

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN Y
OPERACIÓN DE UNA MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA (MCH)
EN LA SUB CUENCA DEL RÍO PALORA.**

GABRIEL ALEJANDRO VILLABLANCA ROBLES

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título del título de
Ingeniero Civil.

Cumbayá, 2 de mayo de 2011

DEDICATORIA

Para las personas más importantes en mi vida mis padres, por ser una guía constante, por amarme incondicionalmente, por enseñarme a luchar en la vida, por todas esas cosas, toda mi carrera universitaria se las dedico a ellos.

Gabriel.

AGRADECIMIENTO

A mis padres por estar motivándome durante toda mi carrera universitaria, y brindándome su apoyo en cada etapa de mi vida.

A mi hermano por estar junto a mí como un ejemplo en mi vida.

A mi director de tesis Ing. Miguel Araque por todo su apoyo y sus conocimientos para el desarrollo de la tesis.

A la Universidad San Francisco de Quito por la educación tan privilegiada que me dio durante toda mi carrera universitaria.

RESUMEN

El presente estudio se ha realizado siguiendo de cerca la metodología de Preparación y Evaluación de Proyectos y utilizando además de los conocimientos propios de Ingeniería Civil las técnicas para desarrollar un modelo de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el software más popular en este campo, como es ArcGis versión 9.3.

Se desarrolló el modelo SIG para analizar las posibles localizaciones para construir una mini central hidroeléctrica (MCH) basado en la cartografía digital para la subcuenca del Río Palora con las cartas temáticas correspondientes a las variables más relevantes.

Luego de analizar el mercado del sector eléctrico nacional se concluye que el proyecto de la MCH es viable en este aspecto, como también es viable en los aspectos técnicos para diseñar una presa en el lugar seleccionado y las construcciones indispensables para el buen funcionamiento de la central.

Finalmente, desde el punto de vista de la Ingeniería Económica el proyecto es perfectamente viable, como se demuestra con los respectivos indicadores financieros, y también lo sería en relación con el entorno ambiental.

Anexo al texto se presenta un conjunto de mapas en ArcGis y planos en Autocad con todo el detalle necesario para visualizar los alcances del proyecto.

ABSTRACT

This study was carried out following closely the methodology of preparation and evaluation of projects and using in addition to the expertise of Civil Engineering, techniques to develop a Geographic Information Systems (GIS) and the most popular software in this field, such as ArcGIS version 9.3.

GIS model was developed to analyze the possible locations to build a mini hydroelectric plant (MHP), based on digital mapping for the sub basin of Palora River with thematic maps for the most relevant variables.

After analyzing the market for domestic electricity sector it concluded that the MHP project is viable in this regard, as it is feasible to design the technical aspects of a dam on the chosen site and buildings essential to the smooth functioning of the central.

Finally, from the point of view of economic engineering project is perfectly feasible, as evidenced by the respective financial indicators, and so would be in relation with the environment.

Attached to the text it presents a set of maps in ArcGIS and Autocad drawings full of detail necessary to display the scope of the project.

INDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 SELECCIÓN DEL TEMA DE ESTUDIO.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO.	2
1.3 OBJETIVO FINAL DEL PROYECTO.....	2
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO.....	3
1.5 CLASIFICACIÓN DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS.	3
2. BREVE ANÁLISIS DEL SECTOR ELÉCTRICO NACIONAL	4
2.1 ENTIDADES PÚBLICAS Y PRIVADAS QUE PARTICIPAN EN EL SECTOR..... ELÉCTRICO.....	4
2.2 GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN EL PAÍS.	6
2.3 ELECTRICIDAD OBTENIDA DEL EXTRANJERO.....	7
2.4 GENERACIÓN NACIONAL DE ELECTRICIDAD POR TIPO DE FUENTES.....	7
2.5 DEMANDA NACIONAL DE ELECTRICIDAD POR TIPO DE USUARIOS.	9
2.6 DEMANDA INSATISFECHA RESPECTO A LA GENERACIÓN NACIONAL.....	10
2.7 PROYECTOS HIDRÁULICOS EN PROCESO DE EJECUCIÓN O DE ESTUDIOS.	10
2.8 PROYECCIÓN DE LA OFERTA PARA LOS PRÓXIMOS 20 AÑOS	12
2.9 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA PARA LOS PRÓXIMOS 20 AÑOS.	12
2.10 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA INSATISFECHA DE ELECTRICIDAD.	13
3. BREVE DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA DE LA SUB CUENCA DEL RÍO PALORA.	14
.....	14
3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	14
3.2 ASPECTOS BIOFÍSICOS.	14
3.3 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS DE LA SUB CUENCA.	17
4. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE LA SUB CUENCA DEL RÍO PALORA	24
4.1 RÉGIMEN DE PRECIPITACIONES EN LA SUB CUENCA	24
4.2 IMPORTANCIA RELATIVA RESPECTO A OTRAS LOCALIDADES.....	25
4.3 CARACTERÍSTICAS HÍDRICAS DEL RÍO PALORA.....	25
4.4 METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS	26
5. ANÁLISIS DE LOCALIZACIÓN DE LA MCH MEDIANTE UN SIG.	30
.....	30
5.1 CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA EL DISEÑO DEL MODELO CARTOGRÁFICO EN UN SIG.....	30
5.2 APLICACIÓN DEL MODELO EN EL SIG.....	33
5.3 ESTIMACIÓN DE CAUDALES EN DIFERENTES TRAMOS.....	36
5.4 SELECCIÓN DE LA LOCALIZACIÓN MÁS ADECUADA.....	38
6. DISEÑO DE INGENIERÍA CIVIL	41
6.1 CONFIGURACIONES MÁS CONOCIDAS PARA MCH Y PCH.	41

6.2	EVALUACIÓN DEL TERRENO.....	45
6.3	DESVIACIÓN PROVISIONAL DEL CAUDAL DURANTE LA CONSTRUCCIÓN.	46
6.4	DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE DOS ATAGUÍAS.....	48
6.5	DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE LA PRESA.....	49
7.	ANÁLISIS DEL TIPO DE TURBINA Y GENERADOR MÁS ADECUADO.....	50
7.1	ANÁLISIS DEL CAUDAL Y SALTO DISPONIBLE.....	50
7.2	SELECCIÓN TÉCNICA DEL TIPO DE TURBINA Y GENERADOR.....	51
7.3	SELECCIÓN ECONÓMICA DEL TIPO DE TURBINA Y GENERADOR.	52
8.	DISEÑO Y COSTOS DE OBRAS, INSTALACIONES Y EQUIPAMIENTO.....	54
8.1	DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE LA CASA DE MÁQUINAS.....	54
8.2	DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DEL CAMPAMENTO.....	54
8.3	SISTEMA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA.....	55
8.4	COSTOS DE OBRAS CIVILES.....	58
8.5	COSTO DEL EQUIPAMIENTO.....	60
8.6	COSTOS TOTALES DE INVERSIÓN INICIAL.....	61
9.	ANÁLISIS DE VIABILIDAD MEDIANTE INGENIERÍA ECONÓMICA.....	62
9.1	ESTIMACIÓN DE LOS INGRESOS ESPERADOS.....	62
9.2	ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN.....	63
9.3	DEPRECIACIÓN DE ACTIVOS FIJOS.....	64
9.4	FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO.....	64
10.	ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE IMPACTOS AMBIENTALES.....	68
10.1	IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS.....	68
10.2	IMPACTOS AMBIENTALES POSITIVOS.....	70
11.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	73
11.1	CONCLUSIONES.....	73
11.2	RECOMENDACIONES.....	74
12.	BIBLIOGRAFÍA.....	77
13.	ANEXOS.....	779

ÍNDICE DE TABLAS

1.1	Clasificación de Centrales Hidroeléctricas menores según potencias y saltos.....	3
2.1	Empresas nacionales de distribución de electricidad.....	4
2.2	Empresas nacionales de generación de electricidad.....	6
2.3	Generación nacional de electricidad por tipo de fuente, Potencia nominal y efectiva.....	8
3.1	Población de centros poblados principales de la sub cuenca del Río Palora.....	18
3.2	Distribución de la población del Cantón Palora por parroquia...	18
3.3	Distribución de la población por edad.....	19
3.4	Tasa de analfabetismo por sexo y área.....	19
3.5	Porcentajes de la población según niveles de instrucción.....	20
3.6	Población ocupada, por grupos de edad.....	20
3.7	Distribución por grupos de ocupación.....	20
3.8	Población según ramas de actividad.....	21
3.9	Situación conyugal de la población.....	21
3.10	Abastecimiento de agua en viviendas.....	21
3.11	Eliminación de aguas servidas.....	22
3.12	Principal combustible para cocinar.....	22
3.13	Tipo de tenencia de la vivienda.....	22
3.14	Servicio telefónico.....	22
3.15	Tipo de vivienda por parroquia.....	23
4.1	Mayores niveles de precipitación en cuenca del Pastaza.....	25
4.2	Caudales clasificados por orden de magnitud.....	28
5.1	Mediciones directas de profundidad, ancho del río y cálculo de Radios Hidráulicos.....	37
5.2	Coordenadas de localizaciones preliminares de referencia...	37
5.3	Pendientes entre localizaciones preliminares.....	38
5.4	Radios hidráulicos y caudales en localizaciones A, B, C.....	38
5.5	Caudal aprovechable en función del área de la tubería y Potencia esperada.....	39
8.1	Distribución espacial de la casa de máquinas.....	54
8.2	Distribución espacial del campamento.....	54
8.3	Costos de la transmisión eléctrica.....	56
8.4	Costos de las obras civiles.....	59
8.5	Resumen de la inversión inicial total.....	61
9.1	Estimación de costos de operación.....	64
9.2	Cuota de depreciación de activos fijos.....	64
9.3	Flujo de Caja del Proyecto.....	65

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 2.1: Participación porcentual de la electricidad facturada en el año 2009	5
CUADRO 2.2: Proyecto Hidroeléctrico Paute integral.....	7
CUADRO 2.3: Importancia relativa de las fuentes de generación de electricidad. Oferta en el año 2009, en GWh.....	9
CUADRO 2.4: Consumo nacional de electricidad por tipo de usuario.....	9
CUADRO 7.1: Estructura de la Inversión en MCH y PCH.....	52
CUADRO 10.1: Comparación entre fuentes energéticas.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 6.1: Mini central hidroeléctrica de monte.....	41
Figura 6.2: Aprovechamiento de una PCH de agua fluyente.....	42
Figura 6.3: Disposición en sifón de la toma de agua.....	43
Figura 6.4: Instalación de una PCH en una red de agua potable.....	44
Figura 6.5: Esquema de azudes de hormigón.....	46
Figura 6.6: Esquema de azudes de escollera.....	47
Figura 6.7: Esquema de azudes de tierra.....	47
Figura 6.8: Esquema de ataguía de tierra y piedras.....	49
Figura 7.1: Selección de turbinas mediante nomograma.....	51

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Plano reducido del Embalse y edificaciones.....	80
ANEXO 2: Plano reducido del Desvío provisional y ataguías.....	81
ANEXO 3: Plano reducido de la Casa de máquinas.....	82
ANEXO 4: Plano reducido de la Represa corte A-A.....	83
ANEXO 5: Plano reducido de la Represa corte B-B.....	84
ANEXO 6: Plano reducido de la Represa vista frontal.....	85
ANEXO 7: Plano reducido del Campamento- Dormitorios Secundarios.....	86
ANEXO 8: Plano reducido del Campamento- Dormitorios Principales.....	87
ANEXO 9: Plano reducido del Campamento- Oficinas.....	88
ANEXO 10: Plano reducido del Campamento- Cocina y comedor personal general.....	89
ANEXO 11: Plano reducido del Campamento- Taller de maestranza.....	90
ANEXO 12: Plano reducido del Campamento- Almacén.....	91
ANEXO 13: Turbina Kaplan horizontal y Generador.....	92
ANEXO 14: Flujo de agua en turbina Kaplan.....	93
ANEXO 15: Esquema general de configuración.....	94
ANEXO 16: Plano en A2 de la Sub Cuenca del Río Palora.....	95
ANEXO 17: Plano en A2 del Embalse, y edificaciones.....	96
ANEXO 18: Plano en A2 del Desvío provisional y ataguías.....	97
ANEXO 19: Plano en A2 de la Casa de Máquinas.....	98
ANEXO 20: Plano en A2 de la Represa.....	99
ANEXO 21: Plano en A2 del Campamento.....	100

1. INTRODUCCIÓN

En este primer capítulo se entrega información general, pero relevante, sobre el presente proyecto.

1.1 SELECCIÓN DEL TEMA DE ESTUDIO.

Es usual que este tipo de documentos se redacte en tercera persona, pero en esta primera sección se hará necesariamente una excepción.

Cuando tenía unos 12 años de edad tuve la oportunidad de visitar con unos familiares las instalaciones de la Central Hidroeléctrica Poza Honda en Manabí. Empezamos de mañana recorriendo algunos tramos de la represa, justo cuando se estaba dejando salir agua por los aliviaderos. Después estuvimos en el área de las turbinas y otras instalaciones. Por la tarde nos subimos a una lancha con motor fuera de borda para explorar las orillas del embalse. Mientras navegábamos un técnico tomó una muestra del agua superficial en un frasco y nos mostró además la abundante vegetación a flor de agua de gran parte de la superficie de la represa. Nos detuvimos en una orilla para ver como el ganado bebía agua y como unos campesinos lavaban un viejo camión bastante sucio. Más allá vimos un grupo de gente adulta y niños mirando un animal muerto y en proceso de descomposición, medio sumergido en el agua.

De regreso a casa, luego de visitar tres estaciones de bombeo, creo recordar algunas cosas que se dijeron ese día, especialmente que son ingenieros civiles los responsables de diseñar y construir ese tipo de obras e instalaciones tan importantes para un país, ya que se trataba de un proyecto de propósito múltiple, es decir, para generación de electricidad, provisión de agua para riego y suministro de agua potable. Ahora, ya próximo a egresar de la carrera de Ingeniería Civil de la USFQ, me doy cuenta que un proyecto puede estar bien concebido y ejecutado, pero si la operación es deficiente y no se respetan las indicaciones proporcionadas por quienes fueron responsables del diseño y ejecución, el proyecto no podrá entregar en forma eficiente a la comunidad el servicio para el cual se invirtió tanto tiempo y dinero.

Evidentemente este es un motivo más bien emocional para la selección del presente tema para el proyecto de grado, por supuesto en una escala muchísimo más reducida, pero basado en similares principios.

Por otra parte y quizás lo más importante, es un hecho de sobra conocido que nuestro país desde hace varias décadas tiene un déficit de generación de electricidad respecto a la demanda creciente. Es cierto que se encuentran en proceso de estudio o ejecución algunos grandes proyectos hidroeléctricos, pero en cambio, en cuanto se refiere a micro, mini, y pequeñas centrales hidroeléctricas, no existe una programación del sector público para este tipo de instalaciones en el área seleccionada, pese a que se trata de explotar una fuente de energía renovable, y con impactos ambientales mínimos o insignificantes y que nuestro país dispone de importantes recursos hídricos. Por otra parte, en la actualidad hay países de la Unión Europea, tales como: Italia, Francia, Alemania, España, Suecia y Austria (en ese orden de importancia), que cuentan con centenares de instalaciones hidroeléctricas correspondientes a pequeñas y mini centrales, contando con un potencial hídrico similar o inferior al nuestro.

1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO.

La presente propuesta es válida en la medida en que se estudie su viabilidad técnica y económica, para poder tomar una decisión de implementar o no el proyecto, de acuerdo a los resultados de la factibilidad técnica y económica.

Adicionalmente, la metodología que se utilizará puede servir de modelo para la selección de otras localizaciones en sub cuencas del territorio nacional, que tengan similares características, para la construcción y operación de este tipo de instalaciones, contribuyendo a la disminución del déficit de generación de electricidad que afecta a la economía del país.

1.3 OBJETIVO FINAL DEL PROYECTO

Consiste en analizar a nivel de pre Factibilidad Técnica y Económica la construcción y operación de una Mini Central Hidroeléctrica (MCH) en la macro localización propuesta, es decir en la sub cuenca del Río Palora.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO.

Fundamentalmente se trata de lograr los siguientes resultados:

- a) Elaborar los estudios para la micro localización de la MCH.
- b) Generar una base de datos geográfica (espacial y de atributos).
- c) Realizar los estudios de Ingeniería Civil para las construcciones e instalaciones en el sitio seleccionado.
- d) Desarrollar el estudio de Ingeniería Económica para analizar la viabilidad Económica del proyecto, a nivel de pre factibilidad.

1.5 CLASIFICACIÓN DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS.

En la actualidad existe gran diferencia de criterios para la clasificación de las centrales hidroeléctricas entre diferentes países que se consideren, tales como Inglaterra, España, Estados Unidos y también en América Latina. Por este motivo, se ha decidido recurrir a la clasificación propuesta por la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), tal como se muestra en el cuadro siguiente. Sin embargo, de acuerdo a los resultados que se presentan en capítulos posteriores, el estudio podría enfocarse a la construcción de una o varias pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH).

Tabla. 1.1 Clasificación de Centrales Hidroeléctricas menores según potencias y saltos.

	Potencia Kw	SALTO (metros)		
		BAJO	MEDIO	ELEVADO
Micro centrales	1 - 50	menos de 15	15 - 50	más de 50
Mini centrales	51 - 500	menos de 20	20 - 100	más de 100
Pequeñas Centrales	501 - 5.000	menos de 25	25 - 130	más de 130

FUENTE: Metodología Sintética para el Cálculo y Especificación

Preliminar de Micro centrales Hidroeléctricas, OLADE, 1981

2. BREVE ANÁLISIS DEL SECTOR ELÉCTRICO NACIONAL.

Se analiza en el presente capítulo diversos aspectos relacionados con el funcionamiento del sector eléctrico nacional.

2.1 ENTIDADES PÚBLICAS Y PRIVADAS QUE PARTICIPAN EN EL SECTOR ELÉCTRICO.

El sector eléctrico nacional, desde el punto de vista de la oferta, está integrado por tres áreas, que son: Generación, Transmisión, y Distribución.

En términos rigurosos no existe “generación” de electricidad, sino conversión energética, ya que la energía no puede crearse, sino sólo transformarse porque existe en el Universo desde su origen, pero es totalmente aceptable en el ámbito de la ingeniería usar el concepto generación.

En el área de generación participan empresas públicas y privadas, con una mayor importancia de las primeras, debido a la operación de grandes centrales hidroeléctricas (CHE).

El detalle de las empresas distribuidoras se muestra en la tabla siguiente.

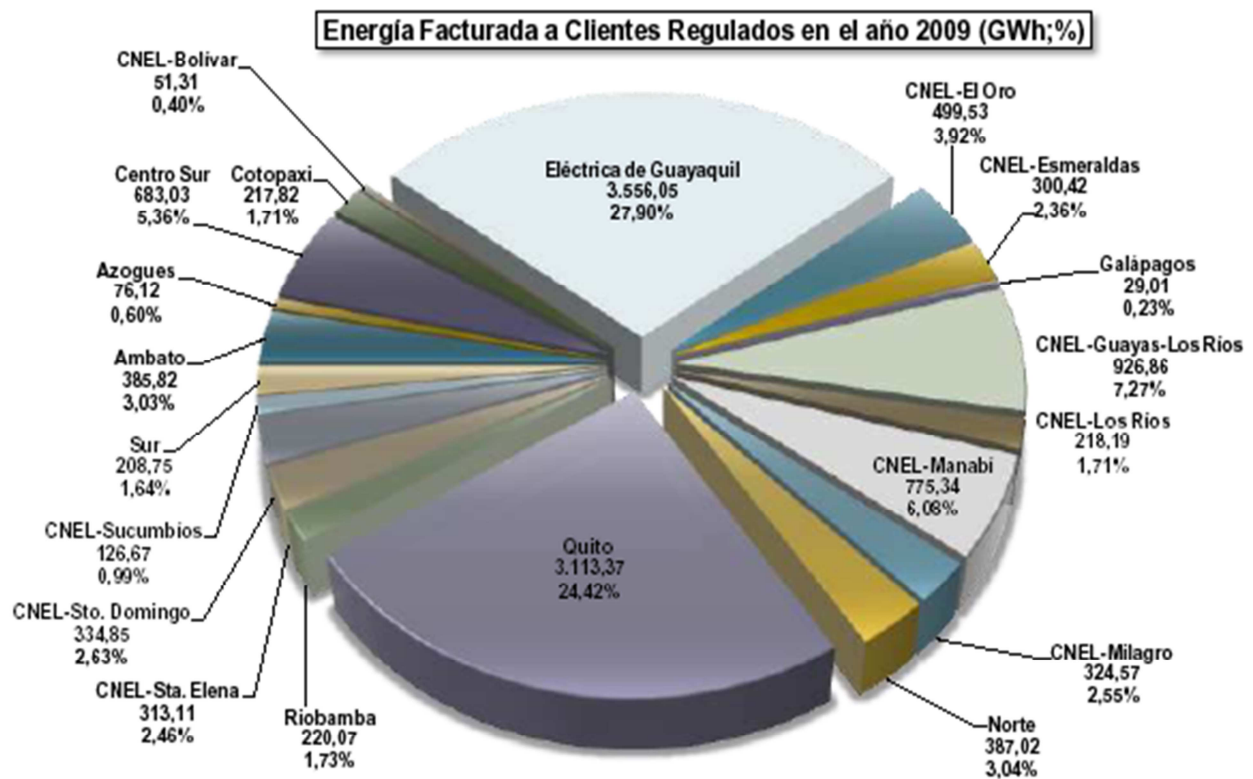
Tabla 2.1: Empresas nacionales de distribución de electricidad

DISTRIBUCIÓN	
AMBATO	CNEL-ESMERALDAS
AZOGUES	NORTE
SUR	CNEL-SANTO DOMINGO
CNEL-SUCUMBÍOS	CATEG-D
CNEL-MANABÍ	COTOPAXI
CNEL-LOS RÍOS	QUITO
RIOBAMBA	GALÁPAGOS
CENTROSUR	CNEL-GUAYAS LOS RÍOS
CNEL-MILAGRO	CNEL-EL ORO
CNEL-BOLÍVAR	CNEL-SANTA ELENA

FUENTE: CONELEC, Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano, Resumen del año 2009

La forma de participación en la distribución se muestra en el cuadro siguiente.

CUADRO 2.1: Participación porcentual de la electricidad facturada en el año 2009



FUENTE: CONELEC, Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano, Resumen del año 2009, mayo del 2010.

En cuanto a la transmisión, ésta se realiza por medio de las redes del Sistema Nacional de Transmisión TRANSELECTRIC S.A, entidad que está a cargo del denominado Sistema Nacional Interconectado (SNI).

La Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC S.A. estaba integrada por 5 empresas de generación: Electroguayas, Hidroagoyán, Hidropaute S.A, Termoesmeraldas S.A, Termopichincha S.A.; y una empresa de transmisión, Transelectric S.A.

En Enero de 2010, mediante Decreto Ejecutivo 114 se crea la Empresa Pública Estratégica Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP, integrando a todas las empresas anotadas y también a Hidronación S.A.

2.2 GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN EL PAÍS.

La generación de electricidad en todo el territorio nacional se efectúa por medio de las entidades que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2.2: Empresas nacionales de generación de electricidad

GENERACIÓN	
CELEC-Electroguayas	EMAAP-Q
CELEC-Hidroagoyán	Eolicsa
CELEC-Hidropaute	Generoca
CELEC-Termoesmeraldas	Hidronación
CELEC-Termopichincha	Hidropastaza
Ecoluz	Hidrosibimbi
Elecaastro	Termoguayas
Electroquil	Machala Power

FUENTE: CONELEC, Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano, Resumen del año 2009, mayo del 2010.

En el país se encuentran en la fase de ejecución o estudios una gran cantidad de proyectos, sin embargo el más importante por la capacidad de generación es el Proyecto Hidroeléctrico Paute Integral, que contaría con una potencia conjunta de 2.147 MW, integrando 4 grandes proyectos, tal como puede apreciarse de la información proporcionada en el cuadro siguiente.

CUADRO 2.2: Proyecto Hidroeléctrico Paute integral

Configuración Técnica del Proyecto

	Mazar	Molino	Sopladora	Cardenillo
Estado	En operación	En operación	Fase final de Contratación	Desarrollo de Estudios
Potencia	160 MW	1100 MW	487 MW	400 MW
Altura Neta	159 m	660 m	363 m	298 m
Caudal de diseño	141.1 m ³ /s	200 m ³ /s	150 m ³ /s	150 m ³ /s
Producción anual estimada	800 GWh	4 900 GWh	2 700 GWh	2200 GWh
Presa	CFRD	Arco - gravedad	no	no
Turbina	Francis	Pelton	Francis	Francis

FUENTE: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable

2.3 ELECTRICIDAD OBTENIDA DEL EXTRANJERO.

El país afronta periódicamente graves períodos de sequía, lo que determina una importante disminución del volumen de agua acumulado en los embalses, motivo por el cual se debe recurrir al abastecimiento adicional de electricidad de Colombia y Perú, mediante sistemas de conexión ya establecidos.

El año 2009 el país importó 1.120 GWh de electricidad desde el exterior, es decir, casi un 10% del total del consumo (demanda) de electricidad.

2.4 GENERACIÓN NACIONAL DE ELECTRICIDAD POR TIPO DE FUENTES.

La energía hidroeléctrica es una de las más importantes en nuestro país, lo que puede visualizarse con la información disponible para el año 2009, clasificando la generación por tipo de fuentes.

Tabla 2.3: Generación nacional de electricidad por tipo de fuente, Potencia nominal y efectiva.

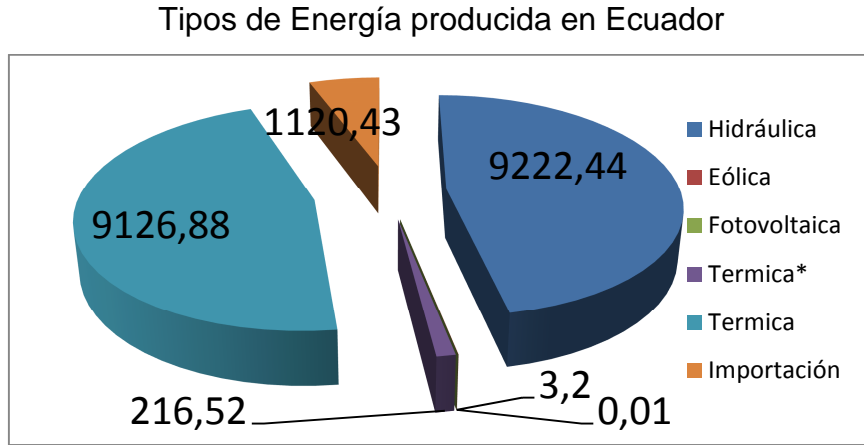
Tipo de Central	S.N.I.		No Inc.		Totales			
	Potencia Nominal (MW)	Potencia Efectiva (MW)	Potencia Nominal (MW)	Potencia Efectiva (MW)	Potencia Nominal (MW)	Potencia Efectiva (MW)	Potencia Nominal (%)	Potencia Efectiva (%)
Hidráulica	2.055,01	2.028,43	3,96	3,55	2.058,97	2.031,98	37,51	40,25
Eólica	-	-	2,40	2,40	2,40	2,40	0,04	0,05
Solar	-	-	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00
Térmica MCI	615,37	476,25	665,21	489,97	1.280,58	966,22	23,33	19,14
Térmica Turboqas	943,94	875,20	-	-	943,94	875,20	17,20	17,34
Térmica Turbopapor	552,80	537,50	-	-	552,80	537,50	10,07	10,65
Interconexión	650,00	635,00	-	-	650,00	635,00	11,84	12,58
Total general	4.817,11	4.552,38	671,59	495,94	5.488,70	5.048,32	100,00	100,00

FUENTE: CONELEC, Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano, Resumen del año 2009, mayo del 2010.

Como puede apreciarse en la tabla anterior, la potencia de energía hidroeléctrica es casi un 41% del total y la potencia térmica convencional alcanza un 47%, por lo que poco más de un 12 % corresponde a Interconexión (en cuanto a potencia). Además, entre las fuentes de energía renovable, el recurso eólico y el solar, tienen una insignificante participación en el total, pese a que el país dispone de regiones con un gran potencial eólico y que además, por nuestra posición geográfica el potencial de energía solar es enorme. En el cuadro siguiente se aprecia visualmente estas relaciones.

Es necesario tener presente que la Potencia es la cantidad de energía disponible en la unidad de tiempo, de allí que en nuestro caso se expresa en MW y la energía demandada (consumida) corresponde a la potencia empleada en el número de horas y días, que efectivamente se produjo dentro de un año ($E = P * t$).

CUADRO 2.3: Importancia relativa de las fuentes de generación de electricidad. Oferta en el año 2009, en GWh.



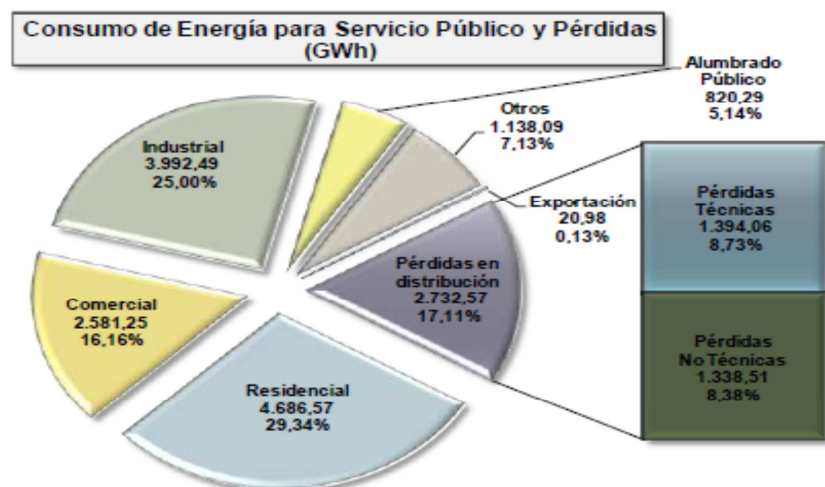
FUENTE: CONELEC, Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano, Resumen del año 2009.

En el cuadro prácticamente no puede representarse las fuentes eólica y fotovoltaica, por ser insignificantes respecto a hidráulica y térmica.

2.5 DEMANDA NACIONAL DE ELECTRICIDAD POR TIPO DE USUARIOS.

La demanda nacional, clasificada por tipo de usuarios se muestra en el siguiente cuadro.

CUADRO 2.4: Consumo nacional de electricidad por tipo de usuario



FUENTE: CONELEC, Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano, Resumen del año 2009.

La magnitud de las pérdidas en la distribución es apreciable, un poco más del 17%, de las cuales las “pérdidas no técnicas”, es decir, apropiación ilegal de electricidad, son similares a las pérdidas técnicas propiamente tales.

2.6 DEMANDA INSATISFECHA RESPECTO A LA GENERACIÓN NACIONAL.

Si se considera que la importación de electricidad alcanza casi un 7% del total de electricidad consumida y que, además en la época de estiaje se produce un fuerte racionamiento mediante cortes planificados, podría plantearse que nuestro déficit fácilmente podría llegar a un 10%. No se está considerando aquí la carencia de electricidad en amplios sectores marginales de nuestras ciudades principales, como tampoco la de los sectores rurales donde no cubre esta importante necesidad el Sistema Nacional Interconectado, con lo cual este porcentaje podría ser mayor aún.

De las cifras proporcionadas se entiende claramente que la demanda nacional de electricidad supera a la oferta nacional, sin embargo esta brecha debe eliminarse en cuanto entre en operación el Proyecto Hidroeléctrico Sopladora, que se encuentra en la fase de contratación de la ejecución ya que tendría una producción anual estimada de 2.700 GWh, que superan los 1.120 GWh actualmente importados. Aún así, todos los proyectos de energía renovables serán incorporados al SNI por lo que su demanda estaría asegurada.

2.7 PROYECTOS HIDRÁULICOS EN PROCESO DE EJECUCIÓN O DE ESTUDIOS.

En la actualidad, además del Proyecto Hidroeléctrico Paute Integral, se encuentran en la fase de ejecución o de estudios una gran cantidad de proyectos tal como se muestra en el listado siguiente.

PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS EN FASE DE EJECUCIÓN O DE ESTUDIOS (CONELEC)

- Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair (1.500 MW)

- Proyecto Hidroeléctrico Baeza (50 MW)
- Proyecto Hidroeléctrico Baba (42 MW)
- Proyecto Hidroeléctrico Toachi Pilatón (253 MW)
- Proyecto Hidroeléctrico Rio Luis (sin especificaciones)
- Proyecto Hidroeléctrico Cardenillo (327 MW)
- Proyectos Hidroeléctricos Chirapi y Manduriacu (390 MW)
- Proyecto Hidroeléctrico Buenos Aires (980 MW)
- Proyecto Hidroeléctrico Sopladora (488 MW)
- Proyecto Hidroeléctrico Quijos (50 MW)
- Proyecto Hidroeléctrico Minas-San Francisco y La Unión (340 MW)
- Proyecto Hidroeléctrico Chorrillos (4 MW)
- Proyecto Hidroeléctrico Ocaña (26 MW)
- Proyecto Hidroeléctrico Curaray - Liquino (15 Kw)
- Estudios de prefactibilidad, factibilidad y diseño definitivo del Complejo Hidroeléctrico Zamora, Curso Inferior (3.248 MW)
- Estudios de Prefactibilidad, factibilidad y diseños del sistema integrado Guayllabamba CHESPÍ-PALMA REAL (420 MW)
- Estudios de Prefactibilidad, factibilidad y diseños del sistema integrado Guayllabamba TORTUGO-TORTUGO2- LLURIMAGUAS (550 MW)
- Estudios de prefactibilidad, factibilidad y diseños definitivos del sistema integrado Guayllabamba VILLADORA-CHONTAL (187 MW).
- Construcción de Proyecto Hidroeléctrico Mira (sin especificaciones)
- Estudios de prefactibilidad de 13 mini centrales hidroeléctricas (s/e)
- Estudio de factibilidad de mini centrales hidroeléctricas. M.E.E.R - PROMEC (s/e)

2.8 PROYECCIÓN DE LA OFERTA PARA LOS PRÓXIMOS 20 AÑOS

Tal como se anotó en el Cuadro 2, el Proyecto Sopladora aportará con 487 MW de potencia y Cardenillo con 400 MW, dando un total de 887 MW, que equivale a un 11% de la potencia nacional disponible. Sopladora está en la fase final de contratación para la ejecución, y Cardenillo está en la fase de estudios, por lo cual se requerirá de varios años para contar con los 887 MW de incremento de la potencia eléctrica del país.

La potencia total de los proyectos anotados en la sección anterior, se acerca a los 9.000 MW, es decir se duplicaría la potencia hidroeléctrica nacional actual, sin embargo hay que tener presente que grandes proyectos, como Mazar por ejemplo, han tardado varias décadas en hacerse realidad, de modo que estas cifras no pueden considerarse soluciones inmediatas. Asimismo, de acuerdo a los datos proporcionados, solamente se considera un solo proyecto para pequeña central hidroeléctrica, el Proyecto Chorrillos, con una potencia de 4 MW.

Si se concretaran todos los proyectos anotados prácticamente ya no se necesitaría utilizar las centrales térmicas de electricidad (CTE) existentes, salvo en casos de fuerte estiaje.

De este modo, intentar plantear una tasa estimada de crecimiento de la oferta de la potencia eléctrica no tiene sentido, ya que no hay certeza en cuanto al plazo en que entrarían en la fase de producción los nuevos proyectos.

2.9 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA PARA LOS PRÓXIMOS 20 AÑOS.

En el caso de la demanda de electricidad, a partir del consumo en GWh actual, podría pensarse en utilizar en términos conservadores la tasa de crecimiento de la población del Ecuador, es decir, un 2,7% anual. O bien el crecimiento promedio del PIB per cápita en los últimos 5 años, equivalente a un 3,5%.

2.10 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA INSATISFECHA DE ELECTRICIDAD.

En el caso de un proyecto industrial o cualquier proyecto de inversión, la demanda insatisfecha por un producto determinado se obtiene restando la oferta total de la demanda total, para cada uno de los años que se consideran en el horizonte de evaluación.

En el presente caso no parece realista este procedimiento, antes que nada por la dificultad de estimar una tasa anual de crecimiento de la oferta, y en segundo lugar, debido a que cualquier proyecto hidroeléctrico, ya sea una mini central hidroeléctrica (MCH) o una pequeña central hidroeléctrica (PCH) tiene asegurada su demanda por la entidad estatal, de acuerdo a la ley de electrificación vigente y a las políticas gubernamentales para el sector eléctrico.

En consecuencia, desde el punto de vista del mercado el proyecto es perfectamente factible.

3. BREVE DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA DE LA SUB CUENCA DEL RÍO PALORA.

Se analiza brevemente algunos elementos relacionados con la ubicación geográfica, aspectos biofísicos y socio económicos de la sub cuenca del Río Palora.

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El Cantón Palora se encuentra ubicado en el extremo Norte de la Provincia de Morona Santiago. Por su parte, el Río Palora nace en las faldas del Volcán Sangay y es uno de los recursos hídricos más importantes del cantón. El curso medio del río presenta un cauce bastante amplio, característico de los ríos de llanura, lo cual posibilita la navegación, salvo en los meses de estiaje, normalmente Julio, Agosto y Septiembre.

La cuenca del Río Pastaza tiene asignado el número 28 entre los 31 Sistemas Hidrográficos del país y está constituida por las sub cuencas de los ríos siguientes (“Atlas Hídrico del Ecuador”, Ex Consejo Nacional de Recursos Hídricos, Octubre 2007):

- Río Patate
- Río Chambo
- Río Llusín
- Río Palora y otros más (Chiguaza, Copataza, Capahuari, Ishibingo, Bononaza, Huasaya, Drenajes Menores).

3.2 ASPECTOS BIOFÍSICOS.

La Cuenca del Río Pastaza está conformada por las sub cuencas anotadas en la sección anterior, una de las cuales, la del Río Palora, tiene importancia directa para el presente proyecto. La cuenca del Pastaza está conformada por territorios correspondientes a las provincias de Tungurahua, Chimborazo,

Pastaza, y Morona Santiago. Su parte media y alta está ubicada en el sector Oriental de la Cordillera de los Andes, en la Amazonía ecuatoriana.

La sub cuenca del Río Palora:

Hidrográficamente, la sub cuenca presenta una forma típica, con su parte media amplia y ensanchada y sus extremos superior e inferior estrechos y alargados. Como en el caso anterior, recoge todas las aguas que se forman en la parte alta y vertiente exterior de la Cordillera, en un paisaje glaciar modelado bajo la influencia de los volcanes nevados Sangay, Altar y Cubillín y caracterizada por la presencia de un buen número de lagunas interconectadas entre sí.

Longitud calculada (SIG): 74 Km en la diagonal más larga

Superficie calculada (SIG): 1.478 Km², correspondientes al 6.2% del total de la provincia.

El recorrido por el cantón se hace en medio de un paisaje interesante que abarca distintos pisos climáticos, lo que ocasiona una variedad de especies de flora y fauna.

La temperatura mínima es de 13° centígrados y la máxima de 32° centígrados, teniendo una temperatura promedio de 22° centígrados, por eso este sector tiene un clima muy variado que beneficia a su ecosistema.

a) Uso del suelo:

La mayor parte de los suelos están cubiertos de bosques, aproximadamente en un 60% entre bosque húmedo natural y bosques cultivados, pastos en un 30%, y cultivos diversos en un 10%. Sin embargo, el potencial agrícola de la sub cuenca es muy importante, debido al alto régimen de precipitaciones que recibe prácticamente todo el año.

Tanto las características de uso del suelo, como pendientes, en diferentes lugares de la sub cuenca, y el trayecto, ancho y

distancias, pueden examinarse en detalle en el Modelo Digital del Terreno (DTM), elaborado en ArcGis 9.3, cuyos layout se presentan en forma anexa.

b) Clima:

El clima, tanto de la sub cuenca, como de la Cuenca del Pastaza, es muy caluroso y húmedo, con temperaturas que fluctúan entre los 16 y 32 grados centígrados en la parte poblada del cantón Palora, es decir en la parte media y baja hacia el Este. No obstante, a medida que un observador se desplaza hacia el Oeste, el clima se va tornando más fresco, e incluso frío, debido a la mayor altitud y aproximación a la zona de hielos volcánicos.

c) Pendientes:

La altitud del espejo de agua en el extremo Oeste de la zona de estudio es de 1.191 msnm y en el extremo Este es de 785 msnm, lo que significa una inclinación de tan solo un 2% para una distancia de aproximadamente 40 km. Sin embargo hay muchos tramos del río que tienen pendientes suficientemente adecuadas para un aprovechamiento hidroeléctrico.

d) Tipo de suelos:

La estructura geológica de la zona corresponde a la Formación Mera (Q_M), según consta en el Mapa Geológico del Ecuador, del Servicio de Geología y Minas (2001).

Comprende capas de 50 a 200 metros de espesor, propias de mesetas cuaternarias típicas de la planicie oriental, las que fueron analizadas por H.J. Tschopp en 1953. ("Lexique Stratigraphique

International”, Volume V, Amérique Latine, Fascicule 5 a 2, Equateur, publicado bajo la dirección de R. Hoffsteter, París, 1977).

La Mesa de Mera, en la cual está inserta la micro cuenca del Río Palora, comprende depósitos de pie de monte, volcánico-fluviales, desde las cadenas orientales de los Andes sobre la parte Oeste del Oriente ecuatoriano, hasta la zona donde se encuentran las formaciones más antiguas en amplias áreas. Estos depósitos se ubican en unos cinco niveles de terrazas escalonadas, que van desde unos 1.460 msnm a unos 450 msnm.

Las terrazas inferiores, de las cuales Mera es la más clara, bajan suavemente desde unos 1.150 m de altitud cerca de los Andes, hasta unos 900 m, 30 km al Este.

La Mesa de Mera se compone esencialmente de arcillas y areniscas tobáceas, con varios horizontes de conglomerados gruesos, con estratificación cruzada de tipo torrencial. Además, es común encontrar bloques de granito de hasta varios metros de diámetro.

3.3 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS DE LA SUB CUENCA.

a) Información poblacional:

La sub cuenca del Río Palora comprende una importante cantidad de centros poblacionales (unos 20), sin embargo son muy pocos los que concentran cierta población de relativa importancia, como Sangay, Arapicos, Nanakuimi, principalmente, tal como puede apreciarse en la tabla siguiente.

El crecimiento poblacional en la sub cuenca es muy bajo, aproximadamente de un 1% anual, posiblemente por la falta de vías y los principales servicios básicos, ya que sólo algunos de estos poblados cuentan con suministro de electricidad desde el Sistema Nacional Interconectado (SNI).

Tabla 3.1: Población de centros poblados principales de la sub cuenca del Río Palora

POBLADO	NÚM. HABITANTES
Sangay	1.318
H. Turincio	246
Centro Santa Cruz	462
Centro Paquisha	406
Chininbimi	320
Tres Ríos	213
Escuela Ciudad de Loja	190
Vado	407
Colonia Azuay	314
San Vicente	341
Arapicos	595
Nanakuimi	493
TOTAL:	5.305

FUENTE: [Http://www.siise.gov.ec](http://www.siise.gov.ec)
Proyección al año 2010 por Gabriel Villablanca R.

A continuación se presenta información adicional sobre el Cantón Palora, en cuanto se refiere al recurso humano y a las condiciones en que vive la población.

Tabla 3.2: Distribución de la población del Cantón Palora por parroquia

PARROQUIA	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
TOTAL	6909	3505	3404
PALORA(URBANO)	3065	1501	1564
ÁREA RURAL	3844	2004	1840
PERIFERIA	725	378	347
ARAPICOS	595	330	265
CUMANDÁ	349	196	153
SANGAY	1318	674	644
16 DE AGOSTO	857	427	431
	3844	2005	1840

FUENTE: Fascículo pdf "Cantón Palora" – INEC, UNFPA, AME
Proyección al año 2010 por Gabriel Villablanca R.

Tabla 3.3: Distribución de la población por edad

EDAD	HOMBRES	MUJERES
85 y +	22	33
80-84	21	14
75-79	33	25
70-74	43	39
65-69	75	50
60-64	72	72
55-59	92	85
50-54	142	83
45-49	109	121
40-44	152	160
35-39	161	185
34-30	188	183
25-29	211	219
20-24	268	276
15-19	389	353
10 -14	440	466
5 -9	567	512
0 -4	521	527
	3505	3404

FUENTE: Fascículo pdf “Cantón Palora” – INEC, UNFPA, AME
Proyección al año 2010 por Gabriel Villablanca R.

Tabla 3.4: Tasa de analfabetismo por sexo y área

	Área		Total cantón
	Urbana	Área rural	
HOMBRES	7,2	7,6	7,5
MUJERES	11,3	13,6	12,5
TOTAL	9,4	10,4	9,9

FUENTE: Fascículo pdf “Cantón Palora” – INEC, UNFPA, AME
Proyección al año 2010 por Gabriel Villablanca R.

Tabla 3.5: Porcentajes de la población según niveles de instrucción

	Área urbana	Área rural	POB. TOTAL
No declarado	7,87	5,69	6,67
Postgrado	0,22	0,00	0,11
Superior	5,14	0,98	2,84
Post bachillerato	0,98	0,44	0,66
Secundario	24,50	17,39	20,56
Primario	53,74	62,38	58,44
Centro de alfabetización	0,66	0,33	0,55
Ninguno	6,89	12,80	10,17
	100,00	100,00	100,00

FUENTE: Fascículo pdf "Cantón Palora" – INEC, UNFPA, AME
Proyección al año 2010 por Gabriel Villablanca R.

Tabla 3.6: Población ocupada, por grupos de edad

Rango de edad	%
65 y +	6,3
50-64	14,1
35-49	23,5
20-34	35,0
15-19	13,7
12 -14	4,9
8 -11	2,2
5 -7	0,3
	100,0

FUENTE: Fascículo pdf "Cantón Palora" – INEC, UNFPA, AME
Proyección al año 2010 por Gabriel Villablanca R.

Tabla 3.7: Distribución por grupos de ocupación

GRUPOS DE OCUPACIÓN	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
Total	2675	1823	852
Profesionales técnicos	137	80	57
Empleados de oficina	81	32	49
Trab. de los servicios	150	63	86
Agricultores	856	654	202
Operarios, Operadores máq.	332	293	39
Trabaj. no clasificados	1009	625	385
Otros	109	77	33

FUENTE: Fascículo pdf "Cantón Palora" – INEC, UNFPA, AME
Proyección al año 2010 por Gabriel Villablanca R.

Tabla 3.8: Población según ramas de actividad

RAMAS DE ACTIVIDAD	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
Total	2.675	1.823	852
Agricultura, Ganadería, Caza, Pesca, Silvicultura	1.445	1.096	349
Manufactura	319	235	84
Construcción	67	65	2
Comercio	184	116	68
Enseñanza	122	63	59
Otras actividades	538	248	290

FUENTE: Fascículo pdf "Cantón Palora" – INEC, UNFPA, AME
Proyección al año 2010 por Gabriel Villablanca R.

Tabla 3.9: Situación conyugal de la población

	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
TOTAL	4.398	2.242	2.156
UNIDOS	864	413	451
SOLTEROS	1603	948	655
CASADOS	1578	754	825
DIVORCIADOS	49	27	22
VIUDOS	185	48	137
SEPARADOS	112	47	65
NO DECLARADO	7	4	2

FUENTE: Fascículo pdf "Cantón Palora" – INEC, UNFPA, AME
Proyección al año 2010 por Gabriel Villablanca R.

Tabla 3.10: Abastecimiento de agua en viviendas

	Total	%
ABASTECIMIENTO DE AGUA	1468	100
RED.PÚBLICA	869	59
POZO	119	8
RÍO, VERTIENTE	393	27
CARRO REPARTIDOR	0	0
OTRO	87	6

FUENTE: Fascículo pdf "Cantón Palora" – INEC, UNFPA, AME
Proyección al año 2010 por Gabriel Villablanca R.

Tabla 3.11: Eliminación de aguas servidas

		%
TOTAL	1468	100
RED.PÚBLICA	479	32
POZO CIEGO	170	12
POZO SÉPTICO	320	22
OTRA FORMA	499	34

FUENTE: Fascículo pdf “Cantón Palora” – INEC, UNFPA, AME
Proyección al año 2010 por Gabriel Villablanca R.

Tabla 3.12: Principal combustible para cocinar

		%
TOTAL	1468	100
GAS	1069	73
ELECTRICIDAD	5	0
GASOLINA	4	0
KÉREX O DIESEL	4	0
LEÑA O CARBON	359	25
OTROS	0	0
NO COCINA	27	2

FUENTE: Fascículo pdf “Cantón Palora” – INEC, UNFPA, AME
Proyección al año 2010 por Gabriel Villablanca R.

Tabla 3.13: Tipo de tenencia de la vivienda

		%
TOTAL	1468	100
PROPIA	995	68
ARRENDADA	291	20
EN ANTICRESIS	9	0
GRATUITA	75	5
POR SERVICIOS	86	6
OTROS	12	1

FUENTE: Fascículo pdf “Cantón Palora” – INEC, UNFPA, AME
Proyección al año 2010 por Gabriel Villablanca R.

Tabla 3.14: Servicio telefónico

		%
TOTAL	1468	100
SI DISPONE	165	11
NO DISPONE	1303	89

FUENTE: Fascículo pdf “Cantón Palora” – INEC, UNFPA, AME
Proyección al año 2010 por Gabriel Villablanca R.

Tabla 3.15: Tipo de vivienda por parroquia

PARROQUIAS	Total Viviendas	Casa o Villa	Depart.	Cuartos alquilados	Media Agua	Rancho	Covacha Choza Otros
TOTAL	1.468	1.142	21	115	61	96	33
PALORA URB.	721	600	21	63	28	6	3
PERIFERIA	127	111	0	1	4	8	3
ARAPICOS	120	108	0	1	4	4	3
CUMANDÁ	101	40	0	0	5	35	21
SANGAY	234	191	0	17	18	5	3
16 AGOSTO	165	92	0	33	2	38	0

FUENTE: Fascículo pdf "Cantón Palora" – INEC, UNFPA, AME
Proyección al año 2010 por Gabriel Villablanca R.

Como puede apreciarse, comparando la Tabla 3.1 con las Tablas 3,2 y 3.15, especialmente, la sub cuenca comprende un número diferente de poblados que el cantón, lo que se debe a que el contorno de la sub cuenca queda delimitada por el *divortium aquarum* (división de las aguas), tal como se presenta en el Mapa Digital del Terreno de la zona de estudio. Sin embargo, no existe la disponibilidad de información semejante a la del cantón Palora, para los demás poblados presentados en la Tabla 3.1.

En todo caso, el proyecto pone atención en la totalidad de poblados de la sub cuenca del Río Palora, y la información presentada para el cantón se considera representativa de los poblados de la sub cuenca, por lo cual el número de beneficiarios del proyecto se ubica entre 5000 a 7000 habitantes.

4. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE LA SUB CUENCA DEL RÍO PALORA

En el presente capítulo se utiliza información secundaria sobre el régimen de precipitaciones en la sub cuenca, su importancia relativa, y ciertas características hídricas del Río Palora.

4.1 RÉGIMEN DE PRECIPITACIONES EN LA SUB CUENCA

De acuerdo a la información proporcionada en el estudio “Problemática y Conflictos sobre los Recursos Hídricos por efectos del Cambio Climático”, Convenio DED-SENAGUA, Febrero 2009, la sub cuenca del Río Palora es una de las que tiene no sólo un gran nivel de precipitaciones, sino que además tiene una alta disponibilidad hídrica per cápita, sólo superada por Pablo VI dentro de la cuenca del Pastaza.

A partir de la siguiente relación se puede calcular la disponibilidad hídrica anual:

$$DH = PR - ETP + AL$$

En que:

DH= Disponibilidad hídrica anual (mm)

PR= Precipitación anual (mm)

ETP= Evapotranspiración (mm)

AL= Almacenamiento en el suelo

Tomando los valores máximos, mínimos y el promedio para estas variables se tiene lo siguiente (DED-SENAGUA, 2009):

$$DH \text{ mínima} = 3.751 - 801 + 76 = 3.026 \text{ mm/año}$$

$$DH \text{ máxima} = 4.500 - 900 + 150 = 3.750 \text{ mm/año}$$

$$DH \text{ promedio} = 4.125,5 - 850,5 + 113 = 3.388 \text{ mm/año}$$

Los valores anotados determinan que se ubique a Palora como zona de Disponibilidad Hídrica de Primer Orden, correspondiente al intervalo 2.501-5.000 mm/año.

La disponibilidad hídrica per cápita en el cantón Palora es una de las más altas en el territorio Oriental, y es de 427,89 (m³/año * km²) / hab.

El área de estudio es sumamente lluviosa, salvo los meses de Julio, Agosto y Septiembre, que corresponden a la estación seca. Sin embargo, a fines de Octubre se realizó un viaje de reconocimiento por el área, y se pudo comprobar por consultas a los pobladores rurales, que se estaba alargando todavía en Octubre el período seco, con muy poca precipitación.

4.2 IMPORTANCIA RELATIVA RESPECTO A OTRAS LOCALIDADES

Específicamente en cuanto al nivel de precipitaciones, tal como puede apreciarse en las siguientes cifras la sub cuenca del Palora sólo es superada por Mera, dentro de la cuenca del Pastaza.

Tabla 4.1: Mayores niveles de precipitación en cuenca del Pastaza

Localidad	mm/año
Mera	4.669
Palora	3.925
Huamboya	3.500
Baños	3.182
Taisha	3.087

FUENTE: Problemática y Conflictos sobre los Recursos Hídricos por efectos del Cambio Climático”, Convenio DED-SENAGUA, Febrero 2009

4.3 CARACTERÍSTICAS HÍDRICAS DEL RÍO PALORA

El curso del río en la zona de estudio, en la época de mayores lluvias es bastante regular, presentando un trayecto más o menos recto y arqueado en

varias partes, dentro de una distancia aproximada de 40 km, sin embargo en época de sequía su trayecto es sumamente irregular, resaltando una gran cantidad de pequeñas islas y muchos desvíos curvos respecto a un eje longitudinal.

En la época lluviosa el cauce en el área de estudio alcanza un ancho superior a los 1000 m, pero en el período seco se reduce considerablemente en la misma área.

Por este mismo motivo, la profundidad del cauce y el caudal respectivo son bastante variables, lo que lleva desde ya a pensar en una solución apropiada desde el punto de vista de la ingeniería para la construcción y operación de mini o pequeñas centrales hidroeléctricas.

4.4 METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

La generación de electricidad mediante un aprovechamiento hidráulico requiere de un determinado caudal y de cierto desnivel del trayecto del curso de agua. Se denomina caudal a la masa de agua que pasa, en una unidad de tiempo, por una sección del cauce. Se entiende por desnivel, o salto bruto, a la distancia medida en forma vertical que recorre la masa de agua (equivalente a la diferencia de nivel entre la lámina de agua y el punto donde se restituye al río el agua ya turbinada). En un caso cualquiera, el agua al fluir desde un punto A (más alto) a un punto B (más bajo), y sea cual sea el recorrido intermedio, pierde energía potencial de acuerdo a la siguiente expresión:

$$W = Q \cdot H_b \cdot \gamma$$

En que W es la potencia perdida por el agua, expresada en kw; Q es el caudal medido en m³/s, H_b es el desnivel o salto bruto en m y γ el peso del agua en kg/m³ (igual a su masa por la constante de aceleración de la gravedad). Al dejarse caer el agua puede seguir el cauce del río, en cuyo caso el potencial se disipará en fricción y turbulencia, o puede hacerse circular por una tubería en cuya extremidad esté instalada una turbina. En el segundo caso la masa de agua disipará su potencia al vencer la fricción para poder circular por la tubería

y en atravesar los alabes de la turbina. De esta forma la energía potencial hace girar la turbina empalmada a un generador, obteniéndose energía eléctrica. En consecuencia, un buen diseño será aquel que minimice la disipación de potencia durante el recorrido entre los sitios A y B, de forma que sea máxima la potencia disponible para accionar la turbina. En forma más rigurosa, la conversión energética pasa por las siguientes fases: energía potencial, energía cinética, energía mecánica, y energía eléctrica.

Para poder evaluar el recurso hídrico hay que conocer cómo evoluciona el caudal durante todo un año, ya que un solo valor puntual de caudal no es significativo, con el fin de determinar cuál es el salto bruto que puede aprovecharse. Cuanto mayor sea el número de años en que se han tomado los registros respectivos, más confiable será la evaluación hídrica.

a) MEDICIÓN DEL CAUDAL POR LA PENDIENTE DE LA LÁMINA DE AGUA.

Se utiliza para medir grandes caudales. Para esto se elige un trayecto del río de unos 50 a 300 m de longitud, en forma recta, con pendiente y sección uniformes y se basa en el empleo de la ecuación de Manning:

$$Q = (R^{2/3} * A * M^{1/2}) / n$$

En qué R son los radios hidráulicos medios, A es la media de las áreas de las secciones transversales, M es la pendiente de la lámina de agua, n es un parámetro correspondiente a las características esenciales de los diferentes cursos de agua, y Q es el caudal estimado.

b) RÉGIMEN DE CAUDALES.

La utilización de una serie temporal de caudales requiere su estructuración de acuerdo a un criterio adecuado. Las formas de estructuración más utilizadas son las siguientes.

- **HIDROGRAMA.**

Si los datos se agrupan en orden cronológico, se obtiene un gráfico denominado hidrograma.

- **CURVA DE CAUDALES CLASIFICADOS (CCC).**

En este caso los datos se ordenan de acuerdo a su magnitud y no por orden cronológico. La CCC muestra, para el trayecto del río que interesa, el porcentaje del tiempo en el que se iguala o se supera un cierto valor del caudal, tal como se presenta en el ejemplo de la tabla siguiente.

Tabla 4.2: Caudales clasificados por orden de magnitud.

Caudales	Nº de días	% del año
De más de 8,0 m ³ /s	41	11,23
De más de 7,0 m ³ /s	54	14,90
De más de 6,5 m ³ /s	61	16,80
De más de 5,5 m ³ /s	89	21,80
De más de 5,0 m ³ /s	90	24,66
De más de 4,5 m ³ /s	100	27,40
De más de 3,0 m ³ /s	142	39,00
De más de 2,0 m ³ /s	183	50,00
De más de 1,5 m ³ /s	215	58,90
De más de 1,0 m ³ /s	256	70,00
De más de 0,35 m ³ /s	365	100,00

FUENTE: Manual de Pequeña Hidráulica, DG XVII Comisión de las Comunidades Europeas, Programa ALTENER, 1998.

En el presente caso no se cuenta con información disponible sobre mediciones de caudales del río Palora y menos aún con perfiles o secciones de su curso

en el área de estudio, por lo cual se presentará la información que puede obtenerse mediante la cartografía digital respectiva y el diseño de un Sistema de Información Geográfica (SIG), complementada con dos salidas de campo para una observación directa. Por el motivo indicado, solamente en el capítulo siguiente, luego de la explicación del modelo, se presenta las estimaciones de caudales para 3 posibles localizaciones de la MCH.

5. ANÁLISIS DE LOCALIZACIÓN DE LA MCH MEDIANTE UN SIG.

En el presente capítulo se presenta el modelo cartográfico del SIG y su aplicación, para estimación de caudales y análisis de la localización más conveniente para instalación de la MCH.

Es evidente que la mayor parte de los proyectos, especialmente al nivel de Pre Factibilidad o de Factibilidad, requieren de un trabajo interdisciplinario, que comprende la participación de profesionales de diferentes disciplinas, que se complementan para la elaboración de un proyecto lo más confiable posible. En el presente caso, un área complementaria para este estudio se relaciona con el diseño e implementación de un Sistema de Información Geográfica, en la cual debió solicitarse colaboración especializada a profesionales del CLIRSEN (Centro de Levantamiento Integrado de Recursos por Sensores Remotos, del Ejército del Ecuador).

5.1 CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA EL DISEÑO DEL MODELO CARTOGRÁFICO EN UN SIG.

Es conveniente empezar con unas breves definiciones sobre lo que se entiende por un Sistema de Información Geográfica (SIG)

Puede plantearse en forma preliminar que “un SIG es un conjunto de elementos físicos y lógicos, de personas y metodología, que interactúan de manera organizada para adquirir, almacenar y procesar datos georeferenciados, con el fin de producir información útil para la toma de decisiones” (Curso del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1995).

También podría plantearse que “un SIG es un conjunto de métodos, herramientas y actividades que actúan coordinada y sistemáticamente para recolectar, almacenar, validar, actualizar, manipular, integrar, analizar, extraer y desplegar información, tanto gráfica como descriptiva, de los elementos considerados, con el fin de satisfacer múltiples propósitos” (Curso del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1995).

De acuerdo a estas definiciones, en forma esquemática, podríamos concluir que un SIG está conformado en forma integrada por tres elementos

fundamentales: Recurso humano, Organización, y Recurso técnico (equipos, programas, datos).

Normalmente un SIG presenta información en la forma de mapas y símbolos, de modo que al examinar estos mapas se obtenga el conocimiento de lo que son ciertas cosas, dónde se encuentran, cómo están ubicadas respecto a otras e incluso ciertas relaciones entre ellas.

Todos los elementos físicos del mundo real, que son parte del paisaje, como es el caso de los ríos, poblados, bosques, caminos, líneas férreas, etc. se denominan Objetos o Entidades y son los elementos fundamentales para la elaboración de un SIG.

Estos objetos o entidades presentan ciertas características básicas, que son las siguientes:

- Al estar ubicados en algún lugar de la superficie terrestre (incluso por debajo de ella), tienen una posición absoluta que está dada por sus respectivas coordenadas.
- Están interrelacionados entre sí y tienen una posición relativa entre ellos.
- Pueden asimilarse a una forma geométrica y por lo tanto representarse por un punto (un árbol, un poste, una antena, etc.), por una línea (caminos, líneas férreas, líneas de transmisión eléctrica, etc.) o por un polígono (lago, bosque, pueblo, etc.)
- Estos elementos tienen características que los describen, las que se denominan atributos, tales como: en el caso de un bosque, la superficie que ocupa, el tipo de árboles, su valor comercial estimado, etc.

Los objetos o entidades son elementos esenciales para el SIG que se diseñe, los cuales deben representarse, almacenarse y manipularse, dentro del modelo del SIG. De acuerdo a la posición entre objetos se definen las tres relaciones siguientes, que permiten efectuar consultas y análisis en el SIG, sin

preocuparse de las coordenadas, ni de las distancias, ya que se trata de relaciones internas de los objetos.

ADYACENCIA Y CONTIGÜIDAD: Es el caso de los predios que se encuentran a un lado u otro de una vía o de un río, en que estos predios mantienen su posición relativa.

CONECTIVIDAD: Significa que se explicita la conexión entre los nodos y los arcos que conforman una red. De esta manera puede representarse flujos en movimiento, como sería el flujo de tráfico en una carretera.

PERTENENCIA: Se refiere a la característica de un arco de pertenecer a un objeto o a ser compartido por dos o más objetos. Por ejemplo, el límite de una vía puede ser simultáneamente el lindero de un predio.

Inicialmente el uso de los SIGs estuvo restringido al ámbito de la Ingeniería Geográfica, sin embargo, su enorme desarrollo posterior ha permitido una gran diversidad de usos y la participación de diversas disciplinas y su utilidad es indiscutible en la Ingeniería Civil. Como consecuencia de lo anterior, normalmente se requiere el almacenamiento y la manipulación rápida de grandes cantidades de datos, los cuales deben verificarse, ordenarse y clasificarse. Las herramientas indispensables para ello son los Sistemas de Bases de Datos. Un Sistema de Base de Datos es un grupo de registros y archivos organizados de tal forma que se facilita la localización y consulta, como también la clasificación u ordenamiento con diversos criterios, y su procesamiento.

Las principales ventajas de un sistema de base de datos son las siguientes:

- La estructuración de los datos hace posible diversas posibilidades de acceso.
- El almacenamiento es independiente de todas las aplicaciones que puedan realizarse.
- El acceso de los usuarios a los datos puede ser controlado fácilmente y es posible actualizar los datos en forma expedita.

5.2 APLICACIÓN DEL MODELO EN EL SIG.

Con el fin de contar con la información temática indispensable, se utilizaron las siguientes 9 cartas topográficas (IGM, 1992-93, escala 1:50.000, escaneadas en tamaño A0 cada una) que fueron digitalizadas mediante ILWIS en su versión 6.0.

- Palitahua
- Volcán Altar
- Numbaime
- Palora
- Llactapamba de Alao
- Pablo VI
- Nueva Huamboya
- Volcán Sangay
- Sinaí

Para delimitar la sub cuenca del Río Palora, la digitalización se realizó mediante las curvas de nivel y siguiendo el divortium acuorum. El área total así delimitada es algo superior a los 1.400 km².

Las variables que se han considerado relevantes para la elaboración del modelo, obviamente son de naturaleza esencialmente cartográfica y son las que se menciona a continuación:

- Topografía (pendientes)
- Hidrología (ríos)
- Vías
- Pueblos (ubicación y población)
- Uso de suelos
- Suministro de electricidad (SNI)
- Fallas geológicas

Estas mismas variables podrían considerarse para cualquier otra zona en que se decida aplicar el modelo, ya que son determinantes para la propuesta de localización de MCHs y también para PCHs.

- a) TOPOGRAFÍA: Mediante el examen del relieve del terreno en las proximidades del río, puede elegirse áreas con la mayor pendiente disponible, con el fin de aprovechar la energía potencial del agua. La lectura se realiza directamente en la cartografía digitalizada, mediante el despliegue en ArcGis.

- b) HIDROLOGÍA: En el presente modelo no ha podido incorporarse datos hidrológicos por no contarse con estaciones de aforo en el área. No obstante, podría utilizarse el ancho del curso de agua del Río Palora, en distintos puntos, para una estimación preliminar del caudal, ya que es mucho más ancho que los demás ríos que atraviesan la sub cuenca, tales como: Río Santiago, Río Sangay, Río Negro, Río Coco y Río Namakuimi, principalmente. Se ha considerado un tramo de unos 19 km a lo largo del Río Palora y dentro del área de estudio inicialmente delimitada.

Sin embargo, es importante señalar que puede plantearse una solución indirecta para abordar el problema de la falta de información sobre caudales, basándose en la información cartográfica disponible; tal como medición cartográfica de la velocidad del curso de agua en diferentes tramos, estimación del caudal en base a un supuesto muy conservador de la profundidad del río en diversas secciones, y la pendiente en diferentes puntos, principalmente. Esta información se incorpora en el SIG para localización de la MCH.

- c) VIAS: Para la construcción e implantación de la MCH debe tomarse en cuenta la proximidad a determinadas vías, con el fin

de facilitar el transporte de materiales de construcción y del grupo turbogenerador. Se cuenta en el área de estudio sólo con vías de tercero y cuarto orden. Las vías pueden clasificarse de la siguiente forma:

- v1: pavimentada con 2 carriles
- v2: pavimentada con 1 carril
- v3: lastrada con 2 carriles
- v4: lastrada con 1 carril
- v5: camino secundario
- v6: sendero

d) PUEBLOS: Interesa la proximidad de los poblados y el número de habitantes que podrían beneficiarse del suministro de electricidad de la MCH. Se ha considerado todos los poblados del área de interés. Debe tenerse presente que mientras más alejada se instale la MCH, mayor será el costo de tendido hasta la conexión con la red de transmisión del Sistema Nacional Interconectado.

e) SUMINISTRO ACTUAL DE ELECTRICIDAD: Mientras más cercano se encuentre un sitio seleccionado hasta la red del Sistema Nacional Interconectado (SNI), mayor es la conveniencia para localización de una MCH. El área de estudio se encuentra alejada de esta red, pero la conexión llega en la actualidad hasta ciertos poblados de la sub cuenca.

f) USO DE SUELOS: Para la localización final de la MCH interesa conocer con exactitud el tipo de suelo en que se implantará la obra, con el fin de minimizar el daño ambiental. Por ejemplo, si la localización mejor coincidiese con terrenos de cultivo, habría que valorar la pérdida anual por los cultivos que no se efectuarían, lo que sería un costo imputable al proyecto de instalación de la MCH.

g) FALLAS GEOLÓGICAS: Cada día se considera más importante contar con información sísmo tectónica, para decidir la mejor localización de una obra civil, con el fin de minimizar los riesgos sísmicos que puedan afectarla. Con este fin, se ha examinado el trazado de las fallas geológicas más relevantes, pero no se han incluido en el modelo por estar bastante alejadas del área de estudio. El no considerar este tipo de información en el pasado, incluso en Europa y Estados Unidos, ha significado desastres significativos.

5.3 ESTIMACIÓN DE CAUDALES EN DIFERENTES TRAMOS.

Como se ha mencionado con anterioridad, para el Río Palora no existe información hidrológica histórica, de ningún tipo, pese a existir una estación meteorológica inoperable cerca del poblado de Arapicos. A pesar de que el presente es un estudio de pre factibilidad en el cual predomina la información secundaria, se estimó indispensable efectuar dos visitas de campo (además de la primera visita de reconocimiento general) con el fin de hacer ciertas mediciones muy simples, pero directas, en tres puntos referenciales pre seleccionados en el modelo digital: A, B, y C. En estas probables localizaciones se efectuaron en plena época seca ciertas mediciones de ancho y profundidad del cauce, contando con la colaboración de campesinos de estos lugares.

Los resultados se muestran en la tabla siguiente, suponiendo el área mínima posible dada por el perfil de un triángulo isósceles para la sección.

Los radios hidráulicos se calculan mediante el área A de una sección dividida por el perímetro mojado P_m (Manual de Pequeña Hidráulica, CE):

$$R_h = A / P_m$$

Tabla 5.1: Mediciones directas de profundidad, ancho del río y cálculo de Radios Hidráulicos.

Localizaciones	A	B	C
Profundidad, m	2,20	1,16	0,55
Ancho, m	80	86	253
Área, m ²	88	50	133

Fuente: Mediciones directas Gabriel Villablanca R.

La información obtenida de esta manera se introdujo en el modelo cartográfico para poder evaluar cuál de ellas sería más conveniente en función del caudal estimado con base a la pendiente en las respectivas localizaciones. La ubicación de cada una de estas posibles localizaciones queda registrada mediante las respectivas coordenadas de ArcGis.

Tabla 5.2: Coordenadas de localizaciones preliminares de referencia

Localización	X, m	Y, m	W	S
A	818.853	9.792.702	78° 8' 3,21"	1° 52' 23,25"
B	821.636	9.793.239	78° 6' 36,22"	1° 52' 4,98"
C	824.064	9.793.437	78° 5' 14,16"	1° 51' 33,48"

Fuente: Lectura en el modelo GIS, Gabriel Villablanca Robles

Este tipo de información, junto con las otras variables relevantes se introdujeron en el modelo, como son: Altura disponible (Salto), Vías, Población, Distancia a una posible conexión con el SNI. En cuanto a fallas geológicas pese a su importancia, luego de revisar la cartografía respectiva, se llegó a la conclusión de que por tratarse de un estudio de pre factibilidad bastaría con un reconocimiento en la cartografía de las posibles fallas, sin introducirlas en el modelo SIG, ya que se encuentran bastante alejadas del área de estudio.

Tabla 5.3: Pendientes entre localizaciones preliminares

	A ->Xa	B -> Xb	C -> Xc
Altitud entre puntos, m	10	10	10
Distancia, m	336	275	243
Pendiente, %	2,98	3,64	4,12

Fuente: Lectura en el modelo SIG, Gabriel Villablanca Robles

Para estimar los caudales disponibles en las localizaciones preliminares se debe calcular primero la velocidad del curso de agua mediante la fórmula de Elliot (Manual de Pequeña Hidráulica, CE) y luego multiplicar los valores obtenidos por cada área respectiva de la Tabla 5.1; m es la pendiente expresada en metros por cada kilómetro. Los puntos X serían las localizaciones para la casa de máquinas de cada alternativa.

La velocidad y la potencia se calculan con las siguientes fórmulas de Elliot:

$$V_E = 0,3 * (R_h * m * 1000)^{1/2} ; We = 7,5 * Q_e * h$$

Tabla 5.4: Radios hidráulicos y caudales en localizaciones A, B, C

	A (A->X)	B(B->X)	C(C->X)
m * c/1.000 m	2,98	3,64	4,12
Velocidad m/s	14,66	16,78	30,64
Área, m ²	88	50	70
Caudal total, m ³ /s	1.290,0	837,0	2.132,0

Fuente: Elaboración Gabriel Villablanca Robles

5.4 SELECCIÓN DE LA LOCALIZACIÓN MÁS ADECUADA

Una vez procesada la información de las cartas temáticas se logra lo siguiente:

- Mediante la carta topográfica se elabora el Mapa Digital del Terreno (MDT), resaltando las pendientes respectivas.
- Siguiendo el curso del Río Palora se determina las caídas correspondientes, las que junto al mapa de pendientes, determinan el potencial hídrico.

Hasta ahora, solamente en cuanto al caudal total disponible la mejor localización estaría en C, ya que el caudal total es el mayor de los 3 puntos analizados, condicionado por la altura de salto aprovechable, en función de la distancia adecuada entre C -> Xc, y el diámetro de la tubería, para no necesitar una conducción demasiado extensa. Esta localización queda muy próxima al poblado de San Vicente, sin embargo debido a que en C el ancho del cauce es casi 3 veces mayor que en A y B, ello plantea una posible configuración de ingeniería más complicada y costosa.

Por otra parte, al considerar A o B por sus significativos caudales, estos puntos están más alejados de los poblados, por lo que los costos de transmisión de la electricidad serían mayores que en C.

De este modo, la selección final deberá considerar en conjunto todas las variables del modelo.

Tabla 5.5: Caudal aprovechable en función del área de la tubería y Potencia esperada.

Localización	Velocidad, m/s (s/Elliot)	Caudal aprovechable, m ³ /s	Potencia aprovechable Kw
A	14,66	41,57	3117,50
B	16,78	47,48	3568,14
C	30,64	86,88	6516,07

(Diámetro tubería = 1,90 m; Área= 2,84 m²; Espesor = 8 mm)

Fuente: Elaboración Gabriel Villablanca Robles

Con estas determinantes se obtiene la localización preliminar para MCHs. Considerando además el uso de suelos, se plantea la localización óptima preliminar para la instalación y operación de MCHs. La localización se define como preliminar, por las siguientes razones expuestas en "Manual de Pequeña Hidráulica", DG XVII Comisión de las Comunidades Europeas, Programa ALTENER, 1998.

“La ubicación de lugares adecuados para localización de mini centrales hidroeléctricas directamente por estudios en el terreno, significa costos elevadísimos, lo cual limita el alcance de dichos estudios y su cobertura. Por este motivo, la localización preliminar de MCHs y PCHs puede realizarse primero a nivel de cuencas o sub cuencas hidrográficas, mediante el diseño y utilización de un sistema de información geográfica. Una vez elegidas las localizaciones óptimas a través del SIG, éstas pueden someterse posteriormente al examen en el terreno, en función de la caracterización obtenida en el SIG en las diferentes localizaciones, para alimentarlo después con información adicional socio-económica y del medio biofísico”.

6. DISEÑO DE INGENIERÍA CIVIL

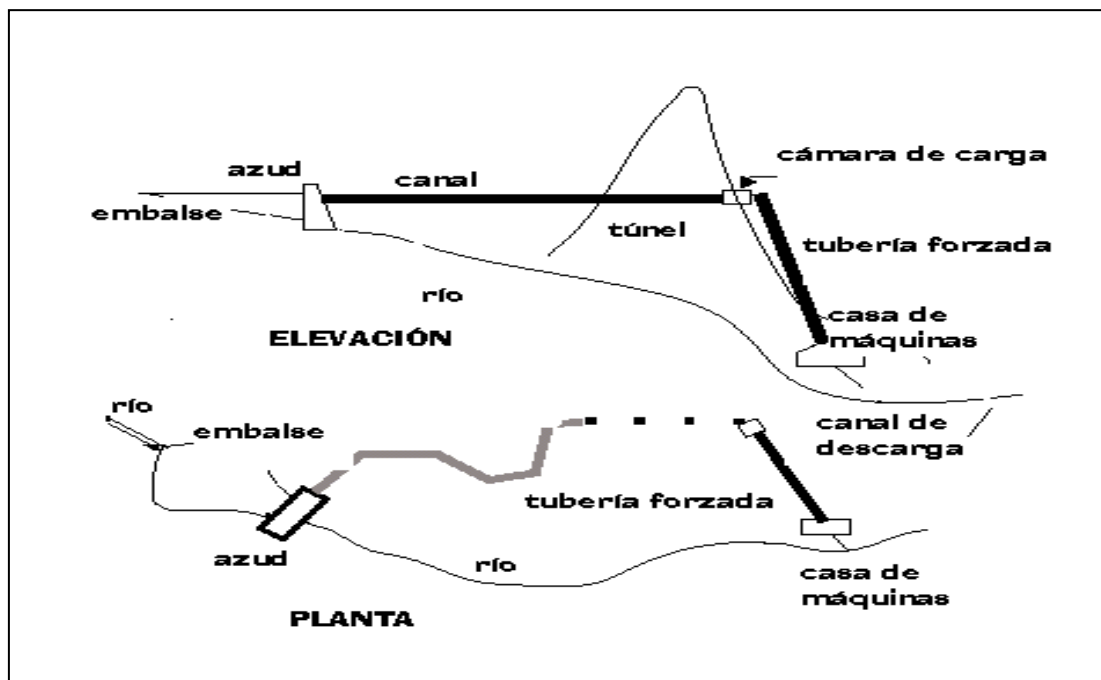
A partir de los resultados obtenidos por aplicación del SIG se revisa primero las principales configuraciones conocidas para MCH y PCH, para luego enfocarse en las construcciones necesarias y en ciertas consideraciones básicas sobre el terreno, ya que en esta información se basa la elección de la configuración finalmente seleccionada. Dependiendo de la topografía del terreno y respecto a dos casos extremos: montaña y valle, las soluciones desde el punto de vista de la ingeniería son bastante diferentes.

6.1 CONFIGURACIONES MÁS CONOCIDAS PARA MCH Y PCH.

Se debe resaltar las de pie de monte, las de agua fluyente, las centrales a pie de presa, las centrales instaladas en un canal de riego, y las que se instalan en un sistema de alimentación de agua potable.

- a) APROVECHAMIENTO DE MONTE: Una de las configuraciones más prácticas es la que se muestra en la siguiente figura.

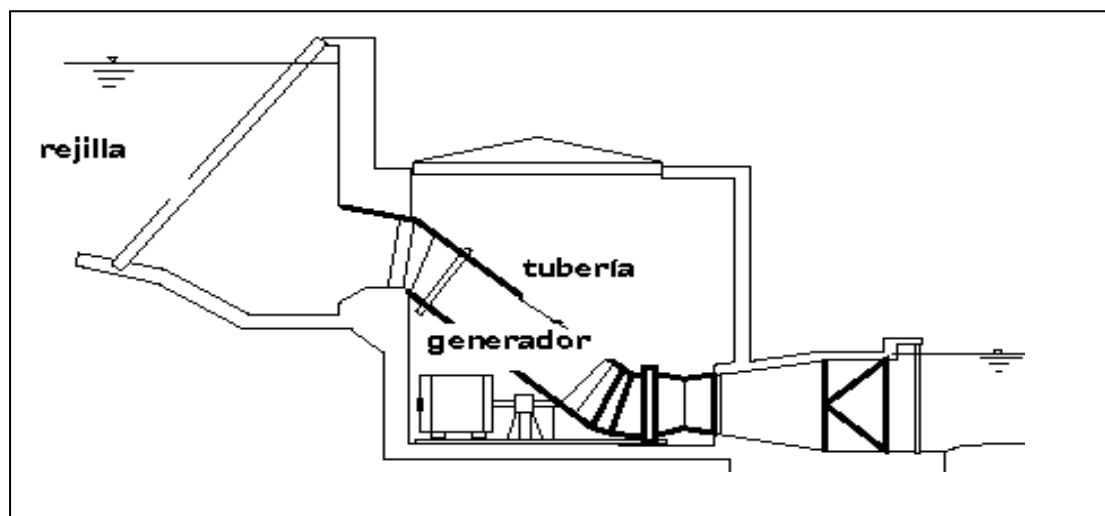
Figura 6.1: Mini central hidroeléctrica de monte



FUENTE: Manual de Pequeña Hidráulica, DG XVII Comisión Europea,
Programa ALTENER, 1998.

- b) **APROVECHAMIENTOS DE AGUA FLUYENTE:** En este tipo de aprovechamiento no se cuenta con un embalse regulador importante, de este modo la MCH opera cuando el caudal que pasa por el cauce del río es superior al requisito técnico para que la turbina funcione, pero deja de operar cuando el caudal es menor que ese mínimo técnico.

Figura 6.2: Aprovechamiento de una PCH de agua fluyente.



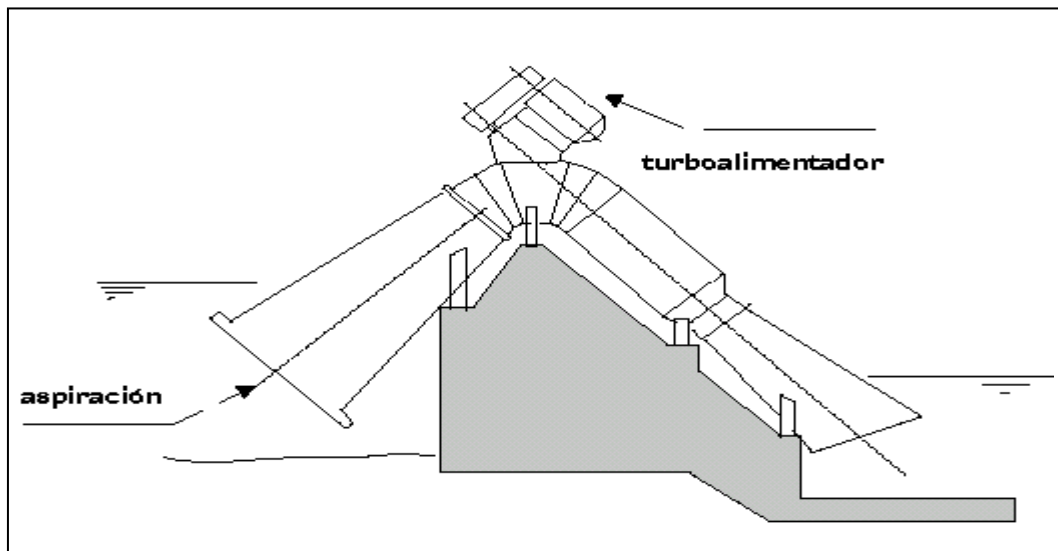
FUENTE: Manual de Pequeña Hidráulica, DG XVII Comisión Europea,
Programa ALTENER, 1998.

- c) **CENTRALES DE PIE DE PRESA:** La disponibilidad de un embalse proporciona cierta autonomía en la generación de electricidad, ya que las variaciones estacionales de caudales tienen menor influencia, a la vez que es posible un mejor ajuste a las variaciones de la demanda. Sin embargo, el elevado costo de un embalse de cierto tamaño no siempre es posible financiarlo, en especial en el caso de centrales de pequeña capacidad.

Son dos los tipos más importantes de centrales de pie de presa: la que consta de un conducto ubicado en el fondo para llevar el agua a la turbina y la otra que consiste en un sifón en que el agua se aspira

de la presa mediante un turbo alimentador, para impulsarla hacia la turbina, tal como puede apreciarse en la figura siguiente.

Figura 6.3: Disposición en sifón de la toma de agua.



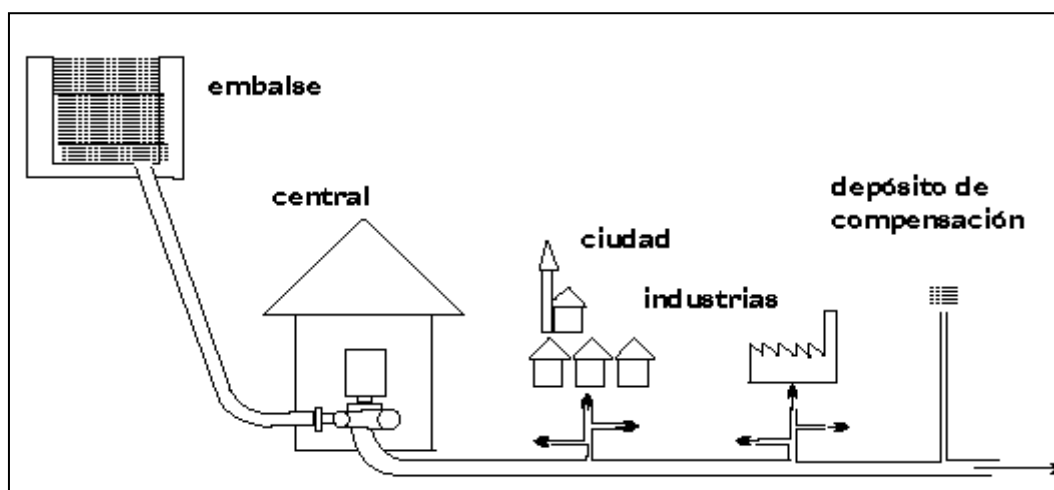
FUENTE: Manual de Pequeña Hidráulica, DG XVII Comisión Europea,
Programa ALTENER, 1998.

- d) CENTRALES INTEGRADAS EN UN CANAL DE RIEGO: Muchas veces la instalación de una PCH se facilita mucho en cuanto a inversión, si se cuenta con instalaciones adecuadas de riego. Las alternativas de ingeniería son simples y respecto a la configuración, en muchos casos la mejor de ellas es la construcción de una toma lateral, conducida por tubería o por un canal abierto.

e) CENTRALES EN SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE AGUA POTABLE.

El abastecimiento de agua potable a las ciudades se realiza mediante tuberías a presión, entre las cuales se puede intercalar una PCH, con la configuración más adecuada, por ejemplo como se muestra en la figura siguiente.

Figura 6.4: Instalación de una PCH en una red de agua potable.



FUENTE: Manual de Pequeña Hidráulica, DG XVII Comisión Europea, Programa ALTENER, 1998.

El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de USA (Hydrologic Engineering Center) ha desarrollado un software denominado HEC2, que permite elaborar una curva de correlación entre la altura de la lámina de agua y el caudal que pasa por las turbinas.

Una vez conocida la altura del salto y contando con una estimación del rendimiento global de la central, es posible mediante Excel calcular la producción anual.

Desde el punto de vista de la topografía del terreno la opción más adecuada es la que corresponde a una mini central de agua fluyente, ya que el terreno

es bastante plano, sin la presencia de montes. Sin embargo, para aprovechar el recurso hídrico se necesitaría la construcción de un pequeño azud y un canal de derivación o tubería, con una extensión a determinar, para llevar el agua a la casa de máquinas.

6.2 EVALUACIÓN DEL TERRENO.

Los requisitos básicos para pensar en instalar una MCH consisten en contar con un caudal de cierta magnitud y un salto de agua apropiado.

Si se cuenta con cartografía ya digitalizada, a una escala adecuada (1:5.000), es posible adelantarse con bastante precisión a los estudios posteriores en terreno y ahorrar considerable tiempo y dinero. Por ahora en Europa, además de España e Inglaterra existen otros países que ya cuentan con la cartografía digitalizada a dicha escala, muy adecuada para el uso de SIGs con estos propósitos en forma eficiente. En el caso del Ecuador, la cartografía base, elaborada por el Instituto Geográfico Militar (IGM), se encuentra a una escala 1:50.000, lo que sin lugar a dudas no permite la misma facilidad y precisión al digitalizar estas cartas y aplicar el SIG. No obstante, en el Ecuador se está empezando a implementar un sistema cartográfico como el que se comenta, pero tardará varios años en estar disponible la respectiva cartografía temática.

Entre los principales estudios relacionados con la evaluación del terreno antes de la implementación del proyecto, debe considerarse:

- Estudios geológicos (fallas, geofísica, sísmica, permeabilidad, etc.)
- Estudios ambientales (agua, suelo, biota en general)

Años atrás, incluso en los países desarrollados, se subestimaba la necesidad de proceder a los estudios geotécnicos detallados del terreno y las consecuencias han sido sumamente negativas. Los estudios geotécnicos permiten evaluar la seguridad de las cimentaciones, la estabilidad de las laderas y la permeabilidad del terreno.

Además de todos los aspectos mencionados sobre configuración y evaluación del terreno, una parte muy importante en todo este proceso de selección corresponde al análisis de beneficios costos, que se analiza en el capítulo 9.

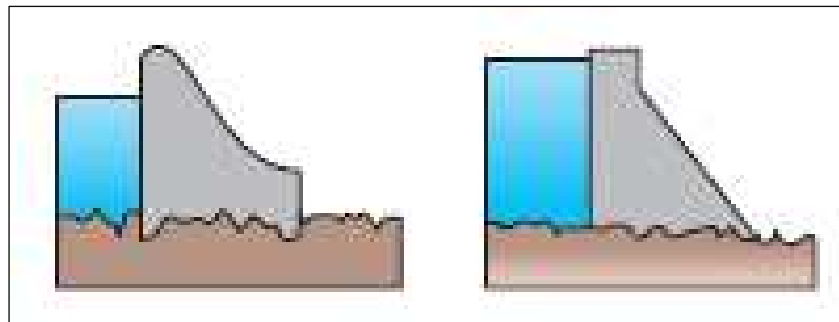
6.3 DESVIACIÓN PROVISIONAL DEL CAUDAL DURANTE LA CONSTRUCCIÓN.

Por razones obvias la construcción debería iniciarse en la época seca y se instalarían dos ataguías provisionales en el curso del río para desviar el caudal hacia un canal de derivación mientras se realizan las construcciones.

Inicialmente se pensó en la construcción de un azud parcial, ya sea que se elija la localización A, B o C, es decir, un muro de menor elevación que cubre una parte mínima del ancho del río y que tiene la finalidad de hacer un remanso de agua y canalizar el agua hacia una captación lateral. En este caso se minimiza el costo de las obras civiles.

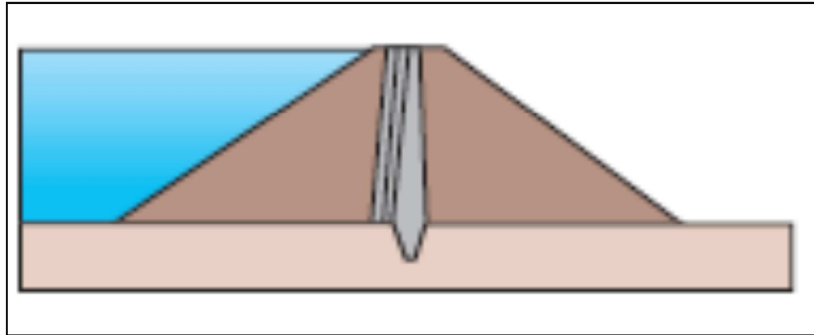
Los principales tipos de azud que se construyen en Europa y Estados Unidos son de los tipos siguientes:

Figura 6.5: Esquema de azudes de hormigón



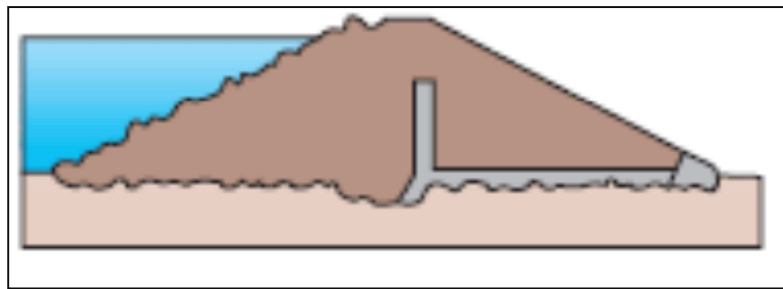
Fuente: Mini centrales Hidroeléctricas, Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE), Madrid, 2006.

Figura 6.6: Esquema de azudes de escollera



Fuente: Mini centrales Hidroeléctricas, Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE), Madrid, 2006.

Figura 6.7: Esquema de azudes de tierra



Fuente: Mini centrales Hidroeléctricas, Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE), Madrid, 2006

Antes de iniciar la construcción se requiere conocer el caudal máximo (Q_M), el caudal mínimo (Q_m), el caudal de mantenimiento (Q_{mt}), el caudal de servidumbre (Q_{srv}), y el caudal ecológico (Q_{ec}), que es imprescindible tener en consideración.

La construcción de azudes parciales se toma muy en cuenta cuando se desea minimizar los costos de las obras civiles y por ello se inició el presente proyecto con esa configuración, pero posteriormente y por sugerencia del Director de Tesis se enfocó el estudio a la construcción de una represa en la localización A_x , aprovechando la topografía del terreno en un tramo encajonado del río.

Esta última decisión es acertada por cuanto las razones para construir una presa pueden basarse en consideraciones tales como las siguientes:

- a) La presa es necesaria para mantener un suministro de agua relativamente constante, especialmente en épocas de estiaje.
- b) Cuando el caudal que proporciona el río no es suficiente para efectuar una derivación del agua.
- c) Si el río es muy ancho respecto al caudal puede suceder que en diversos tramos se produzcan brazos de muy baja profundidad, lo que haría imposible recolectar el agua en un solo cauce.

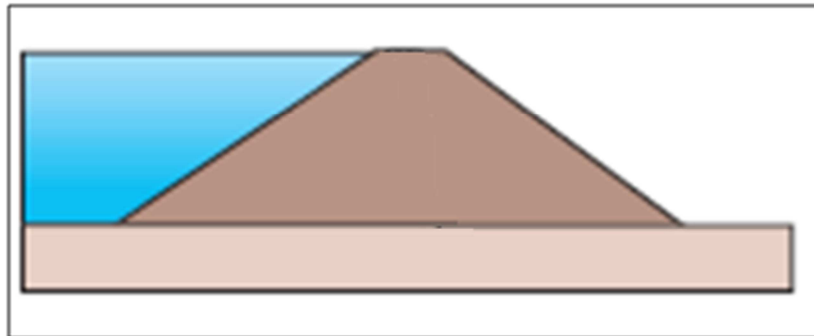
En el caso del río Palora son justamente estas razones las que justifican la construcción de una represa, a pesar de los mayores costos de obra civil.

6.4 DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE DOS ATAGUÍAS.

Las ataguías tendrán una longitud igual al ancho del río que es de 80 m en la localización A_x y una altura de 2,5 m. La altura tomada se relaciona con la profundidad del río en ese punto que es de 2,20 m. Como la construcción se espera hacerla en la época más seca se estima que la altura necesaria disminuirá considerablemente y no habrá ningún riesgo que el río sobrepase la altura de la ataguía. En cuanto al ancho, tendríamos en la parte inferior 2,5 m y en la parte superior 0,8 m. Tomando en cuenta que pudiera filtrar un poco de agua se tomó la decisión de revestir la cara frontal de la ataguía con un material plástico para asegurar su impermeabilidad.

Se debe hacer la construcción de dos de ellas, una en la parte superior después del comienzo del brazo de desviación y la otra posterior a la zona de construcción de la presa, antes de la entrada del agua al brazo de desviación.

Figura 6.8: Esquema de ataguía de tierra y piedras



Fuente: Gabriel Villablanca Robles, basada en figura 6.7

El brazo de desviación tendrá una profundidad de 2,20 m y un ancho de 80 m. Esto garantiza que toda el agua fluya por el brazo y no sobrepase la excavación provisional.

6.5 DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE LA PRESA.

La presa tendrá una longitud de 180 m, que corresponde a la distancia entre ambas cotas próximas, lo que garantiza tener la altura necesaria para la acumulación del agua en el embalse. Tendrá un espesor mayor de 17,5 m que es una medida apropiada para que no exista volcamiento de la presa generada por la presión y acumulación del agua en el embalse. La altura será de 16,5 m tomada hasta la vía que iría en la parte superior de la presa.

En la parte central existirá una compuerta de carga y el aliviadero que tendrá un ancho de 20 m, una altura de 9 m y una longitud de 35 m. La suave curva del aliviadero permite que el agua fluya adecuadamente y sin erosionar el suelo al pie de la presa.

La vía superior de dos carriles tendrá 10 m de ancho, con una capa de hormigón de 20 cm, con luminarias espaciadas cada 20 m, una vereda de 90 cm de ancho y 40 cm de alto y una baranda metálica de seguridad de 1 m de alto.

Se puede apreciar el diseño de la presa en el plano respectivo elaborado en Auto CAD que se presenta en los anexo de la tesis.

7. ANÁLISIS DEL TIPO DE TURBINA Y GENERADOR MÁS ADECUADO.

Sin duda las principales variables por considerar en cuanto a la selección del equipamiento necesario, son el salto y el caudal aprovechable, pero considerando el costo de la inversiones respectivas.

7.1 ANÁLISIS DEL CAUDAL Y SALTO DISPONIBLE.

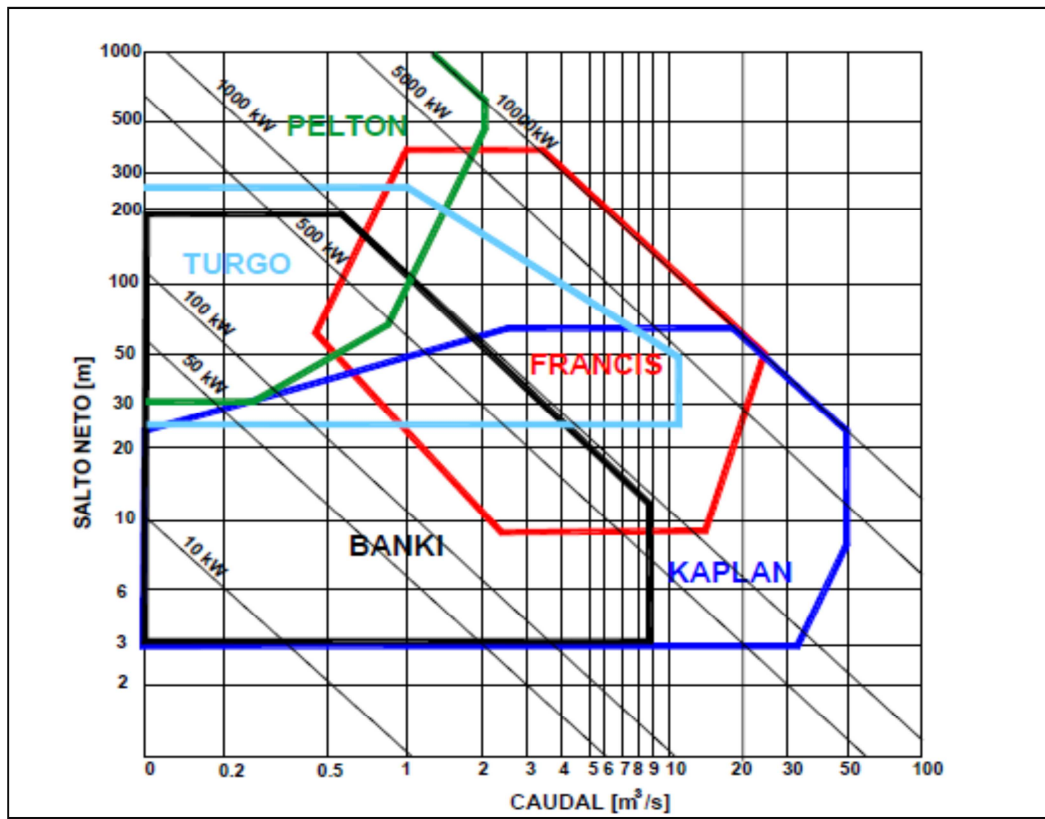
Tal como puede apreciarse en la Tabla 5.4, el caudal máximo total variaría entre $3.117,5 \text{ m}^3/\text{s}$ y $6.516,07 \text{ m}^3/\text{s}$, sin embargo el caudal aprovechable será el que pase por el área determinada por la bocatoma o captación (Tabla 5.5). Tanto a la entrada de la tubería de conducción, como al final, debe colocarse rejillas metálicas adecuadas para impedir el paso de maleza y otros sólidos.

Basado en nomogramas disponibles, para obtener una Potencia algo superior a los 1000 kw y partiendo del salto pre determinado para 10 m y caudal aprovechable entre $41,57$ y $86,88 \text{ m}^3/\text{s}$, la dimensión del área de la tubería debería ser de $2,84 \text{ m}^2$ (Diámetro de 1,90 m), o bien dos tuberías de $1,42 \text{ m}^2$ cada una (Diámetro de 1,34 m).

De acuerdo al nomograma que se presenta en la página siguiente la turbina más adecuada para el presente proyecto sería Kaplan por su amplio rango de salto (3 a 200 m) y caudal utilizable ($0,1$ a $50 \text{ m}^3/\text{s}$).

La turbina Kaplan se fabrica con una configuración de eje vertical que es la más usada, pero también en base al eje horizontal, con lo cual se disminuye apreciablemente la altura de la casa de máquinas.

Figura 7.1: Selección de turbinas mediante nomograma



FUENTE: Manual de Pequeña Hidráulica, DG XVII Comisión Europea, Programa ALTENER, 1998.

7.2 SELECCIÓN TÉCNICA DEL TIPO DE TURBINA Y GENERADOR.

En los últimos años han surgido grandes avances en el diseño de turbinas, como es el caso de Ossberger de Alemania y su turbina Michel-Banki de alta eficiencia, pese a que es un poco más cara que las turbinas tradicionales. Esta misma casa fabrica turbinas Kaplan en un rango muy amplio de potencia eléctrica, tanto de eje vertical, como horizontal.

Por el hecho de que la turbina Kaplan es la que ofrece una mayor flexibilidad en cuanto a salto y caudal, técnicamente sería la mejor opción, con la posibilidad de efectuar el análisis económico para potencias de 1000 kw a

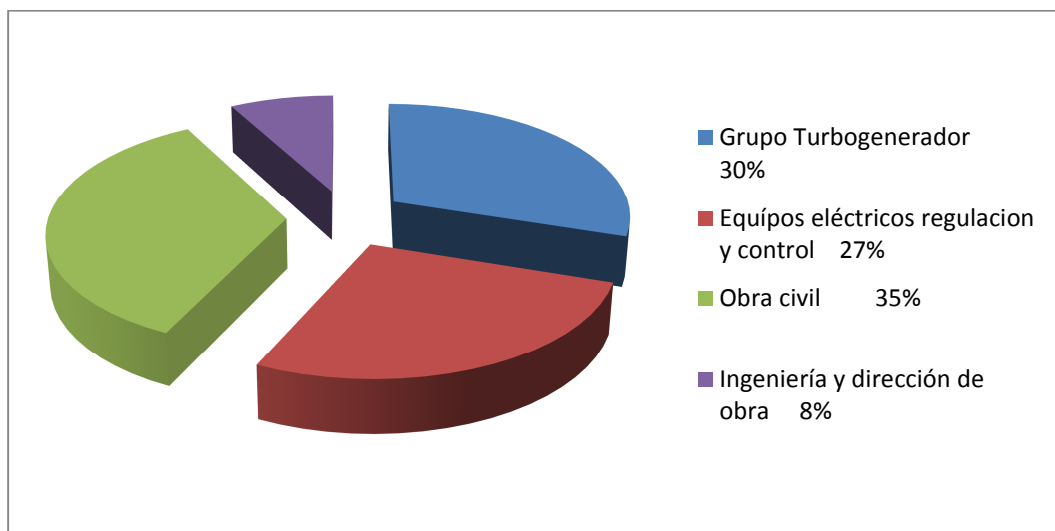
4.000 kw en el presente caso, que de acuerdo a la clasificación de OLADE corresponde a una pequeña central hidroeléctrica (PCH).

7.3 SELECCIÓN ECONÓMICA DEL TIPO DE TURBINA Y GENERADOR.

En función de la potencia y por lo tanto de la energía que puede generarse anualmente, es necesario considerar el valor de las inversiones respectivas, tanto en equipamiento como en obras civiles, y además los costos de operación y mantenimiento.

Es un hecho conocido que en mini hidráulica la estructura de los costos de inversión difiere notablemente con respecto a las grandes centrales hidroeléctricas, específicamente en cuanto al valor de las obras civiles que es proporcionalmente mucho mayor en las CHE grandes.

CUADRO 7.1: Estructura común de la Inversión en MCH y PCH



FUENTE: Mini Centrales Hidroeléctricas, IDAE

El análisis económico del grupo turbogenerador seleccionado técnicamente en función del caudal aprovechable y salto, para obtener la potencia deseada, se presenta en el capítulo 9 con todo el detalle necesario para elaborar el Flujo de Caja para un período de 25 años y efectuar la evaluación mediante los indicadores usuales de Ingeniería Económica.

8. DISEÑO Y COSTOS DE OBRAS, INSTALACIONES Y EQUIPAMIENTO.

Las obras civiles comprenden la construcción de la presa, campamento, casa de máquinas y el sistema de transmisión eléctrica.

8.1 DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE LA CASA DE MÁQUINAS.

Este edificio será construido con hormigón armado y bloques de cemento y el diseño respectivo consta en el plano que se presenta en los anexos. El área ocupada es de 625 m², distribuida de la siguiente forma:

Tabla 8.1: Distribución espacial de la casa de máquinas

Ambientes	m	Superficie, m ²
Centro de transformación (sub estación)	13,9 * 12,7	177
Sala de control	12,7 * 11,1	141
Cuarto de turbina - generador	12,3 * 13,9	171
Bodega	12,3 * 11,1	136
Total		625

Fuente: Elaborado por Gabriel Villablanca Robles

8.2 DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DEL CAMPAMENTO.

La construcción es de tipo provisional, con el fin de ser desmantelada en su mayor parte cuando finalicen las obras y la central entre en operación.

Tabla 8.2: Distribución espacial del campamento

Ambientes	m	Superficie, m ²
Baños	7,5 * 8,5	64
Cerca	1.200,00	1.200 ml
Almacén	33,56 * 12	403
Taller Maestranza	15,20 * 12	182
Oficinas	8,77 * 17	149
Cocina-Comedor	20,20 * 12	242
Dormitorios Principales	8,77 * 17	149
Dormitorios Secundarios 1	12,20 * 9,76	119
Dormitorios Secundarios 2	12,20 * 9,76	119
Área estacionamiento maquinaria	37,86 * 63,41	2.401
Área de esparcimiento	17,14 * 37,86	649
Sub total		4.477
Área libre		5.523
Área total del terreno	100 * 100	10.000

Fuente: Elaboración Gabriel Villablanca Robles

8.3 SISTEMA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA.

Comprende el tendido de cables, torres de retención y de suspensión, subestación de elevación y complemento de la subestación de transformación en San Vicente. Los costos detallados de la transmisión eléctrica son los que se presentan en la tabla 8.3.

Los cables deben tenderse con cierta holgura, de modo que la distancia de 19 km entre la central y el poblado de San Vicente aumenta a casi 20 km y comprenden un cable por cada una de las 3 fases de electricidad, además del denominado hilo de guarda que sirve como conexión a tierra de todo el sistema y es al que están conectados los pararrayos.

En cuanto a las torres, éstas están construidas en estructura de acero, con un peso de 3 ton para las torres de suspensión y de 4,5 ton para las torres de retención. Estas torres están equipadas con varios accesorios importantes, tales como: grilletes, aisladores, rótulo de ojo, grapa de suspensión y amortiguadores.

Las torres están asentadas en una base de hormigón en un hueco de unos 12 m³ para que resistan adecuadamente su peso.

Una estimación usada a diario por ingenieros de Transelectric consiste en presupuestar \$ 80.000 por km de tendido, incluyendo torres y cables.

Además del tendido se necesita instalar una subestación para elevar el voltaje de 380 v que entrega el generador a 13,8 Kv, correspondiente a una red para transmitir adecuadamente la electricidad, en el rango de baja tensión, equipada con transformadores, disyuntores, y pararrayos, todo instalado en un pórtico adecuado. Adicionalmente, en el poblado de San Vicente, dónde se hará la conexión a la red domiciliaria se instalará una subestación de distribución.

En la tabla siguiente se presenta el detalle de costos del sistema de transmisión eléctrica del proyecto.

Tabla 8.3: Costos de la transmisión eléctrica

SISTEMA DE TRANSMISIÓN

Kilómetros distancia	19	Torres		57		
Distancia real	19,95					
	# De Torres	Peso (ton)	Costo \$ x(Ton)	Costo \$ x(c/u)	Total \$	
Torres suspensión	51	3	3.250	9.750	497.250	
Torres retención	6	4,5	3.250	14.625	87.750	
					585.000	
Hormigón torres	Alto	Ancho	Prof.	Área m ³		
	2,2	2,2	2,5	12,1		
	Área*Torres	\$/m ³ hormigón	Costo \$.total			
	689,7	258,0	177.943			
Conductor ACAR (300MCM)(12/7)	Kilómetros	0,05	Fases	Total km	Precio	Total del Costo \$
	19,00	0,95	3,00	59,85	3.860	231.021
Hilo de Guarda 3/8` H.S	Kilómetros	0,05	Fases	Precio	Total del Costo \$	
	19,00	0,95	1,00	1.860	37.107	
Herrajes suspensión	Grillete	Aislador	Rótula-ojo	Grapa-Susp.	Blindaje	
	10	140	15	75	120	
	Total	Torres Susp.	c/ Torre	Total Costo \$		
	360	51	3	55.080		
Herrajes de retención	Torre Reten.	# de herrajes*torre		Precio	Total del Costo \$	
	6	6		240	8.640	
Herrajes de Suspenc. + Herrajes de Retenc.			\$ 63.720			

Accesorios						
Amortiguadores	Torres	# de amortig.*torre		Precio	Total del Costo \$	
	57	6		45	15.390	
Tendido de cable Conductor	Kilómetros	0,05	Precio \$		Total del Costo \$	
	19	0,95	3.120		62.244	
Hilo de guarda	Kilómetros	0,05	Precio \$		Total del Costo \$	
	19	0,95	980		19.551	
					Total Cables \$	
					81.795	
Costos Indirectos						
Total Línea y accesorios		16%			Total Indirectos \$	
1.176.585,60		188.253,70			1.364.839	

Licencias				
		Km	Costo \$	Total
Licencias de aprovechamiento forestal		19	471,55	8.959
Auditoría de Indemnizaciones		19	489,00	9.291

Subestación de elevación

	Costo \$	#	Total
Transformador de 5MW	160.000,00	1	160.000
Disyuntor de 69 KV	25.795,00	1	25.795
Disyuntor de 13,8 KV	14.693,28	1	14.693
Transformador 380 v/13,8 KV	5.650,00	1	5.650
Pararrayo 69 KV	3.164,00	3	9.502
Transformador Corriente 69 KV	7.355,04	3	22.065
Transformador de potencia 69 KV	6.529,60	3	19.589
			257.294
Pórticos			27.625
(6% = \$ 17.095)			284.919

Mano de Obra

	Ton	Costo \$	#	Total \$
Pórtico	8,50	310		2.635
Transformador		8.000	1	8.000
Disyuntor		760	2	1.520
Transformador 13,8 Kv		1.500	1	1.500
Pararrayo		120	3	360
TC'S		435	3	1.305
TP'S		435	3	1.305
				16.625
			16%	2.660
				19.285
	M ³	Costo \$ hormigón fundido	#	Total
Base del Transformador	30,0	258		7.740
Base del Pórtico	1,5	259	8	3.108
Disyuntor	7,6	260	2	3.952
				14.800
Costo \$ indirectos			16%	2.368
		Obra Civil		17.168
		Montaje		19.285
				36.453
Total de la Subestación de elevación \$			338.467,35	
Estudios de indemnización \$			2.500,00	
				340.967,35

Subestación San Vicente				
Pórtico doble cuadro	Ton	Costo \$		Total \$
	8	3.250		26.000
Montaje	8	310		2.480
	M ³	Costo \$	#	Total
Obra Civil	1,5	258	6	2.322
	m	Costo \$		Total \$
Cable ACAR 300 MCM	60	3,86		232
	#			Total
Barras de retención	24	233,33		5.600
	Costo \$	#		Total \$
Reconectores	11.186	4		44.744
				Total \$
San Vicente Total				422.113
Estudio de indemnizaciones				2.500
				424.613

Presupuesto Eléctrico total para Central de 3 MW

	Costo \$
L/Subtransmisión 19 Km	1.383.090
S/E de elevación en la Planta	340.967
S/E de reducción en San Vicente	424.613
Costo \$ total	2.148.670

8.4 COSTOS DE OBRAS CIVILES.

Los costos de obras civiles comprenden la casa de máquinas, campamento y la presa, tal como se detalla a continuación.

La casa de maquinas requiere de una construcción sólida, en cuanto a losas y paredes. En la losa superior estará ubicada una grúa móvil para remover la turbina y generador cuando se necesite hacer reparaciones.

El campamento, por otra parte, comprende la utilización de material ligero con el fin de que estas instalaciones puedan desmantelarse en su mayor parte una vez que se termine la construcción y la planta empiece a generar electricidad.

La presa considera un diseño adecuado para una operación eficiente y tiene las dimensiones adecuadas para proveer de agua a un par de turbinas más, que pueden alojarse perfectamente en la construcción de la casa de máquinas ya que se ha previsto un espacio para estas futuras instalaciones.

Tabla 8.4: Costos de las obras civiles

Casa de Máquinas

Especificaciones

Construcción de paredes (costo \$/m ²)	28
Losa de Piso (costo \$/m ³)	420
Columnas Planta Baja (costo \$/m ³)	521
VIGAS DE CUBIERTA PLANTA BAJA (costo \$/m ³)	524
LIMPIEZA DEL TERRENO (costo \$/m ²)	0,84

	Medidas	Espesor m	Alto m	Número	Costo \$	Total \$
Casa (long)	25		3,5	2	28	4.900
(long)	25		3,5	2	28	4.900
Losa (Área)	625	0,2			420	52.500
Piso (Área)	625	0,2			420	52.500
Columnas (long)	0,2	0,3	3,5	26	521	2.845
Vigas (long)	100	0,2	0,3	4	524	12.576
Interior (long)	23,46	0,15	2,5	1	28	1.642
(long)	15,42	0,15	2,5	1	28	1.079
(long)	30	0,15	2,5	1	28	2.100
Puerta pequeña				3	30	90
Puerta grande				2	50	100
Ventanas				4	30	120
Limpieza del terreno	30	40			0,84	1.008
						135.352

Campamento

Especificaciones

Columnetas 10*15*2,5 (costo \$/unidad)	28
Paredes de aglomerado reforzado (costo \$/m ²)	30
ESTRUCTURA LOSA CUBIERTA P.B (costo \$/m ²)	27
ESTRUCTURA PISO CUBIERT P.B (costo \$/m ²)	35
COLUMNAS METALICAS (costo \$/UNIDAD)	33
LIMPIEZA DEL TERRENO (costo \$/m ²)	0,84

	Longitud m	Espesor m	Alto m	Número	Costo \$	Total \$
Cerca	1.200	-	-		1.000	1.000
Columnas para cerca				80	28	2.240
Luminarias				30	100	3.000
Almacén (long)	33,56	0,15	2,5		30	1.007
(long)	12	0,15	2,5		30	360
Losa (Área)	402,72	12			27	10.873
Piso (Área)	402,72	12			35	14.095
Columnas			3	16	33	528
Depósito de repuestos	15,2				30	456
(long)	12				30	360
Losa (Área)	182,4				27	4.925
Piso (Área)	182,4				35	6.384
Columnas			3	8	33	264
Cocina y comedor	20,2				30	606
(long)	12				30	360
Losa (Área)	242,4				27	6.545
Piso (Área)	242,4				35	8484
Columnas			3	10	33	330
Oficinas	8,77				30	263

		17		30	510
Losa	(Área)	149,09		27	4.025
Piso	(Área)	149,09		35	5.218
Columnas			3	8	33
Dormitorios principales		8,77		30	263
		17		30	510
Losa	(Área)	149,09		27	4.025
Piso	(Área)	149,09		35	5.218
Columnas			3	8	33
Dormitorios secundarios		9,76		30	293
		12,2		30	366
Losa	(Área)	119,072		27	3.215
Piso	(Área)	119,072		35	4.168
Columnas			3	8	33
Baños				8	203
Tanque y estructura				1	1.500
Portón				1	1.000
Cámara séptica				1	2.500
Puertas pequeñas				37	30
Puertas grandes				4	50
Ventanas				67	30
Limpieza del terreno		10.000		0,84	8.400
					109.028

Presa

Especificaciones

f'c=350 Kg/cm ² , Piedra 12 mm. (costo \$)	116
LOSA DE PISO (costo \$/m ³)	420
MUROS DE PIEDRA BASE (costo \$/m ³)	211,8

	Área	Longitud m	Volumen	Costo(m ³)	Unidades	Total \$
Parte A	92	20	1.834,24	116		212.772
Parte B	238	160	38.101,44	116		4.419.767
Muros laterales	164	10	1.640,00	116		190.240
Compuerta	3,459	20	69,18	2500		2.500
Puente 10 m de ancho	1800	0,4	720,00	420		302.400
Luminarias				400	30	12.000
Cimientos (Piedra bola)	78	180	14.040,00	211,8		2.973.672
						8.113.351

8.5 COSTO DEL EQUIPAMIENTO.

Comprende los costos de la turbina Kaplan de eje horizontal de una potencia de 3 MW y generador, equipo de control y regulación, que ascienden a la suma de \$ 2.577.600 para una potencia nominal de 3 MW.

8.6 COSTOS TOTALES DE INVERSIÓN INICIAL.

Retomando todos los costos anotados en las secciones anteriores se llega a un total algo superior a los 13 millones de dólares, como puede apreciarse en la siguiente tabla.

Tabla 8.5: Resumen de la inversión inicial total

Costo de las Inversiones	\$	%
Transmisión eléctrica	2.148.670	16,4
Casa de máquinas	135.352	1,0
Campamento	109.028	0,8
Presa	8.113.351	62,1
Turbina y generador (incl. Control)	2.577.600	19,7
TOTAL:	13.084.001	100

Fuente: Tablas 8.1 a 8.6

Como se puede apreciar en las cifras presentadas, los rubros más caros son los correspondientes a la presa, luego el grupo turbo generador y la transmisión eléctrica en tercer lugar. En el presente caso el porcentaje del costo de la presa es elevado y similar a lo que sucede en las grandes CHE.

9. ANÁLISIS DE VIABILIDAD MEDIANTE INGENIERÍA ECONÓMICA.

En base a la información presentada en los capítulos anteriores se realiza la evaluación correspondiente, utilizando los principales indicadores utilizados en Ingeniería Económica, como son: cálculo del Valor Actual Neto (VAN), cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR), cálculo de la relación Beneficios / Costos (B/C), además de aplicar un modelo de simulación simple.

Los rubros económicos esenciales que se utilizan en la evaluación son la Inversión Inicial, los Ingresos y Costos de Operación y Mantenimiento esperados para un período de 25 años.

Los flujos de ingresos y costos esperados se actualizan al año cero utilizando una tasa de interés correspondiente a la tasa de oportunidad de la entidad pública responsable del proyecto, como podría ser el Municipio del cantón Palora. Esta tasa de interés corresponde a un 6% anual.

9.1 ESTIMACIÓN DE LOS INGRESOS ESPERADOS.

En el capítulo 8 se presentaron los diversos costos de inversión del proyecto, por lo que corresponde ahora estimar los ingresos esperados.

Los ingresos de operación se generarán mediante la venta al sector estatal de la electricidad que se genere en la central hidroeléctrica y se entregue al Sistema Nacional Interconectado mediante una subestación que se instalaría en San Vicente, poblado ubicado cerca del río Palora.

De acuerdo a las regulaciones vigentes para el sector eléctrico nacional, el estado compraría a 10 centavos de dólar el kw del fluido, es decir, a \$ 100 por 1 MW.

A pesar de que estos grupos turbo generadores funcionan prácticamente en forma continua, es posible enviar a la red menores cantidades de electricidad durante las madrugadas por ejemplo, por lo que para considerar estas

disminuciones se ha rebajado las horas y días de funcionamiento en forma muy conservadora.

VALOR DE LA ENERGÍA GENERADA CON UNA POTENCIA DE 3 MW:

Horas al día de funcionamiento promedio: 18

Días de funcionamiento promedio anual: 320

$IB = (18 * 320 * 3000 * 0,10) = \$ 1.728.000$ por año.

De lo cual se desprende que los Ingresos Brutos (sin rebajar gastos de operación y de mantenimiento) y sin tomar en cuenta el concepto de Valor del Dinero en el Tiempo, permitirían recuperar la inversión en algo más de 8 años.

Para su consideración en el flujo de caja se toma el valor de \$ 1.728.000 como una anualidad a lo largo del período de evaluación de 25 años.

9.2 ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Los costos de operación y mantenimiento de este tipo de centrales hidroeléctricas son muy bajos (por no necesitar combustibles como en el caso de las centrales termoeléctricas) y en el presente caso corresponden básicamente a los siguientes rubros:

- Ingeniero supervisor (1 visita semanal)
- Personal de operación (3 operarios)
- Personal de seguridad (2 vigilantes)
- Personal de aseo (2 empleados)
- Lubricantes
- Materiales diversos y mantenimiento

Los valores a pagar por los rubros indicados son los que se presentan en la tabla 9.1.

Tabla 9.1: Estimación de costos de operación y mantenimiento

Nº	Función	\$ Mes	\$ Año
1	Ingeniero supervisor	800	9.600
3	Operarios	3.000	36.000
2	Vigilantes	1.500	18.000
2	Empleados p/aseo	1.200	14.400
Glb	Lubricantes	1.000	12.000
Glb	Materiales varios	1.500	18.000
Glb	Mantenimiento	8.500	102.000
	TOTAL:	9.000	210.000

Fuente: Elaboración Gabriel Villablanca Robles

9.3 DEPRECIACIÓN DE ACTIVOS FIJOS.

La depreciación de los activos fijos son costos contables que como tales se restan primero junto a los demás costos, pero que más abajo se suman ya que no constituyen desembolsos de efectivo desde el punto de vista de la elaboración de los flujos de caja.

Tabla 9.2: Cuota de depreciación de activos fijos

Activos fijos	Valor \$	Años	Cuota anual \$
Transmisión eléctrica	2.148.670	25	85.947
Casa de máquinas	135.352	30	4.511
Campamento	109.028	5	21.805
Presa	8.113.351	40	202.834
Turbina / generador	2.577.600	25	103.104

Fuente: Elaboración Gabriel Villablanca Robles

9.4 FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO.

Con la información anterior sobre Inversión Inicial, Ingresos y Costos esperados se elabora el flujo de caja respectivo para 25 años.

Tabla 9.3: **FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO**

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	En millones de dólares													
Ingresos anuales		1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73
Costos de operación		-0,210	-0,210	-0,210	-0,210	-0,210	-0,210	-0,210	-0,210	-0,210	-0,210	-0,210	-0,210	-0,210
Cuota de depreciación		-0,418	-0,418	-0,418	-0,418	-0,418	-0,396	-0,396	-0,396	-0,396	-0,396	-0,396	-0,396	-0,396
Utilidad		1,102	1,102	1,102	1,102	1,102	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124
Más depreciación		0,418	0,418	0,418	0,418	0,418	0,396	0,396	0,396	0,396	0,396	0,396	0,396	0,396
Utilidad neta		1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520
Inversión inicial	-13,08													
Capital de trabajo	-0,10													
Valor de Salvamento													
Flujo de efectivo neto	-13,18	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520
Factor de actualización al 6%	1,0000	0,9434	0,8900	0,8396	0,7921	0,7473	0,7050	0,6651	0,6274	0,5919	0,5584	0,5268	0,4970	0,4688
Flujo de efectivo actualizado	-13,18	1,434	1,3528	1,2762	1,204	1,1358	1,0715	1,0109	0,9537	0,8997	0,8488	0,8007	0,7554	0,7126
Valor Actual Neto (VAN)	8,08													
Tasa Interna de Retorno (TIR)	11,19%													

Valores en millones de dólares

	Años	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Ingresos anuales		1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73
Costos de operación		-0,210	-0,210	-0,210	-0,210	-0,210	-0,210	-0,210	-0,210	-0,210	-0,210	-0,210	-0,210
Cuota de depreciación		-0,396	-0,396	-0,396	-0,396	-0,396	-0,396	-0,396	-0,396	-0,396	-0,396	-0,396	-0,396
Utilidad		1,124	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124	1,124
Más depreciación		0,396	0,396	0,396	0,396	0,396	0,396	0,396	0,396	0,396	0,396	0,396	0,396
Utilidad neta		1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520
Inversión inicial													
Capital de trabajo													
Valor de Salvamento													7,83
Flujo de efectivo neto		1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	9,35
Factor de actualización al 6%		0,4423	0,4173	0,3936	0,3714	0,3503	0,3305	0,3118	0,2942	0,2775	0,2618	0,2470	0,2330
Flujo de efectivo actualizado		0,6723	0,6342	0,5983	0,5645	0,5325	0,5024	0,4739	0,4471	0,4218	0,3979	0,3754	2,1785
Valor Actual Neto (VAN)		8,08											
Tasa Interna de Retorno (TIR)		11,19%											

Tal como se aprecia en la columna cero, el VAN del flujo de caja calculado con una tasa del 6% sería de \$ 8.075.000 y la TIR de 11,19% lo que indica que el proyecto sería factible en términos financieros.

Por otra parte, expresando el valor de la Inversión Inicial como anualidad y calculando la relación Beneficios / Costos modificada $(B/C)_m$, que es el indicador más utilizado para proyectos gubernamentales de infraestructura, se obtiene un resultado muy conveniente (Beneficios netos anuales sobre la inversión total anualizada):

$$(B/C)_m = (1,521) / 1,22 = 1,5$$

La tasa de un 6% utilizada para calcular el VAN es adecuada, ya que es superior a las tasas internacionales de referencia como la Prime Rate utilizada para préstamos de entidades financieras internacionales hacia gobiernos de países en desarrollo.

El hecho de que la TIR del flujo de caja sea de un 11,19% es equivalente a haber depositado el total de la inversión, es decir \$ 13.084.001 en una entidad financiera y que se reciba cada año \$ 1.464.100 por concepto de intereses durante 25 años, manteniéndose constante el valor del depósito.

Es necesario dejar constancia que se conversó con personeros del Municipio de Palora y esa entidad está dispuesta a mejorar la vía de nivel IV que bordea la parte Norte de la cuenca e incluso hacerse cargo del desarrollo de una vía IV de 4,5 km que conectaría con la anterior, necesarias para el desplazamiento de la maquinaria pesada y materiales que se utilizarán en el área de la construcción.

Por otra parte, la cotización de la turbina, generador y equipo de regulación, incluye el costo de seguro y transporte desde el puerto de embarque en China hasta el puerto de Guayaquil y el transporte terrestre al lugar de construcción en Palora.

10. ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE IMPACTOS AMBIENTALES.

Los posibles impactos ambientales del presente proyecto se abordan desde un enfoque cualitativo por tratarse de un estudio de pre factibilidad, ya que es solamente en el caso de un estudio de factibilidad cuando debe realizarse la Evaluación de Impactos Ambientales (EIA) como también el respectivo Plan de Mitigación Ambiental (PMA).

Entre la abundante bibliografía disponible sobre este tema se ha elegido el documento “Minicentrales Hidroeléctricas”, del Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE, Madrid, 2006) por su claridad y realismo, para apoyar los siguientes planteamientos respecto a posibles rubros de impactos negativos (costos) junto a las medidas básicas de mitigación (con letra itálica), e impactos positivos (beneficios) del proyecto.

10.1 IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS.

Los más significativos afectan los siguientes sistemas: acuático, suelo, vegetación, fauna, atmósfera, medio social, paisaje.

SISTEMA ACUÁTICO:

- a) Alteración del caudal del río: *Se debe respetar el caudal ecológico (Q_{ec} mínimo 10% del caudal original) y los caudales de servidumbre (Q_{srv} existentes).*
- b) Deposición de materiales que se desplazan en suspensión (aguas arriba), aumento de la capacidad erosiva (aguas abajo), alteración del microclima en el área adyacente al agua embalsada: *Se debe restituir al río el agua turbinada y respetar los caudales Q_{ec} y Q_{srv} .*
- c) Vertidos de sólidos accidentalmente durante la construcción y desarrollo de algas en el embalse: *Impedir que se viertan sólidos al río y controlar el aporte de nutrientes al agua del embalse.*

SUELO:

- a) Ocupación invasiva de terrenos por construcciones y vías: *Respetar al máximo el entorno durante las construcciones.*
- b) Erosión del suelo debido al movimiento de tierra durante la construcción: *Repoblar con plantas del lugar y ubicar bajo tierra en todo lo que sea posible tuberías y ductos.*

VEGETACIÓN:

- a) Pérdida de la cobertura vegetal en el área ocupada por las construcciones: *Identificar y valorar el daño vegetal para proceder a la reposición.*
- b) Cambio en la estructura vegetal ribereña: *Revegetación con especies autóctonas.*

FAUNA:

- a) Disminución de la población piscícola: *Procurar mantener la calidad del agua y si fuese necesario diseñar y construir vías especiales para el tránsito de los peces e impedir su paso por la captación.*
- b) Disminución de animales terrestres: *Recrear en zonas adyacentes los hábitats perdidos.*
- c) Mortandad de aves silvestres por electrocución con línea de transmisión: *Instalar con la frecuencia adecuada dispositivos salvapájaros en zonas conflictivas de posibles colisiones, como ahuyentadores de colores llamativos para evitar colisiones.*
- d) Alejamiento de especies sensibles a los ruidos ocasionados por la turbina y generador: *Diseño adecuado de ingeniería para procurar la insonorización especialmente en la casa de máquinas.*

ATMÓSFERA:

- a) Durante la etapa de construcción polvo ocasionado por el movimiento de tierra especialmente: *Este impacto negativo termina con la finalización de las obras de construcción, pero mientras se estén realizando es indispensable regar periódicamente caminos y accesos de tierra.*

MEDIO SOCIAL:

- a) Invasión de sistemas agropecuarios: *Respetar las servidumbres existentes para estas actividades.*

PAISAJE:

- a) Cambio negativo del paisaje: *Repoblar taludes y terraplenes, enterrar tuberías y ductos, plantación de especies forestales para armonizar el ambiente.*

10.2 IMPACTOS AMBIENTALES POSITIVOS.

Los aspectos positivos de las MCH o PCH son muchos y significativos, entre los que cabe destacar los siguientes:

- a) El agua del río no se consume, ya que después de pasar por las turbinas se restituye al río.
- b) Disminución de la dependencia del sector externo en cuanto al consumo de combustibles hidrocarburíferos refinados como el diesel para la generación de electricidad.
- c) Generación local, evitando costos muy grandes de transmisión eléctrica.

- d) Se trata de energía limpia, sin residuos contaminantes.
- e) Amigable con el medio ambiente, ya que muchos de los impactos negativos pueden evitarse o mitigarse y los impactos positivos son importantes.
- f) Es completamente renovable gracias al ciclo hidrológico del agua, ya que se trata de un recurso inagotable.
- g) Ocupación laboral temporal de 18,6 hombres-año/MW y 1,4 hombres-año/MW en la operación y mantenimiento.

En Europa se ha estado insistiendo en los últimos 10 años en que el estado debe comprar la electricidad procedente de las MCH y PCH a un precio equivalente al de la generación termoeléctrica más una prima por no contaminar o dañar el ambiente (El Libro Blanco, Comunidad Europea, 1997). Este trato preferencial puede asimilarse comparando las diversas fuentes energéticas, en base a los denominados “ecopuntos”, tal como se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro 10.1: Comparación entre fuentes energéticas

Impactos/ Sistemas Energéticos	Lignito	Carbón	Petróleo	Gas natural	Nuclear	Fotovoltaico	Eólico	Minihidráulica
Calentamiento global	135,00	109,00	97,00	95,80	2,05	15,40	2,85	0,41
Disminución capa de ozono	0,32	1,95	53,10	0,86	4,12	3,66	1,61	0,05
Acidificación	920,00	265,00	261,00	30,50	3,33	97,00	3,49	0,46
Eutrofización	9,83	11,60	9,76	6,97	0,28	1,97	0,27	0,06
Metales pesados	62,90	728,00	244,00	46,60	25,00	167,00	40,70	2,58
Sustancias carcinógenas	25,70	84,30	540,00	22,10	2,05	75,70	9,99	0,76
Niebla de invierno	519,00	124,00	135,00	3,08	1,50	53,30	1,48	0,15
Niebla fotoquímica	0,49	3,05	36,90	3,47	0,32	3,03	1,25	0,06
Radiaciones ionizantes	0,02	0,05	0,02	0,00	2,19	0,12	0,01	0,00
Residuos	50,90	12,90	0,62	0,58	0,28	1,84	0,29	0,52
Residuos radiactivos	5,28	10,60	7,11	1,34	565,00	34,90	1,83	0,32
Agotamiento recursos energéticos	5,71	5,47	13,60	55,80	65,70	7,06	0,91	0,07
TOTAL	1.735,16	1.355,92	1.398,11	267,11	671,82	460,98	64,687	5,43

Fuente: Mini centrales hidroeléctricas, IDAE, 2006

Un valor total menor significa que esa fuente energética es menos contaminante o más amigable con el medio ambiente, en consecuencia la mini hidráulica es la mejor de todas, y le sigue la energía eólica, y el gas natural.

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Las conclusiones y recomendaciones que se presentan a continuación se derivan directamente del contexto del presente trabajo.

11.1 CONCLUSIONES.

- a) El uso de un Sistema de Información Geográfica y especialmente la utilización de un software como ArcGis constituyen una gran ayuda para el desarrollo de diversos proyectos energéticos. En el presente caso se ha utilizado para plantear la localización más adecuada para una mini o pequeña central hidroeléctrica, pero podría utilizarse en forma similar para analizar la localización de proyectos de aere generadores, fotovoltaicos, torres solares, geotérmicos, etc., contando con la cartografía digital 1:50.000 (ojalá 1:25.000) y las respectivas bases de datos.

Asimismo esta metodología es útil en el caso de otros proyectos de ingeniería, por ejemplo para la construcción de vías, puentes, puertos, como también para analizar la localización adecuada para la construcción de centros habitacionales, centros comerciales y otras obras de cierta importancia.

- b) El proyecto se justifica desde el punto de vista de la demanda energética de la zona y tiene asegurada la entrega del fluido eléctrico al Estado de acuerdo a la legislación del sector eléctrico y las regulaciones vigentes, en una situación preferencial. En este caso particular se trata de proveer suministro de energía eléctrica con cobertura total para la sub cuenca del Río Palora.
- c) La propuesta es factible técnicamente, tal como se demuestra por el diseño para el funcionamiento de la central, de conformidad a la información obtenida en forma secundaria para velocidad del curso del agua y caudales, trayecto del río y saltos aprovechables, utilizando las relaciones usuales en hidráulica e hidrología, en especial las fórmulas de Manning y Elliot.

Al calcular el período de recuperación de la Inversión Total en la forma tradicional, $P_R = 13,18 / 1,52 = 8,6$ años. El Índice de Energía

$I_E = 13,18 / 17,28 = 76 \text{ ctv} / \text{kwh}$ y el Índice de Potencia $I_P = 13.180.000 / 3.000 = 4.393 \text{ \$} / \text{kw}$. Los dos primeros indicadores tienen el nivel recomendado internacionalmente, pero el último está por encima de los valores que se manejan, ya que para centrales con $P \leq 10 \text{ MW}$ el índice recomendable es de $2.175 \text{ \$} / \text{kw}$. De lo cual se concluye que el costo de la presa (Tabla 8.5: 62,1%) influye desfavorablemente en este indicador.

- d) El proyecto es factible en términos económicos, de acuerdo a los indicadores presentados: VAN de \$ 8.075.000 una TIR de 11,19%, relación $(B/C)_m$ de 1,5. El valor de los dos últimos indicadores son especialmente atractivos para proyectos de infraestructura del sector público.
- e) Desde el punto de vista ambiental, como en un estudio de pre factibilidad no cabe desarrollar el Estudio de Impactos Ambientales (EIA), ni el respectivo Plan de Mitigación Ambiental (PMA), solamente se han identificado los impactos ambientales negativos y las medidas correctivas respectivas, como también los impactos ambientales positivos. De todos modos se puede concluir que este tipo de proyectos es viable desde el punto de vista ambiental y que puede generar positivos impactos socioeconómicos. En este último aspecto, el contar con electricidad en forma continua permitiría un aprovechamiento más eficiente de diversos planteles educativos que funcionan sólo de día, para desarrollar actividades vespertinas o nocturnas especialmente para alfabetización y capacitación de adultos. Asimismo se podría fomentar la creación y funcionamiento de ciertas actividades artesanales y variadas micro empresas industriales que sólo pueden funcionar disponiendo de electricidad en forma permanente.

11.2 RECOMENDACIONES.

- a) Es necesario hacer mediciones de caudales en diversos tramos del río, en especial en los analizados aquí, al menos durante todo un

año en forma permanente con los caudalímetros adecuados y de ser posible desarrollar modelos que permitan aplicar pronósticos científicos para contar con un sustento hidrológico más preciso para un proyecto como el presentado.

- b) Es posible utilizar fotografía aérea especializada que permita contar con información exacta respecto al ancho del río a lo largo de toda la cuenca en el área delimitada, ya que al alejarse mucho de los poblados se incrementan considerablemente los costos de transmisión. El Instituto Geográfico Militar (IGM) recientemente ha encomendado trabajos fotogramétricos aéreos para contar con imágenes actuales a una escala de 1:25.000, los que serían de gran utilidad para el desarrollo de un modelo SIG.
- c) La información del párrafo anterior permitiría efectuar análisis muy precisos sobre uso del suelo, con el fin de proponer alternativas técnicas que no perjudiquen al medio ambiente ni a la población que desarrolla actividades agrícolas y pecuarias en el área. De esta manera se podrían realizar Estudios de Impactos Ambientales no sólo en términos cualitativos, como el presentado en este trabajo, sino especialmente en términos cuantitativos ya que de ese modo sería posible analizar la incidencia en los indicadores usados para examinar la viabilidad del proyecto (TIR, VAN, B/C_m).
- d) Es conveniente efectuar el análisis de Ingeniería Económica considerando la instalación y funcionamiento de dos turbinas adicionales, ya que existe el espacio adecuado para ello y también se dispondría del caudal suficiente, con lo cual los ingresos por la venta de electricidad serían mucho mayores.
- e) Es necesario investigar si está regulado el uso del agua por el ente estatal en la forma de caudales de servidumbre Q_{sv} es decir la cantidad de agua autorizada para su uso en actividades de producción agropecuaria y otras, como también el caudal ecológico Q_{ec} , que en Europa está regulado como mínimo al 10% del caudal natural.

- f) Es indispensable recopilar la información actualizada, pero un tanto dispersa, respecto a los trámites que deben realizarse en las entidades estatales para obtener una concesión de aprovechamiento del caudal. Por ahora se ha presentado en la Tabla 8.3 los costos de dos estudios que se requieren, como son las “Indemnizaciones” y “Auditorías”.
- g) La decisión para ejecutar el presente proyecto debe realizarse después de haber desarrollado el correspondiente Estudio de Factibilidad Técnica Económica, ya que hay una secuencia que es recomendable respetar en la formulación de Proyectos: PERFIL – PRE FACTIBILIDAD Técnica Económica – FACTIBILIDAD Técnica Económica. En este último estudio debe analizarse en mayor profundidad los aspectos tratados en la pre factibilidad y abordar otros indispensables y que no es posible elaborar en la pre factibilidad, como es el caso del Estudio de Programación utilizando el software adecuado, ya sea el M.S. Project o el Primavera para proyectos más grandes y complejos. Este último estudio se realiza posteriormente con mucha mayor precisión y detalle en la etapa de planeación/ejecución del proyecto (Project Management).

12. BIBLIOGRAFÍA.

Aguilera Francisco y Molero Emilio. *Los Sistemas de Información Geográfica SIG: Introducción y Conceptos Básicos*. Granada. Laboratorio de Urbanismo y Ordenación del Territorio-Universidad de Granada. 2006.

Blank Leland y Tarquin Anthony. *Ingeniería Económica*. México. Mc Graw Hill, 6ª Edición, 2006.

CNRH. *Atlas Hídrico del Ecuador*. Quito. Ex Consejo Nacional de Recursos Hídricos. 2007.

CODAZZI. *Curso Intermedio de Sistemas de Información Geográfica*. Bogotá. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 1995.

CONELEC. *Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano, Resumen del año 2009*. Quito. Consejo Nacional de Electricidad. 2010.

Das, Braja M. *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. México. Thomson Learning. 2001.

DED (Servicio Alemán de Cooperación Social Técnica) – SENAGUA (Secretaría Nacional del Agua). *Problemática y Conflictos sobre los Recursos Hídricos por Efectos del Cambio Climático*. Quito. SENAGUA. Febrero 2009.

Gere, James M. *Mecánica de Materiales*. México. Thomson Learning, 5ª Edición. 2002.

González, Vicente y Behm, Virginia. Burgos. *Consulta, Edición y Análisis Espacial con ArcGis 9.2*. Burgos. Junta de Castilla y León – Consejería de Medio Ambiente. 2008.

IDAE. *Minicentrales Hidroeléctricas*. Madrid. Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía. 2006.

INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos)-UNFPA (Fondo de Población de las Naciones Unidas) –AME (Asociación de Municipalidades del Ecuador). Quito. *Cantón Palora (Fascículo en pdf)*. 2003.

Moreno, Antonio. *Sistemas y Análisis de la Información Geográfica – Manual de Auto aprendizaje con ArcGis*. Madrid. Editorial RA-MA. 2006.

Nilson, Arthur N. *Diseño de Estructuras de Concreto*. Bogotá. Mc Graw Hill, 12ª Edición, 2001.

OLADE. *Metodología Sintética para el Cálculo y Especificación Preliminar de Micro centrales Hidroeléctricas*. Quito. Organización Latinoamericana de Energía. 1981.

Pedregal, Belén. *Introducción a ArcGis 9.0*. Sevilla. Gobierno de Sevilla, España. 2007.

Programa ALTENER. *Manual de Pequeña Hidráulica*. Bruselas. DG XVII Comisión de las Comunidades Europeas. 1998.

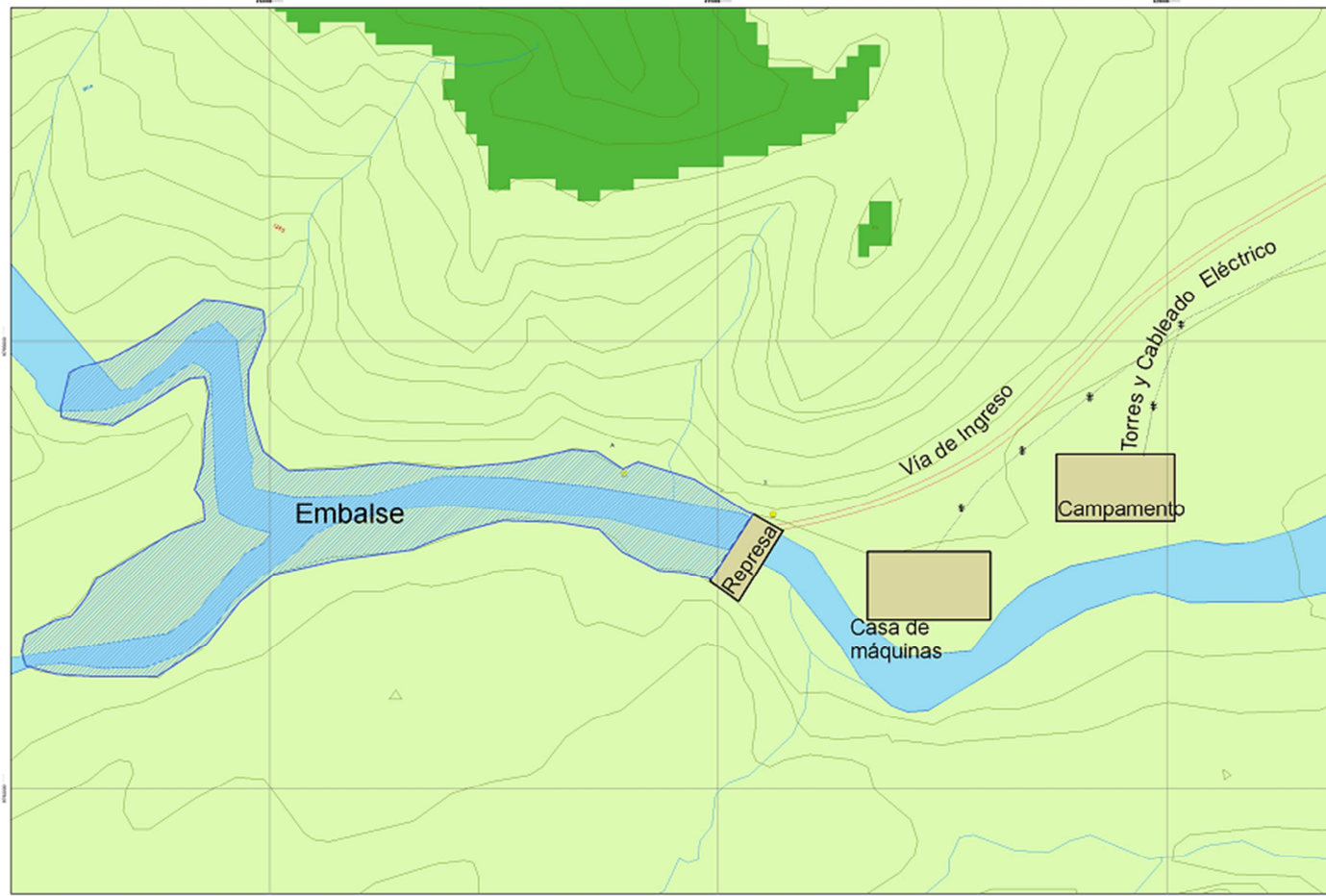
Sapag Chain, Nassir y Sapag Chain, Reinaldo. *Preparación y Evaluación de Proyectos*. México. Mc Graw Hill, 5ª Edición, 2006.

SIISE. *Estadísticas de Población - Población del Cantón Palora*. Quito. Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador (Software instalado en la PC). 2009.

ANEXOS

ANEXO 1: Plano reducido del Embalse, y edificaciones

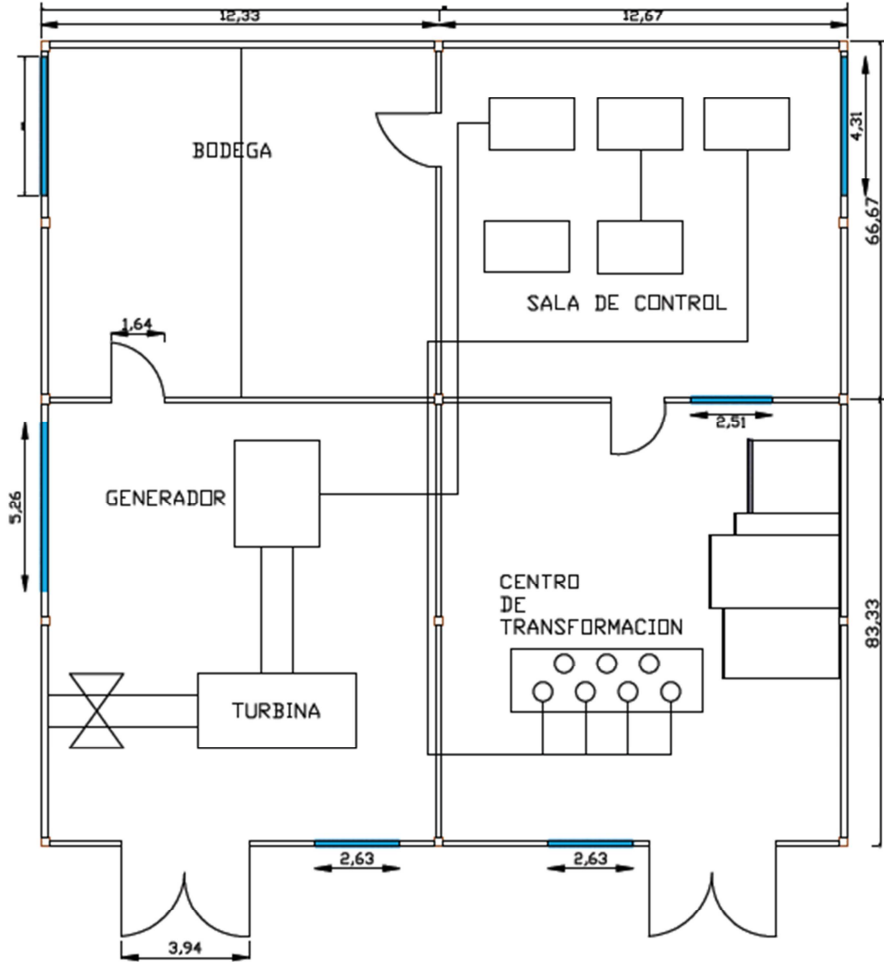
SUB CUENCA DEL RÍO PALORA



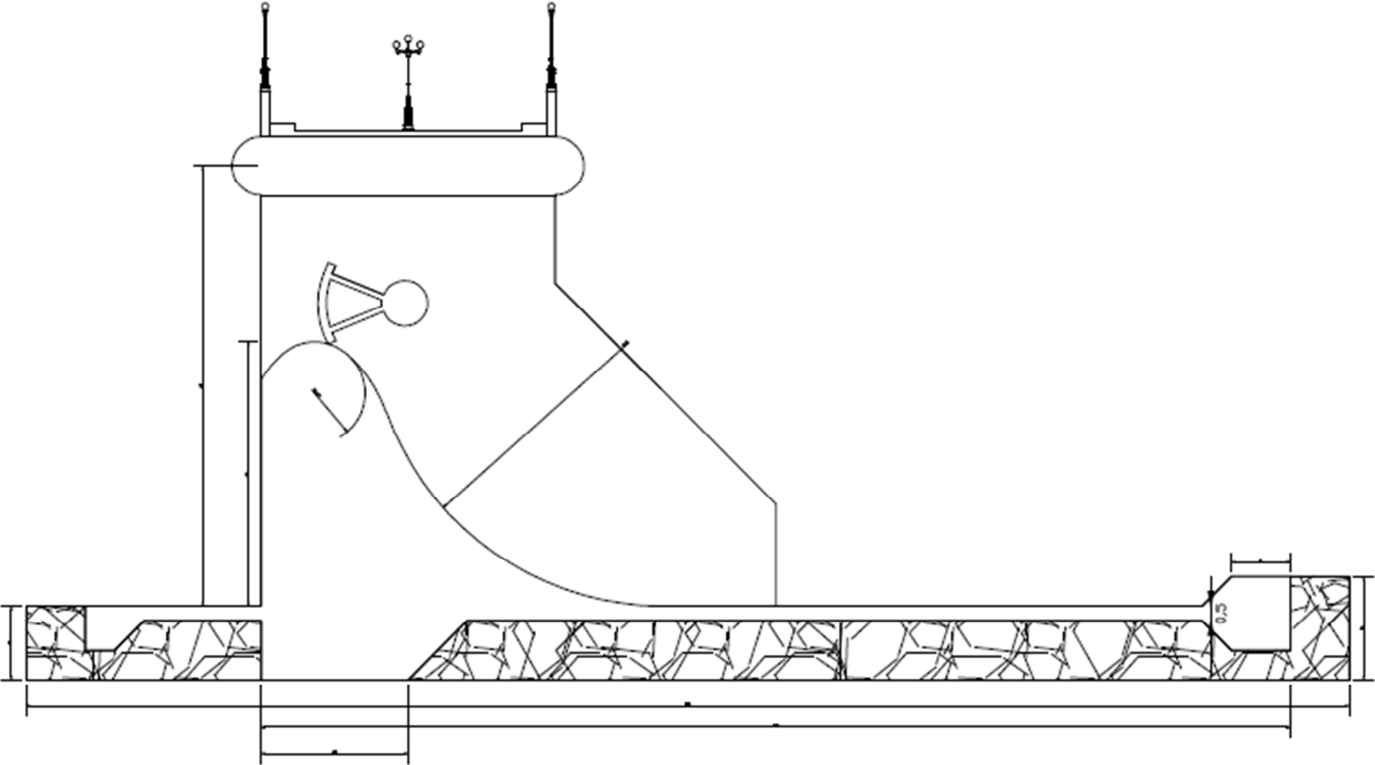
ANEXO 2: Plano reducido del Desvío provisional y ataguías.



ANEXO 3: Plano reducido de la Casa de máquinas.

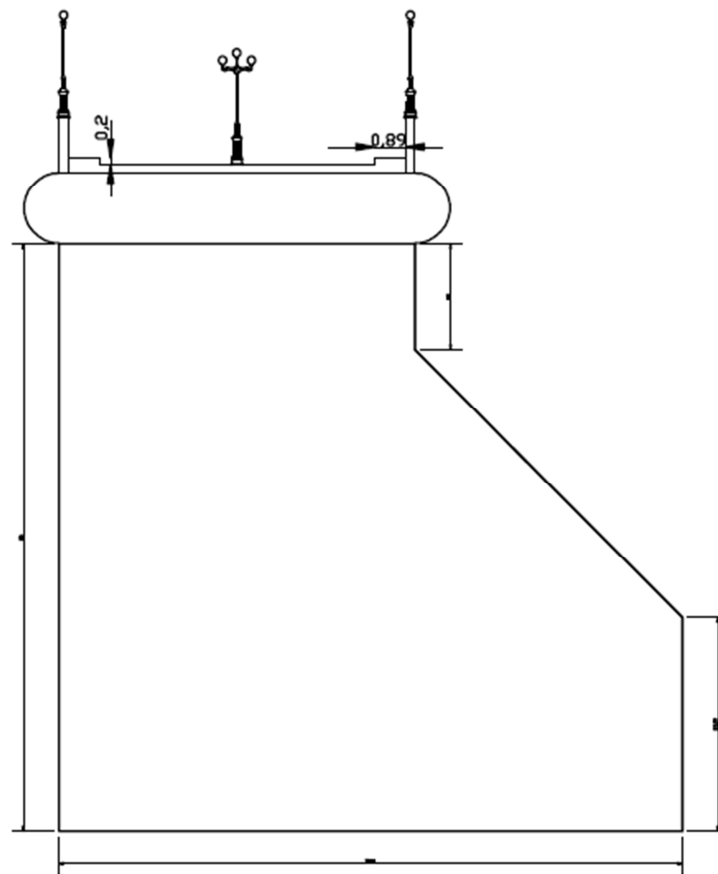


ANEXO 4: Plano reducido de la Represa corte A-A



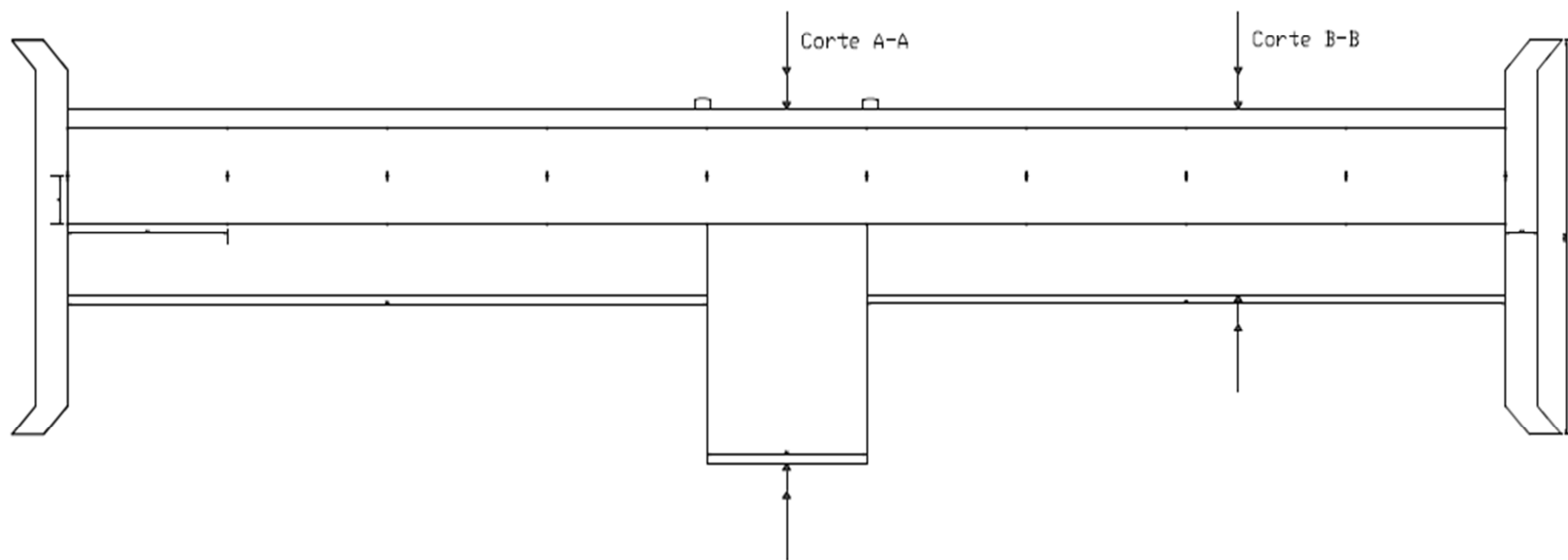
Corte A-A

ANEXO 5: Plano reducido de la Represa corte B-B



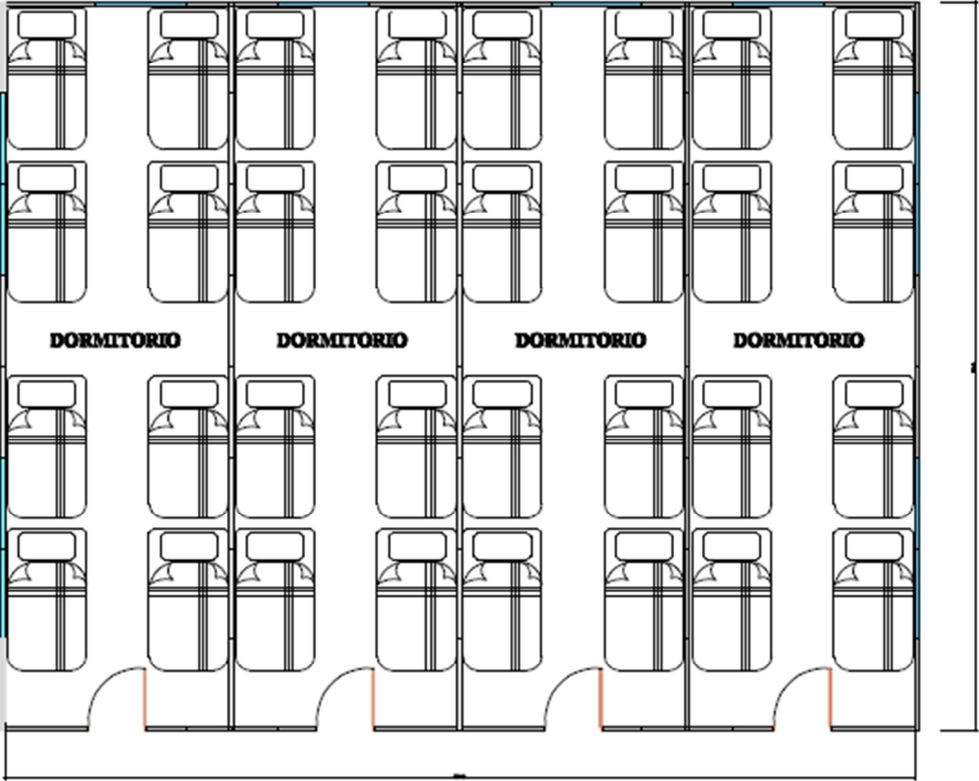
Corte B-B

ANEXO 6: Plano reducido de la Represa vista frontal.



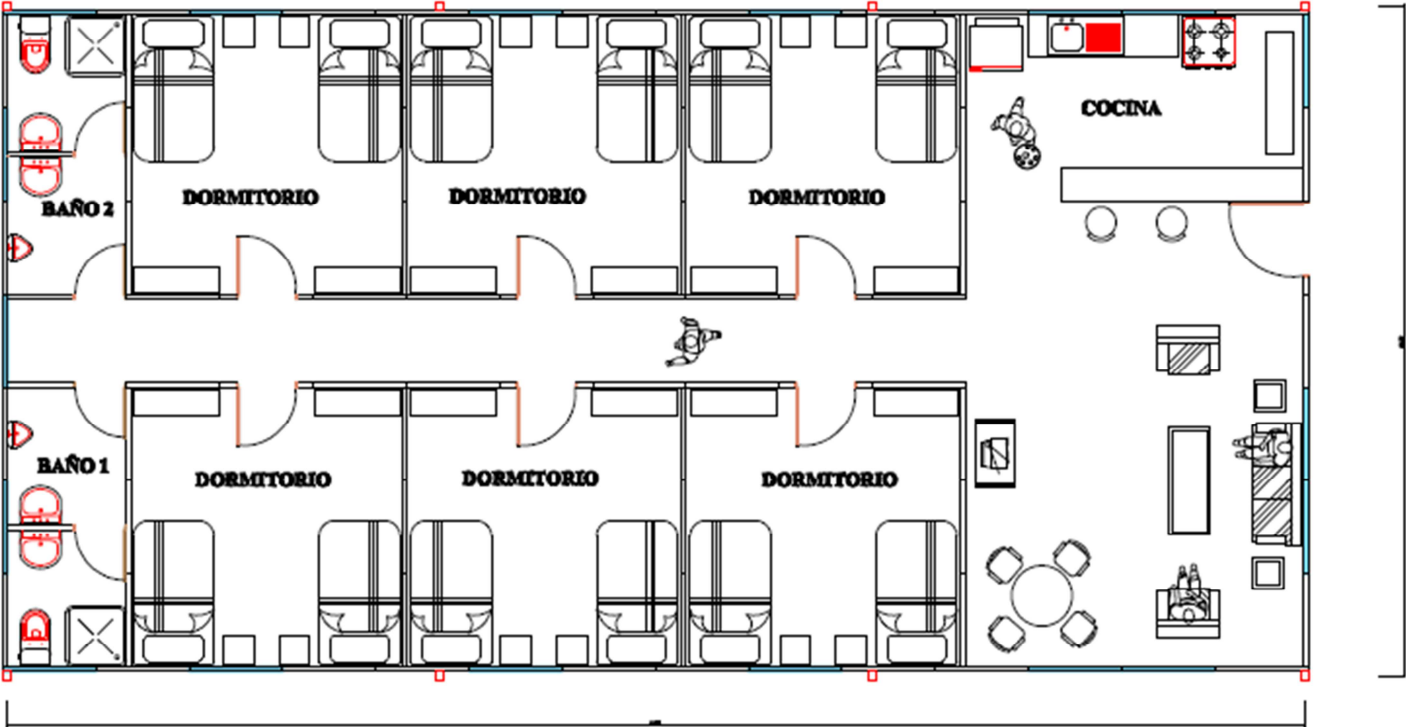
ANEXO 7: Plano reducido del Campamento - DORMITORIOS SECUNDARIOS

**DORMITORIOS
SECUNDARIOS**

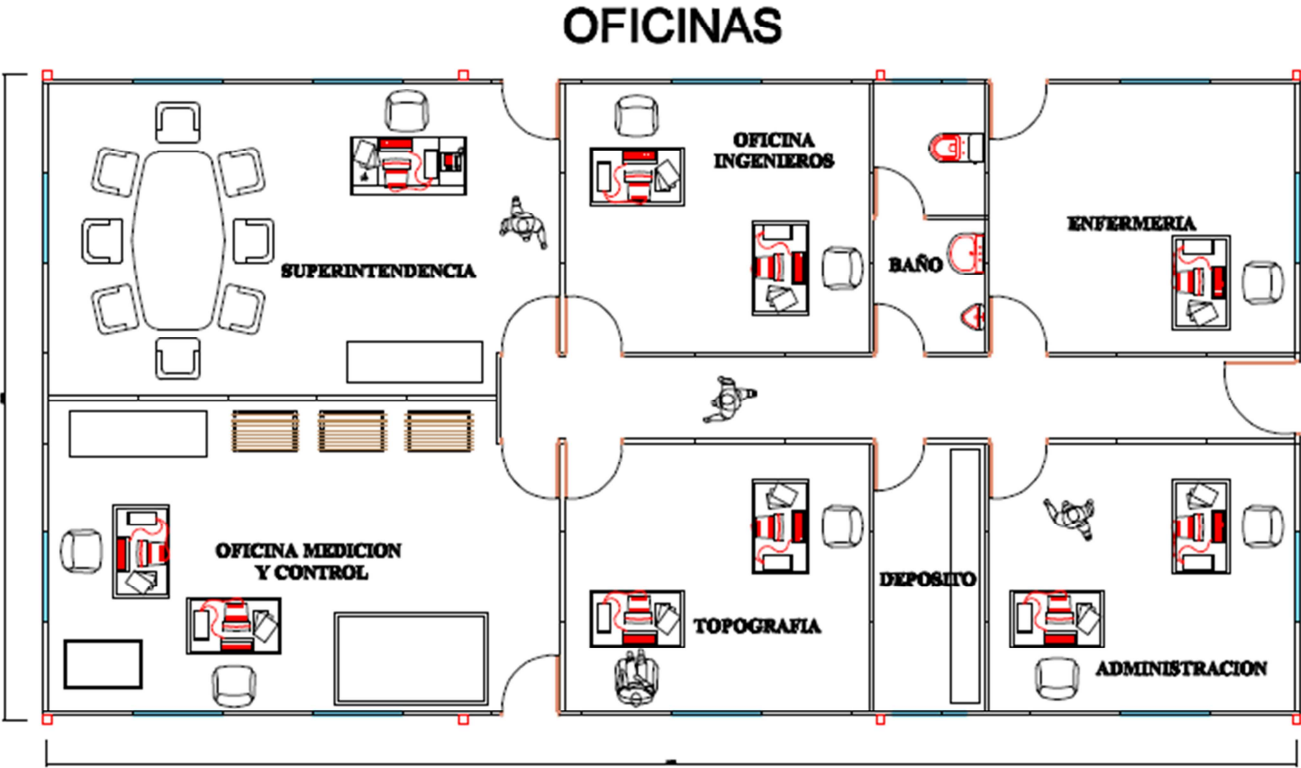


ANEXO 8: Plano reducido del Campamento - DORMITORIOS PRINCIPALES

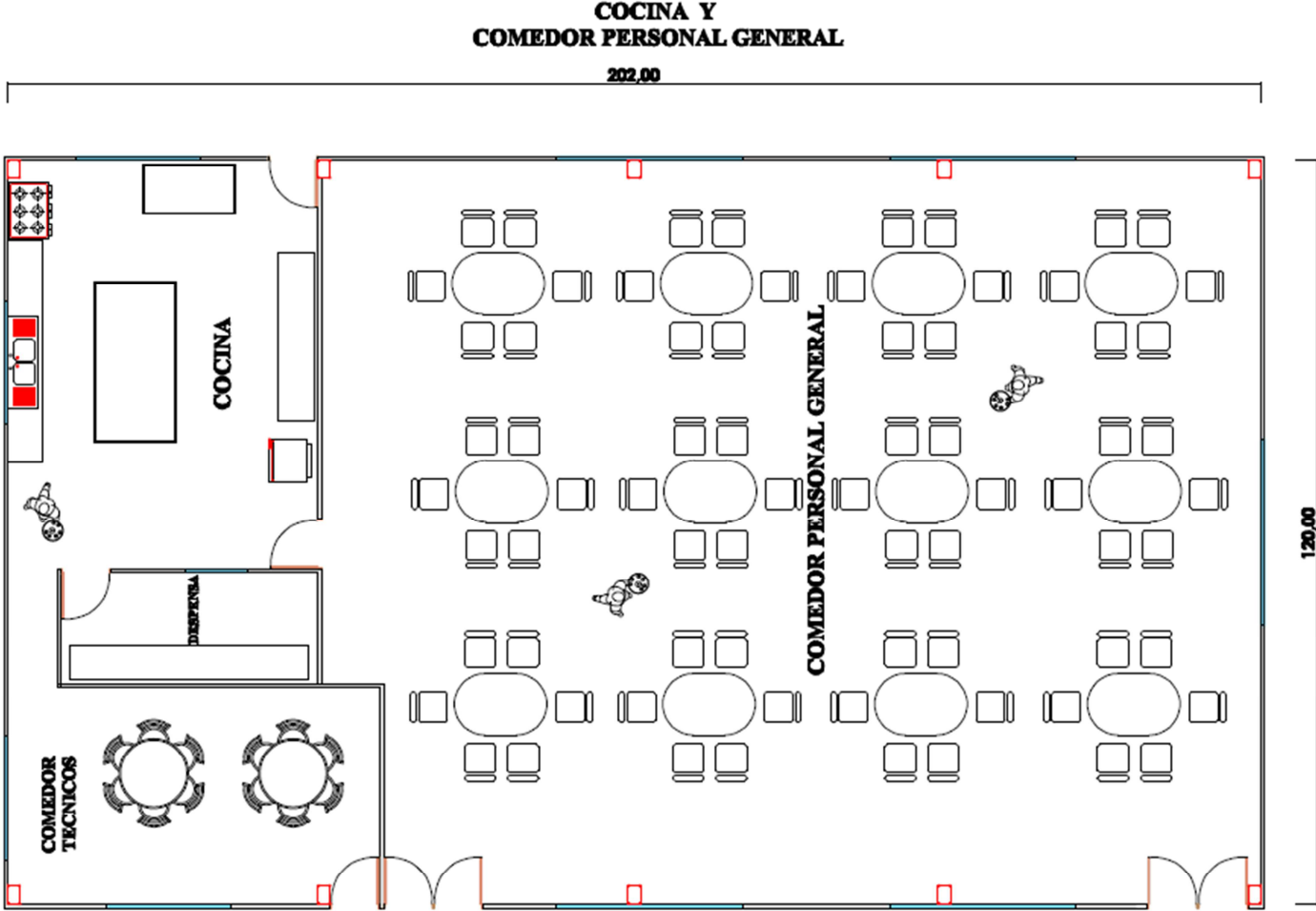
DORMITORIOS PRINCIPALES



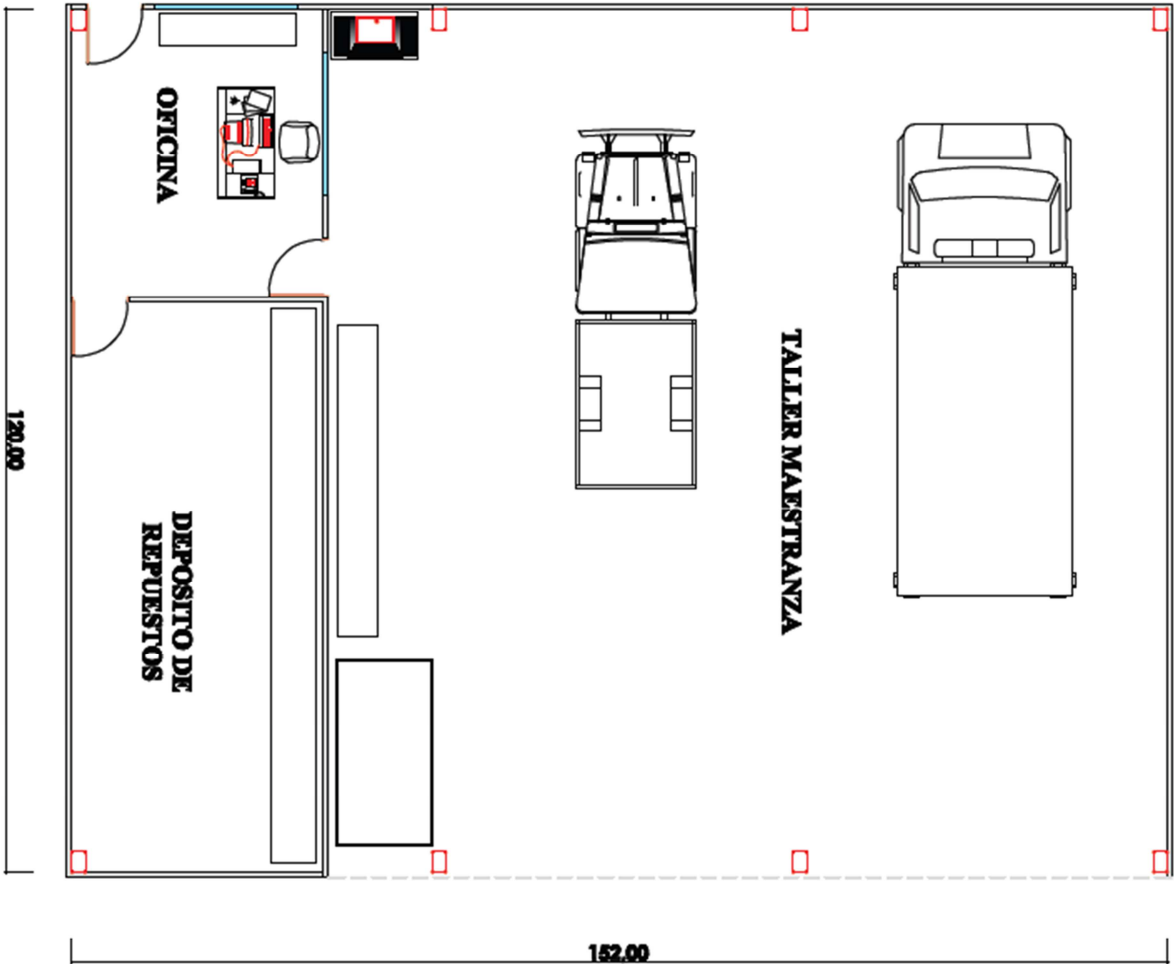
ANEXO 9: Plano reducido del Campamento- OFICINAS



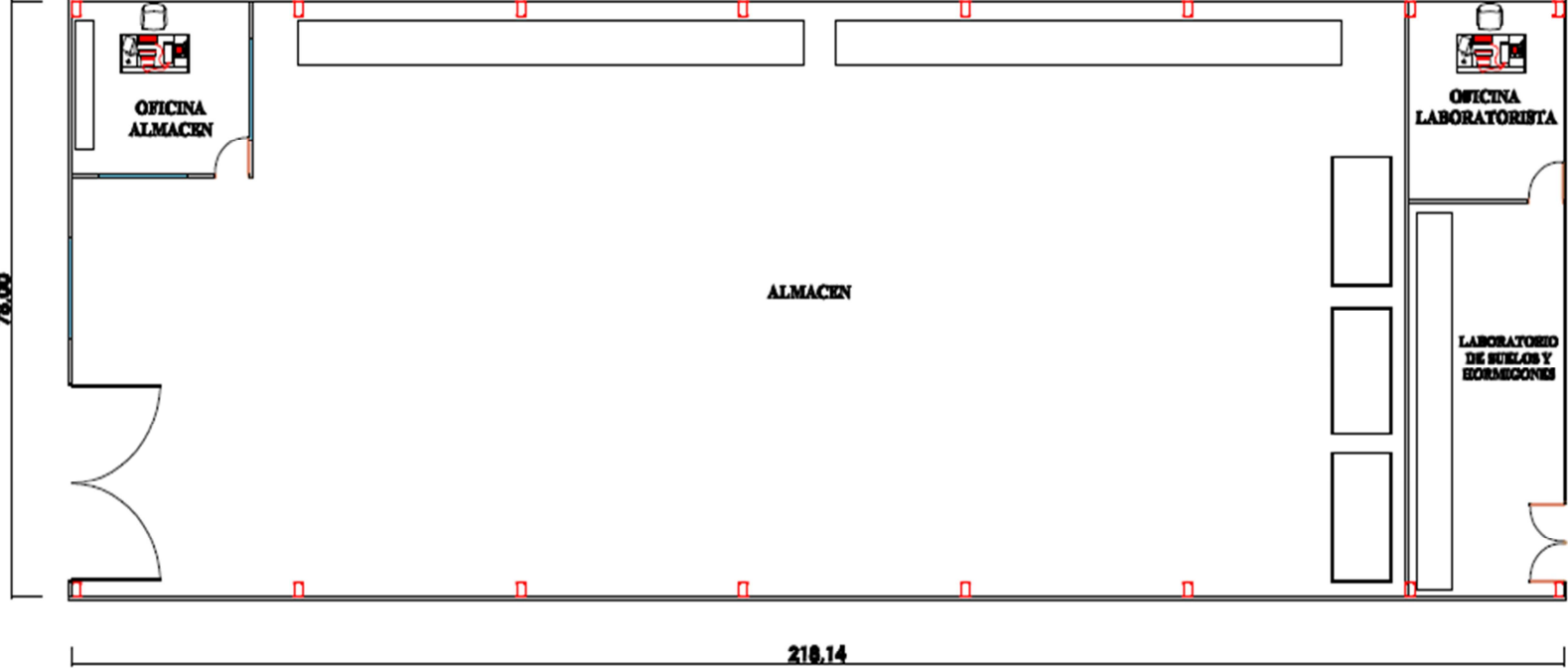
ANEXO 10: Plano reducido del Campamento - COCINA Y COMEDOR PERSONAL GENERAL



ANEXO 11: Plano reducido del Campamento - TALLER DE MAESTRANZA



ANEXO 12: Plano reducido del Campamento- ALMACÉN



ANEXO 13: Turbina Kaplan horizontal y Generador



Fuente: <http://www.ossberger.de/cms/es/hydro>

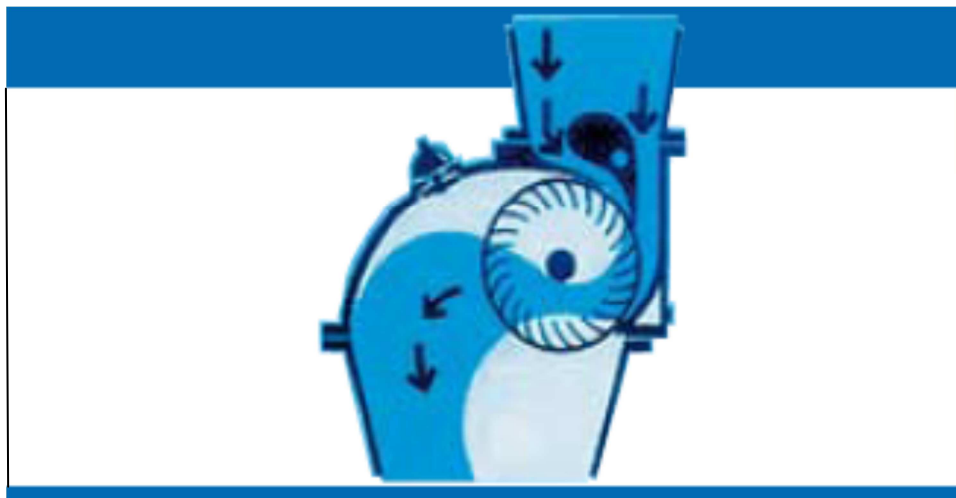
Azul: Turbina Amarillo: Generador

ANEXO 14: FLUJO DE AGUA EN TURBINA KAPLAN

FLUJO HORIZONTAL

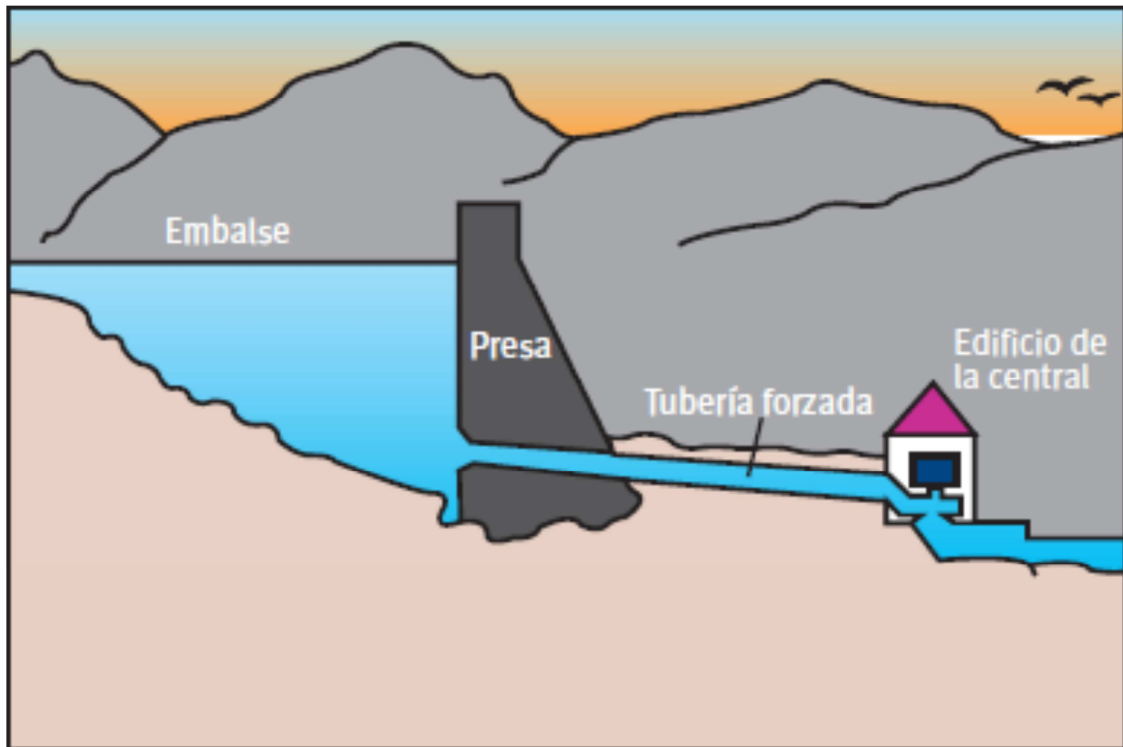


FLUJO VERTICAL



FUENTE: <http://www.ossberger.de/cms/es/hydro>

ANEXO 15: Esquema general de configuración



Fuente: Mini centrales hidroeléctricas, IDAE 2006

ANEXO 16: Plano en A2 de la Sub Cuenca del Río Palora

ANEXO 17: Plano en A2 del Embalse, y edificaciones.

ANEXO 18: Plano en A2 del Desvío provisional y ataguías.

ANEXO 19: Plano en A2 de la Casa de Máquinas.

ANEXO 20: Plano en A2 de la Presa.

ANEXO 21: Plano en A2 del Campamento.