

**Tesis Monográfica para optar al Título de
Ingeniero Eléctrico**

Título

**“Estudio de Evaluación Financiera de una PCH en el Rio la Máquina,
Ubicado en el Municipio de Diriamba”.**

Autores:

- Br. Jonathan Marcell Pérez Carvajal 2006-23537
- Br. Rubén Antonio González Álvarez 2006-23269

Tutor:

MSc. Ernesto Lira Rocha

Managua, julio 2017

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	Introducción	3
II.	Antecedente.....	5
III.	Descripción del Proyecto	6
IV.	Objetivos del Estudio	7
4.1	Objetivo General	7
4.2	Objetivo Específico.....	7
V.	Justificación.....	8
VI.	Marco teórico.....	9
6.1	Técnicas de evaluación financiera.....	9
6.2	Estudio o Análisis Financiero.....	9
6.3	Pequeñas centrales hidroeléctricas	14
6.4	Tipos de centrales hidroeléctricas.	15
6.5	Pequeña central hidroeléctrica con derivación.	16
6.6	La PCH y campo de aplicación.....	19
VII.	Metodología del estudio	20
VIII.	Estimación de Demanda eléctrica.....	21
IX.	Descripción del proyecto	27
X.	Estudio Financiero.....	47
1.	Monto de Inversiones	47
2.	Análisis Financiero.....	50
3.	Indicadores.....	52
4.	Datos Financieros del Proyecto.....	53
5.	Ingresos por Venta de Energía	53
6.	Ingresos por venta de Certificados de Carbono.....	55
7.	Depreciación	56
8.	Resultados Financieros.....	57
XI.	Conclusiones	62
XII.	Bibliografía	63

I. Introducción

Nicaragua presenta mayor carencia de energía eléctrica en pueblos alejados de las principales ciudades del país, en especial en los que están ubicados en zonas rurales y que en su mayoría son las de menores recursos económicos.

En este contexto el presente estudio propone utilizar métodos de generación de energía eléctrica renovable debido al potencial hídrico de la zona, es decir una pequeña central hidroeléctrica (PCH).

Por lo tanto se pretende realizar un estudio de evaluación financiera del proyecto central hidroeléctrica en el río la máquina, el que consiste en un complejo hidroeléctrico dentro de pequeña central hidroeléctrica que aprovechara las aguas del río la máquina, el cual se localiza en el kilómetro 58 y medio de la carretera a la boquita, del departamento de Carazo, república de Nicaragua, a 98 Km kilómetros de la capital Managua.

Cabe señalar que en esta región del país se han desarrollo otros proyectos de generación eléctrica, por ejemplo el parque solar en la trinidad el cual es administrado por Enatrel.

Los principales aspectos que conforman el estudio son la, Introducción y Análisis estratégico del proyecto abarcan desde los antecedentes, el planteamiento del problema de la situación actual de la zona en estudio.

Asimismo son parte de este el planteamiento del objetivo general y los objetivos específicos de la investigación realizada, los que en conjunto permiten establecer el alcance del proyecto hidroeléctrico a lo largo de su vida útil.

También se busca justificar la realización del proyecto, el marco teórico para una mejor comprensión del tema de estudio y la metodología para el desarrollo de la investigación, la que fue separada en tres etapas: Fase Preliminar, Etapa de Campo y la Etapa Final.

Es importante destacar el estudio de mercado y demanda de electricidad en la zona de aprovechamiento, está planteado de manera que hace posible establecer con exactitud la cantidad de usuarios potenciales del servicio de energía eléctrica en función del recurso hídrico disponible para generación hidroeléctrica.

Se formula una estimación de la demanda de electricidad y su comportamiento, estudiando los datos de los que carecen de dicho servicio.

El estudio considera la actual oferta eléctrica, el análisis de los precios actuales y futuros, la participación de la PCH en el mercado para finalizar con el Plan estratégico de comercialización.

Seguidamente, se tiene el estudio Técnico, el cual entre otros componentes define la ubicación de la PCH, la definición de la zona de aprovechamiento hídrico, el cálculo del caudal de diseño que debe garantizar la obtención de la potencia de generación hidroeléctrica estimada, en función de las condiciones hidrológicas de la zona de aprovechamiento, los equipos electromecánicos que se deben utilizar, dentro del cual sobresale el tipo de turbina a utilizar y la definición de las obras civiles que deberán construirse.

Y para finalizar el tema principal y motivo de estudio la Evaluación financiera de proyecto, la cual realiza un análisis actual y a futuro de los costos, gastos e ingresos de la PCH, así también de los recursos financieros para la inversión, componentes integrados en los estados financieros proyectados (estado de resultados, estado de flujos de efectivo y balance general).

La Evaluación Financiera inicia con la determinación del costo de capital de inversión, componente necesario para la determinación del valor actual Neto, la tasa interna de retorno, la relación beneficio/costo, el período de recuperación de la inversión, por ultimo incluye al final, las conclusiones derivadas de las investigaciones realizadas.

II. Antecedente

Nicaragua es el país de América Central que posee la generación de electricidad más baja, así como el porcentaje más bajo de población con acceso a la electricidad. El proceso de desagregación y privatización de la década de los 90 no alcanzó los objetivos esperados, lo que resultó en muy poca capacidad de generación agregada al sistema.

Esto, junto a su gran dependencia del petróleo para la generación de electricidad (la más alta de la región), provocó una crisis energética en 2006 de la cual el país ya se ha recuperado por completo, gracias a nueva inversión

En la actualidad, las plantas de energía hidroeléctrica aportan sólo el 10% de la electricidad producida en Nicaragua. La compañía pública Hidrogesa posee y opera dos plantas existentes (Centroamérica y Santa Bárbara).

En el 2014, según datos del MEN, la generación de energía renovable alcanzó 52.43 por ciento y para el 2016 se espera que un 64 por ciento de la energía eléctrica venga de fuentes renovables, mientras que para el año 2020 la proyección es alcanzar un 86 por ciento. Tomando en cuenta en este último escenario la participación del proyecto hidroeléctrico Tumarín de 253 megavatios, el cual se espera que inicie a generar a finales del 2019

Nicaragua ha duplicado la cobertura eléctrica en los últimos siete años supliendo electricidad a más del ochenta por ciento del territorio nacional y generando más de la mitad de su matriz energética a partir de fuentes renovables, según el MEM.

Nicaragua transfiere entre 150 y 160 megavatios a países de la región a través del aprovechamiento de la Plataforma del Sistema de Integración Centroamericana (SIEPAC). En la zona de estudio en 1888 existió un sistema hidroeléctrico que fue fundado por la compañía eléctrica de Carazo.

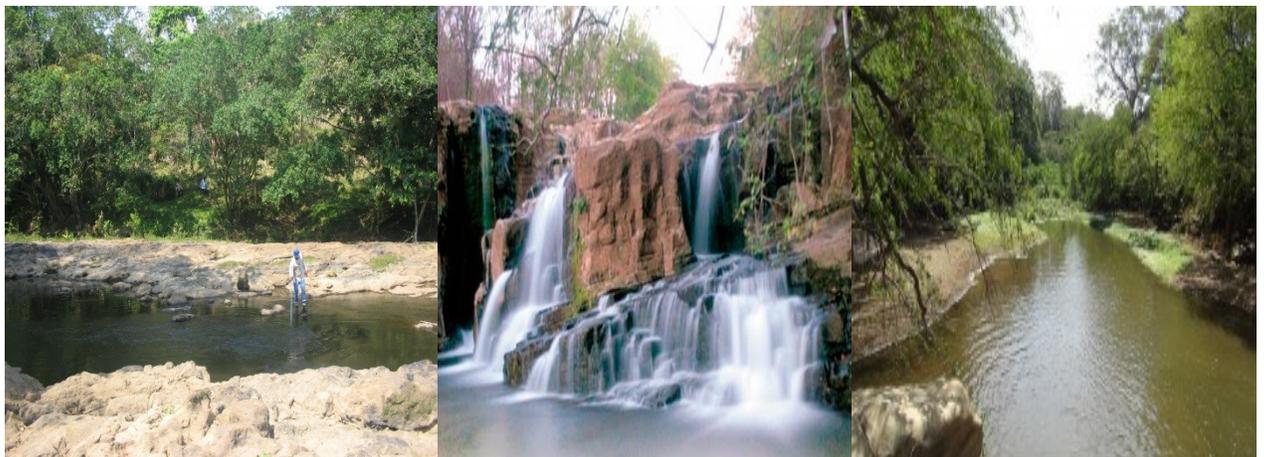
III. Descripción del Proyecto

La Máquina está ubicada en el kilómetro 58 y medio de la carretera a La Boquita, donde se puede recorrer unas 226 manzanas de vegetación que conforman la Reserva de Vida Silvestre. Estas tierras tienen más de 20 años de haber sido declaradas área protegida, lo que ha permitido mantener con vida a una serie de animales,



como ardillas, iguanas, monos, boas, urracas y tucanes. Posee una hermosa e inmensa cascada de diez metros de altura, representa una de las mayores atracciones para los turistas

Por lo tanto se busca aprovechar el potencial hidroeléctrico en el área de estudio y diagnosticar la viabilidad del proyecto por medio la evaluación financiera del mismo.



IV. Objetivos del Estudio

4.1 Objetivo General

- Elaborar la Evaluación financiera de una PCH en el río la máquina, ubicado en el municipio de Diriamba.

4.2 Objetivo Específico

- Cuantificar la oferta y demanda de energía eléctrica en la zona.
- Realizar el estudio técnico del proyecto PCH.
- Evaluar la viabilidad financiera del proyecto a través de indicadores financieros de la VAN y TIR.

V. Justificación

Actualmente existen aspectos que impiden el desarrollo de grandes proyectos de Centrales Hidroeléctricas (Por ejemplo Tumarín) siguen latentes en el país, por lo cual se ve como solución la generación de pequeñas o mini centrales hidroeléctricas, las cuales, por sus dimensiones no requieren un costo elevado de inversión ni de mantenimiento además de que se podrían operar y controlar por los mismos pobladores del lugar, ya que el mantenimiento es simple y solo necesita de una capacitación básica.

En otro orden de enfoques y para efectos ilustrativos, si por cada GWh al año generado en una planta térmica convencional se liberan 270 toneladas métricas de dióxido de carbono –CO₂- a la atmósfera, una PCH evitaría la emisión de esas 270 toneladas y produciría anualmente un beneficio neto de mitigación de gases de efecto invernadero del orden de 270 toneladas métricas equivalentes de CO₂.

Resulta entonces atractivo generar electricidad a partir del recurso natural renovable agua, ya que con la venta de los Certificados de Reducción de Emisiones –CER's- en los mercados internacionales de carbono se aportaría un financiamiento adicional al proyecto, maximizando los beneficios que resulten de la producción hidroeléctrica.

Ventajas de las Pequeñas centrales hidroeléctricas

- Generalmente se diseñan para el caudal mínimo.
- Bajo impacto ambiental.
- Gran potencial hídrico y una topografía favorable, en términos de caída, en la zona donde se está evaluando el proyecto.

Así mismo se busca la posibilidad de contribuir al desarrollo sostenible para las poblaciones beneficiadas, es decir mejoramiento de la calidad de vida, crecimiento de comercio e integración con los demás poblados, mejora en infraestructura educativa además de explotar el atractivo turístico

VI. Marco teórico

6.1 Técnicas de evaluación financiera

Según Nassir Sapag, la evaluación de un proyecto se realiza con dos fines posibles: a) Tomar una decisión de aceptación o rechazo, cuando se estudia un proyecto específico; o b) Decidir el ordenamiento de varios proyectos en función de su rentabilidad, cuando estos son mutuamente excluyentes o existe racionamiento de capitales. Cualquiera sea el caso, las técnicas empleadas son las mismas, aunque para estas últimas se requieren consideraciones especiales de interpretación de los resultados comparativos entre proyectos. Por lo tanto se busca analizar las principales técnicas de la rentabilidad de un proyecto individual, es el caso del proyecto PCH la máquina, donde a continuación describiremos algunos conceptos sobre PCH.

6.2 Estudio o Análisis Financiero

Esta es una evaluación que comparara en el tiempo el gasto corriente y las inversiones programadas (requeridas para la iniciación o ampliación y mejoramiento de una empresa, así como para su operación y mantenimiento), esto, en contra de la capacidad que se tiene de deuda y el pago de la empresa; se tiene que verificar que la solidez y la rentabilidad cumplan con las expectativas del accionista, a la vez debe mantenerse una estructura de precios y de tarifas (que pagan los consumidores de los bienes y servicios que proporciona la empresa), que permita mantener la demanda de estos bienes y servicios.

El análisis financiero es cuando se evalúa y se elabora un conjunto de cálculos en que sus resultados se plasman en unos documentos contables o financieros que deben mostrar cuáles son los ingresos y gastos que tiene la empresa, esto con el fin de que los ingresos puedan cubrir los costos y que además se generen utilidades para los socios de la empresa. Asimismo, sirve para que se mida la capacidad de

endeudamiento y pago de la empresa, los cuales no dependen únicamente de los pagos que efectúan los consumidores de los productos de la empresa, o también los usuarios que reciben los servicios que ésta presta, esto también depende de la eficiencia con que se opera la infraestructura, instalaciones y equipos con que cuenta, de la eficiencia en la comercialización y de la eficiencia en la administración de los recursos, esto es de la eficiencia de la operación, de la eficiencia de cobro y de la eficiencia comercial (Porter, 1986, p. 42).

El análisis financiero toma información de los estudios diferentes que integran el expediente de determinado proyecto de inversión. Por ejemplo, del estudio técnico se obtienen las necesidades del proyecto, el importe de lo que se espera en costo y operación y la eficiencia que la empresa espera, por otro lado, en el estudio del mercado se toma el tamaño de este y la capacidad de los posibles clientes que tiene para pagar.

El análisis financiero es donde se establecen metas de venta y de eficiencia, éstas son las que en un futuro deben alcanzarse, por esta razón se hace mediante la elaboración de proyecciones de varios documentos contables, en estos documentos se les llama estados financieros proforma. Como resultado de este análisis se muestra la solidez y la rentabilidad de la empresa durante la vida útil del proyecto, esto es su situación financiera y sus pérdidas y ganancias, lo que se evalúa por medio de dos documentos contables: el balance general y el estado de resultados.

En el balance general se compara lo que se tiene contra lo que la empresa debe y en el estado de resultados se comparan los ingresos contra los gastos. Otro de los resultados que se obtienen del análisis financiero es el flujo de la caja, con este se hace un estudio para verificar la variabilidad que existe de cubrir los gastos (en esto se incluyen los créditos que pudo haber contraído la empresa) con todos los recursos disponibles (como el cobro de servicios, aportaciones de socios, subsidios y utilidades).

Se contemplan por una parte los recursos disponibles y el uso o aplicación que se le dará a estos. Se define como saldo: “diferencia entre los recursos disponibles y

sus diversos usos, debe ser siempre positivo, pues de otra manera la operación de la empresa no es factible” (Villagómez, 2001, p. 42).

La mecánica del análisis financiero consiste en proponer una estructura de precios de venta por producto, tarifas estructuradas por servicios prestados, un programa de inversiones que va de acuerdo con las expectativas del tamaño considerado de la demanda que se espera satisfacer y de la eficiencia con la que se desea operar, además una mezcla de recursos para cubrir las inversiones necesarias.

En esta mezcla se definen los recursos que serán aplicados al proyecto, como por ejemplo, cuánto van a aportar los socios, cuánto se va a cubrir con los créditos y cuanto deberá irse cubriendo con los ingresos de dicho proyecto. Con esto puede revisarse el comportamiento del balance, del estado de resultados y del flujo de caja así como los demás indicadores auxiliares; y ya en función de los resultados que se observaron se proponen modificaciones en los precios o tarifas en la mezcla de los recursos o en el programa de inversiones hasta llegar a establecer un escenario factible.

Los análisis se hacen generalmente considerando precios constantes y tasas de interés reales, en estos no se incluyen los cálculos de la inflación, aunque algunos analistas prefieren hacer al menos alguna previsión de la inflación para evitar futuros inconvenientes.

“Es importante realizar un presupuesto de ingresos para hacer una estimación futura, aquí se muestra un análisis de ingresos de la empresa, siendo solo una estimación; se realizan por medio de la multiplicación de la cantidad producida por los precios de venta y eso representa el total de los ingresos brutos de la empresa” (Porter, 1986, p. 45). Hay algunos casos donde debe incluirse las cuotas, derechos, subsidios o premios que la empresa pueda recibir por las actividades que realiza. El presupuesto del gasto corriente es algo que también debe considerarse y éste comprende los gastos de operación y mantenimiento entre los que se encuentran comprendidos los salarios, energía eléctrica, pago de derechos, operación y

mantenimiento de la infraestructura. Estos costos son separados en costos fijos y costos variables, los cuales dependen de la cantidad producida. Los gastos de administración son los que corresponden a los salarios del personal administrativo y gastos de oficina como son la renta, energía eléctrica, entre otros.

La depreciación y amortización corresponden a la pérdida del valor (puede ser contable o física) de los activos fijos y diferidos con que cuenta la empresa y su cálculo se realiza en el documento de situación financiera o balance proforma.

Los gastos financieros son los intereses debidos a los créditos existentes más los adicionales que la empresa requiere contraer para que se haga frente al programa de inversiones y reposiciones, estos gastos se calculan en el documento de servicio de la deuda.

Por consiguiente, “la suma de los gastos de operación y de mantenimiento, gastos de administración, depreciación y amortización y gastos financieros, son los egresos totales y la diferencia que hay entre los ingresos brutos y los egresos totales son los ingresos netos” (Villegas y Ortega 1997, p.60).

También se incluye el cálculo de los egresos totales y los ingresos netos sin incluir la depreciación y amortización, ya que estos no son gastos efectivos sino una deducción para efectos fiscales. Dentro de los gastos variables (que varían en función del volumen) se encuentran los gastos de energía eléctrica que se consume por los diversos equipos que se utilizan dentro de la empresa.

Los gastos fijos comprenden los salarios del personal directamente involucrado en la prestación de los servicios, los costos por mantenimiento de la infraestructura y los servicios que se pagan a terceras personas por la prestación de servicios, como por el ejemplo el outsourcing.

El presupuesto de inversiones y reposiciones contempla las inversiones para cada componente del proyecto, así como lo que se tiene que reponer en equipos e instalaciones al fin de su vida útil. En el cálculo de las inversiones incluye

generalmente distintos imprevistos para cubrir costos que no se han considerado en el proyecto.

En los proyectos, para poderse llevar a cabo, puede pedir un financiamiento que normalmente reciben las empresas mediante crédito y debe ser a corto plazo para financiar capital de trabajo transitorio, capital de trabajo que crece temporalmente, ya que el capital de trabajo permanente debe ser financiado por el capital de los propietarios. También existe el crédito a largo plazo, que debe ser utilizado de manera complementaria para financiar el proyecto.

Tanto el corto como el largo plazo pueden ser con o sin garantía específica, pero en cualquiera de los casos debe buscarse la capacidad de pago de la empresa ya que el crédito busca la recuperación del mismo, por lo tanto “debe existir una fuerte liga entre las proyecciones, los recursos con los que cuenta la empresa y la habilidad de generación de recursos operativos” (Villegas y Ortega, 1997, p.62).

El servicio de la deuda estudia el comportamiento de los créditos que contratará la empresa para llevar a cabo el proyecto, así como el análisis del comportamiento de los créditos que posea antes de la realización del proyecto.

Este cuenta con tres partes: 1) créditos bancarios nuevos, 2) créditos bancarios anteriores y 3) otros créditos. Para esto debe considerarse las condiciones en que se ha establecido el crédito como la tasa de interés, el periodo en que estos se pagan (también llamado periodo de gracia) y periodo de amortización. En función a esto se hace un cálculo de los saldos, los pagos de créditos y los intereses que se generan.

El estado de resultados proforma muestra el estado de pérdidas y ganancias o el cálculo de la utilidad que genera la empresa, el cual se expresa en: $\text{utilidad} = \text{ingresos} - \text{gastos}$.

Los ingresos provienen del presupuesto del mismo que son los costos de operación, los gastos de administración, la depreciación y amortización y los gastos financieros provienen del presupuesto de gasto corriente. La utilidad bruta es la diferencia entre los ingresos y los costos de operación; la utilidad de operación es la diferencia entre la utilidad bruta los otros gastos.

Existe también el llamado Impuesto sobre la renta (ISR), así como el Reparto de utilidades (RU), estos se estiman como un porcentaje sobre la utilidad de operación.

La utilidad neta es la utilidad de operación menos el impuesto sobre la renta y el reparto de utilidades. Finalizando con un flujo de efectivo donde se obtiene la tasa de retorno de la inversión.

6.3 Pequeñas centrales hidroeléctricas

Las pequeñas centrales hidroeléctricas son centrales de generación hidroeléctrica, con una potencia de generación baja. En su mayoría se construyen en zonas aisladas y no representan gran importancia para el sistema de interconexión nacional ya que su área de influencia es muy reducida.

Se pueden definir como el conjunto de obras civiles y estructuras hidráulicas generales y específicas que, complementadas con su correspondiente equipo electromecánico, aprovechan las energías potencial y cinética del agua para producir energía eléctrica.

Esta energía es conducida por diferentes líneas de transmisión a los centros de consumo, en donde se utiliza en alumbrado público y residencial, operación de aparatos electrodomésticos y demás necesidades eléctricas de la zona en donde se lleva a cabo el proyecto.

Estas centrales hidroeléctricas pequeñas tienen la desventaja de proporcionar una corriente eléctrica variable, puesto que los cambios climáticos y meteorológicos pueden hacer variar el flujo de agua, y por tanto la cantidad de agua disponible.

El aprovechamiento hidroenergético tendrá que cubrir una demanda de energía eléctrica, la cual puede estar conectada al sistema nacional de interconexión, a un sistema híbrido o estar totalmente aislada.

La demanda requerida por la PCH debe ser cubierta durante la totalidad de la vida útil del proyecto. En caso de estar interconectada, la demanda de la PCH puede ser cubierta temporalmente, y esta a su vez puede transmitir sus excedentes de potencia y energía al sistema.

La Organización Latinoamericana de energía OLADE clasifica las PCH de acuerdo a la potencia instalada como de muestra en la tabla

POTENCIA (kW)	TIPO
0 – 50	Micro central
50 – 500	Minicentral
500 – 5000	Pequeña Central

Tabla: Clasificación de PCH según potencia instalada. ORTIZ Flores, Ramiro. Pequeñas centrales hidroeléctricas, McGraw Hill, 2001.

6.4 Tipos de centrales hidroeléctricas.

El aprovechamiento hidroenergético se puede realizar construyendo una presa para crear un embalse, esta forma requiere de gran profundidad en su diseño y gran tecnología.

Este tipo de obra no es recomendable para las pequeñas centrales, por cuanto son obras costosas que en la mayoría de los casos encarecen el costo de kw instalado. La otra forma es por medio de la derivación del caudal; este caso tiene un fácil diseño y es posible usar tecnología regional; dentro del rango de potencia instalada de 100 a 1000 kW, este es el tipo de PCH usadas.

6.5 Pequeña central hidroeléctrica con derivación.

Este tipo de planta es de filo de agua, en la que no se usa un embalse para almacenar agua, sino que el caudal se toma del recurso hídrico directamente por medio de una bocatoma que dirige el caudal a un canal en el que se alcanza la caída necesaria para obtener la potencia requerida; después se encuentra un tanque de presión y un desarenador que conducen el caudal a una tubería a presión por la cual se lleva a la turbina de generación. Su impacto ambiental es mínimo comparado con el causado por un proyecto de autorregulación o que usa una presa.

A continuación se hará una breve descripción de los elementos que componen una PCH en derivación:

Bocatoma: Es la obra en la que se toma el caudal necesario para obtener la potencia de diseño.

Azudes: Son muros dispuestos transversalmente al curso del agua de los ríos y sirven para desviar parte del caudal hacia la toma.

Obra de conducción: Es la encargada de conducir el caudal de la bocatoma al tanque de presión, tiene una pendiente leve, la más usada puede ser un canal, pero también son usados túneles o tuberías.

Desarenador: Es un tanque de mayor dimensión a la obra de conducción en el que las partículas en suspensión pierden velocidad y son decantadas, cayendo al fondo.

Tanque de presión: Es un tanque en el que la velocidad del agua es cercana a cero, empalma con la tubería a presión, y debe evitar el ingreso de sólidos y de burbujas de aire a la tubería de presión, y amortiguar el golpe de ariete; además, debe garantizar el fácil arranque del grupo turbina-generator y tiene un volumen de reserva en caso de que las turbinas lo soliciten.

Aliviadero: Se usa para eliminar el caudal de exceso en la bocatoma y el tanque de carga regresándolo al curso natural.

Tubería de presión: Es la tubería que transporta el caudal de diseño a la turbina; se apoya en anclajes que soportan la presión de agua y la dilatación por los cambios de temperatura.

Casa de máquinas: Es el sitio donde se encuentra la turbina, los generadores, los equipos auxiliares, las válvulas de admisión y los aparatos de maniobra, regulación y protección; allí se transforma la energía hidráulica en mecánica, y ésta en eléctrica; en la casa de máquinas está la conexión al sistema de transmisión.

Turbinas hidráulicas: Son máquinas que transforman la energía potencial, cinética y de presión del agua, en energía mecánica de rotación. Se clasifican según su funcionamiento, en turbinas de acción, las cuales utilizan solo la velocidad del agua para poder girar; y en turbinas de reacción que emplean, tanto la velocidad como la presión, para desempeñar el trabajo de rotación.

Reguladores de velocidad: Son servomecanismos que sirven para mantener constante la velocidad de giro de la turbina y la frecuencia de la energía eléctrica generada, manteniendo constante la velocidad sincrónica del generador.

Generador: Es una maquina acoplada a la turbina, que convierte la energía mecánica de rotación en energía eléctrica, en su circuito de salida.

Energía del agua:

Energía potencial

La energía potencial de un cuerpo, es la capacidad de un sistema para realizar un trabajo en función a su posición o configuración en relación a un plano de referencia

Energía cinética

La energía cinética de un cuerpo es la energía que proviene del movimiento de dicho cuerpo, está definida como el trabajo necesario para acelerar un cuerpo de una masa dada desde el reposo hasta la velocidad que posee.

En mecánica clásica se puede calcular por la ecuación del trabajo de la segunda ley de Newton:

$$E_c = W = \int \vec{F} * \vec{dr} = \int m \frac{d\vec{v}}{dt} * \vec{v} dt = \frac{1}{2} m v^2$$

De aquí tenemos que la energía cinética se incrementa con el cuadrado de la rapidez, es una medida dependiente del sistema de referencia.

En la hidrodinámica la energía cinética de un fluido depende de la densidad del fluido entonces tenemos que:

$$e_c = \frac{1}{2} \rho v^2$$

Cálculo de la energía cinética de un fluido

Dónde:

- ρ es la densidad del fluido
- V es la velocidad

A continuación se explica la diferencia y relación entre **Potencia** y **Energía Eléctrica** y son básicas para definir el alcance de la PCH.

Energía se define como la cantidad de trabajo que un sistema físico es capaz de producir, la cual no puede ser creada, ni consumida, ni destruida. Sin embargo, la energía puede ser convertida o transferida en diferentes formas: la energía cinética del movimiento del agua puede ser convertida en energía rotacional por el rotor de una turbina, que a su vez puede ser convertida en energía eléctrica por el generador de la turbina. En cada conversión de energía, parte de la energía proveniente de la fuente es convertida en energía calorífica. Por ejemplo, los generadores nunca tienen una **Eficiencia** del 100%, debido a las pérdidas de calor por fricción en los cojinetes, o a la fricción surgida por el movimiento del agua.

El generador produce la electricidad, la que se mide en términos de cantidad de energía eléctrica que son capaces de convertir a partir de la energía cinética del

agua en términos de **kilovatios-hora** (kWh), de **megavatios-hora** (MWh) o **Gigavatios –hora** (GWh) durante un cierto periodo de tiempo, normalmente un año.

La **Potencia Eléctrica** se mide en **vatios** (W), **kilovatios** (kW), **megavatios** (MW), etc. La potencia es transferencia de energía por unidad de tiempo. La potencia es medida en cualquier instante de tiempo, en tanto que la energía debe ser medida durante un cierto periodo.

El proyecto de la PCH tiene una **Capacidad Instalada** (o Potencia Nominal, o Potencia de Placa) de 600 kW, lo que indica que producirá 600 kilovatios-hora (kWh) de energía por hora de funcionamiento, cuando esté operando a plena capacidad, es decir, con un caudal de agua de por lo menos 14.58 m³/seg., **Caudal de Diseño**.

6.6 La PCH y campo de aplicación

Las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH es su acrónimo) son centrales de generación de energía eléctrica con una capacidad instalada (kW) relativamente baja. Es factible construirlas en áreas aisladas y no representan gran importancia para el Sistema Nacional Interconectado –SIN- ya que su área de influencia es muy reducida.

Se definen como el conjunto de obras civiles y estructuras hidráulicas generales y específicas que, complementadas con un equipo electromecánico, aprovechan la energía potencial y cinética del agua en movimiento para producir energía eléctrica.

Esta energía es conducida por una línea de transmisión a los centros de consumo, en donde se utiliza en alumbrado público, residencial, operación de aparatos electrodomésticos y demás necesidades eléctricas de la zona en donde se realiza el proyecto. Tienen el inconveniente de proporcionar una corriente eléctrica variable, puesto que los cambios climáticos y meteorológicos pueden hacer variar el caudal de agua disponible.

El aprovechamiento hidroeléctrico puede cubrir una demanda de energía eléctrica principalmente de las poblaciones cercanas, la que en parte está cubierta actualmente por la distribuidora de energía eléctrica GAS NATURAL , conectada al SIN; además puede formar parte de un sistema híbrido o constituirse como un sistema completamente aislado.

La demanda requerida debe ser cubierta por la PCH durante la totalidad de la vida útil del proyecto. Cuando la PCH está conectada al SIN, puede cubrir la demanda temporalmente, y esta a su vez puede trasladar, si fuera el caso, sus excedentes al sistema mismo.

La forma de aprovechamiento hidroeléctrico en este proceso es por medio de la derivación del caudal, este caso tiene un diseño viable y es posible la utilización y aplicación de tecnología nacional y/o regional.

VII. Metodología del estudio

Las fuentes de los datos empleadas serán primarias y secundarias.

Así mismo las estrategias para recolectar los datos, serán a partir de documentos ya existentes en la alcaldía de Diriamba, Enatrel, y directamente de los pobladores de la zona, mediante el uso Instrumentos de recolección de los datos.

Se emplearan las técnicas de recopilación de datos Cualitativas y Cuantitativas.

En esta investigación Participativa elaborará una secuencia metodológica que consta de tres fases: fase preliminar, fase de campo y la fase final.

Fase Preliminar

Está constituida por la primera fase de la investigación y comprende las actividades de recopilación y análisis inicial de la información en el área del proyecto

hidroeléctrico, así como la preparación de instrumentos técnicos (tablas) para la recolección de datos complementarios en la siguiente fase.

Etapa de Campo

Consiste en la inspección del área donde se realizará la construcción de la PCH, aforo del Río la maquina en diferentes puntos, demanda energética, así como la recopilación de información complementaria relacionada con aspectos físicos, biológicos, sociales, económicos, culturales, etc. a través de entrevistas directas con pobladores del área del proyecto.

Etapa Final

En esta etapa se realizó el procesamiento de la información obtenida en las etapas anteriores, lo que permitió obtener tablas estadísticas, figuras y datos de utilidad para el análisis de pre factibilidad del proyecto

VIII. Estimación de Demanda eléctrica

Para efectos del cálculo del tamaño de la PCH, el primer paso fue realizar el pronóstico de la demanda. El tamaño de la central generadora estará determinado por la demanda local de energía y las condiciones hidrológicas de la zona de aprovechamiento, principalmente.

Por aparte, el tamaño del equipo electromecánico se determinó con base en la demanda pico, es decir, a la mayor demanda de potencia esperada. A estos factores se le agregan las condiciones hidrológicas del área, con el objeto de establecer la capacidad optima de la fuente hídrica para satisfacer los requerimientos de la demanda en el área.

La demanda pico se puede estimar definiendo cuántos usuarios pueden ser conectados simultáneamente al sistema durante un día “X”, a una hora “Y”. Es decir, que se estimará principalmente la carga requerida para uso residencial en poblaciones rurales semi aisladas a partir del número de viviendas con base en un pronóstico de la población actual y futura.

A continuación se presenta el proceso utilizado, considerando el desarrollo de acciones simples y elementales para el cálculo de la demanda futura de energía, lo que permite realizar la construcción de la curva de demanda diaria.

Esta curva de demanda se ha generado con base en el consumo actual de las poblaciones rurales estudiadas y en el comportamiento de pueblos similares, los que registran las mismas condiciones socioeconómicas, clima, idiosincrasia de los pobladores, nivel de aislamiento medido a través de la distancia en kilómetros de los centros urbanos principales.

El proceso considera lo siguientes factores:

- Fijación de horizonte de planificación, al cabo Del cual se dejará de satisfacer futuras demandas de energía. Para el efecto, se ha elegido un período de estudio inicial de 10 años de operación, el que será llevado a lo largo de la vida útil, 30 años, para efectos de la elaboración del estudio financiero.
- Estimación del total de viviendas en la zona de influencia directa de la PCH que cuentan con el servicio de energía eléctrica y los que no están conectados a la red de distribución.
- Estimación del total de habitantes en los locales de habitación que se beneficiarán con el servicio de energía eléctrica que será directamente suministrado por la PCH.

· Construcción de la gráfica de la demanda diaria, en donde en la abscisa (X) se represente las horas día y en la ordenada (Y) la potencia expresada en kW.

· La mayor carga pico P_p , sirve de referencia para determinar los requerimientos de capacidad instalada de la PCH. El área bajo la curva representa la demanda de energía de ese día.

· Determinación del Factor de Carga (**Fc**) con la siguiente expresión:

$$F_c = D_m / D_p$$

Dónde:

Fc = Factor de carga

Dm = Es la demanda media

Dp = La demanda pico.

Las comunidades beneficiadas con la implementación de la PCH del río la máquina son: 1200 viviendas al momento del estudio.

El estudio de demanda de energía eléctrica para las localidades beneficiadas por el desarrollo de la PCH del río la máquina considera a dos grupos de consumidores potenciales: doméstico y comunitario. Se espera que estos grupos presenten un crecimiento de demanda sostenido a lo largo de la vida útil de la PCH.

El total de la demanda eléctrica por las localidades beneficiadas para el primer año se estima en 811,139 kWh, la cual se irá incrementando hasta llegar a los 2,399,074 kWh en el año 25.

De los resultados de este estudio se tiene que los beneficiarios del proyecto consume actualmente un promedio alrededor de 56.19 kWh por mes para usos domésticos. En el cuadro a continuación se puede observar la proyección del total de demanda local en kWh para cada 5 años, y el porcentaje que representa dentro de esta demanda total cada uno de los tres grupos de consumidores potenciales.

Demanda Mensual de kWh por vivienda		1	5	10	15	20	25
Demanda Doméstica Total por Día		1,940.56	2,534.39	3,172.14	3,971.55	4,972.29	6,221.88
Demanda mensual kWh por vivienda		48.51	56.19	60.51	65.20	70.24	75.63
Demanda Diaria kWh por vivienda		1.62	1.87	2.02	2.17	2.34	2.52
Pago mensual por vivienda USD\$		10.67	12.36	13.31	14.34	15.45	16.64

Demanda Total Anual kWh		1	5	10	15	20	25
Total Consumo kWh Anual		811,139	1027,890	1272,325	1564,818	1942,972	2399,074
Demanda Doméstica	as de U	708,303	925,054	1157,830	1449,614	1814,885	2270,987
Alumbrado de viviendas	365	183,960.00	207,450.93	241,076.77	280,153.04	325,563.21	378,333.94
Radio/equipo de sonido	365	204,639.08	231,082.17	269,030.85	313,469.31	365,552.67	426,630.88
Refrigeradora Familia	365	94,608.00	114,996.62	146,768.06	192,720.43	257,903.40	348,388.90
Televisor	365	139,678.20	262,524.21	366,092.30	496,337.81	659,187.99	861,790.68
Otros Artículos	365	85,417.60	108,999.60	134,861.64	166,933.56	206,677.62	255,842.77
Demanda Comunitaria		102,836.35	102,836.35	114,495.32	115,204.29	128,087.15	128,087.15
Alumbrado Público	365	98,550.00	98,550.00	109,500.00	109,500.00	120,450.00	120,450.00
Centro de Salud	365	1,535.74	1,535.74	1,535.74	1,535.74	3,071.48	3,071.48
Escuela	270	1,559.25	1,559.25	1,871.10	2,182.95	2,182.95	2,182.95
Iglesia	365	1,191.36	1,191.36	1,588.48	1,985.60	2,382.72	2,382.72
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Cantidad de viviendas beneficiadas

Cantidad de viviendas por comunidad

	1	5	10	15	20	25
Zona Rural Diriamba	1,200	1,353	1,573	1,827	2,124	2,468
Proyecto alternos						
Migrantes	0	0	0	0	0	0
Total	1,200	1,353	1,573	1,827	2,124	2,468

Cantidad de habitantes por comunidad

	1	5	10	15	20	25
Zona rural Diriamba	7,200	8,119	9,435	10,965	12,742	14,808
Proyecto alternos	0	0	0	0	0	0
Migrantes	0	0	0	0	0	0
Total	7,200	8,119	9,435	10,965	12,742	14,808

Total de demanda del año 1 al año 25 en KWh

Demanda Local Energética				Provisión Energética SIN		
Años	Total Demanda Local (kWh)	Total Demanda Local (MWh)	Total Demanda Local (GWh)	Provisión SIN (kWh)	Provisión SIN (MWh)	Provisión SIN (GWh)
1	811,139	811	0.81	2159,907	2,160	2.16
2	888,232	888	0.89	2082,814	2,083	2.08
3	914,390	914	0.91	2056,656	2,057	2.06
4	941,456	941	0.94	2029,590	2,030	2.03
5	1027,890	1,028	1.03	1943,156	1,943	1.94
6	1058,966	1,059	1.06	1912,080	1,912	1.91
7	1091,194	1,091	1.09	1879,852	1,880	1.88
8	1124,129	1,124	1.12	1846,917	1,847	1.85
9	1158,210	1,158	1.16	1812,836	1,813	1.81
10	1272,325	1,272	1.27	1698,721	1,699	1.70
11	1310,894	1,311	1.31	1660,152	1,660	1.66
12	1350,802	1,351	1.35	1620,244	1,620	1.62
13	1394,336	1,394	1.39	1576,710	1,577	1.58
14	1439,426	1,439	1.44	1531,620	1,532	1.53
15	1564,818	1,565	1.56	1406,228	1,406	1.41
16	1617,034	1,617	1.62	1354,012	1,354	1.35
17	1669,647	1,670	1.67	1301,399	1,301	1.30
18	1724,277	1,724	1.72	1246,769	1,247	1.25
19	1781,405	1,781	1.78	1189,640	1,190	1.19
20	1942,972	1,943	1.94	1028,074	1,028	1.03
21	2006,980	2,007	2.01	964,066	964	0.96
22	2073,459	2,073	2.07	897,587	898	0.90
23	2142,516	2,143	2.14	828,530	829	0.83
24	2214,263	2,214	2.21	756,783	757	0.76
25	2399,074	2,399	2.40	571,972	572	0.57

Capacidad de generación anual disponible	KWH	MWH	GWH
	2971,046	2,971.05	2.97

Comportamiento de la demanda en el horizonte del proyecto

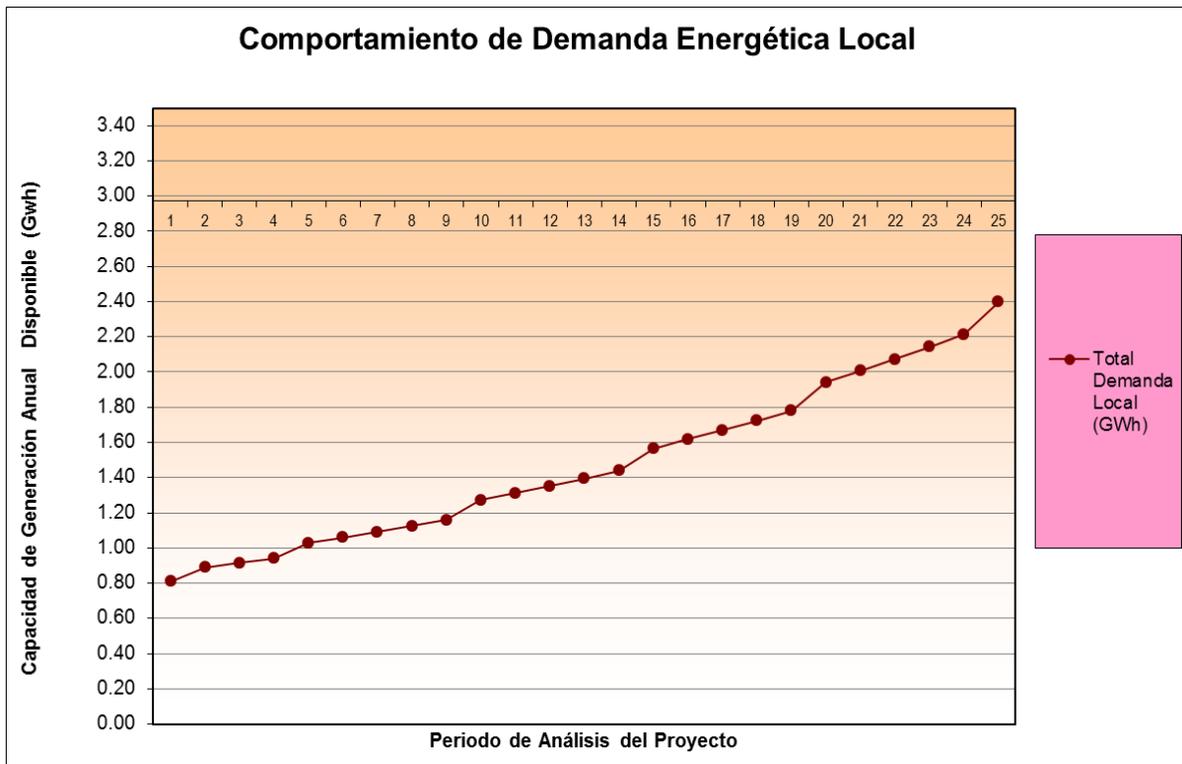
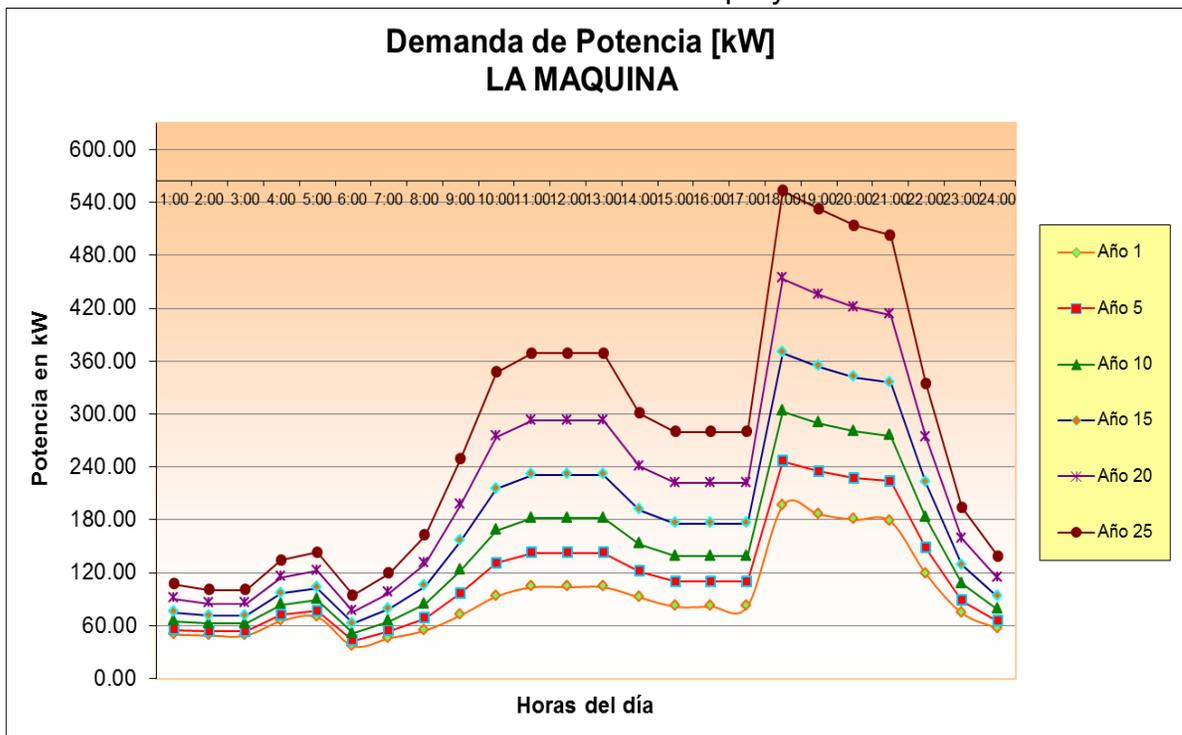


Gráfico de la demanda en KW en el Horizonte del proyecto



IX. Descripción del proyecto

El proyecto PCH río la maquina se ubica aproximadamente a 58 km de distancia de la capital Managua. Se encuentra al Norte del municipio de Matagalpa. El acceso al Proyecto PCH río la maquina se realiza, como resumen, de la siguiente manera:

1. Se sigue la carretera desde Managua hacia Diriamba



1. Topografía

En las áreas levantadas es necesario cubrir los sitios de las obras de captación, conducción y casa de máquinas, camino de acceso y sistema de transmisión. El levantamiento debe ser ejecutado con un equipo topográfico de Estación Total y GPS, obteniendo así los detalles necesarios para el diseño de las obras y elaboración de mapas geo-referenciados del proyecto en escalas adecuadas, para proceder con el diseño. Es necesario verificar la calidad del levantamiento topográfico aplicando los métodos y programas estándar AutoCAD y Land Development.

En el sitio del proyecto es necesario colocar mojoneros de concreto, quedando ubicados de manera que puedan localizarse fácilmente para el replanteo y futura construcción de las obras hidráulicas.

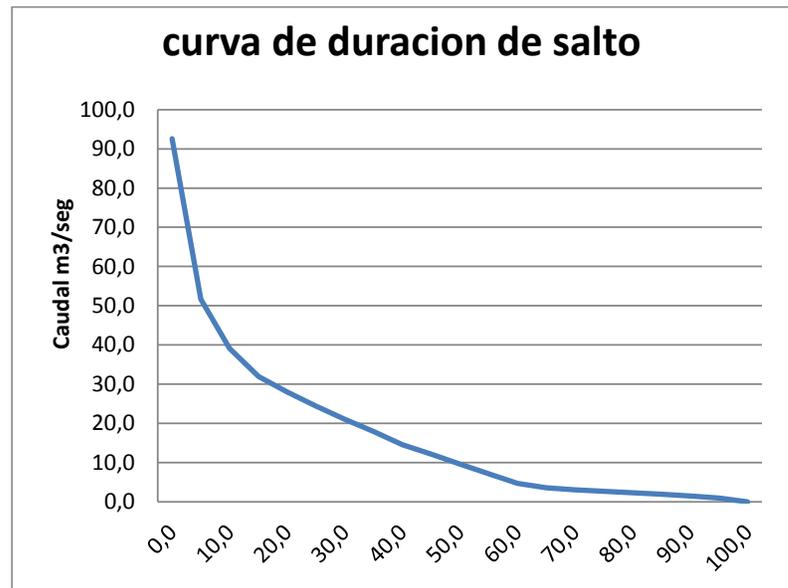
2. Hidrología

Los datos de Hidrología fueron facilitados por la alcaldía de la esperanza los cuales se presenta a continuación.

Datos Básicos

Precipitación:	3000 mm
Evapotranspiración:	1404.7 mm
Escorrentía:	1595.3 mm
Qm:	16.04 m ³ /s

Exc	Salto
%	17,7 m3/seg
0,0	92,6 m3/seg
5,0	51,7 m3/seg
10,0	39,1 m3/seg
15,0	32,0 m3/seg
20,0	28,0 m3/seg
25,0	24,4 m3/seg
30,0	21,0 m3/seg
35,0	17,9 m3/seg
40,0	14,6 m3/seg
45,0	12,2 m3/seg
50,0	9,7 m3/seg
55,0	7,2 m3/seg
60,0	4,7 m3/seg
65,0	3,6 m3/seg
70,0	3,1 m3/seg
75,0	2,7 m3/seg
80,0	2,3 m3/seg
85,0	1,9 m3/seg
90,0	1,5 m3/seg
95,0	0,9 m3/seg
100,0	0,0 m3/seg



Proyecto	Area	Crecidas máximas según area de cuenca						Años
		10	20	100	500	1000	10000	
PCH Salto	317.3	584	713	999	1282	1403	1806	m ³ /s

En base al análisis de las avenidas y según los criterios de diseño, se considera que para el vertedero integrado en la presa y para la casa de máquinas, aplica el caudal de diseño con el período de retorno de 500 años $HQ_{500} = 1282 \text{ m}^3/\text{s}$.

3. Diseño de obras de conducción

El diseño de las obras de conducción tiene que considerar los aspectos económicos, viabilidad de la construcción y mantenimiento, así como seguridad de operación, considerando también las condiciones climáticas entre otros aspectos.

Las obras deben incluir una compuerta de emergencia y una de servicio. Las turbinas se pueden utilizar como compuertas de servicio. Es necesario instalar rejillas en la obra de captación. Se tienen que garantizar la existencia de tabloneros para posibles inspecciones o reparaciones.

La entrada a la conducción debe proyectarse por debajo del nivel de operación mínimo del agua para evitar la formación de remolinos y la posible entrada de aire a la línea de conducción. Los requerimientos de **sumersión mínima** deben chequearse en base a criterios formados por la experiencia de investigación de prototipos. Para el diseño se aplica el Criterio Gordon:

$$s = 0.72 * v * \sqrt{(d)}$$

En donde $s =$ Lámina de agua requerida por encima de la entrada a la tubería de presión [m]

$v =$ Velocidad Máxima del flujo en la tubería de presión [m/s]

$d =$ Diámetro de la Tubería [m]

Con excepción de obras de captación tipo “Tirol”, para evitar pérdidas hidráulicas excesivas en la tubería (en caso de bloqueo parcial) y sobrecarga de las estructuras mecánicas, el área de **rejilla** debe cumplir los siguientes criterios:

$$A_{TR} = Q_T / v_{TR} \quad \text{con } v_{TR} = 1.0 \text{ m/s}$$

En donde A_{TR} = Área bruto de la Rejilla [m²]
 v_{TR} = Velocidad de Flujo en la rejilla [m/s]
 Q_T = Descarga de Diseño de la Tubería [m³/s]

Para proyectos con una presa de poca altura (Clase I & II), las partículas grandes y medianas suelen no sedimentarse suficientemente, por lo que puede ser necesario proveer un **desarenador**. La decisión de implementar un desarenador, como también sus dimensiones, dependen de la caída total, la capacidad instalada, el tipo de turbina y la característica de los sedimentos que prevalecen en el río. Los siguientes criterios se han establecido para mantener segura la operación de la PCH y asegurar la vida útil del proyecto.

a) Diámetro de partícula a excluir (Probabilidad 95%)

Caída bruta	menor de 30 m	D = 0.6 mm
	entre 30 y 250 m	D = 0.2 mm
	mayor de 250 m	D = 0.1 mm

b) Número de cámaras:

Capacidad instalada menor a 400 kW	Construcción de una sola cámara (proveer un by-pass para la operación durante las horas de mantenimiento)
mayor a 400 kW	Construcción de no menos de 2 cámaras

c) Caudal de diseño 110 % del caudal de diseño de la(s) turbina(s)

a) Tubería de Presión

La tubería debe construirse superficial o enterrada, dependiendo de las condiciones topográficas y geotécnicas del sitio. Las tuberías de acero generalmente se colocan de manera superficial, apoyadas sobre silletas de concreto. La distancia entre las silletas varía con el diámetro de la tubería: $7.5 D^{1/2}$ para $D > 24"$, para diámetros menores, no más de 6.0 m.

Se utilizan bloques de anclaje en cambios de dirección vertical y/o horizontal. La velocidad máxima del agua en las tuberías de acero no debe ser mayor de 5.5 m/s. En el caso de tramos de tubería con una longitud mayor de 200 m, se debe proveer medidas para compensar la dilatación resultante de cambios de temperatura. Las tuberías de PVC, PE o Concreto deberán ser enterradas, colocadas en las zanjas sobre relleno compactado. Debido a su posición fija no requieren bloques de anclaje en curvas horizontales o verticales.

b) Cálculo de las Pérdidas en la Conducción – Flujo a Presión

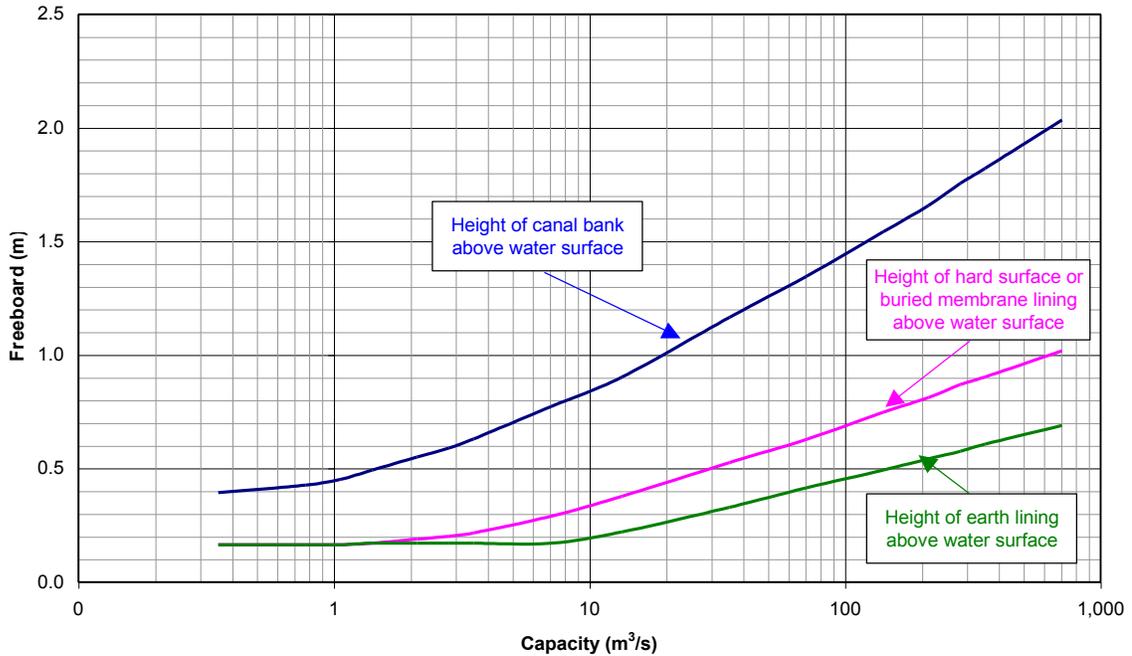
El cálculo de pérdidas hidráulicas del flujo a presión se realiza de acuerdo a prácticas comunes de ingeniería, utilizando la Ecuación Colebrook-White.

$$f^{-1/2} = -2 \cdot \log \left(\frac{2.51}{Re \cdot f^{1/2}} + \frac{k_s}{3.71 \cdot d} \right)$$

En donde f	=	Factor de Fricción de Darcy [-]
k_s	=	Rugosidad de la Arena [m]
Re	=	Número de Reynolds [-]
d	=	Diámetro de la tubería [m]

Las pérdidas locales se determinan de acuerdo a las recomendaciones internacionales de los manuales correspondientes. De acuerdo a los niveles de rugosidad encontrados en la literatura técnica correspondiente, se consideran los siguientes valores:

Las estructuras de escape deben ser localizadas aguas abajo de la toma del canal y aguas arriba de cada estructura que pueda estar sujeta a obstrucción. El diseño del borde libre del canal se establece de acuerdo a los estándares del US Bureau of Reclamation (1978), mostrados en la siguiente figura:



Extraído del US Bureau of Reclamation (1978) y convertido a unidades métricas

En donde las condiciones topográficas requieran estructuras de drenaje en el sentido transversal, se construirán alcantarillas debajo del fondo del canal o puentes sobre el mismo.

Las dimensiones de los drenajes transversales deben ser definidas para un caudal de diseño con un período de retorno de 25 años. La erosión debido a la corriente aguas abajo de los drenajes transversales, debe ser controlada generalmente con gaviones.

Por esta razón y para limitar la extensión de la potencial escorrentía, la velocidad de diseño del flujo de caída está limitado a 6.0 m/s. Basado en estos criterios, se aplican los siguientes estándares para las zanjas de drenaje transversal:

- Toma con paredes de concreto ciclópeo laterales
- Tubos prefabricados ya sea de Concreto, PVC o PE (ADS o similares)
- Desagüe con paredes de concreto ciclópeo y colchonetas de gaviones

Todos los canales en relleno son revestidos de concreto. El grosor es de por lo menos 0.1 m. Debajo del fondo del canal se ubica una capa de grava de 20 cm de espesor que funciona como filtro.

4. Definición de los Esquemas Básicos y Definitivos de los Proyectos

La Pequeña Central Hidroeléctrica del río la máquina estará conformada por:

- Presa vertedero: El tipo de presa que se seleccionó está de tipo gravedad de 5.8 m de altura promedio con el vertedero integrado en la parte central con un nivel de operación de 63.0 msnm; el vertedero tiene el nivel de cresta fijo de concreto al nivel de 61.0 metros y sobre la misma dos compuertas de goma de 19.5 m de ancho y 2 metros de altura cada una; en tiempos de avenidas las compuertas de goma dejan la sección del vertedero libre hasta el nivel de 61.1 msnm para la evacuación de avenidas.

El nivel de la corona de la presa en las alas es de 68.0 msnm manteniendo una altura libre de 1.0 m. La presa se propone con un diseño rígido en concreto reforzado cimentada sobre roca sólida a una profundidad promedio de 1.5 m y con un soporte de concreto ciclópeo.

- Captación: La obra de toma está ubicada al lado izquierdo del vertedero y representa una obra de captación de tubería de presión estándar con rejilla y compuerta, la cual capta las aguas por medio de un tubo, y lo conduce a la

tubería de baja presión. La invertida de la obra de captación es al nivel de 58.9 msnm.

El concepto de diseño está basado en la posible variación del nivel de agua en el embalse de 1.0 m para garantizar la regulación diaria del caudal del río. En tiempos de poco caudal el embalse funciona como desarenador y durante el período húmedo cuando durante las avenidas las compuertas están bajadas se mantiene la evacuación de sedimentos depositados en el embalse. Además existe a lado de la obra de toma una compuerta para evacuar sedimentos depositados en frente de la captación.

- Obras de Conducción: Una Tubería de baja presión de 60" de diámetro de PVC enterrada en el terreno con una longitud total de 255 metros entre la obra de toma y una chimenea de equilibrio. Entre la chimenea y la Casa de Máquinas se ubica dos tubos de concreto con un área hidráulico de $1.1 \times 1.1 \text{ m}^2$ y en continuación dos tubos de acero y de 1.0 m^2 de diámetro de 28 m de longitud total.
- Casa de Máquinas se localizara a una elevación de 46.5 msnm (eje de turbina), con el nivel de agua mínimo de 43.5 msnm en la rampa del canal de desagüe, construida de concreto reforzado en su parte baja hasta el nivel de la avenida del diseño de 47.5 msnm y arriba de mampostería confinada, con techo en estructura metálica.
- Este proyecto dispondrá de una caída bruta de 19.5 m, una caída neta de 17.75 m, y un caudal de diseño de $4.3 \text{ m}^3/\text{s}$, lo que permite instalar una potencia de 630 kW (eje Turbina).

5. Regulación y Potencia

La regulación de la PCH la maquina corresponde en primer plano a regulación de Centrales Hidroeléctricas interconectadas con el sistema eléctrico nacional. A la vez la PCH estará equipada con un regulador de velocidad, para atender a una Red tipo Isla.

Cuando la central opera en el modo interconexión, inyectará energía eléctrica al sistema eléctrico nacional, de acuerdo a los futuros contratos a establecer entre el operador de la PCH y el operador de las Redes eléctricas nacionales.

En este caso la PCH no asumirá la función de regulación de frecuencia, debido a su poca potencia en relación al sistema de generación nacional, sino se adaptará a la regulación y/o los cambios impuestos por la red.

El único elemento regulador durante la operación en modo interconexión, será la regulación del nivel del agua en la cámara de carga, con el fin de mantener el nivel estable durante la época seca (poco caudal disponible) e impedir la entrada de aire al ducto de presión, que conduce el agua directamente a la turbina.

6. Regulación de Velocidad y Frecuencia.

Los cambios de carga impuestos por la conexión o desconexión de artefactos eléctricos, por parte de los consumidores, causarán - sin regulación - aumento o disminución descontrolada de velocidad de rotación de cada conjunto turbina - generador y de la frecuencia del sistema.

Los reguladores, por medio de sondas de captación de velocidad, instalada(s) cerca de los ejes de los generadores, detectan estos cambios y envían las señales a los reguladores electrónicos digitales, donde son procesadas. Cada regulador electrónico a su vez emite señales a los sistemas electrónicos de las válvulas hidráulicas del regulador oleo-hidráulico respectivo, que actúan inmediatamente sobre apertura o cierre de las álabes directrices de las turbinas Cross Flow, manteniendo la velocidad y frecuencia dentro de una banda pre-definida (variación permitida de frecuencia).

Para suavizar (compensar) el momento de inercia de los cambios repentinos de aumento o disminución de velocidad, debido a cambios significativos de carga eléctrica o de su rechazo total, cada grupo de generación cuenta con una rueda

volante, montada sobre el eje del generador. La rueda volante demanda o cede energía de rotación.

La regulación de la PCH río la maquina será totalmente automática, con posibilidad de cambiar a regulación manual desde el panel de control de la turbina. Los operadores cumplen solo funciones de intervención casual, registro de datos, vigilancia y mantenimiento.

7. Potencia

Los dos parámetros principales para la definición de la potencia hidráulica de la PCH la maquina son:

- El Caudal [Q] disponible = 4.30 m³/s
- La caída [H] aprovechada = 17.75 m (neto)

Aplicando los cálculos para la potencia hidráulica en el eje de cada turbina, obtenemos:

$$P = Q \times H \times g \times \eta T$$

Dónde:

g = constante de gravedad: 9.81m/s²

ηT = eficiencia Turbina Cross Flow: aprox. 84.0%

$$P = 314.5 \text{ kW / turbina}$$

$$P_{\text{total}} = 630 \text{ kW}$$

Esto corresponde a la potencia nominal de la PCH la máquina. Para obtener la potencia máxima en bornes de cada generador multiplicamos la potencia en el eje de una turbina por la eficiencia del engranaje (aprox. 97%) y eficiencia del generador (aprox. 92.5%):

$$P_b = P_t \times \eta_{\text{Engr.}} \times \eta_{\text{Gen.}}$$

$$P_b = 282.63 \text{ kW (c/ borne de generador)}$$

Para transformar la potencia en bornes del generador a fuerza eléctrica de kVA (kilo x Voltios x Amperios), dividimos la potencia P_b por el factor de potencia de la PCH (f_p valor teórico = 0.8)

$$P_g = P_b : f_p$$

$$P_g = 352.7 \text{ kVA (nominal = 360 kVA)}$$

Durante la época seca de los meses de marzo y abril el caudal disponible para generación podrá disminuir a aprox. $1 \text{ m}^3/\text{s}$ y en consecuencia la potencia de la PCH también podrá disminuir hasta min. Unos 103 kW - eje turbina, 107 kVA bornes generador.

a) Equipos

Válvula de Cierre

La PCH la maquina no estará equipada con válvulas de cierre en las entradas a las turbinas, debido a la baja caída bruta de 19.5 m . Los álabes directrices de las turbinas Cross Flow cumplen en este caso la función de válvulas de cierre. Para fines de mantenimiento y situaciones de emergencia, se puede cerrar una compuerta vertical en la captación.

2 Turbinas

La selección de las turbinas se llevó a cabo de acuerdo a los siguientes parámetros y criterios principales:

Caída neta disponible	17.75 m
Caudal disponible (máx - mín)	$4.3 \text{ m}^3/\text{s}$
Demanda mínima de potencia	31 kW

Los gráficos con los campos de aplicación de turbinas hidráulicas, suministrados por fabricantes, muestran, que para la PCH la maquina implementación de dos turbinas Cross Flow (Mitchel-Banki) de eje horizontal es técnicamente conveniente.

Esas turbinas son robustas, sencillas, fácil de mantener y fácil de montar. Su gran ventaja en comparación con pequeñas turbinas Francis es su capacidad de autolimpieza por medio del flujo que cruza el interior del rodete. Al salir el agua del rodete arrastra cualquier objeto atascado entre las aspas.

Esas turbinas se destacan también por su capacidad de operar de manera segura con caudales entre 100% al 17%, manteniendo el rendimiento bastante constante. En lugares donde oscilaciones de caudal inciden sensiblemente en la generación, turbinas de flujo cruzado constituyen una excelente solución.

Cada una de estas turbinas tendrá para la regulación del caudal dos álabes directrices en el ducto de entrada, operadas - a través de palancas - por servomotores a presión de aceite. La velocidad de rotación es de aproximadamente 230 r.p.m. y la potencia 315 kW en el eje de cada turbina.

El diseño de la turbina deberá ser moderno, contando con elementos industriales estándar como empaques, O-ring, sellos, retenedores, etc. Los rodamientos del eje del rodete deberán ser (sobre-) dimensionados para garantizar un tiempo de operación permanente de por lo menos 20 años.

2 Reguladores

Para la regulación de velocidad de cada turbina se implementará un sistema compuesto por:

- 1 Regulador electrónico digital, programable
- 1 Paquete de software
- 1 Unidad Oleo-Hidráulica de alta presión
- 2 Sondas de captación de impulsos de velocidad o un tacómetro
- 1 Volante montado sobre el eje del generador

-
- 1 Sistema de retroalimentación de la posición de los álabes directrices

Las sondas de captación de impulsos de velocidad, provenientes de una rueda dentada montada sobre el eje de la turbina o de un tacómetro, envían señales de referencia por cables blindados al regulador electrónico, cuyo sistema procesa la información recibida.

Este cerebro digital emite las señales de control a las válvulas del regulador hidráulico y a los mecanismos hidráulicos de apertura y cierre de los álabes directrices de la turbina.

Cuando la velocidad nominal aumenta debido a desconexión de carga, los álabes cierran el paso del agua hacia rodete y regulan así la velocidad.

El regulador electrónico estará ubicado en el Gabinete de Control Turbina.

2 Generadores

Dado a que la PCH la maquina operará como un sistema aislado, se seleccionaron generadores síncronos. Cada generador, de eje horizontal, tendrá las siguientes características:

Voltaje	400 - 440 V
Potencia	360 kVA
Velocidad	400 - 1200 rpm.
Vel. de embalamiento	x 1.8
Frecuencia	60 Hz
Factor de potencia	0.8
Clase de aislamiento	F

Clase de aumento temp. B

Tipo de protección IP23

Tipo enfriamiento IC01

Cada generador será de tipo autoexcitado y contendrá un regulador automático de voltaje. La excitatriz tendrá un interruptor propio, que abrirá de inmediato el circuito de excitación del generador en el caso de que se presente un rechazo repentino de carga.

Los generadores estarán conectados a tierra por medio de un transformador de tierra, un seccionador y una resistencia. Para la interconexión de los 2 generadores de la PCH se implementará un equipo electrónico de sincronización de frecuencia, voltaje y secuencia de fase.

Transformadores

Para la elevación del voltaje de generación de 400/440 V a 24.9 kV se implementará un transformador trifásico en baño de aceite, para instalación a la intemperie, con una capacidad de 800 kVA.

El suministro de energía para la casa de máquinas será realizado mediante la implementación de un transformador de 15 kVA, con una relación de transformación de 400/440 V a 240/120 V.

2 Gabinetes de Control Turbina

Cada gabinete estará equipado con los dispositivos de operación y control de una turbina:

- Regulador electrónico
- Instrumentos y/o displays
- Botón de cierre de emergencia de la turbina
- Lámparas de indicación de estado

-
- Suministro interno de voltajes AC y DC
 - Contador de horas de operación

El gabinete contará con una lámpara fluorescente, un calefactor, un ventilador y una alarma. El cuerpo metálico, protegido por pinturas aptas para ambiente húmedo, estará debidamente conectado al sistema de puesta a tierra de la PCH.

La tropicalización del gabinete garantizará su buen funcionamiento, no obstante de ataques de insectos y hongos.

2 Gabinetes de Control Generador

Cada gabinete de control generador estará equipado con los siguientes dispositivos de control y protección del generador:

- 1 Relay Multifuncional
- 1 Tablero de alarmas
- Lámparas de indicación
- Instrumentos o displays de medición de voltaje, corriente, frecuencia
- Suministro interno de voltajes AC y DC
- Botón para aplicación de calefacción al generador
- 1 interruptor principal del generador

Las siguientes protecciones serán implementadas:

- sobrevelocidad
- sobrecarga
- sobrecorriente
- sobrevoltaje
- bajo voltaje
- sobrefrecuencia
- baja frecuencia
- simetría de voltaje
- alta temperatura de bobinas del generador, en dos pasos

En un gabinete estará instalado el equipo electrónico de sincronización. Este equipo actuará directamente sobre el regulador de la turbina a sincronizar.

Cada gabinete del generador contará con una lámpara fluorescente, un calefactor, un ventilador y una alarma. El cuerpo metálico, protegido por pinturas aptas para ambiente húmedo, estará debidamente conectado al sistema de puesta a tierra de la PCH.

La tropicalización del gabinete garantizará su buen funcionamiento, no obstante de ataques de insectos y hongos.

Gabinete de Interruptores

En este gabinete estarán ubicados los siguientes interruptores:

- Interruptor principal de salida
- Interruptor de entrada al transformador de 15 kVA
- Interruptor de la planta de emergencia
- Interruptores de los motores de los reguladores

Las funciones de los interruptores se observan en el plano SE 001 - Sistema Eléctrico / Equipo Eléctrico de Generación.

El gabinete estará debidamente climatizado, con ventilación asegurada con cedazo, impermeabilizado con pinturas especiales y tropicalizado.

Gabinete de protección del Transformador y Medición de Salida

Las protecciones del transformador corresponden a:

- alta temperatura
- sobrecorriente

En el mismo gabinete estarán ubicados los instrumentos para la indicación de:

- voltaje de salida [kV] x 3 fases x neutro
- corriente de salida [A] x 3 fases
- potencia [kW]
- potencia reactiva [kW_r]
- medidor de kWh

El gabinete estará debidamente climatizado, tendrá aberturas de ventilación aseguradas con cedazo, impermeabilización con pinturas especiales y calefacción para impedir condensación en el gabinete en caso de paradas prolongadas de la turbina.

La tropicalización del gabinete garantizará su buen funcionamiento, no obstante de ataques de insectos y hongos.

Cargador de Baterías y Panel de Distribución DC

El cargador de baterías estará conectado al banco de baterías y sistema AC de la PCH, para la carga permanente y para el suministro de voltaje DC de 48 V al sistema eléctrico del equipo de generación y gabinetes respectivos.

Los circuitos DC estarán protegidos por interruptores, ubicados en el Panel de Distribución DC, instalado encima del cargador.

Banco de Baterías

Para garantizar, en el caso de parada de los equipos de generación, el suministro de energía (DC) a los gabinetes eléctricos y luminarias de emergencia instaladas en la casa de máquinas, la PCH contará con un banco de baterías estacionarias, libres de mantenimiento, con una capacidad de 120 Ah.

Las baterías, ubicadas en un cuarto en el extremo de la casa de máquinas, serán cargadas en forma flotante por un cargador.

Planta de Emergencia

La PCH muelle real estará dotada con una planta eléctrica de emergencia de 4.5 kW, con motor de gasolina, ubicada en un cuarto en el extremo de la casa de máquinas.

El tubo de escape de gases conduce hacia afuera. La ventilación del cuarto se realizará mediante apertura de una puerta de la casa de máquinas hacia afuera y el aislamiento de ruido mediante cierre de una puerta hacia el interior de la casa de máquinas.

Esta planta tendrá la función de suministrar energía eléctrica para:

- Inspecciones de los equipos principales (turbina parada)
- Mantenimientos mayores
- Eventuales reparaciones
- Carga del banco de baterías durante paradas prolongadas
- Iluminación de la casa de máquinas durante paradas prolongadas

La planta estará interconectada con el sistema eléctrico de la casa de máquinas y el cargador de baterías por medio de un interruptor.

Sistema de Distribución Eléctrica

Se diseñó un sistema trifásico aislado (isla), con distribución primaria en 24.9 Y/14.4 kV, a cuatro hilos, y distribución secundaria en 240/120V, a tres hilos, con cable tipo A.C.S.R. y postes de madera. La longitud total del sistema de cables es de 16.903 km.

El sistema tendrá incorporado una red de iluminación de los puntos importantes de las comunidades, como plazas, calles centrales, escuelas, centros de salud, embarcadero etc.

El sistema estará completamente habilitado para atender la demanda de energía eléctrica de los habitantes del poblado de muelle real. Se considera el Sistema de Distribución Eléctrica, toda la longitud de la línea de distribución, desde la salida del transformador trifásico en la PCH, conectado al poste en dicha subestación, hasta la última acometida domiciliar del ramal, considerando el contador de energía como el extremo de la acometida domiciliar.

El sistema estará protegido, contra descargas atmosféricas, por pararrayos adecuadamente instalados en los diferentes puntos de la línea, y por protección contra cortocircuitos.

Se denomina Subestación Eléctrica al transformador elevador trifásico de 400V/24.9kV, instalado a la salida de la PCH, el interruptor principal, el seccionador, pararrayos, el gabinete de protección y medida y la conexión a tierra, considerado como parte integrante de esta.

Los transformadores de distribución estarán ubicados a lo largo del tendido de poste y se utilizarán tanto para la distribución domiciliar y de micro industrias como para el sistema de iluminación, con el fin de bajar costos del sistema.

Por necesidad de protección y facilidad de operación, se instalarán cuchillas seccionadoras, en los puntos más convenientes de la línea, indicados en los diagramas unifilares de la línea de distribución.

X. Estudio Financiero

1. Monto de Inversiones

El monto de Inversión requerido para el desarrollo de la PCH rio la máquina de 630 kW en bornes de generador es de US\$ 1, 747,956. El detalle de esta inversión se presenta en la siguiente tabla, donde los componentes de la inversión son: Costos de Desarrollo, Equipos Electromecánicos, Tuberías de conducción, Obras Civiles, Montaje Electromecánico, Línea de conexión a la Red del rio la máquina –, Líneas eléctricas, Mobiliario y Equipo de Oficina y Capital de Trabajo.

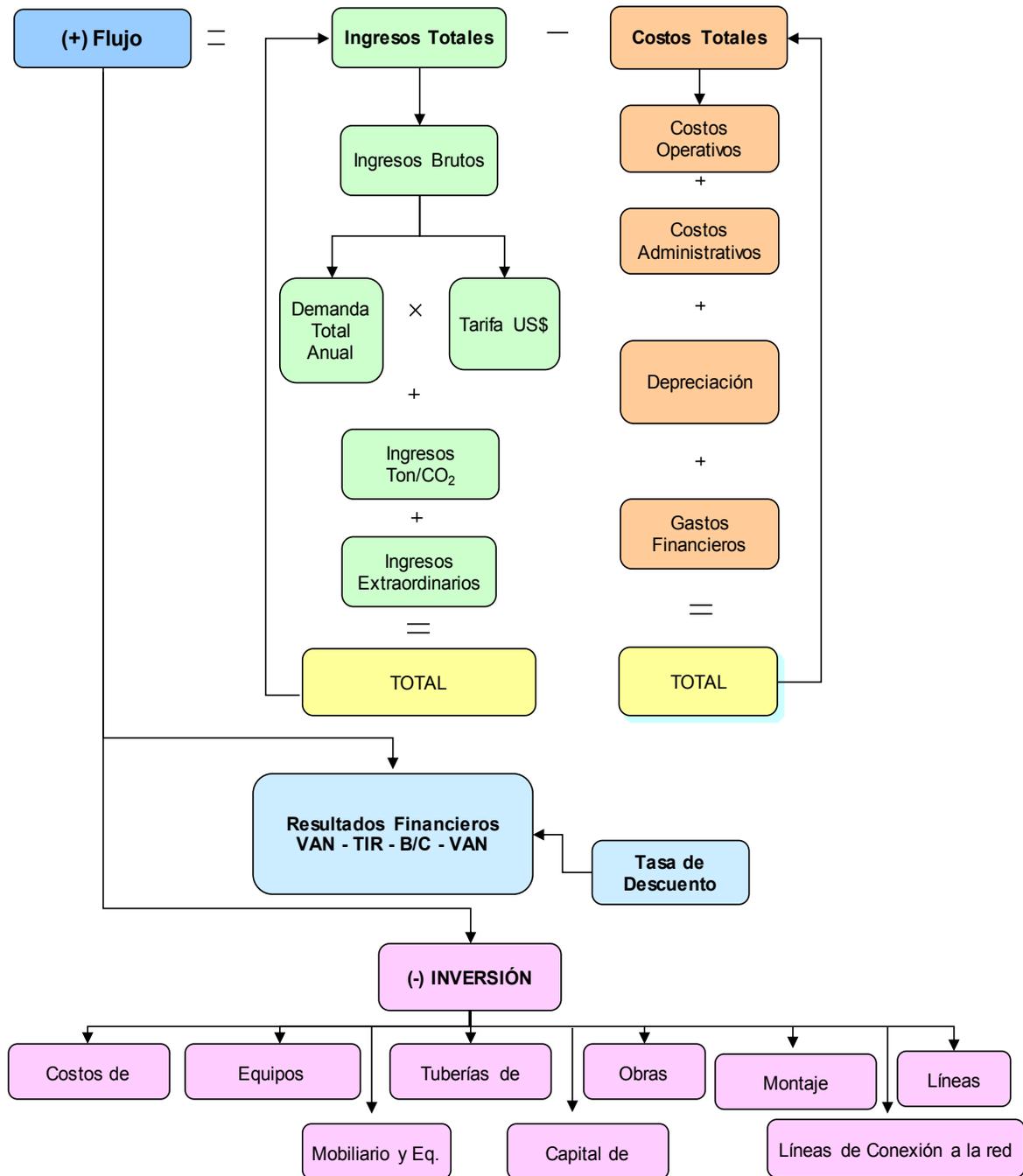
COSTOS DE DESARROLLO	
TOTAL COSTO DE DESARROLLO	USD 20,000
EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS	
TOTAL INVERSIONES EN EQUIPOS	USD 614,000
TUBERÍAS DE CONDUCCIÓN	
Sub-Total Costo Directo	USD 60,000
TOTAL TUBERÍAS DE CONDUCCIÓN	USD 60,000
OBRAS CIVILES	
Sub-Total Costo Directo	USD 477,252
TOTAL OBRAS CIVILES	USD 682,471
MONTAJE ELECTROMECAÑICO	
Sub-Total Costo Directo	USD 80,000
TOTAL MONTAJE ELECTROMECAÑICO	USD 80,000
LÍNEA DE CONEXIÓN A LA RED DIRIAMBA	
Sub-Total Costo Directo	USD 165,000
TOTAL CONEXIÓN A LA RED	USD 165,000
LÍNEAS ELÉCTRICAS	
Sub-Total Líneas Eléctricas	USD 101,359
TOTAL LÍNEAS ELÉCTRICAS	USD 101,359
MOBILIARIO Y EQUIPO DE OFICINA	
TOTAL MOBILIARIO Y EQ. OFICINA	USD 5,000
CAPITAL DE TRABAJO	
TOTAL CAPITAL DE TRABAJO	USD 20,126
MONTO TOTAL DE INVERSIONES DEL PROYECTO	USD 1747,956

TABLA DE INVERSIONES	
MONTO TOTAL DE INVERSIONES	\$1747,956
COSTOS DE DESARROLLO	\$20,000
EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS	\$614,000
TUBERÍAS DE CONDUCCIÓN	\$60,000
OBRAS CIVILES	\$682,471
MONTAJE ELECTROMECAÑICO	\$80,000
LÍNEA DE CONEXIÓN A LA RED DIRIAMBA	\$165,000
LÍNEAS ELÉCTRICAS	\$101,359
MOBILIARIO Y EQ. OFICINA	\$5,000
CAPITAL DE TRABAJO	\$20,126

Del monto total de inversión y de cada uno de sus componentes podemos observar que la inversión por obras civiles representa al mayor porcentaje por gastos de inversión total con un 34%, luego se encuentran la inversión en equipos electromecánicos con un 32% y la inversión en la línea de interconexión eléctrica junto con las líneas eléctricas propias de la PCH con un 20% y un 8% respectivamente. En el cuadro anterior se presentan los costos para cada uno de los componentes de la inversión total.

2. Análisis Financiero

Modelo Financiero



Este análisis nos indicará si la inversión de US\$ 1, 747,956 para el desarrollo de la Pequeña Central Hidroeléctrica río Tuma, con una capacidad instalada de

generación de 630 kW (bornes de generador), es desde el punto de vista estrictamente financiero, recomendable. Los indicadores de este análisis son el Valor Actual Neto (VAN), La Tasa Interna de Retorno (TIR) y la relación Costo Beneficio (B/C).

3. Indicadores

Valor Actual Neto (VAN):

Es el método con el cual se puede determinar el valor del capital invertido al final del período de inversión, es el Valor actualizado de los flujos producidos por el proyecto de inversión. Este indicador es el más importante para la toma de decisión e indica si los resultados de esta inversión superan una inversión alternativa.

Para que el resultado del Valor Actual Neto se tome en consideración sobre la factibilidad del proyecto debe ser positivo, cualquier número con signo negativo como valor del VAN, nos indica que los ingresos por venta de energía, por venta de certificados CO₂ o por ingresos extraordinarios, no compensa al capital invertido mejor que una cuenta de ahorros. Un VAN con signo negativo nos indica, que esta inversión no es desde el punto de vista económico y financiero conveniente.

Tasa Interna de Retorno (TIR):

Es la tasa de actualización que hace que el VAN se iguale a cero. El resultado de este indicador lo debemos de comparar con las tasas de interés y descuento aplicadas sobre el proyecto, y su interpretación es la siguiente:

- $TIR = i$; Inversión es Indiferente
- $TIR > i$; Inversión es Aconsejable
- $TIR < i$; Inversión es Desaconsejable

Donde i , representa a las tasas (descuento/ interés) aplicadas en el análisis.

Relación Costo Beneficio (B/C):

Esta relación debe ser naturalmente mayor que uno. La suma de los beneficios dividida entre los costos asumidos indica cuantas veces ha aumentado la riqueza o el bienestar.

Para interpretar este indicador debemos recordar que existen muchos beneficios indirectos que no se incluyen en esta formulación matemática, pero que representan beneficios tanto al sector doméstico como productivo de las comunidades consideradas en el estudio. Por tanto se debe de considerar este indicador como una aproximación y no como una herramienta única de decisiones.

4. Datos Financieros del Proyecto

La información financiera del proyecto se compone por el cálculo de los ingresos y egresos, por medio de los cuales se obtiene el flujo de efectivo, con el que a su vez se calcula el flujo de efectivo neto.

Los Ingresos se encuentran dados por:

- Ingresos por venta de Energía (demanda local y red nacional)
- Ingresos por venta de certificados

Los egresos se encuentran dados por:

- Costos de Operación y Mantenimiento
- Depreciación
- Gastos Financieros

5. Ingresos por Venta de Energía

El precio unitario de la energía a vender en US\$/kWh deberá estar soportado por acuerdos con el Instituto de Energía Eléctrica (INE) y obedecerá a la viabilidad financiera del proyecto.

Teniendo en cuenta las tarifas del área concesionada, controlada por Unión Fenosa y que las familias de las zonas que beneficia el proyecto PCH la maquina consumen en promedio alrededor de 56.19 kWh por mes, el gasto mensual que éstas tendrían que cubrir por concepto de energía eléctrica deberá de incluir todas las consideraciones y aplicar los resultados obtenidos por medio del estudio de demanda y las proyecciones de esta.

Después de una previa evaluación, la tarifa propuesta para el total de la demanda de energía local (sector doméstico, comunitario y productivo) deberá ser de US\$ 0.22 por kWh. Es necesario mencionar que esta tarifa hace factible al proyecto si el desglose del financiamiento se obtiene como fue planteado anteriormente y se alcanza el porcentaje de donación mencionado, además de realizar la interconexión de la PCH con el sistema eléctrico nacional y proveer a este el excedente energético en busca de una optimización del recurso y aumento de la rentabilidad de la PCH.

Con la aplicación de la tarifa de US\$ 0.22 por kWh, las familias de las localidades dentro del estudio de demanda tendrán un pago mensual de US\$ 8.73 en concepto de consumo doméstico.

Los ingresos de esta inversión se proyectan a los 25 años de duración y se descuentan con el 10% para cada período en un flujo efectivo que naturalmente se ajustará a factores de descuento cada vez menores. Podemos asumir por tanto que la tasa de descuento incluye los efectos inflacionarios.

En el siguiente cuadro se muestra en intervalos de cinco años el cálculo de los ingresos obtenidos por la demandada eléctrica local y una tarifa de US\$/kWh 0.22:

Tabla de Resultados								
	0	1	4	7	10	15	20	25
Ingreso Bruto por Demanda de Energía en localidad		178,451	207,120	240,063	279,911	344,260	427,454	527,796
Ingreso Bruto por Venta a Red Nacional		140,394	131,923	122,190	110,417	91,405	66,825	37,178
Ingreso por venta de CER's Ton/CO ₂		0	0	0	0	0	0	0
Ingresos Extraordinarios		0	0	0	0	0	0	454,628
Ingresos Totales		318,845	339,044	362,253	390,328	435,665	494,279	1019,603
Costos O&M		40,252	40,252	40,252	40,252	40,252	40,252	40,252
Depreciación		46,928	46,928	46,928	46,928	46,928	46,928	46,928
Gastos financieros		30,589	56,449	56,449	56,449	56,449	0	0
Costos Totales		117,769	143,629	143,629	143,629	143,629	87,180	87,180
Estado de Resultados		201,075	195,414	218,624	246,699	292,036	407,099	932,423
Flujo Efectivo antes IR		248,003	242,342	265,552	293,627	338,964	454,027	979,351
Impuesto sobre la Renta		0	0	79,666	88,088	101,689	136,208	293,805
Flujo Efectivo después IR	-826,784	248,003	242,342	185,886	205,539	237,274	317,819	685,546
Factor de Descuento	1.0000	0.9091	0.6830	0.5132	0.3855	0.2394	0.1486	0.0923
Flujo Efectivo Neto	-826,784	225,458	165,523	95,389	79,244	56,802	47,242	63,273

La Pequeña Central Hidroeléctrica del río la máquina tendrá la capacidad de ofrecer al Sistema Interconectado Nacional (SIN) el excedente de energía no consumida por la demanda local, este excedente es el resultado de la alta capacidad de generación anual con la que cuenta la PCH.

Se implementará una línea de conexión al sistema eléctrico nacional, con el propósito de optimizar al máximo el uso del recurso e incrementar la viabilidad económica y financiera de la PCH. Hay que considerar que con esta decisión se subsana la demanda eléctrica considerada en el estudio de la PCH y ciertas deficiencias del suministro en el área.

En el siguiente cuadro se muestra en intervalos de cinco años el cálculo de los ingresos obtenidos por interconexión al sistema eléctrico nacional, la tarifa establecida para el excedente de energía es de US\$ 0.065 kWh.

6. Ingresos por venta de Certificados de Carbono

Considerando que la PCH rio la maquina generará energía eléctrica sobre fuentes renovables, como la hidráulica, será factible demostrar la adicionalidad del proyecto en lo referente a su aporte a las políticas de protección contra el cambio climático.

Un estudio de base de línea demostrará un ahorro efectivo de emisiones de gases de invernadero como el CO₂ que posteriormente podrán ser certificados y comercializados como proyectos CDM, dado que si no se instalara la PCH se presume que se instalarían grupos térmicos diésel como se puede ver en la situación actual

A lo largo de la vida útil del proyecto se desplazarán 53,033 toneladas de CO₂, lo que corresponde a una cifra anual de 2,121 toneladas de CO₂ y se podrán conseguir ingresos adicionales totales por los 25 años de US\$ 265,165 en el caso de comercializarse los certificados a un precio de US\$ 5.00 por TM de CO₂.

Es preciso mencionar que para el cálculo y presentación de los indicadores financieros VAN, TIR y B/C, no se consideran los ingresos por la venta de certificados, esto se hace con el propósito de anular la dependencia de estos ingresos para demostrar la rentabilidad de la PCH, además se debe de considerar a estos ingresos como ingresos secundarios para el beneficio de la PCH.

Existen ingresos extraordinarios al año 25 los cuales son consecuencia del valor residual de la inversión. El valor residual es parte de los ingresos en el último periodo de la inversión y es considerado como un ingreso extraordinario de liquidación. Este ingreso extraordinario está en el orden de los US\$ 548,462 y se coloca en el último año del periodo de análisis de la PCH.

7. Depreciación

Para la deducción de la depreciación se consideraron los siguientes componentes de la inversión: Equipos Electromecánicos, Tuberías de Conducción, Obras Civiles,

Líneas Eléctricas (PCH + interconexión) y Equipo de Oficina. Para este resultado se utilizó el método de depreciación lineal, donde para cada uno de los componentes se utilizaron vidas útiles diferenciadas.

En la depreciación de los Equipos Electromecánicos, Líneas Eléctricas de la PCH y Tuberías de Conducción se consideró una vida útil de 30 años, para la Línea de conexión a la red río la máquina -DIRIAMBÁ una vida útil de 25 años, para las Obras Civiles 50 años y para el equipo de oficina 6 años. Es necesario recordar que la depreciación no es una erogación en términos de efectivo, pero si contablemente (estado de resultado) y sirve de escudo fiscal.

CÁLCULO DE LA DEPRECIACIÓN	INVERSIÓN	VIDA ÚTIL ▼	DEPRECIACIÓN
EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS	\$614,000	30	\$20,467
TUBERÍAS DE CONDUCCIÓN	\$60,000	30	\$2,000
OBRAS CIVILES	\$682,471	50	\$13,649
LÍNEA DE CONEXIÓN A LA RED WAPÍ - LA ESPERANZA	\$165,000	25	\$6,600
LÍNEAS ELÉCTRICAS	\$101,359	30	\$3,379
MOBILIARIO Y EQUIPO DE OFICINA	\$5,000	6	\$833
TOTAL	\$1627,830		\$46,928
VALOR RESIDUAL = INVERSIÓN - DEPRECIACIÓN*25 AÑOS			\$454,628

8. Resultados Financieros

El proyecto se estima tendrá una vida útil de 25 años y por tanto todas las variables están proyectadas a este término.

Para los primeros seis años de operación del proyecto no se hace la deducción del cálculo del Impuesto sobre la Renta, esto según la ley 532 Ley de Promoción a las Energías Renovables la cual fue emitida en abril del 2005. La deducción del IR aplica desde el año siete en adelante, donde se deduce un 30% por IR.

Los índices de inflación y nivel de precios para el análisis financiero fueron obviados porque la influencia a nivel de ingresos y costos es similar y por tanto tienden a ser anulados.

Para el cálculo de los indicadores financieros se consideraron dos situaciones:

- En primer lugar se calcularon los resultados de los indicadores de VAN, TIR y B/C, utilizando el flujo de efectivo neto, el monto de inversión inicial total y aplicando una tasa de descuento del 10%.
- En segundo lugar se calcularon los mismos indicadores utilizando el flujo de efectivo neto, una tasa de descuento del 10%, pero considerando al monto del financiamiento y capital propio a lugar del monto total de la inversión.

Esto se realizó para mostrar las diferencias entre el resultado de los indicadores financieros y confirmar la importancia existente entre el aporte del monto de donación para la inversión y la viabilidad del proyecto.

Se presentan a continuación las tablas de resultados financieros para cada uno de los dos casos mencionados anteriormente, mostrando: Ingresos, Egresos, flujo de efectivo neto e indicadores financieros VAN, TIR y B/C

Resultados del Inversionista con financiamiento

Tabla de Resultados	0	1	4	7	10	15	20	25
Ingreso Bruto por Demanda de Energía en localidad		178,451	207,120	240,063	279,911	344,260	427,454	527,796
Ingreso Bruto por Venta a Red Nacional		140,394	131,923	122,190	110,417	91,405	66,825	37,178
Ingreso por venta de CER's Ton/CO ₂		0	0	0	0	0	0	0
Ingresos Extraordinarios		0	0	0	0	0	0	454,628
Ingresos Totales		318,845	339,044	362,253	390,328	435,665	494,279	1019,603
Costos O&M		40,252	40,252	40,252	40,252	40,252	40,252	40,252
Depreciación		46,928	46,928	46,928	46,928	46,928	46,928	46,928
Gastos financieros		30,589	56,449	56,449	56,449	56,449	0	0
Costos Totales		117,769	143,629	143,629	143,629	143,629	87,180	87,180
Estado de Resultados		201,075	195,414	218,624	246,699	292,036	407,099	932,423
Flujo Efectivo antes IR		248,003	242,342	265,552	293,627	338,964	454,027	979,351
Impuesto sobre la Renta		0	0	79,666	88,088	101,689	136,208	293,805
Flujo Efectivo después IR	-826,784	248,003	242,342	185,886	205,539	237,274	317,819	685,546
Factor de Descuento	1.0000	0.9091	0.6830	0.5132	0.3855	0.2394	0.1486	0.0923
Flujo Efectivo Neto	-826,784	225,458	165,523	95,389	79,244	56,802	47,242	63,273

VAN	10.00%	\$1429,201
TIR		29.55%
B/C		2.22
Ingresos VAN		\$3489,807
Egresos VAN		\$1569,486

Resultados son prestamo

Tabla de Resultados	0	1	4	7	10	15	20	25
Ingreso Bruto por Demanda de Energía en localidad		178,451	207,120	240,063	279,911	344,260	427,454	527,796
Ingreso Bruto por Venta a Red Nacional		140,394	131,923	122,190	110,417	91,405	66,825	37,178
Ingreso por venta de CER's Ton/CO ₂		0	0	0	0	0	0	0
Ingresos Extraordinarios		0	0	0	0	0	0	454,628
Ingresos Totales		318,845	339,044	362,253	390,328	435,665	494,279	1019,603
Costos O&M		40,252	40,252	40,252	40,252	40,252	40,252	40,252
Depreciación		46,928	46,928	46,928	46,928	46,928	46,928	46,928
Gastos financieros		30,589	56,449	56,449	56,449	56,449	0	0
Costos Totales		117,769	143,629	143,629	143,629	143,629	87,180	87,180
Estado de Resultados		201,075	195,414	218,624	246,699	292,036	407,099	932,423
Flujo Efectivo antes IR		248,003	242,342	265,552	293,627	338,964	454,027	979,351
Impuesto sobre la Renta		0	0	79,666	88,088	101,689	136,208	293,805
Flujo Efectivo después IR	-1747,956	248,003	242,342	185,886	205,539	237,274	317,819	685,546
Factor de Descuento	1.0000	0.9091	0.6830	0.5132	0.3855	0.2394	0.1486	0.0923
Flujo Efectivo Neto	-1747,956	225,458	165,523	95,389	79,244	56,802	47,242	63,273

VAN	10.00%	\$508,030
TIR		13.43%
B/C		1.40
Ingresos VAN		\$3489,807
Egresos VAN		\$2490,657

De los resultados podemos establecer que:

Los indicadores financieros VAN, TIR y BC, considerando el subsidio de la Donación sobre el monto de inversión total y los beneficios por la interconexión al sistema eléctrico nacional, indican factibilidad del proyecto.

El resultado del Valor Actual Neto es de US\$ 1, 429,201 el cual sobre un valor de inversión de US\$ 1, 747,956 (Donación + capital propio) representa el 90 %. Este resultado es positivo, con una tasa de descuento del 10 % se cumple con los criterios de aceptación para el VAN e indica factibilidad sobre el proyecto por lo tanto este resultado se considera como un factor para la toma de decisión sobre el desarrollo de este proyecto de inversión.

El resultado de la Tasa Interna de Retorno a la que el VAN alcanza un valor de cero es de 29.55%, este resultado es mayor que la tasa de descuento y que la tasa de interés aplicada sobre el financiamiento, lo que representa beneficios sobre el capital invertido. El resultado de la TIR se puede interpretar como el máximo coste de capital que soporta este proyecto de inversión.

Por último el resultado de la relación Beneficio-Costo es 2.22 mayor que uno, factor establecido para este índice. Este nos muestra la rentabilidad en términos *relativos* y nos indica que por cada US\$ 1.00 invertido se están obteniendo US\$ 1.22.

Por lo explicado anteriormente podemos concluir que sobre los resultados financieros el desarrollo de la PCH la maquina es factible, sin embargo esta factibilidad solo se garantiza si se mantienen los parámetros y condiciones sobre el porcentaje de donación como subsidio al monto de la inversión total y la conexión al sistema interconectado nacional (SIN) para una optimización del recurso y aumento de la factibilidad de la PCH.

XI. Conclusiones

- La demanda eléctrica de las comunidades beneficiadas por la PCH la maquina puede ser tipificada en dos sectores: la doméstica y la comunitaria. Además de estos tres sectores se encuentra la demanda representada por la interconexión de la PCH la maquina al sistema eléctrico nacional, al cual se proveerá del excedente energético para la optimización del recurso.
- El total de la demanda eléctrica local para el año 25 es de 2, 399,074 kWh
- La potencia eléctrica máxima en horas pico requerida para satisfacer la demanda local en el año 1 es de 196.36 kWh, mientras que para el año 25 se estima un valor de 553.29 kWh. Por otro lado, la potencia eléctrica mínima en horas valle requerida para satisfacer la demanda local en el año 1 es de 36.93 kWh, mientras que para el año 25 se estima un valor de 94.51 kWh.
- La PCH rio la maquina permitirá satisfacer la demanda estimada de los poblados beneficiados durante la vida útil del proyecto. La demanda local proyectada en las horas pico (6:00 a 10:00 pm) podrá ser cubierta completamente por todo el tiempo de análisis de la PCH rio la máquina.
- Los indicadores financieros para el inversionista, obtenidos con el flujo de efectivo y una tasa de descuento del 10% son los siguientes: una TIR de 29.55%, un VAN de US\$ 1, 429,201 y una relación B/C de 2.22.
- Las comunidades incluidas en el estudio de demanda local se encuentran en segmentos socio-económicos con baja capacidad de pago y con grados de pobreza demostrados, por lo que no es posible conseguir la rentabilidad del proyecto aplicando tarifas altas. El resultado obtenido de la evaluación financiera determina una tarifa de 0.22 US\$, la cual se encuentran dentro del rango especificado por la CNE de US\$ 0.15 a US\$ 0.22

XII. Bibliografía

- OLADE. “Manual de Mini y Microcentrales Hidráulicas”. Una guía para el desarrollo de proyectos. Federico Coz, Teodoro Sánchez y Javier Ramírez Gastón. – Lima: ITDG, 1995.
- ORTIZ Flores, Ramiro. Pequeñas centrales hidroeléctricas, McGraw Hill, 2001.
- Baca Urbina, G. Evaluación de Proyectos. 2001. 4ta. Edición. Editorial McGraw-Hill. México.
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo) – OLADE (Organización Latinoamericana de Energía). Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental de Centrales Hidroeléctricas.
- Nassir Sapag y Reynaldo Sapag. Preparación y evaluación de proyectos. McGraw Hill. 1999