continuación:

- Proyecto “Hidroeléctrico Baba – 40 Mw”. (CEDEGE)
- Proyecto “Optimización Papallacta Ramal Sur” (EMAAP-Q)
- Proyecto “Hidroeléctrico Sabanilla – 30 Mw”. (CAMINOSCA – en licitación)
- Proyecto “Hidroeléctrico Chorrillos – 5 Mw”. (HIDROZAMORA – en construcción)

En el caso de que los valores de los rubros comparados sean semejantes, se asimiló como actualizados a los precios calculados y en el caso de que existan rubros con sustanciales diferencias se tomo como referencia los indicados en la Base de Datos, como se muestra en el siguiente gráfico.

Descripción	Unidad	Precio Unitario Escalado(*)	Precio Unitario Base de Datos(**)
Acabados arquitectónicos	gl	31 834,94	20 108,24
Acero de refuerzo	kg.	2,20	1,56
Cubierta metálica	m <sup>2</sup>	95,50	51,69
Excavación en roca	m <sup>3</sup>	132,34	70,67
Excavación para azud	m <sup>3</sup>	12,73	6,47
Excavación para muros	m <sup>3</sup>	6,23	9,04
Excavación sin clasificar	m <sup>3</sup>	2,27	2,95
Excavación sin clasificar - Plataforma	m <sup>3</sup>	2,27	2,95
Excavación sin clasificar - Traslase	m <sup>3</sup>	6,23	4,58
Hormigón estructural	m <sup>3</sup>	256,46	159,06
Hormigón para azud	m <sup>3</sup>	208,77	137,69
Hormigón para bloques de apoyo	m <sup>3</sup>	183,53	128,11
Hormigón para conducto y chimenea	m <sup>3</sup>	256,46	292,22
Hormigón para muros	m <sup>3</sup>	256,46	178,04
Hormigón para muros, vigas tablero de obras de arte	m <sup>3</sup>	256,46	214,26
Inyección a presión para pantalla de impermeabilización	m	1 114,22	436,17

Se puede observar que con este método de actualización se obtuvieron algunos valores aproximados a los de la base de datos de Caminosca, a pesar de que fueron precios de hace 22 años los dados por el INECCEL. Sin embargo algunos valores presentaron una gran diferencia al ser comparados, por lo cual se eligieron como precios finales a presentar en enero del 2006 los de la base de datos.

3) Finalmente, para actualizar los precios en dólares americanos de enero del 2006 presentados por Caminosca a dólares americanos de enero del 2008 se utilizó la fórmula de interés compuesto que se muestra a continuación:

$$PU = PU_f (1 + i)^n$$

Donde:

$PU =$	Precio Unitario (enero del 2008 usd/amer.)
$i =$	Tasa de Inflacion Pro medio Anual (2.5%)
$n =$	Número de años (2 años)

A continuación se presenta en la tabla A5-1 los precios unitarios dados por Caminosca en enero del 2006 y su actualización a enero del 2008.

TABLA A5-1

PRECIOS COTIZADOS POR CAMINOSCA

DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO (En/06)	PRECIO (En/08)
Acabados arquitectónicos	gl	20108.24	21126.22
Acero de refuerzo	kg	1.56	1.64
Cubierta metálica	m2	51.69	54.31
Drenajes	m	5.49	5.77
Drenaje canal	m	5.49	5.77
Excavación en roca	m3	70.67	74.25
Excavación en roca - Casa de Maquinas	m3	22.24	23.37
Excavación en roca - Cajón	m3	22.24	23.37
Excavación en roca - Plataforma	m3	10.90	11.45
Excavación para azud	m3	6.47	6.80
Excavación para muros	m3	9.04	9.50
Excavación sin clasificar	m3	2.95	3.10
Excavación sin clasificar - Cajón	m3	4.58	4.81
Excavación sin clasificar - Obras de Arte	m3	6.80	7.14
Excavación sin clasificar - Plataforma	m3	2.95	3.10
Excavación sin clasificar - Traslase	m3	4.58	4.81
Excavación sin clasificar - Tubería de presión	m3	6.80	7.14
Excavación sin clasificar - Casa de maquinas	m3	6.80	7.14
Construcción y mantenimiento de las Ataguías	gl	30802.92	32362.32
Desvió del río	gl	30802.92	32362.32
Hormigón de revestimiento	m3	182.41	191.64
Hormigón de revestimiento para canal	m3	182.41	191.64
Hormigón de revestimiento y portales	m3	182.41	191.64
Hormigón estructural	m3	159.06	167.11
Hormigón para Apoyo de equipos	m3	211.24	221.93
Hormigón para azud	m3	137.69	144.66
Hormigón para bloques de apoyo	m3	128.11	134.60
Hormigón para conducto y chimenea	m3	292.22	307.01
Hormigón para muros	m3	178.04	187.05
Hormigón para muros, vigas tablero de obras de arte	m3	214.26	225.11
Hormigón para muros, vigas y semejantes	m3	214.26	225.11
Hormigón para Paredes	m3	184.71	194.06
Hormigón para reptantillos	m3	149.80	157.38
Hormigón para zampeado	m3	184.71	194.06
Inyección a presión para pantalla de impermeabilización	m	436.17	458.25
Replanteo, desbroce y limpieza	ha	3422.64	3595.91
Relleno simple	m3	1.58	1.66
Rellenos con material clasificado	m3	14.93	15.69
Rellenos con material clasificado para Casa de maquinas	m3	14.93	15.69
Rellenos con material clasificado para plataforma y terraplén	m3	14.93	15.69
Sub-base para pavimento del camino	m3	10.64	11.18
Tubería de Presión	tn	3642.64	3827.05
Turbinas	gl	4342431.33	4562266.92
Generadores	gl	4776665.73	5018484.43
Transformadores	gl	521098.74	547479.36
Tableros de control	gl	3300255.66	3467331.10
Equipos auxiliares, incluido generador de emergencia y tableros de comunicación	gl	977038.32	1026500.88
Subestación - (Obra civil y Equipos)	gl	1488828.62	1564200.57
Otros Equipos	gl	2279785.17	2395199.29
Línea de transmisión - (Obra civil y Equipos)	gl	2820000.00	2962762.50
Compuertas radiales	tn	6027.95	6333.11
Compuertas planas	tn	4305.68	4523.66
Reguladores de velocidad	u	118015.08	123989.59
Válvulas esféricas	u	413052.77	433963.57
Puente grúa	u	212427.14	223181.26
Sistemas auxiliares	gl	118015.08	123989.59
Válvula mariposa diam. = 1,85 m	u	445370.27	467917.14
Puente grúa - (Cap.= 50 t)	u	229047.56	240643.09
Compuerta Plana - 1.10 m x 1.00 m	Tn	4305.68	4523.66
Compuerta Plana - 1.00 m x 1.19 m	Tn	4305.68	4523.66
Compuerta Plana - 1.00 m x 1.50 m	Tn	4305.68	4523.66
Compuerta Plana - 1.50 m x 2.00 m	Tn	4305.68	4523.66
Compuerta Plana - 2.00 m x 2.00 m	Tn	4305.68	4523.66
Compuerta Plana - 2.50 m x 2.50 m	Tn	4305.68	4523.66

### **Actualización de precios dados por el Consejo Provincial del Guayas.**

Para actualizar los precios en dólares americanos de junio del 2006 presentados por el Consejo Provincial del Guayas a dólares americanos de enero del 2008 se utilizó la fórmula de interés compuesto que se muestra a continuación:

$$PU = PU_f (1+i)^n$$

Donde:

$PU =$	Precio Unitario (enero del 2008 usd/amer.)
$i =$	Tasa de Inflación Promedio Anual (2.5%)
$n =$	Número de años (2 años)

Se consideró una tasa de interés de 2.5% (que es la tasa tomada por Caminosca como promedio para actualizar los precios después de 21 años). No se consideró la tasa de inflación anual dada hasta diciembre del 2007 que es de 2.8%, porque esta tasa varía principalmente con el alza de precio de alimentos y no con otros ítems, como los de la construcción.

A continuación se presenta en la tabla A5-2 los precios unitarios dados por el Departamento de Planificación del Consejo Provincial del Guayas en junio del 2006 y su actualización a enero del 2008.

TABLA A5-2

PRECIOS COTIZADOS POR EL CONSEJO PROVINCIAL DEL GUAYAS

DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO (Jun/06)	PRECIO (En/08)
Replanteo, desbroce y limpieza	ha	209.57	220.18
Limpieza de derrumbes	m3	0.98	1.03
Mejoramiento subrasantes	m3	9.47	9.95
Excavación sin clasificar a cielo abierto	m3	2.95	3.10
Excavación sin clasificar con agua	m3	8.66	9.10
Excavaciones en zanja	m3	2.00	2.10
Hormigón ciclópeo: 60% hormigón en masa, 40% piedra desplante	m3	131.28	137.93
Hormigón estructural	m3	243.08	255.39
Hormigón de revestimiento	m3	208.71	219.28
Relleno común (tierra)	m3	2.72	2.86
Relleno común, material impermeable	m3	8.14	8.55
Relleno de material, gravo arenoso	m3	24.46	25.70
Material de escollera tipo 3	m3	14.09	14.80
Enrocado de material tipo 5	m3	16.06	16.87
Sub-base para carretera	m3	15.05	15.81
Drenaje: Tubería	m3	17.90	18.81
Tubería con relleno	m3	343.04	360.41
Muros de gaviones	m3	37.31	39.20
Cubierta de asbestos cemento	m2	15.05	15.81
Muros de mamposterías	m2	14.05	14.76
Alcantarilla 48"	m	343.04	360.41
Coronamiento	m	55.05	57.84
Estructura metálica para cubierta	Kg	2.57	2.70
Tubería metálica (Conducción y chimenea)	Kg	2.95	3.10
Protecciones metálicas	S.G	104686.83	109986.60
Acero para torres	TM	2882.04	3027.94
Cemento portland	TM	171.23	179.90
Acero de refuerzo	TM	1291.54	1356.92
Tubería metálica (blindaje)	TM	2882.04	3027.94
Anillos de refuerzo	TM	2882.04	3027.94
Sanitarias	gl	412154.56	433019.88
Eléctricas	gl	329723.65	346415.91
Acabados de la construcción	gl	255595.99	268535.54
Generadores	gl	1744596.95	-----
Transformador	gl	115399.38	-----
Turbina	gl	1625590.94	-----
Tableros de Control	gl	361134.13	-----
Equipos auxiliares, incluido generador de emergencia y de comunicación	gl	321440.14	-----
Reguladores de velocidad	gl	55453.69	-----
Válvulas esféricas	gl	55453.69	-----
Puente grúa	gl	45926.50	-----
Sistemas auxiliares	gl	105601.70	-----

**Nota:** En la tabla A5-2 se muestran algunos equipos cuyos precios no fueron actualizados igual que los demás, esto se debió a que, estos equipos son comprados en el exterior y su costo no varía con la inflación de nuestro país.

### Consideraciones importantes.

Para costos de excavaciones, rellenos y materiales de construcción se consideraron principalmente los precios cotizados por Caminosca.

Mientras que para determinar los costos de los equipos electromecánicos e hidromecánicos como transformador, turbinas, generadores, tableros de control, equipos auxiliares y sistemas auxiliares se tomo como base los precios dados por el Departamento de Planificación del Consejo Provincial del Guayas.

De estos precios bases del Consejo se consideró el 40% fijo, y el 60% restante variable con respecto a la potencia. A continuación se detalla este cálculo:

$$C_f = 0.4 \times C_0$$

$$C_v = 0.6 \times C_0 \times P_{Bals}/P_0$$

$$C_{Bals} = C_f + C_v$$

Donde:

$C_0$  = Costo dado por el Dep. de Planif. del Consejo Prov. del Guayas (D.P.C.P.G)

$C_f$  = Costo fijo de equipo para Proyecto Balsapamba

$C_v$  = Costo variable de equipo para Proyecto Balsapamba

$C_{Bals}$  = Costo total unitario de equipo para Proyecto Balsapamba

$P_0$  = Potencia nominal de equipo cotizado por el D.P.C.P.G (12 Mw)

$P_{Bals}$  = Potencia nominal de equipo para Proyecto Balsapamba ( Depende del proyecto)

Para los equipos hidromecánicos como regulador de velocidad y la válvula esférica, se determinó el costo unitario de cada equipo, de acuerdo al caudal de diseño que tiene cada una de las tres centrales con respecto al caudal que tiene el proyecto Caluma Bajo ( $12 \text{ m}^3/\text{seg}$ ). Teniendo en cuenta esta consideración de caudales, se estableció lo siguiente:

Para determinar los costos unitarios en la central de la Toma 720 msnm (BA-A1) se uso un factor de 0.4 y para las otras dos, Toma 360 msnm y Toma 200 msnm (BA-M y BA-B) el factor es de 0.6.

## ANEXO 6

### TABLAS Y GRÁFICOS OBTENIDOS CON LAS SIMULACIONES EN PFIRM

TABLA A6-1

SERIE SINTÉTICA DE CAUDALES GENERADOS PARA 50 AÑOS DE BA-B

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Avge
1	3,76	6,17	6,17	6,17	6,17	4,80	4,82	4,93	3,95	4,73	6,17	6,17	5,33
2	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	5,71	3,98	3,08	2,82	2,02	5,06
3	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	3,01	1,91	1,81	0,23	0,86	1,64	3,86
4	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	1,88	0,04	0,74	2,08	1,35	0,85	1,28	3,24
5	6,17	6,17	6,17	6,17	5,85	2,02	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	2,71
6	0,07	6,17	6,17	6,17	6,17	5,67	6,17	6,17	5,95	3,90	5,82	6,17	5,37
7	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	4,13	3,70	3,03	0,68	0,02	0,02	4,04
8	3,83	6,17	6,17	6,17	6,17	4,64	3,31	2,30	1,71	1,66	1,76	3,43	3,93
9	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	5,91	5,73	2,29	1,98	0,02	0,61	4,46
10	4,19	6,17	6,17	6,17	6,09	4,73	2,85	1,66	1,96	1,55	1,36	0,02	3,56
11	0,07	6,17	6,17	6,17	5,83	3,12	2,25	3,34	2,70	4,48	5,99	6,17	4,36
12	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	5,86	4,41	2,34	2,81	3,45	1,28	4,76
13	5,72	6,17	6,17	6,17	3,25	4,78	1,46	0,03	0,02	0,51	0,33	0,14	2,87
14	2,80	6,17	6,17	6,17	6,17	5,88	3,67	2,03	2,87	2,76	4,79	4,55	4,48
15	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	6,08	4,28	3,33	4,22	2,37	5,29
16	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	2,98	1,76	2,30	4,28	3,92	3,70	6,17	4,66
17	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	3,92	2,77	4,61	4,00	6,17	6,17	5,38
18	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	6,00	4,27	4,59	3,16	3,53	3,39	3,09	4,90
19	5,99	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	4,70	4,73	6,17	5,96	5,90
20	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	4,05	2,72	4,12	3,52	3,70	4,41	2,01	4,61
21	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	6,09	3,38	2,69	3,35	2,10	1,58	1,13	4,25
22	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	5,46	5,74	5,22	4,68	3,10	2,10	3,20	5,02
23	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	5,26	2,78	1,01	2,42	2,15	0,87	4,24	4,12
24	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	6,08	3,40	0,79	0,02	1,24	1,37	0,18	3,65
25	5,18	6,17	6,17	6,17	6,17	3,75	3,69	3,76	1,74	2,69	2,50	3,78	4,31
26	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	3,99	1,95	0,16	2,25	0,02	4,25	4,13
27	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	5,74	2,63	1,08	1,30	0,02	0,02	0,02	3,45
28	3,77	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	5,93	5,20	5,57	4,73	5,73	4,13	5,48
29	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	6,08	3,32	0,33	0,02	0,02	0,02	1,52	3,50
30	2,94	6,17	6,17	2,36	0,10	2,31	0,04	0,03	0,95	1,31	0,55	2,23	2,07
31	1,32	6,17	6,17	6,17	4,37	2,09	1,62	4,50	2,72	3,17	2,21	2,57	3,57
32	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	4,87	3,58	2,87	3,34	2,64	4,35	4,89
33	6,17	6,17	6,17	5,50	0,23	0,10	0,49	0,93	1,18	2,36	6,17	6,17	3,45
34	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	5,55	4,42	3,43	2,63	1,40	0,02	4,53
35	6,17	6,17	6,17	6,17	4,39	4,41	2,82	0,95	0,02	0,02	0,02	0,02	3,09
36	0,07	2,78	0,14	0,14	0,10	0,06	1,22	2,36	1,00	0,78	0,02	0,02	0,71
37	0,07	6,17	5,12	6,17	2,14	0,06	0,60	2,47	3,69	2,23	0,48	2,57	2,62
38	6,17	6,17	6,17	4,33	4,00	3,75	2,91	0,75	0,76	2,90	2,32	5,84	3,83
39	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	2,70	0,80	1,45	0,75	0,51	0,02	3,59
40	1,41	6,17	6,17	6,17	5,30	6,17	4,27	3,15	3,67	4,46	2,55	2,93	4,35
41	5,21	6,17	6,17	6,17	6,17	4,82	0,27	0,37	1,56	2,05	2,17	0,83	3,47
42	3,71	6,17	6,17	6,17	6,17	5,22	3,40	2,41	3,76	1,96	2,23	3,87	4,25
43	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	5,99	1,90	0,03	0,02	1,15	1,09	0,02	3,40
44	5,79	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	5,26	6,08	5,52	3,66	1,95	0,93	5,00
45	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	5,26	4,73	4,83	4,32	5,71
46	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	5,18	2,71	2,14	0,15	0,83	0,02	0,02	3,48
47	0,07	3,60	3,84	3,18	2,17	2,13	0,04	0,03	0,77	0,96	0,89	2,96	1,70
48	5,17	6,17	6,17	6,17	6,17	5,89	3,71	2,29	2,38	0,93	1,59	3,00	4,12
49	5,79	6,17	6,17	6,17	6,17	5,63	5,35	6,10	4,31	2,83	2,68	3,64	5,08
50	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	6,17	5,41	4,31	3,13	2,66	6,10	5,40
Avge	4,92	6,05	5,99	5,87	5,45	4,83	3,43	2,91	2,57	2,35	2,31	2,68	4,10

TABLA A6-2

SERIE SINTÉTICA DE CAUDALES GENERADOS PARA 50 AÑOS DE BA-M

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Avge
1	3,62	5,90	5,90	5,90	5,90	4,63	4,67	4,84	3,83	3,93	5,90	5,90	5,07
2	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,53	3,82	2,95	2,71	1,93	4,85
3	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	2,89	1,90	1,74	0,23	0,84	1,60	3,70
4	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	1,80	0,03	0,77	2,00	1,29	0,81	1,20	3,10
5	5,90	5,90	5,90	5,90	5,61	1,92	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	2,59
6	0,07	5,90	5,90	5,90	5,90	5,49	5,90	5,90	5,75	3,76	5,60	5,90	5,15
7	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	3,95	3,61	2,90	0,64	0,02	0,02	3,86
8	3,67	5,90	5,90	5,90	5,90	4,48	3,18	2,28	1,64	1,60	1,71	3,31	3,78
9	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,72	5,61	2,24	1,91	0,02	0,59	4,28
10	4,05	5,90	5,90	5,90	5,87	4,58	2,76	1,70	1,91	1,52	1,33	0,02	3,43
11	0,07	5,90	5,90	5,90	5,68	3,05	2,19	3,29	2,61	3,93	5,80	5,90	4,17
12	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,65	4,33	2,26	2,72	3,36	1,27	4,57
13	5,55	5,90	5,90	5,90	3,17	4,63	1,41	0,03	0,02	0,48	0,32	0,13	2,76
14	2,72	5,90	5,90	5,90	5,90	5,70	3,56	2,05	2,80	2,67	4,63	4,40	4,33
15	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,88	4,12	3,20	4,07	2,28	5,06
16	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	2,90	1,72	2,29	4,14	3,80	3,58	5,90	4,48
17	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	3,78	2,75	4,46	3,88	5,90	5,90	5,16
18	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,77	4,10	4,49	3,05	3,39	3,27	2,97	4,70
19	5,79	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	4,53	3,93	5,90	5,74	5,60
20	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	3,88	2,61	4,04	3,37	3,56	4,24	1,92	4,41
21	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,86	3,25	2,63	3,21	2,01	1,51	1,06	4,07
22	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,26	5,52	5,05	4,49	2,97	2,01	3,07	4,82
23	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,08	2,69	1,06	2,35	2,09	0,86	4,10	3,96
24	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	3,30	0,85	0,02	1,19	1,32	0,18	3,50
25	5,01	5,90	5,90	5,90	5,90	3,65	3,58	3,72	1,69	2,59	2,43	3,65	4,15
26	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	3,83	1,93	0,14	2,17	0,02	4,11	3,96
27	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,56	2,54	1,13	1,25	0,02	0,02	0,02	3,32
28	3,68	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,73	5,08	5,39	3,93	5,55	3,99	5,23
29	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,86	3,20	0,39	0,02	0,02	0,02	1,46	3,36
30	2,80	5,90	5,90	2,26	0,10	2,24	0,03	0,00	0,92	1,25	0,51	2,13	1,98
31	1,25	5,90	5,90	5,90	4,21	2,01	1,56	4,40	2,61	3,06	2,15	2,49	3,43
32	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	4,71	3,52	2,76	3,23	2,55	4,20	4,69
33	5,90	5,90	5,90	5,24	0,12	0,04	0,44	0,96	1,14	2,29	5,90	5,90	3,29
34	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,39	4,34	3,33	2,54	1,36	0,02	4,35
35	5,90	5,90	5,90	5,90	4,26	4,27	2,72	1,00	0,02	0,02	0,02	0,02	2,98
36	0,07	2,70	0,14	0,13	0,10	0,05	1,20	2,39	1,01	0,80	0,02	0,02	0,71
37	0,07	5,90	4,97	5,90	2,09	0,05	0,57	2,46	3,59	2,17	0,47	2,50	2,53
38	5,90	5,90	5,90	4,16	3,87	3,63	2,83	0,81	0,74	2,81	2,23	5,64	3,69
39	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	2,61	0,86	1,41	0,74	0,50	0,02	3,44
40	1,37	5,90	5,90	5,90	5,17	5,90	4,15	3,13	3,57	3,93	2,47	2,85	4,17
41	5,02	5,90	5,90	5,90	5,90	4,62	0,25	0,43	1,49	1,97	2,09	0,80	3,33
42	3,58	5,90	5,90	5,90	5,90	5,07	3,30	2,42	3,64	1,90	2,16	3,75	4,10
43	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,78	1,81	0,03	0,02	1,09	1,04	0,02	3,25
44	5,55	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,07	5,90	5,34	3,54	1,87	0,90	4,80
45	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,04	3,93	4,61	4,12	5,40
46	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	4,99	2,62	2,15	0,14	0,80	0,02	0,02	3,34
47	0,07	3,47	3,70	3,10	2,14	2,09	0,03	0,03	0,76	0,94	0,86	2,87	1,66
48	5,01	5,90	5,90	5,90	5,90	5,69	3,57	2,30	2,30	0,89	1,53	2,89	3,97
49	5,58	5,90	5,90	5,90	5,90	5,44	5,18	5,90	4,16	2,74	2,59	3,55	4,89
50	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	5,26	4,15	3,01	2,56	5,89	5,18
Avge	4,71	5,79	5,72	5,61	5,21	4,64	3,31	2,86	2,48	2,20	2,23	2,58	3,93

TABLA A6-3

SERIE SINTÉTICA GENERADA DE CAUDALES PARA 50 AÑOS DE BA-A1

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Avge
1	3,21	3,21	3,21	3,16	3,21	1,88	1,37	2,19	0,43	0,27	0,94	0,29	1,94
2	2,23	3,21	3,21	3,21	0,52	2,01	1,49	1,34	0,62	1,32	2,00	1,78	1,90
3	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	1,10	0,45	0,01	0,01	0,01	0,39	1,76
4	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	2,38	2,92	3,21	2,17	2,14	3,01	1,20	2,75
5	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	2,09	1,12	0,01	0,01	0,01	0,01	1,87
6	0,03	2,80	1,76	3,06	3,21	1,42	0,02	0,01	1,21	0,58	1,29	1,94	1,43
7	2,59	3,21	3,21	2,53	3,21	2,73	1,20	1,29	0,63	0,01	0,01	0,76	1,77
8	3,21	3,21	3,21	3,21	1,95	1,50	0,83	0,55	1,53	0,68	0,01	1,07	1,74
9	2,66	3,21	3,21	3,21	0,84	0,93	0,50	0,01	0,01	0,24	0,01	0,01	1,22
10	0,54	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	2,53	1,58	1,77	1,84	1,42	0,01	2,13
11	3,21	3,21	3,21	3,21	2,59	1,27	1,25	0,32	0,20	0,83	0,21	1,00	1,70
12	0,61	3,21	3,21	3,21	3,21	2,82	2,57	1,72	0,16	0,29	0,01	0,01	1,74
13	1,93	3,21	3,21	1,86	2,67	1,78	2,43	0,59	0,37	0,01	0,37	0,35	1,56
14	1,93	3,21	3,21	3,21	2,63	1,47	2,68	3,02	1,62	1,16	0,50	1,43	2,17
15	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	1,35	0,01	0,32	1,06	1,44	2,25	2,13
16	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	1,60	1,82	2,32	1,14	2,83	3,21	2,68
17	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	1,49	1,98	2,15	2,14	1,74	2,26	2,58
18	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	3,14	0,77	1,82	0,86	1,16	0,90	0,01	2,05
19	2,40	3,21	3,21	3,21	2,89	1,79	2,93	1,83	0,10	0,01	0,01	0,25	1,82
20	0,50	1,95	2,23	3,21	3,21	1,41	0,59	1,14	1,34	1,42	1,64	0,90	1,62
21	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	2,79	3,19	1,88	1,09	1,25	1,57	2,58
22	3,21	3,21	3,21	3,21	2,11	1,45	0,65	0,47	0,53	0,18	0,01	1,15	1,61
23	3,06	3,21	3,21	1,86	1,65	1,31	0,56	0,01	0,01	0,67	0,17	0,85	1,37
24	3,16	3,21	3,21	3,21	3,21	2,93	2,34	2,70	2,13	1,02	0,15	0,01	2,27
25	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	2,92	3,21	3,21	2,88	2,07	1,43	2,33	2,84
26	3,18	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	2,26	1,08	1,44	1,60	0,86	0,01	2,20
27	0,16	3,21	3,21	3,21	3,21	1,47	0,28	0,01	0,02	0,24	0,01	0,29	1,26
28	1,86	2,98	1,07	3,09	2,64	1,32	1,39	1,23	1,04	1,30	1,67	1,93	1,78
29	2,49	3,21	3,21	3,21	3,21	2,62	1,80	2,62	1,35	1,65	1,96	3,02	2,53
30	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	2,86	1,42	1,39	1,27	1,15	0,84	0,42	2,11
31	0,97	3,21	3,21	3,21	1,25	1,06	0,96	1,48	1,90	1,90	2,78	3,21	2,08
32	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	3,10	3,18	2,42	1,82	2,26	2,55	2,88
33	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	2,58	2,14	1,68	1,40	2,42	2,72
34	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	2,59	2,80	2,02	1,71	2,14	1,48	0,01	2,40
35	2,55	3,21	3,21	3,21	3,21	2,33	3,09	2,30	1,96	1,49	1,93	2,07	2,54
36	2,43	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	2,28	2,12	1,63	1,39	1,92	2,15	2,49
37	2,58	3,21	3,21	3,21	0,54	0,02	0,64	0,36	1,42	1,11	1,45	1,31	1,58
38	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	1,15	1,26	2,10	2,14	2,55	3,21	2,63
39	3,21	3,21	3,21	3,21	2,07	1,95	2,16	2,19	0,79	0,74	0,41	0,84	1,99
40	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	1,80	1,09	0,76	0,64	0,01	0,01	0,01	1,69
41	0,68	3,21	3,21	2,99	0,27	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,85
42	0,89	3,21	3,21	3,21	3,21	1,10	0,02	0,01	0,01	0,01	0,19	0,01	1,24
43	0,12	3,21	3,21	3,21	0,86	0,80	1,31	1,01	0,46	1,16	0,91	1,72	1,49
44	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	2,86	3,02	2,14	2,07	2,35	2,91
45	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	2,26	1,64	2,25	2,07	0,68	0,20	1,34	2,20
46	3,21	3,21	2,32	2,03	3,21	1,16	0,68	0,01	0,01	0,65	0,79	1,31	1,54
47	2,15	3,21	3,21	3,21	3,21	1,27	1,83	0,06	0,01	0,01	0,01	0,04	1,51
48	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	2,76	2,12	2,18	1,15	1,13	1,25	2,48
49	2,78	3,21	3,21	3,21	3,21	1,89	1,87	2,49	2,19	2,14	3,03	3,21	2,70
50	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	1,88	1,69	1,94	1,91	0,89	1,79	3,21	2,44
Avge	2,50	3,17	3,10	3,11	2,76	2,17	1,68	1,46	1,18	1,01	1,06	1,26	2,03

TABLA A6-4

SERIE SINTÉTICA DE POTENCIA GENERADA PARA 50 AÑOS DE BA-B

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Average
1	2.89	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.99	2.41	3.05	3.05	2.98
2	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.00	2.41	2.43	1.28	2.80
3	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.52	0.96	0.00	0.00	0.00	0.00	1.82
4	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	0.00	0.00	0.00	1.46	0.00	0.00	0.00	1.39
5	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	1.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.38
6	0.00	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.41	3.05	3.05	2.75
7	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.86	2.53	0.00	0.00	0.00	2.23
8	2.92	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.67	2.13	0.00	0.00	0.00	2.72	2.14
9	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.11	1.21	0.00	0.00	2.31
10	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.44	0.00	1.12	0.00	0.00	0.00	1.82
11	0.00	3.05	3.05	3.05	3.05	2.57	1.99	2.68	2.37	2.41	3.05	3.05	2.53
12	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.19	2.41	2.74	0.00	2.65
13	3.05	3.05	3.05	3.05	2.64	3.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.49
14	2.41	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.84	1.31	2.45	2.41	3.05	3.05	2.73
15	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.41	3.05	2.20	2.93
16	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.50	0.00	2.11	3.05	2.41	2.86	3.05	2.60
17	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.97	2.40	3.05	2.41	3.05	3.05	2.94
18	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.59	2.41	2.71	2.56	2.89
19	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.41	3.05	3.05	3.00
20	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.03	2.38	3.05	2.77	2.41	3.05	1.27	2.77
21	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.70	2.36	2.69	1.57	0.00	0.00	2.30
22	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.41	1.53	2.61	2.84
23	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.41	0.00	2.23	1.73	0.00	3.05	2.31
24	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.75
25	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.89	2.85	2.89	0.00	2.41	2.27	2.90	2.62
26	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.01	1.08	0.00	2.04	0.00	3.05	2.29
27	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.72
28	2.89	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.41	3.05	3.05	2.99
29	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.75
30	2.49	3.05	3.05	2.20	0.00	2.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.90	1.24
31	0.00	3.05	3.05	3.05	3.05	1.51	0.00	3.05	2.37	2.41	1.86	2.30	2.14
32	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.80	2.45	2.41	2.34	3.05	2.87
33	3.05	3.05	3.05	3.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.26	3.05	3.05	1.72
34	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.73	2.40	0.00	0.00	2.46
35	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.73
36	0.00	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38
37	0.00	3.05	3.05	3.05	1.66	0.00	0.00	2.25	2.86	1.98	0.00	2.30	1.68
38	3.05	3.05	3.05	3.05	3.01	2.89	2.47	0.00	0.00	2.41	2.18	3.05	2.35
39	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.72
40	0.00	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.59	2.84	2.41	2.29	2.48	2.58
41	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	0.00	0.00	0.00	1.41	1.74	0.00	1.79
42	2.86	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.71	2.22	2.89	1.14	1.91	2.94	2.66
43	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.53
44	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.41	1.08	0.00	2.58
45	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.41	3.05	3.05	3.00
46	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.37	1.66	0.00	0.00	0.00	0.00	1.86
47	0.00	2.81	2.93	2.60	1.75	1.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.49	1.18
48	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.86	2.11	2.21	0.00	0.00	2.51	2.33
49	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.41	2.36	2.83	2.92
50	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.41	2.35	3.05	2.94
Mean	2.59	3.04	2.99	2.97	2.81	2.67	2.13	1.77	1.65	1.42	1.32	1.62	2.25

TABLA A6-5

SERIE SINTÉTICA DE POTENCIA GENERADA PARA 50 AÑOS DE BA-M

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Average
1	5,65	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	4,05	5,84	5,84	5,68
2	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	4,05	4,75	2,45	5,32
3	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	4,93	2,26	0,00	0,00	0,00	0,00	3,52
4	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	0,00	0,00	0,00	2,88	0,00	0,00	0,00	2,67
5	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	2,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,63
6	0,00	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	4,05	5,84	5,84	5,20
7	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,64	4,94	0,00	0,00	0,00	4,29
8	5,70	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,22	4,32	0,00	0,00	0,00	5,34	4,15
9	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	4,28	2,44	0,00	0,00	4,45
10	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	4,80	0,00	2,31	0,00	0,00	0,00	3,51
11	0,00	5,84	5,84	5,84	5,84	5,08	3,98	5,33	4,65	4,05	5,84	5,84	4,84
12	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	4,30	4,05	5,39	0,00	5,04
13	5,84	5,84	5,84	5,84	5,20	5,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,87
14	4,76	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,59	3,15	4,84	4,05	5,84	5,84	5,27
15	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	4,05	5,84	4,33	5,57
16	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	4,94	0,00	4,33	5,84	4,05	5,61	5,84	4,98
17	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,81	4,79	5,84	4,05	5,84	5,84	5,60
18	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,08	4,05	5,31	5,00	5,51
19	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	4,05	5,84	5,84	5,69
20	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	4,65	5,84	5,41	4,05	5,84	2,39	5,27
21	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,28	4,67	5,24	3,05	0,00	0,00	4,44
22	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	4,05	2,94	5,11	5,39
23	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	4,73	0,00	4,39	3,52	0,00	5,84	4,46
24	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,37
25	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,68	5,61	5,75	0,00	4,05	4,47	5,68	5,04
26	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	2,44	0,00	4,05	0,00	5,84	4,44
27	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	4,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,30
28	5,71	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	4,05	5,84	5,84	5,68
29	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,36
30	4,83	5,84	5,84	4,30	0,00	4,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,63	2,39
31	0,00	5,84	5,84	5,84	5,84	2,95	0,00	5,84	4,65	4,05	3,74	4,53	4,09
32	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,55	4,80	4,05	4,59	5,84	5,48
33	5,84	5,84	5,84	5,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,05	5,84	5,84	3,26
34	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,36	4,05	0,00	0,00	4,68
35	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	4,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,32
36	0,00	4,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,76
37	0,00	5,84	5,84	5,84	3,40	0,00	0,00	4,50	5,62	4,02	0,00	4,55	3,30
38	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,66	4,87	0,00	0,00	4,05	4,25	5,84	4,49
39	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	4,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,31
40	0,00	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,17	5,60	4,05	4,52	4,88	4,94
41	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	0,00	0,00	0,00	2,81	3,42	0,00	3,44
42	5,61	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,33	4,46	5,67	2,35	3,81	5,77	5,18
43	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,92
44	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	4,05	2,11	0,00	4,89
45	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	4,05	5,84	5,84	5,69
46	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	4,66	3,74	0,00	0,00	0,00	0,00	3,62
47	0,00	5,51	5,73	5,14	3,69	3,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,90	2,37
48	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,60	4,34	4,34	0,00	0,00	4,93	4,52
49	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	4,05	4,63	5,58	5,57
50	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	5,84	4,05	4,60	5,84	5,59
Mean	4,97	5,81	5,72	5,68	5,39	5,13	4,13	3,48	3,21	2,47	2,57	3,13	4,31

TABLA A6-6

SERIE SINTÉTICA DE POTENCIA GENERADA PARA 50 AÑOS DE BA-A1

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Average
1	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	6,64	7,74	0,00	0,00	5,62	0,00	5,53
2	7,74	7,74	7,74	7,74	0,00	7,74	6,93	6,58	0,00	5,16	7,74	7,64	6,06
3	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	5,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,37
4	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	5,16	7,74	6,24	7,40
5	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	6,05	0,00	0,00	0,00	0,00	5,02
6	0,00	7,74	7,59	7,74	7,74	6,77	0,00	0,00	6,26	0,00	6,46	7,74	4,84
7	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	6,24	6,46	0,00	0,00	0,00	3,03	5,18
8	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	6,97	3,99	0,00	7,04	1,89	0,00	5,92	5,37
9	7,74	7,74	7,74	7,74	4,16	5,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,39
10	0,00	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,17	7,62	5,16	6,78	0,00	6,09
11	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	6,40	6,35	0,00	0,00	4,09	0,00	5,76	5,11
12	0,00	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,50	0,00	0,00	0,00	0,00	4,49
13	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,64	7,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,50
14	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	6,89	7,74	7,74	7,26	5,16	0,00	6,79	6,69
15	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	6,60	0,00	0,00	5,16	6,83	7,74	6,06
16	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,22	7,74	7,74	5,16	7,74	7,74	7,48
17	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	6,95	7,74	7,74	5,16	7,55	7,74	7,44
18	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	3,12	7,74	4,51	5,16	5,11	0,00	6,00
19	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,66	7,74	7,74	0,00	0,00	0,00	0,00	5,15
20	0,00	7,74	7,74	7,74	7,74	6,75	0,00	6,08	6,58	5,16	7,30	5,12	5,66
21	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	5,16	6,36	7,13	7,36
22	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	6,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,11	4,30
23	7,74	7,74	7,74	7,74	7,32	6,51	0,00	0,00	0,00	1,66	0,00	4,31	4,23
24	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	5,16	0,00	0,00	6,23
25	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	5,16	6,79	7,74	7,44
26	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	5,95	6,82	5,16	4,44	0,00	6,38
27	0,00	7,74	7,74	7,74	7,74	6,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,15
28	7,74	7,74	5,93	7,74	7,74	6,52	6,69	6,32	5,87	5,16	7,38	7,74	6,88
29	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,68	7,74	6,60	5,16	7,74	7,74	7,42
30	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	6,76	6,71	6,40	5,16	4,26	0,00	6,31
31	5,69	7,74	7,74	7,74	6,36	5,91	5,65	6,90	7,74	5,16	7,74	7,74	6,84
32	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	5,16	7,74	7,74	7,52
33	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	5,16	6,72	7,74	7,44
34	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,47	5,16	6,92	0,00	6,79
35	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	5,16	7,74	7,74	7,52
36	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,27	5,16	7,74	7,74	7,48
37	7,74	7,74	7,74	7,74	0,00	0,00	0,00	0,00	6,77	5,16	6,83	6,51	4,68
38	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	6,13	6,38	7,74	5,16	7,74	7,74	7,27
39	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	3,44	2,71	0,00	4,24	6,02
40	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,70	5,99	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,61
41	1,82	7,74	7,74	7,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,09
42	4,89	7,74	7,74	7,74	7,74	6,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,49
43	0,00	7,74	7,74	7,74	4,46	3,62	6,50	5,79	0,00	5,16	5,19	7,48	5,12
44	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	5,16	7,74	7,74	7,52
45	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,30	7,74	7,74	1,90	0,00	6,58	6,47
46	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	6,15	1,83	0,00	0,00	0,00	3,47	6,51	4,72
47	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	6,40	7,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,40
48	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	5,16	6,08	6,37	7,27
49	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	5,16	7,74	7,74	7,52
50	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,74	7,43	7,74	7,74	4,85	7,66	7,74	7,46
Mean	6,59	7,74	7,70	7,74	7,10	6,98	5,69	5,02	4,27	3,23	4,06	4,39	5,87

TABLA A6-7

SERIE SINTÉTICA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA PARA 50 AÑOS DE BA-B

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
1	1.45	2.05	2.27	2.20	2.27	1.76	1.82	1.86	1.47	1.79	2.20	2.27	23.41
2	2.27	2.05	2.27	2.20	2.27	2.20	2.27	2.12	1.48	1.19	1.06	0.79	22.18
3	2.27	2.05	2.27	2.20	2.27	2.20	1.17	0.75	0.69	0.09	0.33	0.64	16.92
4	2.27	2.05	2.27	2.20	2.27	0.71	0.01	0.29	0.79	0.53	0.32	0.50	14.22
5	2.27	2.05	2.27	2.20	2.17	0.77	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	11.79
6	0.03	2.05	2.27	2.20	2.27	2.04	2.27	2.27	2.13	1.50	2.09	2.27	23.39
7	2.27	2.05	2.27	2.20	2.27	2.20	1.58	1.43	1.14	0.27	0.01	0.01	17.69
8	1.47	2.05	2.27	2.20	2.27	1.70	1.28	0.90	0.65	0.65	0.67	1.32	17.43
9	2.27	2.05	2.27	2.20	2.27	2.20	2.19	2.13	0.87	0.78	0.01	0.24	19.47
10	1.60	2.05	2.27	2.20	2.24	1.73	1.11	0.65	0.74	0.61	0.52	0.01	15.74
11	0.03	2.05	2.27	2.20	2.16	1.17	0.88	1.29	1.02	1.70	2.14	2.27	19.19
12	2.27	2.05	2.27	2.20	2.27	2.20	2.17	1.68	0.88	1.09	1.29	0.51	20.89
13	2.13	2.05	2.27	2.20	1.26	1.75	0.57	0.01	0.01	0.20	0.12	0.06	12.63
14	1.09	2.05	2.27	2.20	2.27	2.11	1.41	0.79	1.08	1.07	1.75	1.73	19.83
15	2.27	2.05	2.27	2.20	2.27	2.20	2.27	2.24	1.58	1.29	1.56	0.93	23.13
16	2.27	2.05	2.27	2.20	2.27	1.12	0.69	0.90	1.58	1.50	1.38	2.27	20.50
17	2.27	2.05	2.27	2.20	2.27	2.20	1.51	1.08	1.69	1.53	2.20	2.27	23.54
18	2.27	2.05	2.27	2.20	2.27	2.14	1.63	1.74	1.19	1.36	1.27	1.20	21.59
19	2.21	2.05	2.27	2.20	2.27	2.20	2.27	2.27	1.72	1.79	2.20	2.20	25.67
20	2.27	2.05	2.27	2.20	2.27	1.50	1.06	1.58	1.31	1.42	1.63	0.79	20.36
21	2.27	2.05	2.27	2.20	2.27	2.17	1.31	1.05	1.25	0.82	0.60	0.44	18.71
22	2.27	2.05	2.27	2.20	2.27	1.97	2.13	1.96	1.72	1.20	0.79	1.24	22.08
23	2.27	2.05	2.27	2.20	2.27	1.91	1.08	0.40	0.92	0.84	0.33	1.62	18.16
24	2.27	2.05	2.27	2.20	2.27	2.17	1.31	0.31	0.01	0.49	0.52	0.07	15.95
25	1.95	2.05	2.27	2.20	2.27	1.40	1.42	1.45	0.66	1.05	0.95	1.45	19.11
26	2.27	2.05	2.27	2.20	2.27	2.20	1.53	0.76	0.06	0.88	0.01	1.62	18.12
27	2.27	2.05	2.27	2.20	2.27	2.06	1.02	0.43	0.49	0.01	0.01	0.01	15.10
28	1.45	2.05	2.27	2.20	2.27	2.20	2.19	1.95	2.01	1.79	2.06	1.58	24.03
29	2.27	2.05	2.27	2.20	2.27	2.17	1.28	0.13	0.01	0.01	0.01	0.60	15.27
30	1.14	2.05	2.27	0.89	0.04	0.87	0.01	0.01	0.36	0.51	0.21	0.87	9.25
31	0.52	2.05	2.27	2.20	1.66	0.79	0.64	1.71	1.02	1.23	0.84	1.00	15.93
32	2.27	2.05	2.27	2.20	2.27	2.20	1.84	1.38	1.08	1.29	1.00	1.66	21.51
33	2.27	2.05	2.27	1.99	0.09	0.04	0.19	0.37	0.45	0.92	2.20	2.27	15.12
34	2.27	2.05	2.27	2.20	2.27	2.20	2.07	1.68	1.28	1.02	0.53	0.01	19.86
35	2.27	2.05	2.27	2.20	1.67	1.62	1.10	0.38	0.01	0.01	0.01	0.01	13.60
36	0.03	0.98	0.06	0.05	0.04	0.02	0.48	0.92	0.38	0.31	0.01	0.01	3.28
37	0.03	2.05	1.93	2.20	0.84	0.02	0.24	0.97	1.38	0.87	0.18	1.00	11.70
38	2.27	2.05	2.27	1.60	1.53	1.40	1.13	0.29	0.29	1.13	0.88	2.16	17.01
39	2.27	2.05	2.27	2.20	2.27	2.20	1.05	0.32	0.55	0.30	0.19	0.01	15.68
40	0.55	2.05	2.27	2.20	1.99	2.20	1.63	1.22	1.37	1.70	0.96	1.14	19.27
41	1.96	2.05	2.27	2.20	2.27	1.77	0.11	0.15	0.59	0.80	0.82	0.33	15.31
42	1.43	2.05	2.27	2.20	2.27	1.90	1.31	0.94	1.40	0.77	0.84	1.49	18.87
43	2.27	2.05	2.27	2.20	2.27	2.14	0.74	0.01	0.01	0.45	0.42	0.01	14.85
44	2.15	2.05	2.27	2.20	2.27	2.20	1.97	2.24	1.99	1.41	0.74	0.37	21.86
45	2.27	2.05	2.27	2.20	2.27	2.20	2.27	2.27	1.91	1.79	1.77	1.65	24.92
46	2.27	2.05	2.27	2.20	2.27	1.88	1.06	0.84	0.06	0.33	0.01	0.01	15.25
47	0.03	1.25	1.48	1.19	0.85	0.81	0.01	0.01	0.29	0.38	0.34	1.15	7.79
48	1.94	2.05	2.27	2.20	2.27	2.11	1.43	0.90	0.90	0.37	0.61	1.16	18.20
49	2.15	2.05	2.27	2.20	2.27	2.03	2.00	2.25	1.59	1.10	1.01	1.40	22.32
50	2.27	2.05	2.27	2.20	2.27	2.20	2.27	2.02	1.59	1.21	1.00	2.25	23.61
Mean	1.82	2.01	2.20	2.09	2.01	1.74	1.30	1.11	0.95	0.91	0.85	1.02	18.03

TABLA A6-8

SERIE SINTÉTICA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA PARA 50 AÑOS DE BA-M

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
1	2,79	3,93	4,35	4,21	4,35	3,39	3,53	3,65	2,85	3,01	4,21	4,35	44,59
2	4,35	3,93	4,35	4,21	4,35	4,21	4,35	4,11	2,84	2,29	2,04	1,51	42,52
3	4,35	3,93	4,35	4,21	4,35	4,21	2,25	1,49	1,32	0,18	0,64	1,25	32,50
4	4,35	3,93	4,35	4,21	4,35	1,37	0,03	0,61	1,52	1,02	0,61	0,94	27,26
5	4,35	3,93	4,35	4,21	4,16	1,45	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	22,56
6	0,05	3,93	4,35	4,21	4,35	3,95	4,35	4,35	4,11	2,89	4,02	4,35	44,88
7	4,35	3,93	4,35	4,21	4,35	4,21	3,03	2,78	2,18	0,50	0,02	0,02	33,90
8	2,82	3,93	4,35	4,21	4,35	3,29	2,46	1,78	1,25	1,26	1,30	2,56	33,54
9	4,35	3,93	4,35	4,21	4,35	4,21	4,23	4,16	1,69	1,50	0,02	0,46	37,43
10	3,10	3,93	4,35	4,21	4,33	3,36	2,14	1,33	1,44	1,19	1,01	0,02	30,41
11	0,05	3,93	4,35	4,21	4,21	2,28	1,71	2,55	1,97	3,01	4,15	4,35	36,74
12	4,35	3,93	4,35	4,21	4,35	4,21	4,19	3,29	1,71	2,12	2,51	1,00	40,18
13	4,13	3,93	4,35	4,21	2,45	3,39	1,11	0,02	0,02	0,38	0,24	0,11	24,32
14	2,12	3,93	4,35	4,21	4,35	4,08	2,74	1,60	2,11	2,08	3,39	3,34	38,28
15	4,35	3,93	4,35	4,21	4,35	4,21	4,35	4,33	3,04	2,48	3,01	1,78	44,37
16	4,35	3,93	4,35	4,21	4,35	2,18	1,35	1,79	3,05	2,91	2,67	4,35	39,46
17	4,35	3,93	4,35	4,21	4,35	4,21	2,90	2,14	3,28	2,97	4,21	4,35	45,22
18	4,35	3,93	4,35	4,21	4,35	4,13	3,13	3,40	2,28	2,61	2,45	2,30	41,48
19	4,28	3,93	4,35	4,21	4,35	4,21	4,35	4,35	3,32	3,01	4,21	4,24	48,78
20	4,35	3,93	4,35	4,21	4,35	2,88	2,03	3,09	2,52	2,74	3,13	1,50	39,05
21	4,35	3,93	4,35	4,21	4,35	4,18	2,51	2,05	2,40	1,57	1,14	0,83	35,86
22	4,35	3,93	4,35	4,21	4,35	3,81	4,10	3,79	3,29	2,30	1,52	2,38	42,37
23	4,35	3,93	4,35	4,21	4,35	3,69	2,09	0,83	1,78	1,63	0,65	3,13	34,97
24	4,35	3,93	4,35	4,21	4,35	4,21	2,55	0,67	0,02	0,94	1,01	0,14	30,70
25	3,77	3,93	4,35	4,21	4,35	2,72	2,76	2,86	1,28	2,02	1,83	2,81	36,86
26	4,35	3,93	4,35	4,21	4,35	4,21	2,94	1,51	0,10	1,70	0,02	3,14	34,78
27	4,35	3,93	4,35	4,21	4,35	3,99	1,98	0,89	0,95	0,02	0,02	0,02	29,03
28	2,83	3,93	4,35	4,21	4,35	4,21	4,24	3,81	3,89	3,01	3,99	3,05	45,84
29	4,35	3,93	4,35	4,21	4,35	4,18	2,47	0,31	0,02	0,02	0,02	1,15	29,33
30	2,17	3,93	4,35	1,71	0,08	1,69	0,03	0,00	0,70	0,98	0,39	1,66	17,69
31	0,98	3,93	4,35	4,21	3,21	1,52	1,23	3,34	1,97	2,37	1,62	1,94	30,66
32	4,35	3,93	4,35	4,21	4,35	4,21	3,56	2,71	2,08	2,50	1,93	3,20	41,35
33	4,35	3,93	4,35	3,80	0,10	0,03	0,35	0,76	0,87	1,79	4,21	4,35	28,86
34	4,35	3,93	4,35	4,21	4,35	4,21	4,02	3,30	2,49	1,98	1,04	0,02	38,21
35	4,35	3,93	4,35	4,21	3,25	3,14	2,12	0,79	0,02	0,02	0,02	0,02	26,19
36	0,05	1,90	0,11	0,10	0,08	0,04	0,94	1,86	0,77	0,63	0,02	0,02	6,51
37	0,05	3,93	3,74	4,21	1,63	0,04	0,45	1,92	2,67	1,69	0,36	1,95	22,65
38	4,35	3,93	4,35	3,07	2,96	2,70	2,20	0,64	0,56	2,18	1,69	4,18	32,81
39	4,35	3,93	4,35	4,21	4,35	4,21	2,03	0,68	1,07	0,58	0,38	0,02	30,14
40	1,08	3,93	4,35	4,21	3,87	4,21	3,17	2,43	2,66	3,01	1,87	2,21	36,97
41	3,77	3,93	4,35	4,21	4,35	3,38	0,19	0,34	1,14	1,54	1,58	0,63	29,40
42	2,75	3,93	4,35	4,21	4,35	3,68	2,55	1,89	2,71	1,49	1,63	2,88	36,40
43	4,35	3,93	4,35	4,21	4,35	4,13	1,42	0,02	0,02	0,86	0,79	0,02	28,44
44	4,13	3,93	4,35	4,21	4,35	4,21	3,80	4,35	3,86	2,73	1,42	0,71	42,01
45	4,35	3,93	4,35	4,21	4,35	4,21	4,35	4,35	3,66	3,01	3,38	3,15	47,27
46	4,35	3,93	4,35	4,21	4,35	3,63	2,04	1,68	0,11	0,63	0,02	0,02	29,29
47	0,05	2,42	2,84	2,33	1,67	1,58	0,03	0,02	0,58	0,74	0,66	2,23	15,15
48	3,76	3,93	4,35	4,21	4,35	4,08	2,75	1,80	1,74	0,70	1,16	2,25	35,06
49	4,14	3,93	4,35	4,21	4,35	3,92	3,88	4,35	3,07	2,13	1,95	2,73	43,00
50	4,35	3,93	4,35	4,21	4,35	4,21	4,35	3,93	3,07	2,33	1,93	4,34	45,32
Mean	3,50	3,85	4,22	4,01	3,86	3,35	2,51	2,17	1,84	1,71	1,64	1,96	34,61

TABLA A6-9

SERIE SINTÉTICA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA PARA 50 AÑOS DE BA-A1

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
1	5,75	5,20	5,75	5,48	5,75	3,26	2,46	3,93	0,75	0,50	1,64	0,52	40,99
2	4,00	5,20	5,75	5,57	0,94	3,49	2,67	2,41	1,08	2,38	3,48	3,20	40,16
3	5,75	5,20	5,75	5,57	5,75	5,57	1,97	0,81	0,02	0,02	0,02	0,70	37,14
4	5,75	5,20	5,75	5,57	5,75	4,13	5,22	5,75	3,77	3,84	5,21	2,16	58,12
5	5,75	5,20	5,75	5,57	5,75	5,57	3,75	2,02	0,02	0,02	0,02	0,02	39,45
6	0,06	4,53	3,16	5,31	5,75	2,47	0,03	0,02	2,11	1,05	2,25	3,48	30,22
7	4,64	5,20	5,75	4,38	5,75	4,74	2,16	2,32	1,10	0,02	0,02	1,37	37,44
8	5,75	5,20	5,75	5,57	3,50	2,61	1,49	0,99	2,66	1,23	0,02	1,92	36,69
9	4,76	5,20	5,75	5,57	1,51	1,63	0,90	0,02	0,02	0,44	0,02	0,02	25,83
10	0,98	5,20	5,75	5,57	5,75	5,57	4,53	2,85	3,08	3,30	2,48	0,02	45,08
11	5,75	5,20	5,75	5,57	4,64	2,20	2,24	0,59	0,36	1,50	0,37	1,80	35,97
12	1,10	5,20	5,75	5,57	5,75	4,88	4,61	3,09	0,28	0,53	0,02	0,02	36,81
13	3,47	5,20	5,75	3,23	4,79	3,09	4,36	1,07	0,65	0,02	0,64	0,63	32,90
14	3,46	5,20	5,75	5,57	4,72	2,56	4,80	5,40	2,82	2,09	0,87	2,56	45,80
15	5,75	5,20	5,75	5,57	5,75	5,57	2,43	0,02	0,55	1,90	2,51	4,04	45,06
16	5,75	5,20	5,75	5,57	5,75	5,57	2,88	3,27	4,02	2,06	4,91	5,75	56,49
17	5,75	5,20	5,75	5,57	5,75	5,57	2,68	3,56	3,73	3,84	3,03	4,04	54,48
18	5,75	5,20	5,75	5,57	5,75	5,44	1,38	3,27	1,50	2,09	1,58	0,02	43,31
19	4,30	5,20	5,75	5,57	5,18	3,11	5,25	3,29	0,18	0,02	0,02	0,46	38,32
20	0,90	3,16	4,00	5,57	5,75	2,45	1,06	2,04	2,33	2,55	2,85	1,63	34,30
21	5,75	5,20	5,75	5,57	5,75	5,57	4,99	5,72	3,26	1,96	2,18	2,82	54,54
22	5,75	5,20	5,75	5,57	3,79	2,52	1,17	0,85	0,93	0,32	0,02	2,06	33,93
23	5,49	5,20	5,75	3,23	2,96	2,28	1,02	0,02	0,02	1,20	0,30	1,53	29,00
24	5,67	5,20	5,75	5,57	5,75	5,09	4,19	4,83	3,70	1,84	0,26	0,02	47,89
25	5,75	5,20	5,75	5,57	5,75	5,06	5,75	5,75	4,98	3,71	2,48	4,18	59,96
26	5,71	5,20	5,75	5,57	5,75	5,57	4,04	1,94	2,50	2,88	1,49	0,02	46,44
27	0,29	5,20	5,75	5,57	5,75	2,55	0,50	0,02	0,03	0,44	0,02	0,53	26,66
28	3,34	4,83	1,93	5,36	4,72	2,29	2,49	2,22	1,82	2,34	2,91	3,47	37,71
29	4,46	5,20	5,75	5,57	5,75	4,54	3,22	4,68	2,35	2,97	3,41	5,42	53,32
30	5,75	5,20	5,75	5,57	5,75	4,96	2,55	2,51	2,20	2,07	1,47	0,75	44,54
31	1,75	5,20	5,75	5,57	2,25	1,85	1,72	2,65	3,29	3,42	4,82	5,75	44,03
32	5,75	5,20	5,75	5,57	5,75	5,57	5,56	5,71	4,19	3,26	3,93	4,56	60,81
33	5,75	5,20	5,75	5,57	5,75	5,57	5,75	4,63	3,72	3,02	2,43	4,34	57,49
34	5,75	5,20	5,75	5,57	5,75	4,49	5,02	3,62	2,97	3,84	2,58	0,02	50,57
35	4,56	5,20	5,75	5,57	5,75	4,04	5,54	4,12	3,39	2,67	3,34	3,70	53,65
36	4,36	5,20	5,75	5,57	5,75	5,57	4,08	3,80	2,83	2,50	3,33	3,85	52,59
37	4,63	5,20	5,75	5,57	0,98	0,04	1,15	0,66	2,47	2,00	2,51	2,36	33,33
38	5,75	5,20	5,75	5,57	5,75	5,57	2,08	2,26	3,64	3,84	4,42	5,75	55,59
39	5,75	5,20	5,75	5,57	3,70	3,39	3,87	3,93	1,37	1,33	0,72	1,52	42,12
40	5,75	5,20	5,75	5,57	5,75	3,13	1,97	1,37	1,12	0,02	0,02	0,02	35,68
41	1,22	5,20	5,75	5,19	0,48	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	18,02
42	1,60	5,20	5,75	5,57	5,75	1,92	0,03	0,02	0,02	0,02	0,33	0,02	26,25
43	0,22	5,20	5,75	5,57	1,55	1,40	2,35	1,82	0,80	2,09	1,58	3,08	31,41
44	5,75	5,20	5,75	5,57	5,75	5,57	5,75	5,12	5,24	3,84	3,60	4,20	61,34
45	5,75	5,20	5,75	5,57	5,75	3,92	2,94	4,04	3,59	1,23	0,35	2,41	46,52
46	5,75	5,20	4,16	3,52	5,75	2,02	1,22	0,02	0,02	1,18	1,38	2,36	32,59
47	3,85	5,20	5,75	5,57	5,75	2,21	3,28	0,12	0,02	0,02	0,02	0,07	31,85
48	5,75	5,20	5,75	5,57	5,75	5,57	4,94	3,81	3,78	2,08	1,98	2,26	52,45
49	4,98	5,20	5,75	5,57	5,75	3,28	3,36	4,46	3,79	3,84	5,25	5,75	56,99
50	5,75	5,20	5,75	5,57	5,75	3,27	3,04	3,48	3,31	1,60	3,11	5,75	51,59
Mean	4,47	5,14	5,56	5,39	4,94	3,77	3,01	2,62	2,05	1,82	1,84	2,26	42,87

TABLA A6-10

CURVA DE RELACIÓN ANUAL-MENSUAL DE POTENCIA DE BA-B

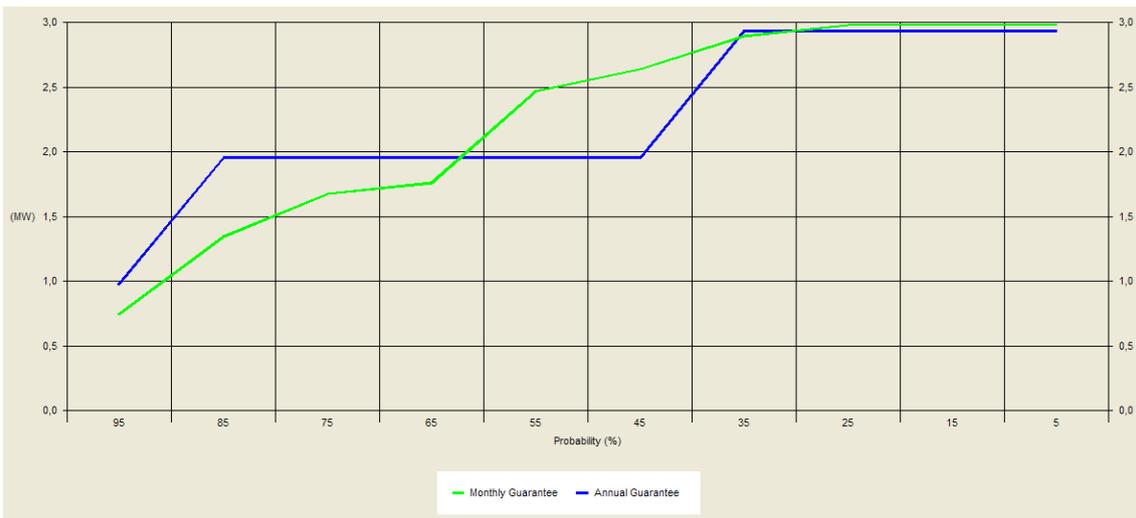


TABLA A6-11

CURVA DE RELACIÓN ANUAL-MENSUAL DE POTENCIA DE BA-M

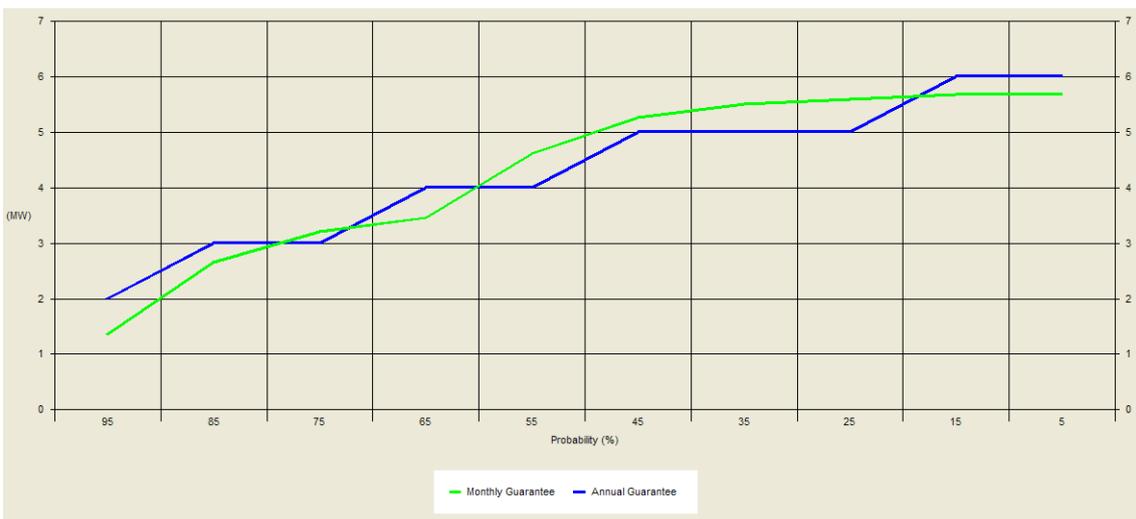


TABLA A6-12

CURVA DE RELACIÓN ANUAL-MENSUAL DE POTENCIA DE BA-A1

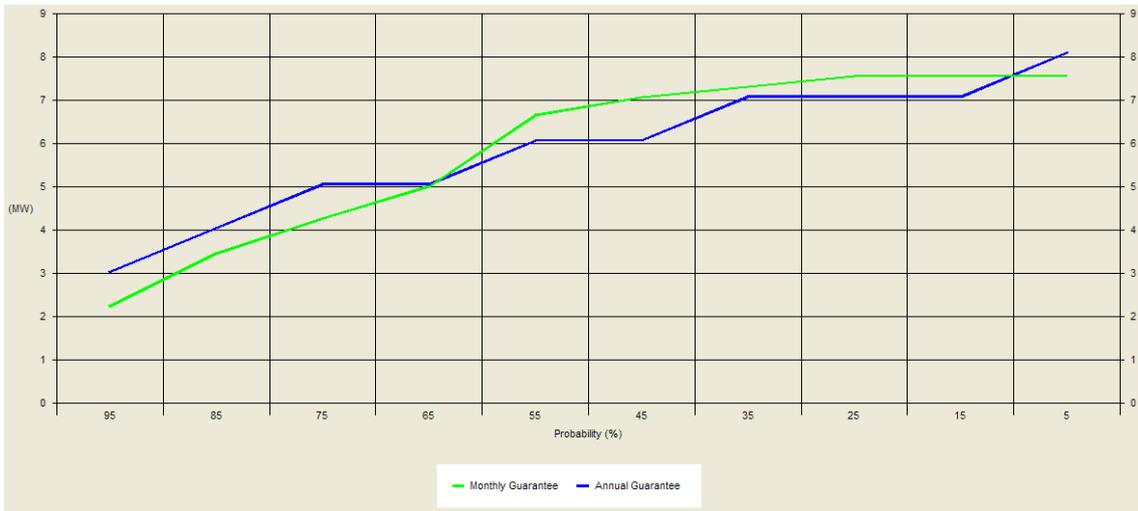


TABLA A6-13

CURVA DE RELACIÓN ANUAL-MENSUAL DE ENERGIA DE BA-B

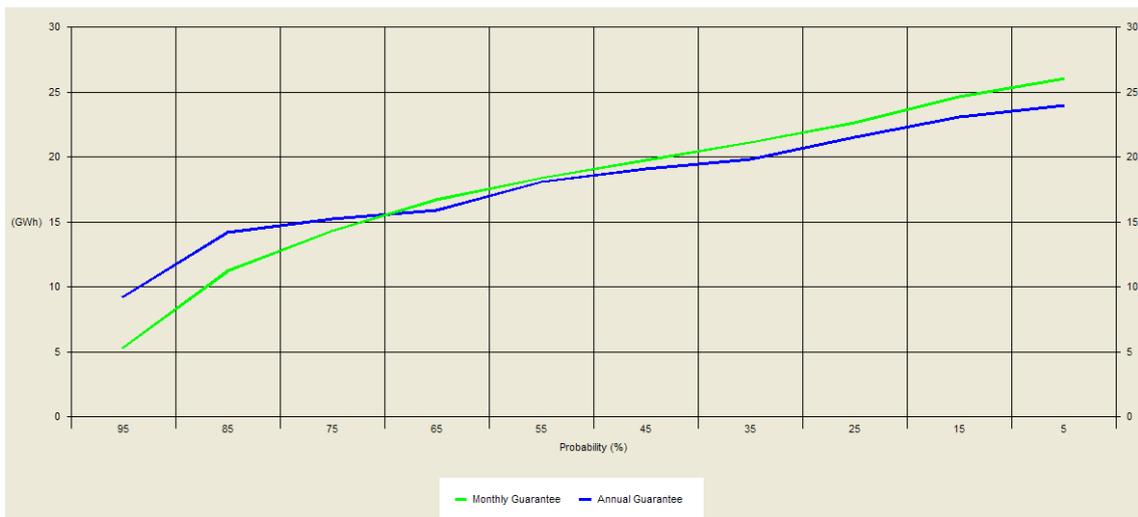


TABLA A6-14

CURVA DE RELACIÓN ANUAL-MENSUAL DE ENERGÍA DE BA-M

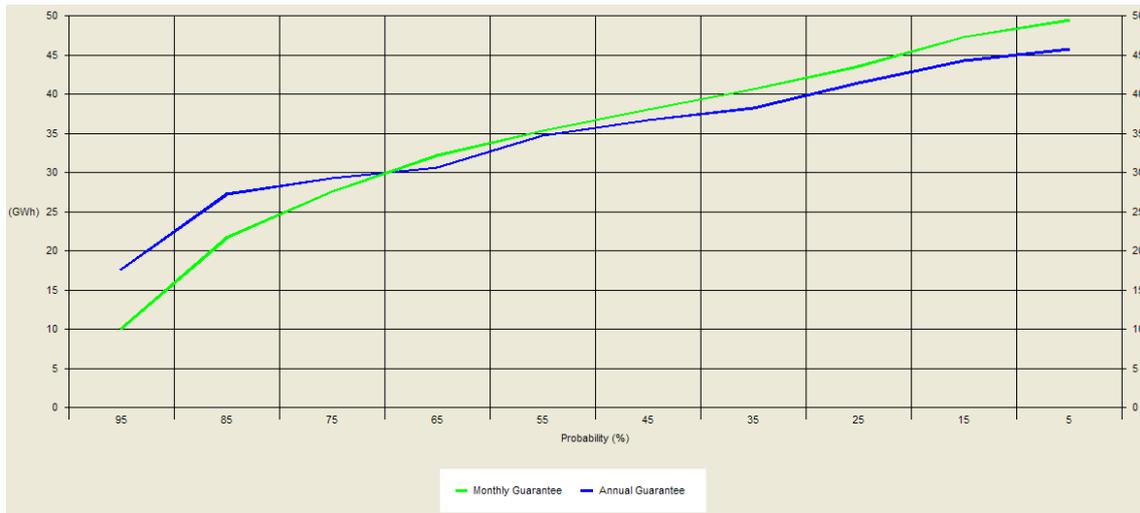
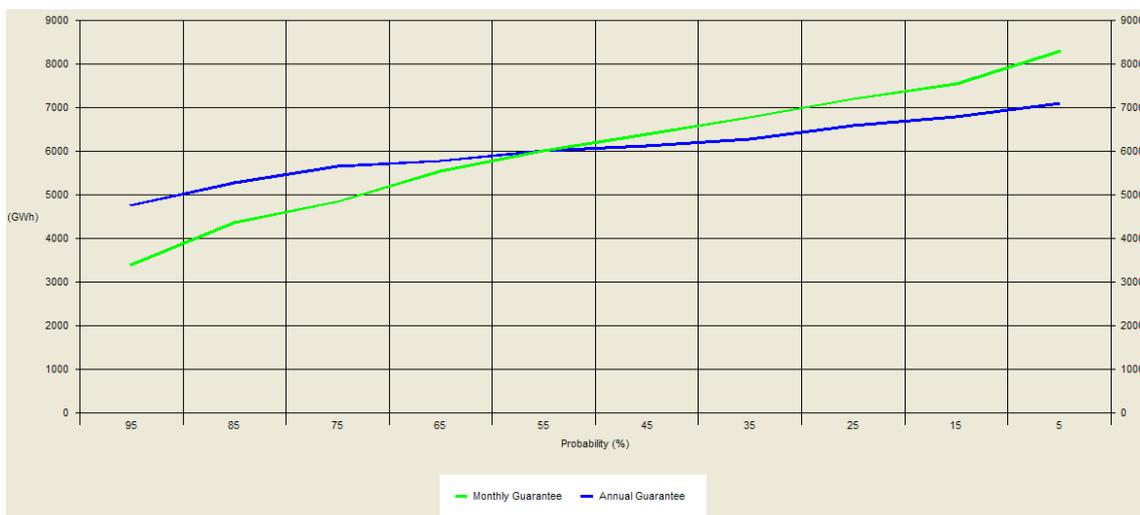


TABLA A6-15

CURVA DE RELACIÓN ANUAL-MENSUAL DE ENERGÍA DE BA-A1



# ANEXO CAPÍTULO # 7

## EVALUACIÓN ECONÓMICA

### **Determinación de la remuneración por venta de Energía.**

Para determinar la remuneración por venta de energía de cada central del proyecto Balsapamba, previamente se determinó la producción de energía eléctrica y la potencia eléctrica disponible para cada caso. Luego se ha considerado tres posibles escenarios en los que se puede vender la energía a generar.

Estos tres posibles escenarios son: venta en el Mercado Spot, Mercado de Contratos, o venta a un precio especial para energía producida con recursos energéticos renovables no convencionales para centrales hidroeléctricas menores a 5 MW y otro para centrales hidroeléctricas mayores a 5 MW hasta 10 MW, aprobado en la Regulación No. CONELEC - 009/06.

### **Determinación de la Remuneración por venta de Energía y Potencia remunerable en el Mercado Spot.**

En el Mercado Spot se percibe remuneración por dos rubros, el uno por venta de Energía y el otro por Potencia Remunerable, los mismos que se explican brevemente a continuación:

#### **Remuneración por Venta de Energía.**

Para este cálculo se multiplica la energía eléctrica generada mensualmente por el valor de venta de energía regulado por el CONELEC. Para un breve cálculo se ha considerado un precio marginal de 4 cUSD/KWh.

#### **Potencia Remunerable.**

Para un breve cálculo de los ingresos mensuales por potencia remunerable se procedió de la siguiente forma:

Primero se escoge el menor valor de entre la PRPD (Potencia remunerable puesta a disposición) y la PMPD (Potencia media puesta a disposición - mensual), luego a este valor seleccionado se lo multiplica por el precio del KW puesto a disposición. Este precio es de 5.70 USD/KW-mes.

*La PRPD (Potencia remunerable puesta a disposición) se la obtiene dividiendo la energía producida durante los cuatro meses de estiaje en el país (noviembre, diciembre, enero y febrero), para el número total de horas de los cuatro meses. Este valor de potencia resultante es la potencia remunerable puesta a disposición para el periodo de octubre a septiembre del año en cuestión.*

*La potencia promedio mensual se la determina dividiendo la Energía mensual generada durante todo el mes, para el número total de horas del mes en cuestión.*

A continuación, en la tabla A7-1 se muestran los rubros del mercado SPOT en un escenario moderado con los que se modela nuestro proyecto.

TABLA A7-1

Energía Spot	4	cUSD/KWh
Potencia Remunerable	5.7	USD/KW

### Cálculo de Remuneración para la central BA-A1

Para la central BA-A1 de la toma 720 msnm, de acuerdo a las producciones energéticas pronosticadas, el precio de venta de energía y cobro por potencia, se ha calculado que se percibirá como ingresos anuales por energía y potencia remunerable las cantidades que se presentan en la tabla A7-2 y la tabla A7-3 respectivamente.

TABLA A7-2

#### REMUNERACIÓN ANUAL POR ENERGÍA PARA LOS 50 AÑOS DE VIDA DEL PROYECTO

Año	Energía Gen.(GWh)	Total (\$)
1	52.30	2092000
2	57.14	2285600
3	58.25	2330000
4	37.46	1498400
5	43.67	1746800
6	31.18	1247200
7	59.93	2397200
8	38.96	1558400
9	42.91	1716400
10	51.33	2053200
11	71.49	2859600
12	41.95	1678000
13	54.28	2171200
14	66.31	2652400
15	40.66	1626400
16	53.27	2130800
17	59.37	2374800
18	34.44	1377600
19	42.70	1708000
20	32.59	1303600
21	45.13	1805200
22	39.44	1577600
23	50.12	2004800
24	55.64	2225600
25	51.91	2076400
26	38.92	1556800
27	58.70	2348000
28	50.26	2010400
29	32.67	1306800
30	46.99	1879600
31	45.89	1835600
32	55.69	2227600
33	52.07	2082800
34	28.27	1130800
35	37.54	1501600
36	40.59	1623600
37	64.31	2572400
38	73.08	2923200
39	48.29	1931600

40	43.82	1752800
41	69.28	2771200
42	48.32	1932800
43	56.82	2272800
44	34.50	1380000
45	45.27	1810800
46	48.46	1938400
47	24.28	971200
48	51.70	2068000
49	41.28	1651200
50	34.49	1379600

TABLA A7-3  
REMUNERACIÓN ANUAL POR POTENCIA PARA LOS  
50 AÑOS DE VIDA DEL PROYECTO

Año	Total (\$)
1	258753.70
2	393547.72
3	385421.64
4	231326.28
5	186888.24
6	111293.01
7	327069.42
8	196097.11
9	248458.84
10	335890.12
11	542031.18
12	180529.37
13	333370.19
14	454631.18
15	169592.88
16	266950.00
17	409176.75
18	204344.49
19	302776.75
20	136022.38
21	164350.00
22	266988.31
23	315794.56
24	364948.12
25	319251.08
26	206168.51
27	354374.90
28	342018.51
29	132064.05
30	209263.68
31	222994.62

32	390635.15
33	228416.26
34	88696.03
35	166865.46
36	260266.80
37	445736.42
38	556919.62
39	320037.00
40	202136.76
41	501436.56
42	258274.87
43	404981.55
44	165170.40
45	267285.82
46	287256.25
47	92858.67
48	246339.85
49	190745.70
50	245176.61

### Cálculo de Remuneración para la central BA-M

Para la central BA-M de la toma 360 msnm, de acuerdo a las producciones energéticas pronosticadas, el precio de venta de energía y cobro por potencia, se ha calculado que se percibirá como ingresos anuales por energía y potencia remunerable las cantidades que se presentan en la tabla A7-4 y la tabla A7-5 respectivamente.

TABLA A7-4

### REMUNERACIÓN ANUAL POR ENERGÍA PARA LOS 50 AÑOS DE VIDA DEL PROYECTO

Año	Energía Gen.(GWh)	Total (\$)
1	31.57	1262800
2	44.92	1796800
3	43.71	1748400
4	38.53	1541200
5	41.15	1646000
6	27.45	1098000
7	22.06	882400
8	45.76	1830400
9	37.47	1498800
10	25.07	1002800
11	34.75	1390000
12	31.84	1273600
13	39.07	1562800
14	33.50	1340000
15	24.64	985600
16	24.86	994400
17	29.44	1177600
18	24.39	975600

19	26.61	1064400
20	46.34	1853600
21	33.38	1335200
22	30.62	1224800
23	23.66	946400
24	39.15	1566000
25	41.71	1668400
26	38.52	1540800
27	26.15	1046000
28	37.22	1488800
29	36.98	1479200
30	37.25	1490000
31	31.94	1277600
32	42.24	1689600
33	31.44	1257600
34	30.17	1206800
35	43.46	1738400
36	29.54	1181600
37	37.58	1503200
38	27.32	1092800
39	25.86	1034400
40	40.23	1609200
41	31.32	1252800
42	41.98	1679200
43	27.84	1113600
44	31.19	1247600
45	28.97	1158800
46	22.92	916800
47	37.74	1509600
48	26.52	1060800
49	36.26	1450400
50	21.90	876000

TABLA A7-5  
REMUNERACIÓN ANUAL POR POTENCIA PARA LOS  
50 AÑOS DE VIDA DEL PROYECTO

Año	Total (\$)
1	195962.40
2	336993.35
3	322471.37
4	264470.30
5	258621.54
6	112096.17
7	80512.50
8	346833.64
9	235784.51
10	104600.87

11	223587.10
12	165002.49
13	243314.28
14	171763.58
15	155534.41
16	158906.01
17	146335.75
18	99375.87
19	173372.45
20	360835.28
21	148818.01
22	194252.02
23	100229.47
24	220115.26
25	283170.23
26	264274.93
27	185837.37
28	255382.73
29	236774.73
30	194709.14
31	208232.59
32	274442.74
33	171441.80
34	156702.12
35	273776.21
36	155526.75
37	266615.46
38	168710.55
39	127815.86
40	245714.82
41	195809.17
42	304919.35
43	162677.92
44	182983.53
45	149010.82
46	99907.69
47	269264.35
48	178323.56
49	250889.38
50	124838.17

### **Cálculo de Remuneración para la central BA-B**

Para la central BA-B de la toma 200 msnm, de acuerdo a las producciones energéticas pronosticadas, el precio de venta de energía y cobro por potencia, se ha calculado que se percibirá como ingresos anuales por energía y potencia remunerable las cantidades que se presentan en la tabla A7-6 y la tabla A7-7 respectivamente.

TABLA A7-6

REMUNERACIÓN ANUAL POR ENERGÍA PARA LOS  
50 AÑOS DE VIDA DEL PROYECTO

<b>Año</b>	<b>Energía Gen.(GWh)</b>	<b>Total (\$)</b>
1	16.41	656400
2	23.41	936400
3	22.75	910000
4	19.96	798400
5	21.39	855600
6	14.28	571200
7	11.53	461200
8	23.77	950800
9	19.49	779600
10	13.00	520000
11	17.99	719600
12	16.52	660800
13	20.34	813600
14	17.43	697200
15	12.77	510800
16	12.95	518000
17	15.27	610800
18	12.74	509600
19	13.81	552400
20	24.06	962400
21	17.35	694000
22	15.88	635200
23	12.38	495200
24	20.27	810800
25	21.68	867200
26	20.00	800000
27	13.62	544800
28	19.33	773200
29	19.22	768800
30	19.40	776000
31	16.63	665200
32	21.94	877600
33	16.33	653200
34	15.74	629600
35	22.62	904800
36	15.37	614800
37	19.46	778400
38	14.17	566800
39	13.36	534400
40	20.88	835200
41	16.26	650400
42	21.80	872000
43	14.52	580800
44	16.20	648000
45	15.02	600800

46	11.92	476800
47	19.57	782800
48	13.81	552400
49	18.75	750000
50	11.46	458400

TABLA A7-7  
REMUNERACIÓN ANUAL POR POTENCIA PARA LOS  
50 AÑOS DE VIDA DEL PROYECTO

Año	Total (\$)
1	101464.21
2	175614.01
3	167511.56
4	136504.40
5	134022.78
6	58423.72
7	42465.26
8	180017.98
9	122515.52
10	53626.48
11	115380.31
12	85442.54
13	126648.79
14	89519.62
15	80637.63
16	82853.02
17	76709.95
18	52002.28
19	90030.38
20	187086.16
21	77611.42
22	100344.39
23	52568.58
24	113751.01
25	147196.37
26	137186.90
27	96609.51
28	132625.87
29	122618.95
30	101657.66
31	108111.02
32	142589.38
33	88791.80
34	81894.72
35	142857.53
36	80798.52
37	137601.88

38	87223.79
39	65885.82
40	127190.19
41	101182.02
42	158285.45
43	84947.75
44	94853.16
45	76861.90
46	51555.38
47	139451.44
48	92618.62
49	129114.45
50	65281.85

### **Determinación de Remuneración por venta de Energía por contratos en el Mercado Eléctrico Mayorista.**

El precio de venta de energía por contrato, en el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), se la obtiene mediante una negociación directa con un gran consumidor, donde ambas partes (Generador y Gran Consumidor) acuerdan el precio de venta de energía y las cláusulas del contrato. Para nuestro estudio se ha considerado un precio de venta de 3.50 cUSD/KWh. Lurgo este precio se lo multiplica por la energía eléctrica entregada, obteniendo así la cantidad a percibir por dicha energía.

### **Cálculo de Remuneración para la central BA-A1**

Para el cálculo de la remuneración por venta de energía de esta central, cuya potencia instalada es de 9.83 MW, se multiplica el precio de venta establecido con los valores de energía mensual obtenidos por el programa P-Firm.

A continuación se presenta la tabla A7-8 que contiene la energía y remuneración anual.

TABLA A7-8  
REMUNERACIÓN ANUAL POR ENERGÍA PARA LOS  
50 AÑOS DE VIDA DEL PROYECTO

<b>Año</b>	<b>Energía Gen.(GWh)</b>	<b>Total (\$)</b>
1	52,30	1830500
2	57,14	1999900
3	58,25	2038750
4	37,46	1311100
5	43,67	1528450
6	31,18	1091300
7	59,93	2097550
8	38,96	1363600
9	42,91	1501850
10	51,33	1796550
11	71,49	2502150
12	41,95	1468250
13	54,28	1899800

14	66,31	2320850
15	40,66	1423100
16	53,27	1864450
17	59,37	2077950
18	34,44	1205400
19	42,70	1494500
20	32,59	1140650
21	45,13	1579550
22	39,44	1380400
23	50,12	1754200
24	55,64	1947400
25	51,91	1816850
26	38,92	1362200
27	58,70	2054500
28	50,26	1759100
29	32,67	1143450
30	46,99	1644650
31	45,89	1606150
32	55,69	1949150
33	52,07	1822450
34	28,27	989450
35	37,54	1313900
36	40,59	1420650
37	64,31	2250850
38	73,08	2557800
39	48,29	1690150
40	43,82	1533700
41	69,28	2424800
42	48,32	1691200
43	56,82	1988700
44	34,50	1207500
45	45,27	1584450
46	48,46	1696100
47	24,28	849800
48	51,70	1809500
49	41,28	1444800
50	34,49	1207150

### **Cálculo de Remuneración para la central BA-M**

Para el cálculo de la remuneración por venta de energía de esta central, cuya potencia instalada es de 6.45 MW, se multiplica el precio de venta establecido con los valores de energía mensual obtenidos por el programa P-Firm.

A continuación se presenta la tabla A7-9 que contiene la energía y remuneración anual.

TABLA A7-9

REMUNERACIÓN ANUAL POR ENERGÍA PARA LOS  
50 AÑOS DE VIDA DEL PROYECTO

Año	Energía Gen.(GWh)	Total (\$)
1	31,57	1104950
2	44,92	1572200
3	43,71	1529850
4	38,53	1348550
5	41,15	1440250
6	27,45	960750
7	22,06	772100
8	45,76	1601600
9	37,47	1311450
10	25,07	877450
11	34,75	1216250
12	31,84	1114400
13	39,07	1367450
14	33,50	1172500
15	24,64	862400
16	24,86	870100
17	29,44	1030400
18	24,39	853650
19	26,61	931350
20	46,34	1621900
21	33,38	1168300
22	30,62	1071700
23	23,66	828100
24	39,15	1370250
25	41,71	1459850
26	38,52	1348200
27	26,15	915250
28	37,22	1302700
29	36,98	1294300
30	37,25	1303750
31	31,94	1117900
32	42,24	1478400
33	31,44	1100400
34	30,17	1055950
35	43,46	1521100
36	29,54	1033900
37	37,58	1315300
38	27,32	956200
39	25,86	905100
40	40,23	1408050
41	31,32	1096200
42	41,98	1469300
43	27,84	974400
44	31,19	1091650
45	28,97	1013950

46	22,92	802200
47	37,74	1320900
48	26,52	928200
49	36,26	1269100
50	21,90	766500

### Cálculo de Remuneración para la central BA-M

Para el cálculo de la remuneración por venta de energía de esta central, cuya potencia instalada es de 3.34 MW, se multiplica el precio de venta establecido con los valores de energía mensual obtenidos por el programa P-Firm.

A continuación se presenta la tabla A7-10 que contiene la energía y remuneración anual.

TABLA A7-10  
REMUNERACIÓN ANUAL POR ENERGÍA PARA LOS  
50 AÑOS DE VIDA DEL PROYECTO

Año	Energía Gen.(GWh)	Total (\$)
1	16,41	574350
2	23,41	819350
3	22,75	796250
4	19,96	698600
5	21,39	748650
6	14,28	499800
7	11,53	403550
8	23,77	831950
9	19,49	682150
10	13,00	455000
11	17,99	629650
12	16,52	578200
13	20,34	711900
14	17,43	610050
15	12,77	446950
16	12,95	453250
17	15,27	534450
18	12,74	445900
19	13,81	483350
20	24,06	842100
21	17,35	607250
22	15,88	555800
23	12,38	433300
24	20,27	709450
25	21,68	758800
26	20,00	700000
27	13,62	476700
28	19,33	676550
29	19,22	672700
30	19,40	679000

31	16,63	582050
32	21,94	767900
33	16,33	571550
34	15,74	550900
35	22,62	791700
36	15,37	537950
37	19,46	681100
38	14,17	495950
39	13,36	467600
40	20,88	730800
41	16,26	569100
42	21,80	763000
43	14,52	508200
44	16,20	567000
45	15,02	525700
46	11,92	417200
47	19,57	684950
48	13,81	483350
49	18,75	656250
50	11,46	401100

### 7.1.3. Determinación de Remuneración por venta de Energía a Precio de Recursos Energéticos no Convencionales

El precio de venta de energía a un precio especial para energía producida con recursos energéticos renovables no convencionales aprobado por el CONELEC en la Regulación No. CONELEC - 009/06, tiene diferentes valores de acuerdo al tipo de generación y a la capacidad de generación en el caso de Hidroeléctricas.

A continuación se presenta la tabla A7-11, dada por el CONELEC que contiene la lista de precios preferencial para energía producida con recursos energéticos no convencionales.

TABLA A7-11

CENTRALES	PRECIO (cUSD/kWh)	PRECIO (cUSD/kWh)
	Territorio Continental	Territorio Insular de Galápagos
EOLICAS	9.31	12.10
FOTOVOLTAICAS	28.37	31.20
BIOMASA Y BIOGAS	9.04	9.94
GEOTERMICAS	9.17	10.08
PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS HASTA 5 MW	5.80	6.38
PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS MAYORES A 5 MW HASTA 10 MW	5.00	5.50

### Cálculo de Remuneración para la central BA-A1

Para el cálculo de la remuneración por energía de esta central, cuya potencia instalada es de 9.83 MW, se ha considerado un precio de venta de 5.00 cUSD/KWh. Este precio corresponde para centrales hidroeléctricas mayores de 5 MW hasta 10 MW, como muestra la tabla A7-11.

Luego se multiplica este precio de venta establecido con los valores de energía mensual obtenidos por el programa P-Firm.

A continuación se presenta la tabla A7-12 que contiene la energía y remuneración anual.

TABLA A7-12  
REMUNERACIÓN ANUAL POR ENERGÍA PARA LOS  
50 AÑOS DE VIDA DEL PROYECTO

Año	Energía Gen.(GWh)	Total (\$)
1	52.30	2615000
2	57.14	2857000
3	58.25	2912500
4	37.46	1873000
5	43.67	2183500
6	31.18	1559000
7	59.93	2996500
8	38.96	1948000
9	42.91	2145500
10	51.33	2566500
11	71.49	3574500
12	41.95	2097500
13	54.28	2714000
14	66.31	3315500
15	40.66	2033000
16	53.27	2663500
17	59.37	2968500
18	34.44	1722000
19	42.70	2135000
20	32.59	1629500
21	45.13	2256500
22	39.44	1972000
23	50.12	2506000
24	55.64	2782000
25	51.91	2595500
26	38.92	1946000
27	58.70	2935000
28	50.26	2513000
29	32.67	1633500
30	46.99	2349500
31	45.89	2294500
32	55.69	2784500
33	52.07	2603500
34	28.27	1413500

35	37.54	1877000
36	40.59	2029500
37	64.31	3215500
38	73.08	3654000
39	48.29	2414500
40	43.82	2191000
41	69.28	3464000
42	48.32	2416000
43	56.82	2841000
44	34.50	1725000
45	45.27	2263500
46	48.46	2423000
47	24.28	1214000
48	51.70	2585000
49	41.28	2064000
50	34.49	1724500

### **Cálculo de Remuneración para la central BA-M**

Para el cálculo de la remuneración por energía de esta central, cuya potencia instalada es de 6.45 MW, se ha considerado un precio de venta de 5.00 cUSD/KWh. Este precio corresponde para centrales hidroeléctricas mayores de 5 MW hasta 10 MW, como muestra la tabla A7-11.

Luego se multiplica este precio de venta establecido con los valores de energía mensual obtenidos por el programa P-Firm.

A continuación se presenta la tabla A7-13 que contiene la energía y remuneración anual.

TABLA A7-13  
REMUNERACIÓN ANUAL POR ENERGÍA PARA LOS  
50 AÑOS DE VIDA DEL PROYECTO

<b>Año</b>	<b>Energía Gen.(GWh)</b>	<b>Total (\$)</b>
1	31.57	1578500
2	44.92	2246000
3	43.71	2185500
4	38.53	1926500
5	41.15	2057500
6	27.45	1372500
7	22.06	1103000
8	45.76	2288000
9	37.47	1873500
10	25.07	1253500
11	34.75	1737500
12	31.84	1592000
13	39.07	1953500
14	33.50	1675000
15	24.64	1232000
16	24.86	1243000

17	29.44	1472000
18	24.39	1219500
19	26.61	1330500
20	46.34	2317000
21	33.38	1669000
22	30.62	1531000
23	23.66	1183000
24	39.15	1957500
25	41.71	2085500
26	38.52	1926000
27	26.15	1307500
28	37.22	1861000
29	36.98	1849000
30	37.25	1862500
31	31.94	1597000
32	42.24	2112000
33	31.44	1572000
34	30.17	1508500
35	43.46	2173000
36	29.54	1477000
37	37.58	1879000
38	27.32	1366000
39	25.86	1293000
40	40.23	2011500
41	31.32	1566000
42	41.98	2099000
43	27.84	1392000
44	31.19	1559500
45	28.97	1448500
46	22.92	1146000
47	37.74	1887000
48	26.52	1326000
49	36.26	1813000
50	21.90	1095000

### **Cálculo de Remuneración para la central BA-B**

Para el cálculo de la remuneración por energía de esta central, cuya potencia instalada es de 3.34 MW, se ha considerado un precio de venta de 5.80 cUSD/KWh. Este precio corresponde para centrales hidroeléctricas de hasta 5 MW, como muestra la tabla A7-11.

Luego se multiplica este precio de venta establecido con los valores de energía mensual obtenidos por el programa P-Firm.

A continuación se presenta la tabla A7-14 que contiene la energía y remuneración anual.

TABLA A7-14

REMUNERACIÓN ANUAL POR ENERGÍA PARA LOS  
50 AÑOS DE VIDA DEL PROYECTO

Año	Energía Gen.(GWh)	Total (\$)
1	16.41	951780
2	23.41	1357780
3	22.75	1319500
4	19.96	1157680
5	21.39	1240620
6	14.28	828240
7	11.53	668740
8	23.77	1378660
9	19.49	1130420
10	13.00	754000
11	17.99	1043420
12	16.52	958160
13	20.34	1179720
14	17.43	1010940
15	12.77	740660
16	12.95	751100
17	15.27	885660
18	12.74	738920
19	13.81	800980
20	24.06	1395480
21	17.35	1006300
22	15.88	921040
23	12.38	718040
24	20.27	1175660
25	21.68	1257440
26	20.00	1160000
27	13.62	789960
28	19.33	1121140
29	19.22	1114760
30	19.40	1125200
31	16.63	964540
32	21.94	1272520
33	16.33	947140
34	15.74	912920
35	22.62	1311960
36	15.37	891460
37	19.46	1128680
38	14.17	821860
39	13.36	774880
40	20.88	1211040
41	16.26	943080
42	21.80	1264400
43	14.52	842160
44	16.20	939600
45	15.02	871160

46	11.92	691360
47	19.57	1135060
48	13.81	800980
49	18.75	1087500
50	11.46	664680

### **Análisis Económico**

A continuación se presentan las hipótesis, cálculos y resultados obtenidos del análisis económico de cada central:

#### **BA-A1**

Una vez obtenido los ingresos y el presupuesto de construcción, se planteo el análisis económico donde se ha tomado las siguientes consideraciones:

La obra civil tiene 50 años de vida útil, mientras que los equipos electromecánicos e hidromecánicos tienen 30 años de vida útil.

Para determinar los costos por operación y mantenimiento, se ha considerado 24 personas que laborarán en la central, con un sueldo promedio mensual de \$ 600. Además se ha considerado un gasto de \$ 4000 mensuales para mantenimiento.

TABLA A7-15

<b>Total sueldos</b>	\$ 172800
<b>Mant. Anual</b>	\$ 48000
<b>Total O&amp;M</b>	\$ 220800

Cabe resaltar que habrá un gasto en el año 30 de aproximadamente \$ 6'045,654.60 para renovar los equipos electromecánicos e hidromecánicos. Esto se debe a que estos equipos tienen 30 años de vida útil, como se indico en los párrafos anteriores.

Otro parámetro importante es el costo anual del seguro, el cual se ha calculado como un 0.5% de la inversión para la construcción de la central.

Un rubro importante de ingreso para el presente proyecto es la remuneración por CER, el cual se negociará a un precio de \$ 15, esperando que con este precio se obtenga un anticipo para la construcción de la central. Este anticipo será de un 50% del total pronosticado a recibir en 4 años.

El valor total a recibir por concepto de CER en 4 años es de \$ 3'354,202.50 el cual representa el 18% de la inversión.

Con la hipótesis del anticipo de \$ 1'677,101.25 por concepto de CER, se requiere de un préstamo de \$ 16.861.996,51 para la construcción de la central. Para nuestro estudio se ha considerado un préstamo dado por el FEISEH (Fondo Ecuatoriano de Inversión en los Sectores Energéticos e Hidrocarburíferos) prioritariamente, o alguna institución bancaria privada o del estado, a un interés del 8%, con un periodo de pago de 13 años, dentro de los cuales constan 3 años de gracia.

En la tabla A7-16 se observa un resumen de los parámetros para la evaluación económica y en la tabla A7-17 se muestra el análisis económico con los resultados del TIR y del VAN evaluado al 10% y con el WACC.

TABLA A7-16

RESUMEN DE LOS PARÁMETROS PARA LA EVALUACIÓN ECONÓMICA

Inversión	\$ 18.539.097,76
Costo O&M	\$ 220.800,00
Seguro	\$ 92.695,49
Cambio equipos (30 años)	\$ 6.045.654,60
Vida útil (años)	50
Años de construcción	3
Remuneración por CER	
Monto	\$ 3.354.202,50
% de Inversión	18%
CER año 0	\$ 1.677.101,25
CER por año (1-5)	\$ 419.275,31
Financiamiento FEISEH	
Préstamo	\$ 16.861.996,51
Interés	8%
Plazo	13
Años de Gracia	3

TABLA A7-17  
EVALUACIÓN ECONÓMICA

Año	Desembolso	CER	Saldos	Amortización	Intereses	Cap+Int	Ingresos	Costos O&M	Seguro	F.C.N
0.0.0	5.561.729,33	0,00	5.561.729,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-----
0,0	7.415.639,11	0,00	12.977.368,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-----
0	3.884.628,08	1677101,25	16.861.996,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-----
1	0,00	419275,31	15.175.796,86	1.686.199,65	1.214.063,75	2.900.263,40	2.615.000,00	220.800,00	92.695,49	-179.483,58
2	0,00	419275,31	13.489.597,21	1.686.199,65	1.079.167,78	2.765.367,43	2.857.000,00	220.800,00	92.695,49	197.412,40
3	0,00	419275,31	11.803.397,56	1.686.199,65	944.271,80	2.630.471,46	2.912.500,00	220.800,00	92.695,49	387.808,37
4	0,00	419275,31	10.117.197,91	1.686.199,65	809.375,83	2.495.575,48	1.873.000,00	220.800,00	92.695,49	-516.795,66
5	0,00	0,00	8.430.998,26	1.686.199,65	674.479,86	2.360.679,51	2.183.500,00	220.800,00	92.695,49	-490.675,00
6	0,00	0,00	6.744.798,61	1.686.199,65	539.583,89	2.225.783,54	1.559.000,00	220.800,00	92.695,49	-980.279,03
7	0,00	0,00	5.058.598,95	1.686.199,65	404.687,92	2.090.887,57	2.996.500,00	220.800,00	92.695,49	592.116,94
8	0,00	0,00	3.372.399,30	1.686.199,65	269.791,94	1.955.991,60	1.948.000,00	220.800,00	92.695,49	-321.487,08
9	0,00	0,00	1.686.199,65	1.686.199,65	134.895,97	1.821.095,62	2.145.500,00	220.800,00	92.695,49	10.908,89
10	0,00	0,00	0,00	1.686.199,65	0,00	1.686.199,65	2.566.500,00	220.800,00	92.695,49	566.804,86
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.574.500,00	220.800,00	92.695,49	3.261.004,51
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.097.500,00	220.800,00	92.695,49	1.784.004,51
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.714.000,00	220.800,00	92.695,49	2.400.504,51
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.315.500,00	220.800,00	92.695,49	3.002.004,51
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.033.000,00	220.800,00	92.695,49	1.719.504,51
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.663.500,00	220.800,00	92.695,49	2.350.004,51
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.968.500,00	220.800,00	92.695,49	2.655.004,51
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.722.000,00	220.800,00	92.695,49	1.408.504,51
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.135.000,00	220.800,00	92.695,49	1.821.504,51
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.629.500,00	220.800,00	92.695,49	1.316.004,51
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.256.500,00	220.800,00	92.695,49	1.943.004,51
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.972.000,00	220.800,00	92.695,49	1.658.504,51
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.506.000,00	220.800,00	92.695,49	2.192.504,51
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.782.000,00	220.800,00	92.695,49	2.468.504,51

25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.595.500,00	220.800,00	92.695,49	2.282.004,51
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.946.000,00	220.800,00	92.695,49	1.632.504,51
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.935.000,00	220.800,00	92.695,49	2.621.504,51
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.513.000,00	220.800,00	92.695,49	2.199.504,51
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.633.500,00	220.800,00	92.695,49	1.320.004,51
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.349.500,00	6.266.454,60	92.695,49	-4.009.650,08
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.294.500,00	220.800,00	92.695,49	1.981.004,51
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.784.500,00	220.800,00	92.695,49	2.471.004,51
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.603.500,00	220.800,00	92.695,49	2.290.004,51
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.413.500,00	220.800,00	92.695,49	1.100.004,51
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.877.000,00	220.800,00	92.695,49	1.563.504,51
36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.029.500,00	220.800,00	92.695,49	1.716.004,51
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.215.500,00	220.800,00	92.695,49	2.902.004,51
38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.654.000,00	220.800,00	92.695,49	3.340.504,51
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.414.500,00	220.800,00	92.695,49	2.101.004,51
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.191.000,00	220.800,00	92.695,49	1.877.504,51
41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.464.000,00	220.800,00	92.695,49	3.150.504,51
42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.416.000,00	220.800,00	92.695,49	2.102.504,51
43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.841.000,00	220.800,00	92.695,49	2.527.504,51
44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.725.000,00	220.800,00	92.695,49	1.411.504,51
45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.263.500,00	220.800,00	92.695,49	1.950.004,51
46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.423.000,00	220.800,00	92.695,49	2.109.504,51
47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.214.000,00	220.800,00	92.695,49	900.504,51
48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.585.000,00	220.800,00	92.695,49	2.271.504,51
49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.064.000,00	220.800,00	92.695,49	1.750.504,51
50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.724.500,00	220.800,00	92.695,49	1.411.004,51
									<b>TIR</b>	<b>42%</b>
									<b>K</b>	<b>18,05%</b>
									<b>VAN (K)</b>	<b>\$ 1.961.239,87</b>
									<b>i</b>	<b>10%</b>
									<b>VAN (i)</b>	<b>\$ 7.385.331,53</b>

## BA-M

Una vez obtenido los ingresos y el presupuesto de construcción, se planteo el análisis económico donde se ha tomado las siguientes consideraciones:

La obra civil tiene 50 años de vida útil, mientras que los equipos electromecánicos e hidromecánicos tienen 30 años de vida útil.

Para determinar los costos por operación y mantenimiento, se ha considerado 22 personas que laborarán en la central, con un sueldo promedio mensual de \$ 600. Además se ha considerado un gasto de \$ 2000 mensuales para mantenimiento.

TABMS A7-18

<b>Total sueldos</b>	\$ 158400
<b>Mant. Anual</b>	\$ 24000
<b>Total O&amp;M</b>	\$ 182400

Cabe resaltar que habrá un gasto en el año 30 de aproximadamente \$ 4'357,620.43 para renovar los equipos electromecánicos e hidromecánicos. Esto se debe a que estos equipos tienen 30 años de vida útil, como se indico en los párrafos anteriores.

Otro parámetro importante es el costo anual del seguro, el cual se ha calculado como un 0.5% de la inversión para la construcción de la central.

Un rubro importante de ingreso para el presente proyecto es la remuneración por CER, el cual se negociará a un precio de \$ 15, esperando que con este precio se obtenga un anticipo para la construcción de la central. Este anticipo será de un 50% del total pronosticado a recibir en 4 años. \$ 2.595.235,50

El valor total a recibir por concepto de CER en 4 años es de \$ 2'595,235.50 el cual representa el 16% de la inversión.

Con la hipótesis del anticipo de \$ 1'297,617.75 por concepto de CER, se requiere de un préstamo de \$ 14.951.384,26 para la construcción de la central. Para nuestro estudio se ha considerado un préstamo dado por el FEISEH (Fondo Ecuatoriano de Inversión en los Sectores Energéticos e Hidrocarbúricos) prioritariamente, o alguna institución bancaria privada o del estado, a un interés del 8%, con un periodo de pago de 13 años, dentro de los cuales constan 3 años de gracia.

En la tabla A7-19 se observa un resumen de los parámetros para la evaluación económica y en la tabla A7-20 se muestra el análisis económico con los resultados del TIR y del VAN evaluado al 10% y con el WACC.

TABLA A7-19

### RESUMEN DE LOS PARÁMETROS PARA LA EVALUACIÓN ECONÓMICA

Inversión	\$ 16.249.002,01
Costo O&M	\$ 182.400,00
Seguro	\$ 81.245,01
Cambio equipos (30 años)	\$ 4.357.620,43
Vida útil (años)	50
Años de construcción	3

Remuneración por CER	
Monto	\$ 2.595.235,50
% de Inversión	16%
CER año 0	\$ 1.297.617,75
CER por año (1-5)	\$ 324.404,44
Financiamiento FEISEH	
Préstamo	\$ 14.951.384,26
Interés	8%
Plazo	13
Años de Gracia	3

TABLA A7-20  
EVALUACIÓN ECONÓMICA

Año	Desembolso	CER	SalDOS	Amortización	Intereses	Cap+Int	Ingresos	Costos O&M	Seguro	F.C.N
0.0.0	4.874.700,60	0,00	4.874.700,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-----
0,0	6.499.600,80	0,00	11.374.301,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-----
0	3.577.082,85	1297617,75	14.951.384,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-----
1	0,00	324404,44	14.951.384,26	1.495.138,43	1.196.110,74	2.691.249,17	1.578.500,00	182.400,00	81.245,01	-1.051.989,74
2	0,00	324404,44	13.456.245,83	1.495.138,43	1.076.499,67	2.571.638,09	2.246.000,00	182.400,00	81.245,01	-264.878,66
3	0,00	324404,44	11.961.107,40	1.495.138,43	956.888,59	2.452.027,02	2.185.500,00	182.400,00	81.245,01	-205.767,59
4	0,00	324404,44	10.465.968,98	1.495.138,43	837.277,52	2.332.415,94	1.926.500,00	182.400,00	81.245,01	-345.156,52
5	0,00	0,00	8.970.830,55	1.495.138,43	717.666,44	2.212.804,87	2.057.500,00	182.400,00	81.245,01	-418.949,88
6	0,00	0,00	7.475.692,13	1.495.138,43	598.055,37	2.093.193,80	1.372.500,00	182.400,00	81.245,01	-984.338,81
7	0,00	0,00	5.980.553,70	1.495.138,43	478.444,30	1.973.582,72	1.103.000,00	182.400,00	81.245,01	-1.134.227,73
8	0,00	0,00	4.485.415,28	1.495.138,43	358.833,22	1.853.971,65	2.288.000,00	182.400,00	81.245,01	170.383,34
9	0,00	0,00	2.990.276,85	1.495.138,43	239.222,15	1.734.360,57	1.873.500,00	182.400,00	81.245,01	-124.505,58
10	0,00	0,00	1.495.138,43	1.495.138,43	119.611,07	1.614.749,50	1.253.500,00	182.400,00	81.245,01	-624.894,51
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.737.500,00	182.400,00	81.245,01	1.473.854,99
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.592.000,00	182.400,00	81.245,01	1.328.354,99
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.953.500,00	182.400,00	81.245,01	1.689.854,99
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.675.000,00	182.400,00	81.245,01	1.411.354,99
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.232.000,00	182.400,00	81.245,01	968.354,99
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.243.000,00	182.400,00	81.245,01	979.354,99
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.472.000,00	182.400,00	81.245,01	1.208.354,99
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.219.500,00	182.400,00	81.245,01	955.854,99
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.330.500,00	182.400,00	81.245,01	1.066.854,99
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.317.000,00	182.400,00	81.245,01	2.053.354,99
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.669.000,00	182.400,00	81.245,01	1.405.354,99
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.531.000,00	182.400,00	81.245,01	1.267.354,99
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.183.000,00	182.400,00	81.245,01	919.354,99
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.957.500,00	182.400,00	81.245,01	1.693.854,99

25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.085.500,00	182.400,00	81.245,01	1.821.854,99
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.926.000,00	182.400,00	81.245,01	1.662.354,99
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.307.500,00	182.400,00	81.245,01	1.043.854,99
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.861.000,00	182.400,00	81.245,01	1.597.354,99
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.849.000,00	182.400,00	81.245,01	1.585.354,99
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.862.500,00	4.540.020,43	81.245,01	-2.758.765,44
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.597.000,00	182.400,00	81.245,01	1.333.354,99
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.112.000,00	182.400,00	81.245,01	1.848.354,99
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.572.000,00	182.400,00	81.245,01	1.308.354,99
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.508.500,00	182.400,00	81.245,01	1.244.854,99
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.173.000,00	182.400,00	81.245,01	1.909.354,99
36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.477.000,00	182.400,00	81.245,01	1.213.354,99
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.879.000,00	182.400,00	81.245,01	1.615.354,99
38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.366.000,00	182.400,00	81.245,01	1.102.354,99
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.293.000,00	182.400,00	81.245,01	1.029.354,99
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.011.500,00	182.400,00	81.245,01	1.747.854,99
41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.566.000,00	182.400,00	81.245,01	1.302.354,99
42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.099.000,00	182.400,00	81.245,01	1.835.354,99
43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.392.000,00	182.400,00	81.245,01	1.128.354,99
44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.559.500,00	182.400,00	81.245,01	1.295.854,99
45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.448.500,00	182.400,00	81.245,01	1.184.854,99
46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.146.000,00	182.400,00	81.245,01	882.354,99
47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.887.000,00	182.400,00	81.245,01	1.623.354,99
48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.326.000,00	182.400,00	81.245,01	1.062.354,99
49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.813.000,00	182.400,00	81.245,01	1.549.354,99
50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.095.000,00	182.400,00	81.245,01	831.354,99
									<b>TIR</b>	<b>13%</b>
									<b>K</b>	<b>18,05%</b>
									<b>VAN (K)</b>	<b>-\$ 993.117,40</b>
									<b>i</b>	<b>10%</b>
									<b>VAN (i)</b>	<b>\$ 1.705.067,08</b>

## BA-B

Una vez obtenido los ingresos y el presupuesto de construcción, se planteo el análisis económico donde se ha tomado las siguientes consideraciones:

La obra civil tiene 50 años de vida útil, mientras que los equipos electromecánicos e hidromecánicos tienen 30 años de vida útil.

Para determinar los costos por operación y mantenimiento, se ha considerado 16 personas que laborarán en la central, con un sueldo promedio mensual de \$ 600. Además se ha considerado un gasto de \$ 1000 mensuales par mantenimiento.

TABLA A7-21

<b>Total sueldos</b>	\$ 115200
<b>Mant. Anual</b>	\$ 24000
<b>Total O&amp;M</b>	\$ 139200

Cabe resaltar que habrá un gasto en el año 30 de aproximadamente \$ 3'740,140.55, para renovar los equipos electromecánicos e hidromecánicos. Esto se debe a que estos equipos tienen 30 años de vida útil, como se indico en los párrafos anteriores.

Otro parámetro importante es el costo anual del seguro, el cual se ha calculado como un 0.5% de la inversión para la construcción de la central.

Un rubro importante de ingreso para el presente proyecto es la remuneración por CER, el cual se negociará a un precio de \$ 15, esperando que con este precio se obtenga un anticipo para la construcción de la central. Este anticipo será del 50% del total pronosticado a recibir en 4 años.

El valor total a recibir por concepto de CER en 4 años es de \$ 1'349,365.50 el cual representa el 10% de la inversión.

Con la hipótesis del anticipo de \$ 674.682,75 por concepto de CER, se requiere de un préstamo de \$ 12'705,251.67 para la construcción de la central. Para nuestro estudio se ha considerado un préstamo dado por el FEISEH (Fondo Ecuatoriano de Inversión en los Sectores Energéticos e Hidrocarbúricos) prioritariamente, o alguna institución bancaria privada o del estado, a un interés del 8%, con un periodo de pago de 13 años, dentro de los cuales constan 3 años de gracia.

En la tabla A7-22 se observa un resumen de los parámetros para la evaluación económica y en la tabla A7-23 se muestra el análisis económico con los resultados del TIR y del VAN evaluado al 10% y con el WACC.

TABLA A7-22

### RESUMEN DE LOS PARÁMETROS PARA LA EVALUACIÓN ECONÓMICA

Inversión	\$ 13.379.934,42
Costo O&M	\$ 139.200,00
Seguro	\$ 66.899,67
Cambio equipos (30 años)	\$ 3.740.140,55
Vida útil (años)	50
Años de construcción	3

Remuneración por CER	
Monto	\$ 1.349.365,50
% de Inversión	10%
CER año 0	\$ 674.682,75
CER por año (1-5)	\$ 168.670,69
Financiamiento FEISEH	
Préstamo	\$ 12.705.251,67
Interés	8%
Plazo	13
Años de Gracia	3

TABLA A7-23  
EVALUACIÓN ECONÓMICA

Año	Desembolso	CER	Saldos	Amortización	Intereses	Cap+Int	Ingresos	Costos O&M	Seguro	F.C.N
0.0.0	4.013.980,33	0,00	4.013.980,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,0	5.351.973,77	0,00	9.365.954,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	3.339.297,58	674682,75	12.705.251,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,00	168670,69	12.705.251,67	1.270.525,17	1.016.420,13	2.286.945,30	951.780,00	139.200,00	66.899,67	-1.372.594,28
2	0,00	168670,69	11.434.726,50	1.270.525,17	914.778,12	2.185.303,29	1.357.780,00	139.200,00	66.899,67	-864.952,27
3	0,00	168670,69	10.164.201,33	1.270.525,17	813.136,11	2.083.661,27	1.319.500,00	139.200,00	66.899,67	-801.590,26
4	0,00	168670,69	8.893.676,17	1.270.525,17	711.494,09	1.982.019,26	1.157.680,00	139.200,00	66.899,67	-861.768,24
5	0,00	0,00	7.623.151,00	1.270.525,17	609.852,08	1.880.377,25	1.240.620,00	139.200,00	66.899,67	-845.856,92
6	0,00	0,00	6.352.625,83	1.270.525,17	508.210,07	1.778.735,23	828.240,00	139.200,00	66.899,67	-1.156.594,91
7	0,00	0,00	5.082.100,67	1.270.525,17	406.568,05	1.677.093,22	668.740,00	139.200,00	66.899,67	-1.214.452,89
8	0,00	0,00	3.811.575,50	1.270.525,17	304.926,04	1.575.451,21	1.378.660,00	139.200,00	66.899,67	-402.890,88
9	0,00	0,00	2.541.050,33	1.270.525,17	203.284,03	1.473.809,19	1.130.420,00	139.200,00	66.899,67	-549.488,87
10	0,00	0,00	1.270.525,17	1.270.525,17	101.642,01	1.372.167,18	754.000,00	139.200,00	66.899,67	-824.266,85
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.043.420,00	139.200,00	66.899,67	837.320,33
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	958.160,00	139.200,00	66.899,67	752.060,33
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.179.720,00	139.200,00	66.899,67	973.620,33
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.010.940,00	139.200,00	66.899,67	804.840,33
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	740.660,00	139.200,00	66.899,67	534.560,33
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	751.100,00	139.200,00	66.899,67	545.000,33
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	885.660,00	139.200,00	66.899,67	679.560,33
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	738.920,00	139.200,00	66.899,67	532.820,33
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	800.980,00	139.200,00	66.899,67	594.880,33
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.395.480,00	139.200,00	66.899,67	1.189.380,33
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.006.300,00	139.200,00	66.899,67	800.200,33
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	921.040,00	139.200,00	66.899,67	714.940,33
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	718.040,00	139.200,00	66.899,67	511.940,33
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.175.660,00	139.200,00	66.899,67	969.560,33

25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.257.440,00	139.200,00	66.899,67	1.051.340,33
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.160.000,00	139.200,00	66.899,67	953.900,33
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	789.960,00	139.200,00	66.899,67	583.860,33
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.121.140,00	139.200,00	66.899,67	915.040,33
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.114.760,00	139.200,00	66.899,67	908.660,33
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.125.200,00	139.200,00	3.807.040,23	-2.821.040,23
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	964.540,00	139.200,00	66.899,67	758.440,33
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.272.520,00	139.200,00	66.899,67	1.066.420,33
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	947.140,00	139.200,00	66.899,67	741.040,33
34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	912.920,00	139.200,00	66.899,67	706.820,33
35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.311.960,00	139.200,00	66.899,67	1.105.860,33
36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	891.460,00	139.200,00	66.899,67	685.360,33
37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.128.680,00	139.200,00	66.899,67	922.580,33
38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	821.860,00	139.200,00	66.899,67	615.760,33
39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	774.880,00	139.200,00	66.899,67	568.780,33
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.211.040,00	139.200,00	66.899,67	1.004.940,33
41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	943.080,00	139.200,00	66.899,67	736.980,33
42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.264.400,00	139.200,00	66.899,67	1.058.300,33
43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	842.160,00	139.200,00	66.899,67	636.060,33
44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	939.600,00	139.200,00	66.899,67	733.500,33
45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	871.160,00	139.200,00	66.899,67	665.060,33
46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	691.360,00	139.200,00	66.899,67	485.260,33
47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.135.060,00	139.200,00	66.899,67	928.960,33
48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	800.980,00	139.200,00	66.899,67	594.880,33
49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.087.500,00	139.200,00	66.899,67	881.400,33
50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	664.680,00	139.200,00	66.899,67	458.580,33
									<b>TIR</b>	<b>5%</b>
									<b>K</b>	<b>18,05%</b>
									<b>VAN (K)</b>	<b>-\$ 2.960.673,61</b>
									<b>i</b>	<b>10%</b>
									<b>VAN (i)</b>	<b>-\$ 2.720.757,19</b>

## Cálculo del WACC (K)

El WACC o costo promedio ponderado de capital (K), es una tasa de interés con la cual inversionistas extranjeros evalúan la rentabilidad de un proyecto en países con altos riesgos o falta de garantías en cuanto a estabilidad económica o social. A continuación se detalla la ecuación para el cálculo del WACC:

$$K = \frac{D}{D+E} \times K_d (1-t) + \frac{E}{D+E} K_e$$

$$K_d = r_f + \text{default spread} + \text{riesgo país}$$

$$K_e = r_f + \beta(r_m - r_f) + \text{riesgo soberano}$$

Donde:

$K$  = WACC

$D$  = Deuda banco (80%)

$E$  = Inversión privada o propia (20%)

$K_d$  = Tasa del banco (Costo de la deuda)

$K_e$  = Costo de capital

$t$  = tasa de impuestos (25%)

$r_f$  = 4.39% (Tasa libre de riesgo)

$(r_m - r_f)$  = 7.64% (Premio por invertir en un proyecto con riesgo)

$\beta$  = Riesgo de industrias (Proyectos hidroeléctricos = 0.25)

*default spread* = 8.6%

*riesgo país* = 11.25%

*riesgo soberano* = 11.25%

El valor de  $D$  y  $E$ , se debe a que normalmente inversionistas consideran hasta un 20% del costo, como inversión propia, mientras que el 80% restante del costo se lo cubre con un préstamo.

El valor de la tasa libre de riesgo ( $r_f$ ) se la obtiene de la tabla A7-24, mientras que el premio por invertir en un proyecto con riesgo ( $r_m - r_f$ ) se lo ha aproximado a 7.64%.

En la tabla A7-26, se muestra valores de beta para diferentes industrias; para proyectos hidroeléctricos se ha considerado un beta de 0.25, dado por el INCAE.

El margen de riesgo por incumplimiento de pago (*default spread*) se lo obtuvo de la tabla A7-27, este valor corresponde a países que tienen una calificación de crédito Caa1, como es el caso de Ecuador. De igual forma en la tabla A7-25, se obtuvo el valor por concepto de riesgo país o riesgo soberano.

Al evaluar estos valores en las ecuaciones anteriormente descritas, se obtuvo los siguientes resultados:

$$K_d = 24.24\%$$

$$K_e = 17.55\%$$

$$\text{WACC (K)} = 18.054\%$$

## Tablas para evaluar el WACC

TABLA A7-24

Cuadro 6.2 Tasa libre de riesgo

Tasas de mercado de emisiones del Tesoro del gobierno de los Estados Unidos 6 de junio de 2003	
Instrumento	Retorno ( <i>yield</i> ) anualizado
Treasury Bills ( 90 días)	1,095%
Treasury Notes (1 año)	1,24%
Treasury Notes (5 años)	2,26%
Treasury Notes (10 años)	3,35%
Treasury Notes (30 años)	4,39%

TABLA A7-25

Cuadro 6.6 Estimados de riesgo país

<i>País</i>	<i>Calificación</i>	<i>Riesgo país</i>	<i>Premio riesgo país</i>
Argentina	<i>Ca</i>	18,01%	13,50%
Belice	<i>Ba1</i>	9,39%	4,88%
Bolivia	<i>B1</i>	13,51%	9,00%
Brasil	<i>B2</i>	15,76%	11,25%
Islas Caimán	<i>Aa3</i>	5,86%	1,35%
Chile	<i>A1</i>	6,01%	1,50%
Colombia	<i>Baa2</i>	7,14%	2,63%
Costa Rica	<i>Ba1</i>	9,39%	4,88%
Cuba	<i>Caa1</i>	15,76%	11,25%
Rep, Dominicana	<i>Ba2</i>	10,51%	6,00%
Ecuador	<i>Caa1</i>	15,76%	11,25%
El Salvador	<i>Baa2</i>	7,14%	2,63%
Guatemala	<i>Ba1</i>	9,39%	4,88%
Honduras	<i>B2</i>	15,76%	11,25%
México	<i>Baa1</i>	6,76%	2,25%
Nicaragua	<i>B2</i>	15,76%	11,25%
Panamá	<i>Ba1</i>	9,39%	4,88%
Paraguay	<i>B1</i>	13,51%	9,00%
Perú	<i>Baa3</i>	7,51%	3,00%
España	<i>Aaa</i>	4,51%	0,00%
Estados Unidos	<i>Aaa</i>	4,51%	0,00%
Uruguay	<i>B3</i>	17,26%	12,75%
Venezuela	<i>Caa1</i>	15,76%	11,25%

TABLA A7-26

## Cuadro 6.3 Betas de industrias

Industria	Beta promedio apalancada	Relación D/E	Tasa marginal impuestos	Beta promedio desapalancada
Banca	0,67	78,81%	28,00%	0,43
Bebidas alcohólicas	0,56	15,60%	24,77%	0,50
Carbón	1,17	56,24%	13,58%	0,79
Cemento	0,78	40,62%	23,82%	0,59
Compañía diversificada	0,83	73,81%	35,68%	0,56
Computadoras	2,08	8,78%	35,01%	1,97
E-Commerce	3,06	7,96%	2,91%	2,84
Electrónica	1,48	34,51%	21,63%	1,17
Entretenimiento	1,2	28,16%	11,51%	0,96
Forestal	0,84	72,17%	30,26%	0,56
Hoteles	0,91	97,72%	16,44%	0,50
Internet	2,47	13,07%	1,48%	2,19
Materiales de construcción	0,84	32,09%	21,19%	0,67
Metales preciosos	0,38	15,73%	5,54%	0,33
Periódicos	0,92	22,31%	31,05%	0,80
Petróleo (Integrado)	0,84	17,99%	29,04%	0,75
Petróleo (Productor)	0,79	38,95%	15,39%	0,59
Procesamiento de comida	0,66	34,66%	23,78%	0,52
Restaurantes	0,77	25,12%	38,82%	0,67
Seguros de vida	0,89	10,19%	22,73%	0,83
Servicios educativos	1,16	2,82%	19,14%	1,13
Servicios médicos	0,87	30,98%	15,91%	0,69
Supermercados	0,68	73,65%	27,44%	0,45
Tabaco	0,71	30,52%	35,17%	0,59
Telecomunicaciones	1,62	84,39%	10,13%	0,92
Tiendas al detalle	0,96	25,28%	21,43%	0,80
Transporte camiones	0,86	95,08%	28,60%	0,51

TABLA A7-27

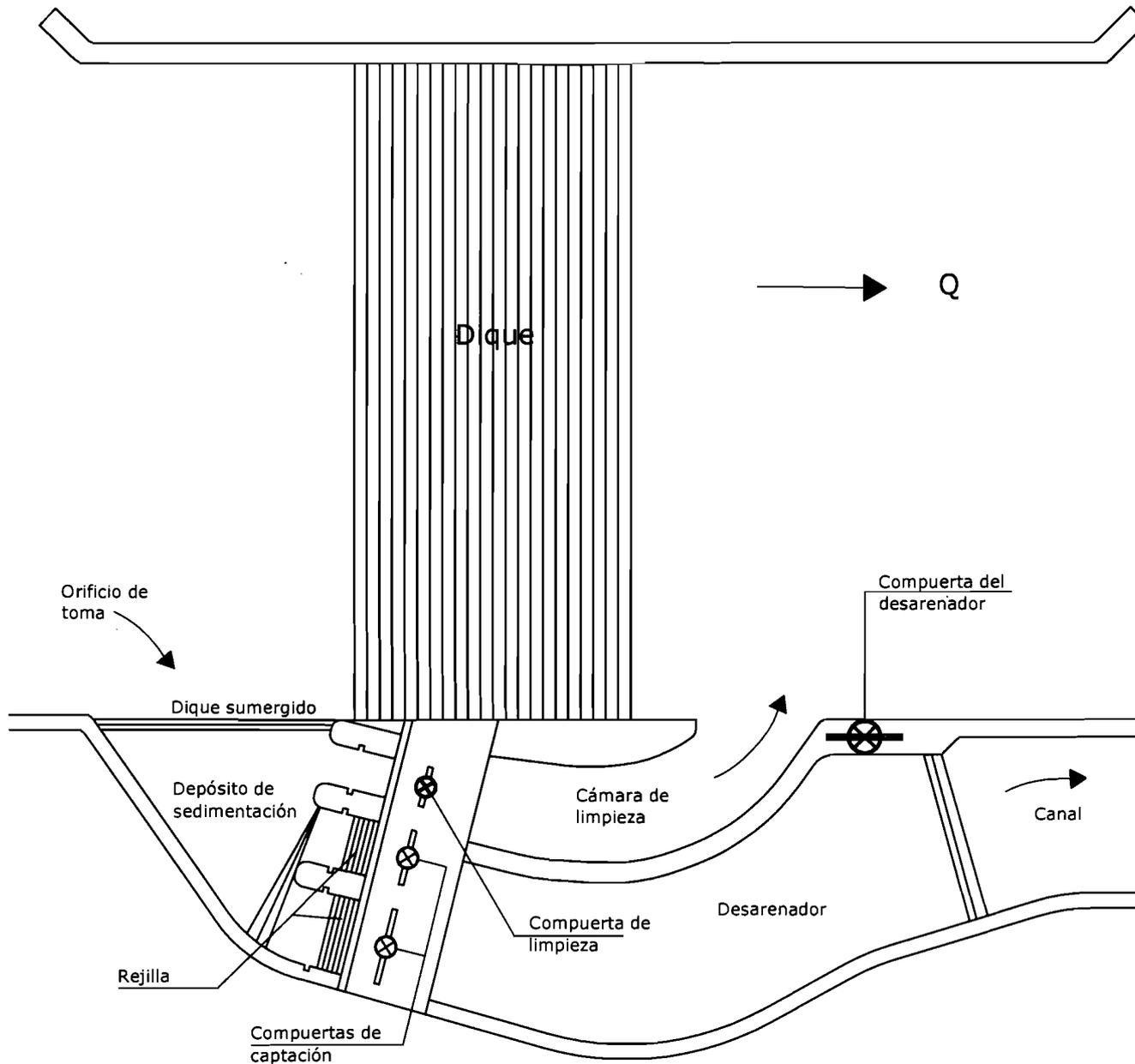
Razones de cobertura de las EBIT y *default spreads*

Calificación de crédito	Razón de cobertura de las EBIT	Default spread
Aaa	21.1x	0,2%
Aa1	15.1x	0,3%
Aa2	10.9x	0,4%
Aa3	8.1x	0,6%
A1	6.3x	0,7%
A2	5.2x	0,9%
A3	4.6x	1,2%
Baa1	4.2x	1,5%
Baa2	3.9x	1,9%
Baa3	3.6x	2,3%
Ba1	3.2x	2,9%
Ba2	2.6x	3,6%
Ba3	1.9x	4,3%
B1	1.0x	5,2%
B2	0.8x	6,2%
B3	0.6x	7,4%
Caa1	0.4x	8,6%
Caa2	0.1x	10,0%
Caa3	0.1x	11,4%

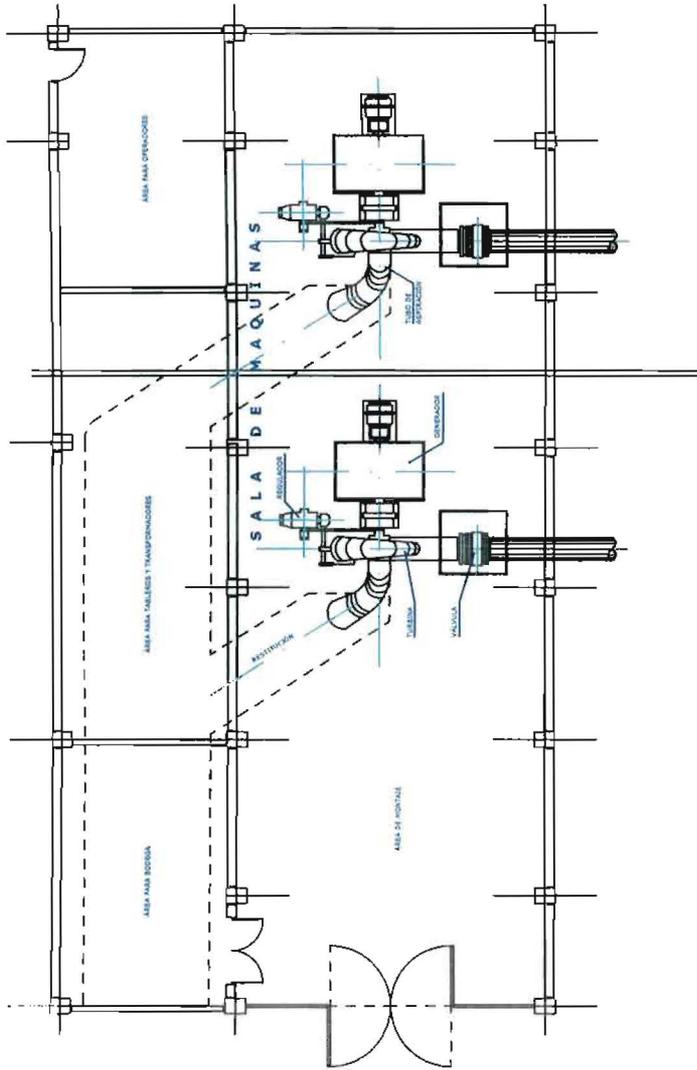
## **ANEXO 8**

### **PLANOS DE OBRAS CIVILES**

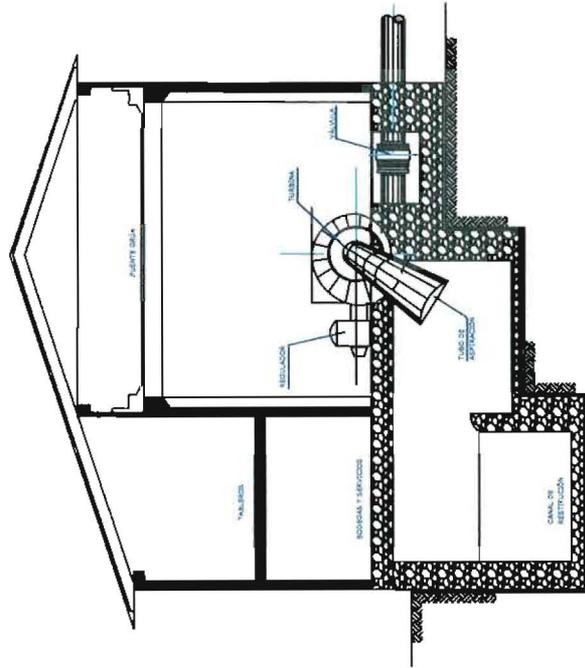
# PLANTA



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL	
TÓPICO DE GRADUACIÓN	
BOCATOMA	
ORIGEN ORIGINAL	RECONSTRUCCIÓN
DISEÑADO	APROBADO
ELABORADO: 8 ABRIL 2008 A	PLANO: 04.01
FECHA: 19 / 04 / 2008	

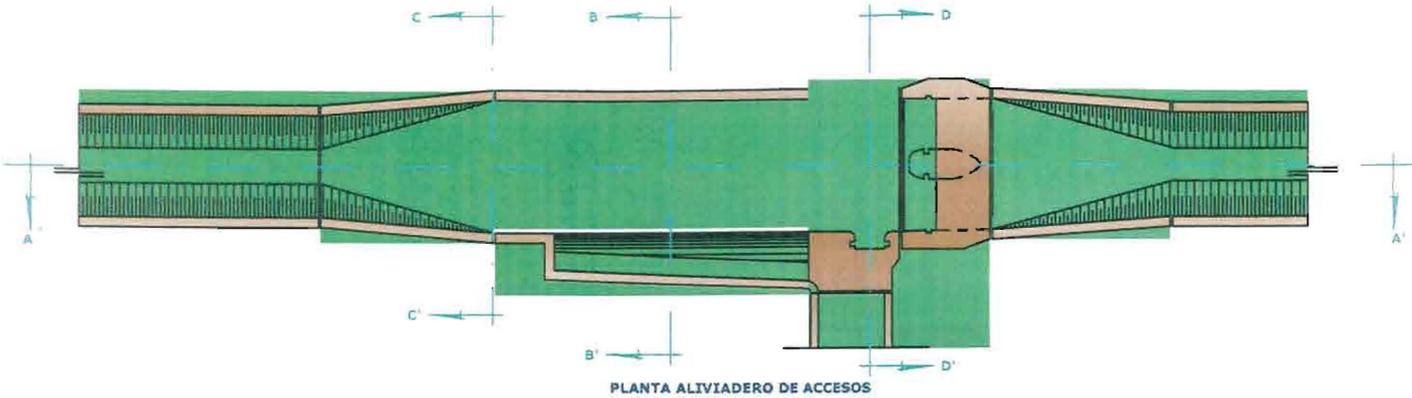


P L A N T A



S E C C I O N T I P O

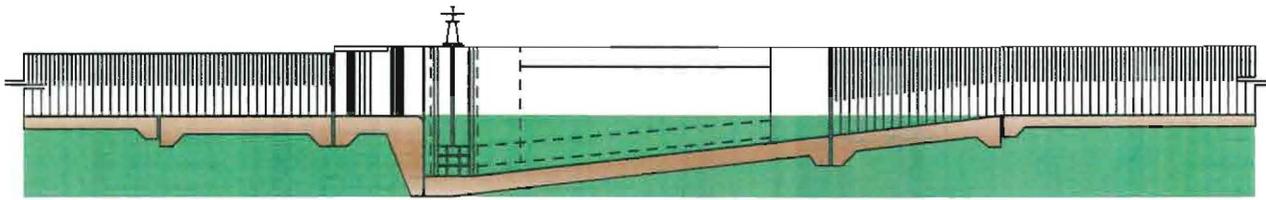
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL	
TÓPICO DE GRADUACIÓN	
CASA DE MÁQUINAS	
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CALDAS	PROFESOR:
ESTUDIANTE: MARCELO PALAZO	ASISTENTE:
FECHA: 11/03/2017	PLAZA: 14/08



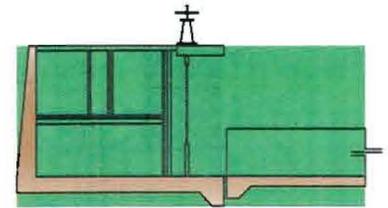
CORTE B - B'



CORTE C - C'

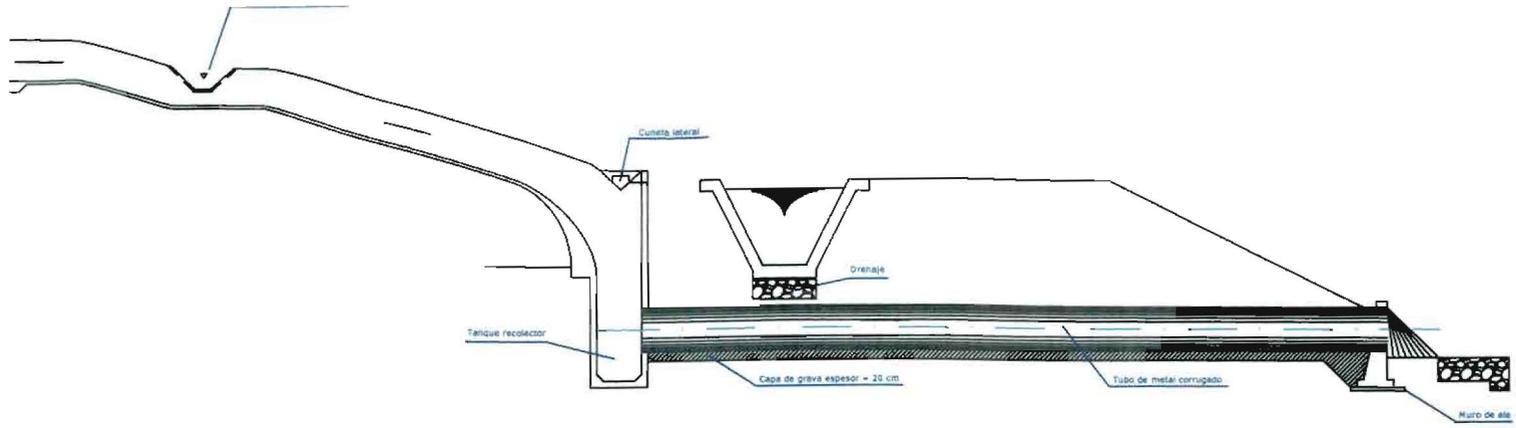


CORTE A - A'

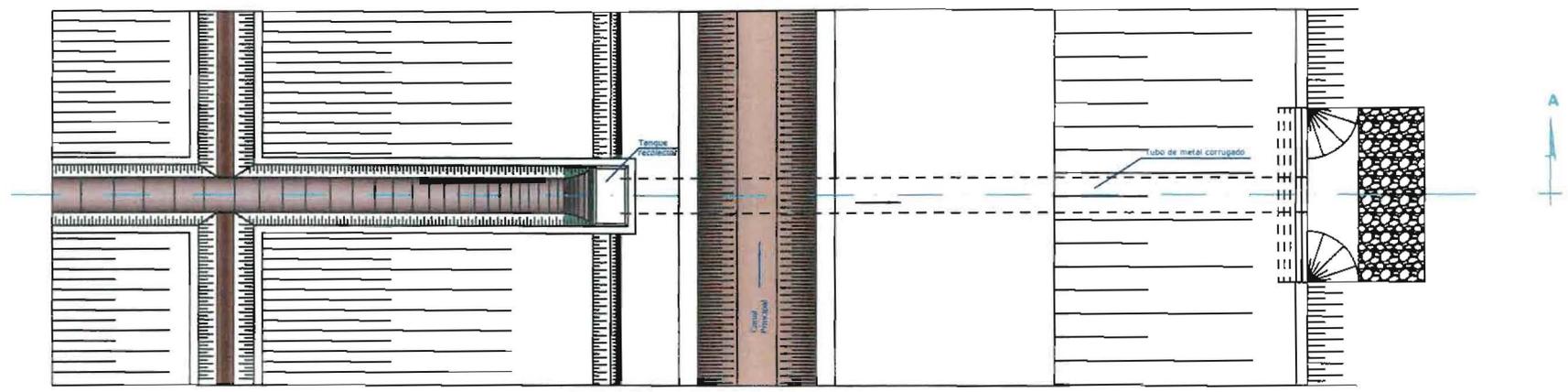


CORTE D - D'

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL	
TÓPICO DE GRADUACIÓN	
OBRAS DE ARTE EN LA CONDUCCIÓN	
DISEÑO (GRUPO): ACCIONES/DAVIS/CA	
PROFESOR	RECOMENDACION
ESTUDIANTE	APROBADO
FECHA	PLANO
EDICIÓN	18/03/2007

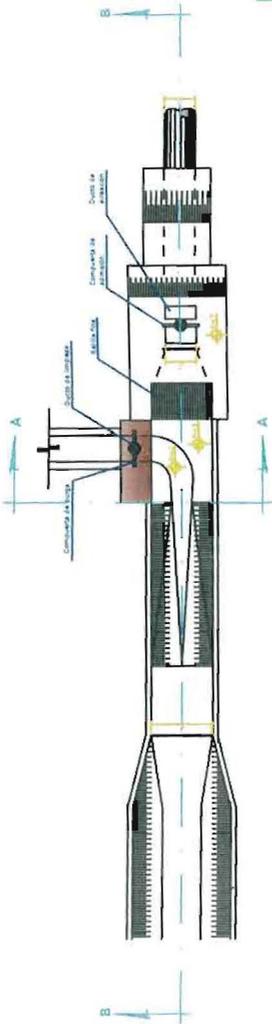


CORTE A-A

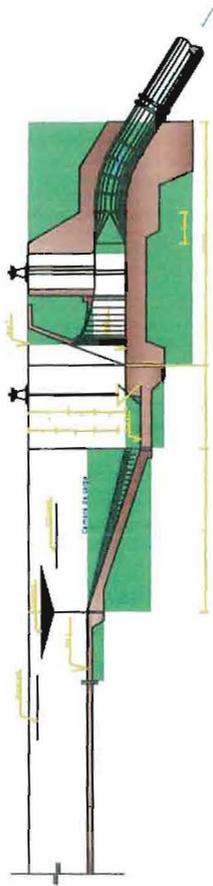


PLANTA DE EL PASO DE AGUA BAJO EL CANAL

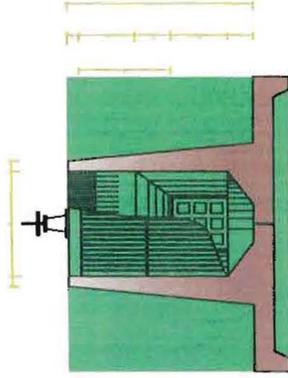
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL	
TÓPICO DE GRADUACIÓN	
PASO DE AGUA TIPO PLANTA, CORTE Y CARACTERÍSTICAS	
DIBUJO ORIGINAL: ASOCIACIÓN COMERCIAL SA	
PROYECTO	RECOMENDADO
PROYECTO	APROBADO
PROYECTO	PLANO
FECHA: 12-10-2007	PAJ-11



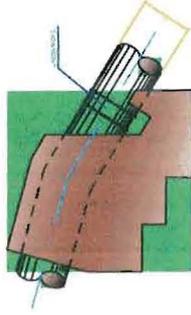
PLANTA TANQUE DE PRESIÓN



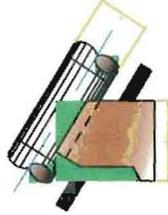
CORTE A - A



CORTE B - B



APOYOS TÍPICOS



PERFIL



SECCION

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL	
TOPICO DE GRADUACION	
TANQUE DE PRESION TIPO Y TUBERIA	
Nombre del alumno, apellido y nombre de pila	REGISTRACION
FECHA DE ENTREGA DEL TRABAJO	APROBACION
FECHA DE ENTREGA DEL TRABAJO	FECHA
FECHA DE ENTREGA DEL TRABAJO	FECHA