

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

EVALUACIÓN MERCADOLÓGICA Y ECONÓMICA DEL POTENCIAL
HIDROELÉCTRICO DEL RÍO LANQUÍN FINCA GUAJBAL, LANQUÍN, ALTA
VERAPAZ

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JOSE DOMINGO ENRÍQUEZ PAREDES

AL CONFERIRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA OCTUBRE DE 1,997

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

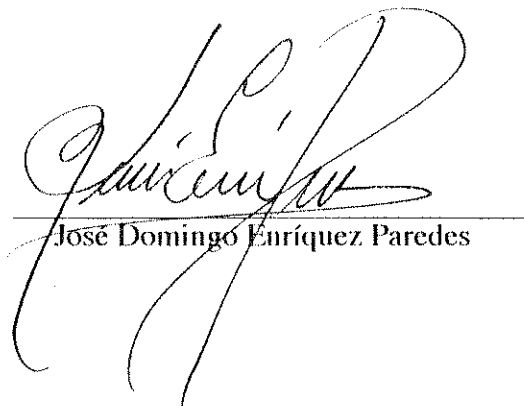
UO
T(4110)
c4

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

EVALUACIÓN MERCADOLÓGICA Y ECONÓMICA DEL POTENCIAL
HIDROELECTRICO DEL RÍO LANQUÍN FINCA GUAJBAL, LANQUÍN, ALTA
VERAPAZ

tema que fuera asignado por la Dirección de la Escuela de MECÁNICA INDUSTRIAL, con fecha diez de octubre de mil novecientos noventa y seis.



José Domingo Enríquez Paredes

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL 1o.	Ing. Miguel Ángel Sánchez Guerra
VOCAL 2o.	Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
VOCAL 3o.	Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez
VOCAL 4o.	Br. Victor Rafael Lobos Aldana
VOCAL 5o.	Br. Wagner Gustavo López Cáceres
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADORA	Inga. Martha Guisela Gaitán Garavito
EXAMINADOR	Ing. Arturo Antonio Ruíz Perez
EXAMINADOR	Ing. Fernando José Alvarez Paz
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

AGRADECIMIENTOS

A: la familia Paredes Hércules.

Por el apoyo incondicional que me han brindado.

A: Ing. Juan Carlos Santucci Lara.

Por su asesoría en la elaboración del presente trabajo.

A: Ing. Marco Antonio Gregg Cruz.

Por su orientación en el área técnica.

A: Lida. Claudia María Siguí Bran.

Por la comprensión y ayuda que me brindó en todo momento.

A: Todas las personas que colaboraron en la realización del presente trabajo y en mi formación profesional.

ACTO QUE DEDICO

A DIOS NUESTRO SEÑOR

A MIS PADRES

José Domingo Enríquez Morales
Gloria E. Paredes Pizza de Enríquez

A MI TIO

Rafael Hernán Paredes Pizza

A MIS HERMANOS

José Rodolfo, Silvia Lorena, María de
la Luz, Juan Pablo

A MI NOVIA

Claudia María Siguí Bran

A MIS AMIGOS

A LA UNIVESIDAD
DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

GUATEMALA

4 de marzo de 1997

Ingeniero

José Francisco Gómez Rivera

Director Escuela Mecánica Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos

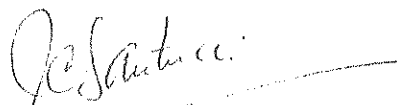
Ciudad.

Ing. Gómez

Por este medio hago de su conocimiento que de conformidad con el reglamento de tesis de la Facultad de Ingeniería, y por disposiciones emitidas por su dirección, he asesorado a José Domingo Enriquez Paredes en el desarrollo de tesis titulado EVALUACIÓN MERCADOLÓGICA Y ECONÓMICA DEL POTENCIAL HIDROELÉCTRICO DEL RÍO LANQUIN FINCA GUAJBAL, LANQUIN, ALTA VERAPAZ, previo a optar el título de Ingeniero Industrial.

Al presente estudio se le a dado el seguimiento correspondiente del punto presentado y aprobado por su dirección, hasta obtener el contenido y objetivos propuestos

Atentamente,



Ing. Juan Carlos Santucci

Industrial

Colegiado No. 1252



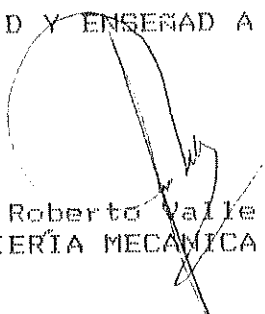
FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Catedrático Revisor de Tesis, de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor de Tesis al trabajo de tesis titulado **EVALUACION MERCADOLOGICA Y ECONOMICA DEL POTENCIAL HIDROELECTRICO DEL RIO LANQUIN FINCA GUAJBAL, LANQUIN, ALTA VERAPAZ**, presentado por el estudiante universitario **José Domingo Enríquez Peredes** aprueba el presente trabajo y recomienda la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Roberto Valle González
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL

Guatemala, agosto de 1997

/ends

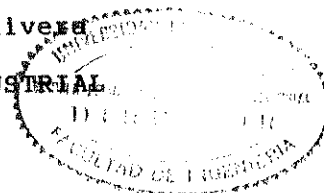


FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Coordinador de Area, del Coordinador General de Tesis y del Licenciado en Letras, al trabajo de tesis titulado **EVALUACION MERCADOLOGICA Y ECONOMICA DEL POTENCIAL HIDROELECTRICO DEL RIO LANQUIN, FINCA GUAJBAL, LANQUIN, ALTA VERAPAZ**, presentado por el estudiante universitario José Domingo Enríquez Paredes, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAR A TODOS


Ing. Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL



Guatemala, octubre de 1,997.

emds



FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de tesis titulado **EVALUACION MERCADOLOGICA Y ECONOMICA DEL POTENCIAL HIDROELECTRICO DEL RIO LANQUIN, FINCA GUAJBAL, LANQUIN, ALTA VERAPAZ**, presentado por el estudiante universitario José Domingo Enríquez Paredes procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE


Ing. Herbert René Miranda Barrios
DECANO



Guatemala, octubre de 1,997.

emds

ÍNDICE GENERAL

	Pp
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	iii
GLOSARIO	vi
INTRODUCCIÓN	vii
1. ESTUDIO DE MERCADO	1
1.1 Introducción	1
1.2 Descripción del producto	3
1.3 Análisis de la demanda	3
1.3.1 Aspectos generales	3
1.3.2 Demanda histórica	5
1.3.3 Comportamiento de la demanda	5
1.3.4 Estimación del consumo actual	12
1.3.5 Proyección del consumo anual	13
1.3.6 Demanda potencial	15
1.4 Análisis de la oferta	18
1.4.1 Comportamiento de la oferta	18
1.4.2 Estimación de la oferta actual	19
1.5 Evolución futura de la oferta	20
1.6 Canales de distribución	21
1.7 Sistema tarifario	22
1.8 Conclusiones	23
2. ESTUDIO TÉCNICO	25
2.1 Introducción	25
2.2 Localización	27
2.2.1 Tamaño del mercado	27
2.2.2 Proceso de transformación	28
2.2.3 Ubicación geográfica	31
2.3 Evaluación del aforo	32
2.3.1 Método de flotación	34
2.3.2 Método mecánico por veleta	36
2.3.3 Velocidad del río	36
2.3.4 Caudal del río	37
2.4 Estudio topográfico	37
2.5 Especificaciones de la obra civil	40
2.5.1 La presa	41
2.5.2 El canal	46
2.5.3 Desarenador	51
2.5.4 De la tubería	54
2.5.5 Del cuarto de máquinas y administrativo	56
2.6 Especificaciones generales del equipo	58
2.6.1 Turbina	58
2.6.2 Generador	60

2.6.3	Grupo de control	60
2.7	Conclusiones	62
3.	ESTUDIO ECONOMICO	64
3.1	Introducción	64
3.2	Costo de diseño	65
3.2.1	Costo de mano de obra	65
3.2.2	Costo de depreciación	65
3.2.3	Costo de transporte	65
3.3	Costo de inversión	66
3.3.1	Obra civil	66
3.3.2	Equipo	68
3.3.3	Tendido eléctrico	68
3.3.4	Subestación eléctrica	69
3.4	Costo de operación	69
3.4.1	Costo de mano de obra	60
3.4.2	Costo de depreciación	70
3.4.3	Costo de mantenimiento	70
3.5	Costo financiero	71
3.5.1	Inversión fija	71
3.5.2	Capital de trabajo	71
3.5.3	Necesidades totales de capital	72
3.5.4	Gatos anuales	72
3.6	Clasificación de costos	73
3.6.1	Costo unitario	73
3.6.2	Costos fijos	74
3.7	Ingresos proyectados	74
3.7.1	Ingresos de capital	74
3.7.2	Ingresos en operación	75
3.7.3	Ingresos totales por año	75
3.8	Punto de equilibrio	75
3.9	Diagrama de flujo de caja	76
3.10	Proyección financiera	76
3.10.1	Flujo de efectivo	76
3.11	Evaluación financiera	77
3.11.1	Calculo de la tasa interna de retorno	77
3.11.2	Valor actual neto	77
3.11.3	Relación beneficio costo	78
3.11.4	Tir, Van y B/C reales	78
3.12	Conclusiones	83
CONCLUSIONES		xv
RECOMENDACIONES		xvi
REFERENCIAS		xvii
BIBLIOGRAFIA		xviii
ANEXOS		xix

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

	Pp.
1. Canal de distribución.	21
2. Localización de la finca Guajbal en el mapa cartográfico.	33
3. Parámetros que determinan la capacidad de producción.	38
4. Dimensiones de la presa.	46
5. Dimensiones del canal.	50
6. Dimensiones del desarenador.	54
7. Gráfica para cuarto de máquinas.	57
8. Gráfica para turbinas.	59

TABLAS

	Pp.
Tabla I. Sumario de gastos.	xiv
Tabla II. Análisis poblacional 1981 y 1994.	5
Tabla III. Resumen de poblaciones por estrato.	6
Tabla IV. Expectativas del concepto de energía eléctrica.	8
Tabla V. Credibilidad del concepto de energía eléctrica.	9
Tabla VI. Comprensión del concepto de energía eléctrica.	10
Tabla VII. Intención de compra.	10
Tabla VIII. Fin que le da al consumo.	11
Tabla IX. Intención de compra (dado el precio).	12
Tabla X. Demanda actual para distintas poblaciones.	12

Tabla XI. Proyección de la población, línea Carchá - El pajal, Lanquín - Cahabón para los años de 1 994 a 2 012.	14
Tabla XII. Proyección de la población, Línea Lanquín - Cahabón para los años de 1 994 a 2012.	15
Tabla XIII. Demanda potencial según población, línea Carchá - El Pajal Lanquín - Cahabón.	17
Tabla XIV. Demanda potencial según población, Línea Lanquín - Cahabón.	17
Tabla XV. Precio de la electricidad en cetavos de quetzal por kw/h.	22
Tabla XVI. Clasificación de las centrales hidroeléctricas.	26
Tabla XVII. Tiempos tomados durante un recorrido de 10 m.	35
Tabla XVIII. Alturas promedio cada 100 cm sobre una longitud de 20 m.	35
Tabla XIX. Relaciones de corrimiento y valores de capacidad de carga de los materiales de cimentación.	42
Tabla XX. Coeficiente de deslizamiento para diferentes condiciones de cimentación.	45
Tabla XXI. Velocidades admisibles en canales.	47
Tabla XXII. Elementos geométricos de secciones en canales.	50
Tabla XXIII. Radios hidráulicos óptimos.	51
Tabla XXIV. Valores de coeficiente de rugosidad n (Chow 1 959).	51
Tabla XXV. Velocidades de escorrimiento del agua en función de la velocidad de sedimentación de partículas.	54
Tabla XXVI. Costo de transmisión.	69
Tabla XXVII. Gastos anuales.	73
Tabla XXVIII. Costo unitario.	74
Tabla XXIX. Costos fijos.	74
Tabla XXX. Ingresos en operación.	75
Tabla XXXI. Punto de equilibrio.	76

Tabla XXXII. Flujo de caja.	80
Tabla XXXIII. Flujo de efectivo.	82

CUADROS

	Pp
Cuadro 1. X Censo Nacional de habitación 1 994 correspondiente al departamento de Alta Verapaz.	xx
Cuadro 2. Censos y encuestas correspondientes al municipio de Carchá en 1 994.	xxi
Cuadro 3. Censos y encuestas correspondientes al municipio de Cahabón en 1 994.	xxii
Cuadro 4. Censos y encuestas correspondientes al municipio de Lanquín en 1, 994.	xxii
Cuadro 4. Capacidad instalada en la República de Guatemala.	xxiv
Cuadro 5. Resumen crediticio.	xxv

GLOSARIO

Aforo. Método para medir la cantidad de agua que lleva una corriente en una unidad de cantidad de agua.

Azolvar. Acumulación de partículas sedimentadas en alguna conducción o captación de agua.

Desarenador. Dispositivo para quitar arena.

Gasto. Caudal en m^3/s .

H_D. Altura de diseño.

INDE. Instituto Nacional de Electrificación.

INE. Instituto Nacional de Estadística.

Insumo. Recurso a utilizar como materia prima.

Latitud. Es el ángulo que forma la vertical de un lugar con el plano del ecuador expresado en grados de meridiano.

Longitud. Distancia de un lugar al primer meridiano, contada en grados, minutos y segundos en el Ecuador.

P_A. Empuje activo (Agua).

P.O.I. Plantas de operación individual.

P_P. Empuje pasivo (suelo).

kw. 1 000 watt.

kw/h. Kilovatio hora.

S.L.T. Sobre la línea de transmisión.

S.N.I. Sistema nacional interconectado.

T₁. Tasa de crecimiento poblacional.

Watt. Unidad básica de potencia.

INTRODUCCIÓN

Se realiza una evaluación por medio de un estudio mercadológico, técnico y económico del potencial hidroeléctrico del río Lanquín de la finca Guajbal, utilizando un recurso natural renovable, con ello se espera contribuir en el desarrollo del proyecto hidroeléctrico del río Lanquín de la finca Guajbal y aportar material de apoyo para la ejecución del mismo.

Cabe resaltar que para elevar el nivel de vida de los pueblos que están en vía de desarrollo se necesita contar con infraestructura como: carreteras, puertos: aéreos y marítimos; etc, que sirva de apoyo a unidades económicas (personas, familias, empresas, organizaciones, pueblos y ciudades), para desarrollar sus actividades productivas. Junto a la infraestructura se encuentran los insumos (agua, energía eléctrica, etc.) que son los que directamente utilizan las unidades económicas para transformar la materia prima que la naturaleza ofrece aplicando juiciosamente el conocimiento de las ciencias. Al llevar a cabo el proceso de transformación se produce un bien o servicio el cual cumple su objetivo cuando otra unidad económica necesita de este bien o servicio y lo adquiere al pagar un valor económico. Debido a que la energía eléctrica es un insumo necesario para la transformación de las materias primas y que repercute en mayor productividad, se persigue con el presente proyecto suministrar electricidad a la región de los pueblos de Cahabón y Lanquín del departamento de Alta Verapaz.

Para hacer factible la realización de dicho proyecto es necesario tomar en cuenta varios estudios como son: estudio mercadológico, estudio técnico y económico de todos los factores que intervienen en la hidroeléctrica de la finca Guajbal, lo que puede ampliarse más adelante en la introducción o en el contexto del trabajo.

Estudio de mercado: este se realiza en los pueblos de Cahabón y Lanquín e incluye una descripción del producto, el análisis de la demanda y de la oferta y su evolución, el canal de distribución y el sistema tarifario aplicado a la energía eléctrica.

El proyecto de la Central hidroeléctrica (CH) de la finca Guajbal, pretende obtener como producto final la energía eléctrica que se utiliza para satisfacer las necesidades dependiendo del fin dado al consumo: residencial, pública, comercial o industrial.

Con respecto al análisis de la demanda: se realizan estudios en los municipios de Cahabón y Lanquín del departamento de Alta Verapaz, en los cuales se puede determinar que el servicio se limita a cubrir las necesidades de los consumidores residenciales y públicos y deja fuera al sector comercial e industrial.

Se realiza una encuesta con el propósito de establecer el comportamiento de la demanda y de obtener el perfil del usuario potencial. Con la información proporcionada por el INE se determina el tamaño de la población y se proyecta de 1 994 para 1 997 mediante el uso de una tasa intercensal del 4,1% y que da como resultado un total de 24 049 habitantes (ver tabla III). Tomando en cuenta los datos anteriores se pasa una encuesta dividida así:

Estrato 1: población que corresponde a la línea de transmisión de San Pedro - Carchá - El Pajal (19 400 habitantes).

Estrato 2: población del pueblo de Cahabón (3 508 habitantes).

Estrato 3: población del pueblo de Lanquín (1 141 habitantes).

Con la información anterior y al hacer el supuesto desfavorable de que $P = 1 - P = 0,5$, con un nivel de confianza de 95% y un 5% de margen de error, da un total de 395 encuestas.

Se pasan 400 encuestas: 320 en el estrato 1; 60, en el 2 y 20, en el 3. Ver modelo Anexo A. Los resultados son que en el perfil del usuario potencial, espera tener un suministro de energía eléctrica continuo (51,44%), que dure las 24 horas del día(68,24%) a un precio bajo(41,72%). Con la credibilidad de extremadamente difícil(36,96%), a difícil(38,85%), que en un futuro cercano se preste el suministro, pero con la fácil comprensión(51,22%) del mismo; con respecto a la intención de compra dado el precio(40,42%), o no(50,04%) de definitivamente sí.

Para la proyección del consumo anual de energía eléctrica se toma en cuenta la tasa de crecimiento poblacional y se proyectan los resultados para las poblaciones que están cerca de la línea de transmisión de Carchá - El Pajal y la línea de Lanquín - Cahabón, y se presentan en las tablas XI y XII. Con respecto a la demanda potencial, al tener los resultados de las proyecciones de la población, se considera que la demanda potencial está en función del número de habitantes y ésta se corrige de acuerdo a los consumidores (residencial 30%, comercial 20%, industrial 30% y público 10%). Para el cálculo se utiliza un período de 18 años, con una tasa de incremento de energía del 4% anual y se hacen las correcciones respecto a los consumidores; las proyecciones de consumo de energía eléctrica se presentan en las tablas XIII y XIV, con los resultados de las tablas anteriores se concluye que la demanda futura que se trata de satisfacer es de 2 400 kw que corresponde al 80% de la demanda para 2 007, para la línea de transmisión de Lanquín - Cahabón.

En lo que se refiere al análisis de la oferta: las municipalidades actualmente tienen el control del suministro y servicio de energía eléctrica. El sector residencial es el más favorecido pues se le presta más atención, en segundo lugar está el sector público y el sector comercial o industrial carece de atención. Esto se debe a que la oferta actual no llena la expectativa en tres aspectos: la capacidad instalada de generación no es suficiente para satisfacer la demanda actual; la cobertura de servicios ya que el suministro sólo se da a la población cercana a la fuente de generación (por falta de equipo); y el sector que más les interesa cubrir es el residencial en conjunto al alumbrado público.

El canal de distribución está conformado por un generador: persona, jurídica, titular o poseedora de una central de generación de energía eléctrica, que comercializa total o parcialmente, su producción de electricidad (en esta caso la CH finca de la Guajbal); el distribuidor (INDE); el usuario (población en general).

El sistema tarifario estipulado por el INDE es: sector residencial 33,7, industrial 43,2, sector industrial - comercial mayor 44,1, medio 47,4 y pequeño 47,8 centavos de quetzal por kilovatio hora al mes respectivamente. La energía eléctrica que produce la CH de la finca Guajbal se pretende venderla al INDE, el ofrecimiento que se hace es de US\$ 0,05 a US\$ 0,065 por kw/h, se utiliza para cálculos posteriores una base de US\$ 0,06 por kw/h.

Estudio técnico: presenta los aspectos técnicos del potencial hidroeléctrico del río Lanquín (finca Guajbal) en el cual se describe la localización, el aforo del río, estudio topográfico, especificaciones de la obra civil y del equipo.

El tamaño de la CH finca de la Guajbal ésta se clasifica entre las pequeñas centrales hidroeléctricas, con la capacidad máxima de producción de 2 400 kw, mano de obra,

equipo y maquinaria descrita en los numerales 2.2.2 inciso c, 2.5 y 2.6. La CH de la finca Guajbal se ubica a 57 km de la cabecera departamental de Cobán y a 23 km del municipio de Cahabón y a 3 km del municipio de Lanquín, por camino de terracería transitable todo el año. La página 33 presenta la localización de la finca Guajbal en el mapa cartográfico nacional, correspondiente a Cahabón.

Como se pretende utilizar la energía cinética del agua, ésta pasa a ser el insumo principal del proceso de transformación, de la cual se realizan los estudios de aforación del río Lanquín (estación 1.5.1 H), y da como resultado un gasto aprovechable de 7 m³/s.

Los datos que se obtienen en el estudio topográfico sobre los parámetros que determinan la capacidad y producción de energía eléctrica de lo cual se determina que la caída de diseño aprovechable es de 40,00 m . Esto junto al gasto, da su máxima capacidad de producción.

La infraestructura de la central hidroeléctrica se divide en dos partes, una que constituye la descripción de las especificaciones de la obra civil y la otra especificaciones generales del equipo; en la primera se describen aspectos técnicos sobre la presa de derivación para levantar el nivel del agua del río y facilitar la entrada del agua al canal, para lo cual se describen sus dimensiones y sus chequeos con respecto a coeficientes de seguridad contra el volteo y deslizamiento (numeral 2.5.1); el canal con una longitud de 2 600 m de cielo abierto de sección trapezoidal, el cual permita trasladar por medio de la gravedad el caudal (numeral 2.5.2); el desarenador que permite separar del agua todas aquellas partículas superiores o iguales a los 0,2 mm (numeral 2.5.3); la tubería de presión con diámetro de 1 086 mm por 165 m de largo y 3/8" de grosor de pared (numeral 2.5.4); el cuarto de máquinas - administrativo cuya construcción es de concreto armado, paredes de block, techo con estructuras de hierro y lámina galvanizada, ventanas de hierro

con vidrio y cedazo, pintura, luz y fuerza, instalaciones de servicio de agua, drenaje, ventilación, radio y piso de concreto (numeral 2.5.5) y en la segunda el equipo que se necesita para la generación de los 2 400 kw, está comprendido en un juego de turbina - generador con su respectivo grupo de control (gobernador electrónico para el control de carga, panel de control y sus aparatos de medición).

La administración de la CH de la finca Guajbal cuenta con personal administrativo integrado por: un administrador responsable de todas las actividades y el cual debe responder ante el dueño o junta de accionistas; un contador general que es el encargado de llevar los libros contables exigidos por la ley; dos guardianes que trabaja turnos de 24 hr por 24 hr, y un conserje encargado del aseo y limpieza de las instalaciones. El total de salarios administrativos es de Q. 8 100,00 mensuales.

El personal que trabaja en el proceso de transformación se clasifica como técnicos, entre los cuales están: tres operadores - electricistas, encargados de desarrollar programas de mantenimiento preventivo al equipo electromecánico, con conocimientos sobre industrial básica, mecánica de banco y soldadura, éstos trabajarán en turnos de 24 hr cada 3 días; uno de mantenimiento para la presa, el canal y la tubería de presión. El total de salarios en el proceso de transformación es de Q. 9 000,00.

Estudio económico: las necesidades totales de capital son de:

Q. 16 596 475,00 US\$ 2 733 330,00

distribuidas en:

Diseño	Q.	33 000,00	US\$	5 500,00
Capital de trabajo		96 492,00		16 083,00
Obra Civil ¹		6 155 500,00		1 025 916,00
Mobiliario y Equipo		44 000,00		7 333,00
Equipo Electromecánico ²		9 153 483,00		1 525 581,00
Tendido Eléctrico		195 000,00		32 500,00
Subestación Eléctrica		819 000,00		136 500,00

Los gastos de mantenimiento son del 1% de la inversión en activos fijos por lo que da un valor de:

Q. 163 669,00 US\$ 27 278,00

Se estima un capital de trabajo para operar durante tres meses, período en el cual el INDE realiza su primer pago.

Q. 32 164,00 US\$ 5 361,00

La evaluación se efectúa a 20 años, para lo cual se hace un préstamo a 10 años al 12% en dólares americanos, un período de gracia y pagos a fin de año.

El resumen crediticio se presenta en el anexo C y la fuente posible de financiamiento para el proyecto podrá ser el Banco Centroamericano de Integración Económica (B.C.I.E).

Para establecer los costos unitarios se presenta un sumario de los gastos en la tabla I.

Los ingresos se estiman con una producción del 90% (2 160 kw) de la capacidad instalada de la planta generadora y 10 días de mantenimiento por año, para un total de 18

¹ Presa, canal, desarenador, tubería y cuarto de máquinas - administrativo.

² Turbina, generador y grupo de control (gobernador de seguridad, panel de control y aparatos de medición)

403 200 kw/h, a un precio de venta de US\$ 0,06 y da un total de ingresos de Q. 6 625 152,00 (US\$ 1 104 192,00) al año, además el punto de equilibrio para el primer año es de 12 899 550 kw/h, del segundo al décimo es de 12 579 257 kw/h y del onceavo al veintiavo de 1 927 134 kw/h.

Tabla I. Sumario de gastos.

Año	Gastos anuales				Costo unitario
	Gastos	Depreciación	Costo fin.	Total	
1	48 249,00	239 121,00	329 930,00	617 300,00	0,0335
2	64 332,00	.	311 129,00	614 582,00	0,0334
3	.	.	290 072,00	593 525,00	0,0323
4	.	.	266 488,00	569 941,00	0,0310
5	.	239 121,00	240 074,00	543 527,00	0,0295
6	.	203 854,00	210 491,00	478 677,00	0,0260
7	.	.	177 357,00	445 543,00	0,0242
8	.	.	140 248,00	408 434,00	0,0222
9	.	.	98 685,00	366 871,00	0,0199
10	.	203 854,00	52 135,00	320 321,00	0,0174
11	.	51 296,00	0,00	115 628,00	0,0063
.
.
20	64 332,00	51 296,00	0,00	115 628,00	0,0063

La tasa interna de retorno (TIR) que resulta de la generación de energía eléctrica es del 18%, con un valor actual neto de Q. 4 405 337.16 (US\$ 734 222.96) descontados al 14%. La relación beneficio - costo es de 2.85.

1. ESTUDIO DE MERCADO

1.1 Introducción

A continuación se presenta el estudio de mercado, que se realiza en los pueblos de Cahabón y Lanquín. Éste incluye una descripción del producto, el análisis de la demanda y de la oferta y su evolución, el canal de distribución y el sistema tarifario aplicado a la energía eléctrica.

- El producto: es energía eléctrica, ésta se distribuye según el uso que se le de al mismo (residencial, pública, comercial o industrial).
- La demanda: se realiza un análisis de la misma en el cual se menciona aspectos generales como: datos importantes de Cahabón y Lanquín, que van desde la etimología que da origen a los nombres, la categoría gubernamental a que corresponden, extensión, ubicación hasta organización político administrativa; etc. Esto da una idea general de la estructura de los pueblos.

Posteriormente se analiza el comportamiento de la demanda a través de la historia y la importancia que las administraciones municipales dan al servicio eléctrico; para el comportamiento actual de la demanda se realiza una encuesta de mercado dividida por estratos, la cual tiene por objeto captar las impresiones que se pueden manifestar de diferentes formas (expectativas, credibilidad, comprensión, intención de compra, y el fin que le da al consumo), de los potenciales clientes del servicio eléctrico, tal como: la población en general; además se hacen estimaciones del consumo actual, anual y la potenciabilidad de la demanda proyectada hacia un futuro. Estos son aspectos muy importantes que se deben de tomar en cuenta para el establecimiento de una futura

fuentes de energía eléctrica para la región. Las cuales se realizan con base en el crecimiento poblacional.

- **La oferta:** se hace un análisis y una evaluación; en el primero, se trata de determinar cual es su comportamiento y a qué obedece éste, así como la capacidad de generación actual, cobertura de servicios y prioridades del sector eléctrico en la región; en el segundo, se identifica cuáles pueden ser las fuentes de energía eléctrica que alimenten la región de Cahabón y Lanquín.
- **Canales de distribución:** al estudiarlos se trata de establecer la dimensión del canal y como tiene que estar diseñado para el funcionamiento de una Central Hidroeléctrica en la región, desde un origen que sería la generación, a través de un distribuidor y finalizar con el usuario.
- **El sistema tarifario:** actualmente se aplica en las regiones que poseen servicio eléctrico por medio de una tarifa única para todos.

Por último, cabe señalar que cada uno de los puntos tratados con anterioridad son de suma importancia para las decisiones que se tomán más adelante.

1.2 Descripción del producto

El producto es energía eléctrica, la cual se define como el desplazamiento de las cargas eléctricas a lo largo de un conductor, ésta es producida a través de una Central Hidroeléctrica (CH) con todos sus elementos: presa, canal, turbinas y generadores, es distribuída a los usuarios por medio de una red de distribución. Ésta es utilizada para satisfacer múltiples necesidades dependiendo del fin dado al consumo: residencial, pública, industrial o comercial.

1.3 Análisis de la demanda

1.3.1 Aspectos generales

A continuación se describen las características del área en la cual la CH de la finca Guajbal presta el servicio. Dicha área está compuesta por dos comunidades que corresponden a los municipios de Cahabón y Lanquín, y es la región base para hacer los estudios sobre la demanda de energía eléctrica actuales y futuros. Entre otros se hace mención del perfil demográfico, cultural y económico, así como, otros datos que dan una referencia de cómo está formada la estructura de estos pueblos.

Debe tomarse en consideración que la línea de transmisión Carchá - Lanquín - Cahabón estará conectada al sistema nacional interconectado (actualmente está en construcción, se prevé que empiece a funcionar en noviembre de 1997), a ésta línea se conecta la energía producida por la CH de la finca Guajbal y pasa por 40 km. que corresponden de la salida del pueblo de San Pedro Carchá, municipio de Alta Verapaz, a la Finca el Pajal, límite entre los municipios de Lanquín y San Pedro Carchá, ésta línea de

transmisión de 40 km. entre Carchá y el Pajal suministrará energía eléctrica a las poblaciones adyacentes.

a) Datos importantes

Cahabón es un municipio de Alta Verapaz. Etimológicamente viene del Kekchí, Caj que quiere decir cielo y Bon pintura. Su traducción podría ser pintura de cielo.

Su municipalidad está clasificada a la categoría gubernamental de pueblo y municipal de 2a. categoría; su extensión aproximada es de 1 422 km², su elevación sobre el nivel del mar es 220 m, con clima cálido, su lengua indígena es el Kekchí, sus actividades económicas se centran en los cultivos de granos básicos y en la elaboración de soyates y tejidos de mimbre, localizado a 87 km. de la cabecera departamental de Cobán, con una población indígena en su mayoría; y una distribución político - administrativa de 1 pueblo, 13 aldeas, 101 caseríos.

Lanquín es municipio de Alta Verapaz. Etimológicamente viene del Kekchí, Lan que quiere decir espejo y quim paja o pajón su traducción podría ser espejo de paja o pueblo rodeado de paja. El municipio ésta clasificado a la categoría gubernamental de pueblo y municipal de 3a. categoría; su extensión es 208 km², su elevación sobre el nivel del mar es 352 m, con clima semi cálido, su lengua indígena el kekchí sus actividades económicas se centran en los cultivos de café, yuca, chile, plátano y cacao y ésta localizado a 54 km. de la cabecera departamental de Cobán, con una población indígena en su mayoría; y una distribución político - administrativa de un 1 pueblo, 8 aldeas y 27 caseríos. En el anexo B, Cuadro I, se presentan datos acerca de las poblaciones durante el

censo de 1994. Tabla II se hace un análisis de la población con respecto a los dos últimos censos realizados.

Tabla II. Análisis poblacional 1981 y 1994.

Municipio	1981 (hab.)	1994 (hab.)
Cahabón	21 885	31 296
Lanquín	8 223	11 449
Población Total	30 108	42 745

La tasa de crecimiento intercensal para el departamento de Alta Verapaz es 4.1%, la cual está calculada conforme al último censo realizado en 1994¹.

1.3.2 Demanda histórica

La demanda de energía eléctrica de los pueblos de Cahabón y Lanquín, se ha desarrollado debido a las iniciativas de las municipalidades de los mismos, las cuales se han empeñado en prestar el servicio, éste ha sido bien recibido por los habitantes a pesar de no llenar sus expectativas, con respecto a tiempo y costo.

1.3.3 Comportamiento de la demanda

Para establecer el comportamiento de la demanda de energía eléctrica, se realiza una encuesta, ver anexo A, para la cual se utiliza un método de muestreo estratificado, dividido en 3 estratos los cuales son: estrato 1: población que corresponde a la línea de transmisión de San Pedro Carchá - El Pajal; estrato 2: población del pueblo de Cahabón; estrato 3: población del pueblo de Lanquín, con el objeto de elegir aleatoriamente los elementos, dentro de un cierto control, de un esquema previo, la información de la encuesta no varía

¹Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

la estructura de las preguntas respecto al estrato estudiado, más bien es para determinar el perfil del usuario y el grado con que se acepta la idea de tener servicio de energía eléctrica (incluido el precio) y la disposición que éste tiene de hacer uso del referido servicio, a través de los distintos estratos.

Se determina el número de encuestas que constituyen la muestra como se observa en los cálculos siguientes.

a) Determinar el tamaño de la población para los distintos estratos, la información la proporciona el anexo B, cuadros 2,3,4.

Con los datos de la población se hace la proyección con la fórmula 1-2. Ver tabla III.

Tabla III. Resumen de poblaciones por estrato.

	Carchá - El Pajar, S.L.T Estrato 1	Pueblo de Cahabón Estrato 2	Pueblo de Lanquín Estrato 3	Total tamaño de la población
Población	19 400	3 508	1 141	24 049

b) Para obtener la muestra se utiliza la fórmula 1-1, con el supuesto más desfavorable (aquel en que el tamaño de muestra es mayor) de que $P = 1 - P = 0,5$. En tal caso, la muestra que se calcula da una precisión en los resultados, superior a la exigida.

$$N = \frac{4 \times N_p \times P(1 - P)}{(N_p - 1)k^2 + 4 \times P(1 - P)} \quad (1 - 1)$$

Donde:

P = proporción de éxitos en la muestra

N_p = tamaño de la población en la muestra
 N = tamaño de la muestra
 K = margen de error

Entre los datos ha considerar se tiene que el nivel de confianza es el 95% con un margen de error de 5%.

Sustituyendo datos en la fórmula 1-1,

$$N = \frac{4 \times 24\,049 \times 0,5(1 - 0,5)}{(24\,049 - 1)0,05^2 + 4 \times 0,5(1 - 0,5)} = 393 \text{ encuestas}$$

c) El criterio de repartir la muestra entre los estratos 1, 2, y 3 se hace por medio de afijación proporcional, el cual divide la muestra total en partes proporcionales a la población de cada estrato, utilizando la ecuación 1-2 y la tabla III.

Sustituyendo en 1-2 y resolviendo para n_1 , n_2 y n_3 ,

$$\frac{n_1}{19\,400} = \frac{n_2}{3\,508} = \frac{n_3}{1\,141} = \frac{393}{24\,049} \quad (1-2)$$

$$\begin{aligned}
 n_1 &= 318 \\
 n_2 &= 58 \\
 n_3 &= 19
 \end{aligned}$$

Por consiguiente, se deben realizar por lo menos 318 encuestas para el estrato 1, 58 encuestas para el estrato 2 y 19 encuestas para el estrato 3, que corresponden a los habitantes cerca de la línea de transmisión Carchá - El Pajal y los municipios de Cahabón y Lanquín respectivamente.

d) Se pasan 320 encuestas del estrato 1, 60 encuestas del estrato 2 y 20 encuestas del estrato 3, para hacer un total de 400 encuestas, dicho número es mayor que la muestra calculada.

Lo siguiente constituye el informe final de la encuesta a fin de proporcionar el perfil del usuario potencial.

d-1) Expectativa causada por el concepto de energía eléctrica

La impresión que deja en los habitantes de dichas regiones la energía eléctrica no difiere con las expectativas de un proyecto hidroeléctrico, que son proporcionar energía eléctrica eficientemente a un precio razonable a través de un recurso renovable.

Los habitantes esperan del suministro de energía eléctrica, que tenga servicio, básico indispensable de 24 horas al día (68,75%²), continuidad (51,44% desean que no haya apagones). Respecto al precio, quieren que sea lo suficientemente accesible, siendo sus expectativas de que sea alto o de que sea bajo (41,72% y 21,98% respectivamente), esto da impresión, que la mayoría de los habitantes esperan energía eléctrica durante todo el día con continuidad a un precio alto.

Tabla IV. Expectativas del concepto de energía eléctrica.

	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3
SERVICIO	%	%	%
Que haya las 24 horas	72,91	68,33	65,00
Que sea continuo	61,00	48,33	45,00
PRECIO			
Que su costo sea bajo	55,17	40,00	30,00
Que su costo sea alto	14,29	41,66	10,00

²Se utiliza el resultado del promedio de los tres estratos.

d-2) Credibilidad generada por el concepto de energía eléctrica

El servicio de energía eléctrica, muestra un alto índice de incredulidad. Siendo para el estrato 1, 2, y 3 del 40,89%, 25,00% y 45,00% respectivamente, de extremadamente difícil; y de 39,00%, 51,67% y 25,00% de difícil, esto posiblemente se deba a ofrecimientos nunca cumplidos, por medio de campañas políticas. Respecto a la credibilidad de las personas, opinan que fácilmente habrá servicio en 17,24%, 23,33% y 30,00% en cada estrato, pues creen que con la finalización de la construcción de la línea de transmisión de Carchá - Lanquín - Cahabón, habrá energía eléctrica.

Tabla V. Credibilidad del concepto de energía eléctrica.

	Estrato 1 %	Estrato 2 %	Estrato 3 %
Extremadamente difícil	40,89	25,00	45,00
Difícil	39,90	51,67	25,00
Fácil	17,24	23,33	30,00
Extremadamente fácil	1,97	0	0

d-3) Comprensión generada por el concepto de energía eléctrica.

Un índice alto de fácil comprensión de 45,32%, 68,33% y 40,00% para los estratos 1, 2, y 3 respectivamente, esto se debe a que actualmente las municipalidades prestan hasta cierto grado un servicio de electrificación creando en la población conocimiento sobre el mismo; con respecto a la no comprensión solamente el estrato 3 (25,00%) mostró un alto índice de extremadamente difícil, esto se debe a que la población ha crecido en las periferias y ha quedado sin servicio eléctrico.

Tabla VI. Comprensión del concepto de energía eléctrica.

	Estrato 1 %	Estrato 2 %	Estrato 3 %
Extremadamente difícil	9,85	0	25,00
Difícil	36,45	15,00	25,00
Fácil	45,32	68,33	40,00
Extremadamente fácil	8,37	16,67	10,00

d-4) Intención de compra

A nivel de concepto, desligado del coste que contrae la instalación y el pago mensual de los servicios de energía eléctrica, tiene potencial de venta, actualmente en la región no existe un suministro de energía eléctrica que los preste eficientemente, quedando la población con una necesidad insatisfecha.

Con relación a la intención de compra a este nivel los estratos 1, 2, y 3 muestran que definitivamente sí el 25,12%, 45,00% y 80,00% respectivamente, dando otro índice que sustenta el anterior de probablemente sí de 48,28%, 43,33% y 20,00% respectivamente.

Tabla VII. Intención de compra.

	Estrato 1 %	Estrato 2 %	Estrato 3 %
Definitivamente sí	25,12	45,00	80,00
Probablemente sí	48,28	43,33	20,00
Probablemente no	21,67	11,67	0
Definitivamente no	4,93	0	0

d-5) Fin que le da al consumo

Esta pregunta persigue determinar cual es el fin que la persona que adquiere el servicio de energía eléctrica le da a nivel doméstico, comercial e industrial, pero debido a

las características sociales, se cambia y se trata de poner objetos concretos para que el entrevistado tenga la facilidad de contestar con exactitud. La pregunta se hace a toda persona no importando si tiene o no intención de compra. Sin embargo, los resultados a nivel total son los siguientes:

Tabla VIII. Fin que le da al consumo.

	Estrato 1 %	Estrato 2 %	Estrato 3 %
DOMESTICO	40,59	42,85	35,00
Iluminación	74,88	76,66	50,00
Calentador	21,09	25,00	5,00
Televisión	50,24	56,66	75,00
Planchar	19,22	28,33	45,00
Refrigeradora	19,70	31,66	10,00
Cocina	32,51	33,33	20,00
Radio	66,50	48,33	40,00
COMERCIAL	30,05	26,66	30,00
Comercio	30,05	26,66	30,00
INDUSTRIAL	13,38	20,55	25,00
Maquinaria agrícola	27,58	26,66	20,00
Equipo de taller	13,30	18,33	40,00
Maquinaria industrial	14,28	21,66	15,00

d-6) Intención de compra (dado el precio)

Esta medición de intención de compra se hace luego de conocer las circunstancias respecto al precio mensual posible que tiene un servicio continuo de electricidad, en donde la intención de compra bajó, aunque no es significativo, las personas prefieren pagar por el servicio siempre y cuando cumpla con las mayores expectativas de que haya las 24 horas y que sea continuo. Siendo este caso para los estratos 1, 2, y 3 de definitivamente sí (16,26%, 20,00% y 85,00% respectivamente).

Tabla IX. Intención de compra (Dado el precio).

	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3
	%	%	%
Definitivamente sí	16,26	20,00	85,00
Probablemente sí	42,86	51,67	10,00
Probablemente no	36,95	15,00	0,00
Definitivamente no	3,94	13,33	5,00

1.3.4 Estimación del consumo actual

Es necesario establecer cual es el consumo actual de las poblaciones de Cahabón y Lanquín, por ello se considera que la demanda está en función del número de habitantes, con base en 1 997.

En 1 997 se proyecta una población para los municipios de Cahabón y Lanquín de 8 008 y 3 971 habitantes respectivamente. Ver tabla XII.

Con los datos anteriores para la estimación del consumo se utiliza el siguiente procedimiento: a) Se toma el número de habitantes de la población en estudio. b) Se verifica en la tabla X , el rango al cual pertenece el consumo en kw. c) Se suma el dato menor al dato mayor y se divide entre dos. d) El resultado es el consumo de energía eléctrica.

Tabla X. Demanda actual para distintas poblaciones³

Población (habitantes)	Demanda de Potencia
500 - 1 000	15 kw - 35 kw
1 000 - 2 000	35 kw - 80 kw
2 000 - 4 000	80 kw - 180 kw
4 000 - 10 000	1 80 kw - 500 kw
10 000 - 20 000	500 kw - 1 200 kw
20 000 - 30 000	1 200 kw - 1 900 kw
30 000 - 40 000	1 900 kw - 2 600 kw
40 000 - 60 000	2 600 kw - 3 800 kw

³Fuente: Ing. Nozaki

Se hace el supuesto que la potencia instalada per capita w/hab. es de 30 w - 60 w por habitante.

Se calcula la demanda actual para las poblaciones de Cahabón y Lanquín y se tiene que las mismas son de 340 kw y 130 kw respectivamente. Sin embargo, la demanda real de energía para el inicio de 1 997 no es la anterior, debido a que la capacidad instalada actual (ver numeral 1.4.2, inciso a) del suministro de servicio eléctrico no es suficiente, además en el cálculo no se toman en cuenta los habitantes que viven en las cercanías de estos pueblos (fincas, aldeas, caseríos; etc) los cuales son potenciales demandantes del suministro.

1.3.5 Proyección del consumo anual

Las proyecciones del consumo anual se hacen conforme al crecimiento de la población, y se utiliza la fórmula 1-2, para este caso se proyecta la población censada, con el objeto de tener datos más recientes se utilizan los del censo de 1 994.

Se realizan dos análisis, uno tomando en cuenta la línea de transmisión de 40 km. de Carchá - El Pajal, y la línea Lanquín - Cahabón con referencia al Anexo B, cuadros 2, 3 y 4. Ver tabla XI. El otro análisis en el cual se toman únicamente la línea de transmisión Lanquín - Cahabón, haciendo referencia al Anexo B, cuadros 3 y 4. Ver tabla XII.

Con base al último censo se hacen las proyecciones de población de la siguiente forma.

- La población base es la del año de 1 994, o sea $n = 0$, habiéndose realizado el X Censo Nacional de Población.

- Se utiliza la tasa de crecimiento poblacional (T_1) para el departamento de Alta Verapaz de 4,1% según, numeral 1.3.1 inciso a.

- Para hacer la proyección se utiliza la fórmula 1-2.

Fórmula:

$$\text{Población anual} = \text{Población 1 994} (1 + T_1 / 100)^n \quad (1 - 2)$$

Tabla XI. Proyección de la población, línea Carchá - El Pajal, Lanquín - Cahabón, para los años de 1 994 a 2 012.

MUNICIPIO Año	CARCHA Hab.	CAHABON Hab.	LANQUIN Hab.	TOTAL Hab.
1 994 _{base 0}	17 896	7 170	3 520	28 586
1 996 ₂	19 394	7 773	3 816	30 983
1 997 ₃	20 187	8 088	3 971	32 246
1 998 ₄	21 010	8 418	4 133	33 551
1 999 ₅	21 887	8 769	4 305	34 961
2 000 ₆	22 782	9 128	4 481	36 391
2 001 ₇	23 713	9 501	4 664	37 878
2 002 ₈	24 679	9 888	4 855	38 722
2 003 ₉	25 693	10 297	5 055	41 045
2 004 ₁₀	26 755	10 720	5 263	42 738
2 005 ₁₁	27 847	11 157	5 478	44 482
2 006 ₁₂	28 992	11 616	5 703	46 311
2 007 ₁₃	30 172	12 089	5 935	48 196
2 008 ₁₄	31 408	12 584	6 178	50 170
2 009 ₁₅	32 696	13 100	6 432	52 228
2 010 ₁₆	34 039	13 638	6 695	54 372
2 011 ₁₇	35 434	14 197	6 970	56 601
2 012 ₁₈	36 884	14 778	7 255	58 917

Tabla XII. Proyección de la población, línea Lanquín - Cahabón, para los años de 1 994 a 2 012.

MUNICIPIO Año	CAHABON Hab.	LANQUIN Hab.	TOTAL Hab.
1 994 _{base 0}	7 170	3 520	10 690
1 996 ₂	7 773	3 816	11 589
1 997 ₃	8 088	3 971	12 059
1 998 ₄	8 418	4 133	12 551
1 999 ₅	8 769	4 305	13 074
2 000 ₆	9 128	4 481	13 609
2 001 ₇	9 501	4 664	14 165
2 002 ₈	9 888	4 855	14 743
2 003 ₉	10 297	5 055	15 352
2 004 ₁₀	10 720	5 263	15 983
2 005 ₁₁	11 157	5 478	16 635
2 006 ₁₂	11 616	5 703	17 319
2 007 ₁₃	12 089	5 935	18 024
2 008 ₁₄	12 584	6 178	18 762
2 009 ₁₅	13 100	6 432	19 532
2 010 ₁₆	13 638	6 695	20 333
2 011 ₁₇	14 197	9 970	21 167
2 012 ₁₈	14 778	7 255	22 033

1.3.6 Demanda potencial

Para estimar la demanda potencial es necesario establecer ciertos índices y metas al año para el cual el sistema de electrificación debe satisfacer y que están basados en la observación del comportamiento del sector rural con cierto grado de electrificación. Ver tabla X.

Se considera que la demanda está en función del número de habitantes, ésta se corrige de acuerdo con los tipos de consumidores para así tener un dato final sobre cual es su demanda.

Para el cálculo de la demanda futura se utiliza un método en el cuál se toma un período de 18 años, la tasa de incremento de la demanda de energía eléctrica se puede

estimar del 4% al 10% anual, basado en la fórmula 1-3, que permite tener una aproximación de la demanda potencial de energía eléctrica anual.

La fórmula para dicha estimación es:

$$F = B \times (1 + P / 100)^n \quad (1 - 3)$$

Donde:

F = demanda futura en kw

B = demanda actual en un año dado en kw

P = crecimiento anual de la demanda de energía en %

n = número de años en que se hace la estimación

Para obtener el valor de la demanda actual en un año dado (B) para una determinada población se hace uso de la tabla X con el número de habitantes para el año en estudio, ver tablas XI y XII, utilizando el mismo procedimiento del numeral 1.3.4, el resultado es el valor en kw de B, según sean las variantes en estudio.

El porcentaje de consumo residencial que se incorpore inicialmente, es de aproximadamente un 30%, se asume además que el consumo comercial es de 20% del residencial, el consumo agroindustrial es 30% del residencial y el alumbrado público y otros es del 10% del residencial. Estos porcentajes han sido determinados en base a experiencia que se tienen en proyectos similares, en los cuales se observa que la comunidad en estudio se obtienen datos irreales de consumidores, siempre hay periferias y aldeas que se incorporan inicialmente, surgen comercios a corto y mediano plazo. Ver resultados tablas XIII y XIV.

Tabla XIII. Demanda potencial según población, línea Carchá - El Pajal, Lanquín - Cahabón.

Año	Población	A (kw)	B 30%	Factor (1+4/100) ⁿ	Total residencial (kw)	Comercial 20%	Agro-industrial 30%	Público 10%	Total (kw)
1 996 ₂	30 983	2 200	2 860	1 082	3 095	619	929	310	4 953
1 997 ₃	32 246	.	.	1 125	3 218	644	964	322	5 148
1 998 ₄	33 551	.	.	1 170	3 347	669	1 004	335	5 355
1 999 ₅	34 961	.	.	1 217	3 481	696	1 044	348	5 569
2 000 ₆	36 391	.	.	1 265	3 618	724	1 085	362	5 651
2 001 ₇	37 878	.	.	1 316	3 764	753	1 130	377	6 024
2 002 ₈	39 422	.	.	1 369	3 916	783	1 175	392	6 266
2 003 ₉	41 045	2 200	2 860	1 423	5 920	1 184	1 776	592	9 470
2 004 ₁₀	42 738	3 200	4 160	1 480	6 157	1 231	1 847	616	9 851
2 005 ₁₁	44 482	.	.	1 559	6 486	1 297	1 946	648	10378
2 006 ₁₂	46 311	.	.	1 601	6 661	1 332	1 999	667	10659
2 007 ₁₃	48 196	.	.	1 665	6 927	1 388	2 079	693	11085
2 008 ₁₄	50 170	.	.	1 732	7 205	1 441	2 162	721	11529
2 009 ₁₅	52 228	.	.	1 801	7 493	1 498	2 248	750	11989
2 010 ₁₆	54 372	.	.	1 873	7 792	1 558	2 338	779	12467
2 011 ₁₇	56 601	.	.	1 948	8 104	1 620	2 431	810	12966
2 012 ₁₈	58 917	3 200	4 160	1 226	8 429	1 686	2 529	843	13487

Tabla XIV. Demanda potencial según población, Línea Lanquín - Cahabón.

Año	Población	A (kw)	B 30%	Factor (1+4/100) ⁿ	Total residencial (kw)	Comercial 20%	Agro-industrial 30%	Público 10%	Total (kw)
1 996 ₂	11 589	850	1 105	1 082	1 196	239	359	120	1 914
1 997 ₃	12 059	.	.	1 125	1 244	248	474	124	1 990
1 998 ₄	12 551	.	.	1 170	1 293	258	388	130	2 069
1 999 ₅	13 074	.	.	1 217	1 345	269	404	135	2 153
2 000 ₆	13 609	.	.	1 265	1 398	280	420	140	2 238
2 001 ₇	14 165	.	.	1 316	1 455	291	437	146	2 329
2 002 ₈	14 743	.	.	1 369	1 513	302	454	152	2 420
2 003 ₉	15 352	.	.	1 423	1 573	315	472	158	2 518
2 004 ₁₀	15 983	.	.	1 480	1 636	327	491	164	2 618
2 005 ₁₁	16 635	.	.	1 559	1 723	345	517	173	2 758
2 006 ₁₂	17 319	.	.	1 601	1 770	354	531	177	2 832
2 007 ₁₃	18 024	.	.	1 665	1 840	368	552	184	2 944
2 008 ₁₄	18 762	.	.	1 732	1 913	383	574	192	3 062
2 009 ₁₅	19 532	.	.	1 801	1 991	398	598	200	3 186
2 010 ₁₆	20 333	1 500	1 950	1 873	3 653	731	1 095	365	5 844
2 011 ₁₇	21 167	1 500	1 950	1 948	3 799	760	1 140	374	6 094
2 012 ₁₈	22 033	1 500	1 950	2 026	3 951	790	1 184	395	6 320

1.4 Análisis de la oferta

1.4.1 Comportamiento de la oferta

Las municipalidades tienen el control del servicio eléctrico por medio de trabajadores municipales los cuales son los encargados de vigilar y dar mantenimiento a las instalaciones y equipos capaces de generar energía eléctrica.

Con respecto a los servicios el sector residencial es el sector al cual se le presta mayor atención siendo en segundo lugar el alumbrado público, quedando el sector comercial e industrial casi sin ningún tipo de atención.

El sistema de cobro del servicio de energía eléctrica se hace con respecto al número de elementos que consuman cualquier cantidad de energía eléctrica proporcionada por la municipalidad. Ejemplo cobros al mes⁴: 1 foco = Q.5,00; 1 radio Q.10,00; 1 televisión Q.10,00; estos precios o costes por así decirlo hasta cierto grado no son justos debido a que no se está tomando en cuenta el consumo en kw/h real de uso, pues no existen contadores, ésto da como resultado la posibilidad de que la municipalidad cobre menos que el consumo real o que el usuario pague más por el servicio.

Actualmente, el Instituto Nacional de Electrificación está llevando a cabo la instalación de un sistema de electrificación en la región, la línea de transmisión que actualmente se encuentra en construcción y tiene proyectado estar terminada a finales de 1997. Esto da la pauta para pensar que en un futuro cercano se necesitará una planta generadora de energía eléctrica cercana a la región.

⁴El servicio es de 4 hr/día.

1.4.2 Estimación de la oferta actual

a) Capacidad instalada

Cahabón: la central hidroeléctrica ubicada en el municipio, denominada dentro del rango de minicentral hidroeléctrica, tiene una capacidad de generación de 91 kw.

Lanquín: la energía eléctrica es producida por medio de una planta de generación térmica a diesel la cual está conectada a un generador que tiene una capacidad de generación de 50 kw.

En el anexo C se presenta un resumen de la capacidad instalada en la república.

b) Cobertura de servicios

Con respecto a la cobertura de servicio eléctrico, actualmente la capacidad de generación para satisfacer las necesidades de toda la población de los pueblos de Cahabón y Lanquín no es suficiente y el servicio se limita a prestarse en lugares cercanos a donde se encuentran las fuentes de generación, quedando casi sin ningún servicio las áreas marginales, no así la aldeas y caseríos que se encuentran alrededor de los pueblos.

c) Prioridad del sector eléctrico

Actualmente la prioridad que se tiene es de satisfacer la demanda de energía eléctrica siendo el sector residencial el grupo más numeroso y con mayores necesidades y expectativas. Otro sector prioritario es el alumbrado público, ya que en conjunto las poblaciones esperan que en las noches por lo menos estén iluminadas sus calles

principales, además las municipalidades como propietarias del servicio señalan que este segmento del mercado es el que más les interesa servir.

1.5 Evolución futura de la oferta

Cahabón y Lanquín pertenecen al sistema Nor-Oriental el cual comprende el departamento de Alta y Baja Verapaz y el municipio del Estor del departamento de Izabal, este sistema recibe alimentación de las plantas generadoras: Chixoy, situada en Quixal, municipio de San Cristóbal Verapaz, con una capacidad confiable de 275 Mw; y la hidroeléctrica de Chichaic, instalada en el municipio de Cobán, que cuenta con una capacidad confiable de 600 kw.

De acuerdo con la planificación del INDE, la línea de transmisión Carchá - Lanquín - Cahabón, estará a disposición a finales de 1997, y entrará al sistema Nor-Oriental, el cual se alimenta por las hidroeléctricas anteriores, esto viene a recargar más el sistema de electrificación, aunque en un inicio la demanda no sea lo suficientemente significativa para hacerlo, en un futuro lo será.

En el departamento de Alta Verapaz, está en proceso de construcción la hidroeléctrica de Chió, la cual contribuirá con una generación de 60 Mw, la misma suministrará energía eléctrica para apoyar a el sistema nacional interconectado, ésta es una nueva fuente que contribuirá a tener una cobertura más amplia dentro de la región.

La región de Cahabón y Lanquín es rica en recursos hídricos, pues entre los dos pueblos existen innumerables afluentes que alimentan los ríos Cahabón y Lanquín, dando

oportunidades para realizar proyectos hidroeléctricos, y mantener un suministro de energía eléctrica constante en la región.

1.6 Canales de distribución

Con la instalación de una planta hidroeléctrica, se pretende la venta de energía eléctrica al INDE, la capacidad de generación que se tenga de energía servirá para hacer una oferta, la cual por medio de su consejo directivo, da una resolución que incluye un acuerdo de precio de venta, porcentaje de escalonamiento, capacidad, año de inicio y duración del contrato. El esquema 1-1 presenta el canal de distribución de energía eléctrica.



Generador: es la persona, individual o jurídica, titular o poseedora de una central de generación de energía eléctrica, que comercializa total o parcialmente su producción de electricidad, en este caso la (CH) de la finca Guajbal.

INDE: Instituto Nacional de Electrificación, con funciones de distribuidor.

Usuario: es el titular o poseedor del bien inmueble que recibe el suministro de energía eléctrica, para este caso las poblaciones de los municipios de Cahabón y Lanquín.

1.7 Sistema tarifario

Con respecto al sistema tarifario el INDE posee una tarifa actual para el sector residencial la cual asciende a 33,7 centavos de quetzal el kilovatio hora mes. Para el sector industrial tiene actualmente una tarifa de 43,2 centavos de quetzal el kilovatio hora al mes. Para el sector industrial - comercial mayor, medio y pequeño, la tarifa actual es de 44,1, 47,4 y 47,8 centavos de quetzal por kilovatio hora al mes, respectivamente.

Con la aprobación al ajuste de las tarifas, el precio por kilovatio hora al mes se incrementaría y variaría según el sector de consumo. Ver tabla XV.

Tabla XV. Precio de la electricidad en centavos de quetzal por kw/h.

	Grandes Industriales	Industrial comercial mayor	Industrial comercial menor	Industrial comercial pequeño	Residencial
Tarifa Actual	43,20	44,40	47,40	47,80	33,7
Tarifa Ajustada	47,71	49,71	54,46	58,68	33,3

Los usuarios que consumen 100 kilovatios hora mes o menos, según estudios realizados por el departamento de planeamiento de la EEGSA, un usuario típico de 0 a 100 kilovatios hora al mes utiliza un promedio de 4 focos, un televisor, una plancha, un radio y un calentador pequeño de ducha.

El ofrecimiento que se hace al INDE es de US\$ 0,055 a 0,065 por kw/h, este ofrecimiento es el mismo que se acordó en la finca Trece Aguas, por encontrarse en la misma región (Alta Verapaz) y tener la misma fuente de energía (hidrónica).

1.8 Conclusiones

1. El área a la cual se pretende dar el suministro de energía eléctrica corresponde a las cabeceras municipales de Cahabón y Lanquín del departamento de Alta Verapaz, encontrándose que actualmente la demanda de energía eléctrica con respecto a su población para 1997, es de 240 kw y 130 kw, respectivamente.
2. La energía eléctrica que se suministra se emplea para satisfacer las necesidades, dependiendo del fin que se le da al consumo, el cual puede ser: residencial, pública, comercial o industrial.
3. Se realiza una encuesta de mercado con el objeto de determinar el comportamiento de la demanda y así tener un perfil del usuario potencial, dividida en tres estratos, estrato 1 población de la línea de transmisión Carchá - El Pajal; estrato 2 población del pueblo de Cahabón y estrato 3 población del pueblo de Lanquín.
4. El perfil de usuario potencial, la mayoría de las veces espera tener un suministro de energía eléctrica continuo(51,44%), que dure las 24 horas del día(68,24), a un precio bajo(41,72%), con la credibilidad de extremadamente difícil(36,96%), a difícil(38,85%), que en un futuro cercano se preste el suministro; pero con la fácil comprensión(51,22%) del mismo. Con respecto a la intención de compra dado el precio(40,42%), o no (50,04%), el usuario está dispuesto a adquirir el suministro.
5. La demanda potencial de energía eléctrica en los pueblos de Cahabón y Lanquín para el próximo decenio es de 2 994 kw.

6. Actualmente las municipalidades tienen el control del servicio eléctrico, siendo el residencial el que se le presta mayor atención, quedando el sector público en segundo lugar, y el sector comercial e industrial sin ningún tipo de atención, respecto a la capacidad instalada de generación Cahabón cuenta con 91 kw (hidráulica) y Lanquín con 50 kw (térmica).

7. El canal de distribución comprende la participación de 3 elementos: uno el generador (La central hidroeléctrica de la finca Guajbal), dos el distribuidor (Instituto Nacional de Electrificación) y tres el usuario (la población en general).

8. El sistema de tarifas estipulado por el INDE es: sector residencial de 33,7 centavos de quetzal el kilovatio hora al mes; sector industrial de 43,2 centavos de quetzal el kilovatio hora al mes; sector industrial - comercial mayor, medio y pequeño de 44,1, 47,4 y 47,8 centavos de quetzal por kilovatio hora al mes respectivamente. El ofrecimiento (precio de venta) que se le hace al INDE es de US\$ 0,055 a 0,065 kw/hr.

2. ESTUDIO TÉCNICO

2.1 Introducción

Este estudio presenta los aspectos técnicos del potencial hidroeléctrico del río Lanquín (finca Guajbal) en el cual se describe la localización, el aforo del río, estudio topográfico, especificaciones de la obra civil y del equipo.

- Localización: se describe el tamaño del mercado respecto a la capacidad de generación (kw), las condicionantes del tamaño (económicos y ecológicos), y la justificación (compra y venta de energía eléctrica); el proceso de transformación utiliza eficientemente los recursos (humanos y materiales) desde la captación del insumo principal (agua), hasta el punto donde se genera la energía eléctrica y la ubicación geográfica la cual está en un punto cercano a la poblaciones de Cahabón y Lanquín.
- Para determinar la capacidad de generación de la central hidroeléctrica es necesario conocer dos factores importantes como son: la cantidad del insumo principal disponible a utilizar, para lo cual se realizan dos estudios sobre el aforo del río (flotación y mecánico por veleta), y la caída disponible que proporciona la topografía del terreno, para este caso es necesario realizar estudios en mapas y recorridos de campo.
- La infraestructura de la central hidroeléctrica se divide en dos partes, una que constituye la descripción de las especificaciones de la obra civil y la otra especificaciones generales del equipo; en la primera se describen aspectos técnicos

sobre la presa, el canal, los desarenadores, la tubería y el cuarto de máquinas - administrativo y en la segunda la turbina, el generador y el grupo de control.

En definitiva la CH de la finca Guajbal está denominada entre las pequeñas centrales hidroeléctricas, ver tabla XVI, clasificación que se hace respecto a su salto y potencia, como se describirá mas adelante.

Tabla XVI. Clasificación de la centrales hidroeléctricas⁵

DENOMINACION	RANGO DE POTENCIA (kw)	SALTO (m)		
		BAJO	MEDIO	ELEVADO
Micro centrales hidroeléctricas	hata 50	menos de 15	15 - 50	más de 50
Mini centrales hidroeléctricas	50 - 500	menos de 20	20 - 100	más de 100
Pequeñas centrales hidroeléctricas	500 - 5 000	menos de 25	25 - 130	más de 130

⁵Sistema propuesto por la organización latinoamericana de energía (OLADE).

2.2 Localización

2.2.1 Tamaño del mercado

a) Capacidad

Se estima que la necesidad del suministro de energía eléctrica para los pueblos de Cahabón, Lanquín y cercanías, para el próximo decenio es de 2 994 kw. Ver numeral 1.3.6, tabla XIV año 2 007.

La capacidad máxima de generación del complejo hidroeléctrico es de 2 400 kw, con mano de obra, equipo y maquinaria descrita en los numerales 2.2.2 inciso c, 2.5 y 2.6; ésto indica que para dentro de diez años solamente podrá generarse el 80% de la demanda.

b) Condicionantes del tamaño

El tamaño de la generación se ve restringido por los siguientes factores:

- La dificultad de obtención de recursos económicos suficientes para la realización de un proyecto a mayor escala debido al elevado requerimiento de inversión por kw instalado.
- Los daños a la ecología, específicamente la flora, de la región debido a inundación provocada por el embalse de la presa.

- Para la venta de energía eléctrica se requiere firmar un contrato de compra y venta con el INDE, esto debido a que actualmente no está liberada la venta de energía eléctrica al usuario por medio de generadores particulares.

c) Justificación del tamaño

El proyecto no genera los 2 994 kw previstos para dentro de diez años, debido a que con los 2 400 kw se satisface la demanda actual y el 80% del año 10. Actualmente no existe la certeza de que el INDE compre toda la capacidad de generación para distribuirla en la región, y ampliar la generación incrementaría los problemas de distribución de energía, que implica tener conductores con mas capacidad de carga, una infraestructura mayor , mayores distancias que recoger y más personal.

Tomando en cuenta que los recursos económicos que se necesitan son cuantiosos, el proyecto se considera de una capacidad limitada, puesto que los recursos naturales son suficientes, lo que permite seguir haciendo estudios sobre expansiones.

2.2.2 Proceso de transformación

a) Energía hidroeléctrica

En una hidroeléctrica, la energía cinética del agua mueve un generador eléctrico que a su vez pone en movimiento a los electrones en un cable conductor dando lugar a una corriente eléctrica. La energía cinética sólo es aprovechable cuando el movimiento molecular tiene una organización y orden, es decir, cuando las moléculas en lugar de

moverse irregularmente, tienden a hacerlo en una cierta dirección formando una corriente de aire o un viento que posee cierto momentum.

Lo mismo puede decirse de la molécula cuya energía sólo es usada parcialmente cuando su movimiento adquiere organización por pequeña que sea en una corriente de agua (caudal) que tiene un momentum apreciable (caída).

b) Insumo principal

El insumo principal es el agua. La situación geográfica y climatológica de Guatemala, sujeta entre otros a la acción favorable de los vientos aliseos que establecen un régimen de lluvia anual abundante, hacen que la región esté favorecida por grandes recursos hídricos que se estiman que puedan generar que el proyecto de la CH de la finca Guajbal sea económicamente factible en el lugar, el agua se utiliza a través de todo el proceso de transformación, a la cual no se le dará ningún tratamiento que altere su estructura molecular, por tal motivo no se tienen previstos ningún tipo de desechos, si al contrario, todo el insumo es totalmente renovable.

c) Personal del proceso de transformación y administrativo

c-1) Personal del proceso de transformación

1. Operador - técnico electricista: los operadores deben tener cierto nivel de conocimiento en el manejo de centrales hidroeléctricas y ser competentes en el ejercicio de su función para que puedan asumir responsabilidades. Entre sus funciones está la de desarrollar programas de mantenimiento preventivo y reparaciones menores de

emergencia. Como el servicio es las 24 horas y continuo es necesario, considerar que trabajen 3 operadores, uno por cada turno.

Entre los conocimientos básicos recomendables que debe tener el operador de la CH, los más importantes son:

- Administración
- Electricidad industrial básica
- Mecánica de banco
- Soldadura
- Secuencia de operación

Sueldos mensuales Q. 4 500,00

2. Mantenimiento: encargado del mantenimiento de la presa, el canal y la tubería de presión, este es apoyado por el conserje cuando así lo solicite.

Sueldos mensuales Q. 1 500,00

c-2) Administrativo

1. Administrador: es el responsable de todas las actividades en la CH, quien responde al dueño o junta directiva de accionistas según sea la estructura organizacional de la entidad que administre el proyecto hidroeléctrico.

Sueldo mensual Q. 2 500,00

2. Contador general: es el responsable de la contabilidad, lleva los libros contables exigidos por la ley, es el encargado junto con el administrador de presentar informes a fin de mes y de año, y de presentar los planes de trabajo anuales.

Sueldo mensual Q. 1 100,00

3. Guardianes: son los encargados de la vigilancia y control del ingreso y egreso de personas en el sector donde se encuentren las instalaciones y el equipo de la CH, además de dar aviso en caso de cualquier circunstancia fuera de lo normal al administrador, trabajarán jornadas de 24 hr x 24 hr.

Sueldo mensual Q. 3 600,00

4. Conserje: es el encargado del aseo y la limpieza de las instalaciones, del edificio administrativo y del cuarto de máquinas, éste en ocasiones especiales apoya al encargado de mantenimiento.

Sueldo mensual Q. 900,00

Total de salarios:

	Q. 17 100,00
- Administrativos	Q. 8 100,00
- Técnicos	Q. 9 000,00

2.2.3 Ubicación geográfica

a) Datos generales

Departamento: Alta Verapaz.
Municipio: Lanquín.

Finca:	Guajbal.
Altitud:	300 m.s.n.m.
Latitud	89 grados 59 minutos.
Longitud:	15 grados 35 minutos.

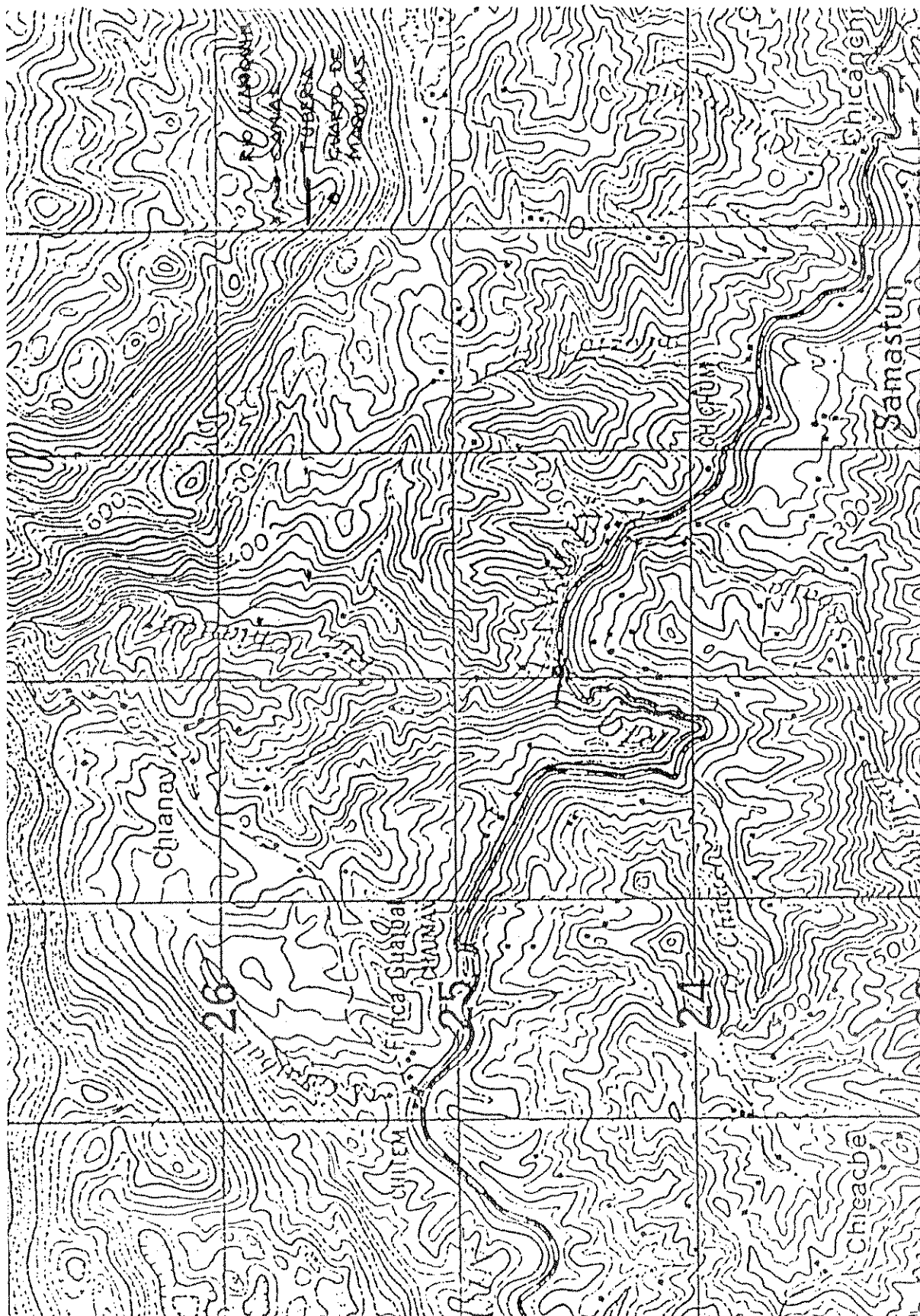
La CH de la finca Guajbal se ubica a 57 km de la cabecera departamental de Cobán y a 23 km del municipio de Cahabón y a 3 km del municipio de Lanquín, por camino de terracería transitable todo el año. La página 33 se presenta la localización de la finca Guajbal en el mapa cartográfico nacional, correspondiente a Cahabón.

2.3 Evaluación del aforo

Para proyectar una CH, es necesario considerar una serie de registros de caudales diarios que cubran un período mayor de 5 a 10 años. La ubicación del aforo la cual debe ser seleccionada en base a las siguientes condiciones:

a) La velocidad normal del agua del río debe ser 0,5 a 2,0 m/s, este es un rango permisible que permite un flujo tranquilo, sin remansos o rápidos, los cuales dan problema para aforar.

b) La intersección del río en la sección del aforo debe ser una línea parecida a la de una parábola vertical. Esto da la idea de que el cauce no sufre desgaste o de retención de sólidos, y asegura que dicha sección permanezca estable para realizar los aforos.



c) Se debe evitar los lugares donde hay posibilidades de un cambio en el cauce o en el lecho del río.

Después de ubicar la estación de aforo, se debe utilizar el método de aforo que se crea conveniente, para la CH de la finca Guajbal se utilizan dos métodos, el de flotación y mecánico por veleta.

La estación de aforo seleccionada para el cálculo del caudal disponible del río Lanquín esta dado por la estación 1.6.1.H⁶ dicha estación tiene 20 años aproximadamente de funcionar.

2.3.1 Método de flotación

La evaluación del aforo del río por el método de flotación se realiza con el siguiente procedimiento:

- Se utilizan dos cuerdas, una aguas arriba (inicio) y otra, aguas abajo (fin), se colocan en sección transversal al río a una distancia de 10 m.
- Se emplea un flotador especial el cual se suelta sobre la cuerda inicial, para dejar que la corriente del río lleve el flotador hacia la segunda cuerda final.
- Durante el recorrido del flotador entre la cuerda inicial y final se toma tiempo con el cronómetro, esta operación se lleva a cabo doce veces, y se elimina el tiempo mayor

⁶Fuente: Instituto Nacional de Electrificación

y el menor para obtener un tiempo promedio en diez tiempos, la tabla XVII presenta los resultados que se obtienen.

Tabla XVII. Tiempos tomados durante un recorrido de 10 m.

Tiempo ₁	10,78 s.
Tiempo ₂	11,00 s.
Tiempo ₃	10,47 s.
Tiempo ₄	13,39 s.
Tiempo ₅	11,24 s.
Tiempo ₆	11,06 s.
Tiempo ₇	13,46 s.
Tiempo ₈	10,28 s.*
Tiempo ₉	11,67 s.
Tiempo ₁₀	13,77 s.
Tiempo ₁₁	14,70 s.*
Tiempo ₁₂	12,62 s.
Tiempo _{promedio}	11,94 s.

*Tiempos eliminados

- Con la distancia y el promedio de tiempos se calcula la velocidad del río.

Numeral 2.3.3.

- Luego se hace una medición transversal y sobre una línea imaginaria de 20 m (ancho del río), se mide la profundidad del río cada 100 cm, para tener como resultado, después de 20 medidas, una altura promedio, los resultados se presentan en la tabla XVIII.

Tabla XVIII. Alturas medidas cada 100 cm sobre una longitud de 20m.

1	0,8 m .	11	1,75 m .
2	0,93 m .	12	1,80 m .
3	0,98 m .	13	1,56 m .
4	1,00 m .	14	1,51 m .
5	1,15 m .	15	1,48 m .
6	1,27 m .	16	1,34 m .
7	1,35 m .	17	1,23 m .
8	1,40 m .	18	1,18 m .
9	1,70 m .	19	1,00 m .
10	1,78 m .	20	0,85 m .
Altura _{promedio}			1,30 m .

- Con el ancho del río (20 metros) y la altura promedio, se obtiene el área transversal del río.

$$\begin{aligned}\text{Área transversal del río} &= \text{Ancho del Río} \times \text{Altura}_{\text{promedio}} \\ \text{Área transversal del río} &= 20 \text{ m} \times 1.3 \text{ m} = 26 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- Con la velocidad y el área trasversal del río se obtiene el caudal. Numeral 2.3.4.

2.3.2 Método mecánico por veleta

Este método de aforación es más sencillo que el método de flotación, debido a que se utiliza un instrumento producto de la tecnología, el cual facilita el trabajo además de ser más exacto.

El método consiste en utilizar un aparato mecánico el cual tiene unas aspas que se sumergen bajo el espejo del río, estas son golpeadas por la corriente del río originando un movimiento rotatorio, determinando así un número de revoluciones por minuto; el aparato pasa de un movimiento rotatorio a lineal, y da como resultado la velocidad del río que es de 1,06 m/s.

2.3.3 Velocidad del río (m/s)

Con los datos que se obtienen en la tabla XVIII, se procede a calcular la velocidad del río,

$$V = \frac{\text{distancia (m)}}{\text{tiempo promedio (s)}} \quad (2-1)$$

Sustituyendo en (2-1)

$$V = \frac{10}{1,3} = 0,84 \text{ m/s.}$$

2.3.4 Caudal del río (m³/s)

Con el dato del área transversal y el resultado de la velocidad del inciso anterior se obtiene el caudal del río.

$$\text{Caudal} = V \text{ (m/s)} * \text{Area transversal (m}^2\text{)} \text{ (2-2)}$$

Sustituyendo en (2-2),

$$\text{Caudal} = 0,84 \text{ m/s} \times 26 \text{ m}^2 = 21 \text{ m}^3/\text{s.}$$

2.4 Estudio topográfico

Durante el reconocimiento de campo se hace necesario verificar algunos puntos del terreno que pueden discrepar con los puntos obtenidos por medio de mapas cartográficos. Se verifica la distancia de conducción de agua, o por lo menos se buscan los puntos en el terreno que pueden ser identificables en los mapas. Es importante obtener en forma preliminar y verificar el perfil de la caída, y su ubicación. El mapa que se utiliza es de escala 1:50 000.

Los parámetros técnicos básicos de la CH de la finca Guajbal que determinan la capacidad y producción se definen a continuación haciendo referencia a la figura 2-1.

Del estudio topográfico concluimos que:

Nivel máximo de operación del embalse, H_{\max} : es la cota máxima que bajo condiciones normales de operación puede alcanzar la superficie del embalse.

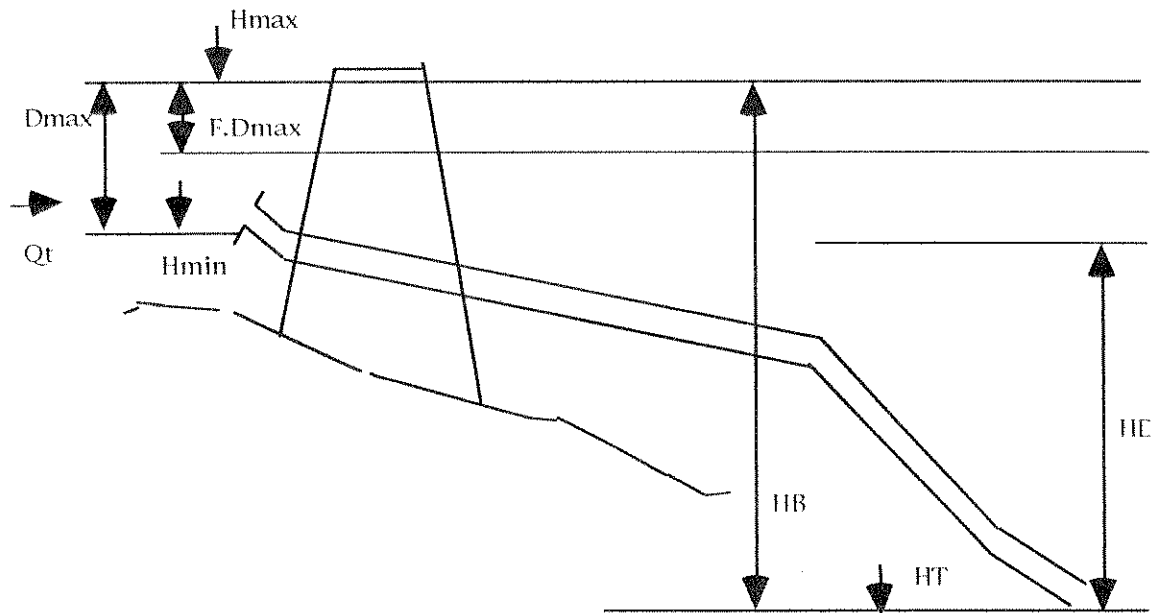
$$H_{\max} = 41,85 \text{ m.}$$

Nivel mínimo de operación del embalse, H_{\min} : es el mínimo que puede alcanzar la superficie del embalse para el funcionamiento de las turbinas.

$$H_{\min} = 40,00 \text{ m.}$$

Figura 2-1

PARÁMETROS QUE DETERMINAN LA CAPACIDAD Y PRODUCCIÓN



Variación máxima del embalse, D_{\max} : es la diferencia entre los niveles máximo y mínimo de operación.

$$D_{\max} = H_{\max} - H_{\min} \quad (2-1)$$

Sustituyendo valores en 2-1,

$$D_{\max} = 41,85 - 40,00 = 1,85 \text{ m} .$$

Elevación de desfogue o nivel de turbinas, H_T : es el nivel al cual se descarga el agua después de pasar por las turbinas.

$$H_T = 0,00 \text{ m} .$$

Caída bruta máxima, H_B : es la diferencia entre el nivel máximo de operación y el nivel de desfogue.

$$H_B = H_{\max} - H_T \quad (2-2)$$

Sustituyendo valores en 2-2,

$$H_B = 41,85 - 0,00 = 41,85 \text{ m} .$$

Pérdidas en caída, ΔH : son las pérdidas hidráulicas totales en la trayectoria del agua desde la bocatoma hasta las turbinas, excluyendo las pérdidas atribuibles a éstas últimas, en condiciones de operación a plena carga.

Caída neta de diseño, H_D : es la caída para la cual las turbinas operan a su máxima eficiencia. Se calcula asumiendo un nivel de operación a una altura $f.D_{max}$ por debajo de H_{max} el factor "f" se define hidráulicamente dependiendo especialmente de la geometría del embalse ($0 < f < 1$). Unidades en m . En este caso se toma 0,1 o sea el 10%.

$$H_D = H_B - f.D_{max} - \Delta H \quad (2-3)$$

Sustituyendo valores en 2-3,

$$H_D = 41,85 - (0,1 \times 1,85) - 1,5 = 40,17 \text{ m .}$$

2.5 Especificaciones de la obra civil

A continuación se da algunas definiciones y una descripción de las obras civiles como lo son: la presa, el canal, y el cuarto de máquinas de la Central hidroeléctrica del río Lanquín de la finca Guajbal, así como, algunos criterios para su diseño.

Antes de describir las especificaciones y criterios para el diseño preliminar de la obra civil se dan a conocer los elementos que componen la CH de la finca Guajbal.

- **Presa:** estructura que detiene el flujo de caudales del río, formando el embalse.

- **Canal:** es aquel que lleva el caudal de generación hacia la tubería de presión.

- **Tubería de presión:** es la que empalma con el canal y conduce el agua a la turbina.

- **Cuarto de máquinas y edificio administrativo:** comprende el equipo al pie de la tubería de presión como lo son turbinas, generadores eléctricos y el grupo de control (gobernador electrónico para el control de carga, panel de control y aparatos de medición), así como ambientes y mobiliario para realizar las actividades administrativas.

Las obras hidráulicas ejercen presiones sobre el terreno en el que se encuentran y a su vez reciben presiones del terreno que las contienen y del agua interior o exterior. Por lo tanto, el diseño debe ser de tal forma que las secciones puedan resistir los esfuerzos a los que están sometidas sin romperse ni deformarse, es así como las obras hidráulicas están compuestas por piezas que pueden ser reducidas a elementos estructurales simples, éstos elementos construídos de concreto se calculan como muros de gravedad. Entre estos se tienen la presa y el canal. Los elementos estructurales deben ser diseñados y calculados por un Ingeniero Civil, con especialidad en el campo de estructuras.

2.5.1 La presa

Para la obtención del diseño preliminar se utiliza un procedimiento en el cual en base a tablas y coeficientes de seguridad para presas de gravedad, se determinan las dimensionales de la presa y el material a utilizar para su construcción.

Se calculan las dimensionales de la presa cuyo material es una combinación de piedra abundante en la región y cemento, para el cálculo se necesita la siguiente información:

P_A = empuje del agua
 P_P = empuje del suelo
 W = peso propio de la presa
 \emptyset = ángulo de deflexión interno del material
 V_s \neq valor soporte del suelo
 r = densidad
 F_r = momento resultante (0,4 - 0,7)
 H = altura de la presa

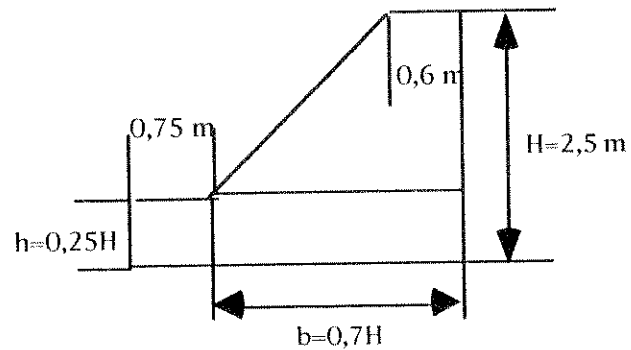
Datos:

\emptyset = 30°
 r_{Agua} = $1\ 000\ \text{kg/m}^3$
 r_{Presa} = $2\ 000\ \text{kg/m}^3$
 V_s = 48,8 toneladas (según tabla XIX)
 H = 2,5 m
 f_{suelo} = $2\ 000\ \text{kg/m}^3$

Tabla XIX. Relaciones de corrimiento y valores de capacidad de carga de los materiales de cimentación.

Material	Capacidad de carga admisibles en ton por metro cuadrado
Arena muy fina o limo	29,3
Arena fina	9,80
Arena media	29,3
Arena gruesa	29,3
Grava fina	48,8
Grava media	48,8
Grava y arena	48,8
Grava gruesa incluyendo cantos	48,8
Boleo con algo de cantos y grava	97,6
Boleo, grava y arena	48,8
Arcilla blanda	9,80
Arcilla media	39,06
Arcilla dura	58,6
Arcilla muy dura o toba	97,6
Roca buena	976,5
Roca laminada	341,8

Dimensionar:

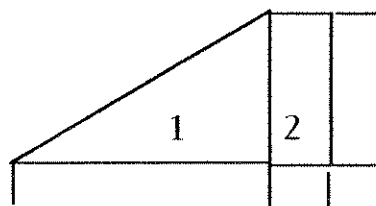


$$\begin{aligned} b &= 0,7 \times H \\ b &= 0,7 \times 2,5 \\ b &= 1,75 \text{ m} \\ h &= 0,25 \times H \\ h &= 0,25 \times 2,5 \\ h &= 0,63 \text{ m} \end{aligned}$$

Se calculan los coeficientes K_A = factor activo, K_P = factor pasivo, por medio de la fórmula de Rankini.

$$\begin{aligned} K_A &= (1 - \text{sen } \varnothing^\circ) / (1 + \text{sem } \varnothing^\circ) \\ K_A &= (1 - \text{sen } 30^\circ) / (1 + \text{sem } 30^\circ) \\ K_A &= 0,5 / 1,5 \\ K_A &= 1/3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_P &= (1 + \text{sen } \varnothing^\circ) / (1 - \text{sem } \varnothing^\circ) \\ K_P &= (1 + \text{sen } 30^\circ) / (1 - \text{sem } 30^\circ) \\ K_P &= 1,5 / 0,5 \\ K_P &= 3 \end{aligned}$$



Calculando momentos

Figura	Area	r	W	Brazo	Momento
1	$(1,15 \times 2,5) / 2 = 1,44$	2 000	2 800	$2/3 \times 1,15 = 0,77$	2 156
2	$(0,6 \times 2,5) = 1,5$	2 000	2 000	$1,5 + 0,3 = 1,45$	4 350
			5 800		6 506

Calculando los empujes y los momentos pasivo y activo,

$$P_A = (K_A \times r_{\text{agua}} \times H^2) / 2$$

$$P_A = ((1/3) \times 1\,000 \times 1,5^2) / 2$$

$$P_A = 1\,041,67 \text{ kg/m .}$$

$$P_P = (K_P \times r_{\text{suelo}} \times h^2) / 2$$

$$P_P = (3 \times 2\,000 \times 0,63^2) / 2$$

$$P_P = 1\,190,70 \text{ kg/m .}$$

$$M_{\text{pasivo}} = P_P \times \text{Brazo}$$

$$M_{\text{pasivo}} = 1\,190,70 (1/3 \times 0,32)$$

$$M_{\text{pasivo}} = 127,00 \text{ kg.m .}$$

$$M_{\text{activo}} = P_A \times \text{Brazo}$$

$$M_{\text{activo}} = 1\,041,67 (1/3 \times 2,5)$$

$$M_{\text{activo}} = 868,06 \text{ Kg.m .}$$

Los chequeos que se realizan para ver la factibilidad de su construcción están relacionados con el volteo y el deslizamiento.

Volteo. El coeficiente ($F_s > 1,5$) según tabla XX.

$$F_s = \frac{\sum M_{\text{pasivo}}}{\sum M_{\text{activo}}}$$

$$F_s = \frac{6\,506,00 + 127,00}{868,06}$$

$$F_s = 7,64 > 1,5$$

Deslizamiento. El coeficiente ($F > 1,5$). Según tabla XX.

$$F = \frac{(\sum P_p + F_r \times \sum W)}{P_A}$$

$$F = \frac{(1\,190,07 + 0,4 \times 5\,800)}{1\,041,67}$$

$$F = 3,37 > 1,5$$

Tabla XX. Coeficiente de deslizamiento para diferentes condiciones de cimentación

Material	Coficiente de seguridad contra deslizamiento, F	Coficiente mínimo de seguridad que se sugiere, F_s
Concreto sobre concreto	0,65 - 0,8	1,0 - 1,5
Concreto sobre roca profunda limpia irregular	0,8	1,0 - 1,5
Concreto sobre roca y algunas laminaciones	0,7	1,0 - 1,5
Concreto sobre grava y arena gresas	0,4	2,5
Concreto sobre arena	0,3	2,5
Concreto sobre esquistos	0,3	2,5
Concreto sobre limo y arcilla	*	2,5*

*Se requieren pruebas para determinar la seguridad.

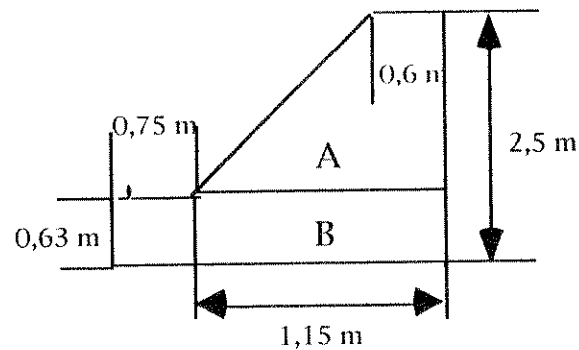
El volumen de material es importante para determinar los costos en el estudio económico, el volumen total de la presa está dado en la figura 2-2:

$$\text{Volumen} = (\text{Área sección A} + \text{Área sección B}) \text{ largo de la presa}$$

$$\text{Volumen} = (1,15 \times 2,5) / 2 \text{ m}^2 + (0,63 \times 2,5) \text{ m}^2 \times 25 \text{ m}$$

$$\text{Volumen} = 76 \text{ m}^3 .$$

Figura 2-2. Dimensiones de la presa.



2.5.2 El canal

Es necesario conseguir una caída del agua por la acción de la gravedad y sujeto únicamente a la presión atmosférica para producir energía eléctrica, esto hace que se deba encausar el agua a una distancia considerada en 2 600 m del sitio de la presa hacia la tubería de presión, entonces se construye un canal de conducción de cielo abierto de sección trapezoidal.

Es necesario conducir el agua a baja velocidad, la pendiente se establece en 0,4/1 000, lo que significa que, cada 1 000 metros de longitud de canal se debe bajar en 40 cm el nivel de su perfil.

El revestimiento del canal es de material de piedra partida cementada la cual se asienta en un lecho sobre otra cama de piedra de diámetro inferior, ésta capa es de 10 cm de espesor aproximadamente, en tanto que la capa externa tiene un espesor de tres veces el diámetro medido de la piedra escogida para su conformación, se usa piedra debido a que la región cuenta con bancos disponibles.

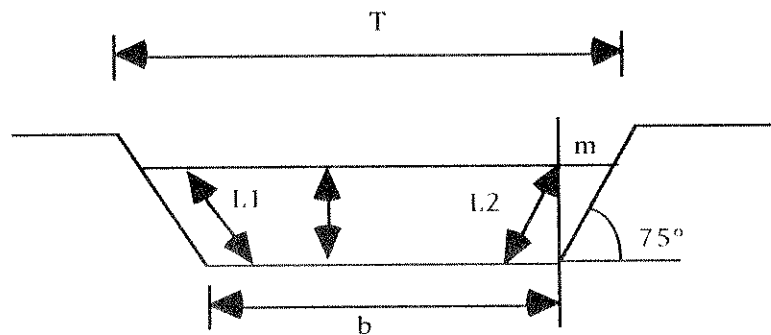
Tabla XXI. Velocidades admisibles en canales⁷

Material de cauce	Velocidad en m/s.	
	Agua clara	Agua sedimento abrasivo
Arcilla fina	0,45	0,45
Limoso	0,60	0,60
Grava fina	0,75	0,75
Arsilla rigida	1,20	0,90
Grava gruesa	1,20	1,20
Acero	*	2,40
Madera	6,00	3,00
Concreto	12,00	6,00

Para el diseño del canal se utiliza una sección trapezoidal para lo cual se necesita tener las siguientes dimensiones. Ver figura 2 - 3.

- h = tirante del agua
- b = base del canal
- l_1, l_2 = longitud de taludes
- T = ancho del agua
- m = talud de paredes

Dimensionar:



La fórmula que se utiliza para dimensionar el canal es la de Manning:

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

⁷Establecidas por la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).

Donde:

Q = caudal en m³/s

n = según el material del canal

A = área mojada en m² = (bh + mh²)

P = perímetro mojado en m = (l₁ + l₂ + b)

R = radio hidráulico = A / P en m

S = pendiente del canal

Los datos para dimensionar el canal de sección trapezoidal son: radio hidráulico óptimo de $R = h/2$ (ver tabla XXIII), caudal de 7,0 m³/s, piedra partida cementada con un $n = 0,025$ (ver tabla XXIV), pendiente longitudinal de 0,4/1 000 y pendiente de taludes de 1/4:1.

Cálculos:

Ecuación 2-4: $A = bh + mh^2$

$$A = bh + 0,25h^2$$

Ecuación 2-5: $P = b + 2h(1 + 0,25^2)^{1/2}$

$$P = b + 2h(1 + 0,25^2)^{1/2}$$

$$P = b + 2h(1,0625)^{1/2}$$

$$P = b + 2,061h$$

Sustituyendo Ec. 2-4 y Ec. 2-5 en radio hidráulico $R = A / P = (bh + 0,25h^2) / (b + 2,06h)$.

Igualando con el radio hidráulico óptimo, $R = h/2$,

$$(bh + 0,25h^2) / (b + 2,06h) = h/2$$

$$2bh + 0,5h^2 = hb + 2,06h^2$$

$$2b + 0,5h = b + 2,06h$$

$$2b - b = 2,06h - 0,5h$$

$$b = 1,56 \times h \text{ será, Ecuación 2-6}$$

Sustituyendo Ec. 2-6, en Ec. 2-4 y Ec. 2-5,

$$\begin{aligned}
 A &= 1,56h^2 + 2h^2 = 1,81h^2 \\
 P &= 1,56h + 2,06h = 3,62h \\
 R &= A / P = h/2 \text{ (Se comprueba el radio hidráulico, tabla 2-9).}
 \end{aligned}$$

Sustituyendo en la fórmula de Manning, con un valor de $b = 4,5 \text{ m}$.

$$\begin{aligned}
 Q &= (1/n) \times A \times R^{2/3} S^{1/2} \\
 7 &= (1/0,025) \times bh + 0,25h^2 \times (h/2)^{2/3} \times (0,0004)^{1/2} \\
 7 &= 40 \times 4,5 \times h + 0,25h^2 \times (h/2)^{2/3} \times 0,02 \\
 h &= 1,85 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Sustituyendo h en la Ecuación 2-7,

$$\begin{aligned}
 l_1 = l_2 &= ((m \times h)^2 + h^2)^{1/2} \text{ (2-7)} \\
 l_1 = l_2 &= ((0,25 \times 1,85)^2 + 1,85^2)^{1/2} \\
 l_1 = l_2 &= 1,92 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Velocidad media, $V = Q / A$

De la ecuación 2-4. $A = b \times h + 0,25h^2$

$$\begin{aligned}
 A &= 4,5 \times 1,85 + 0,25 \times 1,85^2 \\
 A &= 7,15 \text{ m}^2.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= 7 / 7,15 \\
 V &= 0,98 \text{ m/s.}
 \end{aligned}$$

El borde libre del canal es la distancia vertical entre la parte superior del canal o de su revestimiento y la superficie libre del agua cuando el canal trabaja con el caudal de diseño en flujo normal el cual prevé como precaución: contra la acumulación de azolve del canal, reducción de la eficiencia hidráulica por crecimiento de plantas, acción de oleaje, asentamiento de los bordes y caudal en exceso durante las crecientes. Los criterios para el

diseño del borde libre pueden variar desde 0,3 m para caudales de 0,57 m³/s a 1,2 m para caudales de 85 m³/s, y se hace una interpolación entre estos valores para un caudal de 7 m³/s se tiene un borde libre de $f = 0,37$ m .

Se hace notar que el tirante máximo previsto en el canal corresponde al nivel de agua máximo: $h = 1,83$ m, en el embalse, aunque éste puede ser controlado por una compuerta.

Figura 2 -3. Dimensiones del canal

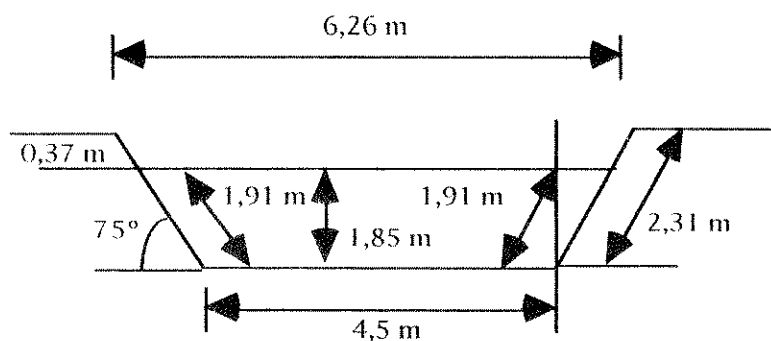


Tabla XXII. Elementos geométricos de secciones de canales.

Canal tipo	Área A	Perímetro P	Radio Hidráulico R
Rectangular	bh	$b + 2h$	$bh / b + 2h$
Trapezoidal	$(b + mh)h$	$b + 2h(1 + m^2)^{1/2}$	$(b + mh)h / b + 2h(1 + m^2)^{1/2}$
Triangular	mh^2	$2h(1 + m^2)^{1/2}$	$mh / 2(1 + m^2)^{1/2}$

Tabla XXIII. Radios hidráulicos óptimos

Sección transversal	Radio hidráulico R
Trapezoidal: medio hexágono	0,5 h
Rectángulo: medio cuadrado	0,5 h
Triángulo: medio cuadrado	0,354 h
Círculo	0,5 h
Parábola: $T=2(2y)^{1/2}$	0,5 h

Tabla XIV. Valores de coeficiente de rugosidad n (Chow 1 959).

Canales revestidos o fabricados	Mínimo	Normal	Máximo
A-1 Metal			
a. Superficie de acero liso			
1. Sin pintar	0,011	0,012	0,014
2. Pintada	0,012	0,013	0,017
b. Corrugado	0,021	0,015	0,030
B-2 No metal			
a. Cemento			
1. Limpio en la superficie	0,010	0,011	0,013
2. Mortero	0,011	0,013	0,015
b. Madera			
1. Cepillada sin tratar	0,010	0,012	0,014
2. Cepillada, creosotada	0,011	0,012	0,015
3. Sin cepillar	0,011	0,013	0,015
4. Planchas con listones	0,012	0,015	0,018
5. Revestida con papel imper...	0,010	0,014	0,017
c. Concreto			
1. Terminado con cuchara	0,011	0,013	0,015
2. Terminado con lechada	0,013	0,015	0,016
3. Terminado con grava en el fondo	0,015	0,017	0,020
4. Sin terminar	0,014	0,017	0,020
5. sobre roca excavada pareja	0,017	0,020	
6. Sobre roca excavada irregular	0,022	0,027	
d. Fondo de concreto terminado con lechada			
1. Piedra acomodada en mortero	0,015	0,017	0,020
2. Piedra volcada en mortero	0,017	0,020	0,024
3. Mampostería de piedra partida cementada	0,016	0,020	0,024
4. Mampostería de piedra partida	0,020	0,025	0,030
5. Piedra partida suelta	0,020	0,030	0,035
e. Fondo de grava con costado de			
1. Hormigón encofiado	0,017	0,020	0,025
2. Piedra volcada en mortero	0,020	0,023	0,026
3. Piedra partida suelta	0,023	0,033	0,036
f. Ladrillo			
1. Vidriado	0,011	0,013	0,015
2. En mortero de cemento	0,012	0,015	0,018
g. Mampostería			
1. Piedra partida cementada	0,017	0,025	0,030
2. Piedra partida suelta	0,023	0,032	0,035
h. Piedra cortada y acomodada	0,013	0,015	0,017

2.5.3 Desarenador

En épocas de crecidas en la mayoría de los ríos, el agua arrastra légamos y arena en suspensión. La arena, al pasar por las turbinas, desgasta todas las piezas que están en contacto con el agua, tanto más, cuanto más rápidamente fluye; es decir, cuanto más grande es el salto útil. Este desgaste aumenta la rugosidad y produce un cambio notable de

forma en aletas y boquillas directrices de las turbinas y, por consiguiente, una disminución del rendimiento de la misma, a esto se le puede agregar: gastos por mantenimiento y menor vida útil; etc.

La separación de la arena del agua se realiza con relativa facilidad mediante la estructura denominada desarenador.

Para dimensionar el desarenador se utilizará la teoría de Hazen (teoría de la sedimentación):

$$t/t_0 = A \times V / Q \quad (2-4)$$

Donde:

t/t_0 = tasa de escurrimiento superficial

Q = caudal

V = velocidad de sedimentación

A = área del desarenador

La experiencia indica que las partículas de arena nocivas son las de tamaño igual o superior a 0,2 mm, cuyo peso específico es de 2,65 g/ml y la velocidad de sedimentación 2,0 cm/s. Ver tabla XXV.

$t/t_0 = 1,5$ valor para un buen sedimentador, con 75% de remoción

Despejando Q/A , de la ecuación (2-4),

$$Q/A = 2/1,5 = 1,33 \text{ cm/s } \text{ ó } 1 \text{ 150 m}^3/\text{m}^2 - \text{ día.}$$

Con base a los valores anteriores se puede calcular la longitud necesaria para el canal de remoción de arena.

$$L = V \times H/Q/A \text{ (2-5)}$$

Para un $Q/A = 1,33 \text{ cm/s} = 0,0133 \text{ m/s}$ ($1\ 150 \text{ m}^3/\text{m}^2 - \text{día}$) y $V = 0,3 \text{ m/s}$.

Sustituyendo valores en 2-5,

$$L = 0,3 \times 2,5 / 0,0133$$

$$L = 22,5 \times 2,5$$

$$L = 56,25 \approx 56 \text{ m} .$$

Como es necesario mantener la velocidad de $0,3 \text{ m/s}$, se necesita cambiar el área transversal del desarenador, de la fórmula: $Q = V \times A$, se utiliza una altura de $2,5 \text{ m}$ y una pendiente de taludes de $2:1$.

Sustituyendo valores,

$$7 = 0,3 \times (b + 2 \times 2,5)2,5$$

$$b = 4 \text{ m} .$$

Comprobando en la ecuación de Manning.

$$Q = 0,3 \times (4 + 2 \times 2,5)2,5 = 7 \text{ m}^3/\text{s} .$$

Sustituyendo h en la ecuación (2-7),

$$l_1 = l_2 = ((2 \times 2,5)^2 + 2,5^2)^{1/2}$$

$$l_1 = l_2 = 5,6 \text{ m} .$$

El borde libre del desarenador es igual al del canal o sea de 0,4 m .

Figura 2 -4. Dimensiones del desarenador

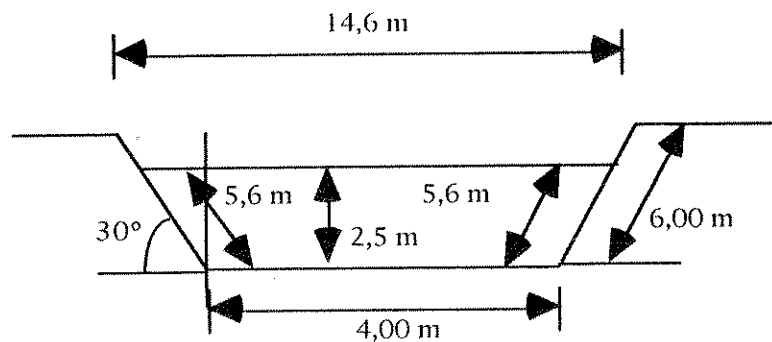


Tabla XXV. Velocidades de escurrimiento del agua en función de la velocidad de sedimentación de las partículas.

Tamaño de la partícula	Form. de Allen	Valores Prácticos
1,0 mm	8,5 cm/s	10,0 c/s
0,5 mm	4,3 cm/s	5,0 cm/s
0,3 mm	2,6 cm/s	3,0 cm/s
0,2 mm	1,7 cm/s	2,0 cm/s
0,1 mm	0,9 cm/s	1,0 cm/s

2.5.4 De la tubería

La tubería de presión es la unión entre el canal y las turbinas, ubicadas en el cuarto de máquinas. Esta se ubica donde la topográfica del terreno indica la pendiente pronunciada o sea la caída máxima posible a la cual las turbinas operan a su máxima eficiencia H_D .

Para el cálculo del tamaño de la tubería se necesita encontrar su diámetro, para eso se deben tener los siguientes datos:

- Caída, que es la diferencia de altura que hay entre el canal y la casa de máquinas, lo cual es de H_D de 40 m . Ver figura No. 2 - 1.

- El caudal ha conducir en la tubería $7 \text{ m}^3/\text{s}$.

- El tipo de material de la tubería la cuál es de lámina de hierro negro.

- Pintura: en el interior se utiliza anticorrosivo, película de alta resistencia, base epóxica, especial para conducción de agua. En el exterior se aplica anticorrosivo, base epóxica de alta resistencia a la intemperie.

La tubería tiene una longitud de 165 m, y un diámetro de:

$$\begin{aligned} &\text{Para caídas de } H_D < 100, \\ &D = (0,0052 \times Q^3)^{1/7} \times 1\,000 \quad (2 - 8) \\ &\text{Para caídas de } H_D > 100, \\ &D = (5,2 \times Q^3)^{1/7} \times 1\,000 \quad (2 - 9) \end{aligned}$$

Donde:

D = diámetro en milímetros

Q = caudal en m^3/s

H_D = caída a la cual las turbinas operan a máxima eficiencia

Con la $H_D < 100$ y el caudal, sustituimos los datos en 2-8,

$$\begin{aligned} D &= (0,0052 \times Q^3)^{1/7} \times 1\,000 \\ D &= (0,0052 \times 7^3)^{1/7} \times 1\,000 \\ D &= 1\,086 \text{ mm} . \end{aligned}$$

- Dimensiones: se utiliza tubería de 1 086 mm de diámetro por 165 m de largo y $3/8''$ de grosor de pared.

2.5.5 Del cuarto de máquinas

a) Tipo de edificio

De acuerdo con las necesidades de seguridad del personal y el equipo y sin tener que guardar el aspecto arquitectónico del lugar, las instalaciones se adecuan para el funcionamiento, la operación y control de la hidroeléctrica. El edificio que se ajusta a estos requerimientos es el de primera categoría con instalaciones descritas en el numeral 2.5.5 inciso c.

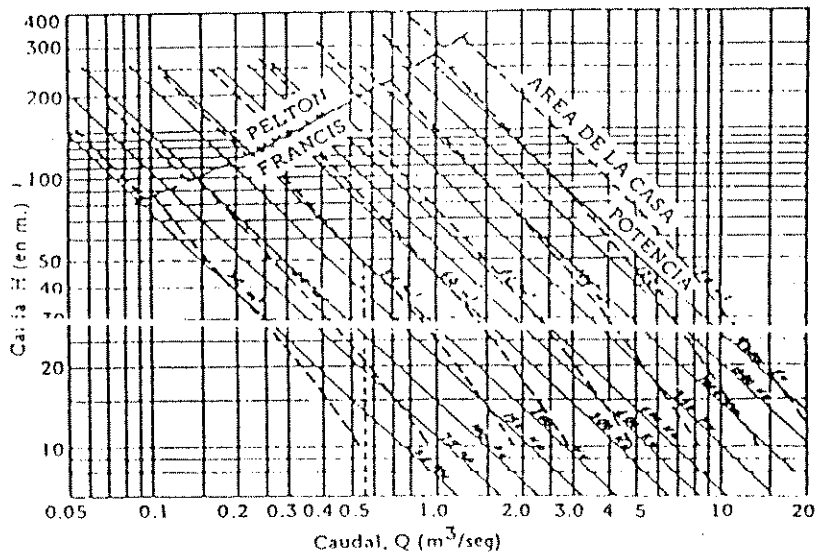
b) Tipo de construcción

La construcción del cuarto de máquinas - administrativo de la hidroeléctrica es una conjugación de concreto armado, con paredes de block, estructuras de concreto, varilla de construcción y las puertas y ventanas de hierro. Las ventanas tienen vidrio corriente de 6 mm, de espesor, las puertas y las ventanas tienen un cedazo especial para que cuando estén abiertas no dejen pasar cualquier insecto volador, el techo es de lámina de 6 mm .

c) Instalaciones

- Areas: el área ha utilizar depende en gran medida de la capacidad de producción siendo este caso el área de 140 m². Ver gráfica 2 1.

Gráfica 2-1



- Agua: la fuente de agua potable la constituye un pozo.
- Drenaje: en la instalación hay dos tipos de drenajes, uno para aguas pluviales y otro para aguas negras, con su respectiva pendiente, los drenajes de aguas negras son conectados a una fosa séptica.
- Iluminación y fuerza: se tienen dos tipos de iluminación natural y artificial. La natural se obtiene a través de colocación de ventanas con un bajo costo el cual se aprovechara al máximo, es por ello que el edificio cuenta con ventanas en ambos lados que permitan una buena iluminación para tareas de escritura y lectura. La iluminación artificial construida por lámparas fluorescentes distribuídas convenientemente para obtener un nivel lumínico adecuado de luz. La fuerza se obtiene de las instalaciones eléctricas.

- Ventilación: la ventilación se hace de la forma más económica empleando la energía cinética del viento, el tiro natural y la combinación de ambas fuerzas, para lo cual se utilizan ventanas corredizas a manera que se puedan abrir y cerrar; cada ventana tiene en la parte exterior cedazo para no permitir la entrada de insectos voladores.

- Pintura: la pintura su objetivo es el de contrastar el color del equipo con el de las paredes y el piso para facilitar el control de la operación y mantenimiento del mismo por parte de los técnicos y operarios.

2.6 Especificaciones generales del equipo

2.6.1 Turbina

Es aquella máquina hidráulica que genera energía cinética por medio de la presión del agua que emerge de una boquilla o chiflón y que entra con un chorro de alta velocidad que golpea un rotor, saliendo luego hacia el canal de salida.

A continuación se presenta el método para determinar el tipo de unidad ha utilizar en la CH de la finca Guajbal.

- Se obtienen los datos necesarios para los cálculos:

H_D	= caída de caudal	40 m
Q	= caudal en turbina	7 m ³ /s
n	= eficiencia de turbinas	85%

- La capacidad instalada de la planta de acuerdo con la potencia hidráulica es:

$$P = (r \times Q \times H_D) / 75 \times n/100 \quad (2-9)$$

Sustituyendo valores en 2 - 9,

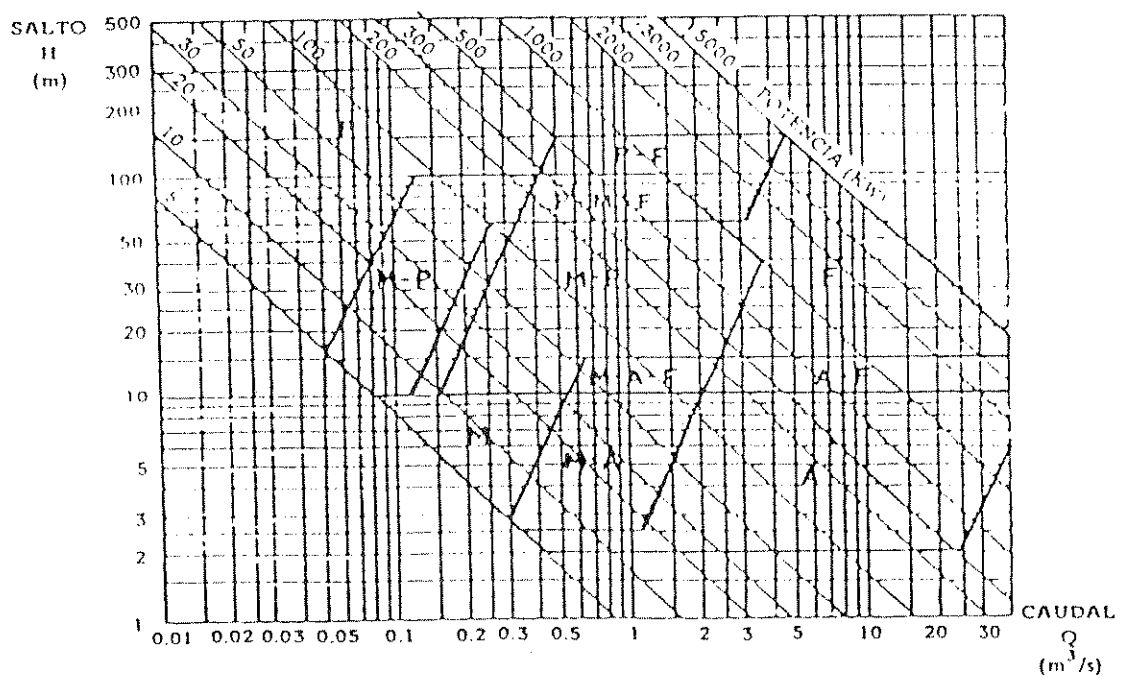
$$P = (1\,000 \times 7 \times 40) / 75 \times n / 100$$

$$P = 3\,173 \text{ hp}$$

$$P = 2\,400 \text{ kw}$$

- Selección del tipo de turbina, con $H_D = 40 \text{ m}$ y $Q = 7 \text{ m}^3/\text{s}$, se utiliza la gráfica 2 - 2, con un salto aprovechable $H_D = 40 \text{ m}$ en el eje de las ordenadas y un caudal de $Q = 7 \text{ m}^3/\text{s}$ en el eje abscisas interceptando se obtiene que el punto está en la región de las de tipo Francis.

Gráfica 2-2



P = turbina Peltón de 1 ó 2 toberas y Turgo

F = turbina Francis y Deriaz

M = turbina Michelli Banki

A = turbina Axial y Kaplan

2.6.2 Generador

Es la máquina en cuyo seno se produce electricidad, es decir, dentro de la cual se mueven los conductores metálicos en un campo magnético. Está accionado por la turbina que aprovecha la energía del agua para producir movimiento, en la mayoría de los casos, las empresas que se dedican a la fabricación de equipos para hidroeléctricas, están en la disponibilidad de suministrar tanto la turbina como el generador, con el objeto de que los dos equipos sean compatibles.

Para la CH de la finca Guajbal, se utiliza un generador que corresponde a la turbina, con la especificación de corriente de 60 Hz con una capacidad de generación de 2 400 kw.

2.6.3 Grupo de control

El grupo de control está formado de los siguientes aparatos:

- a) Gobernador electrónico para el control de carga

Un gobernador de velocidad es un dispositivo usado para controlar la velocidad de un motor primario con el objeto de protegerlo contra el exceso de velocidad y mantenerlo al un valor de revoluciones por minuto deseado. Para el caso específico de la CH el motor primario lo constituye una turbina hidráulica que acciona el generador síncrono. En este caso se trata de mantener constante la frecuencia de la energía eléctrica a 60 Hz.

b) Panel de control

El fin que persigue el panel de control, es facilitar la operación y control, con respecto a la operación del generador y la turbina, en este panel se encuentran la mayor parte de los aparatos de medición los cuales están instalados a una altura y distancia adecuada para el manejo por parte de los operarios.

c) Aparatos de medición

Como se necesita llevar a cabo, mediciones constantes respecto a la frecuencia, amperaje y voltaje de la corriente, son necesarios una serie de aparatos que permitan fácilmente su operación, utilizándose para este caso: controladores de carga, amperímetros, voltímetros.

2.7 CONCLUSIONES

1. La capacidad máxima de producción de la CH de la finca Guajbal es de 2 400 kw, utilizando para ello un recurso hidráulico (gasto aprovechable del río Lanquín), con ésta generación se pretende satisfacer la demanda del suministro de energía eléctrica actual y en un 80% para el próximo decenio.
2. La ubicación de la CH de la finca Guajbal, es a 57 km. de la cabecera departamental de Cobán del departamento de Alta Verapaz, a 23 km. de Cahabón y a 3 km. de Lanquín, con respecto a su ubicación geográfica se encuentra a una altitud de 300 m.s.n.m. con una latitud de 89 grados 59 minutos y longitud 15 grados 35 minutos.
3. El recurso humano necesario para las operaciones en la CH de la finca Guajbal lo constituye: personal para el proceso de transformación (tres operadores - técnicos y una persona de mantenimiento); administrativo (un administrador, un contador general, cuatro guardianes y un conserje).
4. En los estudios de aforo al río Lanquín se determina que el mismo tiene un gasto aprovechable de 7 m³/s.
5. En el estudio topográfico se determinan las siguientes cotas: el nivel mínimo de operación (40,00 m), variación máxima del embalse (1,85 m), nivel de las turbinas (0,00 nivel de referencia) y la caída neta de diseño (40,00 m).

6. La infraestructura de la CH de la finca Guajbal lo constituye: la civil (presa, canal, desarenadores, tubería y cuarto de máquinas - administrativo); y el equipo (turbina, generador y grupo de control).

3. ESTUDIO ECONÓMICO

3.2 Introducción

Respecto al estudio económico se presenta una serie de elementos que permiten tomar una decisión sobre la factibilidad económica de la CH de la finca Guajbal.

- Como parte inicial se hace una distribución de costos los cuales están devididos en aquellos en que se tienen que incurrir antes de poner en marcha el proyecto como lo son: la mano de obra, la depreciación y el transporte, todo ellos en el diseño; la inversión de las obras civiles (presa, canal, desarenador, tubería, cuarto de máquinas - administrativo); el equipo (turbina, generador y grupo de control), el tendido eléctrico, la subestación, en la operación (mano de obra, depreciación y mantenimiento), y el costo financiero (inversión fija y capital de trabajo).
- Para la evaluación económica se utilizan los siguientes índices financieros: la tasa interna de retorno, el valor actual neto, y la relación beneficio costo.

El estudio económico y final sobre la evaluación mercadológica y económica del potencial hidroeléctrico del río Lanquín (finca Guajbal), se presenta a continuación

3.2 COSTO DE DISEÑO

Para representar de una mejor manera el costo de diseño, se dice que éstos son los costos que se incurren en llevar a cabo la planificación del diseño de todos los elementos que conforman el estudio acerca de la CH de la finca Guajbal.

3.2.1 Costo de mano de obra

Para la planificación, diseño, construcción e instalación de una CH es necesario contar con profesionales de varias disciplinas, los cuales aportan sus conocimientos a través de distintos estudios de ingeniería y economía.

Costo Q. 15 000,00

3.2.2 Costo de depreciación

Este representa el costo por la depreciación del equipo de ingeniería y vehículos utilizados en la planificación de los elementos que conforman la CH de la finca Guajbal.

Costo Q. 10 000,00

3.2.3 Costo de transporte

Estos gastos representan todos aquellos que corresponden a la alimentación, el hospedaje y combustible del personal que hace las visitas técnicas al lugar, donde se pretende ubicar la CH de la finca Guajbal.

Costo

Q. 8 000,00

3.3 Costo de inversión

3.3.1 Obra civil

a) La presa

La presa está conformada por materiales disponibles en la región como lo es la piedra y la roca, mezclando ésta con cemento.

Costo de diseño y construcción

Q. 1 852 500,00

b) El canal

El costo de revestimiento del canal está en función del volumen del material de revestimiento, el cual está en función del tipo de revestimiento y magnitud del perímetro mojado. El material ha utilizar es piedra cementada a lo largo del canal con las dimensiones calculadas en el numeral 2.5.2.

Costo de diseño y construcción

Q. 2 827 500,00

c) El desarenador

Para el calculo del costo del desarenador se utiliza el mismo procedimiento, que se hace para el canal, y se utilizan las dimensiones calculadas para el mismo en el numeral 2.5.3.

Costo de diseño y construcción Q. 1 170 000,00

d) La tubería

La tubería de presión que se necesita se describe en el numeral 2.5.4.

Costo de diseño y construcción Q. 227 500,00

e) El cuarto de máquinas

Los requerimientos necesarios para la construcción del cuarto de máquinas se detallan en los numerales 2.5.5. inciso c.

Costo de diseño y construcción Q. 78 000,00

f) El mobiliario y equipo de oficinas

f-1) El mobiliario que es necesario para realizar las operaciones administrativas, lo constituyen: escritorios, mesas de trabajo, sillas, lockers y archivos.

Costo de mobiliario Q. 12 000,00

f-2) Con respecto al equipo es necesario contar con un sistema de comunicación por radio, y aparatos de medición (multímetros), los cuales son utilizados por los operadores.

Costo de equipo Q. 32 000,00

3.3.2 Equipo

La mayoría de fabricantes de equipos para hidroeléctricas, proporcionan la turbina y el generador en conjunto, el tipo de turbina y generador se describen en los numerales 2.6.1 y 2.6.2 respectivamente.

a) Turbina

Costo de turbina e instalación Q. 6 132 835,00

b) Generador

Costo del generador e instalación Q. 3 020 648,00

3.3.3 Tendido eléctrico

Toda la infraestructura de la línea de transmisión hasta el punto de interconexión con el INDE, es propiedad privada. La construcción del sistema de transmisión, la cual involucra el posteo, cableado y banco de transformación, debe cumplir con las normas de construcción del INDE con el fin de asegurar su despacho.

En la tabla XXVI se presenta un promedio de los costos de transmisión por kilómetro en los distintos voltajes.

Tabla XXVI. Costo de transmisión⁸

Potencia transportada	Rango de Costo por km en US\$
13,8 kv	8 000 - 10 000
34,5 kv	15 000 - 18 000
69,0 kv	18 000 - 20 000

El cuarto de máquinas se encuentra a 2 kilómetros de distancia de la línea de transmisión Lanquín - Cahabón. Se transmite en 34,5 kv.

Costo Q. 195 000,00

3.3.4 Subestacion eléctrica

Está conformada por los grupos de transformadores, equipos de seguridad de voltaje, sincronizado electrónico de frecuencia y el controlador de entrada - salida de corriente a la línea principal.

Costo Q. 819 000,00

3.4 Costo de operación

3.4.1 Costo de mano de obra

⁸Establecidos por el INDE.

El personal necesario para el proceso de transformación, numeral 2.2.2 inciso c-1 y c-2; determina un costo de planilla mensual de sueldos:

Concepto	Proceso de transformación	Administrativo	Total
Sueldo	Q.9 000,00	Q. 8 100,00	Q.17 100,00
Prestaciones	Q. 750,00	Q. 675,00	Q. 1 425,00
Por mes	Q.9 750,00	Q.8 775,00	Q.18 525,00

3.4.2 Costo de depreciación

DEPRECIACIÓN ANUAL

Obra Civil	Q. 307 775,00	US\$ 51 296,00 ⁹	20 años
Mobiliario y equipo de oficina	8 800,00	1 467,00	5 años
Equipo electromecánico	915 349,00	152 558,00	10 años
Tendido eléctrico	39 000,00	6 500,00	5 años
Subestación eléctrica	163 800,00	27 300,00	5 años

3.4.3 Costo de mantenimiento

a) Del mantenimiento del equipo

El costo de mantenimiento lo conforman las visitas periódicas que realizan los técnicos especializados, en las cuales efectúan chequeos minuciosos sobre las obras civiles y equipos electromecánicos estimándose en el 1% de la inversión por año.

Costo	Q. 163 669,00	US\$ 27 278,00
-------	---------------	----------------

⁹Tasa de cambio Q.6.00 = US\$ 1,00.

b) De los servicios

Los servicios necesarios para el funcionamiento del complejo hidroeléctrico son, básicamente la energía eléctrica, la cual es producida por el mismo y no posee costo alguno.

3.5 Costo financiero

3.5.1 Inversión fija

a) Actual

Concepto		
Diseño	Q. 33 000,00	US\$ 5 500,00
Obra Civil	6 155 500,00	1 025 916,00
Mobiliario y equipo de oficinas	44 000,00	7 333,00
Equipo electromecánico	9 153 483,00	1 525 581,00
Tendido eléctrico	195 000,00	32 500,00
Subestación eléctrica	819 000,00	136 500,00
Total	Q.16 399 983,00	US\$ 2 733 330,00

b) Proyectada

De acuerdo con lo detallado en el proyecto, no hay expansión, por lo cual los gastos sólo se hacen al inicio del mismo. Ver numeral 2.2.1 inciso a.

3.5.2 Capital de trabajo

a) Actual

Las necesidades de capital de trabajo por mes son básicamente de mano de obra, y costos de operación.

Concepto

Mano de obra	Q. 18 525,00	US\$ 3 088,00
Mantenimiento	13 639,00	2 273,00
Energía eléctrica	0,00	0,00
Total	Q. 32 164,00	US\$ 5 361,00

Debido a contratos con el INDE, el cuál tiene un período promedio de pago de 3 meses, se necesita tener disponibilidad de recursos en efectivo para cubrir las operaciones de la hidroeléctrica.

Concepto	Mano de obra	Mantenimiento equipo	Energía eléctrica	Total
Necesidades para 3 meses	Q. 55 575,00	Q. 40 917,00	Q. 0,00	Q. 96 492,00
	US\$ 9 263,00	US\$ 6 820,00		US\$ 16 083,00

3.5.3 Necesidad total de capital

Capital fijo	Q. 16 399 983,00	US\$ 2 733 330,00
Capital de trabajo	96 492,00	16 083,00
Totales	Q. 16 596 475,00	US\$ 2 749 413,00

3.5.4 Gastos anuales

a) Proyección de gastos

Los gastos se proyectan a 20 años y se necesita un capital de US\$ 2 749 413, para iniciar el proyecto, por lo cual se debe hacer un préstamo a 10 años al 12% con un período de gracia; con pagos a final de año. El resumen crediticio se encuentra en el anexo D. Los gastos anuales se resumen en la tabla XXVI.

Tabla XXVII. Gastos anuales.

Año	Gastos ¹⁰	Depreciación	Costo fin	Total
1	48 249,00	239 121,00	329 930,00	617 300,00
2	64 332,00	.	311 129,00	614 582,00
3	.	.	290 072,00	593 525,00
4	.	.	266 488,00	569 941,00
5	.	.	240 074,00	543 527,00
6	.	239 121,00	210 491,00	478 677,00
7	.	203 854,00	177 357,00	445 543,00
8	.	.	140 248,00	408 434,00
9	.	.	98 685,00	366 871,00
10	.	203 854,00	52 135,00	320 321,00
11	.	51 296,00	0,00	115 628,00
.
.
20	64 331,00	51 296,00	0,00	115 628,00

3.6 Clasificación de costos

3.6.1 Costo unitario

En la producción de energía se toma una eficiencia del 90% de la generación total en un año, siendo ésta de 2 160 kw, para un total de 18 403 200 kw/h al año.

¹⁰Mano de obra y mantenimiento.

Tabla XXVIII. Costo unitario.

Año	Costo kw/h	Año	Costo kw/h
1	0,0335	11	0,0063
2	0,0334	12	.
3	0,0323	13	.
4	0,0310	14	.
5	0,0295	15	.
6	0,0260	16	.
7	0,0242	17	.
8	0,0222	18	.
9	0,0199	19	.
10	0,0174	20	0,0063

3.6.2 Costos fijos

Tabla XXIX. Costos fijos.

Año	Gastos anuales	Préstamo	Total
1	617 300,00	157 673,00	773 973,00
2	614 582,00	175 474,00	790 056,00
3	593 525,00	196 531,00	790 056,00
4	569 941,00	220 115,00	790 056,00
5	543 527,00	246 528,00	790 056,00
6	478 677,00	276 112,00	754 789,00
7	445 543,00	309 246,00	754 789,00
8	408 434,00	346 355,00	754 789,00
9	366 871,00	387 918,00	754 789,00
10	320 321,00	434 467,00	754 789,00
11	115 628,00	0,00	115 628,00
.	.	.	.
.	.	.	.
20	115 628,00	0,00	115 628,00

3.7 Ingresos proyectados

3.7.1 Ingresos de capital

Por lo que se entiende, los ingresos de capital comprenden todos aquellos flujos monetarios que tengan por objetivo incrementar los activos o capital de trabajo. Al no tener planificada ninguna expansión las utilidades generadas se usan para amortizar el financiamiento.

3.7.2 Ingresos de operación

Del estudio de mercado numeral 1.7 el precio de venta que se negocia con el INDE es de US\$ 0,055 a 0,065 por kw/h. El precio de venta se estima en US\$ 0,06 el kw/h.

Tabla XXX. Ingresos en operación.

Año	Ingresos US\$
1	1 104 192,00
.	.
.	.
20	1 104 192,00

3.7.3 Ingresos totales por año

Para los años en estudio no se tienen ingresos de capital como lo indica el numeral 3.7.1, por lo tanto los ingresos totales son iguales a los proyectados en el numeral 3.7.2.

3.8 Punto de equilibrio

Por medio del punto de equilibrio se establece cuál es la cantidad mínima de kw/h que se pueden generar para recuperar los costos de poner a producir la planta de generación. Para determinarlo se igualan los costos totales a los ingresos totales, de esa ecuación se despeja el número de unidades a producir.

$$I = N \times P_{vu} \quad (3-1)$$

$$CT = CF + N \times C_{vu} \quad (3-2)$$

$$I = CT \quad \text{Punto de equilibrio} \quad (3-3)$$

De las ecuaciones 3-1 y 3-2,

$$N \times P_{vu} = CF + N \times C_{vu}$$

Despejando de 3-4,

$$N = CF / (P_v - C_v)u \quad (3-5)$$

Donde:

- P_{vu} = precio de venta unitario
- C_{vu} = costo variable unitario (en este caso tiene un valor de cero)
- N = número de kw/h generados
- CF = costo fijo

Tabla XXXI. Punto de equilibrio.

Año	kw/h	Año	kw/h
1	12 899 550,00	11	1 927 134,00
2	13 134 267,00	12	.
3	13 134 267,00	13	.
4	13 134 267,00	14	.
5	13 134 267,00	15	.
6	12 579 817,00	16	.
7	12 579 817,00	17	.
8	12 579 817,00	18	.
9	12 579 817,00	19	.
10	12 579 817,00	20	1 927 134,00

3.9 Diagrama del flujo de caja

El flujo de caja se presenta en el tabla XXXII.

3.10 Proyección financiera

3.10.1 Flujo de efectivo

El flujo de efectivo se presenta en el tabla XXXIII.

3.11 Evaluación financiera

3.11.1 Cálculo de la tasa interna de retorno (Tir)

La tasa interna de retorno equivale a la tasa de interés producida por el proyecto de inversión con pagos, valores (negativos) e ingresos, valores (positivos) que ocurren en períodos regulares.

$$\frac{FE_1}{(1 + TIR)_1} + \frac{FE_2}{(1 + TIR)_2} + \dots + \frac{FE_n}{(1 + TIR)_n} - I_0 = 0 \quad (3-6)$$

Sustituyendo los flujos de efectivo de la tabla XXXIII y la necesidad total de capital en (3-6),

$$TIR = 18 \%$$

3.11.2 Valor actual neto (Van)

El valor actual neto de una inversión, a partir de los flujos de efectivo, es el valor actual que tiene una serie de pagos futuros, valores (negativos) e ingresos valores, (positivos). Si el VAN es positivo, el proyecto debe ser aceptado; si es negativo, debe ser rechazado.

Es necesario para el cálculo la elección de una tasa de interés, que en nuestro caso es la tasa de descuento del 14 % anual.

$$VAN = \frac{FE_1}{(1+k)_1} + \frac{FE_2}{(1+k)_2} + \dots + \frac{FE_n}{(1+k)_n} - I_0 \quad (3-7)$$

Sustituyendo el flujo de efectivo en el tabla XXXIII y la tasa de descuento del 14% en (3-7),

$$VAN (14\%) = Q. 4 405 336.08 \quad US\$ 734 222,68$$

3.11.3 Relación beneficio costo (B/C)

Se establece una relación entre el VAN de los ingresos y el VAN de los egresos, al dividir la primera cantidad entre la segunda. El resultado de tal división es la relación beneficio costo.

$$\frac{B}{C} (i) = \frac{VAN \text{ ingresos } (i)}{VAN \text{ egresos } (i)} \quad (3-8)$$

Sustituyendo valores en (3-8),

$$\frac{B}{C} (14\%) = 2.85$$

3.11.4 Tir, Van, B/C, Reales

Debido a que la inflación por la cual pasan las economías es necesario tomar en cuenta este índice, según el Instituto Nacional de Estadística la inflación promedio para 1996 es de 11,059%. En este caso la proyección se hace en moneda dura (dólares americanos), por lo cual los índices calculados en los numerales 3.11.2 y 3.11.3, son reales.

Tabla XXXII.
FLUJO DE CAJA

ANO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Saldo de caja	0	0	486 785,00	961 508,25	1 436 231,00	1 910 954,25	2 385 678,00	2 851 584,25	3 317 490,50	3 783 396,00
INGRESOS										
1. Capital										
Préstamo	2 749 413,00									
Ventas	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00
Total de Ingresos	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00
EGRESOS										
2. Diseño	5 500,00									
3. Capital de trabajo	16 083,00									
4. Mano de obra	27 792,00	37 056,00	37 056,00	37 056,00	37 056,00	37 056,00	37 056,00	37 056,00	37 056,00	37 056,00
5. Mantenimiento	20 457,00	27 276,00	27 276,00	27 276,00	27 276,00	27 276,00	27 276,00	27 276,00	27 276,00	27 276,00
6. Inv. Fija										
Obra Civil	1 025 916,00									
Mob. & Equipo.	7 333,00									
Equipo Elec.	1 525 581,00									
Tendido Elec.	32 500,00									
Subestación	136 500,00									
7. Intereses	329 930,00	311 129,00	290 072,00	266 488,00	240 074,00	210 491,00	177 357,00	140 248,00	98 685,00	
8. Préstamo	156 673,00	175 474,00	196 531,00	220 155,00	246 528,00	276 112,00	309 246,00	346 353,00	387 918,00	
9. Impuestos	82 554,75	78 534,00	78 354,00	78 354,00	78 354,00	78 354,00	78 354,00	78 354,00	78 354,00	78 354,00
Total de Egresos	617 406,75	629 469,00	629 469,00	629 469,00	629 469,00	629 469,00	629 469,00	629 469,00	629 469,00	629 469,00
Total disponible	0	486 785,00	961 508,25	1 436 231,25	1 910 954,25	2 385 678,00	2 851 584,25	3 317 490,50	3 783 396,75	4 249 303,00

Tabla XXXIII.

FLUJO DE EFECTIVO

INVERSIÓN	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Diseño	5.500,00									
Capital de trabajo	16.083,00									
Obra Civil	1.025.916,00									
Mob. & Equipo	7.333,00									
Equipo Elec.	1.525.581,00									
Tendido Elec.	32.500,00									
Subestación	136.500,00									
Total inversión	2.749.413,00									
INGRESOS										
Ventas	1.104.192,00	1.104.192,00	1.104.192,00	1.104.192,00	1.104.192,00	1.104.192,00	1.104.192,00	1.104.192,00	1.104.192,00	1.104.192,00
Total de ingresos	1.104.192,00	1.104.192,00	1.104.192,00	1.104.192,00	1.104.192,00	1.104.192,00	1.104.192,00	1.104.192,00	1.104.192,00	1.104.192,00
EGRESOS										
Gastos de Op.										
Mano de Obra	27.792,00	37.056,00	37.056,00	37.056,00	37.056,00	37.056,00	37.056,00	37.056,00	37.056,00	37.056,00
Mantenimiento	20.457,00	27.276,00	27.276,00	27.276,00	27.276,00	27.276,00	27.276,00	27.276,00	27.276,00	27.276,00
Depreciación	239.121,00	239.121,00	239.121,00	239.121,00	239.121,00	239.121,00	239.121,00	239.121,00	239.121,00	239.121,00
Gastos financieros										
Intereses	329.930,00	311.129,00	311.129,00	290.072,00	266.488,00	240.074,00	210.491,00	177.357,00	140.248,00	98.685,00
Préstamo	156.673,00	175.474,00	175.474,00	196.531,00	220.115,00	246.528,00	276.112,00	309.246,00	346.355,00	387.918,00
Total de egresos	773.973,00	790.056,00	790.056,00	790.056,00	790.056,00	790.055,00	754.789,00	754.789,00	754.789,00	754.789,00
U.A.I.	330.219,00	314.136,00	314.136,00	314.136,00	314.136,00	314.137,00	349.403,00	349.403,00	349.403,00	349.403,00
I.S.R. (25%)	82.554,75	78.534,00	78.534,00	78.534,00	78.534,00	78.534,75	87.350,75	87.350,75	87.350,75	87.350,75
Utilidad Neta	247.664,25	235.602,00	235.602,00	235.602,00	235.602,00	235.602,25	262.052,25	262.052,25	262.052,25	262.052,25
+ Depreciación	239.121,00	239.121,00	239.121,00	239.121,00	239.121,00	239.121,00	239.854,00	239.854,00	239.854,00	239.854,00
Flujo de efectivo	-486.783,25	-474.723,00	-474.723,00	-474.723,00	-474.723,00	-474.723,75	-465.906,25	-465.906,25	-465.906,25	-465.906,25

continuación ... Flujo de efectivo ... XXXVIII

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00
	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00	1 104 192,00
	37 056,00	37 056,00	37 056,00	37 056,00	37 056,00	37 056,00	37 056,00	37 056,00	37 056,00	37 056,00	37 056,00
	27 276,00	27 276,00	27 276,00	27 276,00	27 276,00	27 276,00	27 276,00	27 276,00	27 276,00	27 276,00	27 276,00
	203 854,00	51 296,00	51 296,00	51 296,00	51 296,00	51 296,00	51 296,00	51 296,00	51 296,00	51 296,00	51 296,00
	52 135,00										
	434 467,00										
	754 788,00	115 628,00	115 628,00	115 628,00	115 628,00	115 628,00	115 628,00	115 628,00	115 628,00	115 628,00	115 628,00
	349 404,00	988 564,00	988 564,00	988 564,00	988 564,00	988 564,00	988 564,00	988 564,00	988 564,00	988 564,00	988 564,00
	87 351,00	247 141,00	247 141,00	247 141,00	247 141,00	247 141,00	247 141,00	247 141,00	247 141,00	247 141,00	247 141,00
	262 053,00	741 423,00	741 423,00	741 423,00	741 423,00	741 423,00	741 423,00	741 423,00	741 423,00	741 423,00	741 423,00
	203 854,00	51 296,00	51 296,00	51 296,00	51 296,00	51 296,00	51 296,00	51 296,00	51 296,00	51 296,00	51 296,00
	465 907,00	792 719,00	792 719,00	792 719,00	792 719,00	792 719,00	792 719,00	792 719,00	792 719,00	792 719,00	792 719,00

3.12 CONCLUSIONES

1. Los requerimientos de capital para el establecimiento de la CH de la finca Guajbal ascienden a Q.16 596 475,00 (US\$ 2 749 413,00). La maquinaria y equipo deben ser importado. La construcción y el diseño de las obras civiles pueden realizarse con recursos del país.
2. Es necesario un capital de trabajo de Q.96 492,00 (US\$ 16 083,00) para los tres primeros meses de operación de la CH de la finca Guajbal.
3. Los ingresos se establecen con una eficiencia en operación del 90% de la capacidad instalada (2 160 kw) y 10 días de mantenimiento que equivalen a 18 403 200 kw/h al año a un precio de venta de Q.0,36 (US\$. 0,06), para un total de ingresos por año de Q.6 625 152,00 (US\$. 1 104 192,00).
4. Para satisfacer la necesidad de capital se hace un préstamo a 10 años plazo, al 12% en dólares americanos.
5. El punto de equilibrio para el primer año es de 12 899 550 kw/h, del segundo al décimo es de 12 579 257 kw/h y del onceavo al veintiavo de 1 927 134 kw/h.
6. La tasa interna de retorno que resulta es del 18%. El valor actual neto, con una tasa de descuento del 14%, es de Q.4 405 336,08 (US\$. 734 222.68). La relación beneficio costo es del 2.85, éstos cálculos se basan en un préstamo que se hace al banco.

CONCLUSIONES GENERALES

1. En la región de los pueblos de Cahabón y Lanquín, existe la necesidad de un servicio básico indispensable "ENERGÍA ELÉCTRICA", el cual es necesario para el desempeño de actividades productivas de sus habitantes. Hasta la fecha no existe una entidad que suministre dicho servicio eficientemente, la CH finca de la Guajbal da la oportunidad de que la región se vea favorecida con un suministro de energía eléctrica eficaz.
2. Las condiciones geográficas y ambientales permiten el aprovechamiento del potencial hidroeléctrico del río Lanquín, que junto a la aplicación juiciosa del conocimiento de las ciencias de la ingeniería, dando como resultado una conjugación de elementos que en conjunto proporcionan una fuente de producción de energía eléctrica.
3. Finalmente, el proyecto es económicamente factible y da la oportunidad para que entidades interesadas en el desarrollo o financiamiento de proyectos hidroeléctricos se vean atraídas por la bondades que el mismo ofrece, dando así una justificación más para la realización del mismo.

RECOMENDACIONES

1. Como no se tiene previsto un porcentaje de escalonamiento a través de los años al precio de venta de US\$ 0,06, es conveniente hacer una negociación con el INDE para que éste se incremente cada año y en el futuro puedan aumentar los ingresos.
2. Sobredimensionando el canal, se tiene la oportunidad de que en un futuro exista una expansión, que permita producir más energía eléctrica y así reducir el costo unitario por kw/h.
3. En la actualidad existen ayudas financieras ofreciendo préstamos blandos los cuales ofrecen tasas de interés menores al 12%, para proyectos hidroeléctricos.
4. Llevar a cabo un estudio sobre el impacto social que puede causar la instalación de la central hidroeléctrica de la finca Guajbal en la región de Cahabón y Lanquín del departamento de Alta Verapaz.
5. Realizar un estudio técnico - económico sobre la distribución de la energía eléctrica al usuario en Cahabón y Lanquín.

REFERENCIAS

1. INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR. Mapa de referencia 2262 cuadrícula 184,1726.
2. T.A.I.S.A. División de generación de proyectos hidroeléctricos . 20 calle 27-75, zona 10. Tel: 363-0916 y 363-0917.
3. B.C.I.E. Banco Centroamericano de Integración Económica. 16 calle 7-44, zona 9. Tel: 332-3458, 332-2722 y 334-1744.
4. SULZER, S.A de C.V. c.p. México D.F. Tel: 00(525) 254-0461, 250-4996. Fax (525) 254-0296.

BIBLIOGRAFIA

1. Banco Centroamericano de Integración Económica. **Guía para la presentación de proyectos hidroeléctricos.**s.e.Guatemala 1,996.
2. Congreso de la República de Guatemala. **Código de comercio.** Decreto 2-70.
3. Congreso de la República de Guatemala. **Código de trabajo.** Decreto 55-83.
4. Coyoy, Erik Giovanni. **Desarenadores y dispositivos de control de sedimentos.** (tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.) Guatemala 1,992.
5. Empresa Electrica de Guatemala, S.A. **Normas para acometidas de servicio eléctrico.** 11a. edición. Guatemala. EEGSA marzo 1,996.
6. Estrada, José Heriberto. **Pequeñas centrales hidroeléctricas.** (tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala). Guatemala: 1,993. pp.88.
7. Instituto Nacional de Electrificación. **Informe estadístico.** 1,994.
8. Koenigsberger, Rodolfo. **Apuntes del curso de ingeniería eléctrica II.** (tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala). Guatemala: 1,974. pp.54.
9. Nozaki, Tsuguo. **Guía de diseño de obras civiles de pequeñas centrales hidroeléctricas destinadas a la electrificación del Perú.** Perú: s.e. 1,980.
10. Hallmark, Dasel. **Pequeñas presas de concreto.** Traductor José Luis Lepe Saucedo. 1a edición. México: Edit. Limusa, S.A. pp. 64.
11. Torres, Sergio Antonio. **Ingeniería de Plantas.** 1a edición. Guatemala. pp. 134.
12. Thomas, Kinnear. **Investigación de mercados un enfoque aplicado.** Traductor Gloria Elizaveth Rodas Lopetegui. 4a. edición. México: Edit McGraw-Hill. pp. 812.
13. Villa Real, Arturo Infante. **Evaluación financiera de los proyectos de inversión.** 11a. edición. Colombia: Edit. Norma. 1,995. pp. 400.
14. Weston, Fred. **Finanzas en administración Tomo I.** Traductor Gómez Mont. 9a. edición. México: Edit. McGraw-Hill. 1,995. pp.638.

ANEXOS

ANEXO A

CUESTIONARIO

LA INFORMACIÓN QUE USTED PROPORCIONE SERÁ MUY IMPORTANTE

PERTENECE A LA CATEGORÍA DE: PUEBLO ALDEA CASERÍO FINCA
SEXO: M F EDAD: 20-35 36-45 46 O MAS
INGRESO MENSUAL FAMILIAR 300 - 500 501-1000 1000-2000 2001 O MAS

1. QUE ESPERARÍA USTED DEL SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.
QUE HAYA LAS 24 HR QUE SU PRECIO SEA BAJO QUE SU PRECIO SEA ALTO
QUE SEA CONTINUO

2. CREE USTED QUE EN UN FUTURO CERCANO SE ESTE PRESTANDO SERVICIO ELÉCTRICO.

EXTREMADAMENTE DIFÍCIL FÁCIL
DIFÍCIL EXTREMADAMENTE FÁCIL

¿POR QUE? _____

3. COMPRENDE USTED LO QUE ES TENER SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

EXTREMADAMENTE DIFÍCIL FÁCIL
DIFÍCIL EXTREMADAMENTE FÁCIL

¿POR QUE? _____

4. DE DARSE EL SERVICIO ELÉCTRICO USTED TENDRÍA INTENCIÓN DE COMPRA.

DEFINITIVAMENTE SI DEFINITIVAMENTE NO
PROBABLEMENTE SI PROBABLEMENTE NO

¿POR QUE? _____

5. CUAL SERIA EL USO QUE LE DARÍA A LA ELECTRICIDAD SI TUVIERA EL DÍA DE HOY.

CALENTADOR COCINAR ILUMINACIÓN
TELEVISIÓN RADIO MAQUINARIA INDUSTRIAL
PLANCHAR COMERCIO EQUIPO DE TALLER
REFRIGERADORA MAQUINARIA AGRÍCOLA

OTRO(especificue) _____

6. DE DARSE EL SERVICIO ELÉCTRICO EL COSTO SERÁ DE Q.33.10 APROXIMADAMENTE LO QUE CORRESPONDIENTE AL CONSUMO DE 10 KW/HR AL MES, QUE EQUIVALE A UTILIZAR 4 FOCOS, UN TELEVISOR, UNA PLANCHA, UN RADIO Y UN CALENTADOR PARA BAÑO.

¿ESTARÍA USTED CON INTENCIÓN DE COMPRA?

DEFINITIVAMENTE SI DEFINITIVAMENTE NO
PROBABLEMENTE SI PROBABLEMENTE NO

¿POR QUE? _____

MUCHAS GRACIAS . . .

ANEXO B

Cuadro I. X Censo Nacional de habitación 1994 correspondiente al departamento de Alta Verapaz.

NOMBRE	Cate- goría	Casa for- mal	Apar- tamen- to	Pa- lo- mar	Ran- cho	Im- provi- sada	Agua	Dre- naje	Elec- trici- dad	Hoga- res	Pobla- cion
1. Cobán	cabecera	12457	44	546	5370	7	5515	3925	4921	17021	93188
2. Santa Cruz V.	municipio	1830	0	7	596	0	1256	418	581	1990	10587
3. San Cristobal	municipio	4352	0	39	1683	1	1848	864	1492	5483	31526
4. Tactic	municipio	2946	0	42	738	0	2127	903	1573	3188	17478
5. Tamahú	municipio	1390	0	0	275	0	615	96	132	1451	8338
6. Tucuru	municipio	2149	0	10	1721	2	308	192	211	3478	2011
7. Panzos	municipio	4628	0	3	5300	2	4606	306	697	9049	52719
8. Senahú	municipio	5612	0	0	2525	0	1412	148	265	7880	44377
9. San Pedro C.	municipio	13972	0	62	5436	6	1959	1215	1584	17580	101858
10. San Juan C.	municipio	3081	0	0	2394	1	1526	283	695	47753	26877
11. Lanquín	municipio	1146	0	0	816	0	280	95	133	2020	11449
12. Cahabón	municipio	2321	0	0	3078	0	593	131	442	5040	31296
13. Chisec	municipio	4151	0	0	5989	4	1215	110	848	8635	48723
14. Chahal	municipio	390	0	0	769	1	443	0	46	1898	11209
15. Fray Bartolo.	municipio	1726	0	27	4557	2	1272	262	568	5423	31361
TOTAL		62151	44	736	42247	26	25975	8918	14188	94889	540997

Cuadro2. Censos correspondientes al municipio de Carchá en 1994.

NOMBRE	Cate- goría	Casa for- mal	Apar- tamen- to	Pa- lo- mar	Ran- cho	Im- provi- sada	Agua	Dre- naje	Elec- trici- dad	Hoga- res	Pobla- cion
4.Chiseb	Caserío	17	0	0	25	0	0	0	1	39	236
8.Cojoj	Aldea	236	0	0	90	2	11	1	4	292	1589
15.Caniab	Caserío	82	0	0	0	0	64	6	45	67	398
19.Cachiton	Aldea	36	0	0	9	0	2	0	0	39	210
35.Chiqueleu	Aldea	113	0	0	42	0	0	0	0	130	743
44.Chimo	Finca	31	0	0	8	0	0	0	0	39	61
51.Chiajam	Caserío	5	0	0	7	1	0	0	0	9	246
54.Chitaña	Caserío	92	0	0	32	0	0	0	1	104	593
59.Chitzunun	Caserío	57	0	0	17	0	8	2	1	53	286
62.Chimox	Caserío	23	0	0	26	0	0	0	0	39	178
69.Chijom	Caserío	75	0	0	12	1	0	0	0	74	887
78.Rebelraxul	Caserío	24	0	0	8	0	0	0	0	27	188
81.Chicacam	Finca	95	0	0	23	0	100	32	1	114	649
82.Chijotom	Caserío	149	0	0	30	1	0	0	0	149	861
96.Chicanib	Caserío	34	0	0	22	1	2	0	0	55	266
104.Quiba	Paraje	33	0	0	5	1	0	0	0	37	229
107.Sequiavetu	Caserío	15	0	0	6	0	0	0	0	17	99
110.Setzul	Caserío	22	0	0	4	0	0	0	0	18	125
111.Muyha	Aldea	215	0	0	86	0	4	0	3	262	1489
114.El Pilar	Finca	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3
118.Pocola	Aldea	176	0	0	42	1	32	2	3	176	1048
119. Purula	Caserío	12	0	0	1	0	0	13	40	114	76
123.Rebltzul	Finca	26	0	0	15	0	0	0	92	98	190
157.Sacojob	Finca	44	0	0	1	0	1	1	1	42	255
162.Sejol	Caserío	33	0	0	19	0	1	0	0	45	122
191.Seloc	Finca	147	0	0	11	0	0	0	1	155	988
218.Chirquiche	Aldea	176	0	0	42	1	32	2	3	176	158
242.Sejbal	Finca	1	0	0	33	0	0	0	0	32	182
280.Yocbatz	Caserío	82	0	0	3	1	8	3	1	69	362
306.Cacuatzul	Caserío	28	0	0	3	0	0	0	0	31	174
312.Chiyux	Aldea	33	0	0	7	0	0	0	0	37	199
322.Bancab	Aldea	129	0	0	54	1	7	1	1	155	820
331.Chanyuc	Aldea	140	0	0	37	20	11	2	5	108	2008
3350.Chipom	Caserío	41	0	0	53	1	22	0	0	80	397
351.Chitzucluc	Caserío	49	0	0	32	0	2	0	0	66	369
409.Sechinacoyo	Caserío	28	0	0	13	0	1	0	0	37	211
431.Siguanja	Caserío	20	0	0	6	0	2	0	0	22	136
674.Chantaca	Caserío	111	0	0	46	0	3	0	3	145	865
a.Total.S.L.T		2631	0	0	870	32	313	65	206	3153	17896
b.Total municipio		13972	3	62	5436	83	1959	1215	1584	17580	101858
Variación. a/b (%)		18,83	0	0	16,00	39,00	16,00	5,35	13,0	17,93	17,57

Cuadro 3. Censos y encuestas correspondientes al municipio de Cahabón en 1994.

NOMBRE	Categoría	Casa formal	Apartamento	Palomar	Rancho	Improvísada	Agua	Drenaje	Electricidad	Hogares	Población
1.Cahabón	Pueblo	559	0	0	58	0	417	105	324	554	3236
8.San Juan C.	Caserío	38	0	0	18	0	2	0	1	46	310
31.Chimulian	Caserío	1	0	0	31	0	0	0	0	32	170
35.Chiconop	Caserío	9	0	0	22	0	6	0	0	29	190
36.Chijajuc	Caserío	4	0	0	12	0	0	0	0	13	94
38.Chicoy	Caserío	16	0	0	10	0	5	2	0	21	113
61.El Palmar	Finca	4	0	0	23	0	0	0	0	24	136
68.Peninsimpec	Caserío	3	0	0	2	0	1	0	1	4	18
70.Sechal	Finca	4	0	0	2	0	0	0	0	5	31
74.La estrella	Finca	2	0	0	8	0	0	0	0	10	73
75.Recuerdos	Finca	13	0	0	20	0	0	0	0	1	210
77.Corozales	Caserío	32	0	0	23	0	0	0	1	38	276
82.Chiquintu	Caserío	21	0	0	11	0	7	0	4	29	188
84.Sequixquib	Caserío	11	0	0	25	0	0	0	0	36	211
86.Mira Flores	Finca	2	0	0	17	0	0	0	0	19	102
93.Saqija	Aldea	52	0	0	38	0	1	0	0	86	536
99.Setzi	Caserío	7	0	0	6	0	0	0	0	13	69
102.Julgix	Caserío	18	0	0	12	0	2	0	0	30	171
107.Chicaj	Caserío	7	0	0	18	0	21	0	0	25	162
110.Chuchila	Caserío	3	0	0	1	0	0	0	0	1	1
120.Sexoy	Finca	12	0	0	18	0	2	0	1	24	148
121.Santa Cruz	Caserío	0	0	0	13	0	0	0	0	1	75
132.Secampan	Caserío	46	0	0	29	0	31	0	1	67	395
140.San Jacinto	Finca	11	0	0	9	0	0	0	0	18	104
141.Santa Crist.	Finca	19	0	0	7	0	6	0	0	23	151
a.Total.S.L.T		894	0	0	433	0	501	107	333	1159	7170
b.Total municipio		2321	0	0	3078	17	593	131	442	5040	31296
Variación. a/b (%)		38,52	0	0	14,00	0	84,49	81,69	75,30	23,00	23,00

Cuadro 4. Censos y encuestas correspondientes al municipio de Lanquín en 1994.

NOMBRE	Cate- goría	Casa for- mal	Apar- tamen- to	Pa- lo- mar	Ran- cho	Im- provi- sada	Agua	Dre- naje	Elec- trici- dad	Hoga- res	Pobla- cion
1.Lanquín	Pueblo	199	0	0	3	0	187	64	134	202	1052
10.Chimelb	Finca	23	0	0	21	7	1	0	0	51	255
19.Chichum	Caserío	12	0	0	16	0	0	0	0	25	130
21.Chipap	Caserío	7	0	0	11	0	1	0	0	18	100
23.Chicanchiu	Caserío	3	0	0	3	0	3	0	0	6	48
37.Samastún	Finca	8	0	0	5	0	2	2	0	7	27
45.Yutbal	Caserío	25	0	0	49	0	18	0	1	72	405
48.Guajbal	Finca	1	0	0	16	0	0	0	0	1	10
57.Chimucuy	Caserío	19	0	0	3	8	0	0	0	28	156
59.Pajal	Finca	9	0	0	1	0	0	0	1	8	46
62.Sebalam	Caserío	1	0	0	0	0	0	0	0	1	6
65.Seseb	Aldea	22	0	0	91	0	10	0	0	79	660
70.Seluc	Caserío	12	0	0	10	1	0	0	0	23	164
72.Chiten	Finca	7	0	0	5	0	2	0	1	12	62
73.La Palma	Finca	3	0	0	1	1	0	0	0	4	24
74.Chibal	Aldea	34	0	0	26	0	1	0	0	59	375
a.Total.S.L.T		385	0	0	261	17	225	66	137	626	3520
b.Total municipio		1146	0	0	816	116	280	95	145	2020	11446
Variación. a/b (%)		36,60	0	0	32,00	14,66	80,40	69,0	94,50	31,00	30,75

ANEXO C

Cuadro 4. Capacidad instalada en la República de Guatemala

PRODUCTOR Y TIPO DE GENERACION	HIDRAULICA	TERMICA			TOTAL
		VAPOR	GAS	DIESEL	
S.N.I					
INDE	488 080	66 000	102 000	6 840	682 929
EGSA	0	33 000	126 000	0	159 000
TOTAL S.N.I	488 080	119 000	228 000	116 840	110 000
OPERACION INDIVIDUAL					
INDE	0	0	0	2 609	6 209
MUNICIPAL Y PRIVADOS	4 268	0	0	4 253	8 521
TOTAL P.O.I	4 268	0	0	10	14 730
TOTAL REPUBLICA	119 000	462	0	127 302	966 650

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 Biblioteca Central

ANEXOD

Cuadro 5. Resumen crediticio

Año	Saldo 1	Pago 2	Intereses 3	Capital 4	Saldo 5
1	2 746 413	486 603	329 930	156 673	2 592 740
2	2 592 740	.	311 129	175 474	2 417 266
3	2 417 266	.	290 072	196 531	2 220 735
4	2 220 735	.	266 488	220 115	2 000 620
5	2 000 620	.	240 074	246 528	1 754 090
6	1 754 091	.	210 491	276 112	1 477 979
7	1 477 979	.	177 357	309 246	1 168 733
8	1 168 733	.	140 248	346 335	822 378
9	822 278	.	98 685	387 918	434 460
10	434 460	486 603	52 135	434 467	0

1 = SALDO/ 2 = ANUALIDAD/ 3 = SALDOx12%/ 4 = 2-3/ 5 = 1-4.