

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAB DEL CUSCO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA: ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,  
MECÁNICA Y MINAS**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**TESIS**

---

**“PROYECTO DE LA PEQUEÑA CENTRAL  
HIDROELECTRICA MANDOR ALTO-  
QUILLABAMBA”**

---

**Presentado Por:**

**Br. EFRAIN, TICONA QUISPE**

**Br. JHON, LENES HUALLPARIMACHI**

**Para Optar Título Profesional De  
Ingeniero Electricista.**

**Asesor: Ing. JOSE WILFREDO CALLASI  
QUISPE**

**CUSCO – PERÚ**

**2015**



## RESUMEN EJECUTIVO

El Estudio de Factibilidad de la pequeña central hidroeléctrica Mandor Alto Quillabamba, tiene una potencia instalada de 1054.36 kW, una potencia real generada de 749,89 kW (incluyendo rendimientos del generador, transformador y transmisión turbina - generador) y con las siguientes Características:

- **Recurso Hídrico.....Rio Mandor Mayo**
  - Caudal de Diseño.....0,8 m<sup>3</sup>/seg
- **Altura Neta.....134.35m**
  - Potencia Instalada.....1054.36 kW
- **Rendimiento del grupo de generación.....71.15%**
  - Potencia en bornes del generador.....749.89kW
- **Tipo de Turbina .....Pelton con dos Inyectores**
  - Velocidad nominal turbina y Generador.... 600 rpm.
- **Tipo de generador ..... síncrono de 12 polos**
  - Excitatriz ..... estática
- **Altitud de instalación.....1015 a 2380 m.s.n.m.**
  - Transformador elevador.....0.9 MVA.
- **Tipo de conductor de la red primaria..... Aleación de Aluminio tipo AAAC 3 x 50mm<sup>2</sup>.**

El objetivo general de esta tesis, es la elaboración del proyecto a nivel Factibilidad y su inserción de la PCH al sistema eléctrico a través de la red de media tensión en 22.9kv del alimentador de Santa María 2, para así poder establecer mecanismos de comercialización de la electricidad en vista de tener una producción de electricidad a bajo costo

Con los estudios a través del desarrollo de las ideas mencionados en el párrafo que antecede, fue posible cuantificar la inversión total de la PCH, que alcanza los 1,641,144.66 US\$ con evaluación privada y 1,390,800.56 US\$ a precio social, de los cuales el 10% está constituido como un aporte propio y el 90% con recursos ajenos a



través de la empresa inversionista INMEL.S.R.L. U obtenerlo del sistema financiero nacional.

Construir y operar la Pequeña Central Hidroeléctrica Mandor Alto - Quillabamba permite suministrar el servicio de energía eléctrica a las poblaciones colindantes dentro de la zona de aprovechamiento hidroeléctrico, beneficiando a los habitantes actuales y futuros durante un horizonte de tiempo de 20 años, mediante la utilización de una fuente de energía limpia, permanente, confiable, segura, económica y renovable.

Permite además promover el desarrollo socioeconómico y mejorar la calidad de vida de los habitantes de esta región, por cuanto que el servicio de energía eléctrica induce a la creación de nuevas y pequeñas empresas en la región, situación que conlleva un incremento en los niveles actuales de empleo, principalmente.

El tamaño del mercado potencial es de alrededor de 4 localidades con una población de cerca de 6971 habitantes los que se benefician directamente con la inserción de la PCH al SEIN.

Uno de los aspectos de mayor importancia en este tipo de proyectos de generación de electricidad, es que cabe la posibilidad de incrementar la rentabilidad del pequeño proyecto hidroeléctrico, al colocar créditos de carbono en el mercado internacional a través del Protocolo de Kyoto, el que crea el Mecanismo de Desarrollo Limpio que permite a los proyectos hidroeléctricos de los países en vías de desarrollo, generar Certificados de Reducción de Emisiones (CERs) para ser vendidos a los países compradores, entre los cuales se menciona Australia, Japón, Nueva Zelanda, Holanda, Estados Unidos, Canadá, entre otros.

Es de hacer notar que al aplicar sistemas híbridos con recursos renovables en proyectos de generación hidroeléctrica, se optimiza el funcionamiento del sistema existente, en este caso la actual red de distribución, se reducen los costos de instalación, generación y los de operación y mantenimiento de la planta, se minimizan los impactos ambientales negativos los cuales, de hecho, en el proyecto de la Pequeña Central Hidroeléctrica son poco significativos y se maximizan los impactos



positivos como la generación de empleo, la creación de pequeñas industrias, comercios y la calidad de vida.

El desarrollo hidroeléctrico optimizado tiene una capacidad generada de 749.89kW, con un factor de planta de 97.53% y una producción media anual de 6507 MWh.

Desde el punto de vista económico, el proyecto PCH Mandor Alto - Quillabamba **RESULTA SER VIABLE**, presentando un beneficio a nivel social de 732,579.57 US\$ y de 38,220.33 US\$ a nivel privado para un horizonte de tiempo de 20 años.

En términos de TIR los resultados muestran que el valor presente de la alternativa de evaluación social es de 16.32%, en tanto la evaluación privada estimada para el horizonte de tiempo sería de 12.38%.

En términos de relación B/C los resultados muestran que el valor presente de la alternativa de evaluación social es de 3.29., en tanto que la alternativa de evaluación privada sería de 2.79. Básicamente lo anterior se debe a dos situaciones:

- A. la baja relación entre el costo del proyecto y su producción que alcanza en potencia 2,188.51 US\$/kW y en energía 256.16US\$ / (MWh/año), para una capacidad real generada de 749.89 kW que produce 6704 MWh/año. Y
- B. La venta de Certificados de Reducción de Emisiones (CER's) en el mercado internacional de carbono.

El costo por KWh vendido resulta ser muy inferior a los precios vendidos por las actuales empresas concesionarias, estas son:

A Precio Privado
1US\$ = S/. 2.95
\$0.0410 KWh
S/. 0.12 KWh
CS/.12.0821 KWh

A Precio Social
1US\$ = S/. 2.95
\$0.0296 KWh
S/. 0.09 KWh
CS/.8.71917 KWh

Por consiguiente: El proyecto a Nivel Factibilidad De La Pequeña Central De Mandor Alto – Quillabamba, tanto a nivel social, medio ambiental y económico resulta ser atractivo.