Análisis en cascada de los Proyecto Balsapamba Alto, Balsapamba Medio y Balsapamba Bajo en el Río Cristal

Henry Bòsquez Sotomayor
Christian Paredes Vera
Jonathan Vinueza Andrade
Juan Saavedra Mera
Egresados, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación (FIEC), Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Director de Tópico, Ingeniero en Electricidad especialización Potencia, Postgrado EE.UU, Universidad Missouri-Rolla 1971, Profesor de ESPOL desde 1971
Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral. Apartado 09-01-5863. Guayaquil - Ecuador
hefaboso@hotmail.com, dantelmec@hotmail.com, jovian_890@hotmail.com, jsaaved@espol.edu.ec

Resumen

Año tras año nuestro país ha tenido problemas de racionamiento de energía eléctrica, lo cual se debe a distintos factores; uno de ellos es el alto precio de la energía, una de las más altas de la región, producto de la dependencia de generación térmica. Otro factor es nuestra dependencia al mayor proyecto de generación eléctrica del país, Paute – Molino, el cual entrega un gran porcentaje de la energía eléctrica consumida. A pesar de esto, en los meses de estiaje su capacidad instalada es desaprovechada por la falta de recurso hídrico, es ahí cuando ocurren los cortes de energía. Para enfrentar estos problemas es necesario impulsar los proyectos de generación hidroeléctrica de la cuenca del Guayas, los cuales son capaces de proveer energía durante estos meses de estiaje y reemplazar energía termoeléctrica durante el resto del año, consiguiendo con esto bajar el precio de la energía eléctrica. En particular, esta tesis analiza la posibilidad de desarrollar tres centrales hidroeléctricas en cascada, en el río Cristal en el proyecto denominado Balsapamba.

Palabras claves: *proyecto Balsapamba, generación hidroeléctrica, recurso hídrico, cascada*

Abstract

Year by year our country has had electric energy rationing problems, which owes to different factors; one of them is the high price of the energy, one of the highest of the region, product of the dependence on thermal generation. Another factor is the dependence on our biggest electrical generation project, Paute - Molino, which delivers a large percentage of the electric energy of our country. Despite this, in the drought months its installed capacity is missed because of the lack of water resource, it is then when energy rationing occurs. To face these problems it is necessary to boost hydroelectric projects of the basin of Guayas, which are capable of providing energy during these drought months and replacing thermoelectric energy during the rest of the year, obtaining with this to low the energy price. Particularly, this thesis analyzes the possibility of development three hydroelectric plants one after another, in Cristal River, in the project called Balsapamba.

Key words: *Balsapamba project, hydroelectric generation, water resource, waterfall*

1. Introducción

Desde siempre, el agua ha representado uno de los recursos primordiales para el ser humano, durante su proceso evolutivo, el hombre observó que el agua no era solo un recurso de subsistencia, sino que también era una fuente potencial energética. En la actualidad los avances tecnológicos nos permiten explotar los recursos hídricos eficientemente.

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.

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 rio Guayas, la cual desemboca en el Océano Pacífico.

Este proyecto está diseñado para funcionar como 3 centrales en cascada a lo largo del Río Cristal.

2. Hidrología

2.1. Alcances del Análisis Hidrológico

En el análisis hidrológico se proporcionan los resultados de la evaluación del recurso hídrico en la cuenca del río Cristal, mediante la determinación de caudales disponibles para la generación de electricidad dentro de un esquema determinado de funcionamiento. El dimensionamiento de las obras civiles y electromecánicas se realiza en base al caudal de diseño, el cual busca maximizar la producción de energía mediante la selección de las mejores características técnico-económicas del proyecto.

Se presentan los valores característicos de temperatura, humedad relativa y precipitación del sitio, para la programación de trabajos a cielo abierto durante la construcción y para la selección de los equipos de acuerdo a su rango climático de operación.

Debido a que no existe una estación hidrométrica a las orillas del río Cristal, cuyo recurso hídrico se pretende aprovechar, no se dispone de un historial de caudales, por tal razón se han transpuesto los caudales de la estación Echeandía en Echeandía (estación base) hasta el sitio de interés. Se conocen los caudales promedio mensuales de la estación base desde el año 1965 hasta 1999.

Mediante la aplicación de métodos estadísticos se estiman los caudales máximos esperados durante el tiempo de vida útil de la planta, necesarios para el dimensionamiento de las obras civiles, principalmente para la evacuación de los caudales excedentes.

2.2. Descripción general de la cuenca

El proyecto está ubicado en las provincias de Bolívar y Los Ríos, siendo el origen del recurso hídrico la provincia de Bolívar. Los principales caminos para acceder al sitio son desde la costa, siguiendo la ruta Babahoyo – Montalvo – Balsapamba; y desde la sierra, por la vía Guaranda – San Miguel – Balsapamba.

Figura 1. Ubicación del proyecto

La cuenca de drenaje del río Cristal hasta el sitio de captación a 200 msnm cubre un área de 169 km2. El punto más alto que corta la línea divisoria de la cuenca 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, El Limón y las afueras de Juan Montalvo. Potenciales centros de consumo son Babahoyo, Juan Montalvo, Balsapamba y San Miguel; además de otras pequeñas poblaciones ubicadas en los alrededores del rio Cristal.

2.3. Análisis Hidrológico

Antes de realizar la transposición de caudales, se ha verificado que exista una similitud física-hidrológica entre las cuencas correspondientes al río Cristal (proyecto Balsapamba) y al río Soloma (estación Echeandía en Echeandía).

Tabla 1. Características físicas hidrológicas en puntos importantes del proyecto.

Característica	Estación Echeandía	BA-B	BA-M	BA-A
Altitud de la toma (msnm)	320	200	360	720
Perímetro (km)	85	59	55	44
Área Drenaje (km2)	365	169	164	96
Índice de Compacidad	1.252	1.272	1.206	1.261
Máx. Recorrido (km)	34.6	22.9	18.7	12.8
Factor de forma	0.305	0.322	0.468	0.583
Relación de Confluencias	4.230	1.805	1.805	4.230
Alt. Media del relieve (msnm)	1607	1548	1581	1855
Coeficiente Orográfico	7078	14171	15211	35877

Los coeficientes de transposición para determinar los caudales en los puntos de captación en el río Cristal, se han calculado relacionando el área de drenaje y la precipitación media ponderada de la estación base con aquellas de cada punto de captación.

2.3.1. Meteorología. La información meteorológica se obtiene a partir de los registros de la estación Balsapamba, desde 1982 hasta 1990, año en que dicha estación meteorológica dejó de funcionar. En esta sección se presentan valores relevantes de temperatura y pluviometría; además se incluye el análisis de crecidas.

La temperatura cerca de las obras de captación se ha mantenido entre los 15 y 30°C, con un valor promedio de 20°C. La máxima precipitación registrada entre 1982 y 1997 es de 103.5mm.

Considerando 50 años como el tiempo de vida útil de este tipo de proyectos, se aplicó el método estadístico de Gumbel tipo I para realizar el análisis de crecidas, obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Caudales máximos esperados en un período de retorno de 100 años.

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

2.4. Curvas de caudales

A partir de los caudales transpuestos se presenta la curva de duración de caudales en el río Cristal, a 720 m.s.n.m.

Figura 1. Curva de duración de caudales.

Considerando un caudal ecológico igual al 10% del caudal medio, se obtuvieron los valores que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3. Caudales importantes del proyecto Balsapamba.

Altura (msnm)	720	360	200
$q_{diseño}$ (m^3/s)	3.31	6.08	6.30
q50 (m^3/s)	1.90	3.49	3.88
q90 (m^3/s)	0.47	0.86	0.89
$q_{ecológico}$ (m^3/s)	0.37	0.68	0.70

3. Producciones Energéticas

La determinación probabilística de las producciones energéticas es un análisis indispensable para conocer la rentabilidad de un proyecto energético durante su tiempo de vida útil. Para el caso de este proyecto hidroeléctrico, cuyo tiempo de vida útil es de 50 años, el análisis consiste en analizar proyecciones de producción de energía eléctrica de cada una de las centrales, para luego realizar el análisis de todo el proyecto en cascada, basándose en registros históricos de los caudales mensuales promedio del Río Cristal. Para el cálculo de las producciones energéticas se han empleado hojas de cálculo de EXCEL. En este análisis se obtienen datos como energía mensual promedio producida, caudales turbinados, producción firme, entre otros.

Cabe recalcar que para el presente proyecto se ha planteado la construcción de dos reservorios con capacidad de regulación diaria, los mismos que serán los encargados de regular aguas abajo todo el proyecto.

3.1. Metodología de Cálculo

En la simulación de las producciones energéticas de este proyecto se analiza en cascada las tres centrales (BA-A, BA-M y BA-B) en las diferentes cotas (720-360-200) respectivamente, a su vez se coloca un reservorio de regulación diaria en los proyectos Balsapamba alto y Balsapamba medio. Para esto se especifican las características de cada central, como la caída neta, caudal de diseño, potencia instalada, punto de captación, entre otras.

3.2. Resultados del proyecto Balsapamba

En las siguientes tablas se observan los valores promedio anual de los principales parámetros que predicen los niveles de generación que la central puede alcanzar. Estos factores son de enorme importancia al momento de realizar el Análisis Económico del Proyecto Hidroeléctrico Balsapamba.

3.2.1. Resultados Proyecto Balsapamba Alto

Tabla 4. Resultados para la toma 720

BA-ALTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
Caudales Promedio Esperados (m3/s)	3,58	6,95	7,40	6,81	5,07	2,62	1,72	1,27	1,06	0,93	1,00	1,36	3,12
Capacidad Máxima Promedio Mensual (MW)	5,55	6,60	6,67	6,61	6,28	4,44	2,96	2,12	1,75	1,60	1,68	2,07	4,03
Generación Promedio Mensual (GWh)	4,00	4,76	4,80	4,76	4,52	3,20	2,13	1,53	1,26	1,15	1,21	1,49	
Generación Anual Promedio (GWh)	2,90												
Energía Anual Firme (GWh)	26.35												
Capacidad Anual Firme (MW)	3.05												
Factor de planta	0.58												

3.2.1. Resultados Proyecto Balsapamba Alto

Tabla 5. Resultados para la toma 360

B-MEDIO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
Caudales Promedio Esperados (m3/s)	6,56	12,74	13,57	12,48	9,30	4,81	3,16	2,33	1,94	1,71	1,83	2,50	5,72
Capacidad Máxima Promedio Mensual (MW)	5,09	6,07	6,12	6,07	5,76	4,08	2,72	1,94	1,59	1,45	1,53	1,90	3,69
Generación Promedio Mensual (GWh)	3,67	4,37	4,41	4,37	4,15	2,94	1,96	1,40	1,14	1,05	1,10	1,37	
Generación Anual Promedio (GWh)	2,66												
Energía Anual Firme (GWh)	24.19												
Capacidad Anual Firme (MW)	2.80												
Factor de planta	0.58												

3.3.1. Resultados Proyecto Balsapamba Alto

Tabla 6. Resultados para la toma 200

B-BAJO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
Caudales Promedio Esperados (m3/s)	6,80	13,20	14,06	12,93	9,63	4,98	3,27	2,42	2,01	1,77	1,90	2,59	5,92
Capacidad Máxima Promedio Mensual (MW)	2,64	3,14	3,17	3,15	2,99	2,11	1,41	1,00	0,81	0,75	0,78	0,98	1,91
Generación Promedio Mensual (GWh)	1,90	2,26	2,28	2,27	2,15	1,52	1,01	0,72	0,59	0,54	0,56	0,70	
Generación Anual Promedio (GWh)	1,38												
Energía Anual Firme (GWh)	12.49												
Capacidad Anual Firme (MW)	1.46												
Factor de planta	0.58												

4. Diseño de Obras

El diseño del Proyecto Hidroeléctrico Balsapamba se realiza 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, las cuales son: Obras Civiles e Hidráulicas, Equipo Mecánico y Equipo Eléctrico.

4.1. Partes constitutivas del Proyecto Hidroeléctrico Balsapamba

Las obras civiles e hidráulicas con las que cuenta las tres centrales que conforman el Proyecto Hidroeléctrico Balsapamba son:

1) Obras de Toma
2) Desarenador
3) Obras de conducción
4) Obras de arte en la conducción
5) Reservorios
6) Tanques de carga
7) Tubería de presión
8) Casa de maquinas y patio de maniobras
9) Canal de restitución

Los principales componentes mecánicos que conforman el Proyecto Hidroeléctrico Balsapamba son:

1) Turbinas
2) Válvula de entrada
3) Reguladores
4) Compuertas

Los equipos eléctricos con el cual estará en funcionamiento el Proyecto Hidroeléctrico Balsapamba son:

1) Generadores
2) Disyuntores
3) Transformadores
4) Sistemas de Servicios Auxiliares
5) Subestaciones

5. Presupuesto de obra.

5.1. Actualización de precios

Se realizo una actualización de costos de los materiales para la construcción de la central, así como del costo de equipos electromecánicos e hidromecánicos. Para esta actualización se tomo como referencia precios dados por la compañía de consultores en ingeniería Caminosca S.A. en enero del 2006 y precios dados por el Departamento de Planificación del Consejo Provincial del Guayas en junio del 2006. Luego estos valores de costo en dólares americanos del 2006 fueron llevados a dólares americanos del 2009, mediante la fórmula de interés compuesto, con una tasa de interés (o inflación) de 2.5% (El valor de esta tasa, es un promedio anual de inflación).

5.2. Resumen de costos de obras.

Los costos directos de construcción (C.D.C) de obra para todo el proyecto se han divido en tres partes:

La primera parte es el presupuesto de obra civil, que comprende la construcción de la bocatoma, azud, desarenador, canal, etc.

La segunda parte es el costo de los equipos electromecánicos e hidromecánicos, que corresponde a ítems como generadores, turbinas, válvulas, etc.

La tercera parte es el costo global de construcción de la subestación.

Adicionalmente se ha considerado un costo del 10% de los C.D.C por concepto de ingeniería y administración, y otro costo del 8 % de los C.D.C por concepto de imprevistos. Sin embargo es importante resaltar que este tipo de proyectos está exento de pago del IVA. A continuación se presente en detalle el presupuesto individual de cada central

5.2.1. Proyecto Balsapamba Alto

A continuación se presenta la tabla 7, que contiene el resumen de costos de obra.

Tabla 7.

RESUMEN GENERAL	SUBTOTAL	%
OBRA CIVIL	**$ 7.788.571,50**	**73,70%**
BOCATOMA Y AZUD	1.137.852,76	10,77%
DESARENADOR	146.246,00	1,38%
CONDUCCION: CANAL	1.853.800,89	17,54%
ALIVIADEROS TIPO	481.388,24	4,56%
PASOS DE AGUA	55.072,32	0,52%
RESERVORIO DE REGULACIÓN 36000 m3	942.176,80	8,92%
TANQUE DE CARGA	9.157,00	0,09%
TUBERIA DE PRESION	2.034.042,94	19,25%
CASA DE MAQUINAS	184.032,55	1,74%
CANAL DE RESTITUCIÓN	17.025,60	0,16%
TERRENOS Y SERVIDUMBRES	419.776,40	3,97%
CAMINOS DE ACCESO	288.000,00	2,73%
MEDIDAS DE MITIGACION AMBIENTAL	220.000,00	2,08%
EQUIPOS	**$ 984.236,34**	**9,31%**
EQUIPAMIENTO ELECTRO - MECANICO	783.000,00	7,41%
EQUIPOS HIDROMECANICOS	201.236,34	1,90%
SUBESTACION	**$ 1.795.109,13**	**16,99%**
Costo Directo de Construcción	10.567.916,97	100%
Ingeniería y Administración (10% C.D.C.)	1.056.791,70	---
Imprevistos (8% C.D.C.)	845.433,36	---
COSTO TOTAL DE CONSTRUCCION DE BALSAPAMBA ALTO	**$ 12.470.142,03**	---

La construcción de la central ubicada en la cota 720, se ha presupuestado en $12’470,142. Para esta central de 6.6 MW, se ha calculado que su costo por KW instalado es de $1,889.41

5.2.2. Proyecto Balsapamba Medio

A continuación se presenta la tabla 8, que contiene el resumen de costos de obra.

Tabla 8.

RESUMEN GENERAL	SUBTOTAL	%
OBRA CIVIL	$ 7.565.288,27	74,14%
BOCATOMA Y AZUD	1.488.193,00	14,58%
DESARENADOR	215.521,50	2,11%
CONDUCCION: CANAL	1.566.832,66	15,35%
ALIVIADEROS TIPO	481.388,24	4,72%
PASOS DE AGUA	26.170,85	0,26%
RESERVORIO DE REGULACIÓN 36000 m3	942.176,80	9,23%
TANQUE DE CARGA	23.879,38	0,23%
TUBERIA DE PRESION	1.731.778,50	16,97%
CASA DE MAQUINAS	184.032,55	1,80%
CANAL DE RESTITUCION	25.538,40	0,25%
TERRENOS Y SERVIDUMBRES	419.776,40	4,11%
CAMINOS DE ACCESO	240.000,00	2,35%
MEDIDAS DE MITIGACION AMBIENTAL	220.000,00	2,16%
EQUIPOS	$ 984.236,34	9,64%
EQUIPAMIENTO ELECTRO - MECANICO	783.000,00	7,67%
EQUIPOS HIDROMECANICOS	201.236,34	1,97%
SUBESTACION	$ 1.655.109,13	16,22%
Costo Directo de Construcción	10.204.633,74	100%
Ingeniería y Administración (10% C.D.C.)	1.020.463,37	---
Imprevistos (8% C.D.C.)	816.370,70	---
COSTO TOTAL DE CONSTRUCCION DE BALSAPAMBA MEDIO	$ 12.041.467,82	---

La construcción de la central ubicada en la cota 360, se ha presupuestado en $12’041,467. Para esta central de 6.12 MW, se ha calculado que su costo por KW instalado es de $1,967.56

5.2.3. Proyecto Balsapamba Bajo

A continuación se presenta la tabla 9, que contiene el resumen de costos de obra.

Tabla 9.

RESUMEN GENERAL	SUBTOTAL	%
OBRA CIVIL	$ 5.412.894,28	76,18%
BOCATOMA Y AZUD	1.488.193,00	20,94%
DESARENADOR	215.521,50	3,03%
CONDUCCION: CANAL	460.886,16	6,49%
ALIVIADEROS TIPO	331.288,40	4,66%
TANQUE DE CARGA	23.879,38	0,34%
TUBERIA DE PRESION	1.731.778,50	24,37%
CASA DE MAQUINAS	184.032,55	2,59%
CANAL DE RESTITUCION	25.538,40	0,36%
TERRENOS Y SERVIDUMBRES	419.776,40	5,91%
CAMINOS DE ACCESO	312.000,00	4,39%
MEDIDAS DE MITIGACION AMBIENTAL	220.000,00	3,10%
EQUIPOS	$ 717.736,34	10,10%
EQUIPAMIENTO ELECTRO - MECANICO	516.500,00	7,27%
EQUIPOS HIDROMECANICOS	201.236,34	2,83%
SUBESTACION	$ 975.108,00	13,72%
Costo Directo de Construcción	7.105.738,62	100%
Ingeniería y Administración (10% C.D.C.)	710.573,86	---
Imprevistos (8% C.D.C.)	568.459,09	---
COSTO TOTAL DE CONSTRUCCION DE BALSAPAMBA BAJO	$ 8.384.771,57	---

La construcción de la central ubicada en la cota 200, se ha presupuestado en $8’384,771. Para esta central de 3.17 MW, se ha calculado que su costo por KW instalado es de $2,645.03

7. Evaluación económica.

En el presente capítulo se ha realizado la evaluación económica de las tres centrales en cascada del proyecto Balsapamba, para lo cual se ha considerado la venta de la energía a generar al precio establecido por el CONELEC para energía producida con recursos energéticos renovables no convencionales.

También se detalla las hipótesis de cálculo, dentro de la cual encontramos parámetros como remuneración por CER, 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 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 10, que contiene la lista de precios preferencial para energía producida con recursos energéticos no convencionales.

Tabla 10.

CENTRALES	PRECIO (cUSD/kWh) Territorio Continental	PRECIO (cUSD/kWh) Territorio Insular de Galápagos
EÓLICAS	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

7.1. Análisis económico.

A continuación se presentan las hipótesis, cálculos y resultados obtenidos del análisis económico del proyecto Balsapamba:

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 45 personas de carácter técnico que laborarán en las diferentes centrales, con un sueldo promedio mensual de $ 500.
Además se han considerado 30 personas para desarrollar trabajos de limpieza en reservorios, diques, bocatomas, etc., con un sueldo promedio de $ 300 mensuales
Se ha establecido $ 10.000 mensuales como rubro destinado para gastos administrativos para cada central, así como también $ 10,000 por concepto de repuestos pequeños o cualquier eventualidad que se presentare durante la operación de las centrales, este valor es por cada central.
Cabe resaltar que habrá un gasto en el año 30 de aproximadamente $ 7`774.257,178 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 $ 10, esperando que con este precio se obtenga un anticipo para la construcción de la central.
El valor total a recibir por concepto de CER en 14 años es de $ 12'590.722,39 el cual representa el 38,27% de la inversión.

7.1.3. Resumen Proyecto Balsapamba

En la tabla 11 se muestra un resumen de los parámetros considerados para la evaluación económica de la central ubicada en la toma 200.

Tabla 11.

Inversión	$ 13,379,934.42
Costos Totales	$ 139,200.00
Cambio equipos (30 años)	$ 7`774.257,17
Vida útil (años)	50
Años de construcción	3
Remuneración por CER	
Monto	$ 12'590.722,3
% de Inversión	38,27%
Años de CER`s	22

Resultados del TIR y VAN.- El monto del Valor Actual Neto (VAN) que se obtuvo con un interés del 13% es de cuatro millones ochocientos noventa y seis mil setecientos dos dólares. De igual forma, del análisis económico se obtuvo una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 14,96%
A continuación se resumen estos resultados.
TIR = 14,96%
VAN (13 %) = 4'896,702 dólares
Estos valores indican que el proyecto es recomendable de realizar bajo los parámetros considerados.

8. Conclusiones y Recomendaciones

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, lo que facilita el análisis hidrológico y de producciones energéticas de cada una de las centrales descritas en el presente proyecto. Los reservorios de regulación diaria cobran importancia en los meses de temporada seca, ya que en la etapa invernal actúan como centrales de pasada, debido al caudal excedente propio de dicha estación.
La construcción de todo el proyecto (Balsapamba Alto, Balsapamba Medio y Balsapamba Bajo) se ha presupuestado en $ 32'896.381,41. Con este valor para este proyecto de 15,89 MW, se ha calculado que su costo por KW instalado es de $ 2.070.26 dólares americanos.
En el análisis económico del presente proyecto, se determinó que el VAN (Valor Actual Neto) aplicando una tasa de descuento del 13% (WACC) fue de cuatro millones ochocientos noventa y seis mil setecientos dos dólares con 43/100 ctvs. De igual manera de este análisis económico se obtuvo una Tasa Interna de Retorno del 14,96%
Luego de los cálculos de presupuestos de obra, determinación de las producciones energéticas y análisis económicos realizados, se puede concluir que el proyecto Balsapamba compuesto por las centrales Balsapamba Alto, Balsapamba Medio y Balsapamba Bajo (todas ellas ubicados en el Rio Cristal), es técnicamente factible de construir, y además es económicamente rentable

9. Referencias

[1] Bòsquez Sotomayor, Henry; Paredes Vera, Christian; Vinueza Andrade, Jonathan: "ANALISIS EN CASCADA DE LOS PROYECTOS BALSAPAMBA ALTO, BALSAPAMBA MEDIO Y BALSAPAMBA BAJO DEL RIO CRISTAL".

[2] Aguirre Mateus, Javier; Jácome Freire, Alexs; Orquera Noboa; Gabriel: "APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS DEL RIO CRISTAL PARA LA PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA"(Tesis, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, ESPOL, 2008)
[3] Ortiz Vera, Oswaldo: "EVALUACIÓN HIDROLÓGICA"
[4] Proyecto Balsapamba
Estudio a nivel de Inventario
Escuela Politécnica Nacional – 1995
[5] Informe de Prefactibilidad, Centrales Hidroeléctricas de Mediana Capacidad, Grupo 3: Chanchán, Echeandía y Caluma
Tomo I: Informe General
Tomo III: Análisis Financiero
Escuela Politécnica Nacional, INECEL – Abril 1983
[6] Cartas ArcView del Ecuador (1:250000) y de la cuenca del Guayas (1:50000) Instituto Geográfico Militar – 2005
[7] Anuarios Meteorológicos e Hidrológicos del INAMHI (1963-1999)
[8] Archivos magnéticos sobre datos meteorológicos-hidrométricos de la cuenca del Guayas / INAMHI.
[9] http://www.conelec.gov.ec/
Regulación No. CONELEC – 009/06: "PRECIOS DE LA ENERGÍA PRODUCIDA CON RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES NO CONVENCIONALES".