

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

**Título**

**“FORMULACION Y EVALUACION DE UNA PEQUEÑA CENTRAL  
HIDROELECTRICA DE 600KW EN EL RIO TUMA”.**

**Autores:**

- Br. Javier Orlando Hurtado Sampson 2005-20282
- Br. Bosco Javier Pilarte Barahona 2010-32796

**Tutor:**

Ing. Juan González Mena

**Managua, Enero 2016**

---

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I: Introducción y análisis estratégico del Proyecto .....	4
I. Introducción .....	4
II. Antecedente .....	7
III. Planteamiento del problema .....	9
IV. Objetivos del Estudio .....	10
4.1 Objetivo General .....	10
4.2 Objetivo Específico .....	10
V. Justificación .....	11
VI. Marco teórico .....	12
VII. Metodología de Trabajo .....	19
CAPITULO II: Estudio de Mercado .....	20
VIII. Mercado Eléctrico .....	20
1. Área de Mercado .....	20
2. Estimación de la Demanda .....	21
3. Estimación de la curva de demanda diaria .....	24
CAPITULO III: Estudio Técnico .....	26
IX. DESCRIPCION DEL PROYECTO .....	26
1. Topografía .....	26
2. Hidrología .....	27
X. Diseño de obras de conducción .....	28
A. Tubería de Presión .....	30
B. Cálculo de las Pérdidas en la Conducción – Flujo a Presión .....	30
C. Canal de Conducción .....	31
D. Definición de los Esquemas Básicos y Definitivos de los Proyectos .....	33
E. Regulación y Potencia .....	34
F. Regulación de Velocidad y Frecuencia .....	35
G. Potencia .....	36
H. Equipos .....	37
CAPITULO IV: Estudio de Impacto Ambiental .....	46
XI. Impacto ambiental en la red de distribución de la PCH .....	46
CAPITULO V: Estudio Financiero .....	48
XII. Monto de Inversiones .....	48

---

1. Análisis Financiero.....	51
2. Indicadores.....	52
3. Datos Financieros del Proyecto.....	53
4. Ingresos por Venta de Energía .....	53
5. Ingresos por venta de Certificados de Carbono.....	55
6. Depreciación .....	56
7. Resultados Financieros.....	57
XIII. Conclusiones .....	61
XIV. Recomendaciones .....	62
XV. Bibliografía .....	63
XVI. ANEXOS .....	64
A. ANEXOS .....	64

---

## **CAPITULO I: Introducción y análisis estratégico del Proyecto**

### **I. Introducción**

El emplazamiento seleccionado para este Proyecto se localiza al noreste del departamento de Matagalpa, República de Nicaragua, a 206 Km kilómetros de la capital Managua.

La Central Hidroeléctrica en el Río Tuma consiste en un complejo hidroeléctrico dentro de pequeña central hidroeléctrica (600 KW) que aprovecha las aguas del río Tuma, el cual es alimentado por el río grande de Matagalpa.

En esta región del país se contempla el desarrollo de otros proyectos hidroeléctricos en cascada, desde la confluencia del río Matagalpa. Todos estos ríos son aprovechados para la generación de energía eléctrica.

La generación de electricidad en áreas aisladas fuera del SIN es una actividad que en Nicaragua se está consolidando por medio de la implementación del Plan Nacional de Inversiones en Energías Renovables implementada por el Gobierno de Unidad y Reconciliación Nacional a través de la Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica ENATREL , la cual orienta y facilita el desarrollo sustentable del sector energía, para contribuir al desarrollo nacional en un marco de equidad social, crecimiento económico y preservación del medio ambiente.

Los resultados del trabajo de investigación se han planteado en los siguientes capítulos:

- 1) Introducción y Análisis estratégico del proyecto,
- 2) Estudio de mercado y demanda
- 3) Estudio Técnico
- 4) Evaluación de impacto ambiental
- 5) Evaluación financiera del proyecto
- 6) Conclusiones y recomendaciones

---

Los principales aspectos que conforman el capítulo 1, Introducción y Análisis estratégico del proyecto abarcan desde los antecedentes, el planteamiento del problema de la situación actual de la zona en estudio.

Así mismo son parte de este capítulo 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.

Finalmente se tienen las razones que justifican 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.

En el capítulo II, 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 capítulo III, 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.

---

El capítulo IV contiene la Evaluación de impacto ambiental para las fases de construcción de las redes de Distribución una vez operando la PCH en las que se identificaron las principales acciones que pueden generar impactos ambientales; así mismo, se formuló la caracterización del área de influencia directa considerando el medio ambiente físico, con sus recursos de tierra. El medio ambiente biótico que integra la cobertura vegetal, la fauna terrestre.

Además se realizó la identificación, evaluación e interpretación de impactos ambientales, trazando las medidas adecuadas en el Plan de gestión ambiental que permita corregir los impactos negativos significativos, así como para fortalecer los impactos positivos. Estas actividades se realizaron en comparación conjunta con los componentes ambientales Físico – Ecológico.

A continuación el capítulo V, 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.

El presente estudio de pre factibilidad de la pequeña central hidroeléctrica del río Tuma, en la región de Matagalpa, incluye al final, las conclusiones y recomendaciones derivadas de las investigaciones realizadas.

---

## II. Antecedente

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.

En el año 2014, la cobertura eléctrica alcanzó un 80.42 por ciento, para este 2015 proyecta llegar a un 85 por ciento y en el 2016 se espera llegar a un noventa por ciento.

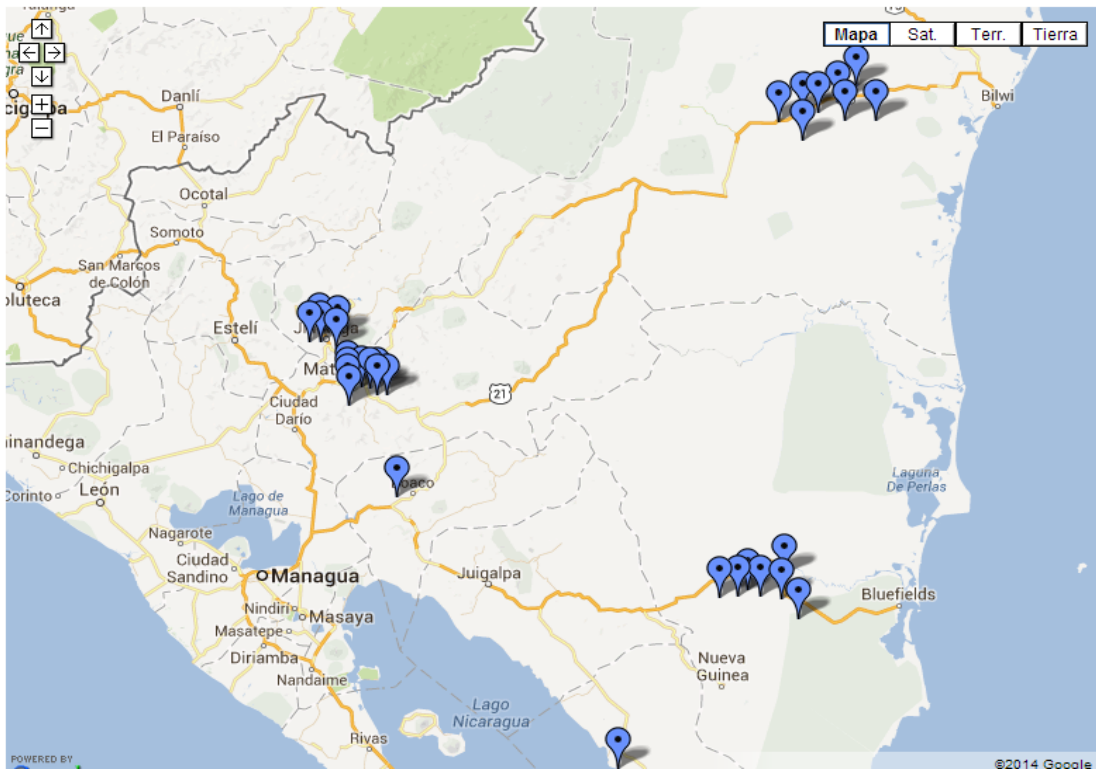
Nicaragua es uno de los países de la región centroamericana que ha desarrollado buenas experiencias en la producción de energía renovable, lo que le ha permitido exportar.

Según el sitio web del Programas Energías Renovables y Eficiencia Energética en Centroamérica (Energías4E), Nicaragua proyecta un importante repunte en sus ventas regionales de energía mediante el aprovechamiento de sus fuentes renovables como la eólica, geotérmica, hidroeléctrica, biomasa y solar.

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).

Según Enatel el país mantiene altos niveles de generación renovable y en los últimos dos años ha exportado el excedente de este a países de la región como El Salvador, Honduras, Costa Rica y Panamá.

## Mapa de Proyectos hidroeléctricos





---

### **III. Planteamiento del problema**

El principal problema que afecta a los beneficiarios es el precio de la electricidad, la que es generada utilizando como fuente primaria energética los derivados del petróleo.

Otro de los problema se debe a que esta comunidad se encuentra fuera del SIN (Sistema Interconectado Nacional) y por tanto está dentro de la categoría de zonas aisladas donde llevar la electricidad por líneas de transmisión es costoso.

Por otro lado el limitado aprovechamiento del potencial hidroeléctrico en el área de estudio y la falta de infraestructura en hidroeléctrica contribuye al uso del petróleo como fuente de energía eléctrica generando alta dependencia de los derivados del petróleo y un alto precio.

---

## **IV. Objetivos del Estudio**

### **4.1 Objetivo General**

- Formular y evaluar el estudio de pre factibilidad de una PCH como alternativa energética en el río Tuma departamento de Matagalpa.

### **4.2 Objetivos Específicos**

- Cuantificar la oferta y demanda de energía eléctrica en la zona.
- Evaluar la viabilidad financiera del proyecto a través de indicadores financieros de la VAN y TIR.
- Diseñar la PCH con la ayuda de la herramienta computacional AutoCAD.

---

## V. Justificación

La zona de aprovechamiento la constituye la prolongación del río Tuma, recurso natural renovable que será utilizado para la generación limpia de electricidad cuyos costos de producción son altamente competitivos y ambientalmente sustentables.

Al comparar los beneficios de producir un GWh con combustibles fósiles versus el aprovechamiento del recurso natural renovable agua, se evita el consumo de 67 mil galones de combustibles fósiles, lo que representa un ahorro de divisas y una emisión evitada de aproximadamente 270 toneladas de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>).

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 –CO<sub>2</sub>- 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 CO<sub>2</sub>.

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.

---

## VI. Marco teórico

### 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 la energía 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 pequeñas centrales hidroeléctricas 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

<b>POTENCIA (kW)</b>	<b>TIPO</b>
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.

### **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 del 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 será el tipo de PCH utilizada.

### **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, 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 máquina 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:

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

Dónde:

- ❖  $\rho$  es la densidad del fluido
- ❖  $V$  es la velocidad

**Cálculo de la energía cinética de un fluido**

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 **vattios** (W), **kilovattios** (kW), **megavattios** (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 kilovattios-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 m<sup>3</sup>/seg.

### **Caudal de Diseño.**

### **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 Interconectado Nacional –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 de Trabajo**

Para la realización de la presente tesis se utilizó la investigación Participativa donde se ha elaborado 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.

### **Etapas de Campo**

Consiste en la inspección del área donde se realizará la construcción de la PCH, aforo del Río Tuma 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.

### **Etapas 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

---

## **CAPITULO II: Estudio de Mercado**

### **VIII. Mercado Eléctrico**

El Mercado Eléctrico del área, se describe mediante la infraestructura de subtransmisión y transformación, la distribución de electricidad, información estadística histórica proyectada de los usuarios y consumos de energía eléctrica.

El estudio hace una relación del potencial hidroeléctrico del Río Tuma en su prolongación, con las perspectivas de ampliación del sistema eléctrico del área, así como también con el crecimiento demográfico de las poblaciones del lugar. El desarrollo del estudio propone en consecuencia, el análisis de componentes de demanda y oferta.

#### **1. Área de Mercado**

Las tendencias de regionalización de las economías centroamericanas dan origen a una perspectiva de crecimiento más acelerado que el previsto, a esto habrá que sumar la interconexión de los países centroamericanos a través del Sistema de Interconexión Eléctrica para América Central (SIEPAC).

Estos proyectos aseguran el desarrollo económico del área, induciendo la creación de nuevas empresas, nuevas fuentes de trabajo, mejoramiento de la calidad de vida, más hogares con acceso a energía eléctrica, recursos financieros para inversión, diversificación de los servicios de desarrollo, etc.

El área de mercado aplica principalmente a la población rural del río Tuma y pobladores vecinos de la zona directa de aprovechamiento hidroeléctrico. En la actualidad se beneficiarán con la prestación del servicio de electricidad, más de 4,800 habitantes.

---

## 2. Estimación de la Demanda

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 óptima 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 un 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) represente las horas del día y en la ordenada (Y) la potencia expresada en kW.
  - ❖ La mayor carga pico Pp, 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:

$$\mathbf{F_c = D_m / D_p}$$

Dónde:

**Fc** = Factor de carga

**Dm** = Es la demanda media

**Dp** = La demanda pico.

Los beneficiarios con la implementación de la PCH del río Tuma son:

- ❖ 800 viviendas al momento del estudio.

El estudio de demanda de energía eléctrica para las localidades beneficiadas por el desarrollo de la PCH del río Tuma considera a tres grupos de consumidores potenciales: doméstico, comunitario, y sector productivo. 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 633,565 kWh, la cual se irá incrementando hasta llegar a los 2, 146,812 Kwh en el año 25.

De los resultados de este estudio se tiene que los beneficiarios del proyecto consume actualmente un promedio alrededor de 48.51 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.

<b>Demanda Mensual de kWh por vivienda</b>						
	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>
<b>Demanda Doméstica Total por Día</b>	<b>1,293.70</b>	<b>1,689.60</b>	<b>2,114.76</b>	<b>2,647.70</b>	<b>3,314.86</b>	<b>4,147.92</b>
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\$	9.70	11.24	12.10	13.04	14.05	15.13

**Promedios Nacionales de Consumo Rural**

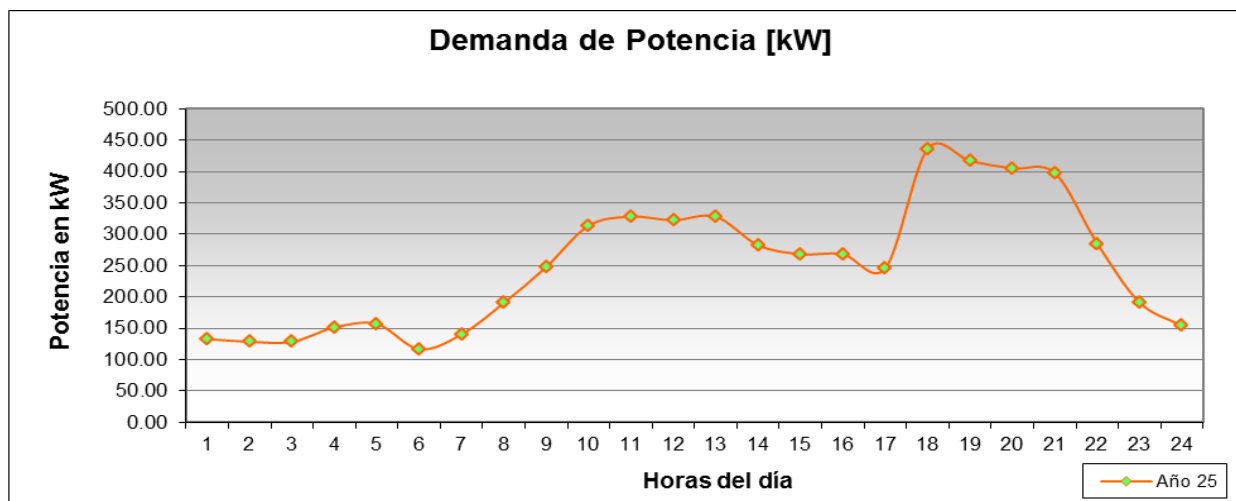
kWh Mensual = 75 kWh

kWh Diario = 2.5 kWh

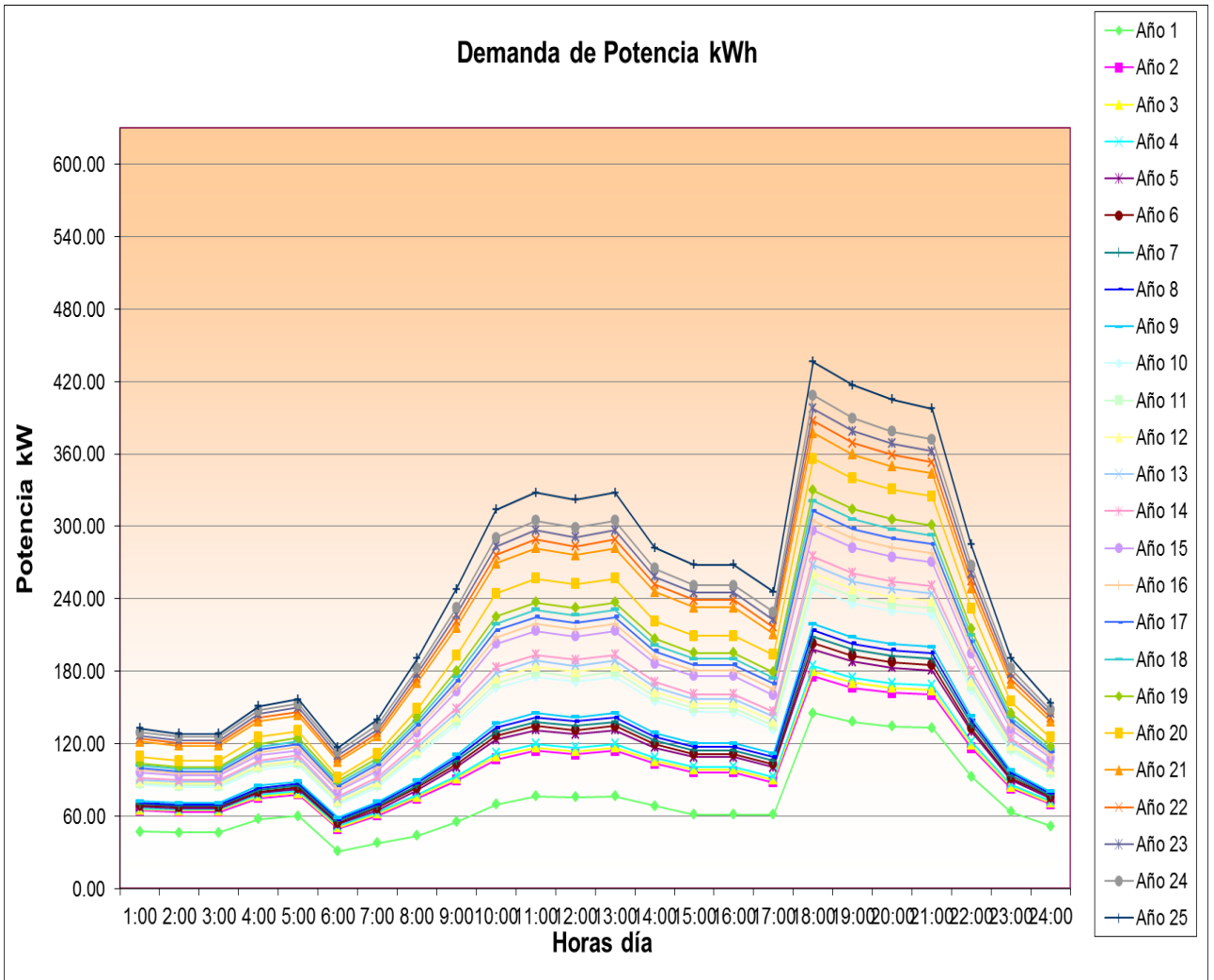
Demanda Local Energética				Provisión Energética SIN		
Años	Total Demanda Local (kWh)	Total Demanda Local (MWh)	Total Demanda Local (GWh)	Provisión SIN (kWh)	Provisión SIN (MWh)	Provisión SIN (GWh)
1	633,565	634	0.63	2337,481	2,337	2.34
2	838,187	838	0.84	2132,859	2,133	2.13
3	857,621	858	0.86	2113,425	2,113	2.11
4	877,726	878	0.88	2093,320	2,093	2.09
5	937,478	937	0.94	2033,568	2,034	2.03
6	960,499	960	0.96	2010,547	2,011	2.01
7	984,388	984	0.98	1986,658	1,987	1.99
8	1008,691	1,009	1.01	1962,354	1,962	1.96
9	1033,836	1,034	1.03	1937,210	1,937	1.94
10	1212,678	1,213	1.21	1758,368	1,758	1.76
11	1240,978	1,241	1.24	1730,068	1,730	1.73
12	1270,256	1,270	1.27	1700,790	1,701	1.70
13	1302,171	1,302	1.30	1668,875	1,669	1.67
14	1335,186	1,335	1.34	1635,860	1,636	1.64
15	1442,878	1,443	1.44	1528,168	1,528	1.53
16	1481,243	1,481	1.48	1489,803	1,490	1.49
17	1519,462	1,519	1.52	1451,584	1,452	1.45
18	1559,128	1,559	1.56	1411,917	1,412	1.41
19	1600,701	1,601	1.60	1370,345	1,370	1.37
20	1717,356	1,717	1.72	1253,690	1,254	1.25
21	1869,879	1,870	1.87	1101,167	1,101	1.10
22	1917,895	1,918	1.92	1053,150	1,053	1.05
23	1967,753	1,968	1.97	1003,293	1,003	1.00
24	2019,529	2,020	2.02	951,517	952	0.95
25	2146,812	2,147	2.15	824,234	824	0.82

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

### 3. Estimación de la curva de demanda diaria







---

## CAPITULO III: Estudio Técnico

### IX. DESCRIPCION DEL PROYECTO

El proyecto PCH río Tuma se ubica aproximadamente a 206 km de distancia de la capital Managua. Se encuentra al Norte del municipio de Matagalpa. El acceso al Proyecto PCH río Tuma se realiza, como resumen, de la siguiente manera:

1. Se sigue la carretera desde Managua hacia Matagalpa



#### 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 presentan a continuación.

### Datos Básicos

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

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



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 <sup>3</sup> /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 tablones 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 [ m<sup>2</sup> ]  
 $v_{TR}$  = Velocidad de Flujo en la rejilla [ m/s ]  
 $Q_T$  = Descarga de Diseño de la Tubería [ m<sup>3</sup>/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.

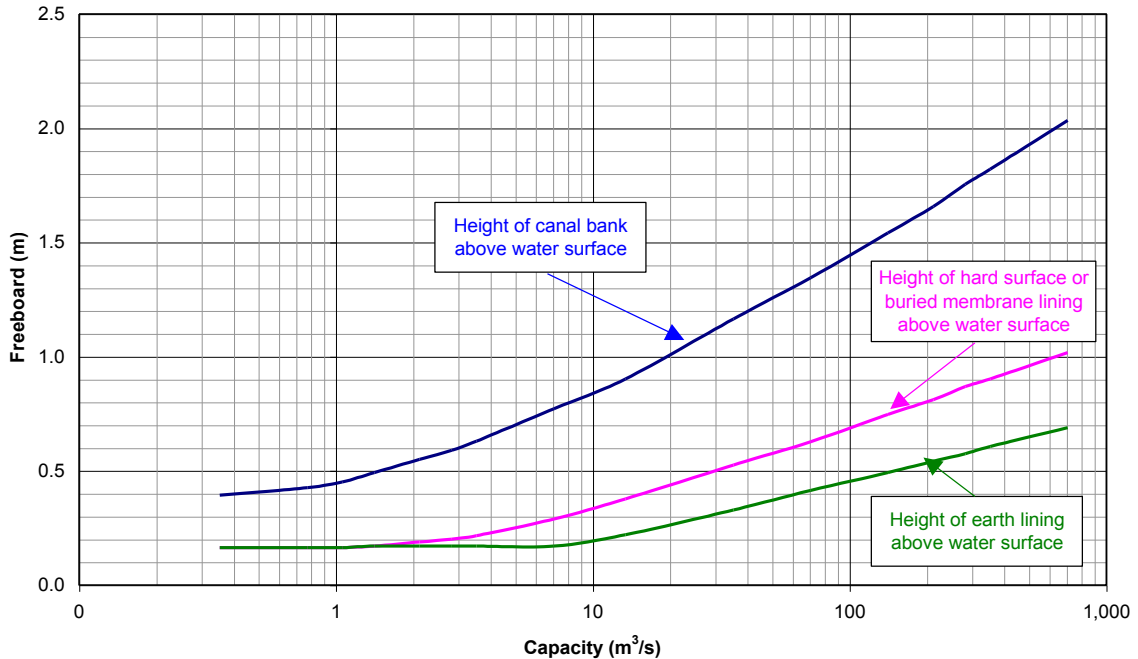
$$f^{-1/2} = -2 \cdot \log \left( \frac{2.51}{Re \cdot f^{1/2}} + \frac{k_s}{3.71 \cdot d} \right)$$

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:



Se tienen que proveer estructuras de escape para evitar que el nivel de agua sobrepase los bordes del canal en áreas arbitrarias. 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.

#### **D. Definición de los Esquemas Básicos y Definitivos de los Proyectos**

La Pequeña Central Hidroeléctrica de Muelle Real está 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 uno; 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 x 1.1 m<sup>2</sup> y en continuación dos tubos de acero y de 1.0 m<sup>2</sup> de diámetro de 28 m de longitud total.
- Casa de Máquinas localizada 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 m<sup>3</sup>/s, lo que permite instalar una potencia de 600 kW (eje Turbina).

## **E. Regulación y Potencia**

La regulación de la PCH Muelle real 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.

#### **F. 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 Tuma 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.

## **G. Potencia**

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

- El Caudal [Q] disponible = 4.30 m<sup>3</sup>/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/s<sup>2</sup>

$\eta T$  = eficiencia Turbina Cross Flow: aprox. 84.0%

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

$$P_{total} = 630 \text{ kW ( 600 kw)}$$

Esto corresponde a la potencia nominal de la PCH Salto Molejones. 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%):

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

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

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 (fp 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  $103 \text{ kW}$  - eje turbina,  $107 \text{ kVA}$  bornes generador.

## H. Equipos

### Válvula de Cierre

La PCH muelle real no estará equipada con válvulas de cierre en las entradas a las turbinas, debido a la baja caída bruta de  $19.5 \text{ m}$ . 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 Salto Molejones la 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 muelle 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<sub>r</sub> ]
- 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 de la postera de madera 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.

---

## **CAPITULO IV: Estudio de Impacto Ambiental**

### **1. Impacto ambiental en la red de distribución de la PCH**

En el marco del estudio de pre factibilidad de la PCH rio Tuma se presenta este informe que describe el proceso y los resultados de la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental de la propuesta de Proyecto PCH rio Tuma en la zona norte del país. Este contempla el análisis de las diferentes actividades que integran el proceso desde el estudio del terreno hasta la conexión de las acometidas a los usuarios y distribución.

El primer paso realizado fue la definición de la línea base ambiental del área de influencia del proyecto. Posteriormente se identificaron los impactos que el proyecto puede generar en los factores del medio y, a través de una serie de matrices propuestas en el Método de Evaluación Cualitativa de Milán (1998), se procedió a valorar e identificar dichos impactos ambientales relacionados con el entorno de incidencia.

Habiendo valorado los impactos positivos y negativos generados por el proceso, según la metodología aplicada, se propusieron algunas medidas de mitigación para los impactos negativos críticos y los moderados con tendencia a convertirse en críticos, ya que son los aspectos más sensibles en cuanto a la interacción apropiada entre el tendido eléctrico y el medio.

Los resultados del EIA, reflejan que los mayores impactos sobre flora y fauna se darán durante la construcción de las obras. Desde el punto de vista social hay impactos positivos, en cuanto a la generación de empleo, aumento de la producción y del comercio y en consecuencia aumento de la calidad de vida de los pobladores locales ver anexos A.

Los impactos negativos, en una magnitud bastante modesta, se generan sobre todo en la construcción de la presa, las excavaciones para la instalación de la

---

tubería de presión, la construcción de la casa de máquinas, la línea de distribución y construcción y uso de los caminos de acceso. Los impactos se darán primordialmente sobre la vegetación y los suelos. También habrá emisión de gases y emisión de ruidos; impactos que con medidas de mitigación y prevención bien implementadas pueden ser minimizados.

Los impactos durante la operación corresponden principalmente a la disminución del caudal natural del río, entre la captación y la casa de máquinas. Esta disminución debe ser controlada; un caudal ambiental del orden del 10% del caudal mínimo debe permanecer siempre en el cauce.

---

## CAPITULO V: Estudio Financiero

### 2. Monto de Inversiones

El monto de Inversión requerido para el desarrollo de la PCH rio Tuma de 600 kW en bornes de generador es de US\$ 2, 332,304. 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 Tuma –, Líneas eléctricas, Mobiliario y Equipo de Oficina y Capital de Trabajo.

<b>TABLA DE INVERSIONES</b>	
<b>MONTO TOTAL DE INVERSIONES</b>	<b>\$2332,304</b>
<b>COSTOS DE DESARROLLO</b>	<b>\$20,000</b>
<b>EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS</b>	<b>\$708,000</b>
<b>TUBERÍAS DE CONDUCCIÓN</b>	<b>\$100,000</b>
<b>OBRAS CIVILES</b>	<b>\$825,471</b>
<b>MONTAJE ELECTROMECAÑICO</b>	<b>\$90,000</b>
<b>LÍNEA DE CONEXIÓN A LA RED LA WAPÍ- LA ESPERANZA</b>	<b>\$465,000</b>
<b>LÍNEAS ELÉCTRICAS</b>	<b>\$101,359</b>
<b>MOBILIARIO Y EQ. OFICINA</b>	<b>\$5,000</b>
<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>	<b>\$17,474</b>

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 33%, luego se encuentran la inversión en equipos electromecánicos con un 30% 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 siguiente se presentan los costos para cada uno de los componentes de la inversión total.

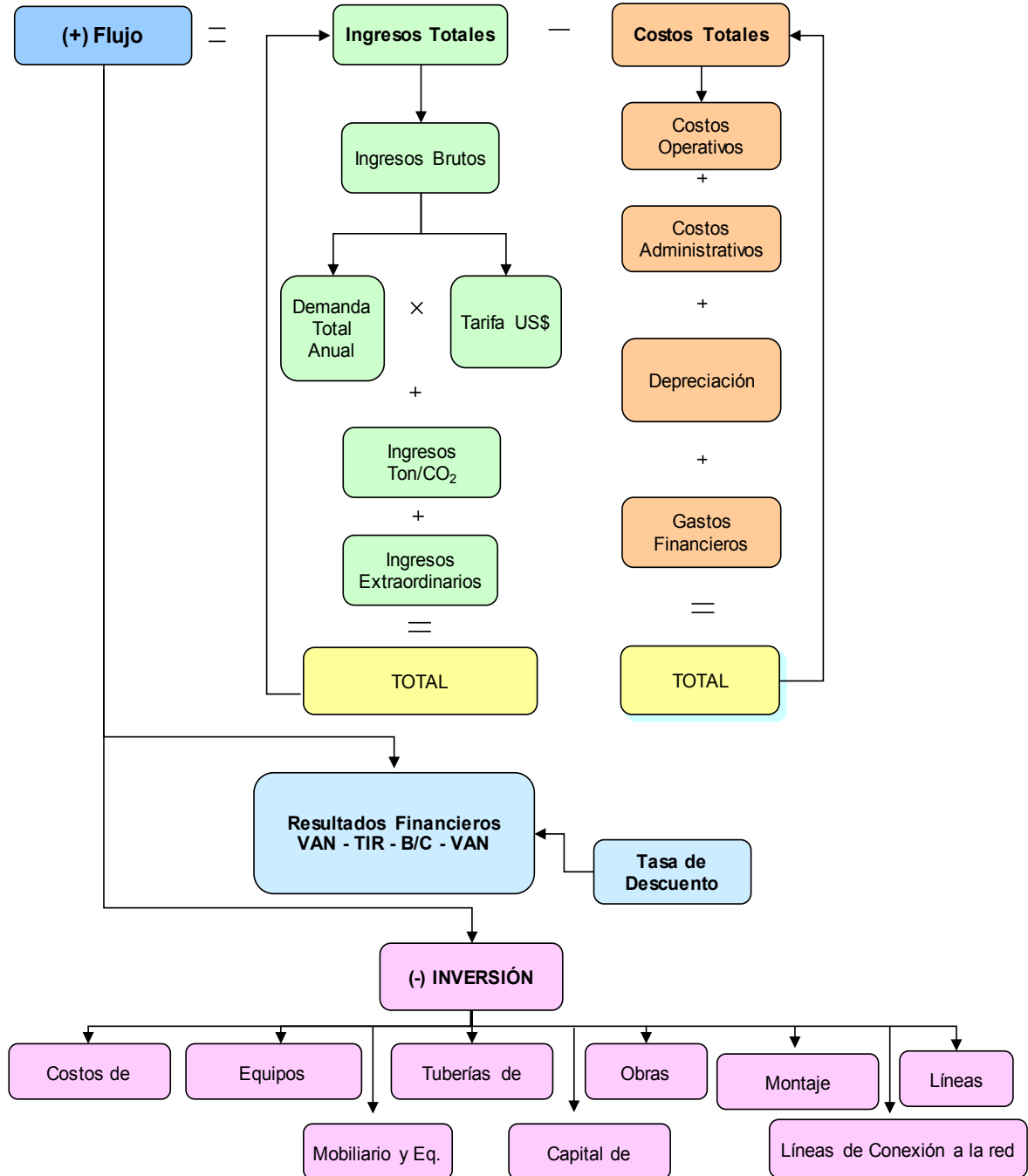


<b>COSTOS DE DESARROLLO</b>	
Constitución Jurídica	USD 4,000
Adquisición de Terrenos	USD 6,000
Concesión de Distribución	USD 10,000
<b>TOTAL COSTO DE DESARROLLO</b>	<b>USD 20,000</b>
<b>EQUIPOS ELECTROMECA'NICOS</b>	
Equipos Electromecánico (importado)	USD 690,000
<b>Sub-Total Costo Equipo Importado</b>	<b>USD 690,000</b>
Costos Indirectos	USD 0
Imprevistos	USD 0
Ing. & Administración	USD 0
Utilidades	USD 0
<b>TOTAL COSTO EQUIPO ELECTROMECA'NICO IMPORTADO</b>	<b>USD 690,000</b>
Costos Portuarios y Aduaneros	USD 8,000
Costo Directo Total de eq. Mecánicos Locales	USD 0
Costo Directo Total de Equipos Locales	USD 0
Costo Directo Total de Transporte Local	USD 10,000
<b>TOTAL COSTOS PORTUARIOS Y TRANSPORTE</b>	<b>USD 18,000</b>
<b>OTROS COSTOS</b>	
Repuestos para Equipo Importado, Casa de Máquinas, Planta de Emergencia	USD 0.00
Otros Equipos	USD 0.00
Cables	USD 0.00
Instalaciones Eléctricas Casa de Maquinas	USD 0.00
Herramientas para Mantenimiento	USD 0.00
Herramientas para Linieros	USD 0.00
<b>TOTAL OTROS COSTOS</b>	<b>USD 0</b>
Curso de Capacitación y Entrenamiento (incluidos en rubros externos)	USD 0.00
<b>TOTAL COSTO CURSOS</b>	<b>USD 0</b>
<b>TOTAL INVERSIONES EN EQUIPOS</b>	<b>USD 708,000</b>
<b>TUBERÍAS DE CONDUCCIÓN</b>	
Tuberías y Accesorios	USD 100,000
	USD 0
<b>Sub-Total Costo Directo</b>	<b>USD 100,000</b>
Costos Indirectos	USD 0
Imprevistos	USD 0
Ing. & Administración	USD 0
Utilidades	USD 0
<b>TOTAL TUBERÍAS DE CONDUCCIÓN</b>	<b>USD 100,000</b>

<b>OBRAS CIVILES</b>	
Obras Generales	USD 1,192
Presa y Obras de Captación	USD 390,136
Obras de Conducción	USD 46,248
Obras de Casa de Maquinas	USD 48,660
Casa del Operador	USD 12,000
Obras de desvío temporal	USD 79,016
<b>Sub-Total Costo Directo</b>	<b>USD 577,252</b>
Costos Indirectos	USD 115,450
Imprevistos	USD 57,725
Ing. & Administración	USD 46,180
Utilidades	USD 28,863
<b>TOTAL OBRAS CIVILES</b>	<b>USD 825,471</b>
<b>MONTAJE ELECTROMECAÁNICO</b>	
Contrato Montaje Electromecánico y Pruebas	USD 90,000
	USD 0
<b>Sub-Total Costo Directo</b>	<b>USD 90,000</b>
<b>TOTAL MONTAJE ELECTROMECAÁNICO</b>	<b>USD 90,000</b>
<b>LÍNEA DE CONEXIÓN A LA RED WAPÍ- LA ESPERANZA</b>	
Conexión a la Red, Línea de Conexión	USD 465,000
	USD 0
<b>Sub-Total Costo Directo</b>	<b>USD 465,000</b>
<b>TOTAL CONEXIÓN A LA RED</b>	<b>USD 465,000</b>
<b>LÍNEAS ELÉCTRICAS</b>	
Materiales para construir Línea de 24.9 kV	USD 10,000
Luminarias de las Comunidades	USD 8,379
Contadores de Energía	USD 0
Contrato de Montaje	USD 73,710
Conversión de Línea Existente	USD 0
Imprevistos	USD 9,270
SUPERVISIÓN GENERAL Cubierto por otros presupuestos	USD 0
<b>Sub-Total Líneas Eléctricas</b>	<b>USD 101,359</b>
<b>TOTAL LÍNEAS ELÉCTRICAS</b>	<b>USD 101,359</b>
<b>MOBILIARIO Y EQUIPO DE OFICINA</b>	
1 Computadora + accesorios + impresora	USD 1,500
2 Escritorios + sillas + estantería + armarios + otros muebles y enseres	USD 2,000
1- motocicleta	USD 1,500
<b>TOTAL MOBILIARIO Y EQ. OFICINA</b>	<b>USD 5,000</b>
<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>	
50% del costo operativo del año de inicio de operaciones	USD 17,474
<b>TOTAL CAPITAL DE TRABAJO</b>	<b>USD 17,474</b>
<b>MONTO TOTAL DE INVERSIONES DEL PROYECTO</b>	<b>USD 2332,304</b>

# 1. Análisis Financiero

## Modelo Financiero



---

Este análisis nos indicará si la inversión de US\$ 2, 332,304 para el desarrollo de la Pequeña Central Hidroeléctrica río Tuma , con una capacidad instalada de generación de 600 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).

## 2. 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 CO<sub>2</sub> 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.

### **3. 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

### **4. 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 Salto Molejones consumen en promedio alrededor de 48 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\$ 0.20 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\$ 0.20 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 12% 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 0.20:

<b>Tabla de Resultados</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>
Ingreso Bruto por Demanda de Energía en localidad		126,713	175,545	196,878	242,536	288,576	343,471	429,362

La Pequeña Central Hidroeléctrica del río Tuma 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 implementara 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.

<b>Tabla de Resultados</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>
Ingreso Bruto por Venta a Red Nacional		151,936	136,066	129,133	114,294	99,331	81,490	53,575

## **5. Ingresos por venta de Certificados de Carbono**

Considerando que la PCH rio Tuma 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>, lo que corresponde a una cifra anual de 2,121 toneladas de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>.

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.

## 6. 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 rio Tuma -Matagalpa 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	\$708,000	30	\$23,600
TUBERÍAS DE CONDUCCIÓN	\$100,000	30	\$3,333
OBRAS CIVILES	\$825,471	50	\$16,509
LÍNEA DE CONEXIÓN A LA RED WAPÍ - LA ESPERANZA	\$465,000	25	\$18,600
LÍNEAS ELÉCTRICAS	\$101,359	30	\$3,379
MOBILIARIO Y EQUIPO DE OFICINA	\$5,000	6	\$833
<b>TOTAL</b>	<b>\$2204,830</b>		<b>\$66,255</b>
<b>VALOR RESIDUAL = INVERSIÓN - DEPRECIACIÓN*25 AÑOS</b>		<b>\$548,462</b>	



---

## 7. 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

<b>Tabla de Resultados</b>								
	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>
Ingreso Bruto por Demanda de Energía en localidad		126,713	175,545	196,878	242,536	288,576	343,471	429,362
Ingreso Bruto por Venta a Red Nacional		151,936	136,066	129,133	114,294	99,331	81,490	53,575
Ingreso por venta de CER's Ton/CO <sub>2</sub>		0	0	0	0	0	0	0
Ingresos Extraordinarios		0	0	0	0	0	0	548,462
<b>Ingresos Totales</b>		<b>278,649</b>	<b>311,611</b>	<b>326,010</b>	<b>356,830</b>	<b>387,907</b>	<b>424,961</b>	<b>1031,399</b>
Costos O&M		34,948	34,948	34,948	34,948	34,948	34,948	34,948
Depreciación		66,255	66,255	66,255	66,255	66,255	66,255	66,255
Gastos financieros		48,978	80,775	80,775	80,775	80,775	0	0
<b>Costos Totales</b>		<b>150,181</b>	<b>181,978</b>	<b>181,978</b>	<b>181,978</b>	<b>181,978</b>	<b>101,203</b>	<b>101,203</b>
Estado de Resultados		128,468	129,633	144,032	174,852	205,929	323,758	930,197
<b>Flujo Efectivo antes IR</b>		<b>194,723</b>	<b>195,888</b>	<b>210,287</b>	<b>241,106</b>	<b>272,183</b>	<b>390,013</b>	<b>996,451</b>
Impuesto sobre la Renta		0	0	63,086	72,332	81,655	117,004	298,935
<b>Flujo Efectivo después IR</b>	<b>-1031,306</b>	<b>194,723</b>	<b>195,888</b>	<b>147,201</b>	<b>168,774</b>	<b>190,528</b>	<b>273,009</b>	<b>697,516</b>
Factor de Descuento	1.0000	0.9091	0.6830	0.5132	0.3855	0.2394	0.1486	0.0923
<b>Flujo Efectivo Neto</b>	<b>-1031,306</b>	<b>177,021</b>	<b>133,794</b>	<b>75,537</b>	<b>65,070</b>	<b>45,611</b>	<b>40,581</b>	<b>64,378</b>

<b>VAN</b>	10.00%	\$835,842
<b>TIR</b>		19.07%
<b>B/C</b>		1.66
<b>Ingresos VAN</b>		\$3148,703
<b>Egresos VAN</b>		\$1901,419

## Tabla de Resultados

	0	1	4	7	10	15	20	25
Ingreso Bruto por Demanda de Energía en localidad		126,713	175,545	196,878	242,536	288,576	343,471	429,362
Ingreso Bruto por Venta a Red Nacional		151,936	136,066	129,133	114,294	99,331	81,490	53,575
Ingreso por venta de CER's Ton/CO <sub>2</sub>		0	0	0	0	0	0	0
Ingresos Extraordinarios		0	0	0	0	0	0	548,462
<b>Ingresos Totales</b>		<b>278,649</b>	<b>311,611</b>	<b>326,010</b>	<b>356,830</b>	<b>387,907</b>	<b>424,961</b>	<b>1031,399</b>
Costos O&M		34,948	34,948	34,948	34,948	34,948	34,948	34,948
Depreciación		66,255	66,255	66,255	66,255	66,255	66,255	66,255
Gastos financieros		48,978	80,775	80,775	80,775	80,775	0	0
<b>Costos Totales</b>		<b>150,181</b>	<b>181,978</b>	<b>181,978</b>	<b>181,978</b>	<b>181,978</b>	<b>101,203</b>	<b>101,203</b>
Estado de Resultados		128,468	129,633	144,032	174,852	205,929	323,758	930,197
<b>Flujo Efectivo antes IR</b>		<b>194,723</b>	<b>195,888</b>	<b>210,287</b>	<b>241,106</b>	<b>272,183</b>	<b>390,013</b>	<b>996,451</b>
Impuesto sobre la Renta		0	0	63,086	72,332	81,655	117,004	298,935
<b>Flujo Efectivo después IR</b>	<b>-2332,304</b>	<b>194,723</b>	<b>195,888</b>	<b>147,201</b>	<b>168,774</b>	<b>190,528</b>	<b>273,009</b>	<b>697,516</b>
Factor de Descuento	1.0000	0.9091	0.6830	0.5132	0.3855	0.2394	0.1486	0.0923
<b>Flujo Efectivo Neto</b>	<b>-2332,304</b>	<b>177,021</b>	<b>133,794</b>	<b>75,537</b>	<b>65,070</b>	<b>45,611</b>	<b>40,581</b>	<b>64,378</b>

VAN	10.00%	-\$465,155
TIR		7.55%
B/C		0.98
Ingresos VAN		\$3148,703
Egresos VAN		\$3202,416

---

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\$ 835,842 el cual sobre un valor de inversión de US\$ 2,332.304 (Donacion + 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 19.07%, 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 1.66 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\$ 0.66.

Por lo explicado anteriormente podemos concluir que sobre los resultados financieros el desarrollo de la PCH muelle real 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.

---

### 3. Conclusiones

- La demanda eléctrica de las comunidades beneficiadas por la PCH muelle real puede ser tipificada en tres sectores: la doméstica, la comunitaria y la del sector productivo. Además de estos tres sectores se encuentra la demanda representada por la interconexión de la PCH Muelle real 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, 146,812 kWh
- La potencia eléctrica máxima en horas pico requerida para satisfacer la demanda local en el año 1 es de 144.43 kWh, mientras que para el año 25 se estima un valor de 432.61 kWh. Por otro lado, la potencia eléctrica mínima en horas valle requerida para satisfacer la demanda local en el año 1 es de 31.06 kWh, mientras que para el año 25 se estima un valor de 116.70 kWh.
- La PCH rio Tuma 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 Tuma.
- 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 19.07%, un VAN de US\$ 835,842 y una relación B/C de 1.66.
- 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 0.18 US\$, la cual se encuentran dentro del rango especificado por la CNE de US\$ 0.15 a US\$ 0.22

---

## 4. Recomendaciones

- Estudiar la posibilidad de ampliar la red de consumidores para esta PCH, hacia otras comunidades de la región.
- Realizar un análisis técnico, económico y ambiental para determinar la factibilidad de interconectar las redes aisladas de muelle real a redes cercanas.
- En base a lo antes expuesto se estima que, por sus características técnicas y geográficas, el proyecto PCH río Tuma representa la opción más viable a desarrollar, como resultado de su mayor capacidad de generación y su cercanía a la red nacional.
- Considerar 20 meses como tiempo real necesario para la construcción y puesta en servicio de la PCH río Tuma y redes eléctricas asociadas, a partir de la firma del contrato.
- Encargar al constructor y/o interventor de las obras hidráulicas de la elaboración en español y entrega de un manual de operación y mantenimiento de cada una de las obras civiles y tubería de presión a construir en la PCH.
- Se recomienda - como requisito indispensable - la participación de los operadores y electricistas en los montajes de los equipos de generación y construcción de las redes de distribución, así como durante la fase de pruebas y puesta en marcha y en servicio, de cada uno de los componentes del sistema, con el fin, que ellos conozcan en detalle y de manera práctica el funcionamiento y operación de los equipos y del sistema en su totalidad.
- Los cursos de capacitación y entrenamiento en mecánica y electricidad para la operación de la PCH y del sistema energético deben ser aplicados durante la construcción de la PCH.
- Imponer - como condición indispensable para la adquisición de los equipos de generación - que los fabricantes entreguen manuales de operación y mantenimiento escritos en idioma español.
- Recomendamos seguir una estrategia de comercialización de energía que induzca en los usuarios un sano comportamiento en el consumo, siguiendo métodos ahorrativos, implementando campañas educativas en la comunidad. Esta capacitación deberá formar parte de todo el proceso para garantizar la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

---

## 5. 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.

---

## **6. ANEXOS**

### **A. ANEXOS**

#### **Resultado de Estudio de Impacto Ambiental**

##### **Objetivos Específicos:**

- Describir las características principales de la distribución eléctrica del proyecto , identificando los posibles impactos que incidan en el lugar.
- Elaborar la Línea de Base Ambiental, estableciendo la situación ambiental del área de influencia y las áreas afectadas de proyecto.
- Identificar los componentes de la Línea Base Ambiental.
- Evaluar las situaciones ambientales Negativas y Positivas del proyecto mediante matrices de evaluaciones de Impacto Ambiental aplicando la metodología “Millán 1998”.
- Proponer medidas ambientales de prevención, mitigación y/o compensación a los impactos incidentes del proyecto.



a. Interpretación de la importancia de Impactos Ambientales Negativos

Interpretación de la importancia de Impactos negativos					
Etapa del proyecto	Código	Actividades del proyecto	Factor ambiental impactado	Efecto directo de la acción sobre el factor ambiental	Categoría del impacto ambiental
Construcción	C1M3	Estaqueo Inicial	Sonido Base	Generación de Ruido por el orden de 50 dB	MODERADO
	C1M7		Vegetación	Reducción de la vegetación	MODERADO
	C2M2	Hoyado e Instalaciones de Postes	Calidad del Aire	Contaminación por emisiones de gases	MODERADO
	C2M3		Sonido Base	Generación de Ruido por el orden 75 dB	MODERADO
	C2M6		Suelo	Debilitamiento de la capa Superficial del suelo	MODERADO
	C2M7		Vegetación	Afectación a la flora	TENDENCIA A CRITICO
	C2M8		Fauna	Afectación a diversas especies en sus hábitat	MODERADO
	C2M9		Paisaje Natural	Deterioro visual de la zona	TENDENCIA A CRITICO
	C2M10		Relaciones Ecológicas	Deterioro en la proporcionalidad entre la fauna y la flora	MODERADO
	C2M12		Transporte y Vialidad	Afectación del derecho a la vía libre	MODERADO
	C2M17		Espacios Públicos	Reducción del espacio Publico	MODERADO
	C3M1		Poda y Tala de Árboles	Micro Clima	Disminución de la masa de aire
	C3M2	Calidad del Aire		Contaminación por emisiones de gases	MODERADO
	C3M3	Sonido de Base		Generación de Ruido por el Orden de 125 dB	MODERADO
C3M6	Suelo	Contaminación por desechos orgánicos		MODERADO	
C3M7	Vegetación	Reducción de flora		CRITICO	
C3M8	Fauna	Reducción de hábitat animal		IRELEVANTE	
C3M9	Paisaje Natural	Deterioro visual de la zona		TENDENCIA A CRITICO	
C3M10	Relaciones Ecológicas	Deterioro en la proporcionalidad entre la fauna y la flora		MODERADO	
C3M12	Transporte y Vialidad	Afectación del derecho a la vía libre		MODERADO	
Construcción	C4M3	Instalaciones de Herrajes y cableado	Sonido de Base	Generación de Ruido por el Orden de 40 dB	MODERADO

Interpretación de la importancia de Impactos negativos					
Etapa del proyecto	Código	Actividades del proyecto	Factor ambiental impactado	Efecto directo de la acción sobre el factor ambiental	Categoría del impacto ambiental
	C4M7		Vegetación	Reducción de flora	CRITICO
	C4M8		Fauna	Se reducen el hábitat de diversas especies de la fauna del lugar	MODERADO
	C4M9		Paisaje Natural	Deterioro visual de la zona	CRITICO
	C4M12		Transporte y Vialidad	Afectación del derecho vía	MODERADO
	C5M3	Instalación de Transformadores	Sonido de Base	Generación de Ruido por el Orden de 60 dB	MODERADO
	C5M9		Paisaje Natural	Deterioro visual de la zona	MODERADO
	C5M12		Transporte y Vialidad	Afectación del derecho vía	MODERADO
	C6M3	Instalación de Acometidas e Instalaciones Internas Domiciliarias	Sonido Base	Generación de Ruido por el Orden de 100 dB	MODERADO
	C6M7		Vegetación	Reducción de la flora	CRITICO
	C6M9		Paisaje Natural	Deterioro visual de la zona	CRITICO
	C6M12		Transporte y Vialidad	Afectación del derecho vía	MODERADO
	Funcionamiento	C1M8	Suministro de Energía a la Comunidad	Fauna	Riesgos de los animales por electrocución
C2M25		Mantenimiento de las Redes Eléctricas	Economía	Perdidas de Productos que necesitan refrigeración	MODERADO
C3M7		Poda de Árboles Eléctricas	Vegetación	Reducción de la flora	MODERADO

### b. Consolidado de Impactos Negativos del Proyecto

Número total de impactos ambientales **negativos** generados por el proyecto

Consolidado de Impactos Ambientales Negativos del Proyecto			
Etapa	Impactos críticosC	Impactos Moderados	Impactos irrelevantes
CONSTRUCCION	8	23	1
FUNCIONAMIENTO	0	3	0
TOTALES	8	26	1

## Valoración de Impactos Ambientales Positivos

### c. Identificación de Impactos Positivos durante la Construcción y el Funcionamiento del proyecto

Identificación de Impactos Positivos del Proyecto				
Etapa del proyecto	Código	Actividades del proyecto	Factor ambiental impactado	Efecto directo de la acción sobre el factor ambiental
Construcción	C1M25	Estaqueo Inicial	Económico	Creación de Fuentes de Empleo para personas de la Zona
	C2M25	Hoyado e instalación de postes		
	C3M25	Poda y tala de árboles		
	C4M25	Instalaciones de Herrajes y cableado		
	C5M25	Instalación de Transformadores		
	C6M25	Instalación de acometidas e instalaciones domiciliarias		
Funcionamiento	C1M22	Suministro de Energía a la Comunidad	Calidad de Vida	obtención de un servicio básico
	C1M25		Economía	Insumo productivo
	C1M27		Fuentes Energéticas	Ahorro al cambiar energía a base de diesel
	C2M25	Mantenimiento de las Redes Eléctricas	Economía	Fuente de Empleo
	C3M25	Poda de Árboles Eléctricas	Economía	Fuente de Empleo

d. Interpretación de la importancia de Impactos Positivos

Interpretación de la importancia de Impactos Positivos					
Etapa del proyecto	Código	Actividades del proyecto	Factor ambiental impactado	Efecto directo de la acción sobre el factor ambiental	Categoría del impacto ambiental
Construcción	C1M25	Estaqueo Inicial	Económico	Creación de Fuentes de Empleo para personas de la Zona.	MODERADO
	C2M25	Hoyado e instalación de postes			RELEVANTE
	C3M25	Poda y tala de árboles			RELEVANTE
	C4M25	Instalaciones de Herrajes y cableado			MODERADO
	C5M25	Instalación de Transformadores			MODERADO
	C6M25	Instalación de acometidas e instalaciones domiciliarias			MODERADO
Funcionamiento	C1M22	Suministro de Energía a la Comunidad	Calidad de Vida	obtención de un servicio básico	MODERADO
	C1M25		Economía	Insumo productivo	MODERADO
	C1M27		Fuentes Energéticas	Ahorro al cambiar energía a base de diesel	RELEVANTE
	C2M25	Mantenimiento de las Redes Eléctricas	Economía	Fuente de Empleo	MODERADO
	C3M25	Poda de Árboles Eléctricas	Economía	Fuente de Empleo	MODERADO

e. Consolidado de Impactos Positivos del Proyecto

Número total de impactos ambientales **positivos** generados por el proyecto

Consolidado de Impactos Ambientales Positivos del Proyecto			
Etapa	Impactos relevantes	Impactos moderados	Impactos irrelevantes
CONSTRUCCION	2	4	0
FUNCIONAMIENTO	1	4	0
TOTALES	3	8	0

## MEDIDAS AMBIENTALES

Durante la construcción de la red eléctrica es recomendable reducir los Impactos ambientales que incidan en el área de influencia del proyecto, debido a esto presentaremos en el siguiente cuadro propuestas de medida ambientales.

Medidas Ambientales ante los Impactos Negativos							
Etapa del proyecto	Cód.	Actividades del proyecto	Factor ambiental impactado	Efecto directo sobre el factor ambiental	Categoría del impacto ambiental	Medida ambiental propuesta	Descripción de la propuesta
Construcción	C1M3	Estaqueo Inicial	Sonido Base	Generación de Ruido por el orden de 50 dB	MODERADO	Emplear otro método de trabajo menos ruidoso	Utilizar mazo de hule por metálico o cavar el hoyo de la estaca
	C1M7		Vegetación	Reducción de la vegetación	MODERADO	Reforestar	Por cada planta cortada sembrar otra.
	C2M2	Hoyado e Instalaciones de Postes	Calidad del Aire	Contaminación por emisiones de gases	MODERADO	Revisión de Emisiones de gases	Utilizar vehículos con sus respectivo examen de emisiones de gases
	C2M3		Sonido Base	Generación de Ruido por por el orden 75 dB	MODERADO	Utilizar tapones auditivo	Utilización temporal durante la actividad
	C2M6		Suelo	Debilitamiento de la capa Superficial del suelo	MODERADO	Evitar dejar hoyos sin utilizar	En caso de cambio de ubicación del poste cerrar el no utilizado
	C2M7		Vegetación	Afectación a la flora	TENDENCIA A CRITICO	Reforestación	Por cada planta cortada sembrar otra
	C2M8		Fauna	Afectación a diversas especies en sus hábitat	MODERADO	Habilitar nuevos espacios de Hábitat	Mediante la reforestación se garantizan la reubicación
	C2M9		Paisaje Natural	Deterioro visual de la zona	TENDENCIA A CRITICO	Evitar al máximo el deterioro del paisaje	Planificar con antelación la distribución de las redes
	C2M10		Relaciones Ecológicas	Deterioro en la proporcionalidad entre la fauna y la flora	MODERADO	Habilitar nuevos espacios de Hábitat	Mediante la reforestación se garantizan la reubicación
	C2M12		Transporte y Vialidad	Afectación del derecho a la vía libre	MODERADO	Desarrollar las actividades a mayor brevedad	Planeación de la actividad antes de la ejecución
	C2M17		Espacios Públicos	Reducción del espacio Publico	MODERADO	Ubicación de los postes donde no estorben mucho	Considerar durante el diseño la ubicación mas adecuada de los postes.
	C3M1		Poda y Tala de Árboles Instalaciones de	Micro Clima	Disminución de la masa de aire	MODERADO	Reforestación
	C3M2	Herrajes y cableado	Calidad del Aire	Contaminación por emisiones	MODERADO	Sustituir herramientas	Utilizar hacha y machetes

Construcción				de gases		de cortes	para los cortes por motosierra
	C3M3		Sonido de Base	Generación de Ruido por el Orden de 125 dB	MODERADO	Sustituir herramientas de cortes	Utilizar hacha y machetes para los cortes por motosierra
	C3M6		Suelo	Contaminación por desechos orgánicos	MODERADO	Hacer una fosa y enterrar los desechos orgánicos	No dejar las hojas y ramas al aire libre
	C3M7		Vegetación	Reducción de flora	CRITICO	Reforestación	Por cada planta cortada sembrar otra
	C3M8		Fauna	Reducción de hábitat animal	IRELEVANTE	Habilitar nuevos espacios de Hábitat	Mediante la reforestación se garantizan la reubicación
	C3M9		Paisaje Natural	Deterioro visual de la zona	TENDENCIA A CRITICO	Evitar al máximo el deterioro del paisaje	Planificar con antelación la distribución de las redes
	C3M10		Relaciones Ecológicas	Deterioro en la proporcionalidad entre la fauna y la flora	MODERADO	Habilitar nuevos espacios de Hábitat	Mediante la reforestación se garantizan la reubicación
	C3M12		Transporte y Vialidad	Afectación del derecho a la vía libre	MODERADO	Desarrollar las actividades a mayor brevedad	Planeación de la actividad antes de la ejecución
	C4M3		Sonido de Base	Generación de Ruido por el Orden de 40 dB	MODERADO	Utilizar Vehículos con silenciador	En los Equipos de transporte del proyecto
	C4M7		Vegetación	Reducción de flora	CRITICO	Reforestación	Por cada arbol cortada sembrar otra
	C4M8		Fauna	Se reducen el hábitat de diversas especies de la fauna del lugar	MODERADO	Habilitar nuevos espacios de Hábitat	Mediante la reforestación se garantizan la reubicación
	C4M9		Paisaje Natural	Deterioro visual de la zona	CRITICO	Evitar al máximo el deterioro del paisaje	Planificar con antelación la distribución de las redes
	C4M12		Transporte y Vialidad	Afectación del derecho vía	MODERADO	Desarrollar las actividades a mayor brevedad	Planeación de la actividad antes de la ejecución
	C5M3	Instalación de Transformadores	Sonido de Base	Generación de Ruido por el Orden de 60 dB	MODERADO	Utilizar tapones auditivo	Utilización temporal durante la actividad
	C5M9		Paisaje Natural	Deterioro visual de la zona	MODERADO	Evitar al máximo el deterioro del paisaje	Planificar con antelación la distribución de las redes
	C5M12		Transporte y Vialidad	Afectación del derecho vía	MODERADO	Desarrollar las actividades a mayor brevedad	Planeación de la actividad antes de la ejecución
	C6M3	Instalación de Acometidas e Instalaciones Internas Domiciliares	Sonido Base	Generación de Ruido por el Orden de 100 dB	MODERADO	Utilizar tapones auditivo	Utilización temporal durante la actividad
	C6M7		Vegetación	Reducción de la flora	CRITICO	Reforestación	Por cada árbol cortada sembrar otra

	C6M9		Paisaje Natural	Deterioro visual de la zona	<b>CRITICO</b>	Evitar al máximo el deterioro del paisaje	Planificar con antelación la distribución de las redes
	C6M12		Transporte y Vialidad	Afectación del derecho vía	<b>MODERADO</b>	Desarrollar las actividades a mayor brevedad	Planeación de la actividad antes de la ejecución
Funcionamiento	C1M8	Suministro de Energía a la Comunidad	Fauna	Riesgos de los animales por electrocución	<b>MODERADO</b>	Ubicar Aislantes en los postes	Dotar la parte superior de aislantes entre las líneas y el poste.
	C2M25	Mantenimiento de las Redes Eléctricas	Economía	Perdidas de Productos que necesitan refrigeración	<b>MODERADO</b>	Comunicar con antelación los cortes por Mto	Planeación de la actividad antes de la ejecución
	C3M7	Poda de Árboles Eléctricas	Vegetación	Reducción de la flora	<b>MODERADO</b>	Reforestación	Por cada rama cortada sembrar un árbol

---