

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“Estudio de Prefactibilidad del Proyecto Hidroeléctrico
Caluma Alto”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN
POTENCIA**

Presentada por:

Germán Antonio Montalvo Jaén

Jackson Jaime Solano Aguilar

Pedro René Brito Encalada

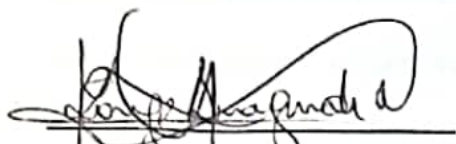
GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2009

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirnos concluir con éxito la presente tesis. A nuestros Padres y familiares por su amor e incondicional apoyo. 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 ayuda constante en la elaboración y revisión de esta tesis.

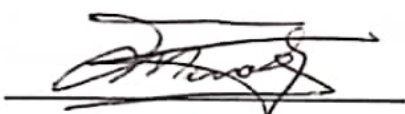
TRIBUNAL DE GRADUACION



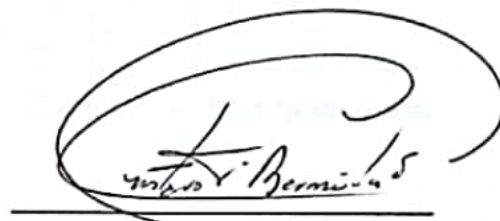
Ing. Jorge Aragundi.
SUBDECANO DE LA FIEC
PRESIDENTE



Ing. Juan Saavedra M.
DIRECTOR DE TESIS



PhD. Cristóbal Mera
VOCAL

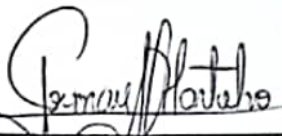


Ing. Gustavo Bermúdez F.
VOCAL


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

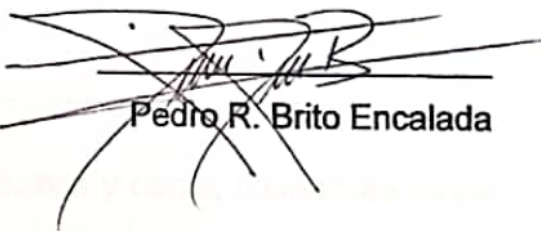
(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Germán A. Montalvo Jaén



Jackson J. Solano Aguilar



Pedro R. Brito Encalada

RESUMEN

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**”.

Capítulo 1: *Antecedentes*

En este capítulo se describe el problema y se analizan distintas alternativas para el proyecto y la importancia en el sector eléctrico ecuatoriano.

Capítulo 2: *Estudios Básicos*

Se presenta el estudio hidrológico para determinar los caudales para su aprovechamiento, dimensionamiento de maquinas y obras, basado en datos de estaciones pluviométricas, además son mostradas de forma grafica para analizar el comportamiento hidrológico de los recursos hídricos. Además este capítulo contiene información sobre las características geotécnicas tales como litología y geomorfología para determinar que el terreno es apto para soportar las estructuras o excavaciones necesarias para el proyecto.

Capítulo 3: Producciones Energéticas.

El análisis consiste en realizar proyecciones de producción de energía basándose en registros históricos de los caudales mensuales promedios de los Ríos Tablas y Escaleras, mediante hojas de cálculo en Excel, este análisis es indispensable para conocer la rentabilidad de un proyecto hidroeléctrico durante su tiempo de vida útil.

Capítulo 4: Diseño 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.

Capítulo 5: Presupuesto de Obra

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

Capítulo 6: Evaluación Económica

En el presente capítulo se realiza la evaluación económica del proyecto Caluma Alto, para la cual se ha considerado parámetros como remuneración por CER (Certificados de emisión de reducida de Carbono), años de vida útil,

gastos por concepto de operación, mantenimiento y seguro de la central hidroeléctrica. Finalizando el capítulo con el estudio Financiero del proyecto de la central hidroeléctrica.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	II
ÌNDICE GENERAL	V
ABREVIATURAS	XI
INDICE DE FIGURAS	XII
INDICE GRAFICAS	XIII
INDICE DE TABLAS	XIV
INTRODUCCION	1
CAPTIULO 1	
ANTECEDENTES	2
1.1. Descripción del problema	2
1.2. Objetivo	5
1.3. Alcance del proyecto	6
1.4. Descripción de alternativas	7

CAPITULO 2

ESTUDIOS BASICOS

2.1. Hidrología	11
2.1.1. Aspectos generales.	11
2.1.2. Metodología.	11
2.1.3. Características Hidrológicas y Físicas de la cuenca.	12
2.1.4. Análisis Hidrológico	13
2.1.5. Determinación del coeficiente de transposición.	15
2.1.6. Tablas y curvas de caudales.	19
2.2. Geología	30
Introducción	30
2.3. Rasgos Geológicos Regionales.	31
2.3.1. Litología.	32
2.3.2. Estructuras.	34
2.3.3. Geomorfología.	34

2.4. Descripción Geológica- geotécnica del proyecto	35
Caluma Alto.	
2.4.1. Rasgos Generales.	35
2.4.2. Litología.	36
2.4.3. Estructuras.	37
2.4.4. Geomorfología.	37
2.4.5. Aspectos Geotécnicos.	38
CAPITULO 3	
PRODUCCIONES ENERGETICAS	41
3.1. Introducción	41
3.2. Metodología de calculo	42
3.2.1. Calculo de tabla de caudales disponibles	42
3.2.2. Calculo de tabla de caudales turbinados	45
3.2.3. Calculo de tabla de altura neta	48
3.2.4. Calculo de la tabla de potencia.	52
3.2.5. Calculo de la tabla de energía.	57

CAPITULO 4

DISEÑO DEL PROYECTO	63
4.1. Descripción general del proyecto.	63
4.2. Obras civiles e hidráulicas	63
4.2.1. Caminos de acceso	63
4.2.2. Sistema hidráulico	64
4.2.3. Obras de toma	65
4.2.4. Desarenador	67
4.2.5. Reservorio	68
4.2.6. Tanque de presión	68
4.2.7. Casa de maquinas	69
4.2.8. Canal de restitución	70
4.3. Equipos mecánicos	70
4.3.1. Turbinas	70

4.3.2. Válvulas de entrada	70
4.3.3. Reguladores.	71
4.3.4. Compuertas.	71
4.4. Equipo eléctrico	72
4.4.1. Generadores	72
4.4.2. Transformador principal	73
4.4.3. Sistemas de servicios auxiliares	74
4.4.4. Subestación Eléctrica.	74

CAPITULO 5

PRESUPUESTO DE OBRA	76
5.1. Introducción	76
5.2. Presupuesto de obras civiles	76
5.3. Presupuesto de equipo electro-mecánico y S/E	81
5.4. Presupuesto del Reservorio	83
5.5. Resumen y Presupuesto general	84

CAPITULO 6

EVALUACION ECONOMICA	85
6.1. Introducción.	85
6.2. Determinación de la remuneración	85
6.3. Hipótesis de cálculo	88
6.4. Análisis económico.	90
6.5. Resumen de los parámetros para la evaluación económica.	91
6.6. Análisis Financiero.	92
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
BIBLIOGRAFIA.	96
ANEXO	97

ABREVIATURAS

P-CA	Proyecto Caluma Alto
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
PMP	Precipitación media ponderada
Q_t	Caudal Turbinado (m ³ /seg)
Q_d	Caudal Disponible (m ³ /seg)
$Q_{\text{diseño}}$	Caudal de Diseño (m ³ /seg)
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

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
CAPITULO 1	
ANTECEDENTES	
Figura 1.1.1. Límites del cantón Caluma.....	3

Figura 1.1.2. Foto del cantón Caluma.....	4
Figura 1.4.1. Alternativas del INECEL.....	8
Figura 1.4.2. Alternativa para el Proyecto de Tesis.....	9

INDICE DE GRAFICOS

Pág.

CAPITULO 2

ESTUDIOS BASICOS

Grafico 2.1.6.1. Curva de duración de caudales promedio mensuales del Río Tablas para el Proyecto Caluma Alto para la toma a 625 m.s.n.m.....	23
--	----

Grafica 2.1.6.2. Curva de duración de caudales promedio mensuales del Río Escaleras para el Proyecto Caluma Alto para la toma a 625 m.s.n.m.....	27
--	----

INDICE DE TABLAS

	Pág.
CAPITULO 2	
ESTUDIOS BASICOS	
Tabla 2.1.4.1.....	14
Parámetros Hidrológicos de la Subcuenca de los Ríos Tablas y Escaleras en el lugar del Proyecto	
Tabla 2.1.5.1.....	17

Calculo de la Precipitación Media Ponderada (PMP) para el área de drenaje a 625 m.s.n.m. (captación de aguas del Río Escaleras)

Tabla 2.1.5.2.....18

Calculo de la Precipitación Media Ponderada (PMP) para el área de drenaje a 625 m.s.n.m. (captación de aguas del Río Tablas)

Tabla 2.1.6.1.....20

Tabla de Porcentaje de Ocurrencia de caudales del Río Tablas (captación de aguas a 625 m.s.n.m.)

Tabla 2.1.6.2.....24

Tabla de Porcentaje de Ocurrencia de caudales del Río Escaleras (captación de aguas a 625 m.s.n.m.)

Tabla 2.1.6.3.....28

Caudales de interés del Proyecto Caluma Alto

Tabla 2.1.6.4.....29

Caudales de interés, considerando la disminución por el caudal ecológico

CAPITULO 3

PRODUCCIONES ENERGETICAS

Tabla 3.2.1.1.....44

Caudales disponibles mensuales considerando el caudal ecológico

Tabla 3.2.2.1.....	47
Caudales Turbinados Mensuales	
Tabla 3.2.3.1.....	51
Alturas netas en función de los Caudales Turbinados (H_n) en metros (m)	
Tabla 3.2.4.1.....	54
Potencias mensuales (P_m) en MW	
Tabla 3.2.4.2.....	56
Potencias Promedios mensuales (P_{pm}) en MW	
Tabla 3.2.5.1.....	58
Energías mensuales (E_m) en Gwh	
Tabla 3.2.5.2.....	60
Energía anual (E_a) en Gwh	
Tabla 3.2.5.3.....	62
Energía promedio anual (E_{pa}) en Gwh	

CAPITULO 4

DISEÑO PRELIMINAR DEL PROYECTO CALUMA

Tabla 4.4.1.1.....	73
Características de los Generadores	

CAPITULO 5

PRESUPUESTO DE OBRAS

Tabla 5.2.1.....	77
Cantidades de Obras Civiles para el Proyecto Caluma Alto	
Tabla 5.3.1.....	82
Cantidades de Obras Electromecánicas, Hidromecánicas y de Subestación para el Proyecto Caluma Alto	

CAPITULO 6

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Tabla 6.2.1.....	87
Energía Generada e ingresos en los 30 años de vida útil del Proyecto	
Tabla 6.5.1.....	91
Resumen de los Parámetros para la Evaluación Económica	
	70
	71
	72

INTRODUCCIÓN

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 (INECEL) identificó y desarrollo diferentes proyectos, se invitó a empresas nacionales para que presenten sus propuestas con asesoramiento extranjero. Posteriormente el ocho de junio de mil novecientos ochenta y dos se suscribió el contrato entre INECEL y COHIEC-ICA asociación conformada por las Compañías Hidrotécnicas del Ecuador e Ingenieros Consultores Asociados con el apoyo de la Compañía Chas T. Main International Inc., para la realización de los proyectos Chanchán, Echeandía y Caluma denominados grupo 3.

CAPITULO 1

ANTECEDENTES

Para la realización de este proyecto hidroeléctrico se dispone de información hidrológica de la estación Echeandía, debido a que no se dispone de un historial de caudales para la toma de este proyecto; se ha realizado un estudio previo con el fin de transponer la serie de caudales mensuales.

Habiendo realizado el análisis se llegó a la conclusión de que la estación Echeandía en Echeandía es similar a la del río de interés, por lo cual se aplican métodos hidrológicos con el fin de determinar los caudales de diseño.

1.1 DESCRIPCION 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, acarrear al Ecuador a impulsar proyectos hidroeléctricos de pequeña y mediana capacidad de sus cuencas existentes como solución a corto plazo de las necesidades

energéticas regionales. El proyecto que se analizara en este trabajo está ubicado en la cuenca del río Guayas denominado Caluma Alto.

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.1.1.1 Límites del cantón Caluma

El cantón Caluma está ubicado en una región donde se expresan de manera singular la biodiversidad y cultura de sus habitantes, creando un entorno agradable para sus visitantes.

Está ubicado en las estribaciones de la hoya del río Chimbo, a $1^{\circ} 35''$ de latitud sur y a $79^{\circ} 11''$ de longitud occidental, a 57 Kilómetros de la capital provincial Guaranda y a 150 Kilómetros de Guayaquil.



Fig.1.1.2. Foto del cantón Caluma.

El cantón Caluma posee una tierra muy fértil, por lo cual la actividad principal de sus habitantes es la agricultura, la cual se divide en dos zonas bien marcadas.

Zona alta, se caracteriza por tener clima subtropical, donde es dominada por los cultivos de naranja, cacao y café, el primer cultivo mencionado anteriormente satisface la demanda regional y los siguientes son exportados a Estados Unidos y Europa. Además se cultiva maíz duro, banano, plátano y otros cultivos en cantidades menores por ejemplo limas, toronjas, zapotes y frutas tropicales.

Zona baja, el cultivo predominante es la caña de azúcar del cual se elabora artesanalmente aguardientes y panelas, plátano, maíz duro, yuca. Además se caracteriza por la producción de ganado bovino.

Al proyecto se accede desde la carretera Quevedo-Babahoyo, por el partidero a Pueblo Viejo - Catarama, hasta la población de San Antonio de Caluma. Puede también accederse desde la ciudad de Guaranda por la vía que conduce a Caluma.

1.2 OBJETIVOS

Aprovechando el potencial que posee Ecuador en cuanto a recursos hídricos, surge la necesidad de elaborar nuevos proyectos de generación hidroeléctrica de mediana o pequeña capacidad, para que ayuden a suplir el incremento de demanda de energía eléctrica del País, en base a esto nos hemos planteado como objetivo general lo siguiente:

Llevar a un nivel de Pre-factibilidad al proyecto hidroeléctrico, tomando como base los informes de evaluación realizados por el INECEL en el año de 1982 y aplicando las cartas ARC VIEW.

Objetivos específicos:

1. Selección de la alternativa más conveniente para el aprovechamiento del recurso hidroenergético del Proyecto en estudio, para que resulte atractivo para inversionistas nacionales y extranjeros.
2. Determinación del comportamiento hidrológico, utilizando hojas de cálculo y métodos estadísticos para la determinación de los coeficientes de transposición.
3. Realizar un análisis económico financiero tomando en cuenta todos los parámetros y factores que intervienen en un proyecto hidroeléctrico incluyendo los CERS Certificados de Reducción de Emisión de Carbono.

1.3. ALCANCE DEL PROYECTO.

El presente estudio pretende aprovechar el potencial hidroenergético de los Ríos Tablas y Escaleras, mediante la construcción de una central hidroeléctrica. Para esto se han analizado las alternativas que plantea el INECEL, entre las cuales el estudio se centrara en la alternativa 3.

El proyecto se realizara de tal forma que el impacto tanto en el medio ambiente como en las poblaciones cercanas al proyecto sea mínimo, para esto se deberá cumplir con las normas ambientales en la ley del medio ambiente y las medidas compensatorias necesarias.

1.4 DESCRIPCION DE ALTERNATIVAS.

Alternativas del proyecto Caluma Alto identificadas por INECEL

Las alternativas que presenta INECEL para el proyecto Caluma Alto son tres denominados de la siguiente forma CL.A-1, CL.A-2, CL.A-3, ubicada en el Rio Pita y sus afluentes, los ríos Tablas y Escaleras.

El Rio Pita es un afluente del Rio Catarama, tributario del Rio Babahoyo.

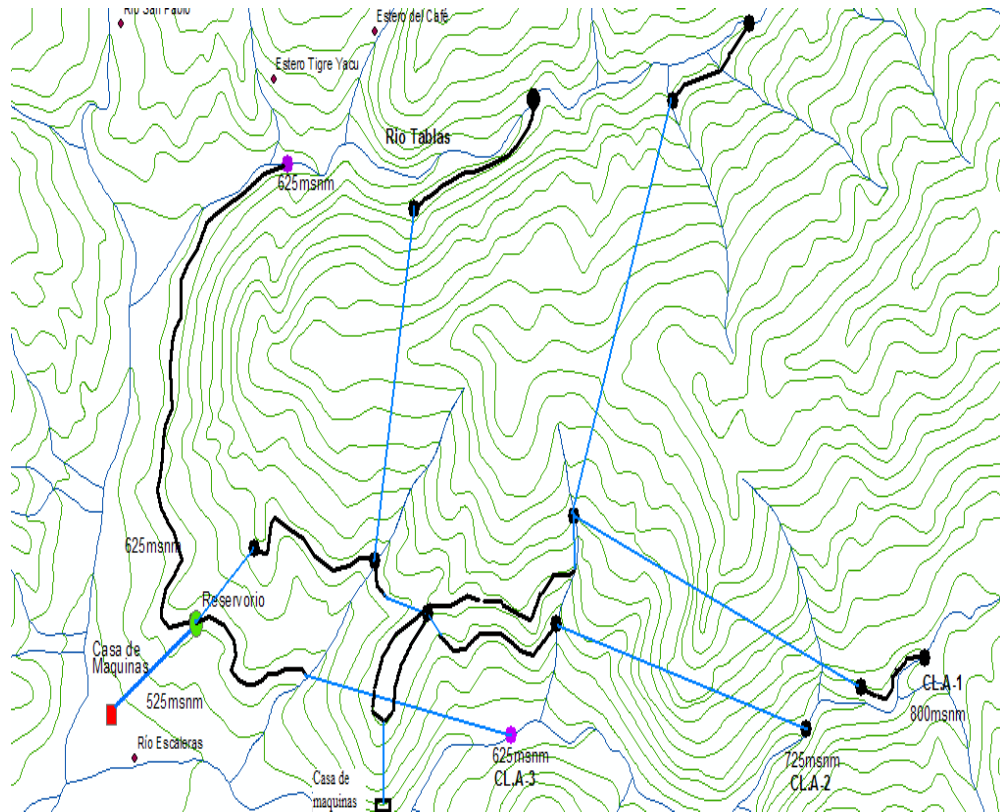


Fig. 1.4.1. Alternativas del INECEL

Se puede apreciar que para el proyecto CL.A-1 la cota de captación es 800 m.s.n.m en el Rio Tablas y Escaleras con una longitud en túnel de 4.05 Km y en canal de 1.53 Km resultando una longitud total de 5.58 km, además este proyecto cuenta con un reservorio de 35.000 metros cúbicos y una altura bruta de 230 m concluyendo con una potencia de 10.7 MW.

La segunda alternativa CL.A-2 se realiza la captación en la cota 725 m.s.n.m. en los ríos Tablas y Escaleras, con una longitud total de

conducción de 6.27 Km y una altura bruta de 235 m con pequeño reservorio de 35.000 metros cúbicos resultando una potencia de 11 MW.

La última alternativa CL.A-3, como se puede apreciar en la figura 1.4.1. La cota de captación es a 625 m.s.n.m. en los ríos Tablas y Escaleras, con una conducción total de 3.59 Km, una caída bruta de 132 m y un reservorio de 35.000 metros cúbicos resultando una potencia de 6.3 MW.

Alternativa para el proyecto de tesis

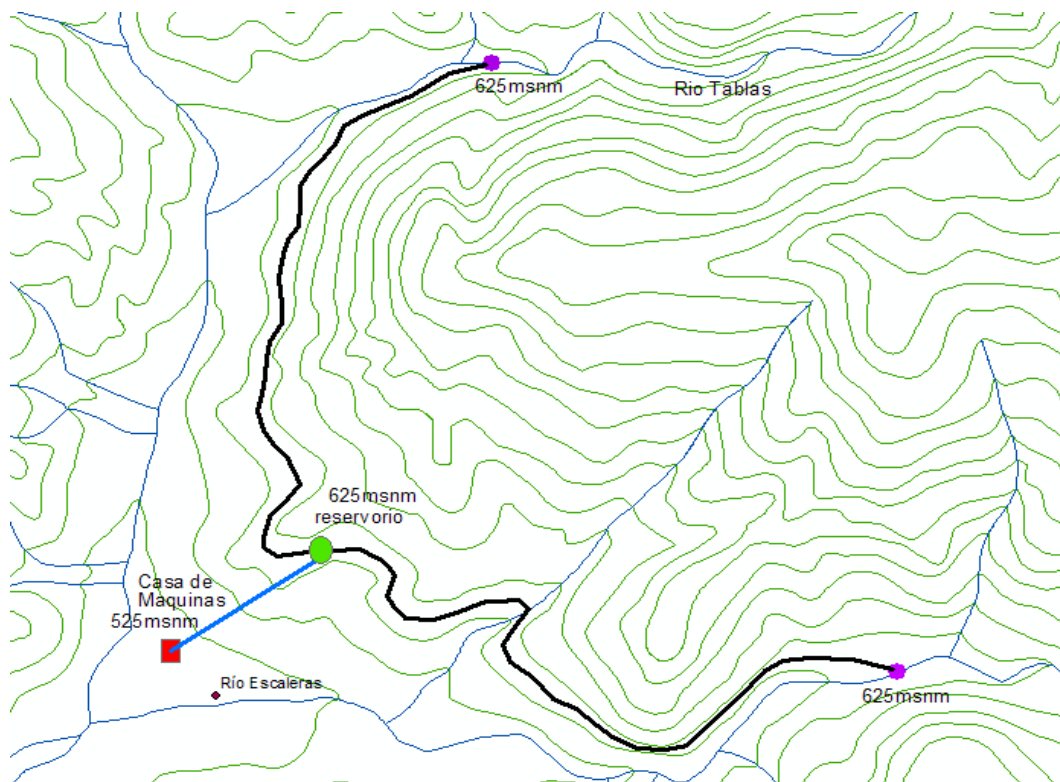


Fig. 1.4.2. Alternativa para el Proyecto de tesis.

La opción mostrada en la figura 1.4.2. es basada en la alternativa identificada por el INECEL como CL A-3, pero que presenta una variante en cuanto a obra civil; dicha variante es el reemplazo del túnel por canal de conducción lo que permitirá una disminución en el costo total del proyecto hidroeléctrico Caluma Alto.

CAPÍTULO 2

ESTUDIOS BÁSICOS

2.1. HIDROLOGIA

2.1.1. Aspectos Generales.

El estudio Hidrológico tiene como objetivo determinar los caudales de diseño para los aprovechamientos de los afluentes del río Pita, es decir los caudales de diseño para el río Tablas y Escalera para esto se ha realizado una recopilación y análisis de las condiciones hidrográficas que presenta el esquema denominado Caluma Alto.

2.1.2. 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.

Por esta razón, para la estación de Echeandía en Echeandía, se ha procedido a la determinación de la serie de caudales mensuales y de la curva de duración correspondiente, para determinar el valor Q90.

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

2.1.3. Características Hidrológicas y Físicas de la Cuenca.

Estas características dependen de la morfología (forma, relieve, red de drenaje, etc.) los tipos de suelos, la capa vegetal, la geología, las prácticas agrícolas, etc. Estos elementos físicos proporcionan las más convenientes posibilidades de conocer las variaciones en el espacio de los elementos del régimen hidrológico.

El río Pita forma también parte de la red hidrográfica del río Catarama perteneciente a la cuenca del río Guayas este se origina de la confluencia de los Ríos Tablas y Escaleras.

Las captaciones para el aprovechamiento más alto (CL-A1), de los ríos Tablas y Escaleras están a 800 m.s.n.m y controlan áreas de drenaje de 84 a 128 Km² respectivamente.

La sección de derivación en el aprovechamiento aguas abajo (CL-B1), ubicada sobre el río Pita en la cota 490 m.s.n.m., controla una cuenca de drenaje de 249 Km².

El cauce principal del río, que en la cuenca alta corresponde al río Tablas, tiene un desarrollo de 25 Km hasta la derivación aguas abajo como en el caso del río Saloma, con el cual comparte la divisoria de aguas en su tramo E-W, el río Pita se origina a una altitud aproximada de 3600 m.s.n.m.

2.1.4. Análisis Hidrológico.

Luego de revisar las principales estaciones hidrométricas (ver anexo1), se encontró que la más conveniente para realizar el análisis hidrológico de este proyecto es la estación Echeandía en Echeandía; ya que tiene información de registros medios mensuales en la estación, por lo cual se procede al cálculo del área de drenaje y precipitación media ponderada con ayuda de

las Isoyetas para obtener el coeficiente de transposición para conocer los caudales en el punto de interés del proyecto.

Se han calculado varios parámetros para definir las características geométricas de la cuenca, lo que nos lleva a decidir si es conveniente o no realizar la transposición de datos a partir de los disponibles. (Ver Tabla 2.1.4.1).

TABLA 2.1.4.1.- PARAMETROS HIDROLOGICOS DE LA SUBCUENCA DE LOS RIOS TABLAS Y ESCALERAS EN EL LUGAR DEL PROYECTO.

Río	Echeandía Bajo(Base)	Caluma Bajo	Caluma Alto	
			Tablas	Escaleras
Elevación (msnm)	370	492	625	625
Área de drenaje (Km2)	363,11	249,75	84,31	133,44
Precipitación anual (mm/año)	1831,3	1491,13	1490,73	1125,6
Perímetro	78,66	71,94	52,64	53,31

2.1.5. Determinación del coeficiente de transposición.

Para calcular los caudales y obtener el caudal garantizado Q90%, en el Proyecto se utilizó el método de transposición de valores desde el sitio de la estación Echeandía en Echeandía hasta el punto de captación de las aguas debido a la carencia de registros representativos de caudales de la cuenca del Caluma.

Se empleó el método de transposición, para obtener los caudales de la cuenca de interés específicamente para el proyecto Caluma Alto.

El coeficiente de transposición relaciona características físico-hidrológicas como el área de drenaje y la precipitación media ponderada de la estación base con las características hidrológicas de la cuenca cuya información no se posee.

Este parámetro se lo calculó a través de la siguiente ecuación:

$$K_T = \frac{A_i * PMP_i}{A_b * PMP_b}$$

Donde:

A_i y A_b son las áreas de las cuencas de drenaje del sitio de captación y de la estación base respectivamente expresadas en Km^2 .

PMP_i y PMP_b son los valores de precipitación media ponderada que cae sobre las cuencas de drenaje correspondientes al sitio de captación y a la estación base respectivamente expresado en mm.

A continuación se presenta el cálculo respectivo de los coeficientes de transposición tanto para el río Tablas y Escaleras.

El método de cálculo del coeficiente de transposición se realiza tomando como base el río Saloma para llegar a la cuenca de Caluma Bajo posteriormente realizar la transposición hasta los ríos Tablas y Escaleras que forman el río Pita.

TABLA 2.1.5.1- CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA PONDERADA (PMP) PARA EL AREA DE DRENAJE A 625 msnm (CAPTACION DE AGUAS DEL RIO ESCALERAS)

ISOYETAS ESCALERAS	PMP PROMEDIO (mm)	ÁREAS (Km2)	PMP PROMEDIO X AREAS (mm KM2)
750-1000	875	5,83543071294	5106,001874
1750-2000	1875	0,00000173897	0,003260577
1750-2000	1875	13,17845538600	24709,60385
1500-1750	1625	29,00875377460	47139,22488
1000-1250	1125	44,79282163250	50391,92434
1250-1500	562,5	40,62055190880	22849,06045

Area Drenaje 625m (Km2)	133,436
ΣPMP PROMEDIO X AREAS (mm KM2)	150195,819
PMP (mm)	1125,602

TABLA 2.1.5.2- CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA PONDERADA (PMP) PARA EL AREA DE DRENAJE A 625 msnm (CAPTACION DE AGUAS DEL RIO TABLAS)

ISOYETAS TABLAS	PMP PROMEDIO (mm)	AREAS (Km2)	PMP PROMEDIO X AREAS (mm KM2)
1750-2000	1875	11,95844089270	22422,07667
1500-1750	1625	27,33346366310	44416,87845
1000-1250	1125	12,22392770180	13751,91866
1250-1500	1375	32,79085667200	45087,42792

Area Drenaje 625m (Km2)	84,306
ΣPMP PROMEDIO X AREAS (mm KM2)	125678,302
PMP (mm)	1490,727557

Coef_Trasp_Escaleras	0,22586969
Coef_Trasp_Tablas	0,1889994

2.1.6. Tablas y curvas de caudales.

Se han empleado los datos de caudales promedio mensuales de la estación Echeandía en Echeandía como ya lo hemos mencionado anteriormente, para lo cual se tuvo que transponer estos valores hacia el proyecto Caluma Bajo y posteriormente hacia el Proyecto de interés Caluma Alto (Captación de las aguas a 625 m.s.n.m.).

Los caudales transpuestos para la toma se presentan en el Anexo 2.

Con toda esta información debidamente procesada en serie de caudales promedios mensuales se procedió al análisis de frecuencia basado en la determinación de la curva de duración general de caudales la cual nos permitirá determinar el caudal medio, firme, ecológico y de diseño para el proyecto hidroeléctrico Caluma Alto.

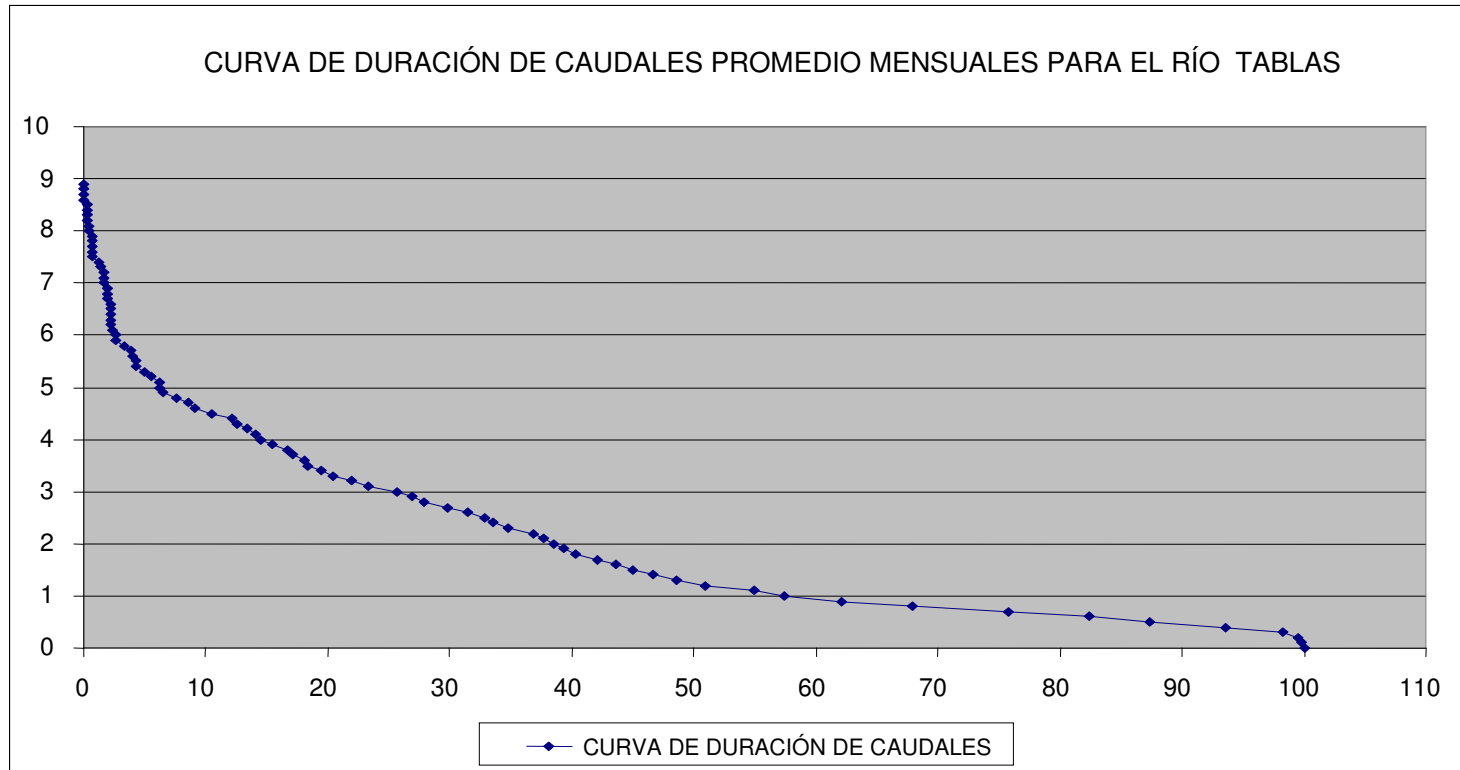
A continuación se presentan las Tablas de porcentaje de ocurrencia de los caudales y la curva de duración de caudal para los ríos Tablas y Escaleras para el proyecto hidroeléctrico Caluma Alto (Captación de las aguas a 625 m.s.n.m.).

TABLA 2.1.6.1- TABLA DE PORCENTAJE DE OCURRENCIA DE CAUDALES DEL RIO TABLAS (CAPTACIÓN DE AGUAS A 625 m.s.n.m.).

Intervalos	Mínimos	Frecuencia	%	% Ocurrencia
[0,0;1)	0	1	0,23809524	100
[0,1;0,2)	0,1	1	0,23809524	99,7619048
[0,2;0,3)	0,2	5	1,19047619	99,5238095
[0,3;0,4)	0,3	20	4,76190476	98,3333333
[0,4;0,5)	0,4	26	6,19047619	93,5714286
[0,5;0,6)	0,5	21	5	87,3809524
[0,6;0,7)	0,6	28	6,66666667	82,3809524
[0,7;0,8)	0,7	33	7,85714286	75,7142857
[0,8;0,9)	0,8	24	5,71428571	67,8571429
[0,9;1)	0,9	20	4,76190476	62,1428571
[1;1,1)	1	10	2,38095238	57,3809524
[1,1;1,2)	1,1	17	4,04761905	55
[1,2;1,3)	1,2	10	2,38095238	50,952381
[1,3;1,4)	1,3	8	1,9047619	48,5714286
[1,4;1,5)	1,4	7	1,66666667	46,6666667
[1,5;1,6)	1,5	6	1,42857143	45
[1,6;1,7)	1,6	6	1,42857143	43,5714286
[1,7;1,8)	1,7	8	1,9047619	42,1428571
[1,8;1,9)	1,8	4	0,95238095	40,2380952
[1,9;2,0)	1,9	3	0,71428571	39,2857143
[2,0;2,1)	2	4	0,95238095	38,5714286
[2,1;2,2)	2,1	3	0,71428571	37,6190476
[2,2;2,3)	2,2	9	2,14285714	36,9047619

[2,3;2,4)	2,3	5	1,19047619	34,7619048
[2,4;2,5)	2,4	3	0,71428571	33,5714286
[2,5;2,6)	2,5	6	1,42857143	32,8571429
[2,6;2,7)	2,6	7	1,66666667	31,4285714
[2,7;2,8)	2,7	8	1,9047619	29,7619048
[2,8;2,9)	2,8	4	0,95238095	27,8571429
[2,9;3,0)	2,9	5	1,19047619	26,9047619
[3,0;3,1)	3	10	2,38095238	25,7142857
[3,1;3,2)	3,1	6	1,42857143	23,3333333
[3,2;3,3)	3,2	6	1,42857143	21,9047619
[3,3;3,4)	3,3	4	0,95238095	20,4761905
[3,4;3,5)	3,4	5	1,19047619	19,5238095
[3,5;3,6)	3,5	1	0,23809524	18,3333333
[3,6;3,7)	3,6	4	0,95238095	18,0952381
[3,7;3,8)	3,7	2	0,47619048	17,1428571
[3,8;3,9)	3,8	5	1,19047619	16,6666667
[3,9;4)	3,9	4	0,95238095	15,4761905
[4;4,1)	4	2	0,47619048	14,5238095
[4,1;4,2)	4,1	3	0,71428571	14,047619
[4,2;4,3)	4,2	3	0,71428571	13,3333333
[4,3;4,4)	4,3	2	0,47619048	12,6190476
[4,4;4,5)	4,4	7	1,66666667	12,1428571
[4,5;4,6)	4,5	6	1,42857143	10,4761905
[4,6;4,7)	4,6	2	0,47619048	9,04761905
[4,7;4,8)	4,7	4	0,95238095	8,57142857
[4,8;4,9)	4,8	5	1,19047619	7,61904762
[4,9;5,0)	4,9	1	0,23809524	6,42857143
[5,0;5,1)	5	0	0	6,19047619
[5,1;5,2)	5,1	3	0,71428571	6,19047619
[5,2;5,3)	5,2	2	0,47619048	5,47619048
[5,3;5,4)	5,3	3	0,71428571	5
[5,4;5,5)	5,4	0	0	4,28571429
[5,5;5,6)	5,5	1	0,23809524	4,28571429
[5,6;5,7)	5,6	1	0,23809524	4,04761905
[5,7;5,8)	5,7	2	0,47619048	3,80952381
[5,8;5,9)	5,8	3	0,71428571	3,33333333
[5,9;6,0)	5,9	0	0	2,61904762
[6,0;6,1)	5,9	0	0	2,61904762
[6,1;6,2)	6	1	0,23809524	2,61904762

[6,2;6,3)	6,1	1	0,23809524	2,38095238
[6,3;6,4)	6,2	0	0	2,14285714
[6,4;6,5)	6,3	0	0	2,14285714
[6,5;6,6)	6,4	0	0	2,14285714
[6,6;6,7)	6,5	0	0	2,14285714
[6,7;6,8)	6,6	1	0,23809524	2,14285714
[6,8;6,9)	6,7	0	0	1,9047619
[6,9;7,0)	6,8	0	0	1,9047619
[7,0;7,1)	6,9	1	0,23809524	1,9047619
[7,1;7,2)	7	0	0	1,66666667
[7,2;7,3)	7,1	0	0	1,66666667
[7,3;7,4)	7,2	1	0,23809524	1,66666667
[7,4;7,5)	7,3	1	0,23809524	1,42857143
[7,5;7,6)	7,4	2	0,47619048	1,19047619
[7,6;7,7)	7,5	0	0	0,71428571
[7,6;7,7)	7,6	0	0	0,71428571
[7,7;7,8)	7,7	0	0	0,71428571
[7,8;7,9)	7,8	0	0	0,71428571
[7,9;8,0)	7,9	1	0,23809524	0,71428571
[8,0;8,1)	8	0	0	0,47619048
[8,1;8,2)	8,1	1	0,23809524	0,47619048
[8,2;8,3)	8,2	0	0	0,23809524
[8,3;8,4)	8,3	0	0	0,23809524
[8,4;8,5)	8,4	0	0	0,23809524
[8,5;8,6)	8,5	1	0,23809524	0,23809524
[8,6;8,7)	8,6	0	0	0
[8,7;8,8)	8,7	0	0	0
[8,8;8,9)	8,8	0	0	0
[8,9;9,0)	8,9	0	0	0



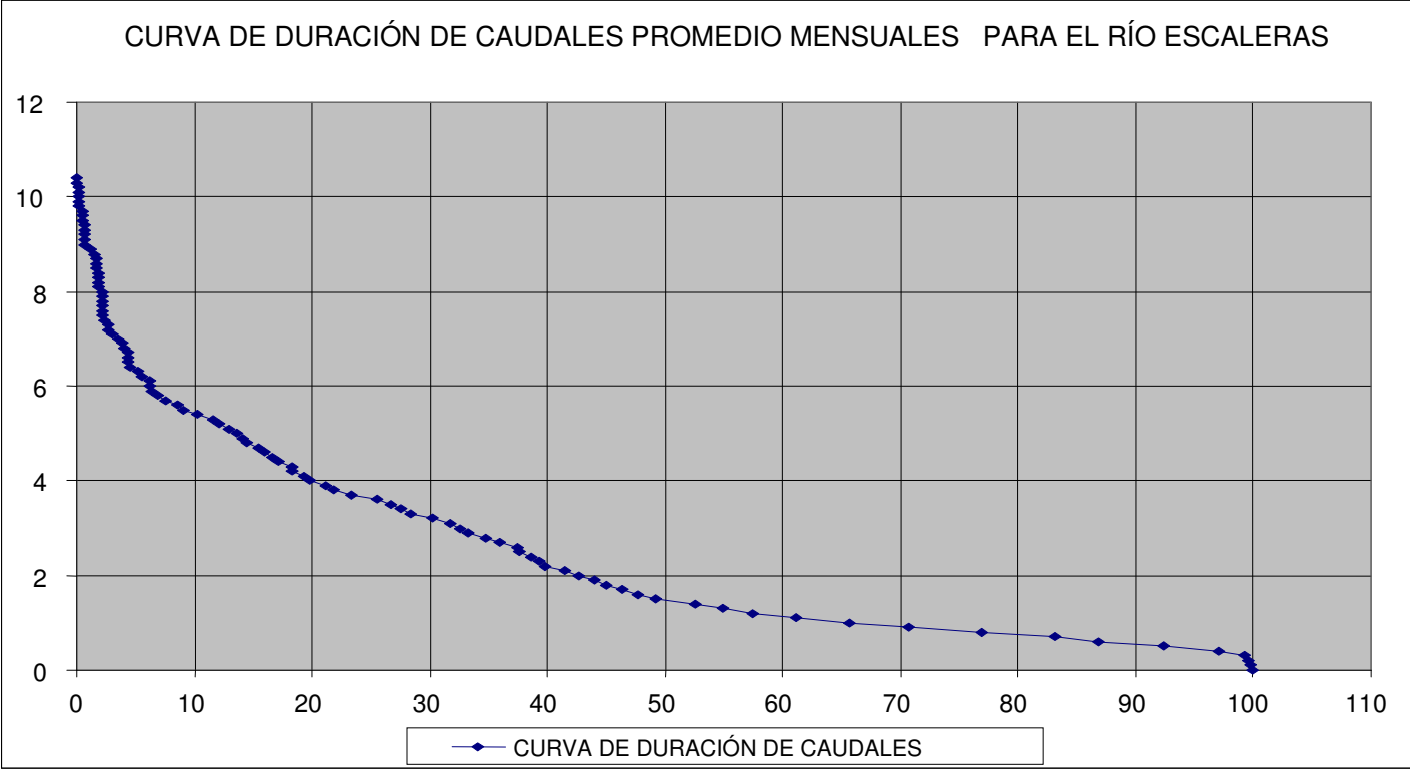
GRAFICA 2.1.6.1. Curva de duración de caudales promedio mensuales del río Tablas para el proyecto Caluma Alto para la toma a 625 m.s.n.m.

TABLA 2.1.6.2- TABLA DE PORCENTAJE DE OCURRENCIA DE CAUDALES DEL RIO ESCALERAS (CAPTACION DE AGUAS A 625 m.s.n.m.).

Intervalos	Mínimos	Frecuencia	%	% Ocurrencia
[0;0,1)	0	1	0,23809524	100
[0,1;0,2)	0,1	1	0,23809524	99,7619048
[0,2;0,3)	0,2	1	0,23809524	99,5238095
[0,3;0,4)	0,3	9	2,14285714	99,2857143
[0,4;0,5)	0,4	20	4,76190476	97,1428571
[0,5;0,6)	0,5	23	5,47619048	92,3809524
[0,6;0,7)	0,6	16	3,80952381	86,9047619
[0,7;0,8)	0,7	26	6,19047619	83,0952381
[0,8;0,9)	0,8	26	6,19047619	76,9047619
[0,9;1)	0,9	21	5	70,7142857
[1;1,1)	1	19	4,52380952	65,7142857
[1,1;1,2)	1,1	16	3,80952381	61,1904762
[1,2;1,3)	1,2	10	2,38095238	57,3809524
[1,3;1,4)	1,3	10	2,38095238	55
[1,4;1,5)	1,4	14	3,33333333	52,6190476
[1,5;1,6)	1,5	7	1,66666667	49,2857143
[1,6;1,7)	1,6	5	1,19047619	47,6190476
[1,7;1,8)	1,7	6	1,42857143	46,4285714
[1,8;1,9)	1,8	4	0,95238095	45
[1,9;2,0)	1,9	6	1,42857143	44,047619
[2,0;2,1)	2	5	1,19047619	42,6190476
[2,1;2,2)	2,1	7	1,66666667	41,4285714
[2,2;2,3)	2,2	2	0,47619048	39,7619048
[2,3;2,4)	2,3	3	0,71428571	39,2857143
[2,4;2,5)	2,4	4	0,95238095	38,5714286
[2,5;2,6)	2,5	1	0,23809524	37,6190476
[2,6;2,7)	2,6	6	1,42857143	37,3809524
[2,7;2,8)	2,7	5	1,19047619	35,952381
[2,8;2,9)	2,8	6	1,42857143	34,7619048
[2,9;3,0)	2,9	3	0,71428571	33,3333333
[3,0;3,1)	3	4	0,95238095	32,6190476

[3,1;3,2)	3,1	6	1,42857143	31,6666667
[3,2;3,3)	3,2	8	1,9047619	30,2380952
[3,3;3,4)	3,3	3	0,71428571	28,3333333
[3,4;3,5)	3,4	4	0,95238095	27,6190476
[3,5;3,6)	3,5	5	1,19047619	26,6666667
[3,6;3,7)	3,6	9	2,14285714	25,4761905
[3,7;3,8)	3,7	6	1,42857143	23,3333333
[3,80;3,9)	3,8	3	0,71428571	21,9047619
[3,9;4)	3,9	6	1,42857143	21,1904762
[4;4,1)	4	2	0,47619048	19,7619048
[4,1;4,2)	4,1	4	0,95238095	19,2857143
[4,2;4,3)	4,2	0	0	18,3333333
[4,3;4,4)	4,3	5	1,19047619	18,3333333
[4,4;4,5)	4,4	2	0,47619048	17,1428571
[4,5;4,6)	4,5	3	0,71428571	16,6666667
[4,6;4,7)	4,6	2	0,47619048	15,952381
[4,7;4,8)	4,7	4	0,95238095	15,4761905
[4,8;4,9)	4,8	2	0,47619048	14,5238095
[4,9;5,0)	4,9	2	0,47619048	14,047619
[5,0;5,1)	5	3	0,71428571	13,5714286
[5,1;5,2)	5,1	3	0,71428571	12,8571429
[5,2;5,3)	5,2	2	0,47619048	12,1428571
[5,3;5,4)	5,3	6	1,42857143	11,6666667
[5,4;5,5)	5,4	5	1,19047619	10,2380952
[5,5;5,6)	5,5	2	0,47619048	9,04761905
[5,6;5,7)	5,6	4	0,95238095	8,57142857
[5,7;5,8)	5,7	3	0,71428571	7,61904762
[5,8;5,9)	5,8	2	0,47619048	6,9047619
[5,9;6,0)	5,9	1	0,23809524	6,42857143
[6,0;6,1)	6	0	0	6,19047619
[6,1;6,2)	6,1	3	0,71428571	6,19047619
[6,2;6,3)	6,2	1	0,23809524	5,47619048
[6,3;6,4)	6,3	3	0,71428571	5,23809524
[6,4;6,5)	6,4	1	0,23809524	4,52380952
[6,5;6,6)	6,5	0	0	4,28571429
[6,6;6,7)	6,6	0	0	4,28571429
[6,7;6,8)	6,7	1	0,23809524	4,28571429
[6,8;6,9)	6,8	1	0,23809524	4,04761905
[6,9;7,0)	6,9	1	0,23809524	3,80952381

[7,0;7,1)	7	2	0,47619048	3,57142857
[7,1;7,2)	7,1	2	0,47619048	3,0952381
[7,2;7,3)	7,2	0	0	2,61904762
[7,3;7,4)	7,3	1	0,23809524	2,61904762
[7,4;7,5)	7,4	1	0,23809524	2,38095238
[7,5;7,6)	7,5	0	0	2,14285714
[7,6;7,7)	7,6	0	0	2,14285714
[7,7;7,8)	7,7	0	0	2,14285714
[7,8;7,9)	7,8	0	0	2,14285714
[7,9;8,0)	7,9	0	0	2,14285714
[8,0;8,1)	8	1	0,23809524	2,14285714
[8,1;8,2)	8,1	0	0	1,9047619
[8,2;8,3)	8,2	0	0	1,9047619
[8,3;8,4)	8,3	0	0	1,9047619
[8,4;8,5)	8,4	1	0,23809524	1,9047619
[8,5;8,6)	8,5	0	0	1,66666667
[8,6;8,7)	8,6	0	0	1,66666667
[8,7;8,8)	8,7	1	0,23809524	1,66666667
[8,8;8,9)	8,8	1	0,23809524	1,42857143
[8,9;9,0)	8,9	2	0,47619048	1,19047619
[9,0;9,1)	9	0	0	0,71428571
[9,1;9,2)	9,1	0	0	0,71428571
[9,2;9,3)	9,2	0	0	0,71428571
[9,3;9,4)	9,3	0	0	0,71428571
[9,4;9,5)	9,4	1	0,23809524	0,71428571
[9,5;9,6)	9,5	0	0	0,47619048
[9,6;9,7)	9,6	0	0	0,47619048
[9,7;9,8)	9,7	1	0,23809524	0,47619048
[9,8;9,9)	9,8	0	0	0,23809524
[9,9;10,0)	9,9	0	0	0,23809524
[10;10,1)	10	0	0	0,23809524
[10,1;10,2)	10,1	0	0	0,23809524
[10,2;10,3)	10,2	1	0,23809524	0,23809524
[10,3;10,4)	10,3	0	0	0
[10,4;10,5)	10,4	0	0	0



GRAFICA 2.1.6.2. Curva de duración de caudales promedio mensuales del río Escaleras para el proyecto Caluma Alto para la toma a 625 m.s.n.m.

De esta forma se han determinado los caudales Q50 y Q90. A este último se lo conoce también como caudal firme. En la Tabla 2.2.6.3 se presentan estos valores.

TABLA 2.2.6.3.- CAUDALES DE INTERÉS DEL PROYECTO

CALUMA ALTO.

Toma (msnm)	625
q_{medio} (m³/s)	4,34
q50 (m³/s)	2,7
q90 (m³/s)	0,9

Los reglamentos establecen que se debe considerar un caudal ecológico equivalente al 10% del caudal medio para preservar el ecosistema, el cual depende de las aguas de los ríos. De esta manera el caudal de diseño y el caudal firme para la toma de los ríos Tablas y Escaleras son los que se presentan en la Tabla 2.1.6.4.

TABLA 2.1.6.4.- CAUDALES DE INTERÉS, CONSIDERANDO LA DISMINUCIÓN POR EL CAUDAL ECOLÓGICO

Toma (msnm)	625
Q_{ecológico} (m³/s)	0,43
q₅₀ (m³/s)	2,27
q₉₀ (m³/s)	0,47
Q_{medio} (m³/s)	3,91
q_{diseño} (m³/s)	3,91

En los análisis hidrológicos realizados anteriormente por INECEL como parte de estudios de Pre-factibilidad de proyectos hidroeléctricos de mediana capacidad se han determinado que el caudal de diseño es aproximadamente igual al caudal medio.

Todos los dimensionamientos de los equipos y producciones energéticas de cada central se han realizado basados en este caudal de diseño.

2.2. GEOLOGÍA

Introducción

En este capítulo se presenta el estudio geológico del proyecto Caluma Alto donde se analizan los factores geológicos-geotécnicos, para el desarrollo del proyecto hidroeléctrico, el estudio se basa en el análisis del valle del Río Pita y sus tributarios, es decir los ríos Tablas y Escaleras al este de Caluma.

Este estudio es de vital importancia debido a que se debe analizar las características del suelo, para determinar si es conveniente para el tipo de obras que se lleva a cabo en la realización de la central hidroeléctrica Caluma Alto.

Las condiciones geológicas, en lo que se refiere al lecho de rocas son ígneas, intrusivas y extrusivas, y cuando se las encuentran fresca proporcionaran el soporte adecuado para cualquiera de las estructuras o excavaciones propuestas.

La mayoría de las excavaciones para estructuras y canales se harán en materiales poco consolidados, tales como aluviales, coluviales, residuales, y roca meteorizada. Cada esquema consiste en una obra de derivación, un sistema de canales y/o túneles, una tubería de presión y una casa de maquinas.

Cada material presenta diferentes calidades en lo que se refiere a excavación, estabilidad de taludes, permeabilidad, operación y mantenimiento, y se comportaran diferentemente según las pendientes de los taludes.

2.3. Rasgos Geológicos Regionales.

En la zona donde se ubica el proyecto hidroeléctrico Caluma, aflora una serie homogénea, plegada, de rocas esencialmente piroclásticas que se presentan en la vecindad de Caluma, como formación Macuchi y Piñón,

ambas intrusionadas por rocas acidas o intermedias.

Existen grandes fracturas Norte-Sur y Este-Oeste lo que da lugar, en las zonas de cruce, a un volcanismo aún activo que ha generado una cobertura de material volcánico en las cotas superiores de la Cordillera.

El proyecto hidroeléctrico Caluma se asienta propiamente en la vertiente Oeste de la Cordillera de Chillanes.

2.3.1. Litología.

Las formaciones encontradas corresponden básicamente a:

La formación Macuchi, de origen predominantemente volcánico, caracterizada por lavas y rocas volcánico-clásticas, el espesor de la formación se estima alrededor de 6000m en el área de Caluma-Echeandía.

La formación Piñón, está en las vecindades de Huigra por rocas andesíticas verdes, homogéneas, masivas, con interestratificaciones locales de tobas areniscas y lutitas.

Intrusiones acidas a intermedias, estos han sido identificados principalmente como rocas graníticas, aunque existen variaciones

locales que ocupan una gama tan amplia como la escala granito-microdiorita.

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 de granulometría variable con predominio gruesos, siendo fluentes bloques de más de 1 m de diámetro.

Los depósitos coluviales, esencialmente inconsolidados, presentan bloques de varios metros de diámetro y muestran un potente desarrollo residual, aparecen principalmente como acumulaciones a pie de monte, con desarrollo y ubicaciones variables, y muestran frecuentemente un potente desarrollo residual.

2.3.2. Estructuras

El flanco Oeste de la Cordillera Occidental esta notablemente influenciado por grandes facturas generalmente enmascaradas por potentes acumulaciones de derrubios o terrazas.

El sistema de fallas activas del Río Chimbo, se integran a las alineaciones de la denominada falla Dolores, la misma que ha sido interpretada como de gran significado para la tectónica en escala continental.

Las vecindades de Caluma y Echeandía tienen menos actividad sísmica que Huigra, por otro lado un rasgo tectónico importante es la alineación N-S de cuerpos intrusivos, los cuales afectan directamente a los proyectos de Caluma y Echeandía.

2.3.3. Geomorfología.

Estos aprovechamientos tienen características de topografía abruptas, ríos angostos y profundos, encañonados, con corte en "V".

Otra diferencia entre los proyectos hidroeléctricos de Chanchan y

los de Caluma y Echeandía es que el Río Chanchan drena una gran área en la región interandina, mientras los ríos de Caluma y Echeandía drenan cuencas pequeñas y únicamente en terrenos de la Formación Macuchi e intrusivos. Como consecuencia, los ríos Pita y Saloma acarrearán menos sedimentos en suspensión que el río Chanchan.

2.4. Descripción Geológico – geotécnica del Proyecto Caluma.

2.4.1. Rasgos Generales.

Las alternativas de aprovechamiento en Caluma se ubican en el Río Pita y sus afluentes, los ríos Tablas y Escaleras. El río Pita es un afluente del Río Catarama, tributario del Río Babahoyo.

Las cotas de las cabeceras exceden los 3000m, mientras que los aprovechamientos propuestos se ubican entre las aguas de los ríos Tablas y Escaleras, y la reutilización de las mismas en el río Pita.

2.4.2. Litología.

El lecho rocoso está constituido por la Formación Macuchi y el sector meridional fragmentado del batolito Puruloma.

La Formación Macuchi son, en esta región: lavas y rocas volcanoclásticas variadas. Las lavas son andesíticas, generalmente porfiríticas, gris verdosas, masivas.

Las rocas volcanoclásticas son generalmente de grano grueso en matriz andesítica.

La pirita diseminada en la Formación Macuchi podría ocasionar, por hidrólisis, corrosiones en el hormigón.

Los depósitos coluviales son potentes a pie de talud; están constituidos por derrubios que incluyen ocasionalmente bloques de varios metros de diámetro.

2.4.3. Estructuras.

Se observa lineaciones predominantes NNW, coincidentes con la tendencia regional, interceptadas por un fracturamiento secundario E-W. Las primeras líneas son de mayor longitud y son más frecuentes que las segundas. El diaclasamiento es paralelo a las direcciones indicadas, con buzamientos al N y al W, respectivamente.

La fracturación en las rocas del proyecto Caluma es intensa y frecuente.

2.4.4. Geomorfología.

En cuanto a la geomorfología, la zona es abrupta, especialmente la correspondiente a los ríos Tablas y Escaleras que presentan vertientes muy pronunciadas.

La presencia de superficies rugosas, demuestra el intenso fracturamiento de la roca. El drenaje es paralelo, con un promedio de 6 cauces afluentes por km a lo largo de los ríos Tablas y Escaleras.

Las vertientes presentan diversos grados de estabilidad siendo la más estable, la vertiente septentrional del río Tablas y la más inestable, vertiente norte del Escalera.

La zona alta por encima de la cota 500 m.s.n.m. está caracterizada por la presencia de la Formación Macuchi y el batolito de Puruloma, con pendientes muy fuertes y abundantes depósitos coluviales.

Los fondos de las quebradas muestran afloramientos rocosos, en zona de grandes deslizamientos.

En esta región se encuentra lavas andesíticas y rocas volcanoclásticas de grano grueso en matriz andesíticas.

La presencia de superficies rugosas, demuestran el intenso fracturamiento de la roca.

2.4.5. Aspectos Geotécnicos.

La toma del río Tablas se ubica sobre depósitos aluviales recientes, contra afloramiento de roca en el margen derecha. En río Escaleras, la toma esta sobre aluviales estables.

Los desarenadores se los haría sobre terrazas aluviales, sin problemas de fundación.

La conducción en el canal atravesaría depósitos aluviales en el primer tramo del río Escaleras, con inestabilidad en las laderas, producto de un deslizamiento antiguo.

La conducción del río Tablas atravesaría roca volcánica masiva con alta fracturación. Luego cruza por el suelo residual potente con huellas de retracción.

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 andesítica, 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.

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.

CAPÍTULO 3

PRODUCCIONES ENERGÉTICAS

3.1. Introducción

La rentabilidad de un proyecto energético durante su tiempo de vida útil se llega a determinar mediante el cálculo de las producciones energéticas. 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 la determinación de las producciones energéticas se ha empleado una herramienta de cálculo llamada EXCEL, en la cual se pueden utilizar muchas herramientas matemáticas, estadísticas y lógicas.

3.2. Metodología de cálculo

En la simulación de las producciones energéticas de este proyecto se analiza la central (P-CA) en la cota (625 m.s.n.m.). Para esto se especifican las características de la central, como la caída neta, caudal de diseño, potencia instalada, punto de captación, entre otras.

Se detallan a continuación los pasos a seguir para obtener las tablas de datos y gráficos deseados, se toma como referencia la tabla de caudales naturales obtenida en el capítulo 2.

3.2.1. Cálculo de la tabla de caudales disponibles

Para elaborar la tabla de caudales disponibles (Q_d), se han tomado los valores de la tabla de caudales naturales (Q_n) esta es una matriz, a cual se le ha restado el caudal ecológico ($Q_{ec}=0,43 \text{ m}^3/\text{seg}$).

$$Q_d = Q_n - Q_{ec}$$

En donde obtenemos como fórmula general la siguiente:

$$\begin{matrix}
 n_i=38 \\
 n_j=12 \\
 i=1 \\
 j=1
 \end{matrix}
 \mathbf{Qd}_{ij}
 =
 \begin{matrix}
 n_i=38 \\
 n_j=12 \\
 i=1 \\
 j=1
 \end{matrix}
 \mathbf{Qn}_{ij}
 -
 \mathbf{Qec}
 \quad
 \begin{matrix}
 i=1,2,\dots,n_i \\
 j=1,2,\dots,n_j
 \end{matrix}$$

Y tenemos como resultado la siguiente tabla:

TABLA 3.2.1.1.- CAUDALES DISPONIBLES MENSUALES CONSIDERADO EL CAUDAL ECOLÓGICO

ANO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1965	5,38	9,63	12,02	17,44	15,11	6,49	3,36	1,92	1,54	1,37	1,64	1,44
1966	4,51	8,22	7,13	4,80	3,45	2,33	1,69	1,43	0,76	0,74	0,59	0,70
1967	3,71	6,28	5,81	3,80	2,94	2,14	1,48	0,86	0,64	0,57	0,43	0,51
1968	1,89	4,06	4,72	4,48	2,20	1,51	0,88	0,63	0,52	0,51	0,42	0,53
1969	1,87	2,73	4,61	8,71	5,27	-0,43	2,06	1,64	1,31	0,55	0,55	1,03
1970	3,90	5,87	5,14	6,88	6,23	3,08	1,85	1,59	1,38	0,97	0,71	1,11
1971	2,87	6,68	9,35	6,11	3,05	1,92	1,31	0,85	0,70	0,62	0,52	0,90
1972	4,92	6,32	12,53	9,54	5,67	6,06	4,36	3,11	2,62	2,39	2,24	4,08
1973	6,73	9,36	7,20	7,76	5,50	3,27	2,11	1,54	1,39	1,26	1,07	1,17
1974	2,25	5,60	6,43	3,82	4,06	2,28	1,62	1,22	1,06	1,08	1,02	2,23
1975	5,17	8,46	7,92	7,82	4,95	3,21	2,12	1,56	1,28	1,19	1,01	1,03
1976	4,85	9,29	9,45	8,21	5,63	3,34	2,15	1,51	1,19	0,94	0,92	1,45
1977	3,47	5,51	6,86	6,17	3,56	2,13	1,50	1,17	0,99	0,85	0,67	0,85
1978	3,29	5,47	6,33	6,76	4,72	2,50	1,61	-0,10	0,10	0,89	0,72	1,11
1979	2,94	5,90	10,18	3,20	3,18	2,85	1,59	1,16	0,98	0,85	0,63	1,38
1980	1,39	7,52	6,02	10,85	6,90	3,47	1,90	1,30	0,93	0,78	0,67	2,04
1981	2,76	9,92	9,59	7,46	10,26	2,06	1,67	1,46	1,35	1,36	1,37	1,47
1982	4,37	8,78	6,76	5,51	3,50	2,15	1,74	1,16	0,99	1,58	7,52	12,12
1983	16,03	15,72	16,04	15,90	18,40	5,29	6,31	3,65	2,66	2,50	2,19	0,26
1984	4,27	11,14	14,44	10,01	5,95	2,61	1,89	1,31	1,89	0,92	0,60	1,74
1985	4,76	5,40	9,62	5,39	3,98	2,10	1,54	1,29	1,18	1,69	1,62	1,14
1986	4,46	6,80	6,26	7,94	4,54	2,14	1,46	1,15	1,21	1,19	1,14	1,11
1987	5,75	10,13	12,63	11,31	9,38	3,57	1,56	0,98	0,58	0,38	0,39	0,52
1988	4,60	10,90	7,98	8,07	7,19	2,39	1,25	0,74	0,47	0,35	0,26	0,33
1989	5,60	12,62	12,30	10,78	6,62	2,91	1,80	1,16	0,86	0,90	1,20	1,18
1990	1,70	6,40	5,30	7,07	4,43	2,31	1,41	0,95	0,66	0,56	0,44	0,94
1991	2,60	9,05	8,23	7,02	5,07	2,48	1,49	0,95	0,69	0,52	0,45	0,99
1992	6,02	11,28	16,98	13,33	11,08	5,61	2,17	1,10	0,59	0,39	0,30	0,45
1993	2,01	11,32	13,06	12,52	7,17	2,81	1,32	0,81	0,56	0,30	1,23	0,76
1994	4,76	10,20	8,90	10,49	5,47	1,87	0,81	0,46	0,37	0,17	0,14	1,03
1995	4,60	8,98	4,59	5,18	2,69	1,66	1,14	0,99	0,47	0,30	0,31	0,37
1996	2,23	10,27	8,75	6,35	3,50	1,60	1,09	0,44	0,28	0,22	0,25	0,35
1997	2,69	6,50	9,04	7,53	6,31	5,26	2,44	2,28	2,55	3,33	6,46	9,25
1998	9,74	9,95	8,87	9,63	6,42	2,10	1,75	1,37	1,28	0,75	1,20	0,22
1999	2,08	9,33	9,35	7,62	8,29	9,85	8,02	9,89	8,53	6,30	1,20	1,64

3.2.2. Cálculo de la tabla de caudales turbinados

Una vez que obtuvimos la tabla de caudales disponibles mensuales considerando el caudal ecológico (Q_d), procedimos a calcular la tabla de caudales turbinados (Q_t), la cual la elaboramos de la siguiente manera:

Primeramente definimos parámetros de operación en la cual tenemos dos turbinas pelton, las cuales trabajan la primera a $2/3$ del caudal de diseño ($Q_{diseño}$) y la segunda a $1/3$ el caudal de diseño.

En segundo lugar le dimos una regla operacional lógica a las dos turbinas dependiendo del caudal disponible (Q_d), donde tenemos lo siguiente:

	Caudal a turbinar (Q_t)
Si $Q_d > Q_{diseño}$	$Q_{diseño}$
Si $(40\%)*(2/3)*Q_{diseño} + (1/3)*Q_{diseño} < Q_d \leq Q_{diseño}$	Q_d
Si $(1/3)*Q_{diseño} < Q_d \leq (40\%)*(2/3)*Q_{diseño} + (1/3)*Q_{diseño}$	$(1/3)*Q_{diseño}$
Si $(40\%)*(1/3)*Q_{diseño} < Q_d \leq (1/3)*Q_{diseño}$	Q_d
Si $Q_d \leq (40\%)*(1/3)*Q_{diseño}$	0

$$\begin{array}{c}
 n_i=38 \\
 n_j=12 \\
 \mathbf{Qt}_{ij} \\
 \begin{array}{c} i=1 \\ j=1 \end{array}
 \end{array}
 =
 \begin{array}{c}
 n_i=38 \\
 n_j=12 \\
 \mathbf{Qd}_{ij} \\
 \begin{array}{c} i=1 \\ j=1 \end{array}
 \end{array}
 \longrightarrow \text{(Condiciones Lógicas)}$$

$i = 1, 2, \dots, n_i$
 $j = 1, 2, \dots, n_j$

Donde tenemos como resultado la tabla siguiente:

TABLA 3.2.2.1.- CAUDALES TURBINADOS MENSUALES (m3/seg)

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1965	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.36	1.92	1.54	1.37	1.64	1.44
1966	3.91	3.91	3.91	3.91	3.45	2.33	1.69	1.43	0.76	0.74	0.59	0.70
1967	3.71	3.91	3.91	3.80	2.94	2.14	1.48	0.86	0.64	0.57	0.00	0.00
1968	1.89	3.91	3.91	3.91	2.20	1.51	0.88	0.63	0.00	0.00	0.00	0.53
1969	1.87	2.73	3.91	3.91	3.91	0.00	2.06	1.64	1.31	0.55	0.55	1.03
1970	3.90	3.91	3.91	3.91	3.91	3.08	1.85	1.59	1.38	0.97	0.71	1.11
1971	2.87	3.91	3.91	3.91	3.06	1.92	1.31	0.85	0.70	0.62	0.00	0.90
1972	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.11	2.62	2.39	2.24	3.91
1973	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.27	2.11	1.54	1.39	1.26	1.07	1.17
1974	2.25	3.91	3.91	3.82	3.91	2.28	1.62	1.22	1.05	1.08	1.02	2.23
1975	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.21	2.12	1.56	1.28	1.19	1.01	1.03
1976	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.34	2.15	1.51	1.19	0.94	0.92	1.45
1977	3.47	3.91	3.91	3.91	3.56	2.13	1.50	1.17	0.99	0.85	0.67	0.85
1978	3.29	3.91	3.91	3.91	3.91	2.50	1.61	0.00	0.00	0.89	0.72	1.11
1979	2.94	3.91	3.91	3.20	3.18	2.85	1.59	1.16	0.98	0.85	0.63	1.38
1980	1.39	3.91	3.91	3.91	3.91	3.47	1.90	1.30	0.93	0.78	0.67	2.04
1981	2.76	3.91	3.91	3.91	3.91	2.06	1.67	1.46	1.35	1.36	1.37	1.47
1982	3.91	3.91	3.91	3.91	3.50	2.15	1.74	1.16	0.99	1.58	3.91	3.91
1983	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.65	2.66	2.50	2.19	0.00
1984	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	2.61	1.89	1.31	1.89	0.92	0.60	1.74
1985	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	2.10	1.54	1.29	1.18	1.69	1.62	1.14
1986	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	2.14	1.46	1.15	1.21	1.19	1.14	1.11
1987	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.57	1.56	0.98	0.58	0.00	0.00	0.52
1988	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	2.39	1.25	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00
1989	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	2.91	1.80	1.15	0.85	0.90	1.20	1.18
1990	1.70	3.91	3.91	3.91	3.91	2.31	1.41	0.95	0.66	0.56	0.00	0.94
1991	2.60	3.91	3.91	3.91	3.91	2.48	1.49	0.95	0.69	0.52	0.00	0.99
1992	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	2.17	1.10	0.59	0.00	0.00	0.00
1993	2.01	3.91	3.91	3.91	3.91	2.81	1.32	0.81	0.56	0.00	1.23	0.76
1994	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	1.87	0.81	0.00	0.00	0.00	0.00	1.03
1995	3.91	3.91	3.91	3.91	2.69	1.66	1.14	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00
1996	2.23	3.91	3.91	3.91	3.50	1.60	1.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1997	2.69	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	2.44	2.28	2.55	3.33	3.91	3.91
1998	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	2.10	1.75	1.37	1.28	0.75	1.20	0.00
1999	2.08	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	1.20	1.64

3.2.3. Cálculo de la tabla de alturas netas

Una vez obtenida la tabla de caudales turbinados procedimos a calcular la altura neta en la cual tenemos como fórmula que es igual a:

$$H_n = H_b - p$$

Donde:

H_n: Altura neta

H_b: Altura bruta

p: Pérdidas

Pero para calcular esta altura neta con referencia a la tabla de caudales la obtuvimos de la siguiente manera:

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

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.

$$k_p \times q_{diz}^2 = 0,07 h_n$$

$$k_p = \frac{0,07 \times 135}{3,91^2} = 0,618$$

Finalmente, con el caudal de diseño las máximas pérdidas en la restitución son:

$$p = k_p \times q^2 = 0,618 \times 3,91^2 = 9,45$$

Entonces para obtener la tabla de alturas netas utilizamos la siguiente fórmula:

$$\begin{matrix}
 n_i=38 \\
 n_j=12 \\
 \mathbf{p}_{ij} \\
 i=1 \\
 j=1
 \end{matrix}
 = k_p \times
 \begin{matrix}
 n_i=38 \\
 n_j=12 \\
 \mathbf{Qt}_{ij} \\
 i=1 \\
 j=1
 \end{matrix}
 \quad
 \begin{matrix}
 i=1, 2, \dots, n_i \\
 j=1, 2, \dots, n_j
 \end{matrix}$$

$$\begin{array}{c}
 n_i=38 \\
 n_j=12 \\
 \mathbf{Hn}_{ij} = \mathbf{Hb} - \mathbf{p}_{ij} \\
 \begin{array}{c}
 i=1 \\
 j=1
 \end{array}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{c}
 n_i=38 \\
 n_j=12 \\
 \mathbf{p}_{ij} \\
 \begin{array}{c}
 i=1 \\
 j=1
 \end{array}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{c}
 i=1, 2, \dots, n_i \\
 j=1, 2, \dots, n_j
 \end{array}$$

Donde obtenemos la siguiente tabla como resultado:

TABLA 3.2.3.1.- ALTURAS NETAS EN FUNCIÓN DE LOS CAUDALES TURBINADOS (Hn) EN METROS (m)

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1965	125,55	125,55	125,55	125,55	125,55	125,55	128,02	132,72	133,54	133,84	133,33	133,72
1966	125,55	125,55	125,55	125,55	127,63	131,54	133,23	133,74	134,64	134,66	134,78	134,70
1967	126,49	125,55	125,55	126,07	129,67	132,16	133,65	134,54	134,74	134,80	135,00	135,00
1968	126,79	125,55	125,55	125,55	132,02	133,59	134,52	134,76	135,00	135,00	135,00	134,82
1969	132,84	130,39	125,55	125,55	125,55	135,00	132,37	133,34	133,93	134,82	134,82	134,35
1970	125,58	125,55	125,55	125,55	125,55	129,15	132,88	133,45	133,82	134,42	134,69	134,23
1971	129,90	125,55	125,55	125,55	129,21	132,73	133,94	134,55	134,69	134,77	135,00	134,50
1972	125,55	125,55	125,55	125,55	125,55	125,55	125,55	129,01	130,77	131,46	131,91	125,55
1973	125,55	125,55	125,55	125,55	125,55	128,41	132,25	133,54	133,81	134,02	134,29	134,15
1974	131,88	125,55	125,55	125,97	125,55	131,77	133,37	134,08	134,32	134,27	134,35	131,92
1975	125,55	125,55	125,55	125,55	125,55	128,63	132,23	133,49	133,99	134,12	134,37	134,35
1976	125,55	125,55	125,55	125,55	125,55	128,08	132,14	133,59	134,13	134,45	134,47	133,70
1977	127,57	125,55	125,55	125,55	127,17	132,19	133,61	134,15	134,39	134,55	134,73	134,55
1978	128,30	125,55	125,55	125,55	125,55	131,14	133,40	135,00	135,00	134,51	134,68	134,24
1979	129,65	125,55	125,55	128,67	128,77	130,00	133,43	134,16	134,41	134,55	134,75	133,83
1980	133,81	125,55	125,55	125,55	125,55	127,57	132,78	133,95	134,47	134,62	134,73	132,43
1981	130,30	125,55	125,55	125,55	125,55	132,37	133,27	133,67	133,88	133,86	133,83	133,66
1982	125,55	125,55	125,55	125,55	127,44	132,13	133,14	134,17	134,39	133,46	125,55	125,55
1983	125,55	125,55	125,55	125,55	125,55	125,55	125,55	126,75	130,64	131,14	132,04	135,00
1984	125,55	125,55	125,55	125,55	125,55	130,77	132,80	133,94	132,79	134,47	134,77	133,13
1985	125,55	125,55	125,55	125,55	125,55	132,27	133,53	133,97	134,15	133,24	133,38	134,20
1986	125,55	125,55	125,55	125,55	125,55	132,16	133,67	134,19	134,10	134,13	134,20	134,24
1987	125,55	125,55	125,55	125,55	125,55	127,12	133,50	134,41	134,79	135,00	135,00	134,83
1988	125,55	125,55	125,55	125,55	125,55	131,47	134,03	134,67	135,00	135,00	135,00	135,00
1989	125,55	125,55	125,55	125,55	125,55	129,78	132,99	134,17	134,55	134,50	134,11	134,14
1990	133,21	125,55	125,55	125,55	125,55	131,71	133,77	134,44	134,73	134,81	135,00	134,45
1991	130,83	125,55	125,55	125,55	125,55	131,19	133,62	134,44	134,71	134,83	135,00	134,39
1992	125,55	125,55	125,55	125,55	125,55	125,55	132,10	134,25	134,79	135,00	135,00	135,00
1993	132,51	125,55	125,55	125,55	125,55	130,11	133,92	134,59	134,81	135,00	134,07	134,64
1994	125,55	125,55	125,55	125,55	125,55	132,93	134,59	135,00	135,00	135,00	135,00	134,35
1995	125,55	125,55	125,55	125,55	130,53	133,29	134,20	134,39	135,00	135,00	135,00	135,00
1996	131,92	125,55	125,55	125,55	127,44	133,42	134,26	135,00	135,00	135,00	135,00	135,00
1997	130,51	125,55	125,55	125,55	125,55	125,55	131,32	131,77	130,97	128,16	125,55	125,55
1998	125,55	125,55	125,55	125,55	125,55	132,28	133,11	133,84	133,99	134,65	134,11	135,00
1999	132,32	125,55	125,55	125,55	125,55	125,55	125,55	125,55	125,55	125,55	134,11	133,34

3.2.4. Cálculo de la tabla de potencias.

Una vez obtenida la tabla de caudales turbinados (Q_t) y la tabla de alturas netas (H_n), procedemos a calcular la potencia mensual (P_m), aplicamos la fórmula de potencia que es la siguiente:

$$P_m = 9,81 \times Q \times H_n \times \eta_t \times \eta_g$$

Donde:

$9,81 \text{ m/seg}^2$: Gravedad

Q : Caudal de diseño

H_n : Altura neta

η_t : eficiencia de la turbina

η_g : eficiencia del generador

Para nuestro caso como es una turbina pelton la eficiencia es de 92% este valor se mantiene constante hasta el 40% del caudal de Diseño ($Q_{\text{diseño}}$) y la eficiencia del generador está alrededor del 98%.

Para obtener esta tabla utilizamos como base la fórmula de la potencia mensual de la siguiente manera:

$$\begin{matrix}
 n_i=38 \\
 n_j=12 \\
 \mathbf{Pm}_{ij} =
 \end{matrix}
 \begin{matrix}
 9,81 \times
 \end{matrix}
 \begin{matrix}
 n_i=38 \\
 n_j=12 \\
 \mathbf{Qt}_{ij} \times
 \end{matrix}
 \begin{matrix}
 n_i=38 \\
 n_j=12 \\
 \mathbf{Hn}_{ij} \times
 \end{matrix}
 \begin{matrix}
 0,92 \times 0,98
 \end{matrix}$$

$i=1, 2, \dots, n_i$
 $j=1, 2, \dots, n_j$

Con esta fórmula obtenemos la tabla de potencias mensuales (Pm)

TABLA 3.2.4.1.- POTENCIAS MENSUALES (Pm) EN MW

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1965	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	3,732	2,131	1,708	1,520	1,824	1,599
1966	4,342	4,342	4,342	4,342	3,835	2,589	1,881	1,588	0,843	0,824	0,657	0,779
1967	4,120	4,342	4,342	4,221	3,262	2,379	1,641	0,955	0,715	0,628	0,000	0,000
1968	2,102	4,342	4,342	4,342	2,439	1,676	0,981	0,697	0,000	0,000	0,000	0,592
1969	2,076	3,034	4,342	4,342	4,342	0,000	2,292	1,822	1,458	0,607	0,607	1,139
1970	4,336	4,342	4,342	4,342	4,342	3,417	2,058	1,761	1,537	1,075	0,789	1,236
1971	3,191	4,342	4,342	4,342	3,398	2,129	1,453	0,949	0,783	0,684	0,000	0,995
1972	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	3,456	2,906	2,657	2,482	4,342
1973	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	3,626	2,342	1,706	1,540	1,397	1,187	1,304
1974	2,497	4,342	4,342	4,244	4,342	2,537	1,804	1,355	1,166	1,204	1,136	2,477
1975	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	3,564	2,349	1,737	1,418	1,325	1,117	1,140
1976	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	3,714	2,388	1,676	1,318	1,048	1,024	1,612
1977	3,850	4,342	4,342	4,342	3,953	2,367	1,667	1,304	1,101	0,944	0,741	0,945
1978	3,666	4,342	4,342	4,342	4,342	2,776	1,786	0,000	0,000	0,990	0,796	1,230
1979	3,268	4,342	4,342	3,554	3,526	3,159	1,788	1,293	1,085	0,944	0,700	1,531
1980	1,538	4,342	4,342	4,342	4,342	3,849	2,105	1,447	1,029	0,867	0,741	2,263
1981	3,063	4,342	4,342	4,342	4,342	2,291	1,857	1,627	1,497	1,508	1,525	1,632
1982	4,342	4,342	4,342	4,342	3,883	2,393	1,927	1,290	1,101	1,755	4,342	4,342
1983	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	4,056	2,951	2,773	2,431	0,000
1984	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	2,903	2,094	1,451	2,102	1,024	0,672	1,932
1985	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	2,334	1,711	1,435	1,305	1,872	1,795	1,260
1986	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	2,381	1,627	1,272	1,339	1,317	1,266	1,232
1987	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	3,964	1,728	1,086	0,643	0,000	0,000	0,580
1988	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	2,655	1,392	0,817	0,000	0,000	0,000	0,000
1989	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	3,226	2,004	1,285	0,951	0,995	1,332	1,308
1990	1,892	4,342	4,342	4,342	4,342	2,563	1,569	1,053	0,731	0,622	0,000	1,045
1991	2,884	4,342	4,342	4,342	4,342	2,755	1,657	1,058	0,764	0,582	0,000	1,100
1992	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	2,407	1,222	0,663	0,000	0,000	0,000
1993	2,231	4,342	4,342	4,342	4,342	3,123	1,466	0,902	0,623	0,000	1,364	0,845
1994	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	2,081	0,902	0,000	0,000	0,000	0,000	1,141
1995	4,342	4,342	4,342	4,342	2,987	1,848	1,263	1,104	0,000	0,000	0,000	0,000
1996	2,477	4,342	4,342	4,342	3,883	1,775	1,211	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1997	2,992	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	2,708	2,537	2,837	3,694	4,342	4,342
1998	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	2,328	1,939	1,524	1,421	0,837	1,334	0,000
1999	2,314	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	1,334	1,821

De ahí obtenemos la tabla de potencias promedios mensuales (Ppm) con la siguiente fórmula:

$$Ppm_i = \frac{1}{N} \times \sum_{j=1}^{nj=12} Pm_{ij} \quad \begin{matrix} i=1, 2, \dots, ni \\ j=1, 2, \dots, nj \end{matrix}$$

Donde:

N: 12; Número de meses en el año

Con esa fórmula obtenemos la tabla de potencias promedios mensuales (Ppm):

TABLA 3.2.4.2.- POTENCIAS PROMEDIOS MENSUALES (P pm) EN MW

ANO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	P pm
1965	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	3,732	2,131	1,708	1,520	1,824	1,599	3,214
1966	4,342	4,342	4,342	4,342	3,835	2,589	1,881	1,588	0,843	0,824	0,657	0,779	2,530
1967	4,120	4,342	4,342	4,221	3,262	2,379	1,641	0,955	0,715	0,628	0,000	0,000	2,217
1968	2,102	4,342	4,342	4,342	2,439	1,676	0,981	0,697	0,000	0,000	0,000	0,592	1,793
1969	2,076	3,034	4,342	4,342	4,342	0,000	2,292	1,822	1,458	0,607	0,507	1,139	2,172
1970	4,336	4,342	4,342	4,342	4,342	3,417	2,058	1,761	1,537	1,075	0,789	1,236	2,798
1971	3,191	4,342	4,342	4,342	3,398	2,129	1,453	0,949	0,783	0,684	0,000	0,995	2,217
1972	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	3,456	2,906	2,657	2,482	4,342	3,853
1973	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	3,626	2,342	1,706	1,540	1,397	1,187	1,304	2,901
1974	2,497	4,342	4,342	4,244	4,342	2,537	1,804	1,355	1,166	1,204	1,136	2,477	2,620
1975	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	3,564	2,349	1,737	1,418	1,325	1,117	1,140	2,863
1976	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	3,714	2,388	1,676	1,318	1,048	1,024	1,612	2,874
1977	3,850	4,342	4,342	4,342	3,953	2,367	1,667	1,304	1,101	0,944	0,741	0,945	2,452
1978	3,656	4,342	4,342	4,342	4,342	2,776	1,786	0,000	0,000	0,990	0,796	1,230	2,384
1979	3,268	4,342	4,342	3,554	3,526	3,159	1,768	1,293	1,085	0,944	0,700	1,531	2,459
1980	1,538	4,342	4,342	4,342	4,342	3,849	2,105	1,447	1,029	0,867	0,741	2,263	2,601
1981	3,063	4,342	4,342	4,342	4,342	2,291	1,857	1,627	1,497	1,508	1,525	1,632	2,697
1982	4,342	4,342	4,342	4,342	3,883	2,393	1,927	1,290	1,101	1,755	4,342	4,342	3,200
1983	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	4,056	2,951	2,773	2,431	0,000	3,550
1984	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	2,903	2,094	1,451	2,102	1,024	0,672	1,332	2,824
1985	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	2,334	1,711	1,435	1,305	1,872	1,795	1,260	2,785
1986	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	2,381	1,627	1,272	1,339	1,317	1,266	1,232	2,679
1987	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	3,964	1,728	1,086	0,643	0,000	0,000	0,580	2,476
1988	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	2,655	1,392	0,817	0,000	0,000	0,000	0,000	2,215
1989	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	3,226	2,004	1,285	0,951	0,995	1,332	1,308	2,734
1990	1,892	4,342	4,342	4,342	4,342	2,563	1,569	1,053	0,731	0,622	0,000	1,045	2,237
1991	2,884	4,342	4,342	4,342	4,342	2,755	1,657	1,058	0,764	0,582	0,000	1,100	2,347
1992	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	2,407	1,222	0,653	0,000	0,000	0,000	2,528
1993	2,231	4,342	4,342	4,342	4,342	3,123	1,466	0,902	0,623	0,000	1,364	0,845	2,327
1994	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	2,081	0,902	0,000	0,000	0,000	0,000	1,141	2,153
1995	4,342	4,342	4,342	4,342	2,987	1,948	1,263	1,104	0,000	0,000	0,000	0,000	2,047
1996	2,477	4,342	4,342	4,342	3,883	1,775	1,211	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,864
1997	2,992	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	2,708	2,537	2,837	3,694	4,342	4,342	3,763
1998	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	2,328	1,939	1,524	1,421	0,837	1,334	0,000	2,591
1999	2,314	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	4,342	1,334	1,821	3,712

3.2.5. Cálculo de la tabla de energías.

Por último con tabla de potencias mensuales (Pm), calculamos la tabla de energía mensual (Em), basándonos en la siguiente fórmula:

$$E_{m_{ij}} = P_{m_{ij}} \times 720 \quad \begin{matrix} i=1, 2, \dots, n_i \\ j=1, 2, \dots, n_j \end{matrix}$$

Donde:

Em: Energía mensual

Pm: Potencia mensual

720: Es la multiplicación de 24h x 30días

Con esta fórmula obtenemos la tabla de energías mensuales (Em)

TABLA 3.2.5.1.- ENERGÍAS MENSUALES (Em) EN Gwh

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1965	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	2,687	1,534	1,230	1,094	1,313	1,152
1966	3,126	3,126	3,126	3,126	2,761	1,864	1,355	1,143	0,607	0,593	0,473	0,561
1967	2,967	3,126	3,126	3,039	2,348	1,713	1,181	0,687	0,515	0,452	0,000	0,000
1968	1,513	3,126	3,126	3,126	1,756	1,207	0,706	0,502	0,000	0,000	0,000	0,426
1969	1,495	2,184	3,126	3,126	3,126	0,000	1,650	1,312	1,050	0,437	0,437	0,820
1970	3,122	3,126	3,126	3,126	3,126	2,460	1,482	1,268	1,106	0,774	0,568	0,890
1971	2,298	3,126	3,126	3,126	2,447	1,533	1,046	0,683	0,564	0,492	0,000	0,717
1972	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	2,488	2,092	1,913	1,787	3,126
1973	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	2,611	1,686	1,228	1,109	1,006	0,855	0,939
1974	1,798	3,126	3,126	3,056	3,126	1,827	1,299	0,976	0,840	0,867	0,818	1,784
1975	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	2,566	1,691	1,251	1,021	0,954	0,804	0,821
1976	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	2,674	1,719	1,206	0,949	0,755	0,737	1,161
1977	2,772	3,126	3,126	3,126	2,846	1,704	1,200	0,939	0,792	0,680	0,533	0,681
1978	2,632	3,126	3,126	3,126	3,126	1,999	1,286	0,000	0,000	0,713	0,573	0,886
1979	2,353	3,126	3,126	2,569	2,539	2,275	1,273	0,931	0,781	0,679	0,504	1,102
1980	1,108	3,126	3,126	3,126	3,126	2,771	1,516	1,042	0,741	0,624	0,533	1,629
1981	2,205	3,126	3,126	3,126	3,126	1,650	1,337	1,171	1,078	1,086	1,098	1,175
1982	3,126	3,126	3,126	3,126	2,796	1,723	1,388	0,929	0,792	1,263	3,126	3,126
1983	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	2,921	2,124	1,997	1,750	0,000
1984	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	2,080	1,507	1,045	1,513	0,737	0,484	1,391
1985	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	1,680	1,232	1,033	0,940	1,348	1,292	0,908
1986	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	1,714	1,171	0,916	0,864	0,948	0,912	0,887
1987	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	2,854	1,244	0,782	0,463	0,000	0,000	0,417
1988	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	1,912	1,002	0,589	0,000	0,000	0,000	0,000
1989	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	2,323	1,443	0,925	0,584	0,716	0,959	0,941
1990	1,362	3,126	3,126	3,126	3,126	1,846	1,130	0,758	0,527	0,448	0,000	0,752
1991	2,076	3,126	3,126	3,126	3,126	1,984	1,193	0,762	0,550	0,419	0,000	0,792
1992	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	1,733	0,880	0,470	0,000	0,000	0,000
1993	1,606	3,126	3,126	3,126	3,126	2,248	1,056	0,649	0,449	0,000	0,982	0,608
1994	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	1,498	0,650	0,000	0,000	0,000	0,000	0,821
1995	3,126	3,126	3,126	3,126	2,151	1,330	0,910	0,795	0,000	0,000	0,000	0,000
1996	1,784	3,126	3,126	3,126	2,796	1,278	0,872	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1997	2,154	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	1,950	1,827	2,043	2,660	3,126	3,126
1998	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	1,676	1,396	1,097	1,023	0,603	0,961	0,000
1999	1,666	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	0,961	1,311

De ahí obtenemos la tabla de energías anuales (Ea) con la siguiente fórmula:

$$\mathbf{Ea}_i = \sum_{j=1}^{nj=12} \mathbf{Em}_{ij} \quad \begin{matrix} i=1, 2, \dots, ni \\ j=1, 2, \dots, nj \end{matrix}$$

Con esa fórmula obtenemos la tabla de energías anuales (Ea):

TABLA 3.2.5.2.- ENERGÍA ANUAL (Ea) EN Gwh

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	Ea
1965	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	2,687	1,534	1,230	1,094	1,313	1,152	27,767
1966	3,126	3,126	3,126	3,126	2,761	1,864	1,355	1,143	0,607	0,593	0,473	0,561	21,862
1967	2,967	3,126	3,126	3,039	2,348	1,713	1,181	0,687	0,515	0,452	0,000	0,000	19,155
1968	1,513	3,126	3,126	3,126	1,756	1,207	0,706	0,502	0,000	0,000	0,000	0,426	15,489
1969	1,495	2,184	3,126	3,126	3,126	0,000	1,650	1,312	1,050	0,437	0,437	0,820	18,764
1970	3,122	3,126	3,126	3,126	3,126	2,460	1,482	1,268	1,106	0,774	0,568	0,890	24,174
1971	2,298	3,126	3,126	3,126	2,447	1,533	1,046	0,683	0,564	0,492	0,000	0,717	19,157
1972	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	2,488	2,092	1,913	1,787	3,126	33,289
1973	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	2,611	1,686	1,228	1,109	1,006	0,855	0,939	25,064
1974	1,798	3,126	3,126	3,056	3,126	1,827	1,299	0,976	0,840	0,857	0,818	1,784	22,541
1975	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	2,566	1,691	1,251	1,021	0,954	0,804	0,821	24,739
1976	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	2,674	1,719	1,206	0,949	0,755	0,737	1,161	24,832
1977	2,772	3,126	3,126	3,126	2,846	1,704	1,200	0,939	0,792	0,680	0,533	0,681	21,527
1978	2,632	3,126	3,126	3,126	3,126	1,999	1,286	0,000	0,000	0,713	0,573	0,886	20,594
1979	2,353	3,126	3,126	2,559	2,539	2,275	1,273	0,931	0,781	0,679	0,504	1,102	21,248
1980	1,108	3,126	3,126	3,126	3,126	2,771	1,516	1,042	0,741	0,624	0,533	1,629	22,469
1981	2,205	3,126	3,126	3,126	3,126	1,650	1,337	1,171	1,078	1,086	1,098	1,175	23,305
1982	3,126	3,126	3,126	3,126	2,796	1,723	1,388	0,929	0,792	1,263	3,126	3,126	27,648
1983	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	2,921	2,124	2,124	1,997	1,750	0,000	30,675
1984	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	2,090	1,507	1,045	1,513	0,737	0,484	1,391	24,398
1985	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	1,680	1,232	1,033	0,940	1,348	1,292	0,908	24,064
1986	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	1,714	1,171	0,916	0,964	0,948	0,912	0,887	23,143
1987	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	2,854	1,244	0,782	0,463	0,000	0,000	0,417	21,391
1988	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	1,912	1,002	0,589	0,000	0,000	0,000	0,000	19,134
1989	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	2,323	1,443	0,925	0,684	0,716	0,959	0,941	23,623
1990	1,362	3,126	3,126	3,126	3,126	1,846	1,130	0,758	0,527	0,448	0,000	0,752	19,327
1991	2,076	3,126	3,126	3,126	3,126	1,984	1,193	0,762	0,550	0,419	0,000	0,792	20,280
1992	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	1,733	0,880	0,470	0,000	0,000	0,000	21,840
1993	1,506	3,126	3,126	3,126	3,126	2,248	1,056	0,649	0,449	0,000	0,882	0,608	20,104
1994	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	1,498	0,650	0,000	0,000	0,000	0,000	0,821	18,600
1995	3,126	3,126	3,126	3,126	2,151	1,330	0,910	0,795	0,000	0,000	0,000	0,000	17,690
1996	1,784	3,126	3,126	3,126	2,796	1,278	0,872	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	16,107
1997	2,154	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	1,950	1,827	2,043	2,660	3,126	3,126	32,516
1998	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	1,676	1,396	1,097	1,023	0,603	0,961	0,000	22,387
1999	1,666	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	3,126	0,961	1,311	32,073

Luego obtenemos la tabla de energía promedio anual (Epa) con la siguiente fórmula:

$$E_{pa} = \frac{1}{M} \times \sum_{i=1}^{ni=38} E a_i \quad \begin{matrix} i=1, 2, \dots, ni \\ j=1, 2, \dots, nj \end{matrix}$$

Donde:

M: 38; Número de años de datos

Con esta fórmula obtenemos la tabla de energía promedio anual (Epa):

TABLA 3.2.5.3.- ENERGIA PROMEDIO ANUAL (Epa) EN Gwh

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	Ea
1965	3.126	3.126	3.126	3.126	3.126	3.126	2.687	1.634	1.230	1.034	1.313	1.152	27.767
1966	3.126	3.126	3.126	3.126	2.761	1.864	1.355	1.143	0.607	0.593	0.473	0.561	21.862
1967	2.967	3.126	3.126	3.039	2.348	1.713	1.181	0.687	0.515	0.452	0.000	0.000	19.155
1968	1.513	3.126	3.126	3.126	1.756	1.207	0.706	0.502	0.000	0.000	0.000	0.426	15.489
1969	1.495	2.184	3.126	3.126	3.126	0.000	1.650	1.312	1.050	0.437	0.437	0.820	18.764
1970	3.122	3.126	3.126	3.126	3.126	2.460	1.482	1.268	1.106	0.774	0.568	0.890	24.174
1971	2.298	3.126	3.126	3.126	2.447	1.533	1.046	0.683	0.564	0.492	0.000	0.717	19.157
1972	3.126	3.126	3.126	3.126	3.126	3.126	3.126	2.488	2.092	1.913	1.787	3.126	33.289
1973	3.126	3.126	3.126	3.126	3.126	2.611	1.686	1.238	1.109	1.006	0.855	0.939	25.064
1974	1.798	3.126	3.126	3.056	3.126	1.827	1.299	0.976	0.840	0.867	0.818	1.784	22.641
1975	3.126	3.126	3.126	3.126	3.126	2.566	1.691	1.251	1.021	0.954	0.804	0.821	24.739
1976	3.126	3.126	3.126	3.126	3.126	2.574	1.719	1.206	0.949	0.755	0.737	1.161	24.832
1977	2.772	3.126	3.126	3.126	2.846	1.704	1.200	0.939	0.792	0.680	0.533	0.681	21.527
1978	2.632	3.126	3.126	3.126	3.126	1.999	1.286	0.000	0.000	0.713	0.673	0.886	20.594
1979	2.353	3.126	3.126	2.559	2.539	2.275	1.273	0.931	0.781	0.679	0.504	1.020	21.248
1980	1.108	3.126	3.126	3.126	3.126	2.771	1.516	1.042	0.741	0.624	0.533	1.629	22.469
1981	2.205	3.126	3.126	3.126	3.126	1.650	1.337	1.171	1.078	1.086	1.098	1.175	23.305
1982	3.126	3.126	3.126	3.126	2.796	1.723	1.388	0.929	0.792	1.263	3.126	3.126	27.648
1983	3.126	3.126	3.126	3.126	3.126	3.126	3.126	2.921	2.124	1.997	1.750	0.000	30.675
1984	3.126	3.126	3.126	3.126	3.126	2.090	1.507	1.045	1.513	0.737	0.484	1.391	24.398
1985	3.126	3.126	3.126	3.126	3.126	1.680	1.232	1.033	0.940	1.348	1.292	0.908	24.064
1986	3.126	3.126	3.126	3.126	3.126	1.714	1.171	0.916	0.964	0.948	1.912	0.887	23.143
1987	3.126	3.126	3.126	3.126	3.126	2.854	1.244	0.782	0.463	0.000	0.000	0.417	21.391
1988	3.126	3.126	3.126	3.126	3.126	1.912	1.002	0.589	0.000	0.000	0.000	0.000	19.134
1989	3.126	3.126	3.126	3.126	3.126	2.323	1.443	0.925	0.684	0.716	0.959	0.941	23.623
1990	1.362	3.126	3.126	3.126	3.126	1.846	1.130	0.758	0.527	0.448	0.000	0.752	19.327
1991	2.076	3.126	3.126	3.126	3.126	1.984	1.193	0.762	0.550	0.419	0.000	0.792	20.280
1992	3.126	3.126	3.126	3.126	3.126	3.126	1.733	0.880	0.470	0.000	0.000	0.000	21.840
1993	1.606	3.126	3.126	3.126	3.126	2.248	1.056	0.649	0.449	0.000	0.982	0.608	20.104
1994	3.126	3.126	3.126	3.126	3.126	1.498	0.650	0.000	0.000	0.000	0.000	0.821	18.600
1995	3.126	3.126	3.126	3.126	2.151	1.330	0.910	0.795	0.000	0.000	0.000	0.000	17.690
1996	1.784	3.126	3.126	3.126	2.796	1.278	0.872	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	16.107
1997	2.154	3.126	3.126	3.126	3.126	3.126	1.950	1.827	2.043	2.660	3.126	3.126	32.516
1998	3.126	3.126	3.126	3.126	3.126	1.676	1.396	1.097	1.023	0.603	0.961	0.000	22.387
1999	1.666	3.126	3.126	3.126	3.126	3.126	3.126	3.126	3.126	3.126	0.961	1.311	32.073
													Energía Promedio Anual (Epa): 22.688

CAPÍTULO 4

DISEÑO DEL PRELIMINAR DEL PROYECTO CALUMA

4.1. Descripción General del Proyecto.

La alternativa estudiada es la que se muestra en la Figura. 1.4.2 donde se realizara la toma la captación de aguas a 625 m.s.n.m. tanto en el rio Tablas como en el río Escaleras, en la conducción no se realizara túneles como fue planteado anteriormente por el INECCEL, se utilizara un pequeño reservorio de 35 000 m³ y la casa de maquinas está localizada a 525 m.s.n.m.

4.2. Obras Civiles e Hidráulicas

4.2.1. Caminos de Acceso.

El proyecto consiste en el aprovechamiento de las aguas de los ríos Tablas y Escaleras a una cota de captación de 625 m.s.n.m. hasta la casa de maquinas para la producción de energía eléctrica, para llevar a cabo este proyecto que se encuentra ubicado en el

cantón Caluma. Hace falta caminos de acceso que serán necesarios para la construcción de las bocatomas.

4.2.2. Sistema Hidráulico

El sistema hidráulico se conforma por una conducción por cada río Tablas y Escaleras respectivamente que van desde la bocatoma y que se encargan de llevar el caudal a presión manteniendo la misma cota, donde se encuentra ubicada la tubería de presión, que conduce el agua hasta la casa de maquinas y luego restituirla al río.

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

4.2.3. Obras de Toma

El tipo de obra de toma se considero en base a la naturaleza del terreno y específicamente sobre los factores que inciden sobre él, tales como datos de orden hidrológico, morfológico y geológico para el dimensionamiento de la obra.

De manera general para centrales hidroeléctricas las obras de toma son diseñadas con tipo de rejilla de fondo, azud, cámara de limpieza, orificio de toma, depósito de sedimentación, rejilla, dique y compuertas.

Azud

El azud está diseñado para soportar los esfuerzos que generan la presión del agua en estado normal y en estado crítico, es decir cuando el nivel de agua llegue a su cota máxima, impidiendo filtraciones en su estructura. El azud se ha diseñado en base al ancho del rio y la consistencia de los suelos.

La obra de excavación y la obra de hormigón en lo que se refiere al azud son dimensionadas considerando caudal de diseño, dimensión del canal y magnitud de las crecientes.

Orificio de Toma

Los caudales de los ríos son los que determinan el orificio de las obras de toma, las cantidades de obra de excavación y de hormigón, las boca tomas han sido calculadas en base a la magnitud de las crecientes, el caudal de diseño y dimensiones del canal.

Dique sumergido

Se encuentra ubicado en el orificio de toma el cual impide el paso de sedimentos.

Depósito de sedimentación

Es el lugar donde se depositan los sedimentos que la rejilla impide el paso.

Rejilla

Generalmente se las ubica cerca de las compuertas de captación, sirven para impedir el paso de sedimentos, desechos de un tamaño considerable.

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.

4.2.4. Desarenador

El desarenador tiene como objetivo principal remover todas las partículas que se quedan cuando se reduce la velocidad con la que viajan en el agua.

Para el dimensionamiento del desarenador se toma en cuenta diferentes factores tales como, aspectos hidráulicos incluyendo el caudal de diseño, la velocidad del agua y diámetro mínimo de las partículas.

En los diseños preliminares se considera dos compuertas de admisión para garantizar el continuo ingreso del flujo además sirve de respaldo a la hora de dar mantenimiento, cuando una de

las compuertas este fuera de servicio la otra sigue operando manteniendo en estado normal la operación de la central.

4.2.5. Reservorio

El reservorio está diseñado para tener la capacidad necesaria de almacenamiento de agua para después descargada y obtener una mejor regulación.

Se ha provisto de un reservorio ubicado por aspectos morfológicos y geológicos, su capacidad ha sido determinada en base al análisis de caudales de las tablas anteriores.

4.2.6. Tanque de presión

Los tanques de presión son del tipo cámara rectangular la parte final del tanque de presión constituye la estructura de control, el tanque de presión posee una rejilla fina para retención de desechos, compuertas de control y ducto de aireación.

Lateralmente se encuentra una compuerta de lavado, para la ubicación y dimensionamiento de esta obra se han considerado aspectos de orden morfológico, geológico e hidráulico.

Para la ubicación se considera la posición de las tuberías de presión y de la casa de maquinas procurando que los sitios donde serán construidos sean determinados por factores morfológicos.

4.2.7. Casa de Máquinas

La casa de maquinas está conformada considerando turbinas tipo Pelton, de eje horizontal acopladas a generadores cada una de ellas, los cuales poseen sus propios dispositivos de protección, la casa de maquinas de la central está ubicada en la cota 525 m.s.n.m.

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.

4.2.8. Canal de Restitución.

Su función es la de devolver el agua turbinada al río evitando al máximo los problemas de erosión en el cauce del río.

4.3 Equipo Mecánico.

Entre los elementos más representativos dentro del equipamiento mecánico se encuentran las turbinas, válvulas, reguladores y compuertas los cuales se describen a continuación

4.3.1. Turbinas

Las turbinas que se emplearan en proyecto hidroeléctrico son las turbinas Pelton de eje horizontal que trabajan a una velocidad de 900 rpm.

4.3.2. Válvulas de Entrada

Entre cada turbina de presión y el caracol se ubica una válvula de entrada tipo mariposa la cual tiene como función permitir el

desagüe de la misma para poder inspeccionarla, darle mantenimiento y cierre de emergencia de flujo en caso de que los alabes fallen.

Estas válvulas para su apertura son controladas por un sistema hidráulico y el cierre se lo realiza por contrapeso.

4.3.3. Reguladores.

Cada una de las turbinas poseerá un regulador PID para controlar y mantener la velocidad constante mediante una regulación tipo electro-hidráulica para la apertura de los alabes móviles ante las variaciones de carga.

4.3.4. Compuertas.

Las compuertas que se emplearan en el proyecto hidroeléctrico son las que se las ha clasificado en compuertas planas deslizantes, planas con rueda a continuación se describe brevemente cada una de ellas:

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.

Compuertas Planas con Ruedas

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

4.4. Equipo Eléctrico

De igual manera entre los equipos más relevantes dentro del equipamiento eléctrico son los que se describen a continuación:

4.4.1. Generadores

Las principales características de cada uno de los generadores a utilizarse en el Proyecto Caluma Alto se resumen en la tabla 4.4.1.1.

TABLA 4.4.1.1.- CARACTERÍSTICAS DE LOS GENERADORES

PARÁMETRO \ CENTRAL	PROYECTO CALUMA ALTO	
Numero de Generadores	2	
Potencia de cada Generador (MVA)	3.	3.
Factor de Potencia (Inductivo)	0,90	0,90
Tensión de cada Generador (KV)	4,16+/- 5%:	4,16+/- 5%:
Frecuencia (Hz)	60	60
Velocidad (r.p.m.)	720	720

Estas unidades estarán provistas de disyuntores en SF6, con mando trifásico con resorte y motor de corriente continua de 600 A, corriente de ruptura de 25KA, corriente de falla de 25KA, de diseño normalizado, los disyuntores serán de tipo extraíble para brindar mejor seguridad y fácil mantenimiento, cada disyuntor estará ubicado en un cubículo de 4.16KV.

4.4.2. Transformador Principal

Se ha previsto un transformador de 6.5 MVA de 3 devanados 4.16-69 +/- 2 x 2.5% KV – 13.8 KV, 60 Hz, trifásico, sumergido en

aceite, para intemperie. Enfriamiento tipo OA/FA, con aire forzado.

El bobinado de 4.16 KV estará conectado en triangulo y los de 69 KV y 13.8 KV en estrella con neutro puesto a tierra.

4.4.3. Sistemas 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.

4.4.4. Subestación eléctrica.

La central cuenta con una subestación que estará ubicada en la parte posterior de la casa de máquinas. Al transformador se lo ha ubicado convenientemente junto a la 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 la elaboración del presupuesto del Proyecto hidroeléctrico Caluma Alto se baso en la información de costos de materiales, equipos electromecánicos de la compañía Caminosca (Caminos y canales) C.Ltda. Información que se empleo para el Proyecto hidroeléctrico Angamarca Sinde en el año 2006.

5.2. Presupuesto de Obras Civiles

A continuación se presenta el presupuesto de obras civiles para la central hidroeléctrica Caluma Alto.

TABLA 5.2.1.- CANTIDADES DE OBRAS CIVILES PARA EL PROYECTO CALUMA ALTO.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO USD (Ene/2009)	PRECIO TOTAL USD (Ene/2009)	SUBTOTAL USD (Ene/2009)
OBRA CIVIL					
Bocatoma Río Tablas					489582,1548
Replanteo, desbroce y limpieza	ha	4,00	3.570,12	14.280,47	
Construcción y mantenimiento de las Ataguías	gl	2,00	32.130,22	64.260,44	
Desvío del río	gl	5,00	32.130,22	160.651,10	
Excavación para azud	m3	568,00	6,74	3.830,79	
Excavación para muros	m3	3.200,00	9,43	30.173,09	
Rellenos con material clasificado	m3	2.880,00	15,58	44.857,47	
Hormigón para azud	m3	360,00	143,62	51.704,33	
Hormigón para zampeado	m3	24,00	192,67	4.624,17	
Hormigón para muros, vigas y semejantes	m3	288,00	223,49	64.366,38	
Hormigón para replantillos	m3	28,00	156,26	4.375,19	
Acero de refuerzo	kg	24.800,00	1,62	40.271,21	
Inyección a presión para pantalla de impermeabilización	m	13,60	454,96	6.187,52	
Bocatoma Río Escaleras					715705,8963
Replanteo, desbroce y limpieza	ha	4,00	3.570,12	14.280,47	
Construcción y mantenimiento de las Ataguías	gl	2,00	32.130,22	64.260,44	

Desvió del río	gl	5,00	32.130,22	160.651,10	
Excavación para azud	m3	1.280,00	6,74	8.632,76	
Excavación para muros	m3	6.720,00	9,43	63.363,50	
Rellenos con material clasificado	m3	4.000,00	15,58	62.302,04	
Hormigón para azud	m3	536,00	143,62	76.982,01	
Hormigón para zampeado	m3	82,40	192,67	15.876,33	
Hormigón para muros, vigas y semejantes	m3	672,00	223,49	150.188,22	
Hormigón para replantillos	m3	48,00	156,26	7.500,32	
Acero de refuerzo	kg	50.400,00	1,62	81.841,48	
Inyección a presión para pantalla de impermeabilización	m	21,60	454,96	9.827,24	
Conducción			-		
Obra en superficie			-		936777,1382
Replanteo, desbroce y limpieza	ha	5,00	3.570,12	17.850,59	
Excavación sin clasificar - Plataforma	m3	93.224,00	3,07	286.614,25	
Excavación en roca - Plataforma	m3	4.904,00	11,37	55.763,05	
Excavación sin clasificar - Cajón	m3	16.528,00	4,77	78.906,10	
Excavación en roca - Cajón	m3	2.920,00	23,20	67.741,80	
Hormigón de revestimiento para canal	m3	1.528,00	190,27	290.733,52	
Drenaje canal	m	778,40	5,72	4.454,55	
Sub-base para pavimento del camino	m3	680,00	11,10	7.545,44	
Rellenos con material clasificado para plataforma y terraplén	m3	5.728,00	15,58	89.216,52	
Excavación sin clasificar - Obras de Arte	m3	96,00	7,09	680,71	
Hormigón para muros, vigas tablero de obras de arte	m3	91,20	223,49	20.382,69	
Acero de refuerzo	kg	10.400,00	1,62	16.887,93	
Obra en superficie - (Tapa de hormigón)			-		212.279,89
Hormigón para muros, vigas tablero de obras de arte	m3	779,84	223,49	174.289,85	

Acero de refuerzo	kg	23.395,20	1,62	37.990,04	
Reservorio			-		526.407,98
Replanteo, desbroce y limpieza	ha	0,50	3.570,12	1.785,06	
Excavación sin clasificar	m3	96.000,00	3,07	295.148,97	
Revestimiento de Liner	m3	1.136,00	190,27	216.147,43	
Hormigón para muros	m3	36,00	185,71	6.685,67	
Acero de refuerzo	kg	4.089,60	1,62	6.640,85	
Conducción a baja presión y Chimenea			-		45215,34167
Replanteo, desbroce y limpieza	ha	1,00	3.570,12	3.570,12	
Excavación sin clasificar	m3	1.800,00	3,07	5.534,04	
Relleno simple	m3	960,00	1,65	1.586,65	
Hormigón para conducto y chimenea	m3	70,56	304,82	21.507,83	
Acero de refuerzo	kg	8.016,00	1,62	13.016,69	
Tubería de Presión			-		171781,2642
Replanteo, desbroce y limpieza	ha	0,50	3.570,12	1.785,06	
Excavación sin clasificar - Tubería de presión	m3	5.632,00	7,09	39.935,18	
Relleno simple	m3	880,00	1,65	1.454,43	
Hormigón para bloques de apoyo	m3	962,40	133,63	128.606,59	
Casa de Máquinas			-		714291,1255
Excavación sin clasificar - Casa de maquinas	m3	6.000,00	7,09	42.544,58	
Excavación en roca - Casa de Maquinas	m3	600,00	23,20	13.919,55	
Rellenos con material clasificado para Casa de maquinas	m3	6.000,00	15,58	93.453,06	
Hormigón estructural	m3	1.000,00	165,91	165.913,04	
Hormigón para Apoyo de equipos	m3	500,00	220,34	110.172,06	
Hormigón para Paredes	m3	50,00	192,67	9.633,70	
Cubierta metálica	m2	500,00	53,92	26.958,66	

Acabados arquitectónicos	gl	12,00	20.974,71	251.696,48	
Terrenos y Servidumbres			-		73016,30875
Terrenos	Ha	20,00	3.650,82	73.016,31	
K. ACCESOS			-		51442,96991
Camino de acceso - (Toma del río Tablas)	km	2,50	6.529,58	16.323,96	
Camino de acceso - (Toma del río Escaleras)	km	1,50	6.529,58	9.794,38	
Camino de acceso - (Reservorio)	km	0,80	8.161,98	6.529,58	
Camino de acceso - (Casa de Máquinas)	km	0,70	6.529,58	4.570,71	
Mejoramiento de caminos existentes	km	4,00	3.556,09	14.224,34	
N. MEDIDAS DE MITIGACION AMBIENTAL			-		365081,5438
Mitigación Ambiental	gl	350.000,00	1,04	365.081,54	

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

A continuación se presenta el presupuesto de obras electro-mecánicas y de subestación para la central hidroeléctrica.

TABLA 5.3.1.- CANTIDADES DE OBRA ELECTROMECÁNICAS, HIDROMECÁNICAS Y DE SUBESTACIÓN PARA EL PROYECTO CALUMA ALTO.

EQUIPOS					
Equipos Electromecánicos			-		2472140,338
Turbinas	gl	2,00	362.363,78	724.727,56	
Generadores	gl	2,00	398.599,43	797.198,86	
Transformadores	gl	1,00	43.484,24	43.484,24	
Tableros de control	gl	1,00	275.397,13	275.397,13	
Equipos auxiliares, incluido generador de emergencia y tableros de comunicación	gl	1,00	81.531,12	81.531,12	
Subestación - (Obra civil y Equipos)	gl	1,00	124.238,59	124.238,59	
Otros Equipos	gl	1,00	190.241,71	190.241,71	
Línea de transmisión - (Obra civil y Equipos)	gl	1,00	235.321,13	235.321,13	
Equipos Hidromecánicos			-		137840,1716
Tubería de Presión	Km	1,50	529,48	794,22	
Compuertas radiales	tn	20,00	503,02	10.060,31	
Compuertas planas	tn	30,00	359,30	10.778,90	
Reguladores de velocidad	u	2,00	9.848,03	19.696,06	
Válvulas esféricas	u	2,00	34.468,10	68.936,20	
Puente grúa	u	1,00	17.726,45	17.726,45	
Sistemas auxiliares	gl	1,00	9.848,03	9.848,03	

5.4. Presupuesto del Reservorio.

Para este proyecto hidroeléctrico Caluma Alto se considero que es mucho más conveniente un reservorio con revestimiento de Liner para ahorrar costos de inversión el presupuesto se lo puede apreciar en la Tabla 5.2.1.

5.5. Resumen y Presupuesto General

A continuación se presenta el resumen y presupuesto general de obras civiles, electromecánicas y de subestación, así como los costos por administración e imprevistos para la Central de pasada.

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. Acceso	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%

COSTO DIRECTO DE CONSTRUCCION =		6.911.562,13	100,0%
Ingeniería y Administración =	10%	691.156,21	
Imprevistos =	8%	608.217,47	
COSTO TOTAL DE CONSTRUCCION =		8.210.935,81	
Impuesto al Valor Agregado - IVA =	12%	985.312,30	
INVERSION TOTAL DEL PROYECTO =		9.196.248,11	
	Costo del Kwh	2.299,06	

La construcción de la central, se ha presupuestado en \$9.196.248,11. En este valor, ya constan los rubros aproximados por Ingeniería y Administración e Imprevistos, los cuales fueron obtenidos como un 8% y 10%, de los costos directos de construcción, respectivamente.

Para esta central de 5.73 MW, se ha calculado que su costo por KW instalado es de \$ 2.299,06.

CAPITULO 6

EVALUACIÓN ECONÓMICA

6.1. Introducción

En el presente capítulo se realiza la evaluación económica del proyecto del Río Caluma Alto, considerando la venta de energía con el mandato quince aprobado por la Asamblea Constituyente.

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, de la central.

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

6.2. 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, como se muestra en el capítulo 3. Luego se considero el escenario donde se puede vender la energía a generar.

Para el presente capítulo solo se detallara la venta de energía a un precio aprobado por el CONELEC.

Para el cálculo de la remuneración por energía de esta central, cuya potencia instalada es de 5.73 MW, se ha considerado un precio de venta de 4.50 cUSD/KWh los primeros cinco años y de 4.00 cUSD/KWh los años restantes.

Luego se multiplica el precio de venta establecido con el valor de la Energía promedio Anual (Epa) obtenida en el Capítulo 3, la cual consideramos estadísticamente constante en los 30 años de vida útil del proyecto y el precio de la energía, se ha calculado que se percibirá como ingresos anuales.

A continuación se presenta la Tabla 6.2.1. que contiene la energía y remuneración anual.

TABLA 6.2.1.- ENERGIA GENERADA E INGRESOS EN LOS 30 AÑOS DE VIDA ÚTIL DEL PROYECTO

Años	Energía Remunerada
2011	1.082,70
2012	1.082,70
2013	1.082,70
2014	1.082,70
2015	1.082,70
2016	962,40
2017	1.164,16
2018	1.164,16
2019	1.164,16
2020	1.164,16
2021	1.164,16
2022	1.164,16
2023	962,40
2024	962,40
2025	962,40
2026	962,40
2027	962,40
2028	962,40
2029	962,40
2030	962,40
2031	962,40
2032	962,40
2033	962,40
2034	962,40
2035	962,40
2036	962,40
2037	962,40
2038	962,40
2039	962,40
2040	962,40

6.3. Hipótesis de Cálculo

Una vez que se determinó el presupuesto para la construcción, y los ingresos por la venta de energía, el financiamiento se lo realizó planteando los años de vida útil, número de años de construcción, seguro, costos operativos y mantenimiento.

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.

Para la central, se consideró lo siguiente:

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

Para el financiamiento de la central, se consideró un préstamo a 12 años plazo al 10% de interés, con 2 años de gracia. Los 2 años de gracia se los da con la finalidad de otorgar al inversionista un plazo para la construcción adecuada del proyecto

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 10 años de funcionamiento de la central, se obtendrá un anticipo del 30 % para la construcción en el año cero, y el 70

% restante se receptorá en los últimos 7 años de producción mencionados.

se consideró lo siguiente:

- 1 CER = 1 TON menos de emisión de CO₂
- 1 GWh = 1090 TON de reducción de CO₂
- 1 GWh = 1090 CER
- 1 CER = \$13.9

Para el financiamiento de la central, se consideró un inversionista privado o que el estado ejecute el proyecto.

6.4. Análisis Económico

A continuación se presentan los resultados obtenidos del TIR y VAN del análisis económico de la central, con sus respectivos parámetros de evaluación.

6.5. Resumen de los parámetros para la evaluación económica

Para el estudio de esta central se ha considerado 30 años de vida útil, en los cuales se tendrá como costos anuales de operación y mantenimiento \$240.000,00 y como gastos anuales por seguro \$34.560,00

En la tabla 6.5.1. se observa un resumen de los parámetros para la evaluación.

TABLA 6.5.1.- RESUMEN DE LOS PARÁMETROS PARA LA EVALUACIÓN ECONÓMICA

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

6.6. Análisis Financiero

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, y demás parámetros para la evaluación económica.

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. Los resultados así mencionados del análisis económico son:

$$\text{TIR} = 15.74 \%$$

$$\text{VAN}(15.74\%) = \$ 559.000,00$$

Estos valores indican que el proyecto es factible para que invierta el gobierno; pero no para inversionista privado.

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.
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.

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. 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.

BIBIOGRAFIA

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

1. Cartas ArcView del Ecuador (1:250000)

Instituto Geográfico Militar – 2005

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

3. “Informe de Evaluación – Grupo 3” (Centrales Hidroeléctricas de Mediana Capacidad escrito por INECEL, Octubre de 1982).

4. <http://www.conelec.gov.ec/>

Regulación No. CONELEC – 009/06: “Precios de la energía”

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

ANEXO 1

INFORMACION PLUVIOMETRICA Y HIDROMETRICA

Estaciones pluviométricas e Hidrométricas principales de los aprovechamientos Caluma, Echeandia y Chanchan.

En la siguiente tabla se encuentran las estaciones Pluviométricas (P) y Meteorológicas (M)

N°	ESTACION	UBICACIÓN		ELEVACION m.s.n.m	INICIO DE OBSERVACIONES
		LATITUD	LONGITUD		
P1	Compud	2°20'31"S	78°56'24"W	2480	-
P2	Achupallas Chimb.	2°16'45"S	78°45'52"W	3360	I-64
P3	Huigra	2°18'00"S	78°59'00"W	1253	-
P4	Chunchi	2°16'29"S	78°55'16"W	2340	I-64
P5	Guasuntos	2°13'42"S	78°48'31"W	2550	-
P6	Alausi	2°11'47"S	78°50'45"W	2420	X-64
P7	Bucay	2°11'44"S	78°08'00"W	480	II-66
P8	Multitud	2°07'00"S	78°59'00"W	1610	VII-69
P9	Palmira	2°03'26"S	78°44'20"W	3190	I-64
P10	Guamote	1°54'50"S	78°41'45"W	3000	-
P11	Balzapamba	1°46'20"S	79°10'10"W	1920	IX-63
P12	San Miguel	1°42'00"S	79°01'00"W	2450	I-64
P13	Magdalena Coch.	1°40'00"S	79°05'00"W	2800	-
P14	Caluma	1°37'07"S	79°17'10"W	350	I-63
P15	Las Herreras	1°36'21"S	78°56'29"W	3250	I-65
P16	Echeandia	1°26'00"S	79°16'12"W	370	VI-68

P17	Calabi	1°10'11"S	79°22'25"W	190	-
P18	Moraspungo	1°10'44"S	79°12'30"W	450	X-63
P19	Ramon Campaña	1°06'39"S	79°05'08"W	1650	XI-67
P20	Pinllpacta	1°08'17"S	79°01'37"W	2360	X-63
M1	Pachamama	2°12'00"S	78°47'54"W	3600	I-63
M2	San Miguel-Bolivar	1°42'10"S	79°02'26"W	2450	I-64
M3	San Simon	1°38'37"S	78°59'40"W	2530	I-64
M4	Corazon	1°07'57"S	79°04'42"W	1560	VII-63

Tabla #1. Estaciones Pluviométricas (P) y Meteorológicas (M) Fuente: Evaluación INECEL

ESTACIONES HIDROMETRICAS (H)

N°	ESTACION	TIPO	AREA DRENAJE	INICIO DE OBSERVACIONES
H1	Angas A.J. Chanchan	LG	145	X-64
H2	Guasuntos A. J. Alausi	LM	385	VII-64
H3	Alausi A. J. Guasuntos	LM	374	VIII-64
H4	Chanchan Km 90	LG	1405	XI-64
H5	Echeandia en Echeandia	LG	378	I-65

Tabla #2. Estaciones Hidrométricas (H) Fuente: Evaluación INECEL

ANEXO 2

CAUDALES PROMEDIO MENSUALES DE LA ESTACIÓN ECHEANDIA EN ECHEANDIA

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1965	24,95	42,75	53,46	76,72	66,74	29,73	16,29	10,10	8,47	7,74	8,91	8,05
1966	21,23	37,15	32,47	22,45	16,69	11,87	9,14	8,00	5,12	5,05	4,40	4,87
1967	17,79	28,81	26,81	18,18	14,47	11,06	8,20	5,55	4,63	4,29	3,73	4,06
1968	9,99	19,28	22,11	21,09	11,29	8,34	5,65	4,56	4,10	4,06	3,67	4,15
1969	9,89	13,59	21,65	39,24	24,50	0,00	10,72	8,91	7,50	4,21	4,21	6,26
1970	18,62	27,05	23,94	31,40	28,62	15,07	9,82	8,67	7,80	6,02	4,91	6,64
1971	14,20	30,55	42,02	28,10	15,00	10,09	7,48	5,53	4,89	4,51	4,08	5,71
1972	22,97	29,00	55,65	42,82	26,20	27,89	20,57	15,22	13,09	12,13	11,46	19,36
1973	30,73	42,06	32,79	35,18	25,48	15,88	10,92	8,46	7,82	7,26	6,45	6,90
1974	11,51	25,49	29,45	18,27	19,28	11,67	8,83	7,10	6,37	6,52	6,25	11,44
1975	24,04	38,19	35,85	35,41	23,10	15,64	10,94	8,58	7,34	6,98	6,18	6,27
1976	22,66	41,73	42,41	37,10	26,04	16,22	11,09	8,34	6,96	5,91	5,82	8,09
1977	16,74	25,51	31,30	28,35	17,14	11,01	8,31	6,90	6,12	5,51	4,73	5,52
1978	15,99	25,33	29,05	30,89	22,10	12,59	8,77	1,45	2,31	5,69	4,94	6,62
1979	14,50	27,19	45,58	15,60	15,49	14,08	8,70	6,86	6,06	5,51	4,57	7,78
1980	7,81	34,16	27,70	48,43	31,47	16,74	10,00	7,46	5,84	5,21	4,73	10,61
1981	13,70	44,44	43,01	33,91	45,90	10,72	9,04	8,15	7,65	7,69	7,76	8,17
1982	20,60	39,55	30,88	25,52	16,87	11,11	9,31	6,85	6,12	8,65	34,15	53,89
1983	70,69	69,35	70,72	70,10	80,86	24,55	28,94	17,54	13,27	12,58	11,26	3,00
1984	20,19	49,69	63,84	44,84	27,39	13,09	9,96	7,47	9,99	5,82	4,46	9,33
1985	22,28	25,04	43,14	25,01	18,94	10,88	8,48	7,41	6,91	9,10	8,80	6,73
1986	20,99	31,05	28,75	35,95	21,37	11,07	8,15	6,78	7,04	6,95	6,76	6,63
1987	26,52	45,34	56,07	50,43	42,12	17,19	8,54	6,06	4,35	3,48	3,52	4,10
1988	21,62	48,65	36,13	36,51	32,74	12,13	7,24	5,02	3,87	3,35	2,97	3,30
1989	25,90	56,03	54,66	48,15	30,26	14,33	9,61	6,83	5,54	5,71	7,01	6,92
1990	9,18	29,33	24,61	32,21	20,89	11,77	7,93	5,93	4,69	4,27	3,74	5,90
1991	13,01	40,71	37,18	31,99	23,63	12,51	8,27	5,95	4,82	4,11	3,81	6,12
1992	27,68	50,27	74,76	59,07	49,44	25,93	11,17	6,59	4,39	3,52	3,17	3,77
1993	10,49	50,47	57,93	55,58	32,62	13,93	7,53	5,35	4,27	3,17	7,14	5,13
1994	22,30	45,64	40,05	46,89	25,36	9,91	5,35	3,82	3,44	2,60	2,46	6,27
1995	21,59	40,42	21,57	24,09	13,41	9,00	6,75	6,13	3,89	3,15	3,21	3,44
1996	11,44	45,94	39,41	29,10	16,87	8,72	6,54	3,77	3,06	2,80	2,95	3,36
1997	13,43	29,74	40,66	34,18	28,93	24,42	12,33	11,67	12,83	16,14	29,61	41,55
1998	43,68	44,57	39,93	43,18	29,43	10,86	9,36	7,75	7,36	5,10	7,02	2,80
1999	10,81	41,91	42,00	34,59	37,43	44,15	36,30	44,31	38,46	28,92	7,02	8,90

CAUDALES PROMEDIO MENSUALES DEL PROYECTO CALUMA BAJO

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1965	14,01	24,01	30,02	43,08	37,48	16,69	9,15	5,67	4,75	4,35	5,00	4,52
1966	11,92	20,86	18,23	12,61	9,37	6,67	5,13	4,49	2,88	2,83	2,47	2,74
1967	9,99	16,18	15,06	10,21	8,13	6,21	4,61	3,12	2,60	2,41	2,09	2,28
1968	5,61	10,83	12,42	11,84	6,34	4,68	3,18	2,56	2,30	2,28	2,06	2,33
1969	5,55	7,63	12,16	22,03	13,76	0,00	6,02	5,00	4,21	2,36	2,36	3,52
1970	10,46	15,19	13,44	17,63	16,07	8,46	5,51	4,87	4,38	3,38	2,76	3,73
1971	7,97	17,16	23,59	15,78	8,42	5,67	4,20	3,11	2,75	2,53	2,29	3,21
1972	12,90	16,28	31,25	24,05	14,71	15,66	11,55	8,55	7,35	6,81	6,43	10,87
1973	17,26	23,62	18,41	19,76	14,31	8,92	6,13	4,75	4,39	4,08	3,62	3,88
1974	6,47	14,31	16,54	10,26	10,83	6,55	4,96	3,99	3,58	3,66	3,51	6,42
1975	13,50	21,45	20,13	19,88	12,97	8,78	6,15	4,82	4,12	3,92	3,47	3,52
1976	12,73	23,44	23,82	20,83	14,62	9,11	6,23	4,68	3,91	3,32	3,27	4,55
1977	9,40	14,33	17,58	15,92	9,63	6,18	4,67	3,88	3,43	3,10	2,65	3,10
1978	8,98	14,23	16,31	17,35	12,41	7,07	4,92	0,81	1,30	3,20	2,77	3,72
1979	8,14	15,27	25,59	8,76	8,70	7,90	4,88	3,85	3,40	3,09	2,57	4,37
1980	4,39	19,18	15,56	27,19	17,67	9,40	5,62	4,19	3,28	2,93	2,65	5,96
1981	7,69	24,96	24,15	19,04	25,78	6,02	5,08	4,58	4,30	4,32	4,36	4,59
1982	11,57	22,21	17,34	14,33	9,47	6,24	5,23	3,85	3,44	4,85	19,18	30,26
1983	39,69	38,94	39,71	39,36	45,40	13,79	16,25	9,85	7,45	7,07	6,32	1,68
1984	11,34	27,91	35,85	25,18	15,38	7,35	5,59	4,20	5,61	3,27	2,50	5,24
1985	12,51	14,06	24,23	14,04	10,64	6,11	4,76	4,16	3,88	5,11	4,94	3,78
1986	11,79	17,44	16,14	20,19	12,00	6,21	4,58	3,81	3,95	3,90	3,79	3,72
1987	14,89	25,46	31,49	28,32	23,65	9,65	4,80	3,40	2,44	1,95	1,97	2,30
1988	12,14	27,32	20,29	20,50	18,39	6,81	4,07	2,82	2,17	1,88	1,67	1,85
1989	14,54	31,47	30,69	27,04	16,99	8,05	5,40	3,84	3,11	3,21	3,94	3,88
1990	5,15	16,47	13,82	18,09	11,73	6,61	4,45	3,33	2,63	2,40	2,10	3,31
1991	7,31	22,86	20,88	17,96	13,27	7,03	4,64	3,34	2,70	2,31	2,14	3,43
1992	15,55	28,23	41,98	33,17	27,76	14,56	6,27	3,70	2,46	1,98	1,78	2,12
1993	5,89	28,34	32,53	31,21	18,32	7,82	4,23	3,00	2,40	1,78	4,01	2,88
1994	12,52	25,63	22,49	26,33	14,24	5,56	3,00	2,15	1,93	1,46	1,38	3,52
1995	12,13	22,70	12,11	13,53	7,53	5,06	3,79	3,44	2,18	1,77	1,80	1,93
1996	6,42	25,80	22,13	16,34	9,47	4,90	3,67	2,12	1,72	1,57	1,66	1,89
1997	7,54	16,70	22,83	19,20	16,25	13,71	6,92	6,55	7,20	9,06	16,63	23,33
1998	24,53	25,03	22,42	24,25	16,53	6,10	5,26	4,35	4,13	2,86	3,94	1,57
1999	6,07	23,54	23,58	19,42	21,02	24,79	20,38	24,88	21,60	16,24	3,94	5,00

CAUDALES PROMEDIO MENSUALES DEL RIO TABLAS

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1965	2,65	4,54	5,67	8,14	7,08	3,15	1,73	1,07	0,90	0,82	0,95	0,85
1966	2,25	3,94	3,45	2,38	1,77	1,26	0,97	0,85	0,54	0,54	0,47	0,52
1967	1,89	3,06	2,85	1,93	1,54	1,17	0,87	0,59	0,49	0,46	0,40	0,43
1968	1,06	2,05	2,35	2,24	1,20	0,89	0,60	0,48	0,44	0,43	0,39	0,44
1969	1,05	1,44	2,30	4,16	2,60	0,00	1,14	0,95	0,80	0,45	0,45	0,66
1970	1,98	2,87	2,54	3,33	3,04	1,60	1,04	0,92	0,83	0,64	0,52	0,70
1971	1,51	3,24	4,46	2,98	1,59	1,07	0,79	0,59	0,52	0,48	0,43	0,61
1972	2,44	3,08	5,91	4,54	2,78	2,96	2,18	1,62	1,39	1,29	1,22	2,05
1973	3,26	4,46	3,48	3,73	2,70	1,69	1,16	0,90	0,83	0,77	0,68	0,73
1974	1,22	2,71	3,13	1,94	2,05	1,24	0,94	0,75	0,68	0,69	0,66	1,21
1975	2,55	4,05	3,81	3,76	2,45	1,66	1,16	0,91	0,78	0,74	0,66	0,67
1976	2,41	4,43	4,50	3,94	2,76	1,72	1,18	0,89	0,74	0,63	0,62	0,86
1977	1,78	2,71	3,32	3,01	1,82	1,17	0,88	0,73	0,65	0,59	0,50	0,59
1978	1,70	2,69	3,08	3,28	2,35	1,34	0,93	0,15	0,25	0,60	0,52	0,70
1979	1,54	2,89	4,84	1,66	1,64	1,49	0,92	0,73	0,64	0,58	0,49	0,83
1980	0,83	3,63	2,94	5,14	3,34	1,78	1,06	0,79	0,62	0,55	0,50	1,13
1981	1,45	4,72	4,56	3,60	4,87	1,14	0,96	0,86	0,81	0,82	0,82	0,87
1982	2,19	4,20	3,28	2,71	1,79	1,18	0,99	0,73	0,65	0,92	3,62	5,72
1983	7,50	7,36	7,51	7,44	8,58	2,61	3,07	1,86	1,41	1,34	1,19	0,32
1984	2,14	5,27	6,78	4,76	2,91	1,39	1,06	0,79	1,06	0,62	0,47	0,99
1985	2,36	2,66	4,58	2,65	2,01	1,16	0,90	0,79	0,73	0,97	0,93	0,71
1986	2,23	3,30	3,05	3,82	2,27	1,17	0,86	0,72	0,75	0,74	0,72	0,70
1987	2,82	4,81	5,95	5,35	4,47	1,82	0,91	0,64	0,46	0,37	0,37	0,44
1988	2,29	5,16	3,83	3,88	3,47	1,29	0,77	0,53	0,41	0,36	0,31	0,35
1989	2,75	5,95	5,80	5,11	3,21	1,52	1,02	0,72	0,59	0,61	0,74	0,73
1990	0,97	3,11	2,61	3,42	2,22	1,25	0,84	0,63	0,50	0,45	0,40	0,63
1991	1,38	4,32	3,95	3,39	2,51	1,33	0,88	0,63	0,51	0,44	0,40	0,65
1992	2,94	5,34	7,93	6,27	5,25	2,75	1,19	0,70	0,47	0,37	0,34	0,40
1993	1,11	5,36	6,15	5,90	3,46	1,48	0,80	0,57	0,45	0,34	0,76	0,54
1994	2,37	4,84	4,25	4,98	2,69	1,05	0,57	0,41	0,37	0,28	0,26	0,67
1995	2,29	4,29	2,29	2,56	1,42	0,96	0,72	0,65	0,41	0,33	0,34	0,36
1996	1,21	4,88	4,18	3,09	1,79	0,93	0,69	0,40	0,33	0,30	0,31	0,36
1997	1,43	3,16	4,32	3,63	3,07	2,59	1,31	1,24	1,36	1,71	3,14	4,41
1998	4,64	4,73	4,24	4,58	3,12	1,15	0,99	0,82	0,78	0,54	0,75	0,30
1999	1,15	4,45	4,46	3,67	3,97	4,69	3,85	4,70	4,08	3,07	0,75	0,94

CAUDALES PROMEDIO MENSUALES DEL RIO ESCALERAS

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1965	3,17	5,42	6,78	9,73	8,46	3,77	2,07	1,28	1,07	0,98	1,13	1,02
1966	2,69	4,71	4,12	2,85	2,12	1,51	1,16	1,01	0,65	0,64	0,56	0,62
1967	2,26	3,65	3,40	2,31	1,84	1,40	1,04	0,70	0,59	0,54	0,47	0,52
1968	1,27	2,45	2,80	2,67	1,43	1,06	0,72	0,58	0,52	0,51	0,47	0,53
1969	1,25	1,72	2,75	4,98	3,11	0,00	1,36	1,13	0,95	0,53	0,53	0,79
1970	2,36	3,43	3,04	3,98	3,63	1,91	1,25	1,10	0,99	0,76	0,62	0,84
1971	1,80	3,87	5,33	3,56	1,90	1,28	0,95	0,70	0,62	0,57	0,52	0,72
1972	2,91	3,68	7,06	5,43	3,32	3,54	2,61	1,93	1,66	1,54	1,45	2,46
1973	3,90	5,33	4,16	4,46	3,23	2,01	1,38	1,07	0,99	0,92	0,82	0,88
1974	1,46	3,23	3,73	2,32	2,45	1,48	1,12	0,90	0,81	0,83	0,79	1,45
1975	3,05	4,84	4,55	4,49	2,93	1,98	1,39	1,09	0,93	0,89	0,78	0,80
1976	2,87	5,29	5,38	4,71	3,30	2,06	1,41	1,06	0,88	0,75	0,74	1,03
1977	2,12	3,24	3,97	3,60	2,17	1,40	1,05	0,88	0,78	0,70	0,60	0,70
1978	2,03	3,21	3,68	3,92	2,80	1,60	1,11	0,18	0,29	0,72	0,63	0,84
1979	1,84	3,45	5,78	1,98	1,97	1,79	1,10	0,87	0,77	0,70	0,58	0,99
1980	0,99	4,33	3,51	6,14	3,99	2,12	1,27	0,95	0,74	0,66	0,60	1,35
1981	1,74	5,64	5,45	4,30	5,82	1,36	1,15	1,03	0,97	0,98	0,98	1,04
1982	2,61	5,02	3,92	3,24	2,14	1,41	1,18	0,87	0,78	1,10	4,33	6,84
1983	8,97	8,80	8,97	8,89	10,26	3,11	3,67	2,23	1,68	1,60	1,43	0,38
1984	2,56	6,30	8,10	5,69	3,47	1,66	1,26	0,95	1,27	0,74	0,57	1,18
1985	2,83	3,18	5,47	3,17	2,40	1,38	1,08	0,94	0,88	1,15	1,12	0,85
1986	2,66	3,94	3,65	4,56	2,71	1,40	1,03	0,86	0,89	0,88	0,86	0,84
1987	3,36	5,75	7,11	6,40	5,34	2,18	1,08	0,77	0,55	0,44	0,45	0,52
1988	2,74	6,17	4,58	4,63	4,15	1,54	0,92	0,64	0,49	0,42	0,38	0,42
1989	3,28	7,11	6,93	6,11	3,84	1,82	1,22	0,87	0,70	0,72	0,89	0,88
1990	1,16	3,72	3,12	4,09	2,65	1,49	1,01	0,75	0,59	0,54	0,47	0,75
1991	1,65	5,16	4,72	4,06	3,00	1,59	1,05	0,75	0,61	0,52	0,48	0,78
1992	3,51	6,38	9,48	7,49	6,27	3,29	1,42	0,84	0,56	0,45	0,40	0,48
1993	1,33	6,40	7,35	7,05	4,14	1,77	0,96	0,68	0,54	0,40	0,91	0,65
1994	2,83	5,79	5,08	5,95	3,22	1,26	0,68	0,48	0,44	0,33	0,31	0,80
1995	2,74	5,13	2,74	3,06	1,70	1,14	0,86	0,78	0,49	0,40	0,41	0,44
1996	1,45	5,83	5,00	3,69	2,14	1,11	0,83	0,48	0,39	0,36	0,37	0,43
1997	1,70	3,77	5,16	4,34	3,67	3,10	1,56	1,48	1,63	2,05	3,76	5,27
1998	5,54	5,65	5,06	5,48	3,73	1,38	1,19	0,98	0,93	0,65	0,89	0,36
1999	1,37	5,32	5,33	4,39	4,75	5,60	4,60	5,62	4,88	3,67	0,89	1,13

ANEXO 3

