

Estudio de Pre-factibilidad del Proyecto Hidroeléctrico Caluma Alto

G. Montalvo, J. Solano, P. Brito, J. Saavedra
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación
Escuela Superior Politécnica del Litoral
Campus "Gustavo Galindo V." Km. 30.5, Vía Perimetral, Guayaquil, Ecuador
gmontalv@espol.edu.ec , jsolano83@hotmail.com , saavej01@hidronacion.org

Resumen

El estudio de Pre-factibilidad del proyecto hidroeléctrico Caluma Alto surge como solución a corto plazo a las necesidades energéticas en distintas regiones del país, el estudio consiste en la construcción de una central hidroeléctrica aprovechando las aguas de los ríos Tablas y Escaleras con una captación de las aguas a 625 m.s.n.m., para luego ser descargadas en la casa de máquinas que se encuentra en la cota 525 m.s.n.m. obteniendo una potencia de 5.73MW. Además la energía obtenida se entregara al sistema nacional interconectado, la construcción se llevara a cabo de manera que el impacto tanto en el medio ambiente como en poblaciones cercanas sea mínimo tomando en cuenta las normas medio ambientales necesarias.

Palabras Claves: m.s.n.m. metros sobre nivel del mar.

Abstract

The pre-feasibility study of Caluma Alto Hydroelectric Project comes such as a short period solution of the energetic necessities in different regions of the country. The study consist in the construction of one central hydroelectric, taking approach of the rivers, Tablas and Escaleras (625 m.s.n.m.) This will be discharged in the machine house situated in the (525 m.s.n.m.) which will have 5.73MW of Potency. Furthermore, the obtained energy will be sent to the National Interconnected system, this construction will take care of ambient and near population, obtaining a minimal impact of it and it will follow the necessary ambient norms.

Palabras Claves: m.s.n.m. metros sobre el nivel del mar.

Introducción

La Escuela Superior Politécnica del Litoral "ESPOL", colabora con el plan maestro de electrificación del país, mediante el desarrollo de proyectos hidroeléctricos de mediana capacidad en la cuenca del Río Guayas, para formar parte de la solución a las necesidades energéticas dentro de la región, uno de estos proyectos es el aprovechamiento de las aguas de los ríos Tablas y Escaleras denominado "Caluma Alto".

CAPITULO 1

Antecedentes.

El INECEL (Instituto ecuatoriano de electrificación) fue el encargado del desarrollo de los proyectos hidroeléctricos de mediana capacidad como solución a corto plazo de las necesidades energéticas debido al crecimiento anual de la demanda en las distintas regiones del País.

Esta institución identifico y desarrollo de diferentes proyectos hidroeléctricos entre ellos los proyectos Chanchan, Echeandía y Caluma denominados grupo 3.

Descripción del problema.

El constante incremento de demanda de energía eléctrica en nuestro país, la necesidad imperiosa de producir energía limpia para la preservación del medio ambiente; y además, considerando los cuantiosos recursos hídricos de la nación, acarrean al Ecuador a impulsar proyectos hidroeléctricos de pequeña y mediana capacidad en sus cuencas existentes como solución a corto plazo de las necesidades energéticas regionales.

Ubicación del proyecto.

El área prevista de servicio de este proyecto se encuentra ubicada en parte de la provincia de Bolívar específicamente en el cantón Caluma, y sus límites son:

Limita por el norte con los cantones: Guaranda, Echeandía y Urdaneta; por el sur con: los cantones

Chimbo y Montalvo; por el este con los cantones Guaranda y Chimbo; y, por el oeste con los cantones Urdaneta y Montalvo.



Fig.1. Límites del cantón Caluma

Se indica la ubicación geográfica del proyecto y se describen diferentes alternativas para el desarrollo de este proyecto con sus principales características, en el cual se centra el estudio en la alternativa más conveniente.

CAPITULO 2

ESTUDIOS BASICOS

Hidrología

Alcance del análisis hidrológico

Se presenta el estudio hidrológico para determinar los caudales para su aprovechamiento y dimensionamiento de máquinas y obras, basado en datos de estaciones pluviométricas, además son mostradas de forma gráfica para analizar el comportamiento hidrológico de los recursos hídricos.

Metodología

Para los aprovechamientos del proyecto Caluma Alto, se ha considerado como estación de estudio la estación Echeandía en Echeandía y sus valores han sido estudiados para la obtención de los caudales de diseño utilizando el método de la transposición de caudales.

Los coeficientes de transposición de los ríos Tablas y Escaleras se han determinado en función de la relación de áreas y precipitaciones medias ponderadas.

Curvas de duración de caudales

Con la estadística existente, debidamente procesada y transformada en serie de caudales promedios mensuales se procedió al análisis de frecuencia basado en la determinación de la curva de duración general de caudales.

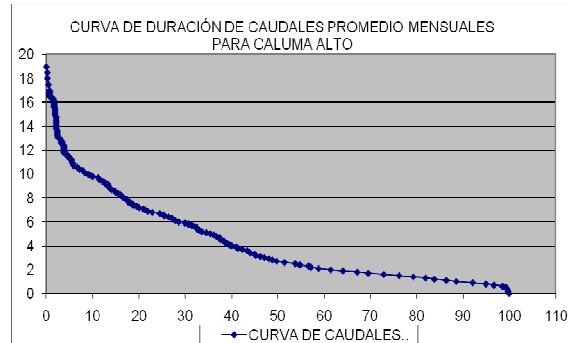


Fig.2. Curva de duración de caudales Caluma Alto.

El caudal de diseño a considerarse es el que resulta de la curva de duración de caudales mensuales con la probabilidad del 50% de ocurrencia menos el 10% de la probabilidad del 90% de ocurrencia.

Geología

El estudio Geológico del Proyecto Caluma Alto, se lo realiza con la finalidad de conocer su naturaleza y sus suelos, para el desarrollo de proyectos hidrológicos de mediana capacidad, el sitio incluye el valle de los ríos Tablas y Escaleras al Este de Caluma.

Este estudio geológico es de mucha importancia debido a que se debe de considerar las características geotécnicas tales como litología y geomorfología para determinar si el terreno es apto para soportar las estructuras o excavaciones que se van a realizar.

CAPITULO 3

PRODUCCIONES ENERGETICAS

La determinación de las producciones energéticas es un análisis indispensable para conocer la rentabilidad de un proyecto hidroeléctrico durante su tiempo de vida útil.

El análisis consiste en analizar proyecciones de producción de energía eléctrica del proyecto hidroeléctrico, basándose en registros históricos de los caudales mensuales promedio de los ríos Tablas y Escaleras.

Para el cálculo de las producciones energéticas se han empleado hojas de cálculo de Excel para obtener datos como energía mensual promedio producida.

Metodología de Cálculo

En la simulación de las producciones energéticas de este proyecto se analiza el caudal natural de Caluma Alto en la cota 625 msnm. Para esto se especifican las características de la central, como la caída neta, caudal de diseño, potencia instalada, punto de captación.

Resultados del proyecto

Los resultados se observaran en tablas donde se aprecian los valores promedio anual de los principales parámetros, como potencia y energía.

CAPITULO 4

DISEÑO PRELIMINAR DEL PROYECTO

En este capítulo se describen las obras civiles del proyecto, desde el punto de captación hasta la restitución. Además se indican criterios de selección de los equipos y maquinarias electromecánicas.

Partes constitutivas

Las obras civiles e hidráulicas que conforman el diseño preliminar del proyecto hidroeléctrico Caluma Alto son:

- Obras de Toma
- Desarenador
- Obras de conducción
- Reservorio
- Tanque de presión
- Tubería de presión
- Casa de maquinas
- Canal de restitución

De igual manera existen elementos mecánicos y eléctricos de gran importancia en el proyecto hidroeléctrico Caluma Alto los cuales mencionamos a continuación:

Elementos mecánicos:

- Turbinas
- Válvula de entrada
- Reguladores
- Compuertas

Elementos Eléctricos:

- Generadores
- Disyuntores de unidad
- Transformador
- Sistemas de Servicios Auxiliares
- Subestación

CAPITULO 5

PRESUPUESTO DE OBRA

En la tabla a continuación se detalla los costos de construcción de las obras civiles y los costos de los equipos que serán utilizados en el proyecto. Así como los porcentajes que cada uno de estos representan del total del costo directo de construcción.

Adherido a esto los costos por la ingeniería y administración, imprevistos y el impuesto al valor agregado encontramos que el costo total del proyecto es de \$ 9.196.248,1

Resumen General	SUBTOTAL USD/Americanos	%
Obra civil	4.301.581,62	62,2%
Bocatoma Tablas	489.582,15	7,1%
Bocatoma Escaleras	715.705,90	10,4%
Conducción	1.149.057,03	16,6%
Reservorio	526.407,98	7,6%
Conducción a baja presión y Chimenea	45.215,34	0,7%
Tubería de Presión	171.781,26	2,5%
Casa de Máquinas	714.291,13	10,3%
Terrenos	73.016,31	1,1%
K. ACCESOS	51.442,97	0,7%
N. Medidas de mitigación ambiental	365.081,54	5,3%
Equipos	2.609.980,51	37,8%
Equipos Electromecánicos	2.472.140,34	35,8%
Equipos Hidromecánicos	137.840,17	2,0%

Para la central, se consideró lo siguiente:

costo directo de construcción =		6.911.562,13	100,0%
Ingeniería y Administración =	10%	691.156,21	
Imprevistos =	8%	608.217,47	
costo total de construcción =		8.210.935,81	
impuesto al valor agregado - IVA =	12%	985.312,30	
inversión total del proyecto =		9.196.248,11	
	Costo del Kwh	2.299,06	

Tabla 1. Resumen general de los costos de inversión

MEGAVATIOHORA (MWH)	24.060,00
EQUIVALENCIA MWH A CER'S	0,7
COSTO DEL CER'S	10 €
COTIZACION DEL EURO A DÓLAR	1,35 \$
COSTO DEL CER'S	\$ 227.367,00
CER'S TOTALES A FINES DEL 2022	\$ 2.955.771,00

CAPITULO 6

EVALUACION ECONOMICA

Introducción

En el presente capítulo se realiza la evaluación económica del proyecto Caluma Alto, para lo cual se ha considerado parámetros como remuneración por CER, años de vida útil, gastos por concepto de operación, mantenimiento y seguro de la central. Finalizamos con el análisis del TIR y el VAN.

Determinación de la remuneración

Para determinar los ingresos por la venta de energía, se realizó un análisis previo de las producciones energéticas y la potencia eléctrica que dispone la central. Se ha considerado un posible escenario en lo que se puede vender la energía a generar que es el mercado de energía renovable.

Además se consideró la obtención de un Certificado de Reducción de Emisión de Carbono (CER). El CER representa para el proyecto el 36% de la inversión total.

Para nuestro análisis, se considerará que del total del CER vendido en 12 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 6 años de producción mencionados.

Se ha considerado 30 años de vida útil para el estudio de esta central, en los cuales se tendrá como costos anuales de operación y mantenimiento \$240,000.00 y como gastos anuales por seguro \$34,560.00

Resultados TIR Y VAN

Para establecer si la central es rentable o no, se realizó la determinación de los índices económicos con los valores de remuneración, costos de inversión, costos operativos, seguro.

Los resultados indican un VAN de \$ 559.000,00 con signo positivo lo que demuestra que el proyecto es rentable bajo las consideraciones e hipótesis asumidas anteriormente. De la misma manera se obtiene una tasa interna de retorno aceptable del 15.74 % la cual indica que el proyecto es factible de realizar bajo las hipótesis anteriormente mencionadas.

Inversión	\$9.196.248,11
Costo O&M	\$ 240.000,00
Seguro	\$ 34.560,00
Cambio equipos (30 años)	\$ 300.000,00
Vida útil (años)	30
Años de construcción	3
Remuneración por CER	
Monto	\$ 2.955.771,00
% de Inversión	36%
CER año 0	\$ 1.477.885,50
CER por año (7-12)	\$ 201.076,00
Financiamiento	
Préstamo	\$ 6.733.050,30
Interés	10%
Plazo	12
Años de Gracia	2

Tabla 2. Resumen de parámetros para la evaluación económica.

Conclusiones

1. Aprovechando los recursos hídricos en el Ecuador hemos llevado a nivel de pre-factibilidad el aprovechamiento de las aguas de los ríos Tablas y Escaleras pertenecientes a la cuenca del Río Guayas, para la producción de energía limpia y que contribuya con la demanda de energía anual en el sector eléctrico nacional.

Recomendaciones

1. Analizar más detalladamente el criterio del caudal de diseño, análisis que implica una evaluación técnico-económica en la selección de la potencia instalada en base de la optimización del factor de planta.

2. Mediante los estudios hidrológicos realizado con las curvas Isoyetas obtuvimos el coeficiente de transposición para referirnos desde la estación hidrológica Echeandía en Echeandía hasta el proyecto Caluma Bajo para después transponer los caudales hasta el Proyecto de interés Caluma Alto con la captación de las aguas a 625 m.s.n.m para determinar la curva de duración de caudales para el Río Tablas y Escaleras.
3. Con esta curva obtuvimos el caudal de diseño el cual es de 3,91 m3/seg.
4. Las condiciones del terreno son favorables para llevar a cabo todas las obras civiles que se deben realizar en el proyecto hidroeléctrico.
5. Los valores de caudal y altura nos aseguran un rango de operación de turbina tipo Pelton, las cuales pueden operar con un caudal mínimo de hasta un 40% de su capacidad nominal respectivamente.
6. La construcción de la central hidroeléctrica Caluma Alto, se ha presupuestado en \$ 9.196.248,11. Con este valor se ha calculado que su costo por KW instalado es de \$ 2.299,06.
7. El monto del Valor Actual Neto (VAN) que se obtuvo con un interés del 10% es de \$ 559.000,00 con el cual se obtuvo una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 15,74%.
8. Luego de los cálculos de presupuestos de obra, determinación de las producciones energéticas y análisis económicos realizados, se puede concluir que la central hidroeléctrica son técnicamente factibles de construir, y además son económicamente rentables, para el Gobierno y para el desarrollo del cantón Caluma.

2. Se recomienda tener una estación en el sitio de la toma tanto para el Río Tablas y Escaleras para obtener datos de los caudales reales, debido que para el análisis de producciones energéticas se baso en caudales obtenidos por el método de transposición de caudales desde la estación Echeandía en Echeandía hasta la el punto de captación de las aguas a 625 m.s.n.m.
3. Finalmente, se recomienda al Gobierno que inviertan en esta central hidroeléctrica, debido a que estos proyectos benefician e incentivan el desarrollo de los pueblos. Además por tratarse de ser proyecto de producción de energía limpia cuenta con certificados de reducción de emisión de Carbono CERS según el tratado de Kioto que ayudan al financiamiento del proyecto.

Referencias

[1] Montalvo Germán, Jackson Solano, Pedro Brito.

”Aprovechamiento de las aguas del los Ríos Tablas y Escaleras”

[2] Consultora Hidrotecnica del Ecuador CIA LTDA – COHIEC, Ingenieros asociados CIA – ICA, Asesoramiento de CHAS T. MAIN INTERNATIONAL, INC **“Centrales Hidroeléctricas de mediana capacidad”**

[3] Cartas ArcView del Ecuador (1:250000)
Instituto Geográfico Militar

[4] Anuarios Meteorológicos e Hidrológicos del INAMHI