

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERIAS

CARRERA: INGENIERÍA ELÉCTRICA

Tesis previa a la obtención del Título de: INGENIERO ELÉCTRICO

**“ANÁLISIS DE PRE-FACTIBILIDAD PARA EL USO DE PICO-
CENTRALES EN EL ORIENTE ECUATORIANO. APLICACIÓN
A LAS COMUNIDADES DE PUKAR Y TUNTIK-ISIDORO”**

AUTORES: Macancela Vivar Juan Carlos

Naranjo Sarmiento Jairo Alejandro

DIRECTOR: Ing. Henry Moyano

TUTORES: Ing. Luis Urdiales

Ing. Patricio Quituisaca

Cuenca, enero 13 del 2010

Certifico que, bajo mi dirección el proyecto fue realizado por los señores Sr. Juan Macancela y el Sr. Jairo Naranjo.

.....

Ing. Henry Moyano.

Director

**LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE CALIFICACION Y
SUSTENTACION DE TESIS**

CERTIFICAN:

**Que el presente trabajo de investigación ha sido cuidadosamente
revisado y por lo tanto, queda autorizada su presentación.**

**Ing. Henry Moyano
DIRECTOR DE TESIS**

.....

**Ing. Luis Urdiales
TUTOR**

.....

**Ing. Patricio Quituisaca
TUTOR**

El presente trabajo es de
exclusiva responsabilidad
de los autores.

.....
Sr. Juan Macancela.

.....
Sr. Jairo Naranjo.

DEDICATORIA.

Dedico el presente trabajo a mis padres y hermanos que fueron mi apoyo e inspiración durante toda mi carrera universitaria.

Att. Juan Carlos

El presente trabajo lo dedico a mis padres y hermanos quienes me apoyaron en forma incondicional en las buenas y las malas, nunca podre pagarles pero esta será un pequeño tributo a su confianza. De todo corazón...

GRACIAS POR TODO.

Att. JAIRO

AGRADECIMIENTO

Presentamos un sincero agradecimiento a nuestros profesores quienes nos apoyaron y nos guiaron a través de estos cinco años de formación universitaria, a los Ingenieros Luis Urdeales, Patricio Quituisaca, Tito Torres, a la distinguida Empresa Regional Centro Sur y el Honorable Concejo Provincial de Morona Santiago, por el apoyo y las facilidades brindadas para el desarrollo de este trabajo. Así como también agradecemos a los Ingenieros Henry Moyano, René Ávila, y Hernán Quito, quienes de forma desinteresada han contribuido para que esta investigación concluya de la mejor manera.

CAPITULO 1

SISTEMAS DE GENERACIÓN NO CONVENCIONALES Y COSTOS POR KILOVATIO INSTALADO.

1.1 GENERALIDADES.....	1
1.2 GENERACIÓN FOTOVOLTAICA.....	2
1.2.1 Conceptos básicos de generación fotovoltaica.....	2
1.2.2 Panel o Modulo Fotovoltaico.....	4
1.2.3 Sistema solar residencial.....	4
1.3 GENERACIÓN EÓLICA.....	6
1.3.1 Conceptos básicos de generación eólica.....	6
1.3.2 Elementos que forman un aerogenerador.....	8
1.3.3 Los parques eólicos.....	9
1.4 GENERACIÓN POR BIOMASA.....	10
1.4.1 Conceptos básicos de biomasa.....	10
1.4.2 Energía de la Biomasa.....	11
1.4.3 Utilización de la biomasa.....	12
1.5 GENERACIÓN GEOTÉRMICA.....	13
1.5.1 Conceptos básicos de generación geotérmica.....	13
1.5.2 Funcionamiento.....	14
1.5.3 Partes constitutivas de una Central Geotérmica.....	16
1.6 GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA.....	17
1.6.1 Conceptos básicos de generación hidroeléctrica.....	17
1.6.2 Tipos de centrales hidroeléctricas.....	18
1.6.3 Partes constitutivas de una Central Hidroeléctrica.....	22
1.6.4 Características de Carga.....	24

**1.7 RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE.....25
GENERACIÓN NO CONVENCIONALES.**

CAPITULO 2

PICO-CENTRALES.

2.1 DEFINICIONES Y CARACTERÍSTICAS.....26

2.2 CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA DISEÑO DEL SISTEMA.....27

2.2.1 Capacidad y estudio de la demanda.....28

2.2.2 Estudio hidrológico e inspección del lugar.....29

2.2.2.1 Cartografía.....30

2.2.2.2 Escalas cartográficas.....30

2.2.3 Técnicas para la medición del salto.....31

2.2.3.1 Método del nivel con manguera.....31

2.2.3.2 Método del nivel de carpintero.....31

2.2.3.3 Método del clinómetro.....31

2.2.3.4 Método del barómetro.....32

2.2.3.5 Método del profundímetro.....32

2.2.3.6 Técnica para medición del caudal.....33

2.2.3.6.1. Método de la solución de sal.....33

2.2.3.6.2. Método del recipiente.....36

2.2.3.6.3 Método del área y velocidad.....37

2.2.3.6.4 Medición de la velocidad de la corriente.....37

2.2.3.6.5 Método del vertedero de pared delgada.....39

2.2.3.6.6 Método de la sección de control y regla graduada.....41

2.3 ELEMENTOS QUE FORMAN EL SISTEMA DE GENERACIÓN.....41

**2.4 POTENCIA DE GENERACIÓN EN FUNCIÓN DE LA ALTURA Y.....43
CAUDAL**

2.4.1 Calculo de la potencia a ser generada.....43

2.4.1.1 Potencia hidráulica.....43

2.4.1.2 Desnivel neto.....44

2.4.1.3 Potencia hidráulica neta.....44

2.4.1.4 Potencia mecánica.....44

2.4.1.5 Potencia eléctrica generada.....45

2.4.2 Datos adicionales.....45

2.4.2.1 Perdidas en la tubería de presión.....45

2.4.2.2 Eficiencia de la turbina.....49

2.4.2.3 Eficiencia del generador (motor).....50

2.4.3 Parámetros de los elementos que formaran el sistema de generación.....51

2.4.3.1 El control electrónico de carga.....	52
2.4.3.2 El lastre.....	54
2.4.3.3 El generador.....	55
2.4.3.4 Dispositivo de corriente residual.....	59
2.4.4 Parámetros de los elementos de conducción.....	59
y producción de la energía	
2.4.4.1 Cámara de carga.....	60
2.4.4.2 La tubería forzada.....	62
2.4.4.3 La tobera y válvula.....	65
2.4.4.4 Turbina.....	65
2.4.4.5 Turbinas disponibles en el mercado.....	68

CAPÍTULO 3

CUADRICULACIÓN DE LA ZONA Y RECOPIACIÓN DE LOS DATOS DE CAMPO

3.1 GENERALIDADES.....	72
3.2 DIMENSIONAMIENTO DE LAS CUADRICULAS.....	73
3.3 DOCUMENTACIÓN DE LOS CAUDALES HÍDRICOS EN CADA.....	77
CUADRÍCULA	
3.4 DOCUMENTACIÓN DE LOS ALIMENTADORES PRÓXIMOS.....	79
A CADA CUADRÍCULA	
3.5 TRAZADO DE RUTAS MEDIANTE GPS A.....	82
LAS COMUNIDADES DE PUKAR Y TUNTIK	
3.5.1 Comunidad de Pukar.....	83
3.5.2 Comunidad de Tuntiak e Isidoro.....	86
3.6 MEDICIÓN DE LOS DESNIVELES DE LAS FUENTES HÍDRICAS.....	90
3.7 MEDICIÓN DE LAS DISTANCIAS ENTRE LAS.....	92
CARGAS Y LAS FUENTES HÍDRICAS	

CAPITULO 4

ESTUDIO DE LA CARGA Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN.

4.1 GENERALIDADES.....	95
4.2 DENSIDAD DE POBLACIÓN.....	95
4.3 CALCULO DE LA DEMANDA.....	98
4.3.1 Caracterización de cargas.....	99
4.3.2 Demanda total en la comunidad de PUKAR.....	102
4.3.2.1 Demanda familiar proyectada.....	102
4.3.2.2 Demanda en instituciones.....	103
4.3.2.3 Demanda total.....	103
4.3.3 Demanda total en la comunidad de TUNTIK- ISIDORO.....	104
4.3.3.1. Demanda familiar proyectada.....	104
4.3.3.2. Demanda en instituciones.....	105
4.3.3.3 Potencia total.....	105
4.4 ESTUDIO DEL POTENCIAL ENERGÉTICO EXISTENTE.....	105
EN CADA COMUNIDAD	
4.4.1 Comunidad de PUKAR.....	106
4.4.1.1 Determinación del caudal.....	106
4.4.2 Comunidad de Tuntiak-Isidoro.....	110
4.4.2.1 Determinación de caudales.....	110
4.4.2.2 Dimensionamiento del sistema.....	112
4.5 SISTEMAS DE CONTROL DE CARGA.....	120
4.6 OBRAS CIVILES.....	121
4.7 APLICACIONES DE PICO-TURBINAS COMPACTAS.....	123
4.7.1 Toma directa del río.....	123

CAPITULO 5

IMPACTO AMBIENTAL

5.1 GENERALIDADES.....	125
5.2 EVALUACIÓN AMBIENTAL.....	125
5.3 COMPONENTES AMBIENTALES.....	126
5.4 IDENTIFICACIÓN DE LOS EFECTOS PRODUCIDOS.....	128
AL MEDIO AMBIENTE	

CAPITULO 6

CALCULO DE COSTOS Y DESARROLLO DE LA MATRIZ.

6.1 GENERALIDADES.....	133
6.2 COSTO DEL CICLO DE VIDA ÚTIL (CCVU).....	133
6.2.1 Definición.....	
133	
6.2.2 Pasos para aplicar CCVU.....	134
6.3 DESGLOSE ECONÓMICO.....	137
6.3.1 Compra de la pico central.....	137
6.3.1.1 Motor trifásico.....	137
6.3.1.2 Turbina Pelton.....	137
6.3.1.3 Tobera e inyector.....	138
6.3.1.4 Válvula de control.....	138
6.3.1.5 Controlador de carga.....	138
6.3.1.6 Tubería de presión.....	139
6.4. COSTO DE TRANSPORTE DE LOS EQUIPOS.....	139
AL LUGAR DE INSTALACIÓN	
6.5. COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE CAPTACIÓN.....	140
6.5.1 Costo de materiales.....	140
6.5.2 Costo de mano de obra.....	141

6.6 COSTO DE MANO DE OBRA PARA LA INSTALACIÓN.....	141
DEL SISTEMA DE GENERACIÓN	
6.7 COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE CASA DE MAQUINAS.....	142
6.8 COSTOS DE MANO DE OBRA PARA OPERACIÓN.....	142
Y MANTENIMIENTO	
6.9 COSTO DE REEMPLAZO DE EQUIPOS Y MATERIALES.....	143
6.10 COSTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....	143
6.11 ANÁLISIS FINANCIERO.....	146
6.12 BENEFICIO SOCIAL, ANÁLISIS ECONÓMICO.....	147
6.12.1. LA EDUCACIÓN.....	148
6.12.2 LA SALUD.....	149
6.12.3 SUMINISTRO ENERGÉTICO.....	152
6.13. DESARROLLO DE LA MATRIZ.....	157
6.14. CÁLCULO DE LOS COSTOS DE UN SISTEMA PICO.....	160
6.15. ANÁLISIS DE LOS COSTOS.....	162
CONCLUSIONES.....	165
RECOMENDACIONES.....	167

INTRODUCCIÓN

Los conflictos energéticos son cada vez más preocupantes, debido a que la demanda de energía eléctrica crece a un ritmo acelerado y poco planificado, más cuando las fuentes de energías convencionales, en especial las provenientes de la quema de combustibles fósiles son más escasos y cuestionados por situaciones medio ambientales.

A todo esto se suma la ubicación geográfica de los centros de consumo, que son muchas de las veces inaccesibles, siendo imposible el abastecimiento de energía a través de los sistemas convencionales. Tal es el caso de algunos sectores de nuestro oriente ecuatoriano que se encuentran localizados a varios de kilómetros del alimentador más cercano.

Por lo tanto la presente tesis, es un trabajo de investigación que recopila los datos de varias comunidades, tales como su ubicación geográfica y el número de habitantes en cada una de ellas y sobre todo los posibles potenciales energéticos, en este caso los hidráulicos que dispone cada comunidad para la aplicación de los sistemas de generación eléctrica con Pico- Centrales.

Los resultados del presente trabajo serán utilizados por la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur para futuras implementaciones en los sectores orientales correspondientes a su concesión.

A más del diseño del sistema de generación se realiza un análisis del impacto ambiental y un análisis económico para determinar el impacto social en cada una de las comunidades en las que se aplique mencionado sistema.

CAPITULO 1

SISTEMAS DE GENERACIÓN NO CONVENCIONALES Y SUS CARACTERÍSTICAS

1.1. GENERALIDADES

ENERGÍAS ALTERNATIVAS.-

Debido a la enorme dependencia de los combustibles fósiles para la producción de energía, su rápido agotamiento y su gran impacto ambiental, casi todos los países se han visto en la necesidad de actualizar sus matrices energéticas con el objetivo de reducir la dependencia de los combustibles fósiles.

En la actualidad ya no se considera únicamente las tecnologías convencionales tales como las centrales hidráulicas, centrales nucleares, turbinas a gas, entre otras para la producción de energía eléctrica.

Hoy en día se habla mucho de las tecnologías no convencionales usadas para la producción de energía eléctrica, las cuales hacen uso de las energías renovables. Entendiéndose por **energía renovable** a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

Las energías renovables más utilizadas en la actualidad son:

- Energía solar
- Energía eólica
- Biomasa
- Energía geotérmica
- Energía hidroeléctrica.

Ya son varios los países que hacen uso de estas energías para la producción de electricidad, los principales pioneros a nivel mundial son: España, Alemania, Estados Unidos, Brasil, Chile, entre otros, los cuales han dedicado mucho tiempo y dinero en la investigación y desarrollo.

Ecuador no es la excepción, si bien es cierto no como investigador pero si como consumidor, en la actualidad ha hecho uso de las energías solar, fotovoltaica, biomasa, hidroeléctrica y últimamente de la eólica. Algunas de estas tecnologías han sido implementadas gracias al apoyo de entidades internacionales, tal es el caso de la central eólica Galápagos, y algunos proyectos de electrificación rural con centrales fotovoltaicas que han recibido ayuda de entidades como el **SILAE** (Servicios Básicos de Iniciativa Local para la Amazonia Ecuatoriana).

1.2. GENERACIÓN FOTOVOLTAICA

1.2.1. CONCEPTOS BÁSICOS DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA.

a) EL EFECTO FOTOVOLTAICO

La conversión directa de la energía solar en energía eléctrica se debe al fenómeno físico de la interacción de la radiación luminosa con los electrones en los materiales semiconductores, denominado fenómeno fotovoltaico. Sólo fotones de ciertas frecuencias tienen la cantidad de energía requerida para liberar los electrones.

b) CÉLULA FOTOELÉCTRICA

Una célula fotoeléctrica, también llamada celda solar, fotocélula o celda fotovoltaica, es un diodo de unión P-N con la característica esencial de tener una superficie muy amplia que permite transformar la energía luminosa (fotones) en energía eléctrica (electrones) mediante el efecto fotoeléctrico. En la actualidad el material fotosensible más utilizado es el silicio, debido a sus características semiconductoras que permiten obtener una mayor cantidad de corriente.

Existen básicamente tres tipos de células solares dependiendo del proceso de fabricación: monocristalina, policristalina y de silicio amorfo.

- **CÉLULAS MONOCRISTALINAS.-** Son células formadas por un solo tipo de cristal, tienen rendimientos muy buenos en algunos casos superiores a los 30%.
- **CÉLULAS POLICRISTALINAS.-** Se construyen básicamente con silicio mezclado con arsenio y galio, son más fáciles de conseguir que las monocristalinas, y tienen un rendimiento de alrededor del 15%. No son muy duraderas pero son las más utilizadas en las zonas montañosas y en los desiertos.

- **CÉLULAS AMORFAS.-** Se construye evaporando encima de un cristal en una cámara de efluvios el material semiconductor y colocando dos electrodos en cada una de las unidades correspondientes. Son las más baratas, menos duraderas y con rendimientos muy bajos, de alrededor del 6%. La energía que proporciona es muy baja.

1.2.2. PANEL O MODULO FOTOVOLTAICO

Al grupo de células fotoeléctricas se le conoce como panel fotovoltaico. Los paneles fotovoltaicos consisten en una red de células conectadas como circuito en serie para aumentar la tensión de salida hasta el valor deseado (usualmente 12V a 48V), dichas redes se conectan en paralelo para aumentar la corriente eléctrica.

La eficiencia de los paneles comercialmente disponibles (producidas a partir de silicio monocristalino) está alrededor del 16%. La vida útil media a máximo rendimiento se sitúa en torno a los 25 años, período a partir del cual la potencia entregada disminuye. El tipo de corriente eléctrica que proporcionan es corriente continua. En el caso de necesitar corriente alterna, o aumentar su tensión, es necesario añadir un inversor y/o un convertidor de potencia

1.2.3. SISTEMA SOLAR RESIDENCIAL.-

En este tipo de aplicación los paneles fotovoltaicos se instalan en el número y forma de conexión apropiada para proporcionar el voltaje y la potencia requerida por la carga figura 1.1 Usualmente van montados sobre el techo de la residencia o en una estructura al tope de un poste. La orientación de los paneles debe hacerse mirando hacia la línea equinoccial y con un ángulo de inclinación adecuado para recibir la mayor cantidad de tiempo la radiación directa del sol durante la mayor cantidad de tiempo. Se ha determinado que para un panel fijo el ángulo óptimo de inclinación es

igual a la latitud de 0 a 5 grados, la inclinación del panel debe ser de 5 a 10 grados sobre la horizontal para permitir que el agua lluvia fluya sin dificultad y limpie el panel. Hay sistemas activos de seguimiento del ángulo solar que sigue al sol en su trayectoria durante el día y se conocen como rastreadores solares.

Este tipo de generación es utilizada con frecuencia en zonas rurales, en las cuales los costos de inversión de una red de distribución son muy elevados y la carga no justifica dicha inversión. Usualmente este tipo de generación es aplicada para cargas inferiores a 1 KW, esto variará dependiendo de cuantos paneles se conecten en paralelo. Esencialmente un sistema fotovoltaico residencial consta de los siguientes elementos.

1. Paneles FV
2. Baterías
3. Regulador de carga
4. Cargas DC
5. Cables, interruptores, etc.
6. Si se necesita AC: inversor

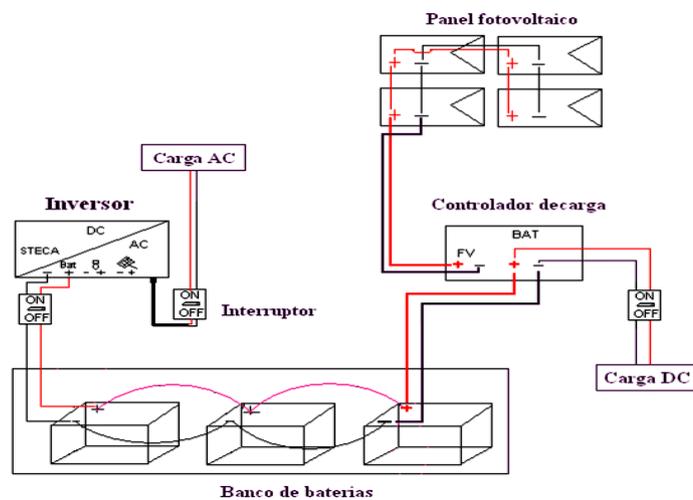


Figura 1.1. Sistema solar residencial

Con la conexión de los elementos mencionados podemos contar con un suministro de energía eléctrica en el día y en la noche, ya que es posible almacenar la energía generada en el día en un banco de baterías para su consumo en horas de la noche. Es necesario disponer un centro de carga independiente para cargas en AC y otro para cargas DC tal como se muestra en la figura 1.1.

1.3. GENERACIÓN EÓLICA

1.3.1. CONCEPTOS BÁSICOS DE GENERACIÓN EÓLICA.

a) LA ENERGÍA EÓLICA

La energía eólica es la energía cuyo origen proviene del movimiento de masa de aire. En la tierra el movimiento de las masas de aire se deben principalmente a la diferencia de presiones existentes en distintos lugares de esta, moviéndose de alta a baja presión, este tipo de viento se los llama **viento geoestrofico**.

La energía eólica es la fuente energética de más rápido crecimiento en el mundo, actualmente en muchos países se están construyendo enormes parques eólicos para generar energía eléctrica.

Entre las diversas energías alternativas, la energía eólica es probablemente la más viable desde el punto de vista económico.

b) ENERGÍA Y POTENCIA DEL VIENTO.

La potencia que entrega un aerogenerador esta principalmente en función de la densidad del aire, del área de barrido de las aspas y de la velocidad del viento. A continuación se describe la relación de cada una de las variables

- La potencia varía en forma proporcional a la densidad del aire que a su vez es función de la altura sobre el nivel del mar, a mayor altura, menor densidad y por tanto la potencia se reduce; recomendándose alturas inferiores a 1.200 m.s.n.m.
- La potencia es función del área que barren las aspas del generador; esto es, si se duplica el radio de las aspas, la potencia se incrementará en cuatro veces.
- La potencia es función de la velocidad del aire elevada a la tercera potencia; si se duplica la velocidad del viento, la potencia se incrementará en 8 veces.

En la figura 1.2 se representan las variables que influyen en la potencia de un aerogenerador.

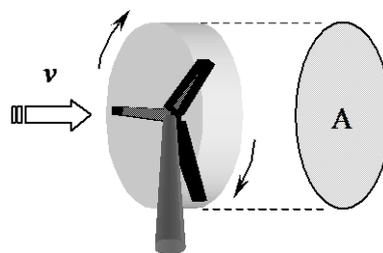


Figura 1.2. Acción del viento sobre un generador eólico

Hay dos cantidades que en esencia no pueden ser modificadas, la densidad del aire y la velocidad del viento, mientras que el área de incidencia (A) es una cantidad modificable.

La densidad del viento es aproximadamente 1.22 Kg. /m^3 . Ésta disminuye por cada 1000 m sobre el nivel del mar, cerca de un 10%. En los aerogeneradores, el área de incidencia del viento, es la que describen las palas del rotor. Si se duplica la longitud de las palas, se duplica el radio de la circunferencia, lo que significa que el trabajo del viento se cuadriplica, pero el aumento hace crecer las cargas estáticas y dinámicas, las cuales deben ser tenidas en cuenta en los cálculos de la estructura.

1.3.2. ELEMENTOS QUE FORMAN UN AEROGENERADOR.

Las máquinas empleadas para transformar la fuerza cinética del viento en electricidad reciben el nombre de turbinas eólicas o aerogeneradores. Estos se dividen en dos grupos: los de eje horizontal y los de eje vertical.

El aerogenerador de eje horizontal mostrado en la figura 1.3, considerado el más eficiente, por lo tanto el más empleado en la actualidad.

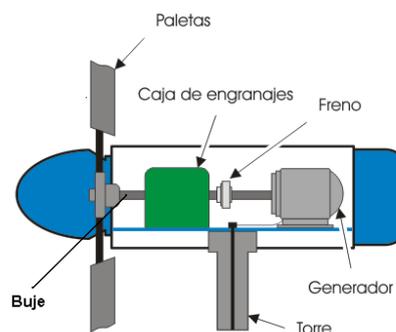


Figura 1.3 Elementos de un aerogenerador

Su funcionamiento se basa en extraer la energía del viento utilizando una tecnología que se asemeja a la de los aviones o helicópteros. Sus componentes fundamentales son:

- **ROTOR.-** Incluye el buje y las paletas (por lo general tres), éstas capturan el viento y transmiten su potencia hacia el buje que está acoplado al eje de baja velocidad del aerogenerador.
- **GENERADOR.-** Es donde el movimiento mecánico del rotor se transforma en energía eléctrica
- **GÓNDOLA.-** Contiene el generador eléctrico, el multiplicador y los sistemas hidráulicos de control, orientación y freno. El multiplicador permite el funcionamiento del generador eléctrico. Una veleta situada en la parte posterior de la góndola mide la velocidad del viento en cada instante y manda unas órdenes a los sistemas de control que accionan el aparato para que el rotor y las aspas se sitúen en la posición óptima contra el viento. La electricidad producida en el generador baja por unos cables a la mini estación, para ser transformada y enviada a la red.
- **TORRE:** Soporta la góndola y el rotor. Puede ser tubular o de celosía. Una turbina típica de 600 KW. Suele tener una torre de 40 a 60 metros.

1.3.3. LOS PARQUES EÓLICOS

La explotación de la energía eólica se aplica en lugares aislados instalando un conjunto de molinos que forman un parque eólico. Cada parque cuenta con una central de control de funcionamiento que regula la puesta en marcha de los aerogeneradores, controla la energía generada en cada momento, etc.

Antes de poner en marcha un parque eólico, es necesario asegurarse de que el lugar disfruta de las condiciones adecuadas aunque la más importante es la velocidad del viento, ya que va a determinar la cantidad de energía que un aerogenerador puede transformar en electricidad. Esta cifra dependerá de la densidad del aire (masa por unidad de volumen), de manera que cuanto "más pesado" sea el aire más energía recibirá la turbina.

También es importante conocer las turbulencias del aire, ya que disminuyen la posibilidad de utilizar eficazmente la energía del viento y provocan mayores roturas y desgastes en la turbina eólica

1.4. GENERACIÓN POR BIOMASA

1.4.1. CONCEPTOS BÁSICOS DE BIOMASA.

BIOMASA

La biomasa es un recurso renovable, la energía proveniente de los residuos de la materia orgánica terrestre como marina. Las fuentes de aprovechamiento de la biomasa para energía provienen principalmente de tres sitios.

- Desechos y basura industrial y municipal
- Residuos de cultivos agropecuarios
- Cultivos y plantaciones con propósitos energéticos

Cuando la materia orgánica libera su energía almacenada a través de un proceso natural o artificial, devuelve al ambiente la misma cantidad de CO₂ que consumió

durante su crecimiento, por lo que se dice que el ciclo del CO₂ es neutro, es decir que la biomasa no afecta la contaminación en el ambiente. Se puede considerar a la biomasa como un recurso renovable, más aun si se toma en consideración los siguientes enunciados.

- Los cultivos agrícolas tradicionales producen desechos cuyos constituyentes energéticos no son utilizados y en la mayoría de los casos se los trata como basura.
- Los desechos orgánicos de animales pueden alimentar un biodigestor y producir gas metano para posteriormente producir calor y electricidad.
- La explotación maderera arroja volúmenes inmensos de desechos que se queman ineficientemente en los calderos o quedan expuestos al ambiente.
- Las industrias agrícolas de caña, palma africana, maíz, soya, frutas, arroz, etc. No aprovechan los residuos que generan y más bien son fuentes de contaminación ambiental.
- Los residuos de aguas servidas son arrojados arbitrariamente a los ríos provocando contaminación del agua. Mediante procesos tecnológicos, se puede aprovechar estos residuos y extraer el mayor contenido energético de la biomasa.

1.4.2. ENERGÍA DE LA BIOMASA.

Toda materia orgánica puede ser aprovechada para la producción de energía sin embargo, existen productos o cultivos que son mejores que otros por sus propiedades y dependiendo de la aplicación a la que estén destinados. La madera por ejemplo, puede ser quemada directamente, quemarse con otros combustibles en un caldero o convertirse en gas en un gasificador.

La energía de la biomasa se puede medir por su capacidad calorífica, El **ANEXO 1.1** muestra la capacidad calorífica de algunos combustibles orgánicos y fósiles. En el sistema inglés la capacidad calorífica viene dada por BTU por libra. La equivalencia al sistema internacional es **10.000 BTU/lb.= 23.26 MJ/Kg.**

1.4.3. UTILIZACIÓN DE LA BIOMASA

La biomasa puede ser utilizada básicamente como:

- **BIOFUERZA:** conversión directa de la biomasa o transformación a líquido o gas para la generación de calor y electricidad.
- **BIOCOMBUSTIBLES:** Transformación de la biomasa en combustibles para usos en sistemas de transporte.
- **BIOPRODUCTOS:** Conversión de la biomasa en químicos para sustituir en a los petroquímicos en la elaboración de productos

De las aplicaciones citadas, la más importante para la ingeniería eléctrica es la biofuerza ya que permite la generación de energía eléctrica. Las principales tecnologías usadas para la generación de energía a partir de la biomasa son:

- Combustión directa
- Combustión mixta
- Gasificación
- Fermentación alcohólica
- Transesterificación
- Digestión anaeróbica

El rendimiento de las tecnologías de generación de energía a partir de la biomasa depende de circunstancias locales tales como la calidad de la biomasa y el tratamiento de la misma antes de su utilización.

1.5. GENERACIÓN GEOTÉRMICA.

1.5.1. CONCEPTOS BÁSICOS DE GENERACIÓN GEOTÉRMICA.

ENERGÍA GEOTÉRMICA.

La energía geotérmica es aquella energía que puede ser obtenida por el hombre mediante el aprovechamiento del calor del interior de la Tierra. El calor del interior de la Tierra se debe a varios factores, entre los que cabe destacar el gradiente geotérmico (Variación de la temperatura del interior de la Tierra con la profundidad. El valor normal es de 25 a 35°C/km en la corteza superior). El valor de este flujo calórico se lo resume en la tabla 1.1.

Flujo Calórico	82 mW/m ² (nivel mundial)
	99 mW/m ² (corteza oceánica)
	57 mW/m ² (corteza continental)
Gradiente Térmico	X = 30° C/Km

Tabla 1.1: Flujo calórico de la corteza terrestre

El conjunto de técnicas utilizadas para la exploración, evaluación y explotación de la energía interna de la tierra se conoce como geotermia.

1.5.2. FUNCIONAMIENTO.

Se realiza una perforación a gran profundidad sobre la corteza terrestre aproximadamente unos 5 km con objeto de obtener una temperatura mínima de 150° C y en la cual se introduce dos tubos en circuito cerrado en contacto directo con la fuente de calor, luego desde la superficie se inyecta agua fría a través de uno de los extremos del tubo, la cual se calienta al llegar al fondo formando vapor de agua y regresando a chorro a la superficie a través del otro tubo, en el extremo de éste está acoplado un sistema turbo-generador que transforma esta energía en energía eléctrica, el agua enfriada es devuelta de nuevo al interior por el primer tubo para repetir el ciclo.

Las encargadas de aprovechar este principio son las centrales geotérmicas, que dependen de la profundidad y el calor interno de la tierra para generar mayor o menor energía eléctrica, debido a ello se ha dividido en varios tipos como son:

- a) **VAPOR SECO.**- En las plantas a vapor seco se toma el vapor de las fracturas en el suelo y se pasa directamente por una turbina, para mover un generador (fig.1.4).

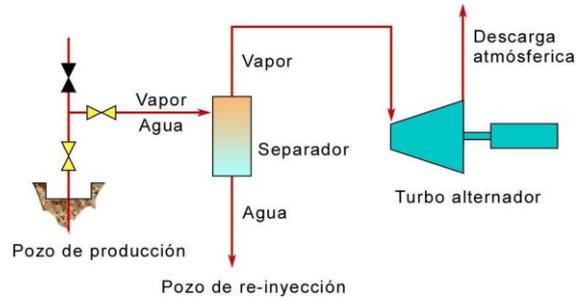


Figura 1.4 Planta de vapor seco

- b) **FLASH.**- En las plantas flash se obtiene agua muy caliente, generalmente a más de 200°C, y se separa la fase vapor en separadores vapor/agua, y se mueve una turbina con el vapor (fig. 1.5)

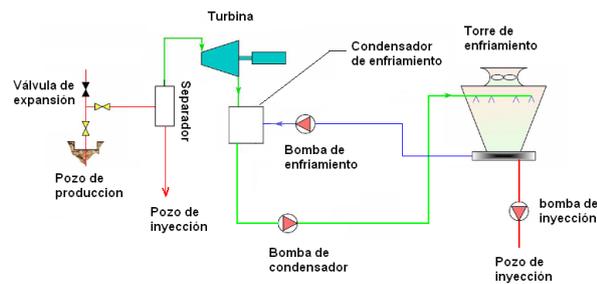


Figura 1.5. Planta flash

- c) **BINARIO.**- En las plantas binarias, el agua caliente fluye a través de intercambiadores de calor, haciendo hervir un fluido orgánico que luego hace girar la turbina (fig. 1.6.)

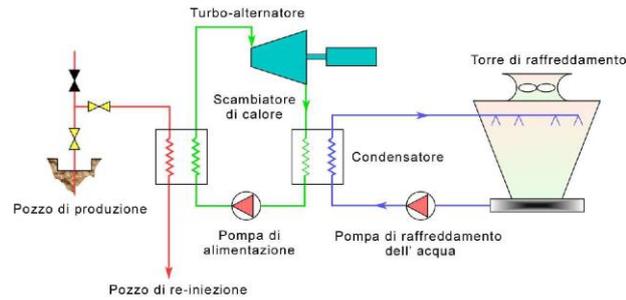


Figura 1.6. Planta binaria

El vapor condensado y el fluido remanente geotérmico de los tres tipos de plantas se vuelven a inyectar en la roca caliente para hacer más vapor y empezar nuevamente el ciclo de generación.

1.5.3. PARTES CONSTITUTIVAS DE UNA CENTRAL GEOTÉRMICA.

Una central geotérmica está constituida principalmente por los elementos que se describen a continuación.

- **CALDERA.-** En este caso la caldera es el interior de la tierra que gracias al magma interno eleva la temperatura de la tierra.
- **TUBERÍAS DE CONEXIÓN.-** Es la tubería forzada que nos ayuda a introducir el líquido al interior de la tierra y obtener vapor para llevarlo a la turbina.
- **TURBINA.-** Es la encargada de transformar la energía cinética del vapor en energía mecánica, haciendo uso de las turbinas de acción y de reacción.

- **CONDENSADOR.-** Se encarga de convertir el vapor que sale de la turbina a su estado líquido nuevamente.
- **BOMBA.-** Eleva la presión del líquido y la devuelve al interior de la tierra para repetir el proceso.
- **GENERADOR.-** Es una maquina acoplada a la turbina que convierte la energía mecánica en energía eléctrica.

En la figura 1.7 se muestra la posición y función de cada uno de los elementos citados anteriormente.

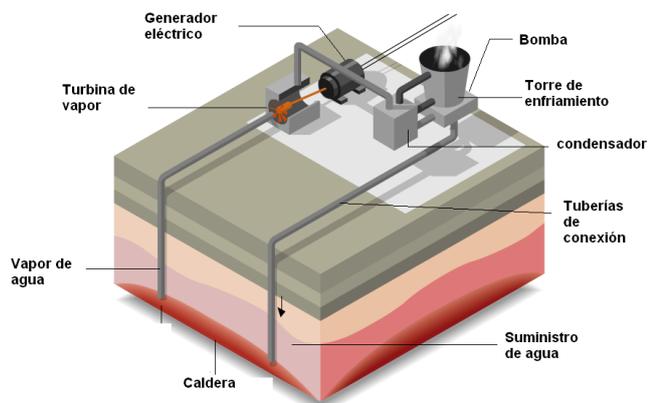


Figura 1.7: Central Geotérmica

1.6. GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA.

1.6.1. CONCEPTOS BÁSICOS DE GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA.

Sabemos que una masa de agua situada a una determinada altura posee una energía potencial igual al producto de $(m \cdot g \cdot h)$, que se transforma en energía cinética al dejarla caer libremente $(1/2 \cdot m \cdot v^2)$. Aprovechando esta propiedad podemos transformar esta energía en energía mecánica de rotación mediante una turbina hidráulica y esta a su vez se emplea para accionar un generador eléctrico y obtener energía eléctrica.

1.6.2. TIPOS DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS.

Las encargadas de aprovechar este principio son las centrales hidroeléctricas, que dependen del caudal y altura para generar mayor o menor energía eléctrica, debido a ello se han dividido en varios, tipos como son:

- a) Según sus características orográficas.
- b) Según su estructura.
- c) Según la potencia que generen.
- d) Otras.

a) **SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS OROGRÁFICAS.-** Se dividen en centrales fluyentes y centrales con regulación:

- **CENTRALES FLUYENTES.-** Son aquellas en las que no existe un embalse aguas arriba de las turbinas, o el mismo no produce una acumulación apreciable de agua, están situadas en ríos con un caudal constante, la recogida de agua se hace directamente del río y va hacia las turbinas.

- **CENTRALES CON REGULACIÓN.-** Son aquellas en las que el caudal no es constante y se aprovecha en este caso la altura mediante embalses de agua para provocar un salto elevado del líquido, aumentando de esta manera su potencial cinético.

b) SEGÚN SU ESTRUCTURA.- Se clasifican en centrales por desviación de las aguas y de pie de presa:

- **CENTRALES POR DESVIACIÓN DE LAS AGUAS.-** Son aquellas en las cuales se aprovecha parte del caudal de los ríos desviando sus aguas gracias a un muro colocado transversalmente a la corriente del río, esta se dirige a un depósito donde se almacena gracias a un canal de derivación y desde aquí se la lleva a la turbina por medio de la tubería forzada.
- **CENTRALES DE PIE DE PRESA.-** Son aquellas en las cuales se necesita la construcción de una presa que almacena agua a una altura determinada.

Si son de alta o media caída el agua llega a la turbina a gran velocidad, con lo que no es necesario un generador de mucho diámetro.

Si son de baja caída se necesitan turbinas de reacción, que son mucho más voluminosas debido al gran caudal de agua que deben hacer pasar y, además, los generadores son también de grandes dimensiones por la poca velocidad del agua.

c) SEGÚN LA POTENCIA QUE GENERAN.- Se clasifican en Pico-centrales, Micro-Centrales, Mini-Centrales, Pequeñas Centrales y Macro-Centrales:

- **PICO-CENTRALES HIDRÁULICAS.-** Generan potencias comprendidas entre los 0.2 y los 5 kW, son ideales para abastecer a zonas aisladas de preferencia comunidades donde la carga se encuentre cerca de la generación, las obras civiles son mínimas, se utiliza en la gran mayoría motores como generadores y sus respectivos reguladores de carga.
- **MICRO-CENTRALES HIDRÁULICAS.-** Generan potencias superiores a los 5 kW hasta los 50 kW, son ideales para abastecer pequeños grupos familiares de 30 a 100 familias, en algunos casos se utiliza bombas como turbinas especialmente las que se acercan a 50 kW.
- **MINI-CENTRALES HIDRÁULICAS.-** Generan potencias superiores a los 50 kW hasta 500 kW, son ideales para abastecer pequeños centros poblados de 50 a 300 familias e incluso un poco más, utiliza la tecnología de bombas como turbina para remplazar a turbinas del tipo transversal y Francis, para las potencias más bajas es posible utilizar motores como generadores aunque conviene analizar los casos.
- **PEQUEÑAS CENTRALES HIDRÁULICAS.-** Generan potencias superiores a los 500 kW hasta 5000 kW, este tipo se diseñan para un máximo de demanda y generalmente con proyección para unos 20 años, de modo que generalmente se genera mucho más que lo que se demanda esto sucede generalmente en centros poblados donde las necesidades van desde alumbrado domestico, pocos artefactos eléctricos, alumbrado público, carpinterías, talleres de soldadura, molienda y otros, hasta pequeñas naves industriales de carga moderada.

- **MACRO-CENTRALES O CENTRALES HIDRÁULICAS.-** Generan potencias superiores a los 5000 kW, son ideales para la demanda masiva de la energía eléctrica generalmente son de reservorio, pero en algunos casos en las que las condiciones son favorables se utiliza generación de pasada.

d) OTRAS.- Tenemos un tipo especial de generación llamado **central de bombeo o central reversible**.

Son aquellas centrales que además de poder transformar la energía cinética del agua en energía eléctrica, son capaces de almacenar energía mediante el bombeo del agua turbinada de retorno al embalse, por ello es la única central que posee dos embalses uno superior y otro inferior, de esta manera puede utilizarse como un método de almacenamiento de energía debido a que se bombearía en las horas valle, y se turbinaría en las horas punta. Permitiendo con ello aplanar el diagrama de carga del sistema, incrementando la carga en las horas de valle y aportando energía en las horas pico. (Figura 1.8)



Figura 1.8: Central de Bombeo o Central reversible.

1.6.3. PARTES CONSTITUTIVAS DE UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA.

- **PRESA.-** Es la estructura construida perpendicular al cauce de un río para retener y almacenar su agua, elevando el nivel de agua considerablemente y regulando el caudal de salida.
- **DESAGÜES.-** Son compuertas dispuestas en la pared principal de la presa a través de las cuales se controla la salida del agua.
- **TUBERÍAS DE CONEXIÓN.-** Es la tubería forzada que nace desde las tomas y conduce el agua de la presa hacia las turbinas.
- **ELEMENTOS DE CIERRE Y REGULADORES.-** Son los encargados de impedir o regular la entrada del agua a las turbinas, de esta manera regulamos el caudal de entrada y la frecuencia de generación.
- **GENERADOR.-** Es una maquina acoplada a la turbina que convierte la energía mecánica en energía eléctrica.
- **ELEMENTOS ANEXOS.-** Los elementos anexos o complementarios son los elementos necesarios para controlar el proceso de generación de corriente eléctrica y regularlo. Cada uno de estos elementos se presenta en la figura 1.9

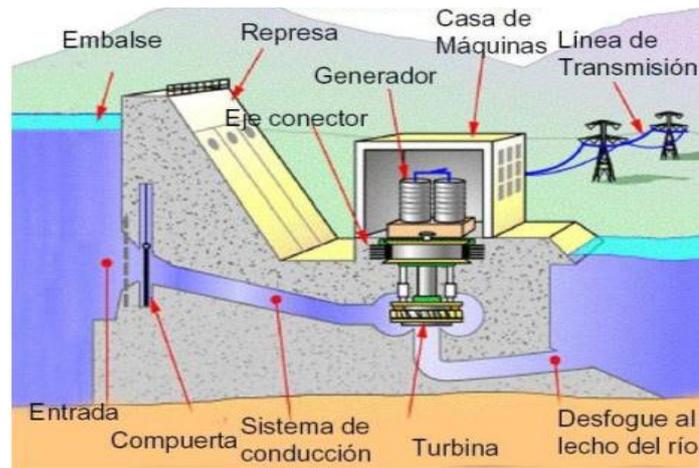


Figura 1.9: Elementos constitutivos de una Central Hidroeléctrica

- **TURBINAS.-** Son las encargadas de transformar la energía cinética del agua en energía mecánica, siendo éstas de acción y de reacción.

a) TURBINA DE ACCIÓN.- Es aquella que aprovecha únicamente la velocidad del agua, es decir su energía cinética. El modelo más habitual es la Pelton, (fig.1.10).



Figura 1.10 Turbina de Acción.

b) TURBINA DE REACCIÓN.- Es aquella que aprovecha tanto la velocidad del agua como la presión que le resta a la corriente en el momento de contacto.

Los modelos más utilizados son la turbina Francis y la turbina Kaplan, (fig.1.11(a), fig.1.11 (b)).

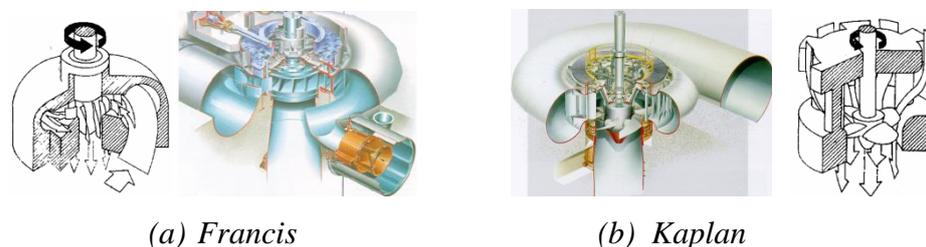


Figura 1.11: Turbinas de reacción

1.6.4. CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA.

Este tipo de centrales utilizan la potencia cinética del agua para producir energía eléctrica por lo tanto la potencia requerida depende en gran medida de la altura y caudal que pueda obtenerse de la fuente hídrica, en la tabla 1.1 se resumen las características que deben de ser consideradas para el diseño de centrales hidráulicas.

TIPO	RANGOS DE POTENCIA (KW)	BAJA CARGA	MEDIA CARGA	ALTA CARGA
Pico-Centrales	$0,2 < P \leq 5$	$H < 2\text{m}$ $Q = 0,5\text{m}^3/\text{s}$	$2\text{m} < H < 3\text{m}$ $Q = 0,375\text{m}^3/\text{s}$	$H > 3\text{m}$ $Q = 0,25\text{m}^3/\text{s}$
Micro-Centrales	$5 < P \leq 50$	$H < 5\text{m}$ $Q = 3\text{m}^3/\text{s}$	$5\text{m} < H < 7\text{m}$ $Q = 2,45\text{m}^3/\text{s}$	$H > 7\text{m}$ $Q = 1,9\text{m}^3/\text{s}$
Mini-Centrales	$50 < P \leq 500$	$H < 20\text{m}$ $Q = 30\text{m}^3/\text{s}$	$20\text{m} < H < 100\text{m}$ $Q = 15\text{m}^3/\text{s}$	$H > 100\text{m}$ $Q = 3\text{m}^3/\text{s}$
Pequeñas centrales	$500 < P \leq 5000$	$H < 25\text{m}$ $Q = 120\text{m}^3/\text{s}$	$25\text{m} < H < 130\text{m}$ $Q = 85\text{m}^3/\text{s}$	$H > 130\text{m}$ $Q = 7\text{m}^3/\text{s}$
Macro-Centrales	$5000 < P$	$H < 20\text{m}$ $Q = 300\text{m}^3/\text{s}$	$20\text{m} < H < 200\text{m}$ $Q = 200\text{m}^3/\text{s}$	$H > 200\text{m}$ $Q = 20\text{m}^3/\text{s}$

Tabla 1.1: Características y rangos de operación de las centrales hidráulicas

Fuente: Energía Mini-Hidráulica, ITDG¹, OLADE²

1.7. RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE GENERACIÓN NO CONVENCIONALES

Cada uno de los sistemas de generación no convencionales hace uso de un determinado tipo de energía renovable, por lo tanto cada uno de ellos presentan ventajas, desventajas y costos diferentes. A pesar de sus diferencias todas ellas apuntan a disminuir la dependencia de los combustibles fósiles y en consecuencia a reducir los niveles de contaminación. En el **ANEXO 1.2** se presenta un resumen de las características más relevantes de cada una de las tecnologías.

¹ ITDG: Intermediate Technology Development Group (organismo de cooperación técnica internacional) Perú desde 1990. Sirve a las poblaciones de menores recursos

² OLADE: Organización Latinoamericana de Energía.

CAPITULO 2

PICO - CENTRALES HIDRÁULICAS

2.1 DEFINICIONES Y CARACTERÍSTICAS

Pico central se refiere a instalaciones hidroeléctricas con niveles de generación eléctrica menores a 5 KW. Sistemas hidroeléctricos de este tamaño gozan de ventajas en términos de costos y simplicidad, comparados con sistemas hidroeléctricos de mayores capacidades, debido a distintos procedimientos que se aplican en el diseño, planificación e instalación del Pico-Sistema.

Recientes innovaciones en la tecnología de las Pico-Centrales han hechos que se convierta en una tecnología energética económicamente viable aún en partes del mundo muy pobres e inaccesibles. Además es una fuente de potencia versátil, que genera energía eléctrica de CA permitiendo el funcionamiento de equipos eléctricos estándar, y la distribución de la electricidad a toda una aldea. Ejemplos comunes de los aparatos que funcionan con sistemas de Pico-Centrales son: bujías para iluminación, radios y televisores, también es posible sacar fuerza mecánica directamente del eje de la turbina, permitiendo el funcionamiento de maquinarias tales como herramientas para talleres, molinos de granos, y otros equipos de procesamiento de los productos agrícolas locales.

Este tipo de tecnologías se justifican debido a muchos factores entre los cuales destacamos los siguientes:

- A menudo, incluso en países que disponen de amplias redes de distribución eléctrica, existen muchas comunidades que no disponen de energía eléctrica, por diferentes motivos, uno de ellos la ubicación geográfica que hace imposible la extensión de las redes eléctricas.
- Para Pico-Centrales se requieren caudales pequeños, por lo cual existen numerosas fuentes aprovechables de agua, muchas veces un manantial o un arroyo pequeño proveen suficiente agua para la instalación de una Pico-Central.
- La maquinaria de una Pico-Central es pequeña y compacta. Los componentes pueden ser fácilmente transportados a sitios remotos y de difícil acceso.
- Es posible la fabricación local de los equipos. Los principios de diseño y procesos de fabricación son fáciles de aprender.
- La cantidad de casas que se conectan a cada sistema es pequeña, típicamente menor de 100 casas. Por lo tanto es relativamente fácil recoger el capital inicial para la ejecución del proyecto, y eso también simplifica el manejo del mantenimiento del sistema y el cobro del servicio eléctrico.
- Este tipo de instalaciones cuidadosamente diseñadas tienen costos por kilovatio menores que el de las instalaciones fotovoltaicas, sistemas electrógenos o de viento.

2.2. CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA DISEÑO DEL SISTEMA:

Para el diseño de un sistema de generación pico se contempla las siguientes etapas y consideraciones:

2.2.1. CAPACIDAD Y ESTUDIO DE LA DEMANDA

Consiste en establecer exactamente cuanta energía se necesita, cuando se necesita y donde se necesita. Además nos debemos hacer la pregunta ¿Podrán los consumidores financiar y acoplarse a esta tecnología? Este estudio constituye la base de la evaluación financiera.

Es imprescindible evaluar la capacidad organizativa de los usuarios del sistema, para garantizar un adecuado y eficiente funcionamiento del sistema pico.

Para obtener datos y resultados confiables se propone el siguiente procedimiento, el cual ayudará a establecer la ubicación y el tamaño real de la demanda.

a) Un mapa o croquis del pueblo, mostrando las distancias y posiciones de todas las casas respecto a la fuente de generación.

b) Un resumen de los diferentes tipos de personas del pueblo, es decir una calcificación de hombres, mujeres, niños y ancianos.

c) Un resumen de las diferentes instituciones, organizaciones, líderes de negocios o miembros sobresalientes del pueblo que pueden ayudar a organizar la financiación, operación y mantenimiento del sistema de generación pico. Este resumen debe

incluir descripciones de experiencias pasadas en la organización de la financiación de actividades colectivas.

d) En el caso de existir sistemas de riego será necesario elaborar un resumen de su organización administrativa y de sus proyecciones.

e) Un diagnóstico de de la capacidad de organización local o individual para administrar un sistema complejo incluyendo financiación, distribución de bienestar, operación y mantenimiento de maquinarias.

f) Una apreciación de los diferentes tipos de personas en cuanto en disposición y habilidades para pagar por el sistema.

g) Una descripción de las cargas instaladas en cada casa e institución.

2.2.2. ESTUDIO HIDROLÓGICO E INSPECCIÓN DEL LUGAR

Esta etapa permite establecer el potencial hidroenergético del lugar escogido. Muestra como el caudal del agua varia a lo largo del año y donde se debe tomar el agua para obtener el sistema más efectivo y barato. Nos muestra además cuanta es la potencia disponible y cuando está disponible. El estudio toma como consideración los diferentes usos del agua.

Para obtener datos concluyentes sobre la zona en cuestión es preciso aclarar algunas definiciones, además una breve explicación de la metodología usada para la obtención y recopilación de la información:

2.2.2.1. CARTOGRAFÍA

Para la elaboración de los proyectos de electrificación con Pico-Centrales es necesario disponer de la información cartográfica de la zona en la cual se pretende implementar dicho proyecto. Esta información la podemos obtener de diferentes fuentes, tales como el Instituto Geográfico Militar (IGM) y de estudios previos realizados por el Consejo Provincial de Morona Santiago.

En los planos cartográficos se encontrará información geológica y topográfica, así como la ubicación, las vías de acceso a la zona, los ríos, la vegetación y las curvas de nivel, a través de la cual obtenemos información sobre los desniveles de los ríos que posteriormente será utilizado para calcular el potencial hídrico de dicho río.

La información de los planos cartográficos debe corroborarse con un reconocimiento de campo, para hacer levantamientos adicionales si es necesario, y de esta forma establecer si debe modificarse el diseño o la ubicación de las obras civiles del proyecto.

2.2.2.2. ESCALAS CARTOGRÁFICAS

Para la interpretación de mapas se utilizan las escalas, que son una relación matemática entre la dimensión real y su representación en una carta o mapa. Se puede decir que una escala es el número de veces que la realidad ha sido reducida.

La escala puede estar expresada mediante una fracción (1/50.000) o una razón (1:50.000). En ambos casos se nos indica que cada centímetro del mapa equivale a 50 mil centímetros de la superficie terrestre. También existen escalas representadas en forma de barra o recta graduada. Cada tramo de la barra corresponde a una

dimensión en el mapa (solo hay que medirla) y a su equivalencia con la realidad en la unidad expresada (centímetros, metros, kilómetros).

2.2.3. TÉCNICAS PARA LA MEDICIÓN DEL SALTO

2.2.3.1. MÉTODO DEL NIVEL CON MANGUERA.

En este método se usa una manguera que se extiende entre los dos puntos a los que se quiere determinar la diferencia de altura. Se lee midiendo la diferencia entre los niveles de agua en la manguera en ambos puntos con la ayuda de escalas.

2.2.3.2. MÉTODO DEL NIVEL DE CARPINTERO.

En este método se usan también dos escalas en los puntos comparados, y con ayuda de una regla o un hilo se mide la altura del punto más alto sobre el otro punto, verificando su horizontalidad con la ayuda del nivel carpintero de esta forma se establece la diferencia de altura.

2.2.3.3. MÉTODO DEL CLINÓMETRO.

En este método, en los dos puntos comparados se ponen transportadores ubicados sobre una horizontal con la ayuda del nivel de carpintero. Con la ayuda de un hilo tensado entre los dos puntos, se supone un triángulo recto, con el hilo como hipotenusa, y con los ángulos medidos sobre el transportador que se encuentra en los dos puntos. Conociendo la longitud de la hipotenusa, y los ángulos del triángulo, trigonómicamente obtenemos la longitud del cateto vertical del triángulo, siendo ésta la diferencia de altura entre dos puntos. En caso de que la distancia sea muy

grande para usar un hilo, se utiliza un nivel Abney, con el cual por medio de una mira se establece el ángulo y la longitud de la hipotenusa del triangulo supuesto.

2.2.3.4. MÉTODO DEL BARÓMETRO.

La presión atmosférica varía inversamente proporcional a la altura sobre el nivel del mar. Tomando en cuenta este principio se puede determinar la diferencia de altura entre dos puntos midiendo la diferencia de presiones entre éstos.

Este método es inexacto porque la presión atmosférica varía con la temperatura y la humedad relativa, y porque los barómetros usados tienen un margen de error de 1 metro de altura. Este método es adecuado para medir la caída bruta, o para tener una aproximación de las diferencias de nivel. Si se tiene un barómetro, la forma de medir la diferencia de nivel, es tomando una lectura inicial en un punto con altura conocida, y anotando la hora y la temperatura en el momento de la medición. Después se toman lecturas en los puntos establecidos tomando la hora y temperatura en cada punto, y finalmente se toma una última lectura en el punto inicial.

Para ajustar las lecturas a los cambios de temperatura y de humedad relativa, se supone un cambio lineal entre la primera y la última lectura del punto inicial, y se determina el factor de corrección de cada punto de acuerdo a la hora en que se tomó la lectura, y a la temperatura registrada en ese momento.

2.2.3.5. MÉTODO DEL PROFUNDÍMETRO.

En este método se usa una manguera con un profundímetro al final, la manguera se extiende entre los dos puntos a comparar, y el profundímetro mide la presión de la

columna de agua que está dentro de la manguera dando una lectura en metros usando la siguiente conversión:

Ecuación de caída neta.

$$H = p/9.8 \text{ (m)}$$

Donde:

p: *es la presión de la columna de agua en KPa*

H: *es la caída en metros*

2.2.3.6. TÉCNICA PARA MEDICIÓN DEL CAUDAL.

A razón de que los caudales de los ríos varían a lo largo del año, realizar una medición del caudal instantáneo resulta un riesgo, la utilidad de estas mediciones son relativamente pequeña.

Es probable que algunas veces no exista información para hacer un estudio de hidrología, entonces nos veremos forzados a recolectar nuestros propios datos a partir de mediciones instantáneas del caudal. Lo ideal es hacer mediciones a diario, aunque también se usan mediciones semanales y mensuales.

Los métodos de medición que se proponen son los siguientes:

2.2.3.6.1. MÉTODO DE LA SOLUCIÓN DE SAL

Este método es fácil de usar y bastante preciso. Las mediciones bien efectuadas darán errores menores al 5% y permiten hacer las estimaciones de potencia y cálculos posteriores.

Este método se basa en el cambio de conductividad del agua ($\text{ohm}^{-1} = \text{Siemens}$) al cambiar el grado de concentración de sal. De este modo, si disolvemos una masa (M) de sal de un balde y vertemos la mezcla en una corriente de agua, dándole el tiempo necesario para diluirse, provocaremos un incremento de la conductividad que puede ser medido mediante un conductivímetro.

Como podemos imaginar, dicho incremento de la conductividad dura un cierto tiempo y no es uniforme durante ese lapso. Es decir, habrá pequeños incrementos al inicio y al final del paso de la “nube” de sal, mientras que habrá un máximo en una situación intermedia.

Si hacemos mediciones de conductividad en Siemens (S) o microsiemens (μS) cada lapso corto (p.e.5 segundos) desde que se inicia el lapso de la nube de sal hasta el paso total de la misma y luego se grafica conductividad (μS) vs tiempo (s), se encontrara una curva más o menos uniforme de distribución.

Matemáticamente es demostrable que el caudal del rio o quebrada en cuestión se puede calcular con la expresión $Q = K \times M/A$, que relaciona al caudal con la masa de sal y el área bajo la curva obtenida y corregida por un factor K.

$$Q = K \times M/A$$

Donde: Q= caudal (lt/seg)

M = masa de sal (miligramos)

K = factor de conversión ($\mu\text{S}/\text{mgra}/\text{lt}$); varía con la temperatura

A = área bajo la curva en $\mu\text{S}\cdot\text{seg}$

PROCEDIMIENTO:

- a)** Haga indagaciones sobre el caudal aproximado. Resulta conveniente inspeccionar el río o quebrada antes de planear las mediciones para llevar las cantidades adecuadas de sal, la recomendación es usar aproximadamente 100 gr de sal por cada $0.10 \text{ m}^3/\text{s}$.

- b)** Tomar una cierta cantidad de sal de mesa y secarla a fin de eliminar el error del peso por humedad. Luego pesar pequeñas cantidades en bolsitas plásticas siguiendo la regla de 100 gr por cada $0.10 \text{ m}^3/\text{s}$.

- c)** Medir la temperatura del agua y registrarla.

- d)** Escoger un tramo del río o quebrada donde haya una velocidad más o menos uniforme. Evitar los remansos porque estos retardan el paso de la nube de sal afectando las medidas.

- e)** Una persona (A) disolverá una solución de una primera bolsita de sal en balde de unos 10 a 12 litros de capacidad y lo llenará con agua hasta no más de $3/4$ de su capacidad.

- f)** Seleccione el lugar de aplicación de la solución y el de la ubicación del medidor de conductividad, la distancia entre ambos puntos puede ir de 30 a 50 metros.

- g) Coloque el medidor de conductividad y un reloj con precisión de segundos y prepare su registro para tomar los datos.
- h) Ordene la aplicación de la solución y observe el medidor hasta que empiece a elevarse la conductividad.
- i) Registre los valores de la conductividad cada 5 segundos.

PROCESAMIENTO DE RESULTADOS

- a) Graficar conductividad vs tiempo
- b) Calcular el área encerrada por la curva y trazar una línea recta que une la conductividad base (primer punto leído) con el último punto.
- c) Encontrar el factor de corrección en $\mu\text{s}/(\text{mg}/\text{lt})$
- d) Utilizar la expresión $Q = K.(M / A)$

2.2.3.6.2. MÉTODO DEL RECIPIENTE

El método del recipiente es una manera muy simple de medir el caudal. Todo el caudal a medir es desviado hacia un balde o barril y se anota el tiempo que toma llenarlo. El volumen del embase se conoce y el resultado del caudal se obtiene simplemente

dividiendo este volumen por el tiempo de llenado. La desventaja de este método es que todo el caudal debe ser canalizado o entubado al envase. A menudo es necesario construir una pequeña presa temporal. Este método resulta práctico para caudales pequeños.

2.2.3.6.3. MÉTODO DEL ÁREA Y VELOCIDAD.

Este método se basa en el principio de continuidad. Para un fluido de densidad constante fluyendo a través del área de una sección conocida, el producto del área de la sección por la velocidad media será constante:

$$\text{Área} \times V_{\text{media}} = Q = \text{Constante (m}^3/\text{s)}$$

Donde:

V_{media} = velocidad promedio del agua en la corriente.

A = área transversal de una sección del río.

2.2.3.6.4. MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD DE LA CORRIENTE.

Básicamente recomendamos dos técnicas para la medición de la velocidad de la corriente:

a) TÉCNICA DEL FLOTADOR

Se dibuja el perfil de la sección del lecho del río y se establece una sección promedio para una longitud conocida de corriente. Utilizamos una serie de flotadores, podría ser

una serie de pedazos de madera, para medir el tiempo que se demora en recorrer una longitud preestablecida del río. Los resultados son promediados y se obtiene la velocidad superficial del flujo del agua. Esta velocidad deberá ser reducida por un factor de corrección para hallar la velocidad media de la sección. Este factor depende la profundidad de la corriente. Multiplicando el área de la sección promedio por la velocidad del caudal promediada y corregida, se obtiene un estimado del valor del volumen de agua que fluye. Las imprecisiones de este método son obvias. A menos que se considere un canal de pendiente suave y regular, obtener un valor preciso del área de la sección de la corriente del agua será muy difícil y tedioso.

La velocidad promedio obtenida no es la velocidad media de la corriente, ya que el flotador está en la superficie del agua y el factor de corrección solo es una aproximación.

En general, escoja la mayor longitud posible del arroyo que tenga orillas paralelas con un área de sección transversal uniforme a lo largo de esta longitud. Una del fondo rocoso con obstáculos al flujo, como piedras grandes llevara a resultados erróneos.

b) TÉCNICA DEL MEDIDOR DE CORRIENTE O CORRENTÓMETRO.

También llamados molinetes, consisten en un mango con una hélice o copas conectadas al final. La hélice rota libremente y la velocidad de rotación está relacionada con la velocidad del agua. Un contador mecánico registra el número de revoluciones del propulsor que se ubica a la profundidad deseada. Otros aparatos más sofisticados utilizan impulsores eléctricos. Con estos medidores es posible tomar muchas lecturas en una corriente y calcular la velocidad media.

Los medidores de corriente son suministrados con una fórmula que relaciona la velocidad de rotación del instrumento con la velocidad de la corriente. Generalmente estos aparatos son usados para medir velocidades de 1.2 a 5 m/s con un error probablemente de 2%.

Al igual que otros medidores de velocidad, el molinete debe ser sumergido bajo el agua. A menudo el fabricante coloca una marca en el mango del medidor para indicar la profundidad de los álabes.

2.2.3.6.5. MÉTODO DEL VERTEDERO DE PARED DELGADA.

Un vertedero es una estructura similar a un muro de baja altura ubicado a lo ancho de un río o canal. Un vertedero de medición de caudal tiene una muesca a través de la cual toda el agua en la corriente fluye. Los vertederos son generalmente estructuras temporales y son diseñados de modo que la descarga volumétrica pueda ser leída directamente o determinada por una simple lectura de la diferencia de altura entre el nivel del agua antes del vertedero y el vértice o cresta de este.

Para alcanzar mejores resultados hay que utilizar vertederos de pared delgada y además evitar que el sedimento se acumule tras ellos. Estos vertederos se hacen de planchas de acero.

Hay tres tipos de vertederos de uso más frecuente:

a) Vertedero triangular.- Son usados para medir descargas pequeñas, son considerablemente efectivos.

b) Vertedero trapezoidal.- Llamados Cipoletti, tiene una cresta horizontal y lados en pendiente, sin embargo, para descargas pequeñas, esto no aporta ninguna ventaja con respecto a los otros tipos de vertederos.

c) Vertedero rectangular.- permite medir descargas mayores y su ancho puede ser cambiado para diferentes caudales.

Los vertederos pueden ser de madera o metal y están orientados perpendicularmente al sentido de la corriente. Hay que ubicar al vertedero en un punto donde la corriente sea uniforme y esté libre de remolinos. La distancia entre el fondo del lecho del río y la cresta del vertedero agua arriba de este, deberá ser al menos dos veces la altura máxima a medirse (carga del vertedero). No debe haber ninguna obstrucción al paso del agua cerca del vertedero y los lados de estos deben estar perfectamente sellados a fin de evitar fugas o goteos. Para ello puede emplearse una lámina plástica. La cresta del vertedero deberá ser lo suficientemente alta como para permitir que el agua caiga libremente dejando un espacio bajo el chorro.

Las crestas de los vertederos trapezoidales y rectangulares deben estar a nivel. Los vertederos triangulares pueden usarse con un amplio rango de ángulos de vértice (90° es el más utilizado). Las ecuaciones para la mayoría de vertederos de pared delgada por lo general no son precisas para alturas muy pequeñas (menores de 5 cm).

En comparación con otros, el vertedero triangular puede medir un rango mayor de caudales. La cresta del vertedero debe ser lo suficientemente ancha para recibir la mayor carga esperada. Por eso es necesario conocer los probables valores del caudal antes de seleccionar o diseñar un vertedero. Si se encuentran velocidades de corriente superiores a 0.15 m/s, será necesario corregir la cresta por el efecto de la velocidad de aproximación. Cuando se construya un vertedero temporal simple, los problemas de sellado pueden ser solucionados pegando una lamina plástica que se pone corriente arriba del vertedero y se sujeta con arena y rocas.

Las ventajas de los vertederos incluyen:

- Si la Creta es muy ancha o profunda, la formula tiende a subestimar la descarga.
- Si la velocidad de aproximación es muy alta, la descarga es también subestimada.

2.2.3.6.6. MÉTODO DE LA SECCIÓN DE CONTROL Y REGLA GRADUADA

Es similar al método del vertedero. Se diferencia en que la característica física de la sección es utilizada para controlar la relación entre el tirante de agua y el caudal. El tirante de agua se refiere a la profundidad de ésta en la sección. Una sección de control se ubica donde un cambio dado en el caudal se traduce en un cambio apreciable en el tirante de agua en la sección de control. Deberá evitarse una sección de control ancha porque los cambios en el caudal resultarán en cambios pequeños en el tirante.

Si algún objeto destruye la sección de control o la erosión hace que la pendiente cambie, entonces las lecturas siguientes no serán validas. El medidor, típicamente un listón de madera graduado, deberá estar situado donde sea factible leerlo y no esté expuesto a daños. Nótese que este método es válido para comparar un caudal con otro, pero un caudal de referencia debe ser conocido y relacionado con la tabla graduada de modo de obtener una estimación cuantitativa del caudal.

2.3. ELEMENTOS QUE FORMAN EL SISTEMA DE GENERACIÓN.

Los sistemas de generación con Pico-Centrales son uno de los sistemas más económicos y de menor impacto ambiental para la obtención de energía eléctrica, puesto que no requieren equipos complejos y costosos, además de ello las obras civiles de captación y transporte no requieren grandes inversiones en material y mano de obra. Este sistema está formado por tres etapas principales como son:

- Captación y transporte del agua
- Generación
- Transporte y distribución de la energía.

Cada una de estas etapas se detalla en la figura 2.1

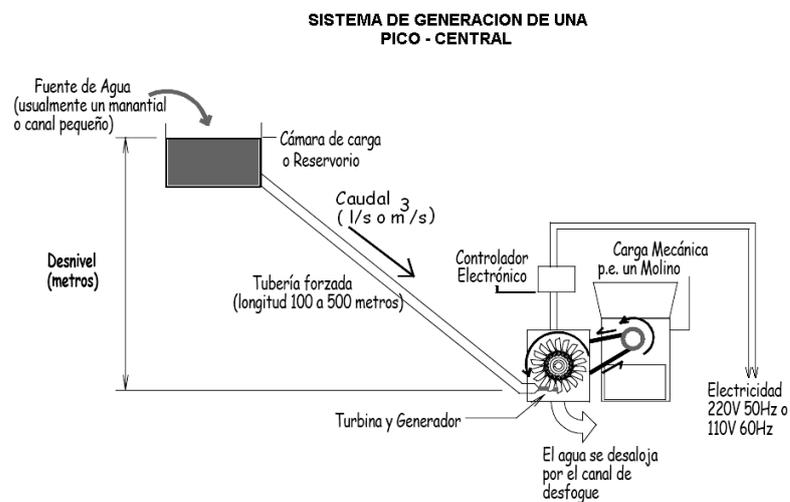


Figura 2.1: Elementos de una Pico-Central

La etapa de captación y transporte de agua está comprendida por la cámara de carga y la tubería forzada. Mientras que la etapa de generación está comprendida básicamente por el generador, válvulas de control y el controlador electrónico de carga. Y finalmente la etapa de transporte y distribución de energía consta de las redes eléctricas, sistemas limitadores de carga y los elementos de consumo en general.

En el punto 2.4 se detallarán con mayor precisión cada uno de los elementos que forman el sistema de generación.

2.4. POTENCIA DE GENERACIÓN EN FUNCIÓN DE LA ALTURA Y CAUDAL.

Las Pico-Centrales hidroeléctricas aprovechan la energía cinética del agua para producir el movimiento de una turbina, la cual está unida a un generador que transformara la energía mecánica de la turbina en energía eléctrica, para este caso se utilizara un motor de 2 KW para obtener energía eléctrica.

Debido a que la energía cinética depende de una caída libre, necesitamos de un desnivel o altura vertical para transformar la energía potencial del agua en energía cinética debido a ello es que las centrales depende del caudal y la altura de la fuente hídrica para producir más o menos energía eléctrica, como se muestra en la figura 2.1

2.4.1. CALCULO DE LA POTENCIA A SER GENERADA.

Teniendo en cuenta la necesidad de un caudal y un desnivel entre la fuente hídrica y la generación, podemos calcular la potencia que vamos a obtener del sistema de generación.

2.4.1.1. POTENCIA HIDRÁULICA.

Es la potencia en bruto que tiene la fuente hídrica, ésta siempre será mayor que la potencia mecánica, o la potencia eléctrica, ya que siempre existirá perdidas en las etapas de transformación, la fórmula para obtenerla es:

$$P_{Hb} (W) = \text{Desnivel (m)} \times \text{Caudal (l/s)} \times 9.81$$

2.4.1.2. DESNIVEL NETO.

Es el desnivel de la tubería forzada que se puede llegar a utilizar y está en función del porcentaje que se pierde por fricción en la tubería forzada, la fórmula para obtenerla es:

$$Dn(m) = Db(m) - [pf(\%) \times Db(m)]$$

2.4.1.3. POTENCIA HIDRÁULICA NETA.

Es la potencia neta de la fuente hídrica que podemos obtener al final de la tubería forzada, la fórmula para obtenerla es:

$$P_{Hn}(W) = Dn (m) \times \text{Caudal (l/s)} \times 9.81$$

2.4.1.4. POTENCIA MECÁNICA.

Es la potencia que nos da la turbina y está en función de la eficiencia de dicha turbina, la fórmula para obtenerla es:

$$P_M(W) = PHn(W) \times \eta_t(\%)$$

2.4.1.5 POTENCIA ELÉCTRICA GENERADA.

Es la potencia que obtenemos en los bornes de nuestro generador, para nuestro caso será en los bornes de nuestro motor y está en función de la eficiencia de dicho generador, la fórmula para obtenerla es:

$$Pe(W) = PM(W) \times \eta_g (\%)$$

2.4.2 DATOS ADICIONALES.

Algunos datos alternativos a ser tomados en cuenta y que son necesarios al momento de diseñar el sistema de generación son:

2.4.2.1 PERDIDAS EN LA TUBERÍA DE PRESIÓN.

Depende en gran medida de la superficie lisa y el material del cual está formado, la tubería mientras menos uniones y cambios de dirección tenga menor fricción ejercerá al paso del agua, el dato del coeficiente de fricción de la tubería se deben pedir al proveedor del material para el cálculo de pérdidas en la tubería forzada.

La fórmula más exacta para cálculos hidráulicos es la de Darcy-Weisbach

$h = f \cdot (L / D) \cdot (v^2 / 2g)$, en función del caudal la expresión queda de la siguiente forma:

$$h = 0,0826 \cdot f \cdot (Q^2/D^5) \cdot L$$

En donde, **h**: pérdida de carga o de energía (m), **f**: coeficiente de fricción (adimensional), **L**: longitud de la tubería (m), **D**: diámetro interno de la tubería (m), **v**: velocidad media (m/s), **g**: aceleración de la gravedad (m/s²), **Q**: caudal (m³/s). En el caso que no se disponga del coeficiente de fricción el valor **f** se obtendrá del diagrama universal de Moody, o se puede optar por la formula de Manning de uso valido para canales de forma circular que están parcial o totalmente lleno, o cuando el diámetro de la tubería es muy grande, la expresión puede ser escrita de la siguiente forma:

$$h = K \times L \times Q^2 \quad \text{Donde:} \quad K = \frac{10,294n^2}{D^{16/3}}$$

En donde, **h**: pérdida de carga o de energía (m), **n**: coeficiente de rugosidad (adimensional), **D**: diámetro interno de la tubería (m), **Q**: caudal (m³/s), **L**: longitud de la tubería (m). Para el cálculo del coeficiente de rugosidad "n" no existe un método exacto, para el caso de tuberías se puede consultar en la tabla 2.1

Material	N	Material	n
Plástico (PE, PVC)	0,006-0,010	Fundición	0,012-0,015
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,009	Hormigón	0,012-0,017
Acero	0,010-0,011	Hormigón revestido con gunita	0,016-0,022
Hierro galvanizado	0,015-0,017	Revestimiento bituminoso	0,013-0,016

Tabla 2.1: Especificaciones técnicas para la tubería de presión

Fuente: [http://www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/Aguas/PerdidaCarga.htm#Scobey_\(1931\)](http://www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/Aguas/PerdidaCarga.htm#Scobey_(1931))

Si el trazo de la línea presenta demasiados cambios de dirección o de diámetro, debidos a condiciones especiales de topografía o espacio, deberán considerarse las pérdidas locales que pueden calcularse mediante la expresión:

$$h = K \cdot (v^2 / 2g)$$

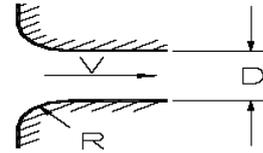
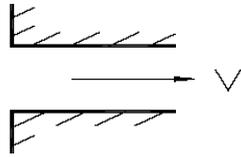
Donde, h: pérdida de carga o de energía (m), K: coeficiente empírico (adimensional), v: velocidad media del flujo (m/s), g: aceleración de la gravedad (m/s^2). El coeficiente "K" depende del tipo de singularidad y de la velocidad media en el interior de la tubería, algunos valores aproximados para cálculos rápidos se resumen en la tabla 2.2

Accidente	K	L/D
Válvula esférica (totalmente abierta)	10	350
Válvula en ángulo recto (totalmente abierta)	5	175
Válvula de seguridad (totalmente abierta)	2,5	-
Válvula de retención (totalmente abierta)	2	135
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	0,2	13
Válvula de compuerta (abierta 3/4)	1,15	35
Válvula de compuerta (abierta 1/2)	5,6	160
Válvula de compuerta (abierta 1/4)	24	900
Válvula de mariposa (totalmente abierta)	-	40
T por salida lateral	1,80	67
Codo a 90° de radio corto (con bridas)	0,90	32
Codo a 90° de radio normal (con bridas)	0,75	27
Codo a 90° de radio grande (con bridas)	0,60	20
Codo a 45° de radio corto (con bridas)	0,45	-
Codo a 45° de radio normal (con bridas)	0,40	-
Codo a 45° de radio grande (con bridas)	0,35	-

Tabla 2.2: Especificaciones técnicas para los accesorios

Fuente: [http://www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/Agua/PerdidaCarga.htm#Scobey_\(1931\)](http://www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/Agua/PerdidaCarga.htm#Scobey_(1931))

Para la entrada del depósito a la tubería podemos tomar los siguientes valores para “K”.



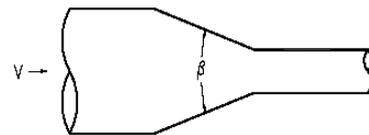
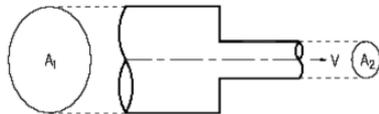
Con aristas agudas $k = 0.50$

Para diseños hidrodinámicos

R/D	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
K	0,25	0,17	0,08	0,05	0,04

Fuente: <http://www.jjcoopsa.com.mx/reglamweb/ihtcas/nortecom2I223.htm>

Para las reducciones de diámetro podemos tomar los siguientes valores para “K”.



Con aristas agudas

Con ángulo de reducción

A2/A1	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1
K	0,45	0,42	0,33	0,22	0,13	0

β	<4°	5°	15°	20°	25°	30°	45°	60°	75°
K	0	0,06	0,18	0,2	0,22	0,24	0,3	0,32	0,34

Fuente: <http://www.jjcoopsa.com.mx/reglamweb/ihtcas/nortecom2I223.htm>

2.4.2.2 EFICIENCIA DE LA TURBINA.

Depende en gran medida del diámetro primitivo (D_p es el doble de la distancia del centro del chorro de agua al centro del eje del rodete), la forma de las cucharas, y el tamaño del rodete que es igual o menor de $200\text{mm } D_p$, esta distancia se utiliza porque es el punto donde el chorro impacta en las cucharas, y de ella depende la rapidez de giro del rodete, entre más pequeño el rodete, más rápido va a girar.

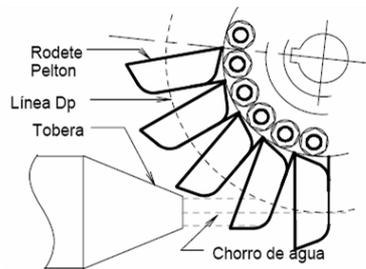


Figura 2.2: Rueda Pelton

Cuando la turbina gira con rapidez, se hace posible el acoplamiento directo del generador, lo cual reduce el costo de los componentes y simplifica el sistema porque no se requieren poleas y bandas, un ejemplo de ello podemos verlo en la figura 2.3

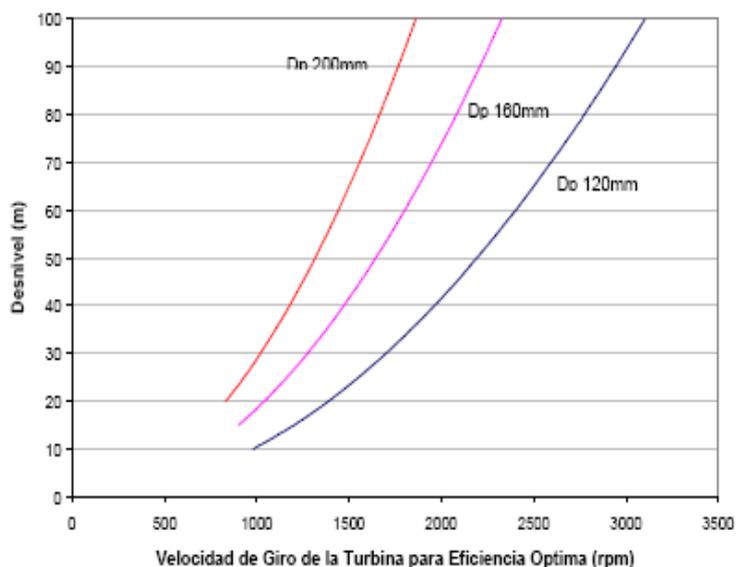


Figura 2.3: Curvas de eficiencia para turbina Pelton

Fuente: ITDG, Manual PICO HYDRO FOR VILLAGE POWER, 2001

2.4.2.3 EFICIENCIA DEL GENERADOR (MOTOR).

Depende en gran medida de las características constructivas de cada fabricante, para ello debemos buscar en los manuales de cada una de ellas, para encontrar de entre los diferentes generadores existentes en el mercado uno que cumpla con las condiciones requeridas para obtener la potencia deseada.

Para la aplicación en una pico central es recomendable utilizar motores debido a que son fabricados en masa, por lo cual son bastante baratos y disponibles en todas partes, el más recomendable es el motor de inducción debido a que produce electricidad C.A y por ende su potencia puede ser transmitida a través de grandes distancias, pero dentro del mercado existe otros tipos de motores que pueden ser utilizados en este tipo de proyectos, como los que se presentan en el **ANEXO 2.1**

En la mayoría de los proyectos para las comunidades normalmente se genera energía monofásica debido a que las necesidades a ser atendidas son de iluminación y

pequeñas cargas (radios, DVD, etc), por esta razón resulta una excelente alternativa el uso del Motor Trifásico de Inducción ya que nos da la posibilidad de generar este nivel de tensión mediante la conexión C-2C en los embobinados de la maquina, como se muestra e la figura 2.4, teniendo en cuenta que debe seleccionarse el tipo correcto de capacitores y que se hagan las conexiones correctas, de otra manera el generador no generará o puede sobrecalentarse. El mismo fabricante que supe la turbina y el generador deberá de suplir también los capacitores del tamaño correcto.

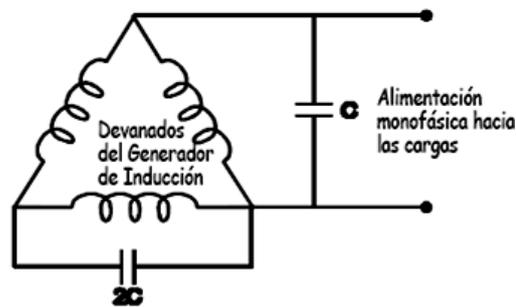


Figura 2.4: Conexión de los capacitores en el motor trifásico

Fuente: ITDG, Manual PICO HYDRO FOR VILLAGE POWER, 2001

2.4.3 PARÁMETROS DE LOS ELEMENTOS QUE FORMARAN EL SISTEMA DE GENERACIÓN.

En sistema de generación pico se consideran los siguientes elementos:

- El control electrónico de carga
- Disparo por sobre-voltaje

Debemos tener muy en cuenta los siguientes parámetros a continuación citados para seleccionar los elementos que formaran parte del sistema de generación pico, debido a que de ello depende un optimo funcionamiento y la vida de los aparatos eléctricos que serán abastecidos por medio de la red local, un esquema resumido del sistema de

generación se puede analizar en el **ANEXO 2.2**, donde podemos visualizar esquemáticamente las conexiones de los diferentes elementos que forman el sistema de generación.

2.4.3.1 EL CONTROL ELECTRÓNICO DE CARGA

La velocidad de la turbina cambia cuando cambia la carga conectada al generador, mientras la carga va en aumento la velocidad de la turbina disminuirá, debido a que este cambio de velocidad afectaría el voltaje y la frecuencia, las cargas conectadas al generador podrían dañarse por la variación de los parámetros mostrados a continuación:

	Demasiado Alto	Demasiado Bajo
Voltaje	Pueden dañarse motores, televisores y radios. Se recortan las vidas útiles de lámparas y calefacciones.	La mayoría de los artefactos se comportarán mal o dejarán de operar.
Frecuencia	Usualmente no causa problemas con las cargas de los usuarios, con la excepción de cargas de motores que dependen de la velocidad de giro del motor.	Puede causar recalentamiento de circuitos internos y fallas en radios, TV y motores.

Por tal motivo es preciso mantener la carga del generador constante, o ajustar el caudal de agua que pasa por la tobera a la turbina, el método más confiable de controlar la carga y mantener el voltaje y la frecuencia constantes, es el uso de un controlador electrónico de carga.

Este dispositivo ajustará automáticamente la cantidad de potencia no utilizada por los clientes para enviarla al lastre de manera que la carga total sobre el generador quede constante, como se muestra en la figura 2.5.

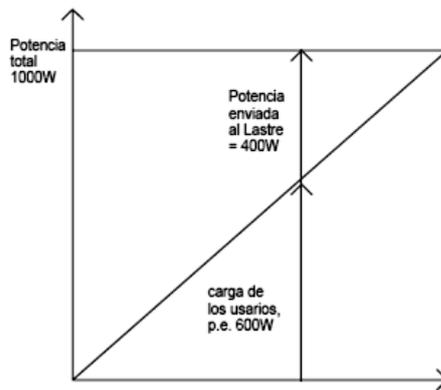


Figura 2.5: Comportamiento del controlador de carga

Fuente: ITDG, Manual PICO HYDRO FOR VILLAGE POWER, 2001

Para elegir este dispositivo debemos tomar en cuenta que la potencia nominal del controlador deberá ser igual o mayor que la potencia eléctrica máxima que se va a generar.

Sin embargo el controlador electrónico de carga, no puede prevenir el exceso de carga, por esta razón es recomendable el uso de limitadores de carga, para evitar este inconveniente, debido a que si el consumidor demanda más corriente que la prevista el dispositivo corta temporalmente la alimentación de la energía a la casa.

Adicional a esto debemos tener en cuenta algunos instrumentos adicionales de protección como son:

- **DISPARO POR SOBRE-VOLTAJE.-** En caso que la tensión suba demasiado cortará automáticamente el suministro de electricidad a las cargas de los usuarios para proteger sus artefactos.

- **DISPARO DEL LASTRO.-** Desconectará automáticamente el lastre en caso que el lastre sea demasiado grande o en el caso de que se produzcan cortocircuitos en las conexiones del lastre.
- **PROTECCIÓN CONTRA RAYOS.-** EL CGI incluye un varistor que minimiza el riesgo de daños al controlador en caso de golpes indirectos por relámpagos.
- **MEDIDORES E INDICADORES.-** Son útiles en la identificación de las causas de fallas o problemas eléctricos en el sistema de control. (Medidor de lastre, Voltímetro, etc.).

2.4.3.2. EL LASTRE

El lastre es un componente esencial del sistema de control electrónico, por lo tanto se debe poner mucho cuidado en la correcta selección y conexión del mismo, debido a que es la causa más común para el mal funcionamiento del generador.

Se puede usar como carga para el lastre los calentadores por convección, los que se pueden montar en la pared son los más seguros.

Un método económico es usar aros de cocina eléctrica montados en un marco sujetado firmemente a la pared, con la precaución de que los cables deberán ser protegidos con forro resistente al calor, y las conexiones hechas desde abajo, como se muestra en la figura 2.6

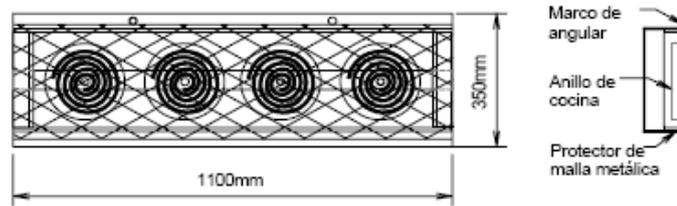


Figura 2.6: Aplicación de hornilla de cocina como lastre
Fuente: ITDG, Manual PICO HYDRO FOR VILLAGE POWER, 2001

La ventaja de utilizar aros de cocina eléctrica es que están disponibles en varias capacidades de potencia, son baratos y robustos, para lograr un aumento mayor en su vida útil, es recomendable conectar dos aros en serie, logrando de esta manera reducir el voltaje y la corriente a la mitad, aunque esto signifique disipar solamente la cuarta parte de la potencia nominal.

2.4.3.3. EL GENERADOR.

Es el elemento más importante del proyecto hidroeléctrico, por lo tanto debemos tomar en cuenta múltiples detalles antes de elegir esta unidad, entre ellos tenemos:

a) EL VOLTAJE NOMINAL.- Este valor debe ser tomado en relación a la tabla 2.3, debido a que si este es demasiado alto, el generador operará de manera inestable, y si es demasiado bajo, será imposible lograr el voltaje requerido de servicio sin recalentar los bobinados de la máquina.

	Capacidad Nominal del Motor (kW)		
Tipo de motor	0.55 - 1.1	1.5 - 3.0	4.0 - 7.5
2 polos	VGEN+6%	VGEN+3%	VGEN
4 polos	VGEN+9%	VGEN+6%	VGEN+3%
6 polos	VGEN+12%	VGEN+9%	VGEN+6%

Tabla 2.3: Variación del voltaje según la velocidad del motor

Fuente: ITDG, Manual PICO HYDRO FOR VILLAGE POWER, 2001

Como podemos ver en la tabla 2.3 los generadores de capacidades bajas y velocidades lentas requieren de voltajes nominales más altos para compensar sus factores de potencia que son menores que los de los generadores más grandes y rápidos. Los límites aceptables en los voltajes nominales son de +/- 6% de los voltajes recomendados.

Una vez conocido el voltaje requerido debemos tener en cuenta que un motor posee dos rangos de voltaje que varía dependiendo de la conexión delta o estrella, estos valores se encuentran en la placa de dicho motor.

b) LA FRECUENCIA.- Este valor debe coincidir con la frecuencia a la que operan las cargas que serán conectadas al sistema, esto puede ser 50Hz o 60Hz, por ende debe elegirse un motor con el número correcto de polos, la velocidad del generador siempre es aproximadamente 10% mayor que la velocidad del motor, basándonos en la tabla 2.4 podemos escoger un generador que cumpla con las condiciones requeridas por el sistema.

Numero de los polos	50 Hz	60Hz
2	3.120 rpm	3,750 rpm
4	1,560 rpm	1,875 rpm
6	1,040 rpm	1,250 rpm

Tabla 2.4: velocidades nominales para motores trifásicos

Fuente: ITDG, Manual PICO HYDRO FOR VILLAGE POWER, 2001

c) NIVEL DE PROTECCIÓN CONTRA LA INFILTRACIÓN DE LÍQUIDOS O POLVOS.- Este valor viene dado por el valor del numero IP y varía dependiendo del hermetismo del motor, los modelos IP 55 son resistentes a la entrada de líquidos y partículas siendo apropiados para el uso en Pico-Centrales.

d) AISLAMIENTO.- Para el uso en Pico -Centrales es recomendable utilizar el que tenga mejor aislamiento, en el mercado los más comunes son el B y F, pero el clase F durara cuatro veces más que el clase B.

e) LA POTENCIA NOMINAL.- Este valor se puede obtener en función del cálculo previo de la potencia máxima que podrá ser generada, en el caso que se desconozca este dato se puede calcular con la potencia hidráulica de la fuente hídrica asumiendo una eficiencia del 50%, una vez conocido este dato se debe calcular la corriente máxima en función del voltaje nominal del generador mediante la fórmula,

$$I_{\max} = 1.1 \times (P_{\max} / V_{\text{GEN}})$$

Esta corriente debe de ser igual o menor a la corriente nominal del motor.

f) CAPACITORES.- Los capacitores determinarán la frecuencia de la electricidad generada y estos a su vez dependen de si el voltaje nominal del motor es menor o mayor que el voltaje recomendado en la tabla 2.3. La fórmula para obtener este valor es:

$$C(\mu F) = k \times \frac{I_n}{V_{GEN} \times 2\pi f}$$

Donde el valor de k está en función del valor del voltaje del motor que se va a utilizar y se puede obtener de la tabla 2.5.

Voltaje recomendado	igual	al	k = 0.35
Voltaje recomendado	+6%	de lo	k = 0.3
Voltaje recomendado	-6%	de lo	k = 0.45

Tabla 2.5: valor de K según la variación de voltaje en el motor

Fuente: ITDG, Manual PICO HYDRO FOR VILLAGE POWER, 2001

El valor de C deberá redondearse hacia arriba al valor más cercano por incrementos de 5μF, y el valor de 2C se redondea hacia abajo al valor más cercano por decrementos de 5μF, las capacitancias totales C y 2C deberán lograrse con varios capacitores conectados en paralelo, eso permitirá cierto ajuste del C-2C durante la instalación.

g) ADICIONALES.- Debemos tener en cuenta algunos instrumentos de protección como son:

- **LA PROTECCIÓN CONTRA SOBRE-CORRIENTE.-** También conocido como guarda motor, debe ser escogido en función de la corriente nominal del motor, que debe estar en función del rango de disparo del interruptor de protección, los rangos más conocidos son 2 - 4A, 4 - 6A, 6 - 10A, 10 - 16A, 16 - 20A, 20 - 24A.
- **PARARRAYOS.-** Este debe ser instalado en las cercanías de la casa de maquinas para proteger al generador de picos de alta tensión a causa de los relámpagos.
- **CABLES.-** Este dato adicional debe ser tomado en cuenta para el correcto funcionamiento del sistema, ya que es recomendable que la corriente nominal del cable, sea de por lo menos el 40% mayor, que la corriente nominal del interruptor de protección.

2.4.3.4. DISPOSITIVO DE CORRIENTE RESIDUAL

Protegerá al usuario contra fallas a tierra, en caso de que la caja o carcasa esté aterrizada o alguien toque la caja haciendo circuito a tierra, esto reducirá el riesgo de choques eléctricos fatales, aunque éstos todavía pueden ocurrir si alguien toca una línea viva y el neutro a la vez que estén aislados de la tierra.

El DCR requerido es del tipo que tiene una corriente de actuación de 30mA, este dispositivo deberá ser conectado directamente al generador tal como se ve en el **ANEXO 2.2.**

2.4.4. PARÁMETROS DE LOS ELEMENTOS DE CONDUCCIÓN Y PRODUCCIÓN DE LA ENERGÍA

Los sistema de generación pico hacen uso de varios elementos que formaran parte de la conducción y control del ingreso del agua hacia la casa de maquinas, ya que de ello depende un optimo funcionamiento del generador, un esquema resumido de esta sección se puede analizar en la figura 2.7.

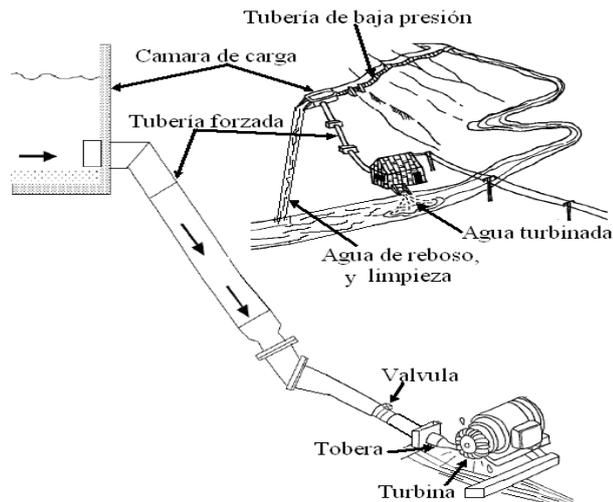


Figura 2.7: Elementos de un sistema de Pico-Central

Como podemos ver en la figura al canalizar parte del agua del río, mediante la tubería forzada podemos utilizarla para la producción de energía eléctrica, pero en algunos casos la distancia hacia la casa de maquinas es demasiado larga y esto significa un costo elevado en la construcción de este tipo de tubería, por ello es recomendable utilizar tubería de baja presión para canalizar el agua hacia una cámara de carga que se encuentra en las cercanías de la comunidad y desde este lugar construir la tubería forzada, de esta forma abaratando los costos de la obra.

2.4.4.1. CÁMARA DE CARGA.

En la mayoría de las obras donde la fuente hídrica posee el caudal necesario y suficiente para abastecer a la turbina, se tratara de conectar la tubería de baja presión directamente a la tubería forzada, pero en los casos donde no se dispone del caudal suficiente, se opta por la construcción de una cámara de carga, que ayudará con la interconexión entre tubería de baja presión y la tubería forzada, puede ser de gran utilidad cuando el agua es traída de más de una fuente hídrica, además puede convertirse en un punto de reservorio de agua que ayudará a suplir el caudal necesario para el sistema, por ello es de vital importancia calcular las dimensiones que tendrá la cámara, en función del caudal disponible en la temporada más seca del año.

Para conocer el volumen de la cámara de carga se deberá aplicar la siguiente fórmula:

$$V_C = T_{op} \times [Q_T - Q_d]$$

Donde,

V_C : Volumen de la cámara (m^3),

T_{op} : Tiempo de operación diario de nuestro generador (seg.),

Q_T : Caudal de la tubería de presión ($m^3/seg.$),

Q_d : Caudal que puede suplir nuestra fuente hídrica en la temporada más seca del año ($m^3/seg.$)

Una vez conocido el volumen de la cámara de carga podemos imponernos las medidas necesarias para obtener dicho volumen, en función de la profundidad que podamos llegar a excavar, tomando en cuenta que la profundidad mínima que deberá tener esta cámara será:

$$h_m = h_a + D_T + h_b$$

Donde la altura por debajo de la salida de la tubería forzada “ h_b ” debe ser igual al diámetro de la tubería forzada, para evitar el ingreso de los sedimento que pueden llegar a acumularse en el fondo, la altura sobre la salida a la tubería forzada “ h_a ” puede ser mínimo tres veces el diámetro de la tubería forzada, para asegurar que siempre la toma de agua se encuentre sumergida dentro del agua, además debe poseer un tubo o compuerta de limpieza como se muestra en la figura 2.8

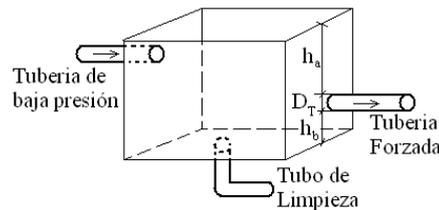


Figura 2.8: Elementos y parámetros del tanque de presión

2.4.4.2. LA TUBERÍA FORZADA

No es más que una tubería que se llena de agua y mediante el peso que el agua ejerce dentro de ésta, se obtiene la presión necesaria en la tobera para hacer mover una turbina, se debe tener en cuenta algunas consideraciones para escoger dicha tubería como son:

- a) presión nominal
- b) diámetro interior
- c) material.

a) **LA PRESIÓN NOMINAL.-** La tubería debe ser escogida de acuerdo a la presión que el agua ejercerá en el trayecto de conducción, según vayamos teniendo menor altura con respecto a la casa de maquinas y en consecuencia mayor presión dentro de la tubería como se ve en la figura 2.9

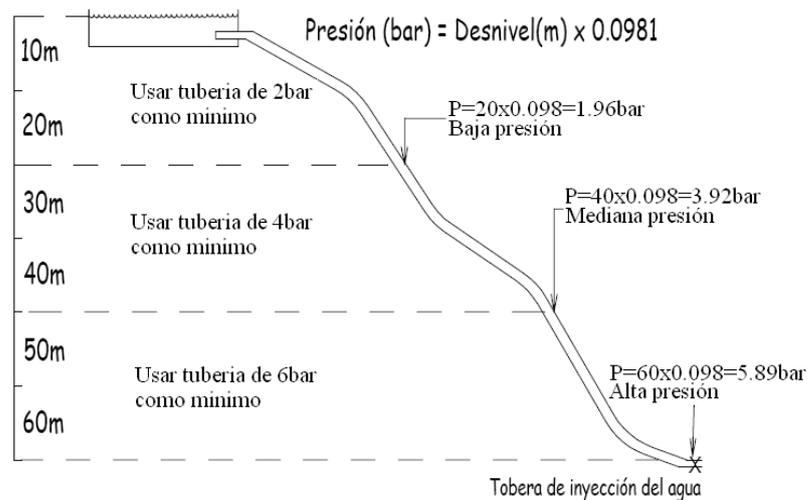


Figura 2.9: variación de presión en la tubería de presión

b) **EL DIÁMETRO INTERIOR.-** Este dato requiere un estudio meticuloso, debido a que la correcta selección del mismo involucra menores costos de la obra, menores pérdidas por fricción y un correcto funcionamiento del sistema de captación, ya que si se utiliza un tubo de mayor diámetro las pérdidas por fricción disminuirán, pero los costos aumentan sustancialmente, típicamente al duplicar el diámetro de la tubería el precio aumenta en un factor de cuatro, y al mismo tiempo la pérdida por fricción se reduce en un factor de 30. Para la elección del diámetro óptimo se consideran los valores de la tabla 2.6, que nos proporciona las pérdidas por fricción a diferentes diámetros y caudales, teniendo en cuenta que las pérdidas por fricción están dados por cada 100 metros de tubería, las cifras deberán multiplicarse por [el largo requerido de las tuberías / 100 metros] para sacar un estimado de las pérdidas totales

en la tubería forzada, las pérdidas totales normalmente no deberán ser más del 25% del desnivel total disponible.

	Diámetro Interior del Tubo (diámetro nominal)				
	50mm (2")	63mm (2.5")	75mm (3")	88mm (3.5")	100mm (4")
2.0	2.28m	0.75m	0.33m	0.15m	0.08m
4.0	8.03m	2.62m	1.13m	0.52m	0.28m
6.0	17.07m	5.48m	2.36m	1.09m	0.58m
8.0	29.09m	9.31m	3.97m	1.83m	0.98m
10.0	44.19m	14.05m	5.98m	2.73m	1.48m
12.0	61.9m	19.69m	8.38m	3.82m	2.05m

Tabla 2.6 pérdidas por fricción en la tubería de presión

Fuente: ITDG, Manual PICO HYDRO FOR VILLAGE POWER, 2001

c) EL MATERIAL.- Para proyectos de Pico-Centrales es recomendable utilizar tubería de plástico debido a que no se maneja grandes presiones y permiten abaratar costos, la tubería más utilizada es la HDPE “High Density Polyethylene”, (polietileno de alta densidad), debido a su flexibilidad y su resistencia a la intemperie, en el mercado local se disponen diámetros de hasta 75mm (3”) que es lo suficientemente flexible para enrollarse, lo cual facilita su transporte.

También podemos escoger entre otros tipos de tubería como se puede ver en la tabla 2.7, que nos da una comparación entre cada uno de ellos.

	Transporte al Sitio	Instalación	Uniones	Vida Útil	Rugosidad
HDPE	Diámetros menores de 75 pueden enrollarse.	Fácil, porque es flexible.	Requiere de destreza para fusionar las uniones.	Muy resistente a la intemperie.	Baja. No causa muchas pérdidas por fricción.
PVC	Tramos de 6 metros, solamente.	Más difícil porque es más rígido.	Fácil de unir con conectores y pegamento, pero costoso.	Deteriora si está expuesto al sol. Hay que pintarlo.	Baja. No causa muchas pérdidas por fricción.
Steel	Difícil en áreas remotas	Rígido y pesado	Uniones empernados o soldadas. No rentable	Oxida con el tiempo y requiere mantenimiento	Mediano en tubos nuevos

Tabla 2.7: Tipos de tuberías de presión

Fuente: ITDG, Manual PICO HYDRO FOR VILLAGE POWER, 2001

2.4.4.3. LA TOBERA Y VÁLVULA.

Es recomendable que estos dos elementos sean proporcionados por el fabricante de la turbina, debido a que la tobera depende de las dimensiones de la turbina, si la válvula no se puede adquirir junto con la turbina se puede acoplar una válvula de gaveta que servirá para pasar y cortar el suministro de agua a la turbina, el tiempo de apertura y cierre de este tipo de válvula es lento lo cual reduce el riesgo de oleadas de presión al interior de la tubería forzada.

2.4.4.4. TURBINA.

Las turbinas comúnmente utilizadas en los sistemas pico son las que se mencionan a continuación:

- **TURBINA PELTON**

Es una turbina de acción de flujo tangencial, formada por una o más toberas y un rodete provisto por un determinado número de cucharas. Está diseñada para aprovechar grandes saltos pero con caudales pequeños y velocidades bajas, pudiéndose obtener eficiencias del orden del 85%.

- **TURBINA FRANCIS.**

Es una turbina de flujo mixto y de reacción, formada por una caja en espiral, unos álabes directores y el rodete que puede tener muchas formas en función del número de vueltas. Está diseñada para velocidades medias de operación, con saltos y caudales medianos, su eficiencia está comprendida entre 83% y 90%.

- **TURBINA MICHELL-BANKI.**

Es una turbina de acción de flujo transversal, entrada radial y admisión parcial, formada por un inyector y un rodete provisto de un número determinado de álabes curvos.

El rango de aplicación está entre las Pelton de doble tobera y la turbina Francis rápida, trabajando principalmente con saltos y caudales medianos pudiendo tener eficiencias del orden del 80% y generando potencias hasta de 1000KW. Posee una geometría que facilita su fabricación y que la caracteriza como la turbina de más bajo costo.

- **TURBINA AXIAL.**

Es una turbina de reacción de flujo axial, en el caso de la Kaplan tiene la peculiaridad de cambiar el ángulo de sus palas durante su funcionamiento regulando la velocidad de giro, y en el caso de la turbina de Hélice es exactamente igual pero no podemos variar el ángulo de sus palas.

Su rango de aplicación está delimitado a velocidades específicas bastante altas, operando con saltos muy pequeños y grandes caudales, puede alcanzar hasta 90% de eficiencia.

- **TURBINA TURGO.**

Es una turbina de acción, está diseñada para saltos medios, la velocidad de funcionamiento está entre la turbina Pelton y la Francis, puede alcanzar una eficiencia mayor al 90%. Tiene fuerte empuje axial y debido a su diseño el agua que sale no interfiere con las paletas adyacentes.

- **TURBINA TUBULAR.**

Es una turbina de acción, apta para pequeñas cargas, tiene una alta velocidad de empalamiento, en su mayoría se usa una turbina tipo hélice, o Kaplan que se encuentra en el interior de la tubería por donde fluye el agua y el generador esta en el otro extremo en la parte exterior del tubo.

- **TURBINA BULBO.**

Puede ser considerada como la evolución de la turbina Tubular, posee alabes orientables como la Kaplan, y adicionalmente la turbina funciona en los dos sentidos de rotación, pudiendo funcionar también como bomba para llenar embalses, apta para pequeñas cargas, alta velocidad de empalamiento.

- **TURBINA STRAFLOW.**

Muy compacta, apta para pequeñas cargas, alta velocidad de empalamiento, son de volumen altamente cambiante y fuerte, lo que reduce en costos de obra civil, no se fabrica para potencias pequeñas.

2.4.4.5. TURBINAS DISPONIBLES EN EL MERCADO.

Cuando tenemos desniveles considerables en el terreno se puede considerar el esquema de la figura 2.1, para la cual es recomendable la utilización de turbinas Pelton, debido a su versatilidad, costos muy accesibles, facilidad de montaje y mantenimiento, además de un tiempo de vida útil superior a las demás turbinas.

Aunque no podemos dejar de lado también la posibilidad de otro tipo de turbinas como por ejemplo la Mitchel-Banki y las de flujo axial por ello nos basaremos en la tabla 2.8 para comparar estas turbinas en función de la potencia que necesitamos generar, el caudal y la altura a la que se encuentra la fuente hídrica.

Potencia	Tipo de Turbina		
	Pelton	Mitchel-Banki	Axial
0,2 kW	H=20 m, Q=2,5 l/s H=15 m, Q=3,3 l/s	H=8 m, Q=6,25 l/s H=5 m, Q=10 l/s	H=3 m, Q=17 l/s H=2 m, Q=25 l/s
1,0 kW	H=40 m, Q=6,25 l/s H=30 m, Q=8,3 l/s	H=15 m, Q=16,7 l/s H=10 m, Q=25 l/s	H=4 m, Q=62,5 l/s H=3 m, Q=83,3 l/s
5 kW	H=50 m, Q=20 l/s H=30 m, Q=33,3 l/s	H=20 m, Q=50 l/s H=15 m, Q=66 l/s	H=4 m, Q=250 l/s H=2 m, Q=500 l/s
20 kW	H=50 m, Q=72 l/s H=40 m, Q=90 l/s	H=20 m, Q=180 l/s H=15 m, Q=242 l/s	H=5 m, Q=720 l/s H=3 m, Q=1200 l/s
100 kW	H=100 m, Q=150 l/s H=60 m, Q=250 l/s	H=40 m, Q=380 l/s H=30 m, Q=512 l/s	H=8 m, Q=1900 l/s H=5 m, Q=3000 l/s

Tabla 2.8: Rangos de operación de diferentes tipos de turbinas

Fuente: Sistemas Micro-Hidráulicos, Teodoro Sánchez Campos

En la actualidad se ofertan equipos para Pico-Centrales las cuales traen la turbina y el generador acoplados en un solo cuerpo, se pueden pedir diferentes modelos en función de las características de la fuente hídrica y la potencia demandada.

Debido a la falta de altura, en la gran mayoría de comunidades algunas empresas trabajan para mejorar los modelos de las turbinas, por ejemplo tenemos a la empresa Gilke, que ha desarrollado una nueva turbina llamada **Turgo**, como se puede apreciar en la figura 2.10, utiliza la mitad de la cuchara de la Pelton por ende es mas económica en su construcción y superior en eficiencia, además esta turbina trabaja con mayor caudal y menor altura, funciona para alturas medias solapándose entre la Pelton y la Francis, siendo una excelente opción para abaratar costos y mejorar el rendimiento.



Figura 2.10: Turbina Turgo

Otra turbina construida en serie se muestra en la figura 2. 11, llamada QS axial de 220V-50hz, puede generar un 1KW, con un caudal de 130 l/s, para alturas de 1,5 a 3,2 metros, es una buena opción cuando tenemos pequeños saltos.



Figura 2.11: (Turbina QS axial)

Cuando no posemos caída o altura para el aprovechamiento de la energía cinética del agua podemos utilizar turbinas de rio, o turbinas sumergibles las cuales aprovecharan la velocidad del rio y el caudal disponible para poder generar.

La turbina de rio de la figura 2.12 utiliza un sistema de flotantes que se asegura a la orilla del río, o al canal que ha sido previamente construido paralelo al río, este tipo de turbina en el mercado son construidas para producir 6000 Wh/día con velocidad 3,0 m/s, y 2400 Wh/día con velocidad 1.8 m/s.



Figura 2.12: Turbina de río

La turbina sumergible de la figura 2.13, utiliza cuerpo en aceite y derivador-cargador de baterías 12/24V, es recomendable la construcción de un canal paralelo al río para evitar los escombros que el río puede llegar a acarrear, este tipo de turbina en el mercado son construidas para producir 2400 Wh/día con velocidad 4,0 m/s, y 1500 Wh/día con velocidad 2,6 m/s.



Figura 2.13: Turbina sumergible

en el **ANEXO 2.3** se indican varios modelos de turbinas , con diferentes potencias de salida según el caudal y la caída que aprovechan.

CAPITULO 3

CUADRICULACIÓN DE LA ZONA Y RECOPIACIÓN DE LOS DATOS DE CAMPO

3.1. GENERALIDADES.

Una vez comentado y analizado todos los conceptos teóricos para el análisis y estudio de pre-factibilidad del uso de Pico-Centrales en determinada zona, se procede a la recopilación de los datos existentes de la zona, para este caso se ve factible apoyarse en la información almacenada por la empresa eléctrica regional centro sur.

Debido a la gran cantidad de información de la provincia de Morona Santiago, es imprescindible la cuadrícula de la zona, para realizar un mejor barrido y selección de las áreas que cumplen con los requisitos hídricos de caudal y caída del agua.

Se documenta los caudales hídricos de las zonas escogidas y los alimentadores próximos a dichas zonas, mediante la ayuda de programas de información geográfica, para poder cubrir grandes extensiones de terreno, tarea que tomaría mucho tiempo y dinero si se lo realizaría mediante visitas de campo, además que dichos programas nos ayudan a tener una visión global de la posición de las comunas y la topografía del sector.

Se escogieron dos comunidades tipo, en las cuales se analizó el posicionamiento geográfico, de las vías de acceso, los desniveles de las fuentes hídricas, la distancia de los ríos a la comuna, y las cargas en dichas comunidades.

3.2. DIMENSIONAMIENTO DE LAS CUADRICULAS

La división del mapa de Morona Santiago se basa en la cantidad de información disponible en la EERCS sobre las comunidades, la distancia que hay entre las comunidades, y el área que barre la fuente hídrica, que se cree es conveniente y cumplen con ciertos valores de caudal para poder generar energía.

Con la ayuda del programa **ArcMap**, se verifica que la gran mayoría de las comunidades se encuentran en sectores planos, siempre en las cercanías de ríos, que recorren grandes distancias bañando la playa amazónica, debido a que las comunidades dependen en gran medida de este recurso hídrico y de la topografía del sector.

La gran mayoría de caminos son de herradura, algunos se pueden considerar senderos y claros selváticos no carrosables, analizando los datos recopilados de las diferentes comunidades de una manera más exhaustiva, vemos que las condiciones de las diferentes comunidades, la topografía del sector, y los recursos hidrográficos son muy parecidos, casi sin variación en un radio aproximado de unos 30 Km, lo cual nos lleva a la conclusión que podemos considerar, que las condiciones estudiadas para una comunidad en un sector determinado, se puede extrapolar para las comunidades asentadas a su alrededor, en un radio aproximado de 30 Km, con las respectivas consideraciones adicionales de transporte, tendido de redes y obras civiles, que pueden variar en un determinado rango en los diferentes casos, según la distancia de la fuente hídrica, el lugar donde se monte la casa de maquinas, y la posición de las cargas en la comunidad si son concentradas o dispersas.

Para contrastar los datos recopilados, se investiga la existencia de empresas o instituciones privadas que han trabajado en las zonas estudiadas, y cuyos estudios corroboren la información base del proyecto, permitiendo ampliar los criterios de análisis del mismo.

Se contacta con la institución privada SILAE, la misma que cuenta con el auspicio de la unión europea y cuya sede de trabajo se encuentra en Quito, esta institución ha trabajado en proyectos de electrificación en los sectores más vulnerables, mediante el uso de fuentes de energía renovable, en diferentes zonas del oriente ecuatoriano y cuentan con información actualizada de las comunidades que están involucradas en dichos proyectos, además de tener a mano los caudales de los diferentes ríos de la zona.

Analizado los datos de esta institución, encontramos que recomiendan el uso de paneles solares para el sector de Taisha, debido a un buen nivel de radiación solar promedio en la zona, que está alrededor de 4 - 5 KWh/m², cuyo dato está basado de la tabla 3.1, donde podemos visualizar la radiación promedio mensual de dicha sector.

Ciudad	Provincia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Promedio
El Coca	Orellana	4,0	3,8	3,7	3,9	3,4	3,1	3,4	3,7	3,6	4,2	4,0	3,8	3,7
El Puyo	Pastaza	3,5	3,2	3,3	3,5	3,4	3,7	3,4	3,6	4,3	4,2	3,6	3,4	3,6
Tiputini	Napo	4,6	4,3	4,0	3,7	3,7	3,6	3,7	4,4	4,7	4,5	4,3	4,1	4,1
PROMEDIO		4,0	3,8	3,6	3,7	3,5	3,5	3,5	3,9	4,2	4,3	4,0	3,8	3,8

Tabla 3.1: Radiación Solar anual del sector de Taisha

Fuente: SILAE, Empresa Comunitaria de Electrificación Rural Taisha, 2005-2007

Como podemos ver en la tabla 3.1 tenemos un nivel promedio de radiación solar aceptable para el uso de paneles solares en la zona, pero en su informes la institución SILAE no descarta la posibilidad del uso de Pico-Centrales y Micro-Centrales, para

ciertos sectores puntuales, como por ejemplo el proyecto hidroeléctrico Taisha, cuyo diseño definitivo fue realizado por el Ing. Diomedes Arresta Burbano en el año 2002, el cual aprovecha las aguas del río Panki, la obra de toma está ubicada a 3.500 m. al norte de la población de Taisha, la central será de pasada y la conducción se efectuará mediante un canal a cielo abierto hasta el desarenador - tanque de presión, la caída bruta de esta central es de 6.5 m. de altura, que con un caudal de 7 m³/s, generará una potencia aproximada de 300 KW.

De los proyectos estudiados por el SILAE, se encuentra datos actualizados de los caudales correspondientes a los ríos Yaupi, Mangosiza, Cushimi, y Cangaima, y del estudio realizado por la empresa privada FEDETA¹, se tiene la información adicional actualizada de la población, y posicionamiento de las diferentes comunidades con respecto a los ríos mencionados.

Analizando toda la información de las comunidades, tomando como base la cuadrícula del mapa del **ANEXO 3.1** (Mapa de la Provincia de Morona Santiago), y ayudándonos del programa ArcMap, vemos factible dividir el mapa de Morona Santiago en cuadrantes de (28 x 28) Km, tomando (879661,20; 9667444,86) m, como punto base u origen de toda la cuadrícula, para que los cuadrantes queden georeferenciados en el mapa.

Esta cuadrícula tiene la ventaja, de que con solo tres cuadrantes podemos barrer toda la zona que está siendo bañada por las aguas de los ríos Yaupi, Mangosiza, Cushimi, y Cangaima, pudiendo de esta manera estudiar las comunidades que se encuentran asentadas en las riveras de dichos ríos. Como se puede ver en el **ANEXO 3.2** (Cuadrícula del Mapa de la Provincia de Morona Santiago), tenemos un plano de toda la provincia de Morona Santiago, con la particularidad que este plano contiene la cuadrícula antes mencionada, con datos adicionales de ríos, curvas de nivel y comunas, cuya información geográfica es la recopilación de varias fuentes geográficas de instituciones como La EERCS², IGM³, y el CPMS⁴.

En la figura 3.1 se muestra las tres cuadrículas escogidas para este estudio, donde podemos ver varias comunidades en las diferentes riveras de los ríos Yaupi, Mangosiza, Cushimi, y Cangaimé

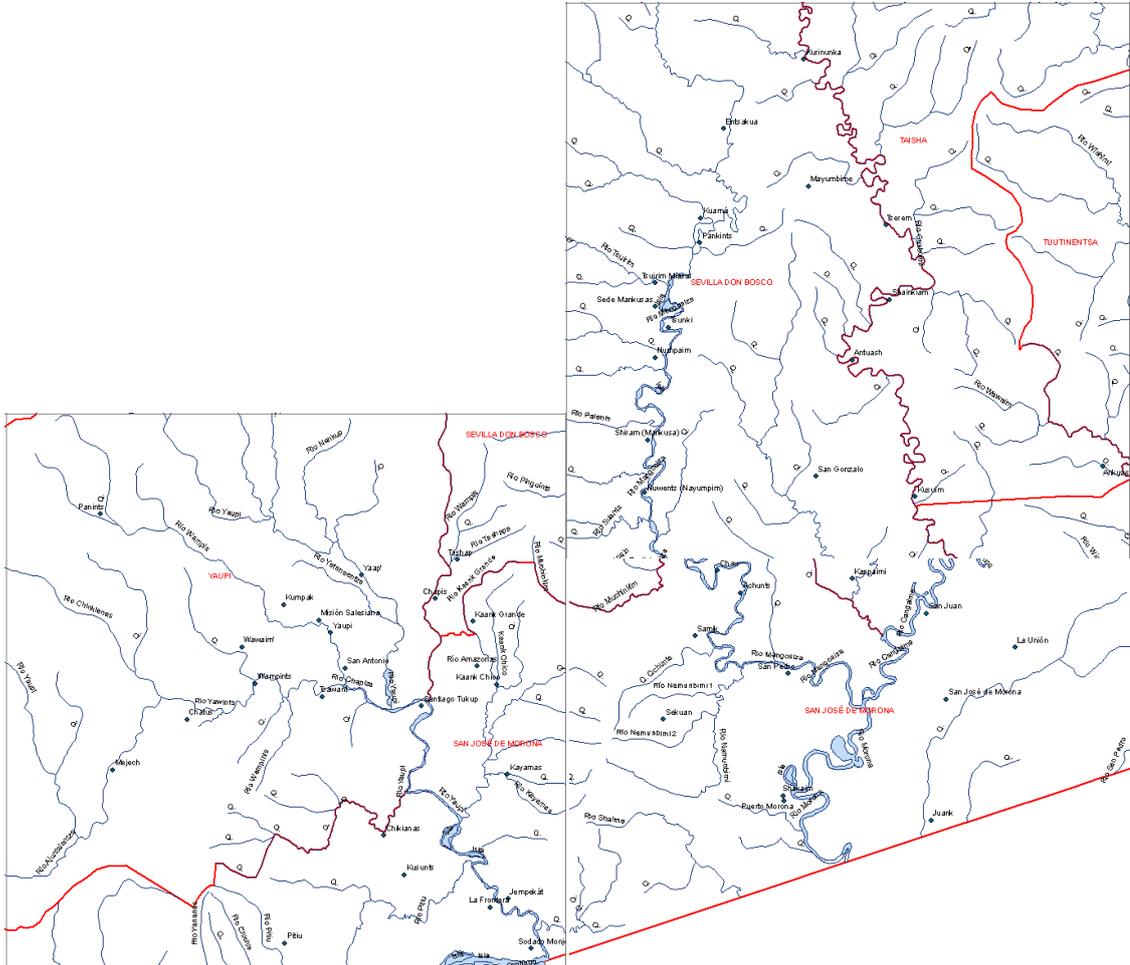


Figura 3.1: Mapa de los cuadrantes considerados para el análisis.

Fuente: EERCS, IGM, CPMS

Las comunidades que se encuentran en la figura 3.1, hacen un total de 36 comunidades, todas ellas no poseen al momento conexión alguna con líneas de la red

¹ FEDETA (Fundación Ecuatoriana de Tecnología Apropiada)

² EERCS (Empresa Eléctrica Regional Centro Sur)

³ IGM (Instituto Geográfico Militar)

⁴ CPMS (Consejo Provincial de Morona Santiago)

eléctrica, en la actualidad usan algún método rudimentario para iluminación como velas, lámparas de querosene, linternas, etc.

Las comunidades se resumen en la tabla 3.2 según el río más cercano a sus respectivos asentamientos.

Río Yaupi	Jempekat, ChinKianas, Kayamas, Tsawanta, Mejech, Chatus, Wawain, Yaupi, Misión Salesiana, Yaapi, Uchich kaan, Unt kaan, Chapiza, y Tashara.
Río Mangosiza	San Pedro, Sanik, Achunts, Chau, Suritiak, Tuntian, Isidoro, Nuwents, Shiram, Tsunki, Numpai, Mazal, Pankints, Kuama.
Río Cushimi	Pucar, Kusuim, Antuash, Shamkiam, Tseremp.
Río Cangaimé	Tsenkush, Panints, y Kashpain.

Tabla 3.2: Comunidades asentadas en las riveras de los ríos

Estas comunidades están rodeadas también por ríos más pequeños, que pueden ser considerados dentro de este estudio debido a su caudal y su continua fluidez de agua tanto en temporada seca como en la temporada de lluvias. Estos pequeños afluentes han sido resumidos en la tabla 3.3

Yaupi y San José de Morona	Ajuntal Entza, Yaupi, Chinkianas, Chatus, Wanpis, Yaapi, Wanpints, Tashapa, Kayamas, Kaan Chico, Kaan Grande.
Sevilla Don Bosco y Taisha	Cushimi, Mangosiza, Tsuirim, Patents, Suants.
San José de Morona y Sevilla Don Bosco	Numpaim, Mangosiza, Achunts, Namunbimi, Caspaime, Cangaimé, Cushimi.

Tabla 3.3: Ríos y afluentes en las zonas

3.3. DOCUMENTACIÓN DE LOS CAUDALES HÍDRICOS EN CADA CUADRÍCULA

La topografía del sector comprendido dentro de las tres cuadrículas es algo irregular con pequeñas elevaciones, los caminos son de herradura y a sus alrededores tenemos una amplia y espesa vegetación.

Esta área posee un clima tropical húmedo, con altas precipitaciones entre 2000 y 3000 mm anuales, las lluvias son irregulares y se presentan todo el año, en términos generales de Febrero a Agosto se tiene el periodo más lluvioso, la humedad relativa se encuentra entre el 85 y 95 %, y una temperatura que oscila entre 20° C y 42°C como máxima.⁵

Los miembros de estas comunidades tienen una estrecha relación e identidad con los recursos hídricos ya que gracias a ellos obtienen parte de su alimentación y además les permiten movilizarse entre las comunidades, tenemos además varias cascadas como: Uñusim, Uwints, Nayumpim, Napimias, Achunts, Chimibim, Igiaim, Kayamas, Pichimiant, San Ena Chico, San Ents, Saunts, entre otras.

Los caudales de los ríos Yaupi, Mangosiza, Cushimi, y Cangaimé son algo irregulares debido a su rango de variación entre la temporada seca y la de invierno, ya que el nivel con respecto a las orillas sube alrededor de cuatro metros de alto, con respecto al nivel de temporada seca inundando las orillas, pero tenemos la ventaja que a pesar de la reducción del caudal en temporada seca contamos con caudales de 40,3 m³/s, con una profundidad de río de hasta 6 m, con velocidades de hasta 4 m/s.

El inconveniente sería que estos ríos grandes no tienen caída, los desniveles son mínimos, subiendo un par de kilómetros río arriba se puede llegar a obtener hasta unos 7 m de desnivel, lo cual no sería factible para el uso de picos centrales,

⁵ Fuente: SILAE

a menos que se trabaje sobre las orillas para realizar una obra civil de gran magnitud para lograr un desnivel aceptable, o una especie de represa pero los valores se incrementarían considerablemente.

No hay que dejar de lado que existen algunos ojos de agua, que son constantes durante todo el año, con caudales en temporada seca de hasta 10 lit/s, y desniveles de hasta 2 m de altura.

Con respecto a la información obtenida en el SILAE, se encontró que existen caudales en los ríos más pequeños que pasan cerca de las comunidades de hasta 30 lit/s, con salto bruto de hasta 100m, y algunos sectores más puntuales donde se puede implementar Pico-Centrales con una distancia entre la vivienda y la fuente hídrica de hasta 300 m.

Adicional a estos datos se ha encontrado que existen algunas quebradas o pequeñas caídas de agua como Uñusim, Uwints, Nayumpim, Napimias, Achunts, Chimibim, Igiaim, Kayamas, Pichimiant, San Ena Chico, San Ents, Saunts, entre otras, no se logro llegar a los mismos por falta de tiempo para comprobar los caudales pero según los datos de SILAE bordean los 20 lit/s.

En la visita de campo realizada a la comunidad de Pukar se verifico los datos de los proyectos estudiados por el SILAE, tomando un caudal de 40,297 m³/s, en el río Cushimi y un desnivel mínimo que no se pudo contabilizar debido al rango tan pequeño de caída existente en la zona, además se encontró un ojo de agua en las orillas de dicho río, y cuyo caudal medido fue de 8.45 lit/s, con una altura de 1.8m,

3.4. DOCUMENTACIÓN DE LOS ALIMENTADORES PRÓXIMOS A CADA CUADRÍCULA

Para obtener estos valores podemos revisar la base de datos de la EERCS, valiéndonos de su sistema de información georeferenciada GIS, (Geographic Information System) o Sistema de Información Geográfica, que es un integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión.

La EERCS nos da la opción de navegar en este sistema de información geográfico, mediante su página web, cuyos datos están almacenados en la base de datos que contiene el departamento SIGADE⁶, la base de datos geográficos son actualizados de forma continua, mediante los planos presentados de los diferentes trabajos proyectos que se realizan en las redes eléctricas dentro del área de concesión de la EERCS.

Revisando estos datos encontramos que dentro de las tres cuadrículas no existen un alimentador que nos pueda servir en este análisis, debido a que en la actualidad existe una línea de media tensión de 22KV, pero es un sistema aislado, el cual está alimentado por dos tipos de generación, la Mini-Central hidroeléctrica de Kushapuk de 400 KW de capacidad, y un generador térmico a Diesel de 240 KW, el mismo que se encontraba funcionando en San José de Morona, pero que fue desmontado pues no es útil ni adecuada su ubicación actual, desde el punto de vista operativo, debido a la presencia de la línea que enlaza a Santiago con San José de Morona.

En la actualidad este sistema aislado abástese de energía eléctrica a 566 clientes, que han sido clasificados en la tabla 3.4 de acuerdo a la cabecera parroquial a la que pertenece, debemos destacar que dentro de esta clasificación existen varios poblados

⁶ SIGADE (Sistema de Información Geográfico para Administración y Distribución Eléctrica)

No existen cálculos de caída de tensión, por cuanto aun no está actualizado el 100% de las redes de éste sistema labor que se ejecuta en la actualidad, sin embargo se realiza una aproximación en el **ANEXO 3.3** (Caída de tensión línea Tiwintza)

Como se puede ver en la figura 3.3 la red recorre las cercanías de la vía que une Santiago con San José de Morona y es la más cercana en la actualidad, cuyo enlace sería factible y el más económico para servir de energía eléctrica a las comunidades citadas en la tabla 3.1, por tal motivo será tomada en cuenta para nuestro estudio.

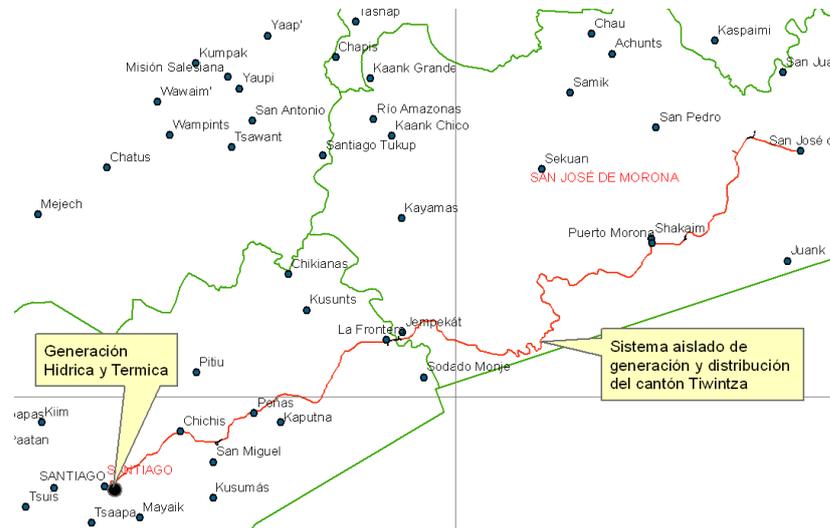


Figura 3.3: Línea Tiwintza

3.5. TRAZADO DE RUTAS MEDIANTE GPS A LAS COMUNIDADES DE PUKAR Y TUNTIK.

Antes de desarrollar este punto debemos recordar que necesitamos de dos coordenadas la Latitud y la Longitud para saber nuestra posición exacta en la tierra, ya que mediante las mismas podemos georeferenciar sobre un mapa y saber la localización exacta de cualquier lugar.

Por ello se ha dividido a la tierra en cuatro hemisferios norte, sur, oeste y este, ahora bien para saber nuestra posición con respecto a los polos norte y sur utilizaremos la coordenada de latitud y para la posición con respecto al occidente y el oriente nos valdremos de la coordenada de longitud.

Estas dos coordenadas son de suma importancia para la localización de cualquier objeto sobre la tierra, el instrumento que nos ayudara a obtenerlas se lo conoce como GPS, (Global Positioning System) o Sistema de Posicionamiento Global, el mismo que depende del número de satélites que pueda encontrar y mediante los cuales se pueda georeferenciar, para la exactitud de sus medidas, este instrumento es muy inexacto para tomar datos de altitud y no reporta exactitud de elevación, es mejor utilizar una fuente confiable para esta medida como el altímetro barométrico, o un mapa digno de confianza, especificando la fuente y sus referencias.

3.5.1 COMUNIDAD DE PUKAR.

El acceso a esta comunidad se hace mediante vía aérea o en vehículo, desde Sucua se recorre alrededor de 180 Km hasta puerto Kashpaime, de ahí mediante una lancha sobre el río Cangaime una hora y media aguas arriba, hasta llegar a la desembocadura del río Cushimi, luego de ello una caminata de 45 minutos por un sendero o camino de herradura internándonos en la selva hasta llegar a la comunidad de Pukar, cuya plaza principal se encuentra en las coordenadas longitud $77^{\circ}38'52,879''$ O y latitud $2^{\circ}47'18,934''$ S, como se puede ver en la figura 3.4

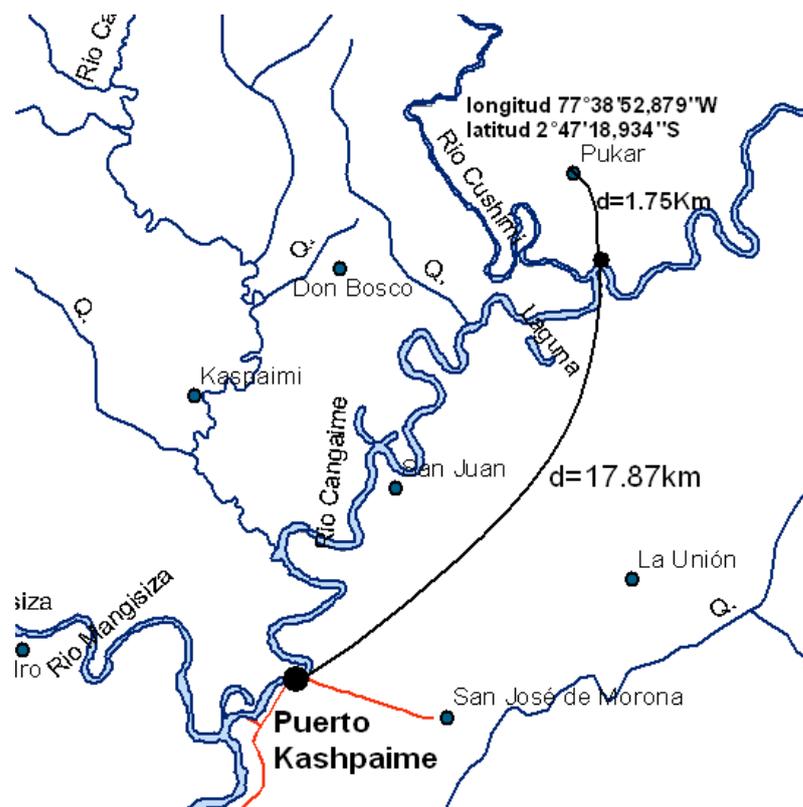


Figura 3.4: Posición geográfica de PUKAR

Una vez tomado los datos de la vía y accesos a la comuna, se construye la tabla 3.5, donde se resume la posición geográfica de cada una de las viviendas y locales adicionales que son parte de la comuna, como la escuela, capilla, etc.

Local	Latitud	Longitud
Escuela 3 Aulas	2°47'23,544" S	77°38'56,796" O
Ernesto Nunint	2°46'42,242" S	77°39'25,487" O
Pauch Chuint Nunint	2°47'10,867" S	77°39'29,213" O
Carlos Nunink	2°47'18,434" S	77°38'49,744" O
Oswaldo Chapayqia	2°47'19,339" S	77°38'50,986" O
Roberto Nunink	2°47'16,192" S	77°38'50,313" O
Marco Tiwi	2°47'17,889" S	77°38'49,283" O
David Wijint	2°47'23,544" S	77°38'56,796" O
Octavio Nunink	2°47'27,658" S	77°38'46,150" O
Segundo Nunink	2°47'21,388" S	77°38'50,543" O
Prf (Patricio Nunink)	2°47'21,596" S	77°39'00,284" O
José Washikiat	2°47'18,278" S	77°38'52,575" O
Ramiro Washikiat	2°47'18,069" S	77°38'52,072" O
Rosario Nunink Chuint	2°47'20,503" S	77°38'53,339" O
Jose Nunink	2°47'19,854" S	77°38'52,007" O
Bartolo Nunink	2°47'20,284" S	77°38'55,375" O
Elsa Chuin	2°47'19,791" S	77°38'54,591" O
Miguel Nunenk	2°47'21,751" S	77°39'01,063" O
Enrique Nunenk	2°47'18,322" S	77°38'58,035" O
Colegio	2°47'24,491" S	77°38'57,186" O
Capilla	2°47'20,564" S	77°38'56,982" O
Centro de Salud	2°47'24,696" S	77°38'57,660" O
Jairo Chiriap	2°46'09,977" S	77°39'41,770" O
Gonzalo Nunent	2°46'00,416" S	77°39'41,770" O
Rosa Nunent	2°46'56,658" S	77°40'01,478" O
Natale Nunent	2°46'58,346" S	77°40'04,857" O
Humberto Nunent	2°47'26,186" S	77°39'40,644" O
Manuel Chuin	2°47'28,998" S	77°39'11,363" O
Vicente Chuin	2°46'57,502" S	77°38'03,229" O
Carolina Numink	2°47'00,876" S	77°38'16,743" O
Juan Numink	2°47'04,813" S	77°38'34,199" O
Chuint Inchir Untsui	2°47'14,375" S	77°38'42,082" O
Marco Numink	2°46'02,416" S	77°39'24,770" O

Tabla 3.5: Posición geográfica de las cargas en Pukar

Fuente: EERCS

En la figura 3.5 tenemos un mapa georeferenciado de la comuna, para tener una idea de la distribución de las viviendas, escuela, centro de salud, casa comunal, y las respectivas distancias entre las mismas, además de la posición de las cargas con respecto a la fuente hídrica más cercana.

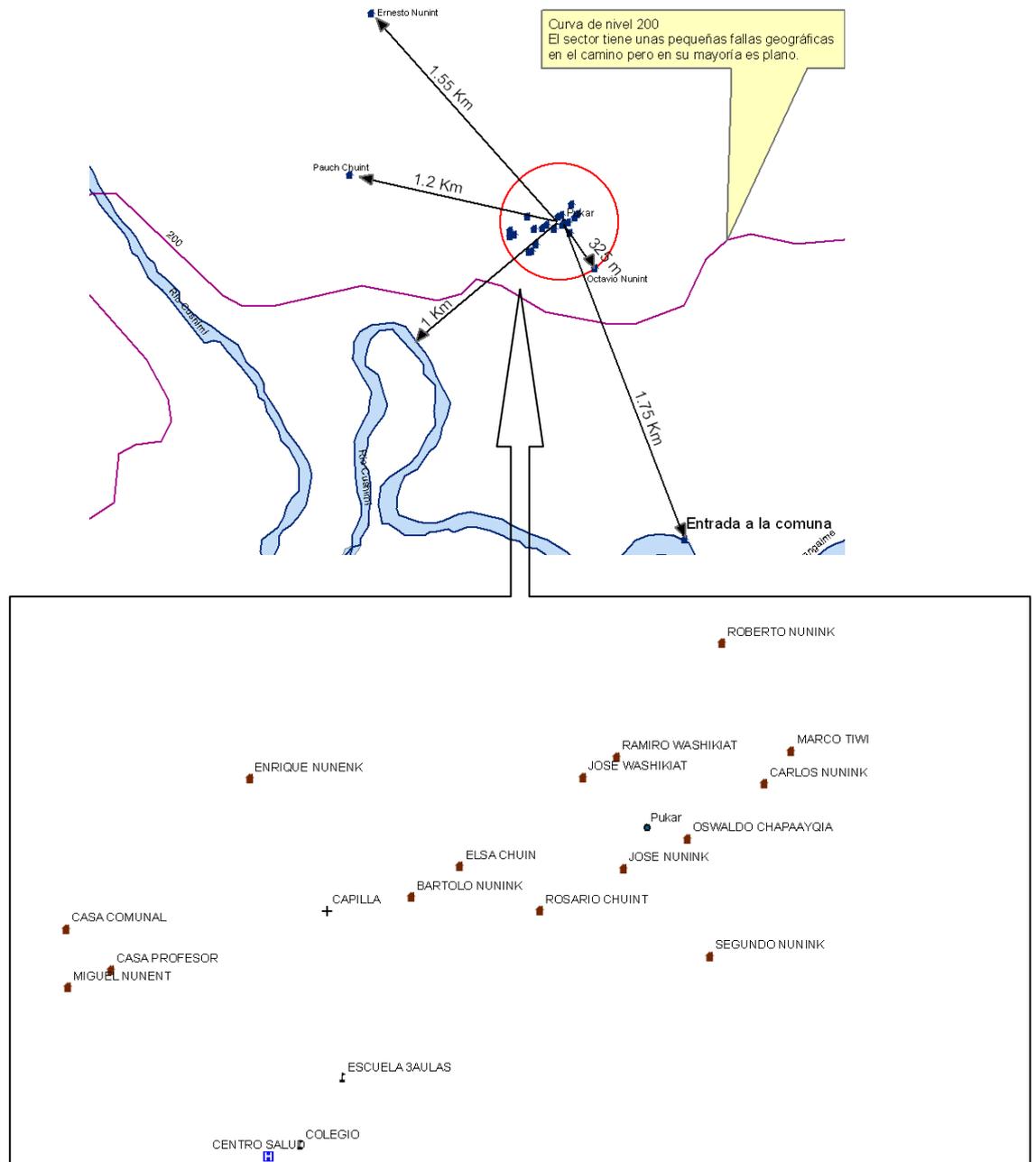


Figura 3.5: Plano de la distribución de las cargas en Pukar

3.5.2 COMUNIDAD DE TUNTIK E ISIDORO.

El acceso a esta comunidad se hace mediante vía aérea o desde Sucua se recorre alrededor de 180 Km hasta puerto Kashpaimé, de ahí mediante una lancha sobre el río Cangaimé 2 Km aguas abajo hasta llegar a la desembocadura del río Mangosiza, subiendo el río Mangosiza 36.5 Km aguas arriba, luego de ello una caminata de 600 m por un sendero o camino de herradura internándonos en la selva hasta llegar a la comunidad de Tuntiak, cuya plaza principal se encuentra en las coordenadas longitud $77^{\circ}48'1,363''$ O y latitud $2^{\circ}45'15,816''$ S, el sindico no vive en la comunidad, él se encuentra más hacia la orilla del río Mangosiza, de esta manera podemos encontrar su vivienda a escasos 50 m de la entrada al sendero, como se puede ver en la figura 3.6

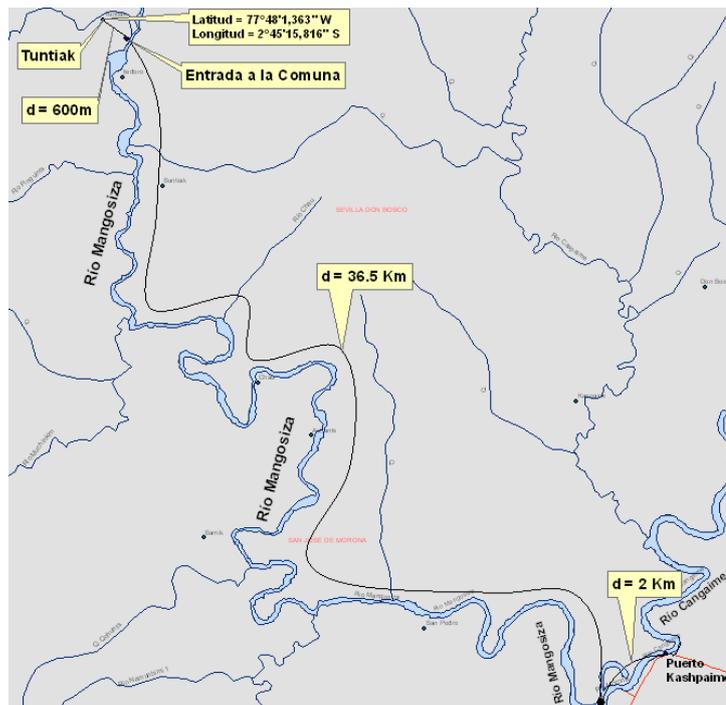


Figura 3.6: Plano del acceso a Tuntiak, desde el puerto Kashpaimé

Revisando la zona nos percatamos que la topografía del sector es ideal para el estudio, debido a una caída del río Numpai de 100m, según se ve en las curvas de nivel del ANEXO 3.2, pero al revisar el número de viviendas tenemos apenas dos domicilios, la casa comunal, y unas cuantas fincas bastante distantes a dicha zona, al

revisar el plano las cargas distantes están en dirección a la comunidad de Isidoro, por ello vemos factible hacer un estudio para carga distribuida, siempre y cuando incluyamos en el estudio la carga de Isidoro, una comunidad que se encuentra 1.3 Km de Tuntiak, cuya topografía se presta para pensar en un tendido de un ramal desde Tuntiak.

Se construye tabla 3.6, que resume la posición geográfica de cada una de las viviendas y locales adicionales que son parte de las comunas, como la escuela, casa comunal, etc

LOCAL	X (m)	Y (m)
ANGEL ESACH ESACH AWANASH	855720.11	9696053.93
MARIA ESACH ESACH TIMIAS	855711.70	9695973.94
ERNESTO ESACH ESACH MASHIANT	855740.60	9695950.79
ESTEBAN ESACH ESACH KATAN	856213.46	9695689.32
ROMAN KAJECH KAJECH CHARAP	856300.36	9694669.48
MARIANO KAJECH KAJECH ESACH	855801.34	9695099.16
MARCELO KAJECH KAJECH ANTUN	855781.08	9695050.25
ESCUELA BOSQUE ALEGRE	855824.98	9694629.87
CASA COMUNAL TUNTIK	855838.13	9695055.96
EDUARDO KAJECH KAJECH ANTUASH	855824.98	9694629.87
RAMÓN ANTUN ANTUN KAJECH	855852.77	9694188.56
ESTEBAN CAJECH CAJECH UWEK	856475.19	9693039.97
CASA PROFESORA	856206.13	9693838.64
ROSA SURANK NAJANTAI SURANK	856235.58	9693924.52
JORGE NAJANTAI NAJANTAI WISUM	856271.59	9693923.34
CARLOS NAJANTAI NAJANTAI AWANANCHI	856413.96	9694579.88
OFICINA	856324.28	9693859.05
ALFONSO NAJANTAI NAJANTAI JIMPIKIT	856361.22	9693844.86
JOSE NAJANTAI NAJANTAI NANTIP	856299.86	9693778.14
AGUSTIN NAJANTAI NAJANTAI JIMPKIT	856259.28	9693666.30
LUCIA NAJANTAI YU NAJANTAI	856403.57	9693712.59
MARIA CHIAS CHIAS WISUM	856327.88	9693779.00
CABAÑA TURISTICA	856229.19	9693847.53

Tabla 3.6: Posición geográfica de las cargas en Tuntiak e Isidoro

Fuente: FEDETA

En la figura 3.7 (a, b, c) disponemos de los mapas georeferenciados de las comunas, para tener una idea de la distribución de las viviendas, escuela, centro de salud, casa comunal, y las respectivas distancias entre las mismas, además de la posición de las cargas con respecto a la fuente hídrica más cercana,

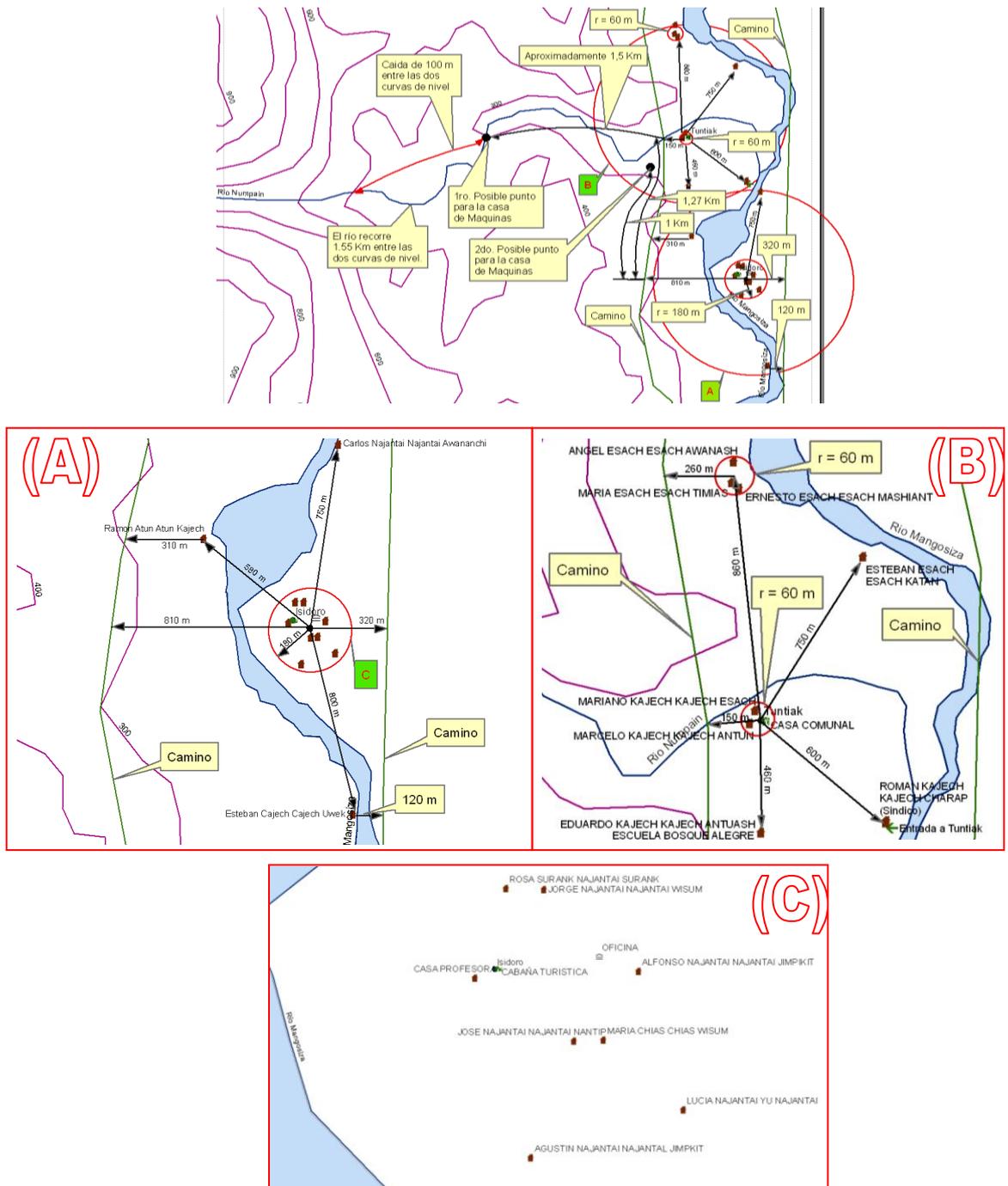


Figura 3.7:A.- Posición geográfica de las cargas en Isidoro, B.- Posición geográfica de las cargas en Tuntiak, C.- Posición geográfica de cargas del centro de Isidoro

3.6 MEDICIÓN DE LOS DESNIVELES DE LAS FUENTES HÍDRICAS

Debido a la topología del sector los ríos más grandes como el Yaupi, Mangosiza, Cushuimi, y Cangaiame tienen pocos desnivel, en su gran mayoría necesitamos de algunos kilómetros de recorrido río arriba para ganar unos pocos metros de altura, adicional a esto tenemos que en temporada de lluvias el caudal aumenta, en consecuencia la altura de las aguas se eleva considerablemente con respecto a las orillas, llegando a aumentar hasta 4 metros sobre el nivel de la temporada seca.

Revisando en el mapa del **ANEXO 3.2** podemos constatar que los ríos principales antes mencionados no tienen variación de altura ya que se encuentran en la llanura amazónica, de esta manera tenemos que los ríos Cushuimi, Cangaiame y Mangosiza se encuentran rodeados por la curva de nivel de 200 m, y un poco más al norte después de pasar el afluente Chau, el río Mangosiza es rodeado por la curva de 300 m, el río Yaupi a su vez es rodeado por la curva de 300 m desde su desembocadura en el río Santiago hacia el norte hasta llegar al afluente Kaank Grande, después de ello se mantiene rodeado por la curva de 400 m.

Revisando estos datos podemos ver que las comunidades asentadas en las orillas se encuentran por encima del nivel de las fuentes hídricas antes mencionadas, no obstante los afluentes que se unen para formar estos ríos pueden ser tomados en cuenta debido a que los mismos si poseen caída con respecto a los puntos donde se unen con los ríos principales.

Tomando en consideración este criterio y revisando en el mapa del **ANEXO 3.2**, podemos resumir los datos en la tabla 3.7, donde vemos la distancia recorrida por el afluente, la comunidad más cercana, y la diferencia de altura que se obtuvo al recorrer dicha distancia, como se ve en el boceto de la figura 3.8

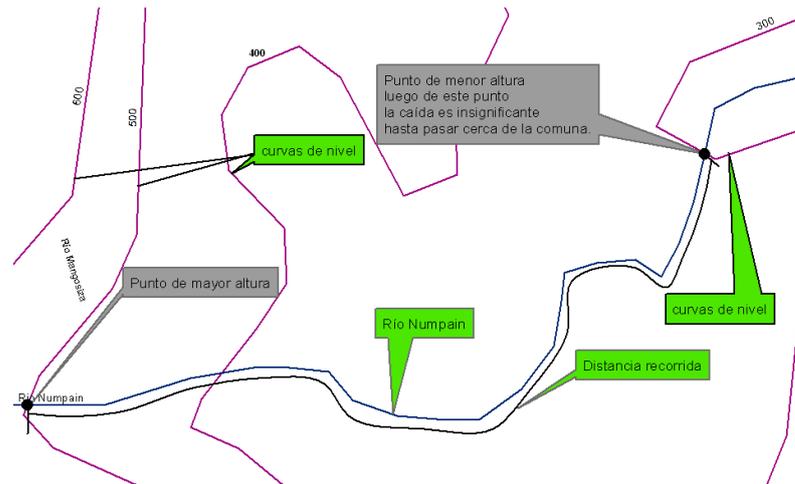


Figura 3.8: Desnivel en función de la distancia recorrida por el río

Comunidad	Río	Distancia (m)	Altura (m)
Kusuim	Cushuimi Q.	655	80
Shaikiam	Cushuimi Q.	1217	70
Samik	Achunts	927	100
Sekuan	Namunbimi 1	2246	600
Sekuan	Namunbimi 2	2063	500
Tuntiak	Numpain	1540	100
Shiram	Patents	3530	700
Numpaim	Mangosiza Q.	1400	100
Tsuirim Miasal	Tsuirim	1317	100
Tsuirim Miasal	Tsuirim Q.	4000	700
Pankints	Mangosiza Q.	2800	500
Kuama	Mangosiza Q.	815	100
Chikianas	Yaupi Q.	2482	100
Kayamas	Kayamas Q.	3545	700
Tashap	Tashapa	2340	600
Kaank Chico	Kaank Chico	3930	100
Wawaim	Q.	1036	100
Chatus	Chatus	1483	100

Tabla 3.7: Desnivel obtenido en función de la distancia recorrida por el río

Fuente: Análisis del Anexo 3.2

3.7 MEDICIÓN DE LAS DISTANCIAS ENTRE LAS CARGAS Y LAS FUENTES HÍDRICAS

Para este dato tendremos en cuenta las comunidades mencionadas en la tabla 3.7, debido a que las fuentes hídricas principales y los afluentes que pasan cercanas al resto de comunidades no poseen desnivel, dato que ha sido revisado en el mapa del **ANEXO 3.2**.

Con la información recopilada y ayudándonos del programa ArcMap, vamos a resumir en la tabla 3.8, la distancia perpendicular más cercana entre la fuente hídrica y la comunidad, adicional a esta medida tenemos la distancia 2 que será la que existe entre comunidad y el posible punto donde podríamos implementar la casa de maquinas.

La segunda medida de distancia de la tabla 3.8, fue tomada debido a que los ríos poseen desnivel hasta un cierto punto, a partir del cual la caída se vuelve insignificante, antes de llegar o pasar cerca de la comunidad, como se puede ver en la figura 3.9

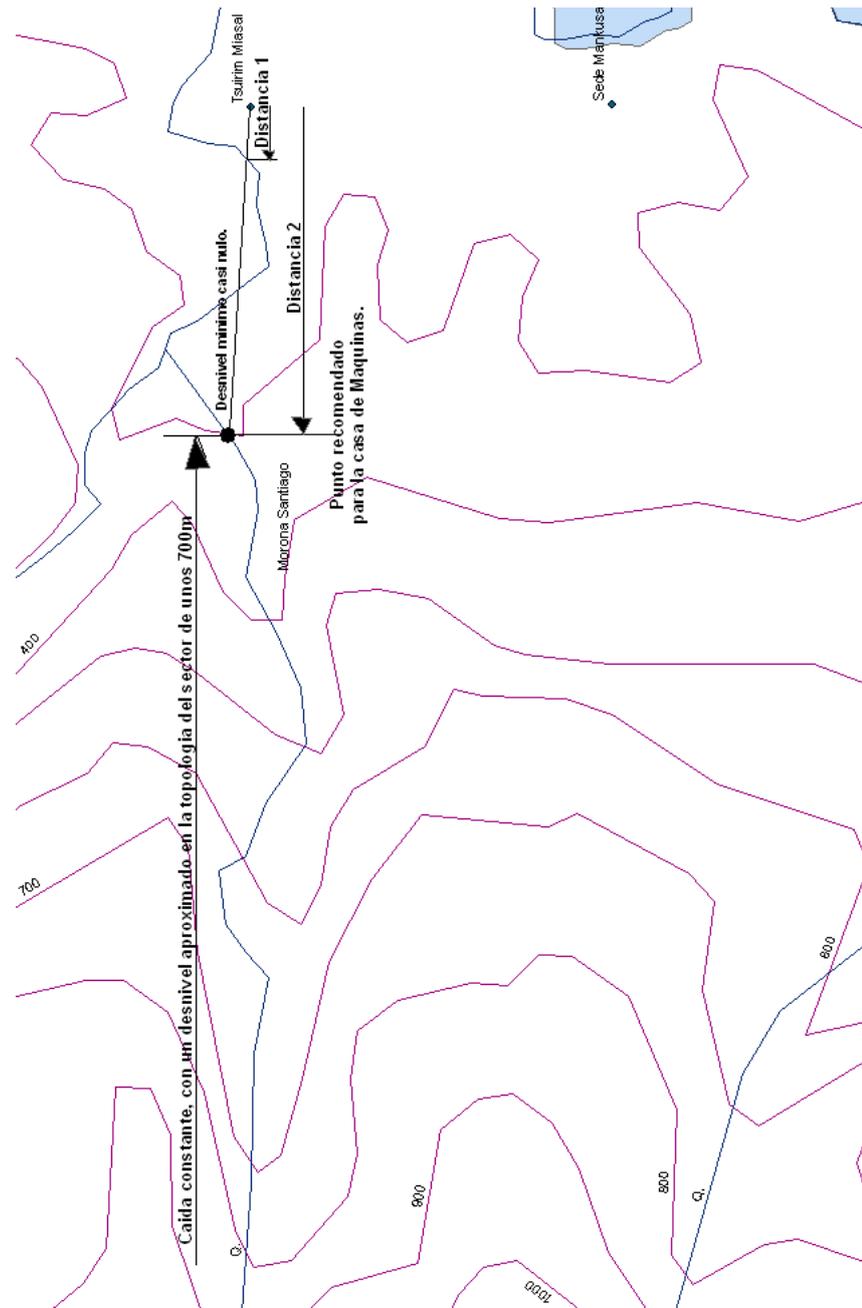


Figura 3.9: Distancias recorridas por los ríos con o sin ganancia de desnivel

Comunidad	Río	Distancia 1 (m)	Distancia 2 (m)
Kusuim	Cushuimi Q.	156	1490
Shaikiam	Cushuimi Q.	180	2390
Samik	Achunts	690	800
Sekuan	Namunbimi 1	1057	1057
Sekuan	Namunbimi 2	1180	1180
Tuntiak	Numpain	100	1600
Shiram	Patents	770	1280
Numpaim	Mangosiza Q.	370	1300
Tsuirim Miasal	Tsuirim	130	1080
Tsuirim Miasal	Tsuirim Q.	130	1087
Pankints	Mangosiza Q.	120	1160
Kuama	Mangosiza Q.	160	1800
Chikianas	Yaupi Q.	162	1650
Kayamas	Kayamas Q.	50	1500
Tashap	Tashapa	220	1400
Kaank Chico	Kaank Chico	30	1066
Wawaim	Q.	265	1180
Chatus	Chatus	1800	1800

Tabla 3.8: Distancias recorridas por los ríos con o sin ganancia de desnivel

Fuente: Análisis del Anexo 3.2

La distancia dos no es necesariamente la mejor opción, porque puede analizarse la construcción de un reservorio y una tubería de presión, para acercarnos más a la comunidad y reducir la distancia de tendido de red desde dicho punto hacia la comunidad.

CAPITULO 4

ESTUDIO DE LA CARGA Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN

4.1. GENERALIDADES.

Para el diseño del sistema de generación pico es necesario disponer de información detallada sobre la carga, en cuanto al número de habitantes por comunidad, las actividades que realizan diariamente y los posibles usos que le podrían dar a la energía. A más de esta información resulta conveniente recopilar información sobre los diferentes tipos de energías que en la actualidad utilizan.

La información que se dispone ha sido recopilada por el departamento de ENERGÍAS RENOVABLES de la EERCS la cual ha realizado encuestas en cada una de las comunidades rurales de su concesión oriental, incluyendo las comunidades de PUKAR y TUNTIK-ISIDORO.

Como resultado de las encuestas la EERCS ha logrado elaborar una base de datos lo suficientemente detallada de cada una de sus comunidades. Dicha información se considera como válida para el estudio de prefactibilidad, puesto que ha sido sometida a un proceso de contrastación el cual describiremos más adelante.

4.2. DENSIDAD DE POBLACIÓN

Para determinar la densidad poblacional de cada comunidad, la EERCS ha realizado encuestas directa en cada una de ellas, obteniendo datos importantes como son:

a. NÚMERO Y CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS VIVIENDAS Y LAS INSTITUCIONES

En cuanto a las características constructivas de las diferentes edificaciones, básicamente tienen una constitución mixta de madera-zinc o madera-paja con un área de construcción de aproximadamente 40m² [investigación de campo], tal como se muestra en la figura 4.1(a) y figura 4.1 (b)



Figura 4.1 (a)
Escuela de la comunidad de PUKAR



Figura 4.1 (b)
Casas modelo de la comunidad de PUKAR

b. NÚMERO DE HABITANTES Y REPRESENTANTE FAMILIAR POR VIVIENDA.

Para determinar el número total de habitantes en cada comunidad, la EERCS ha realizado el conteo de las personas que habitan en cada casa, identificando de esta manera con precisión los miembros de cada familia y sus respectivos representantes familiares, quienes facilitan la recopilación de los datos necesarios para la empresa. Las tablas 4.5 y 4.8 contienen los resultados del número total de familias, el número

de personas por familia y el respectivo representante familiar.

c. ACTIVIDADES FAMILIARES E INGRESOS ECONÓMICOS

Básicamente como se habíamos descrito en el capítulo anterior, las actividades familiares que se desarrollan en estas comunidades, están relacionadas a la producción agrícola de: yuca, maíz, maní, plátano y camote. También desarrollan actividades de caza y de pesca.

La mayor parte de la producción sirve para el autoconsumo, mientras que una mínima parte de la producción se destina para el trueque o la venta.

Según las actividades que desarrolla cada familia, los ingresos económicos que perciben varían desde los 10 USD hasta los 50 USD mensuales. En ciertos, algunos miembros de estas comunidades trabajan fuera de las mismas por lo que sus ingresos aumentan considerablemente en algunos casos sobre los 100 USD. (Investigación de campo)

d. FUENTES DE ENERGÍAS.

De acuerdo a las necesidades y principalmente a los ingresos económicos que perciben los miembros de las comunidades hacen uso de diferentes fuentes de energías para diferentes aplicaciones como las como las que se presentan en la tabla 4.1

	Aplicaciones
Diesel	Iluminación – preparación de alimentos
Velas	Iluminación
Pilas (zinc-carbón)	Iluminación comunicaciones entretenimiento

Tabla 4.1: Fuentes de energía y sus aplicaciones

Fuente: EERCS

Dependiendo del número de personas y las actividades de cada familia, el uso de estas fuentes de energía varía considerablemente, así tenemos que en cada comunidad se gasta un promedio de 25 USD mensuales por el uso de estas fuentes de energía (fuente: EERCS).

e. VERIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Para contrastar la información proporcionada por la EERCS, fue necesaria una inspección de campo a las comunidades antes mencionadas, en las cuales se realizaron procesos de muestreo en parte de la población, verificando la ubicación de las viviendas y las instituciones y sobre todo el número de integrantes por familia. Para que la información sea valedera para el resto de las comunidades, se verificó el padrón electoral de un porcentaje de los representantes familiares.

En el proceso de verificación de la información, también se obtuvo información sobre el comportamiento de las principales fuentes hídricas de las comunidades en estudio.

4.3 CÁLCULO DE LA DEMANDA

4.3.1. CARACTERIZACIÓN DE CARGAS

Para el cálculo de la demanda es necesario tener presente el consumo energético dentro de cada familia y dentro de las diferentes instituciones. De los datos proporcionados por la EERCS y de las visitas de campo podemos apreciar que el requerimiento energético actual dentro de las comunidades de PUKAR y TUNTIK- ISIDORO son mínimas como se aprecia en la tabla 4.2, sin embargo de los proyectos de electrificación con el uso de paneles solares implementados en otras comunidades a cargo de FEDETA, observamos que el comportamiento en cuanto al consumo energético de las comunidades varía notablemente, tal como se observa en la tabla 4.3

CARGA	POTENCIA (W)	TIEMPO DE USO (HORAS/DÍAS PROMEDIO)	CANTIDAD #	POTENCIA TOTAL (KW)	ENERGÍA (KWH/DÍA)
Bombilla fluorescente	11	5	3	0,033	0,165
Radio	20	4	1	0,02	0,08
Cargador de pilas	10	1	1	0,01	0,01
			Total	0,063	0,255

Tabla 4.2: Consumo energético actual

Fuente: EERCS

CARGA	POTENCIA (W)	TIEMPO DE USO (HORAS/DÍAS PROMEDIO)	CANTIDAD #	POTENCIA TOTAL (KW)	ENERGÍA (KWH/DÍA)
Bombilla fluorescente	11	5	3	0,033	0,165
TV	70	2	1	0,07	0,14
DVD	20	2	1	0,02	0,04
Radio	20	4	1	0,02	0,08
Cargador de pilas	10	1	1	0,01	0,01
			Total	0,153	0,435

Tabla 4.3: Consumo energético proyectado

Fuente: EERCS

Cabe destacar que para el cálculo de la potencia demandada se consideraran los valores proyectados, con el objetivo de evitar que el sistema de generación se sature en poco tiempo.

Por otro lado, no existen mayores consideraciones para determinar la potencia demandada por las diferentes instituciones, puesto que no hay una gran variación en las cargas. En las tablas 4.4(a), 4.4 (b) y 4.4 (c) mostramos las cargas típicas de estos tipos de edificaciones.

CARGA	POTENCIA (W)	TIEMPO DE USO (HORAS/DÍAS PROMEDIO)	CANTIDAD #	POTENCIA TOTAL (KW)	ENERGÍA (KWH/DÍA)
Bombilla fluorescente	11	5	3	0,033	0,165
TV	70	2	1	0,07	0,14
DVD	20	2	1	0,02	0,04
			Total	0,123	0,345

Tabla 4.4 (a): Consumo energético en escuelas y colegios.

Fuente: EERCS

CARGA	POTENCIA (W)	TIEMPO DE USO (HORAS/DÍAS PROMEDIO)	CANTIDAD #	POTENCIA TOTAL (KW)	ENERGÍA (KWH/DÍA)
Bombilla fluorescente	11	5	3	0,033	0,165
Radio	20	4	1	0,02	0,08
Cargador de pilas	10	1	1	0,01	0,01
			Total	0,063	0,255

Tabla 4.4 (b): Consumo energético en centros de salud.

Fuente: EERCS

CARGA	POTENCIA (W)	TIEMPO DE USO (HORAS/DÍAS PROMEDIO)	CANTIDAD #	POTENCIA TOTAL (KW)	ENERGÍA (KWH/DÍA)
Bombilla fluorescente	11	5	3	0,033	0,165
			Total	0,033	0,165

Tabla 4.4 (c): Consumo energético en capillas.

Fuente: EERCS

4.3.2. DEMANDA TOTAL EN LA COMUNIDAD DE PUKAR.

4.3.2.1. DEMANDA FAMILIAR PROYECTADA

Familia Nº	Representante familiar	CI	Hab. x familia	Bombilla fluorescente 11W	Horas de uso promedio	Radio 20W	Horas de uso promedio	TV 70W	Horas de uso promedio	DVD 20W	Horas de uso promedio	Cargador de baterías 10W	Horas de uso promedio	Demanda total de potencia (KW)	Energía (KWH/DIA)	
1	Ernesto Nunint	1400974570	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	Pauch Chuint Nunint	1400314116	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	Carlos Nunink	1400294094	5	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435	
4	Oswaldo Chapayqia	1400273965	8	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435	
5	Roberto Nunink	1400314306	1	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435	
6	Marco Tiwi	1400599476	4	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435	
7	David Wijint	1400710115	11	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435	
8	Octavio Nunink	1400314264	6	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435	
9	Segundo Nunink	1400689665	1	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435	
10	José Washikiat	1400606339	5	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435	
11	Ramiro Washikiat	1400605992	9	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435	
12	Rosario Nunink Chuint	1400314314	1	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435	
13	Jose Nunink	1400314354	6	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435	
14	Bartolo Nunink	1400606206	3	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435	
15	Elsa Chuin	1400314199	5	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435	
16	Miguel Nunenk	1400293740	14	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435	
17	Enrique Nunenk	1400244602	7	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435	
18	Jairo Chiriap	1400662530	5	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435	
19	Gonzalo Nunent	1400533376	5	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435	
20	Rosa Nunent	1400314215	6	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435	
21	Natale Nunent	1400785638	2	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435	
22	Humberto Nunent	1400314157	7	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435	
23	Manuel Chuin	1400607154	6	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435	
24	Vicente Chuin	1400294128	6	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435	
25	Carolina Numink	1400273668	4	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435	
26	Juan Numink	1400307656	7	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435	
27	Chuint Inchir Untsui	1400314249	3	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435	
28	Marco Numink	1400314249	7	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435	
29	Casa Prof. (Patricio Nunink)	1400533368	2	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435	
														TOTAL	4,131	11,745

Tabla 4.5: Demanda familiar

[Fuente: EERCS]

En el caso de las familias N°1 y N°2 no son incluidas en el análisis debido a que sus ubicaciones están muy alejadas con referencia al centro de la comunidad

4.3.2.2. Demanda en instituciones:

Institución N°	Nombre de la institución	Bombilla fluorescente 11 W	Horas de uso promedio	Radio 20W	Horas de uso promedio	TV 70W	Horas de uso promedio	DVD 20W	Horas de uso promedio	Cargador de baterías 10W	Horas de uso promedio	Demanda total de potencia (KW)	Energía (KWH/DIA)
1	Escuela	3	5	1	4	1	2	1	2	0	0	0,143	0,425
2	Colegio	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435
3	Centro de salud	3	5	1	4	0	0	0	0	1	1	0,063	0,255
4	Capilla	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,033	0,165
											TOTAL	0,392	1,28

Tabla 4.6: Demanda institucional

Fuente: EERCS

4.3.2.3. DEMANDA TOTAL: En la comunidad de PUKAR se demanda una potencia total de:

Demanda total de potencia Comunidad: PUKAR		
Tipo de demanda	KW	KWH/DIA
Demanda familiar	4.131	11.745
Demanda de instituciones	0.392	1.280
Total	4.523	13.025

Tabla 4.7: Demanda Total

Fuente: EERCS

4.3.3. Demanda total en la comunidad de TUNTIK- ISIDORO

4.3.3.1. Demanda familiar proyectada

Familia N°	Representante familiar	CI	Hab. x familia	Bombilla fluorescente 11 W	Horas de uso promedio	Rad. 20W	Horas de uso promedio	TV 70W	Horas de uso promedio	DVD 20W	Horas de uso promedio	Cargador de baterías 10W	Horas de uso promedio	Demanda total de potencia (KW)	Energía (KWH/DIA)
1	Angel Esach	140026244-8	2	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435
2	Maria Esach	140052497-9	7	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435
3	Ernesto Esach	140037663-6	5	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435
4	Esteban Esach	140037644-6	8	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435
5	Roman Kajech	140041298-5	1	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435
6	Mariano Kajech	140041482-0	4	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435
7	Marcelo Kajech	140606083-2	11	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435
8	Eduardo Kajech	140041311-6	6	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435
9	Ramón Antun	140039647-7	1	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435
10	Esteban Cajech		2	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435
11	Rosa Surank	140031963-6	5	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435
12	Jorge Najantai	140019964-4	9	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435
13	Carlos Najantai	140025409-8	1	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435
14	Alfonso Najantai	140060791-5	6	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435
15	Jose Najantai	140021830-9	3	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435
16	Agustin Najantai	140057633-4	5	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435
17	Lucia Najantai	140080232-6	14	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435
18	Maria Chias	140060734-5	7	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435
19	Casa Prof.		1	3	5	1	4	1	2	1	2	1	1	0,153	0,435
													TOTAL	2,907	8,265

Tabla 4.8: Demanda familiar

Fuente: EERCS

4.3.3.2. Demanda en instituciones

Institución N°	Nombre de la institución	Bombilla fluorescente 11W	Horas de uso promedio	Radio 4W	Horas de uso promedio	TV 70W	Horas de uso promedio	DVD 20W	Horas de uso promedio	Cargador de baterías 10W	Horas de uso promedio	Potencia Total Demandada (KW)	Energía (KWh/DIA)
1	Escuela (Bosque Alegre)	3	2	1	3	1	2	1	2	1	1	0,153	0,316
2	Casa comunal Tuntiak	3	2	1	3	0	2	0	2	1	1	0,063	0,136
4	Oficina comunal	1	2	1	3	0	2	0	2	1	1	0,041	0,092
5	Cabaña turística	3	2	1	3	1	2	1	2	1	1	0,153	0,316
											TOTAL	0,41	0,86

Tabla 4.9: Demanda institucional

[Fuente: EERCS]

4.3.3.3 POTENCIA TOTAL: En la comunidad de TUNTIK- ISIDORO se demanda una potencia total de:

Demanda total de potencia Comunidad: TUNTIK-ISIDORO		
Tipo de demanda	KW	KWH/DIA
Demanda familiar	2.907	8.265
Demanda de instituciones	0.410	0.860
Total	3.317	9.125

Tabla 4.10: Demanda total

Fuente: EERCS

4.4 ESTUDIO DEL POTENCIAL ENERGÉTICO EXISTENTE EN CADA COMUNIDAD.

4.4.1 COMUNIDAD DE PUKAR

En el **CAPÍTULO 3** se comentó que en esta comunidad en particular no es posible la aplicación de Pico-Centrales por varios factores, uno de ellos es la falta de caída o salto del río CUSUIME, que es el más próximo a dicha comunidad, no obstante existen pequeños afluentes y ojos de agua como el mostrado en la figura 4.2, que son constantes a lo largo del año y en los cuales enfocaremos los cálculos para determinar su potencial energético y sobre todo su posible aprovechamiento.



Figura 4.2:
Caudal del ojo de agua a 1Km de PUKAR
Fuente: visita de campo

4.4.1.1. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL.

Para determinar el caudal de la vertiente se utilizó el método de velocidad y profundidad propuesto en el **CAPÍTULO 2**, considerando que se trata de un caudal pequeño y en el cual el error es mínimo.

a) **VELOCIDAD DEL AGUA:**

Se utilizo el método del flotador (figura 4.2), mediante el cual se realizaron varias mediciones para obtener una velocidad promedio, la que detallamos en la tabla 4.11.

Velocidad del agua Vertiente a 1Km de PUKAR	
# Medición	V [m/s]
1	0.546
2	0.52
3	0.464
4	0.44
5	0.48
Promedio	0.49

*Tabla 4.11: Datos de velocidad del agua
Fuente: visita de campo*

b) **MEDICIÓN DE LA PROFUNDIDAD Y ANCHO DE LA VERTIENTE**

Se realizaron mediciones directas tanto de la profundidad como del ancho del canal del arroyo como se indica en la figura 4.3. Los resultados de estas mediciones se expresan en la tabla 4.12

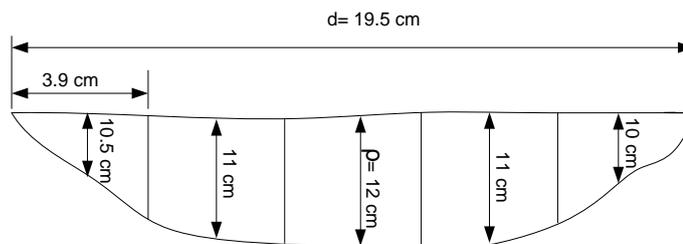


Figura 4.3: Profundidad del canal del arroyo

Profundidad (ρ) Vertiente a 1Km de PUKAR	
# Medición	[cm]
1	10.5
2	11.0
3	12.0
4	11.0
5	10.0

Tabla 4.12: Profundidad del canal del arrollo

Fuente: visita de campo

c) **CÁLCULO DEL ÁREA TRANSVERSAL DE LA VERTIENTE.**

Para el cálculo del área total se hizo una aproximación geométrica del área transversal del canal como se observa en la figura 4.4

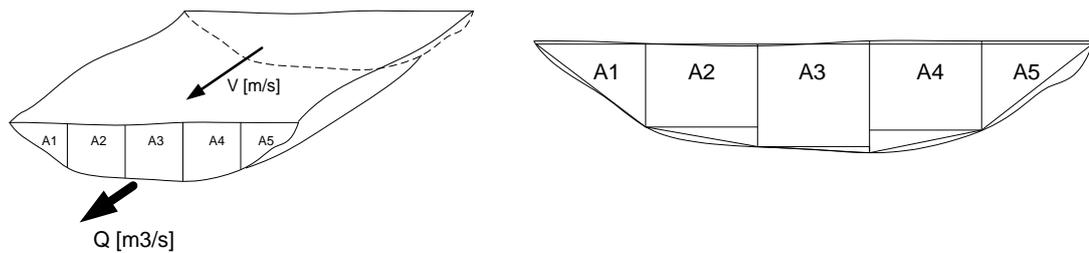


Figura 4.4: Sección Transversal del canal

$$A1 = \frac{3.9 \times 10.5}{2} = 20.475 \text{ cm}^2$$

$$A2 = (10.5 \times 3.9) + \frac{3.9 \times 0.5}{2} = 41.925 \text{ cm}^2$$

$$A3 = (11 \times 3.9) + \frac{3.9 \times 1}{2} = 44.85 \text{ cm}^2$$

$$A4 = (11 \times 3.9) + \frac{3.9 \times 1}{2} = 44.85 \text{ cm}^2$$

$$A5 = \frac{3.9 \times 11}{2} = 21.45 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{TOTAL}} = A1 + A2 + A3 + A4 + A5$$

$$A_{\text{TOTAL}} = 20.475 + 41.925 + 44.85 + 44.85 + 21.45$$

$$A_{\text{TOTAL}} = 173.55 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{TOTAL}} = 0.017355 \text{ m}^2$$

d) CÁLCULO DEL CAUDAL:

Con los datos de la velocidad y del área total transversal del canal es posible calcular el caudal con el siguiente procedimiento:

$$Q = A_{\text{TOTAL}} \times V$$

$$Q = 0.017355 \times 0.49$$

$$Q = 0.0085 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 8.5 \text{ lit/s}$$

e) MEDICIÓN DEL SALTO DEL AGUA

Debido a que la caída bruta del agua no es de considerable tamaño, la medición de la misma se la realiza de forma directa dando un resultado de:

Salto de agua: **H= 1.8m**



Figura 4.5: Salto del agua de la vertiente ubicada en Pukar

f) CALCULO DE LA POTENCIA:

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

Donde: Q = caudal

H = salto del agua

g = gravedad

$$P = 0.0085 \times 1.8 \times 9.81$$

$$P = 0.150 \text{ [KW]}$$

$$P = 150 \text{ [W]}$$

Como se observa el potencial de este pequeño arroyo no es suficiente para satisfacer la demanda de potencia de la comunidad.

4.4.2. COMUNIDAD DE TUNTIK-ISIDORO

4.4.2.1. DETERMINACIÓN DE CAUDALES

Para la medición del caudal de las fuentes hídricas de esta comunidad se empleó el método del recipiente y cronómetro citado en el **CAPÍTULO 2**, con el cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Datos de la **CASCADA 1** en la comunidad de Tuntiak:

- Capacidad de recipiente: 4 litros
- Tiempo de llenado de recipiente:
T1= 2.39 (s)
T2= 2.37 (s)
T3= 2.36 (s)
T4= 2.37 (s)
T5= 2.34 (s)
- Salto del agua: 25 (m)

Datos de la **CASCADA 2** en la comunidad de Tuntiak:

- Capacidad de recipiente: 12 litros
- Tiempo de llenado de recipiente:
T1= 5.5 (s)
T2= 5.8 (s)
T3= 5.7 (s)
T4= 5.9 (s)
T5= 5.6 (s)
- Salto del agua: 4.60 (m)

Datos de la **CASCADA 3** en la comunidad de Tuntiak:

- Capacidad de recipiente: 12 litros
- Tiempo de llenado de recipiente:
T1= 7.4 (s)

$$T2= 7.6 \text{ (s)}$$

$$T3= 7.5 \text{ (s)}$$

$$T4= 7.8 \text{ (s)}$$

$$T5= 7.5 \text{ (s)}$$

- Salto del agua: 4.50 (m)

En la tabla 4.13 se resumen los resultados de caudales, alturas y potencias de las diferentes fuentes hídricas, de los cuales se desarrollara los cálculos para pico centrales únicamente en la **cascada 1** debido a que presenta mejores características. Es necesario destacar que las mediciones se realizaron en temporada de verano o temporada seca, en el cual el caudal es el mínimo disponible.

TUNTIK	Capacidad del recipiente (L)	Tiempo de llenado (s)	Salto del agua (m)	Caudal (m ³ /S)	Potencia (KW)
cascada 1	5	2,36	25	0,002118644	0,519597458
cascada 2	12	5,7	4,6	0,002105263	0,095002105
cascada 3	12	7,56	4,5	0,001587302	0,070071429

Tabla 4.13: Datos de las fuentes hídricas de la comunidad de Tuntiak

Se aprecia que la potencia del arroyo apenas sufre el 15% de la demanda total de la comunidad, pero en este caso es posible aprovechar la altura de la **cascada 1** para desarrollar la tecnología de Pico-Centrales con la aplicación de motores trifásicos como generadores, para lo cual necesitamos determinar el diámetro de la rueda pelton y la velocidad de giro, además será necesario diseñar las dimensiones del tanque de presión para mantener un caudal constante para la generación de 2 KW que cubrirá las necesidades únicamente de TUNTIK.

4.4.2.2. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

a) ELECCIÓN DE LA RUEDA PELTON

Para la elección del diámetro y la velocidad de giro del rodete pelton se hace uso de las curvas presentadas en la figura 4.6, teniendo como dato conocido la altura:

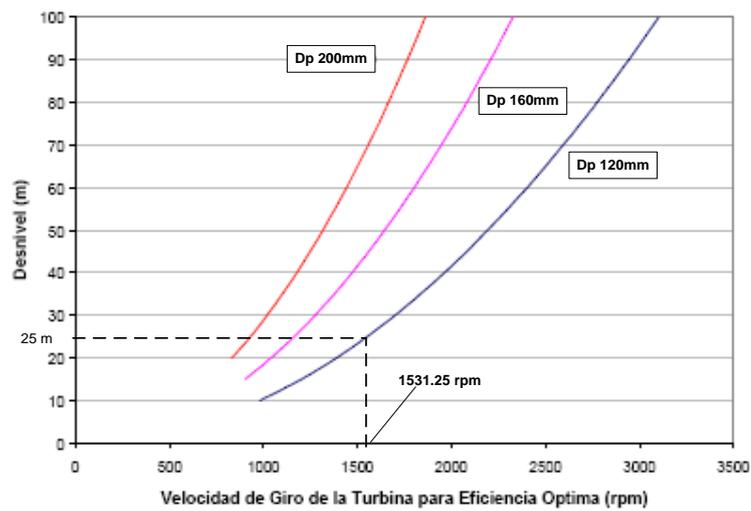


Figura 4.6: Rangos de operación de los rodetes pelton de distintos diámetros

Fuente: ITDG, Manual PICO HYDRO FOR VILLAGE POWER, 2001

Según las curvas obtenemos:

$$H = 25 \text{ m}$$

$$D_p = 120 \text{ mm (diámetro primitivo)}$$

$$n = 1531.25 \text{ rpm (velocidad de giro)}$$

b) CALCULO DEL CAUDAL

Con el diámetro del rodete determinamos el flujo necesario para desarrollar la velocidad de 1531.25 r.p.m con la siguiente fórmula:

$$Q_{\max} \text{ (m}^3\text{/s)} = 0.05 \times (Dp)^2 \times \sqrt{H}$$

$$Q_{\max} \text{ (m}^3\text{/s)} = 0.05 \times (0.12)^2 \times \sqrt{25}$$

$$Q_{\max} \text{ (m}^3\text{/s)} = 0.0036$$

$$Q_{\max} \text{ (l/s)} = 3.6$$

También es posible determinar el caudal con la formula proporcionada por el manual de **Pico Hydro For Villages Power**

$$Q_{\max} \text{ (l/s)} = 1000 \times \frac{(0.11 \times Dp)^2 \times \Pi}{4} \times \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

Aplicando la fórmula obtenemos un caudal de:

$$Q_{\max} \text{ (l/s)} = 1000 \times \frac{(0.11 \times 0.12)^2 \times \Pi}{4} \times \sqrt{2 \times 9.81 \times 25}$$

$$Q_{\max} \text{ (l/s)} = 3.03$$

Como apreciamos los caudales obtenidos con las diferentes formulas son aproximadamente iguales, por lo tanto para los siguientes cálculos tomamos un promedio de los dos valores.

$$Q_{\text{prom}} (\text{l/s}) = 3.31$$

$$Q_{\text{prom}} (\text{m}^3/\text{s}) = 0.00331$$

c) CALCULO DE LA TOBERA

Continuamos con el cálculo de las dimensiones de la tobera (nozzle)

ÁREA:

$$A_{\text{Tobera}} = \frac{Q_{\text{prom}}}{\sqrt{2 \cdot g \cdot H}}$$

$$A_{\text{Tobera}} = \frac{0.00331}{\sqrt{2 \times 9.81 \times 25}}$$

$$A_{\text{Tobera}} = 0.000149 \text{ m}^2$$

DIÁMETRO:

$$\Phi_{\text{tobera}} = 2 \times \sqrt{\frac{A_{\text{Tobera}}}{\pi}}$$

$$\Phi_{\text{tobera}} = 2 \times \sqrt{\frac{0.000149}{\pi}}$$

$$\Phi_{\text{tobera}} = 0.01379 \text{ m}$$

$$\Phi_{\text{tobera}} = 13.79 \text{ mm}$$

En la tabla 4.14 se expresan los resultados obtenidos

Altura (m)	Diámetro runner (mm)	Q(l/s) (1 ^{er} método)	Q(l/s) (2 ^{do} método)	Q _{prom} (l/s)	rea de la tobera (mm ²)	Diam. Tobera (mm)
25	120	3,030799798	3,6	3,315399899	149,6981434	13,80585368

Tabla 4.14: Datos para la elección de la rueda Pelton.

d) DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO:

De los resultados de la tabla 4.8 disponemos los datos de **KW total** y **Energía/Día** requeridos por la comunidad de Tuntiak en la misma que se considera 9 puntos de carga con una potencia de 0.153 KW y una energía de 0.435 KWh/Día cada una.

$$\begin{aligned}\text{Potencia total generada} &= 2\text{KW} \\ \text{Horas de uso de la energía} &= 5\text{h} \\ \text{Energía entregada} &= 10\text{KWh}\end{aligned}$$

CAUDAL TOTAL:

$$\begin{aligned}Q_{\text{total}} &= Q_{\text{salida}} - Q_{\text{entrada}} \\ Q_{\text{total}} &= 3.315 - 2.118 \\ Q_{\text{total}} &= 1.197 \text{ (l/s)} \\ Q_{\text{total}} &= 1.197 \times 10^{-3} \text{ (m}^3\text{/s)}\end{aligned}$$

VOLUMEN DEL TANQUE:

$$\begin{aligned}V_{\text{tanque}} &= Q_{\text{total}} \times t \\ V_{\text{tanque}} &= 1.197 \times 10^{-3} \times (5 \times 3600) \\ V_{\text{tanque}} &= 21.6 \text{ m}^3\end{aligned}$$

De acuerdo a las condiciones del sitio y la ubicación del tanque podemos aproximar

el volumen del mismo con las siguientes dimensiones. Todas estas demisiones son expresadas en la figura 4.7

$$a = 3.5\text{m}$$

$$b = 1.8\text{m}$$

$$c = 3.5\text{m}$$

$$V_{\text{total}} = 21.6 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{total}} \approx 22 \text{ m}^3$$

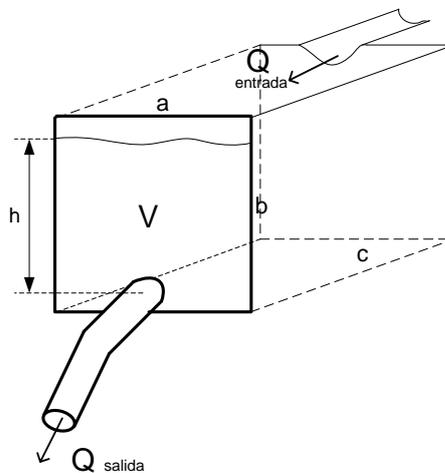


Figura 4.7: Dimisiones del tanque de almacenamiento para la comunidad de Tuntiak

e) TUBERÍAS DE PRESIÓN

Para determinar el diámetro interior de la tubería de presión es necesario conocer los datos del caudal requerido por la turbina y la distancia total del recorrido desde el tanque de almacenamiento hasta la turbina.

En tabla 2.7 del **CAPÍTULO 2** se indica las pérdidas de altura por fricción por cada 100 metros de longitud de varios diámetros de tuberías plásticas a diversos caudales. Para nuestro caso de estudio nos impondremos perdidas por fricción del 10% /(según

recomendaciones de **Pico Hydro For Villages Power, ITDG**) debido a que la distancia de recorrido es pequeñas.

$$L_{\text{recorrido}} = 35 \text{ m}$$

$$Q_{\text{promedio}} = 3.315 \text{ l/s}$$

$$\delta_{\text{(perdidas por friccion)}} = 10\%$$

Perdidas en el desnivel:

$$\delta_H = (H_{\text{bruta}} \times \delta)$$

$$\delta_H = 25 \times 0.1$$

$$\delta_H = 2.5 \text{ m}$$

Para determinar las perdidas en la longitud total de la tubería interpolamos los valores de la tabla 2.7 para un caudal de 3.31 l/s.

Caudal (l/s)	Diámetro Interior del Tubo (diámetro nominal)				
	50mm (2")	63mm (2.5")	75mm (3")	88mm (3.5")	100mm (4")
2	2,28m	0,75m	0,33m	0,15m	0,08m
3.31	6.04m	1.97m	0.85m	0.27m	0.21m
4	8,03m	2,62m	1,13mm	0,52m	0,28m

Perdidas en la longitud

$$\text{Para 35 m de tubo de 50 mm de diámetro} = 0.35 \times 6.04 = 2.21 \text{ m}$$

$$\text{Para 35 m de tubo de 63 mm de diámetro} = 0.35 \times 1.97 = 0.68 \text{ m}$$

$$\text{Para 35 m de tubo de 75 mm de diámetro} = 0.35 \times 0.85 = 0.29 \text{ m}$$

Para 35 m de tubo de 88 mm de diámetro = $0.35 \times 0.27 = 0.09$ m

Para 35 m de tubo de 100 mm de diámetro = $0.35 \times 0.21 = 0.07$ m

De los resultados apreciamos que el valor más próximo a **2.5 m** de pérdidas resulta de la tubería de 50mm (2”) de diámetro, y de acuerdo con las características presentadas en la tabla 2.8 del **CAPÍTULO 2** la mejor elección resulta ser una tubería de material de HDPE (polietileno de alta densidad).

f) VÁLVULAS DE CONTROL

Para el control de la turbina se recomienda la instalación de una válvula de gaveta (compuerta) para pasar y cortar el suministro de agua con mayor eficiencia, puesto que el tiempo de apertura o cierre requieren de algunos segundos, evitándose de esta manera que se produzcan sobrepresiones en la tubería forzada que posteriormente podrían destruirla.

Este desastre por sobrepresiones es más propenso de ocurrir con válvulas “mariposa” y “globo” que son capaces de cerrarse rápidamente. Se deberá aplicar grasa al vástago de las válvulas de gaveta frecuentemente para evitar que la corrosión. La tobera de la turbina deberá tener rosca macho para permitir enroscarse dentro de la válvula. En el **ANEXO 4.1** se presenta las características de la válvula de control

g) DETERMINACIÓN DEL TIPO DE GENERADOR EN FUNCIÓN DEL CAUDAL, ALTURA Y POTENCIA DEMANDADA

De acuerdo a los cálculos realizados para determinar el diámetro primitivo de la turbina, se estimo una velocidad de giro de **1531.25 rpm**. Por otro lado conocemos

la demanda de potencia y los tipos de carga que se utilizaran en la comunidad, con estos datos es posible determinar las características eléctricas y mecánicas del motor. Por cuestiones de costos, mantenimiento, eficiencia y tiempo de vida útil se sugiere el siguiente motor.

- Potencia: KW = 2.0
- FS: 1.05
- Frecuencia: 60 Hz
- Velocidad nominal: 1690 rpm
- η : 70 %
- Cos φ : 0.86
- Voltaje: 220/440 VCA
- Corriente (220 V): 7.4 A
- Corriente (440 V): 3.7 A

4.5 SISTEMAS DE CONTROL DE CARGA.

De acuerdo a los requerimientos y características de la carga, el sistema de control posee las siguientes características:

Voltaje de ingreso: 220 - 240 VCA

Frecuencia: 50 - 60 HZ

Voltaje de salida: 220 - 240 VCA

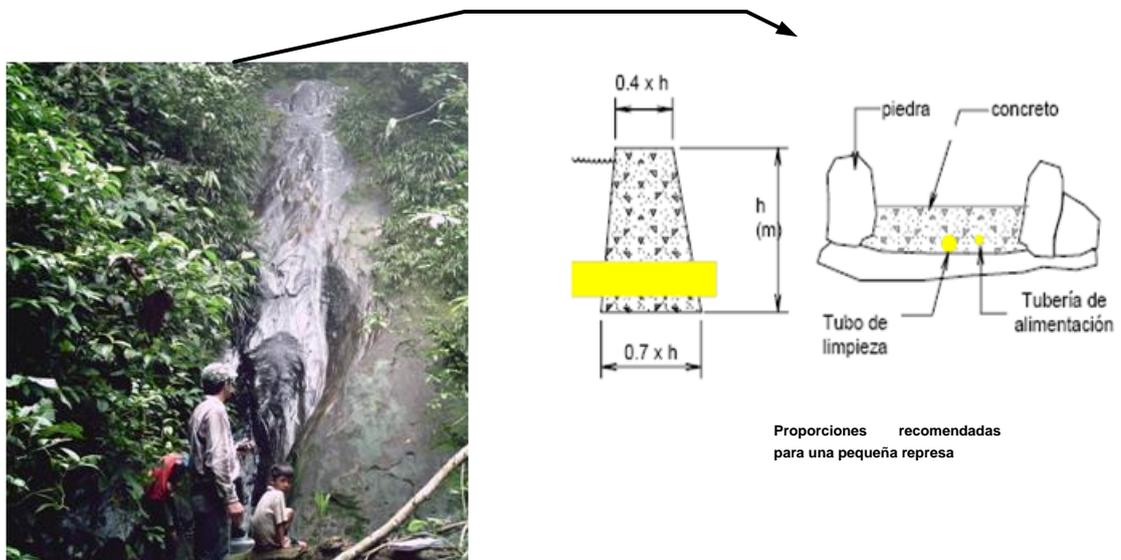
El controlador funciona como ELC (Controlador Electrónico de Carga) e ICG (Controlador de Generador de Inducción), siendo ideal para la aplicación en proyectos de este tipo. En el **Anexo 4.2** (Catalogo del controlador de carga), se describe con mayor detalle el diseño del controlador.

4.6 OBRAS CIVILES.

a) TANQUE DE PRESIÓN:

Con el dato del volumen requerido y las condiciones del terreno, la mejor opción para la recolección del agua es la construcción de una pequeña represa en la parte alta de la cascada, debido a que el flujo del agua recorre una canal natural que es lo suficientemente profunda.

La represa estará construida básicamente por hormigón y piedra como se muestra en la figura 4.8.



CASCADA 1 en la comunidad de Tuntiak:

Figura 4.8: obras civiles para la construcción del tanque de presión

Según los cálculos realizados en el punto 4.4.2.2 (d) el valor estimado para **h** es igual a 1.2 m, con el cual podemos calcular las dimensiones de la base y el vertedero de la represa (figura 4.9), en cuanto a las paredes laterales de la represa igualmente tendrá un revestimiento de hormigón para evitar las posibles filtraciones.

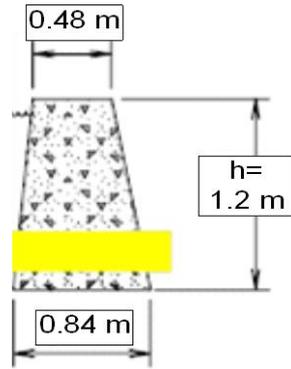


Figura 4.9: Dimensionamiento de la represa

b) FILTROS

Los filtros son necesarios para evitar la obstrucción de la tobera con materiales extraños como pequeñas ramas y/o piedrecillas, que posteriormente podrían presentar problemas en la tubería de presión. Para lo cual se utilizara una malla en la boca de la tubería de presión, este método es básico pero presenta resultados muy satisfactorios en la figura 4.10 se presenta la aplicación de este método.

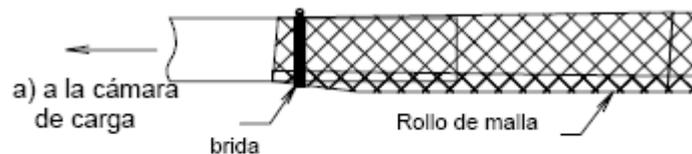


Figura 4.10: Proceso de Filtración

c) UBICACIÓN DE LA TUBERÍA DE PRESIÓN

Para la ubicación de la tubería de presión en la cama de carga se considera su diámetro como medida de referencia, es decir la boca de la tubería de presión estará a una altura desde la base del tanque igual a su diámetro.

4.7 APLICACIÓN DE PICO-TURBINAS COMPACTAS

4.7.1 TOMA DIRECTA DEL RIO:

Para obtener una altura de 25m es necesario recorrer aproximadamente 800m sobre la trayectoria del río SUANTS perteneciente a la comunidad de TUNTIANK, con lo cual obtenemos un caudal de aproximadamente 8 l/s.

Entonces:

$$P = H \times Q \times 9.81$$

$$P = 25 \times 8 \times 9.81$$

$$P = 1.962 \text{ KW}$$

En la tabla 4.15 se presentan algunas alternativas para suplir esta demanda

	MHG-T2				
	Altura (m)	14 - 20	16 - 20	24 - 40	24 - 40
Caudal (l/s)	13 - 18.5	18 - 23	8 - 13	13 - 22	18 - 30
Potencia	1.5 kW	2 kW	2 kW	3 kW	4 kW
Precio US\$	\$1520	\$1635	\$1685	\$1910	\$2465

Tabla 4.15: Características importantes para sistemas de generación compactos

Fuente: POWERPAL- sistema de generación modelo T2 TURGO

En la tabla 4.16 presentamos un resumen de los datos más relevantes de cada comunidad.

Comunidad	# De habitantes	Demanda familiar	Demanda institucional	KW	(KWh/Día)	Potencial energético	Potencia disponible KW (KW)
PUKAR	155	4.131	0.392	4.523	13.025	Vertiente natural a 1Km	0.15
TUNTIK	45	1.071	0.306	1.377	3.915	Cascada SUANTZ	2.0
ISIDORO	53	1.224	0.176	1.940	5.210	-----	-----

Tabla: 4.16: Potenciales hidráulicos de las comunidades en estudio

CAPITULO 5

IMPACTO AMBIENTAL

5.1 GENERALIDADES.

La energía producida por una pico central hidroeléctrica, constituye al igual que las demás energías renovables una fuente inagotable, contribuyendo de esta manera al abastecimiento general de energía nacional, sin ser perjudicial para el medio ambiente, ya que no se construyen represas a gran escala, ni tampoco se desvían los ríos de sus cauces, la producción de este tipo de energía no emite ningún residuo tóxico de ninguna índole al medio ambiente en general.

5.2 EVALUACIÓN AMBIENTAL.

Para poder comparar este tipo de energía se toma en consideración los diferentes tipos de energía alternativas que usa o pueden usar las diferentes comunidades, en la tabla 5.1 se detallan cada una de ellas.

Diesel/Kerosene	Las comunidades la utilizan para la iluminación y motores estacionarios.
Gasolina	Los comuneros utilizan Gasolina extra y en algunos casos la mezclan con aceite de dos tiempos, para motores estacionarios de generación eléctrica, o de transporte fluvial.
Leña	Los comuneros la recolectan de la vegetación y de la tala de árboles para cocinar sus alimentos.
Velas	Los comuneros las adquieren en los comercios.
Pilas/Baterías	Las adquieren en sus actividades comerciales.
Generación Aislada	Generadores comunitarios de baja potencia que abastecen de energía eléctrica a la comunidad, con horarios racionados de 3 horas/diarias, funcionan a combustible Gasolina o Diesel.
Tendido de red de media tensión.	Tendido de red de media tensión, desde el alimentador más cercano hasta la comunidad, distancias mayores a los 8 Km.
Pico-Centrales	Sistema propuesto.

Tabla 5.1: Tipos de energías usados en las comunidades

Fuente: Visita de Campo

5.3 COMPONENTES AMBIENTALES.

En el análisis del impacto ambiental, debemos considerar los diferentes componentes o factores que pueden llegar a ser afectados, con la aplicación de los diferentes tipos de energías aplicados y propuestos, a continuación se detalla cada uno de ellos:

1) **FÍSICOS.**- Involucran el Agua, Suelo, Aire, Clima, etc. Para este proyecto se considera los siguientes:

- Calidad del aire y Emisiones a la atmosfera.
- Impacto Visual.
- Clima
- Ruido.
- Suelo y Agua.

2) **BIÓTICOS.-** Involucra la flora y la fauna. Para este proyecto se considera los siguientes:

- Flora - Arboles.
- Afección a especies vegetales y animales.
- Alteración de ecosistemas y deforestación.

3) **SOCIALES.-** Involucra los elementos que tienen relación con la sociedad, los mismos que incluyen análisis de economía, salud, empleo, etc. Para el presente proyecto se considera los siguientes:

- Aumento del confort domestico.
- Aumento de la actividad económica.
- Aumento o disminución de las diferencias de clase social.
- Beneficios a favor de los niños y mujeres.
- Estilo de vida.
- Salud.
- Seguridad.
- Educación.
- Acceso a información.
- Creación de empleo local.
- Grado de satisfacción de las necesidades eléctricas.
- Aumento de la actividad recreativa.
- Aumento de la organización de la comunidad.
- Grado de implicación hasta el que está dispuesto a involucrarse la comunidad.
- Vista panorámica y paisaje.

4) **TECNOESTRUCTURAS.-** Involucra las estructuras que han sido construidas por el hombre, como los sistemas de agua potable, alcantarillado, relleno sanitario, vertederos, sistemas de comunicación, etc. Para el presente proyecto se considera los siguientes:

- Eliminación de residuos sólidos.
- Estructuras.
- Red de servicios.
- Comunicación.

5.4 IDENTIFICACIÓN DE LOS EFECTOS PRODUCIDOS AL MEDIO AMBIENTE.

Para tener una medida o un rango, en el cual podamos evaluar el impacto producido al medio ambiente, tenemos que regirnos a una unidad o escala de calificación, mediante la cual logremos tener un rango común y comparativo, para el análisis de los diferentes tipos de energías utilizadas o propuestas para el uso dentro de la comunidad.

Para poder obtener una escala que englobe todos los factores que pueden sufrir alteraciones debido al uso de los diferentes tipos de energías usadas y propuestas, debemos basar este análisis en dos puntos **Calificación y Ponderación.**

1) **CALIFICACIÓN.-** Para lograr tener un rango o medida física, se consideran tres puntos:

- Signo.

- Intensidad.
- Extensión.

a) **SIGNO.-** La alteración que sufre el factor ambiental puede ser positiva o negativa esto depende si la alteración aumenta o disminuye, la calidad del componente ambiental analizado.

(+) Si la alteración mejora o incrementa la calidad del componente ambiental analizado.

(-) Si la alteración reduce o disminuye la calidad del componente ambiental analizado.

b) **INTENSIDAD.-** Determina el nivel de gravedad o beneficio de la alteración producida al medio ambiente, por parte de las diferentes alternativas analizadas.

La intensidad puede ser considerada como una afección al medio ambiente a un nivel mínimo, medio o alto, asignando los valores 1, 2 o 3 respectivamente, en el caso de no existir relación entre el factor ambiental analizado y la alternativa este valor se lo considera como cero.

c) **EXTENSIÓN.-** Este valor se lo considera en función del área o zona afectada por la alteración producida al medio ambiente, por parte de las diferentes alternativas analizadas.

La extensión puede ser considerada como una afección al medio ambiente a un nivel puntual, local o regional, asignando los valores 1, 2 o 3 respectivamente, en el caso

de no existir relación entre el factor ambiental analizado y la alternativa este valor se lo considera como cero, los diferentes niveles están basados en los siguientes criterios.

- **PUNTUAL.-** Si la zona afectada o beneficiada esta dentro de los límites de la vivienda.
- **LOCAL.-** Si la zona afectada o beneficiada esta dentro de los límites de la comunidad.
- **REGIONAL.-** Si la zona afectada o beneficiada sobrepasa los límites de la comunidad.

2) **PONDERACIÓN AMBIENTAL Y SOCIAL.-** Este punto nos da el nivel de afección producido al componente o factor del medio ambiente, por parte de la alternativa analizada, en base a la siguiente fórmula:

$$\text{Ponderación ambiental} = \text{Signo} * \text{Intensidad} * \text{Extensión}$$

$$\text{Ponderación ambiental} = \pm \text{Intensidad} * \text{Extensión}$$

Finalmente mediante la matriz de ponderación ambiental podemos comparar las diferentes alternativas energéticas utilizadas en las diferentes comunidades y la propuesta para el uso en las mismas, para ello nos basaremos en la tabla del **ANEXO 5.1** donde tenemos desarrollada la matriz en función de los puntos antes mencionados.

Como podemos ver en la figura 5.1 el uso del Diesel/Kerosene, Gasolina y Leña, no son aconsejables, debido a que producen más impacto al ambiente, que beneficios para la comunidad.

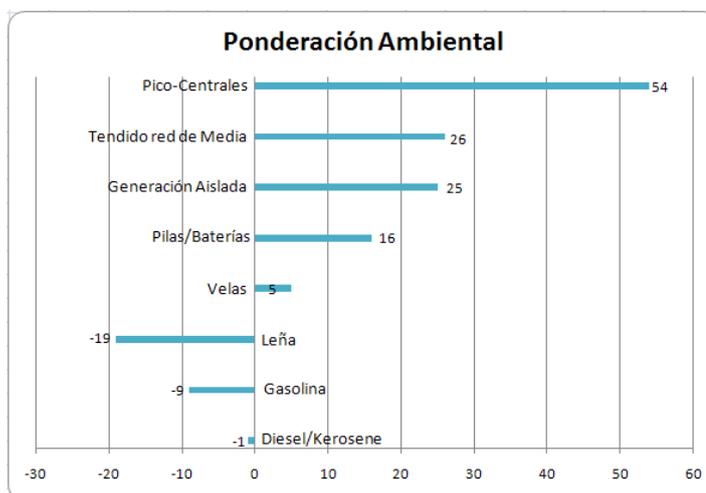


Figura 5.1: Ponderación Ambiental, resultados del ANEXO 5.1

El uso de Velas y Pilas/Baterías son una alternativa, a favor del medio ambiente además que prestaría beneficios para los consumidores, la desventaja como se puede ver en la figura 5.1 la ponderación es baja con respecto a las demás alternativas energéticas.

La Generación Aislada y el tendido de red de Media Tensión, tienen ponderación positiva, sin embargo el sistema propuesto de Pico-Centrales muestra una clara ventaja de ponderación sobre las demás alternativas energéticas analizadas.

Otro punto a tomar en consideración es el impacto ambiental negativo, que sufre el ecosistema, que rodea a las diferentes comunidades, por causa del uso de las diferentes alternativas energéticas analizadas, como podemos ver en la figura 5.2

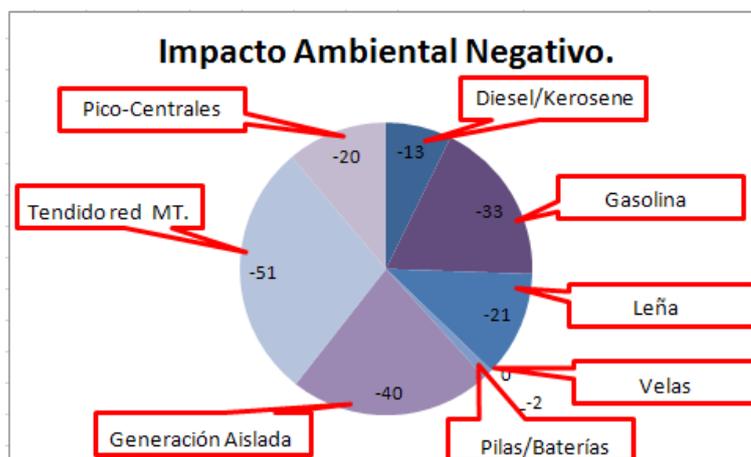


Figura 5.2: Impacto ambiental negativo, resultados del ANEXO 5.1

Analizando la figura 5.2 constatamos que las alternativas de Generación Aislada y Tendido de Red de Media Tensión, son las que producen mayor impacto ambiental al ecosistema.

Vemos además que la alternativa propuesta de Pico-Centrales está por debajo del uso de la gasolina, y hasta de la leña debido a que no produce residuos ni emisiones a la atmosfera, además de no producir una deforestación continua de la vegetación y los arboles, como pasa al utilizar leña, siendo de esta manera el uso de Pico-Centrales una excelente alternativa para dotar de energía eléctrica a las comunidades que cuentan con un desnivel favorable de sus ríos o afluentes fluviales.

CAPITULO 6

CÁLCULO DE COSTOS Y DESARROLLO DE LA MATRIZ

6.1 GENERALIDADES

Dentro de un proyecto de electrificación es necesario considerar diversos costos tanto al inicio del proyecto como en el transcurso del mismo. Para establecer la factibilidad de uno u otro método de electrificación es necesario considerar factores como los de transporte, instalación mantenimiento y tiempo de vida útil de los diferentes elementos que forman el sistema. Para involucrar todas estas variables en un solo análisis se aplicara el método del **COSTO DE CICLO DE VIDA ÚTIL (CCVU)**, el cual se detalla a continuación.

6.2 COSTO DEL CICLO DE VIDA ÚTIL (CCVU):

6.2.1 DEFINICIÓN:

El CCVU es el valor presente de los gastos anticipados durante la vida del sistema, gastos tales como:

- Refacciones
- Operación y mantenimiento
- Combustibles

Entonces:

$$CCVU = CI + R_{VP} + O\&M_{VP} + TP_{VP} + C_{VP} \text{ }^1$$

Donde:

CI: capital de inversión inicial

R_{VP} : costo de refacciones

$O\&M_{VP}$: costo de operación y mantenimiento

TP_{VP} : costo de transporte

C_{VP} : costo de combustible

Los costos que se presentan en el futuro tienen que descontarse (o ser calculados con un porcentaje de descuento) debido a la variación del dinero en el tiempo. Existen entonces factores de descuento que permiten transformar valores futuros en su valor presente o viceversa.

6.2.2. PASOS PARA APLICAR CCVU

Para el desarrollo de este método son necesarios los siguientes pasos:

- 1.** Determinar la carga que debe atender el sistema
- 2.** Establecer la capacidad del sistema de generación

¹. El subíndice **VP** especifica que los costos son calculados en valor presente.

3. Fijar las condiciones económicas de la evaluación y de la vida útil del proyecto

Calcular el valor presente total del sistema (incluyendo todos los costos durante la vida útil del proyecto)

4. Determinar el valor presente de otras alternativas (extensión de red)

5. Comparar las diferentes alternativas (VP total del proyecto –en USD- y el VP unitario - USD/KWh)

Con respecto al punto 3 para la determinación económica del proyecto se debe considerar lo siguiente:

- *VIDA DEL PROYECTO*: es la vida esperada del sistema a evaluarse
- *TASA DE INFLACIÓN*: es la tasa de aumento del dinero que es necesario pagar para comprar los mismos bienes o servicios durante un periodo de tiempo dado
- *TASA DE DESCUENTO*: es la tasa empleada para reducir el valor del dinero futuro en relación al dinero presente tasa real de descuento
- *TASA REAL DE DESCUENTO*: es la tasa de descuento menos la tasa de inflación

- **COSTO DE COMBUSTIBLE:** es el costo presente del combustible incluyendo todos los costos de transporte al sitio donde se realizara el proyecto.

Los factores de descuento utilizados en el presente estudio son los comúnmente utilizados en proyecciones económicas de largo plazo. Estos son:

1) Factor de interés compuesto (SCA)

$$SCA = (1+i)^n$$

Si: P = valor presente
F = valor futuro

Por lo tanto:

$$F = P \times SCA$$

2) Factor de valor presente simple (SPW)

$$SPW = \frac{1}{(1+i)^n}$$

Si: P = valor presente
F = valor futuro

Por lo tanto:

$$P = F \times SPW$$

6.3. DESGLOSE ECONÓMICO

6.3.1. COMPRA DE LA PICO CENTRAL:

Los costos que incurren en la compra de la pico-central se relacionan con la compra del motor trifásico, la turbina Pelton, la tobera (incluida el inyector) y el controlador de carga, también consideramos los costos de la tubería de presión.

6.3.1.1. MOTOR TRIFÁSICO:

De acuerdo a los precios del mercado local, el motor trifásico cotizado tiene las siguientes características:

- Marca: SIEMENS
- Potencia: 2.0 KW
- Vida útil: 15 años
- Costo: 326 USD

6.3.1.2. TURBINA PELTON:

Debido a que la turbina debe ser diseñada y construida con características especiales, tomando en cuenta las condiciones de la caída del agua y del caudal, no es posible encontrarlas comercialmente. Sin embargo tomamos como referencia los valores presentados en el diseño y construcción de una turbina Pelton de 2 KW ²:

² BUSTAMANTE Cabrera- ARIAS Cristian, *Diseño y construcción de una turbina Pelton para generación eléctrica, capacidad 2 Kw*, Tesis U.P.S Carrera de ingeniería eléctrica, Cuenca, 2008.

- Potencia: 2.0 KW
- Vida útil: 15 años
- Costo: 1055.55 USD

6.3.1.3. TOBERA E INYECTOR:

De igual forma se consideran los valores de la referencia mencionada anteriormente el cual contempla los gastos de diseño y fabricación:

- Vida útil: 10 años
- Costo: 238.03 USD

6.3.1.4. VÁLVULA DE CONTROL:

De acuerdo a los precios del mercado local disponemos de los siguientes valores:

- Vida útil 10 años
- Costo: 120 USD

6.3.1.5. CONTROLADOR DE CARGA:

Según los precios de comercialización internacional el costo total del controlador tiene el siguiente valor.

- Voltaje de salida 120/220 VCA
- Vida útil: 10 años
- Costo: 650 USD

6.3.1.6.TUBERÍA DE PRESIÓN

Según los cálculos realizados en el CAPITULO 4 la tubería de presión tendrá un diámetro de 2” y una longitud de 35 m, dando como costo total los siguientes datos:

- Marca: PLASTIGAMA
- Longitud/tubería: 6 m
- Diámetro: 2”
- Vida útil 50 años
- Costo: 30.00 USD

6.4. COSTO DE TRANSPORTE DE LOS EQUIPOS AL LUGAR DE INSTALACIÓN:

Para el rubro de transporte consideramos que todos los equipos y materiales los movilizaran conjuntamente, por lo tanto considerando los costos de transporte local obtenemos los datos expresados en la tabla 6.1.

Partida	Destino	Costo - transporte
Cuenca	Macas	50.00 USD
Macas	Puerto Morona	70.00 USD
Puerto Morona	Tuntiak	130.00 USD
	TOTAL:	250.00 USD

Tabla 6.1: Costos referenciales de transporte

6.5.COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE CAPTACIÓN

6.5.1. COSTO DE MATERIALES

Según los cálculos presentados en el **ANEXO 6.1** los costos correspondientes a los materiales para la construcción del tanque de presión son los siguientes:

a) *Costo de arena:*

Cantidad	Unidad	Costo (USD)
4	m ³	50

b) *Costo de piedra:*

Cantidad	Unidad	Costo (USD)
8	m ³	130

c) *Cemento:*

Cantidad	Unidad	Costo (USD)
50	saco	372

d) *Varilla*

Cantidad	Unidad	Costo (USD)
11	U	140.25

6.5.2. COSTO DE MANO DE OBRA.

Considerando las dimensiones del tanque de presión, estimamos un requerimiento de la mano de obra de 2 personas descritas a continuación:

Cantidad	Cargo	Sueldo semanal (USD)
1	Maestro albañil	130
1	Ayudante de albañil	90

Se estima un tiempo para la adecuación del sitio, construcción del tanque de presión, tendido de la tubería de presión y construcción de la casa de maquinas en un periodo no menor a seis semanas, por lo tanto el costo total de la mano de obra suma un total de **1320 USD.**

6.6. COSTO DE MANO DE OBRA PARA LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN

Para la instalación y puesta en marcha del sistema de generación se considera la mano de obra de un ingeniero y un tecnólogo eléctrico, quienes también dirigirán el tendido de la red dentro de la comunidad, teniendo en cuenta las actividades que deben realizar se estima un tiempo de trabajo de 7 semanas. A continuación se detallan los costos por este rubro.

Cantidad	Cargo	Sueldo semanal (USD)
1	Ingeniero eléctrico	300
1	Tecnólogo eléctrico	175

Considerando el tiempo de construcción tenemos un total de **3325 USD**.

6.7. COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE CASA DE MAQUINAS:

Según los cálculos de **ANEXO 6.2** los costos correspondientes a la construcción de la casa de maquinas son los siguientes.

Cantidad	Descripción	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
50	Tablas de seique	3.50	175
3	Planchas de zinc	12.23	36.69

6.8. COSTOS DE MANO DE OBRA PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Para el rubro de operación y mantenimiento consideramos que una persona debe trabajar permanentemente a lo largo del año, teniendo en cuenta que primeramente

deberá ser capacitada, mientras que para el mantenimiento, un técnico encargado por la empresa realizara el mantenimiento y/o sustitución de los equipos que forman el sistema de generación, por lo tanto este costo se estima de la siguiente forma:

OPERACIÓN:

Cantidad	Cargo	Sueldo mensual (USD)	Total anual (USD)
1	Operario	60	720

MANTENIMIENTO:

Cantidad	Cargo	Sueldo diario (USD)	Transporte (USD)	Dos días (USD)
1	técnico	100	40	240

6.9. COSTO DE REEMPLAZO DE EQUIPOS Y MATERIALES

Tanto para el mantenimiento como para el reemplazo de los diferentes elementos que forman el sistema de generación se consideran los tiempos de vida útil de cada uno de ellos, la mano de obra está considerada en el desglose técnico, y los costos en material están detallados en el desglose económico.

6.10. COSTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

El estudio eléctrico y cálculo de este valor lo presentamos en el ANEXO 6.3, el cual fue realizado con el uso del software SGP (Sistema de Gestión de Proyectos), dando un monto que asciende a **16466.83 USD**.

Al considerar un centro de salud, es esencial tener en cuenta la unidad de 12VDC detallada en el **ANEXO 6.4**, para suplir de energía un refrigerador de vacunas, las 18 horas que funciona el generador en el día, y mediante un banco de baterías de 440Ah las 6 horas restantes del día, los costos de esta unidad se desglosan a continuación.

Unidad	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Total (USD)
Controlador de carga de 20A	1	200,00	200,00
Inversor 250W	1	80,00	80,00
Baterías 6V, 220Ah	4	80,00	320,00
		TOTAL	600,00

Fuente: Centro de investigaciones de energía solar, Cuba.

En la tabla 6.2 presentamos el resumen de costos de inversión inicial, que asciende a un monto total de **27423,367 USD**.

Inversiones	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (US\$)	Costo Total (US\$)
Motor trifásico de inducción	1	U	326	326
Turbina Pelton	1	U	1055,55	1055,55
Tobera + inyector	1	U	288,18	288,18
Válvula de control	1	U	120	120
Controlador de carga	1	U	650	650
Tubería de presión	18	M	30	540
Tanque de presión	1	U	692,25	692,25
Casa de maquinas	1	U	211,69	211,69
Unidad de 12VDC	1	U	600	600
Mano de obra en Construcción			4645	4645
Transporte				250
Capacitación	1	U	600	600
Varios			997,867	997,867
Red de distribución				16446,83
			TOTAL	27423,367

Tabla 6.2: Desglose de la Inversión para la Pico-Central.

Fuente: Resultados del Anexo 6.5

Del monto total se reduce los costos de los materiales y mano de obra que dispone la comunidad por lo tanto se eliminan los costos de los siguientes:

- Arena = 50 USD
- Piedra = 130 USD
- Tabla de Seique = 175 USD
- Ayudante de albañil = 540 USD
- Transporte al interior de la comunidad = 130 USD
- Mano de obra no calificada para el tendido del ramal Tuntiak = 1758 USD

TOTAL	= 2783 USD
-------	------------

Por lo tanto el costo total se reduce a: **24640.37 USD**

6.11 ANÁLISIS FINANCIERO.

Debido a los altos costos de inversión en la obra civil y la construcción de la microred, como se ve en la tabla 6.2, al utilizar el pliego tarifario es imposible recuperar la inversión, debido a los pocos abonados que serán servidos de esta obra.

Del análisis anterior vemos necesario el apoyo de alguna ONG, que este dispuesta a invertir en esta obra, ya que la misma produce grandes beneficios sociales para la comunidad de Tuntiak y las demás comunidades aledañas a la misma, como se ve el punto 6.12.

Al utilizar un costo fijo vemos que la inversión tampoco se la puede recuperar, pero si se obtiene el apoyo de una ONG que financie el proyecto, el horizonte de la empresa que esté dispuesta a administrar esta generadora, puede llegar a obtener rentabilidad si se tiene en cuenta dos puntos fundamentales:

- Se debe concientizar a la comunidad que la capacitación de la persona encargada de operar la central corre a cuenta del generador, pero la comunidad debe pagar a dicha persona por sus servicios, ya que es un beneficio a favor de la comunidad.
- La comunidad debe designar a un miembro de la comunidad para el cobro del pago mensual por la venta de energía, y cuyo valor debe ser depositado en

una cuenta designada por el generador, en el momento de la firma del contrato con la comunidad.

Si se considera estos dos puntos en el contrato entre generador y la comunidad, el análisis realizado en las tablas del **ANEXO 6.5**, nos da los siguientes indicadores de evaluación económica.

C/B Utilizando pliego tarifario (%)	0.07
VAN Utilizando pliego tarifario (USD)	1365,92
C/B Utilizando costo fijo (%)	0.23
VAN Utilizando costo fijo (USD)	5585,67

Indicadores de la Evaluación Económica.

Fuente: Resultados del Anexo 6.5

Los cuales nos permiten deducir que al utilizar un costo fijo, para el cobro de la venta de energía, el presente proyecto tiene una **EXCELENTE RENTABILIDAD**, para la empresa administradora de la central.

6.12 BENEFICIO SOCIAL, ANÁLISIS ECONÓMICO.

Debido a la distancia a la que se encuentra internada la comunidad de Tuntiak en la selva amazónica, y la falta de todos los servicios básicos que carece la misma, vemos factible realizar un análisis de tres puntos importantes y básicos que podrán lograrse gracias a la implementación de una Pico-Central.

- La Educación.

- La Salud.
- Suministro Energético.

6.12.1 LA EDUCACIÓN.

A más de ser un derecho es una obligación que el estado tiene con su pueblo, pero debido a la falta de energía eléctrica en los sectores más internados en la selva amazónica, el analfabetismo empieza a tomar víctimas en todos estos sectores, ya que los pocos docentes que se arriesgan a llegar a estas comunidades en su mayoría son miembros de la misma comunidad que años atrás pudieron emigrar hacia las ciudades más cercanas y con valentía regresaron a apoyar a sus comunidades, pero la falta del recurso de la energía los limita en gran medida, en el mejor de los casos las comunidades grandes invierten en generadores a diesel, que son contaminantes y su vida útil se ve muy reducida por la falta de mantenimiento, además que los accesorios necesarios para reparar estos elementos no están disponibles.

El analfabetismo en las comunidades de Morona Santiago alcanzado cifras alarmantes de 6.6%, cuando la tasa máxima de analfabetismo promedio aceptable es del 3.9%, esto quiere decir que las comunidades pertenecientes a esta zona están abandonadas por falta de recursos tanto económicos, como energéticos.

Si se beneficia a la comunidad de Tuntiak con generación eléctrica, se puede implementar material tecnológico como computadora y copiadora, que son los elementos más básicos, necesarios para poder impartir una educación de calidad, a favor de los miembros de esta comunidad y de las comunidades aledañas ya que resultarían igualmente beneficiadas por la cercanía entre las mismas.

El beneficio en este caso es incalculable, porque la educación es el pilar, del desarrollo de los pueblos.

Si tratamos de poner un rubro tangible, de un beneficio a favor de la comunidad, tenemos los valores de transporte que deben realizar los docentes para poder realizar un trabajo o consulta técnica en un computador, el simple el hecho de necesitar sacar una copia obliga al docente a viajar desde Tuntiak hasta San José de Morona.

Número de salidas promedio a la semana.	Costo de la lancha ida y vuelta	Precio promedio en 2 copias y trabajos en computadora.	Total (\$)
1	\$ 15.00	\$ 1.50	16.50

Tabla 6.3 Costos de transporte por Educación.

Fuente: Visita de Campo

Analizando la tabla 6.3, los gastos que la comunidad debe realizar para obtener datos técnicos, o simplemente para compartir la información de mejor manera, entre el docente y la comunidad, en el mejor de los casos sería:

$$Ce = 16.50 \times 4 \times 12$$

$$Ce = 792 \text{ US/año}$$

Este costo se toma como un valor promedio, está fundamentado en consultas a los comuneros, y cuyo valor es un costo insignificante en comparación con los costos que tiene que derogar la comunidad, por causa del subdesarrollo y el analfabetismo que los hunde cada día más en la ignorancia y la pobreza.

6.12.4 LA SALUD.

A más de ser un derecho, es una obligación que el estado tiene con su pueblo, de un texto tomado del comercio (p. D-1), publicado el 08/Mayo/1993, los índices de natalidad y mortalidad en Morona Santiago son de 19,5 y 2,9, respectivamente, pero la cifra de mortalidad se incrementa en las comunidades que se encuentran internadas en la amazonia ecuatoriana, debido a los pocos centros de salud existentes en el área, y las grandes distancia que hay que recorrer para llegar a ellos desde las comunidades.

Las diez causas principales de mortalidad en estas zonas están detalladas en la tabla 6.4.

Morona Santiago		
Enfermedades	Casos	Tasas
Infecciones respiratorias Agudas	33399	25430.00
Enfermedades Diarreicas Agudas	11617	8845.18
Otras enfermedades venéreas	1441	1097.18
Hipertensión arterial	339	258.11
Varicela	308	234.51
Paludismo Vivax	246	187.30
Paludismo Falciparum	186	141.62
Leishmaniosis	183	139.34
Diabetes	169	128.68
Mordedura de Serpiente	150	114.21
POBLACIÓN		131337

Tabla 6.4: Causas principales de mortalidad

Fuente: Notificación obligatoria de enfermedades FORM. EPI-1 Y EPI-2 y programas elaboración: Eduardo Aguilar - epidemiologia - MSP.

En la actualidad si alguien resulta enfermo de gravedad se trata de curar con remedios caseros, y si no resulta este método la persona perece, debido a que el

centro de salud más cercano se encuentra a 4 horas en lancha, río arriba siguiendo las riveras del Mangosiza.

La compra de remedios en general, como analgésicos, penicilina y hasta las pastillas más simples como una aspirina, requieren de gastos extras de transporte, para llegar al puerto que se encuentra a cuatro horas en lancha, y si se desea ahorrar en el transporte se tiene que caminar por la selva durante dos días para llegar al puerto a conseguir las medicinas.

Si se beneficia a la comunidad de Tuntiak con generación eléctrica, se puede implementar un centro de salud, debido a que muchos de los elementos necesarios para esterilización, y diagnóstico, necesitan de energía eléctrica para su funcionamiento, además que las comunidades aledañas a la misma resultarían igual de beneficiadas por la cercanía entre las mismas.

El beneficio en este caso es incalculable, porque la vida de un ser humano no tiene precio.

Si tratamos de poner un rubro tangible, de un beneficio a favor de la comunidad, tenemos los valores de transporte que deben realizar los comuneros para llegar al centro de salud más cercano, que se encuentra a cuatro horas en lancha río arriba siguiendo las riveras del Mangosiza.

Número de revisiones mínimas.	Costo de la lancha ida y vuelta	Precio promedio de consulta.	Total (\$)
2	\$ 15.00	Gratis	30.00

Tabla 6.5 Costos de transporte por Salud.

Fuente: Visita de Campo

En los meses de febrero a agosto que son los meses que las lluvias se acentúan, y por ende es cuando los miembros de la comunidad son afectados por las enfermedades que traen consigo el temporal, si en promedio se enferman dos miembros por familia en el año, los costos según la tabla 6.5 llegarían a ser un promedio de:

$$Cs = \text{viviendas} \times \text{Enfermos} \times 30$$

$$Cs = 9 \times 2 \times 30$$

$$Cs = 540 \text{ US/año}$$

Este costo se toma como un valor promedio, está fundamentado en consultas a los comuneros, y cuyo valor es un costo insignificante en comparación con los costos de una vida humana.

6.12.3 SUMINISTRO ENERGÉTICO.

En el análisis se debe considerar los rubros invertidos por la comunidad, en las diferentes fuentes de energía alternativa que poseen en la actualidad, los mismos que se resumen la tabla 6.6 y 6.7

Fuente de energía	Unidad de medida	Consumo promedio mensual / famil.	Costo Unitario	Gasto mensual por familia.
Velas	Paquete de 5	0	\$ 0.00	\$ 0.00
Diesel	Galón	3	\$ 1.80	\$ 5.40
Gasolina	Galón	0	\$ 0.00	\$ 0.00
Pilas	Unidad	14	\$ 1.50	\$ 21.00
			TOTAL (C)	\$ 26.40

Tabla 6.6 Gastos mensuales por Familia

Fuente: Visita de Campo

Fuente de energía	Unidad de medida	Consumo promedio mensual / famil.	Factor de conversión a KWh	Cantidad mensual de energía sustituta en KW/mes
Velas	Paquete de 5	0	0.16	0.00
Diesel	Galón	3	3.11	9.33
Gasolina	Galón	0	2.65	0.00
Pilas	Unidad	14	0.003	0.04
TOTAL (P)				9.37

Tabla 6.7 Potencia consumida por Familia.

Fuente: Visita de Campo

El proyecto de Pico-Central tiene considerado suministrar 153 W/familia, 18 horas diarias, P1 = 82.62 KW/mes por familia, teniendo un aumento considerable de energía suministrada por familia, como se ve en la tabla 6.7.

El CONELEC aprobó la Regulación No. 004/04 en diciembre de 2005, fijación de precios que regirán por 12 años desde la fecha de suscripción del contrato de permiso, esta normas rigen para todas pequeñas centrales hidro, cuya capacidad nominal instalada no supere los **10 MW** y para las de tecnología renovable no convencional de hasta **15 MW**.

Los costos establecidos para diferentes tecnologías se detallan en la tabla 6.8.

Centrales	Continente Cents US\$/KWh	Insular Cents US\$/KWh
Eólicas	9,31	12,10
Fotovoltaicas	28,37	31,20
Biomasa y biogás	9,04	9,94
Geotérmica	9,17	10,08
Pequeñas hidro hasta 5 MW	5,80	6,38
Pequeñas hidro entre 5 MW y 10 MW	5,00	5,50

Tabla 6.8: Pliego Tarifario para las diferentes Tecnologías en Centrales Eléctricas.

Fuente: CONELEC Regulación No. 004/04 en diciembre 2005, para 12 años

Para encontrar el beneficio social bruto, se debe comparar el beneficio adicional de energía suministrada y el costo por KW suministrado para el generador es de $C1 = 5.80 \text{ ¢US/KW}$, y de $C2 = 8.54 \text{ ¢US/KW}$ cobro promedio al consumidor final por el suministro y rubros administrativos de la Pico-Central.

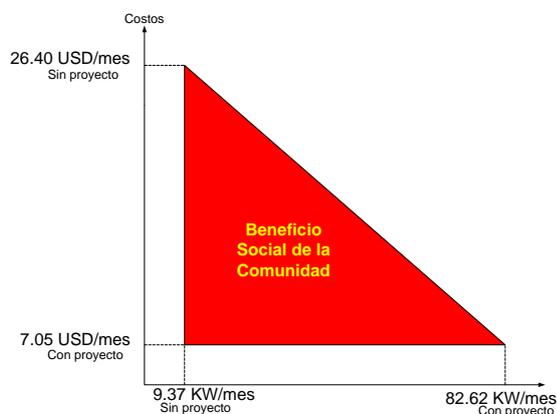


Figura 6.1 Beneficio Social de la comunidad.

Fuente: Análisis del Proyecto.

Analizando la figura 6.1, podemos ver un aumento considerable de energía suministrada por familia de:

$$Pa = P1 - P$$

$$Pa = 82.62 - 9.37$$

$$Pa = 73.25 \text{ KW/mes}$$

El precio por KW sin el proyecto será:

$$P0 = C / P$$

$$P0 = 26.40 / 9.37$$

$$P0 = 2.82 \text{ US/KW}$$

Este valor es muy superior a $P2 = 0.0854 \text{ US/KW}$, lo que redunda en un beneficio social a favor de la comunidad de:

$$Bm = (P0 - P1) \times \text{viviendas} \times P$$

$$Bm = (2.82 - 0.0854) \times 9 \times 9.37$$

$$Bm = 230.61 \text{ US/mes}$$

Analizando la figura 6.1, deducimos que existe un beneficio mensual a favor de la comunidad, por el incremento de la oferta energética, el mismo que sería igual a:

$$Bmc = Pa \times (P0 - P1) \times \text{viviendas}$$

$$Bmc = 73.25 \times (2.82 - 0.0854) \times 9$$

$$Bmc = 1802.78 \text{ US/mes}$$

El beneficio que la comunidad recibiría a su favor anualmente sería:

$$Cp = (Bm + Bcm) \times 12$$

$$Cp = (230.61 + 1802.78) \times 12$$

$$Cp = 24400.68 \text{ US/año.}$$

Finalmente se necesita realizar un flujo de caja para verificar estos rubros, en un tiempo no menor a 15 años, que es el tiempo de vida útil del proyecto, el beneficio que se considera en las tablas de **ANEXO 6.5** es la suma de los tres puntos analizados:

$$Pf = Ce + Cs + Cp$$

$$Pf = 792 + 540 + 24400.68$$

$$Pf = 25732.68 \text{ US/año.}$$

Los ingresos y egresos actualizados para este proyecto están resumidos en la tabla 6.9, del cual podemos detallar, que no existe contra beneficios, debido a que el proyecto es de carácter energético renovable y los impactos del mismo son a favor del desarrollo social de la comunidad.

Beneficio Valor Actual	250529,73
Inversión Valor Actual	27423,37
Contra beneficios VA	0,00
Costos de operación VA	11329,95
Valor Residual VA	607,53
Estudio # de años	15,00
Tasa social de descuento (%)	6,00

Tabla 6.9: Valores Actuales del Proyecto.

Fuente: Resultados del Anexo 6.5

El análisis realizado en las tablas del ANEXO 6.5, se resumen en la tabla 6.10, donde podemos ver que los indicadores de evaluación económica, nos permiten deducir, que el presente proyecto tiene una **EXCELENTE RENTABILIDAD SOCIAL**, es decir su implementación genera más impactos positivos que negativos en la sociedad.

COSTO / BENEFICIO SOCIAL	8,74
VAN	211776,41
TIR	79 %

Tabla 6.10: Indicadores de la Evaluación Económica.

Fuente: Resultados del Anexo 6.5

6.13 DESARROLLO DE LA MATRIZ.

Al tener todos los cuadrantes georeferenciados como se ve en la figura 6.2, y de igual dimensión en este caso de 28km x 28km, procedemos a numerarlos para identificar las diferentes zonas, de esta manera poder trabajar sobre las mismas e identificar si es factible o no implementar Pico-Centrales en dichas zonas y por ende extrapolar los valores obtenidos en las comunidades estudiadas anteriormente, para tener un valor aproximado, de los costos de una obra de semejante magnitud, dentro del área que rodea cada cuadrante.

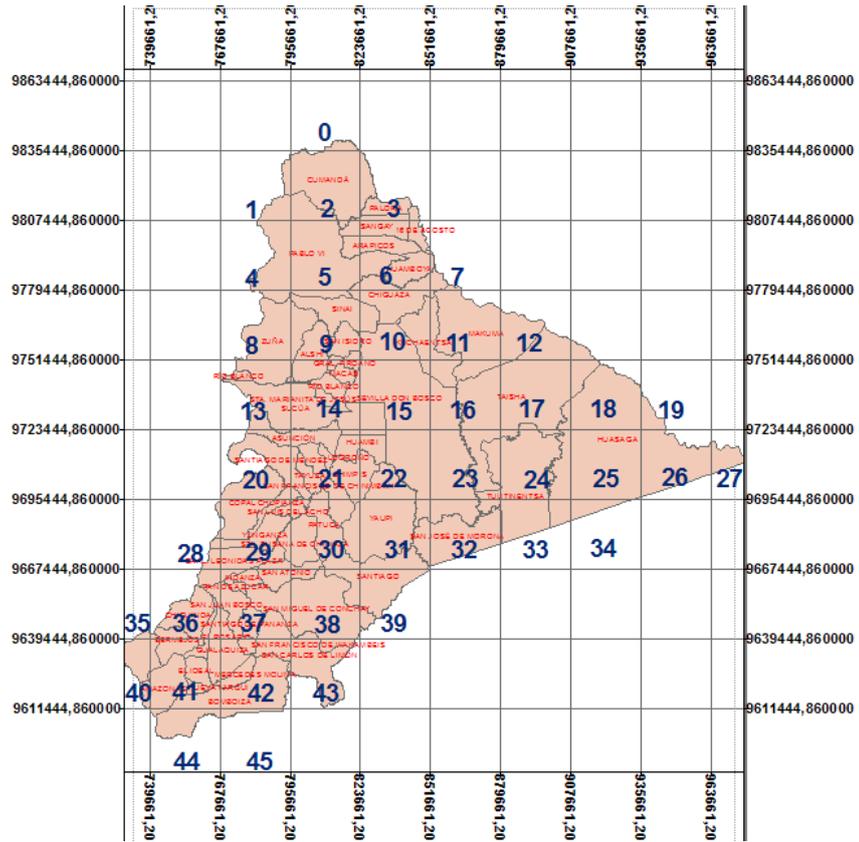


Figura 6.2 Identificación de las Zonas de la Matriz

Fuente: Análisis y Resultados del proyecto

Para evaluar cada sector debemos tomar en consideración tres puntos como son:

- 1.- Existencia de desnivel en el sector.
- 2.- Existencia de alimentador o red eléctrica en la zona.
- 3.- Existencia de caudal mínimo para la generación en función de la altura.

1) EXISTENCIA DE DESNIVEL EN EL SECTOR.

El análisis está basado en la revisión del mapa del ANEXO 3.2 conjuntamente con la figura 6.2, donde podemos constatar la existencia o no de accidentes geográficos en los diferentes sectores estudiados.

Obteniendo de este análisis que los sectores 12, 17, 18, 19, 24, 25, 26, 27, 32, 33, y 34, no poseen desniveles favorables para el uso de pico centrales, debido a que los mismos se encuentran en la planicie amazónica y los ríos que bañan estas zonas no poseen la caída necesaria para el aprovechamiento en pico centrales, aunque cabe resaltar que los caudales en temporada seca son constantes, presentando un aumento considerable en la temporada de invierno, con crecidas del nivel de agua de hasta 6 metros de altura en el cauce de los ríos.

2) EXISTENCIA DE ALIMENTADOR O RED ELÉCTRICA EN LA ZONA.

El análisis está basado en la revisión del mapa del ANEXO 3.1 (Mapa de Morona), conjuntamente con la figura 6.2, donde podemos constatar la existencia o no de redes eléctricas en las diferentes zonas.

Al revisar el mapa podemos constatar redes eléctricas en las zonas: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 13, 14, 20, 21, 28, 29, 30, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, y 45, pero no podemos descartar el uso de Pico-Centrales en dichas zonas, debido a que para ello se debería realizar un estudio costo-beneficio entre la Pico-Central versus tender una red eléctrica desde el alimentador más cercano hasta el sector en estudio. Esta por demás decir que mientras la distancia aumente entre el alimentador y la comunidad, se vuelve factible el uso de una Pico-Central, para dotar de energía eléctrica a la población.

3) EXISTENCIA DE CAUDAL MÍNIMO PARA LA GENERACIÓN EN FUNCIÓN DE LA ALTURA.

Para el sector del Oriente Ecuatoriano no existe un estudio puntual de los diferentes afluentes hídricos, que bañan esta extensa área, debido a su difícil accesibilidad.

Con respecto a la información obtenida en el SILAE, se encontró que existen caudales en los ríos más pequeños que pasan cerca de las comunidades de hasta 30 lit/s, con salto bruto de hasta 100m, y algunos puntos más puntuales donde se puede implementar pico centrales con una distancia entre la vivienda y la fuente hídrica de hasta 300 m.

Si se desea tener un valor real del caudal en un sector en particular se recomienda una visita de campo, se puede aplicar cualquiera de los métodos mencionados en el capítulo II, no es necesario un estudio anual de los caudales, para este tipo de generación, basta con el dato de caudal en la temporada seca, ya que es el punto crítico en nuestra generación, la creciente del río se puede consultar a los comuneros del sector. Una temporada recomendada para estas medidas están entre los meses de Septiembre a Enero.

Las zonas 7, 11, 15, 16, 22, 23, 33, 34, y 39, resultaron de este análisis, sectores factibles para el uso de Pico-Centrales, debido a la no existencia de redes eléctricas, y la topografía favorable en las mismas.

6.14 CÁLCULO DE LOS COSTOS DE UN SISTEMA PICO.

Debido a las diferentes variables que se deben tomar en cuenta para la implementación de una Pico-Central, se vuelve imposible tener un costo definido para cada sector.

En función de los datos obtenidos en este proyecto, vemos que los costos encada caso, varían radicalmente, en función de la topografía, accesos al sector, demanda, distancia entre las viviendas, etc.

Los costos de equipos para la generación son más fáciles de recopilar debido a la existencia de todos los elementos necesarios para su construcción y puesta en marcha, los valores del generador de hasta 5KW se resumen en la siguiente tabla 6.11

Potencias en KW	2 KW	3.5 KW	5 KW
Equipos Mecánicos Incluye: Turbina + Inyector + Tobera + Válvula.	1500	1600	1800
Equipos Eléctricos Incluye: Motor de Inducción + Control de carga	100	1700	2100
Costos de equipos	2500	3300	3900

Tabla 6.11 *Desglose de Costos del Generador.*

Fuente: EERCS, www.scs-www.com, www.mini-grid.com, ITDG, OLADE

Como podemos ver en la tabla 6.11, la inversión en el generador para este tipo de centrales es mínima y cuya inversión es recuperable en unos pocos años en función del número de clientes y la potencia del generador.

Se debe considerar a este rubro los costos de tubería, casa de maquinas, obras civiles como fijación de anclas, captación de aguas, montaje del equipo, y tanque de almacenamiento en el caso de ser necesario por falta de agua en la temporada seca.

Estos valores varían considerablemente según la distancia de la fuente hídrica, y las condiciones geográficas del sector donde se piensa montar la Pico-Central, del

estudio realizado se resume en la tabla 6.12 los costos promedios de los principales elementos que conforman la Pico-Central de máximo 5 KW.

Variables	Costo Promedio (\$)	
Costo de Generación	2 – 4	US¢/KWh
Costo de Instalación	3000 – 5500	US/KW
Costo medio de redes de Baja Tensión	11.000	US/Km (vano 200m)
Costo medio de redes de Media Tensión	15.000	US/Km (vano 200m)
Costo medio Acometida Domestica	100	US/vivienda
Costo medio de tanque o reservorio	150	US/m ³
Costo de Instalación mayor a 5 KW	6000 – 9000	US/KW

Tabla 6.12 Desglose de Costos de una Pico-Central.

Fuente: EERCS, www.scs-www.com, www.mini-grid.com, ITDG, OLADE

Los costos de instalación no incluyen el equipo de generación, adicional a estos valores debemos considerar el transporte al sector de la mano de obra, costos que deberán ser considerados en su momento dependiendo del sector y el tipo de transporte, algunos valores actuales tenemos en la tabla 6.13.

Transporte desde Cuenca.	\$16.00	a	\$ 20.00
Lancha	\$ 80	a	\$ 300
Avioneta	\$ 800	a	\$ 1200

Tabla 6.13: Costos de transporte

Fuente: Visita de Campo

6.15. ANÁLISIS DE LOS COSTOS.

Se considera los resultados obtenidos de los estudios eléctricos de Tuntiak, Isidoro y Pukar, realizados en los ANEXOS 6.3 y 6.6, los cuales se resumen en la tabla 6.14.

Proyecto	Costo con estudio
Ramal Tuntiak.	16463.56
Ramal Isidoro.	15496.63
Tendido de red M.T. a Tuntiak-Isidoro	230357.88
Tendido de red de M.T. a Pukar	97955.59
Equipo Generador “Pico-Central Tuntiak”	2439,73
Obra civil y otros “Pico-Central Tuntiak”	8536,807

Tabla 6.14: Resumen de los Costos Proyectos y Estudiados.

Fuente: Resumen y Análisis de los resultados del proyecto

Analizando la tabla 6.14 se ve que el equipo es sumamente barato, los costos de la obra civil y del ramal para la distribución de la energía, están en función de la geografía del sector y de la carga (dispersa o concentrada), para este caso son los causantes del encarecimiento del proyecto.

Del análisis de los costos vemos que la inversión total del proyecto es de 27423,367, pero esto es apenas el 0.12%, del costo de tender una red de M.T. para Tuntiak-Isidoro, dándonos como conclusión que el proyecto es factible, además que el mismo produce un beneficio social para la comunidad estudiada y por ende a todas las comunidades que se encuentran en sus alrededores, en un nivel incalculable.

Si se desea realizar el estudio para Isidoro los costos del generador y obras civiles serían similares, dándonos un costo promedio del proyecto de 26473.167 USD, que sumado con el proyecto de Tuntiak sería el 23% del costo de tender una red de M.T. para Tuntiak-Isidoro, concluyendo que los dos proyectos son factibles.

Finalmente concluimos que la Pico-Central es una fuente de energía renovable factible, para proporcionar energía eléctrica a las comunidades que cuentan con fuentes hídricas en sus cercanías y cuya topografía se presta para aprovechar el desnivel de dicha fuente energética.

CONCLUSIONES

- Según el análisis económico se aprecia claramente que el costo de inversión con la aplicación de Pico-Centrales es mucho menor en comparación con la extensión de la red aérea; hablando en términos porcentuales la implementación de la Pico-Central apenas representa el **10.50%** del costo de la extensión de la red.
- El impacto ambiental que representa la aplicación de las Pico-Centrales es mínimo, puesto que hace uso de los recursos hidrológicos naturales existentes en cada zona, las obras civiles de captación y transporte del agua no son de gran magnitud, por lo tanto no es necesario deforestar grandes extensiones de terreno como sucede con la extensión de una red aérea.
- El número de abonados que se abastecen de energía eléctrica con la aplicación de la Pico-Central en la comunidad de TUNTIANK es limitado, puesto que solo se puede conseguir generar una potencia de 2KW, de igual forma la energía diaria disponible se limita únicamente a en temporada de sequía a 13 horas.
- Son pocas las comunidades en las cuales se pueden aplicar la tecnología de las Pico- Centrales, debido a que las principales fuentes hídricas carecen de un desnivel adecuado para su aprovechamiento, y sobre todo se encuentran muy alejadas de los centros poblados.
- Las comunidades que se localizan a lo largo del río MANGOSIZA especialmente las del lado de la cordillera de los Andes disponen de un gran

número de vertientes naturales de agua y considerables desniveles, los cuales permiten el desarrollo de las Pico-Central.

- Desde el punto de vista financiero es recomendable la implementación para cargas concentradas, y cuyas fuentes hídricas pasen cerca de la comunidad.

RECOMENDACIONES.

- Cuando se tiene poco caudal y caída, es mejor la construcción íntegra del sistema de generación, ya que la exigencia de una gran caída o un caudal elevado, como se muestra en la tabla 2.9, no permite encontrar un sistema de generación que cumpla con las exigencias requeridas para cubrir las necesidades de nuestra demanda.
- Las turbinas Pelton deberán ser construidas de acero inoxidable para evitar los costos de mantenimiento elevados y tener una mayor vida útil, debido a las condiciones del sector.
- Es mejor utilizar tubería plastigama con accesorios pegables, para evitar grandes gastos en la construcción de la tubería de presión, además que la vida útil del mismo es de al menos 50 años, y los costos de mantenimiento son mínimos.
- En el caso de la construcción de un tanque de reserva para la temporada seca se puede considerar, el uso de tanques prefabricados de polipropileno, y enterrarlo.

ANEXOS

ANEXO 1.1
CAPACIDAD CALÓRICA DE COMBUSTIBLES

COMBUSTIBLE	CAPACIDAD CALORÍFICA	
Cultivos	MJ/Kg.	MJ/litro
Madera:		
Verde	8	6
Estacional	13	10
Secada al horno	16	12
Vegetación seca	15	
Residuos de cultivos		
Cascarilla de arroz	12.15	
Sagazo	12.15	
Estiércol de vaca	12.5	
Cáscara de macadamia	23	
Combustibles secundarios		
Etanol	30	25
Metanol	23	18
Biogás	28	20×10^{-3}
Aceite de coco	39	3
Combustibles fósiles		
Metano	35	38×10^{-3}
Gasolina	47	34
Kerosén	46	37
Diesel	46	38
Petróleo crudo	44	35
Carbón	27	
GLP propano	30	

ANEXO 1.2

CARACTERÍSTICAS DE LA GENERACIÓN NO CONVENCIONAL					
Tipo de generación	Potencia	Costo KW instalado	País de Referencia	Ventaja	Desventajas
Fotovoltaica	184 W	16.57 USD	Ecuador: Electrificación rural en el oriente	<ul style="list-style-type: none"> - No producen contaminación - Pueden ser instaladas en cualquier lugar - Rápido tiempo de montaje 	<ul style="list-style-type: none"> - Elevado costo de los elementos - Bajo rendimiento
Eólica	2.4 MW	4099.63 USD	Ecuador: Central Eléctrica Galápagos	<ul style="list-style-type: none"> - No produce emisiones a la atmósfera ni genera residuos - Rápido tiempo de construcción (inferior a 6 meses) 	<ul style="list-style-type: none"> - Impacto visual: su instalación genera una alta modificación del paisaje. - Impacto sonoro: el roce de las palas con el aire produce un ruido constante, la casa más cercana deberá estar al menos a 200 m.(43dB(A))
Biomasa	-----	Alrededor de 500 USD 10.23 (cUSD/kWh)	Ecuador: mercado por el CONELEC	<ul style="list-style-type: none"> - Reduce la contaminación atmosférica, ya que las emisiones producidas en su combustión son menores que las que generan los combustibles convencionales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo rendimiento de conversión y la necesidad de espacio son las principales desventajas del tratado energético de la biomasa. Se necesitan 50 Ha de bosque para captar la misma energía que captaría 1 Ha de paneles solares.
Geotérmica	-----	Entre 800 a 3000 USD		<ul style="list-style-type: none"> - Se trata de una fuente de energía autóctona, por lo que reduce la dependencia energética del exterior, y los residuos que genera su explotación son mínimos comparados con los de las fuentes convencionales. 	<ul style="list-style-type: none"> Los inconvenientes se deben a que los yacimientos hidrotermales llevan disueltos gases y otras sustancias químicas (mercurio y compuestos de azufre, por ejemplo), que hay que tratar adecuadamente para evitar que contaminen la atmósfera y las aguas circundantes
Hidroeléctrica	190 MW	USD 1.926	Ecuador: proyecto Toachi Pilaton	<ul style="list-style-type: none"> - Son limpias y no producen emanaciones gaseosas de ningún tipo. -Este tipo de centrales son regulables. 	<ul style="list-style-type: none"> Ocupa una gran extensión de terreno, sobre todo en el embalse

ANEXO 2.1

CARACTERÍSTICAS DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS DE GENERACIÓN

	Fuente	Precio Típico para una máquina de 3kW	Opciones de Velocidades (rpm)	Desventajas	Ventajas
Inducción	Motor Industrial estandar utilizado como generador	Bajo: \$200 - \$250	1000, 1500, 3000	Requiere de capacitares correctamente seleccionados para operar como generador. No es bueno para arrancar motores.	Disponible en muchos lugares, rangos de velocidades bajas, de construcción sencillo y robusto. Aguanta sobrevelocidades. Más barato que el generador sincrónico.
Sincrónico – de escobillas	Utilizado comunamente con motores de gasolina o diesel	Bajo – mediano: \$300 - \$500	3000, o a veces 1500	Las escobillas y los anillos se gastan y tienen que ser repuestos. Requiere de reforzamiento para poder aguantar sobre-velocidades	Mayor eficiencia que el generador de inducción a cargas parciales. Mejor capacidad de arrancar motores.
Sincrónico – sin escobillas	Utilizado ocasionalmente con motores de diesel	Alto: \$600 - \$1000	1500, 3000	Poca disponibilidad. Reparaciones a menudo son complejas y costosas. Requiere de reforzamiento para poder aguantar sobre-velocidades	Mismas ventajas que el generador sincrónico con escobillas, pero con mejor confiabilidad.
DC	Car or truck alternator	No Applicable. capacidades máximas de 500W	Coche > 2000, camión > 1200	No apropiado para electrificación de aldeas. Las escobillas y los anillos se gastan.	Costo muy bajo, no requiere de controlador.

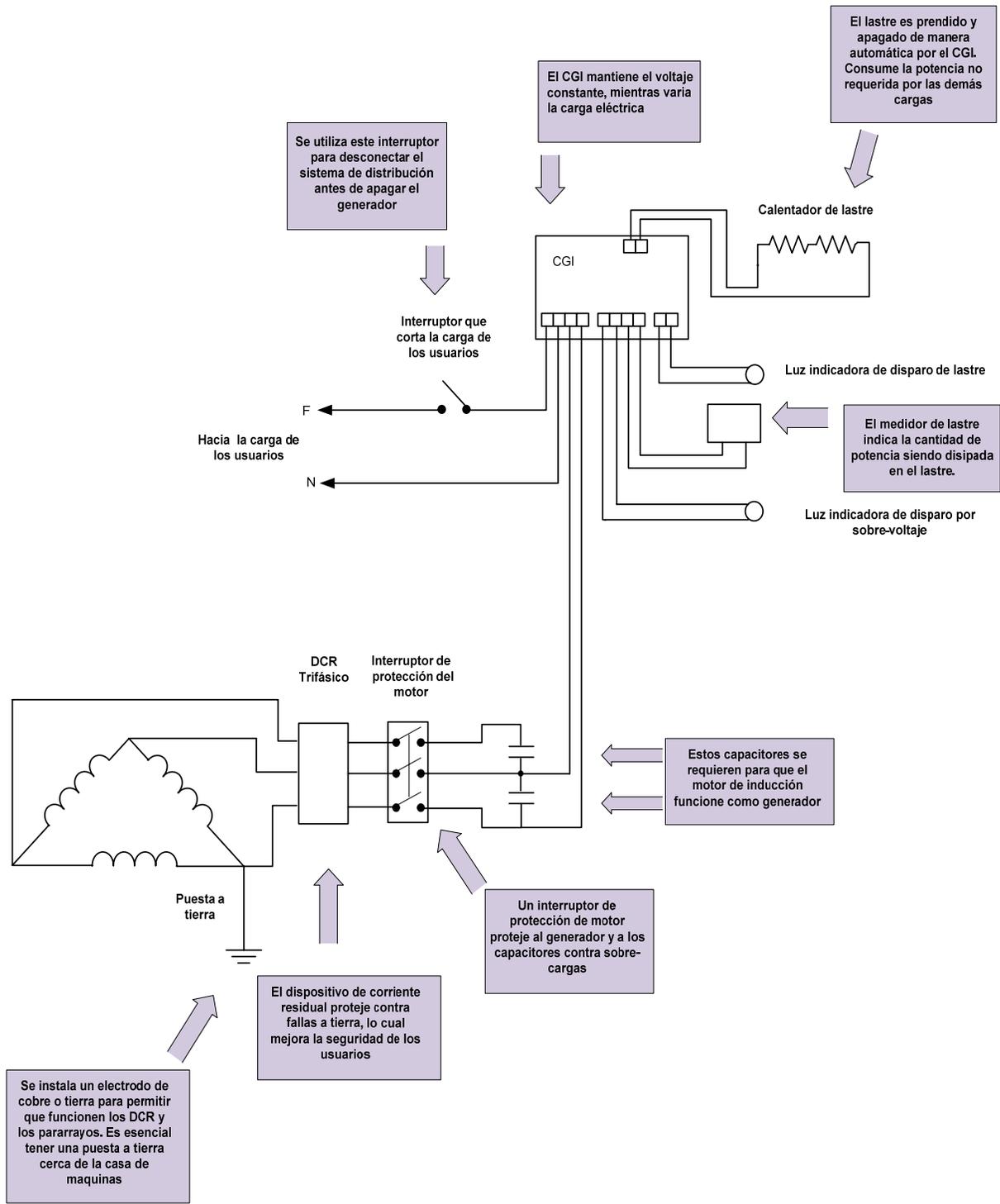
ANEXO 2.3

MODELOS DE TURBINAS

Modelo	Altura	Caudal	Potencia	Voltaje	Frecue	Clase	Dimensión
	(m)	(m ³ /s)	(kw)	(v)	(hz)		(cm)
XJ14-0.2DCT4-Z	10-14	0.003-0.004	0.2	230/120	50/60	Monofásica	34*30*40
XJ14-0.3DCT4-Z	12-14	0.003-0.005	0.3	230/120	50/60	Monofásica	34*30*40
XJ18-0.5DCT4-Z	12-18	0.005-0.007	0.5	230/120	50/60	Monofásica	34*40*40
XJ18-0.75DCT4-Z	14-18	0.005-0.008	0.75	230/120	50/60	Monofásica	40*38*46
XJ22-1.1DCT4-Z	16-22	0.008-0.010	1.1	230/120	50/60	Monofásica	72*45*52
XJ22-1.1DCTH4-Z	15	0.010-0.015	1.1	230/120	50/60	Monofásica	87*56*52
XJ25-1.5DCT4-Z	18-25	0.008-0.011	1.5	230/120	50/60	Monofásica	72*45*52
XJ25-1.5DCT4-Z	15	0.015-0.018	1.5	230/120	50/60	Monofásica	87*56*52
XJ25-3.0DCT4-Z	25-35	0.015-0.019	3	230/120	50/60	Monofásica	85*56*56
XJ25-3.0DCTF4-Z	18-20	0.018-0.030	3	230/120	50/60	Monofásica	87*58*58
XJ28-6.0DCT6-Z	28-35	0.030-0.038	6	230/120	50/60	Monofásica	75*65*82
XJ30-6.0DCTF6-Z	18-20	0.038-0.050	6	230/120	50/60	Monofásica	110*74*87
XJ30-10DCT4-Z	30-38	0.040-0.050	10	230/120	50/60	Monofásica	110*80*90
XJ30-10DCTF4-Z	25-30	0.050-0.068	10	230/120	50/60	Monofásica	110*80*90
XJ30-15SCT4/6-Z	30-40	0.060-0.070	15	380	50/60	Trifásica	120*90*105 80*60*50(Spares)
XJ30-20STC4/6-Z	30-45	0.060-0.080	20	380	50/60	Trifásica	120*90*105 80*60*50(Spares)
QS-LZ-12-0.5	1.5-3.2	0.025-0.055	0.55	230/120	50/60	Monofásica	106*39*40
GD11-3DCT4-Z	11	0.05	3	230/120	50/60	Monofásica	142*65*60
GD-WZ-20-5	6	0.15	5	230/120	50/60	Monofásica	
GD-WZ-20-10	11	0.17	10	380	50/60	Trifásica	

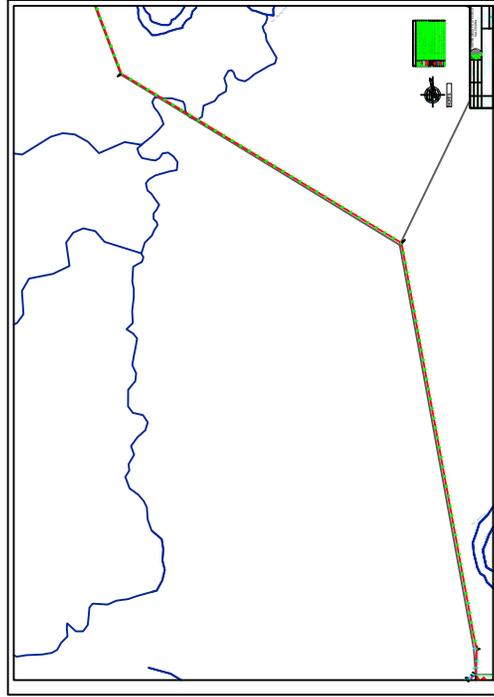
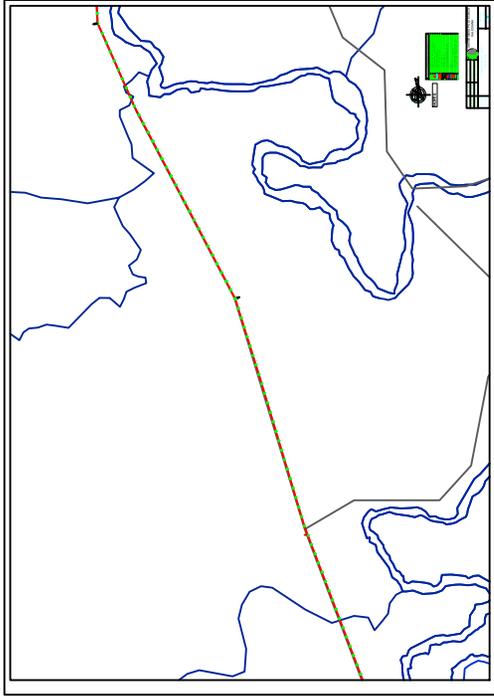
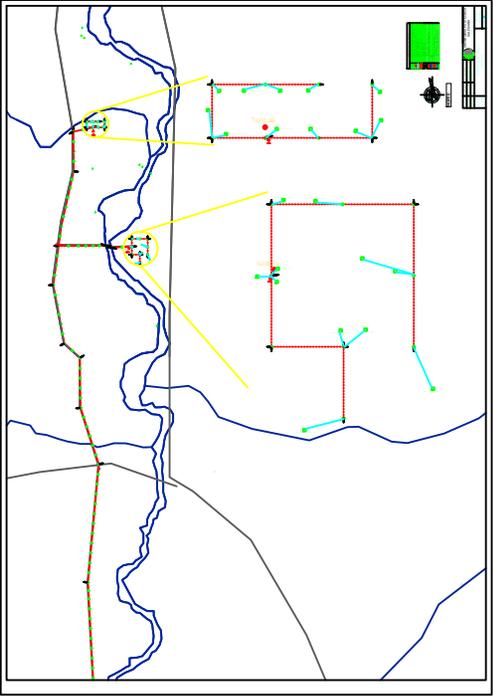
ANEXO 2.2

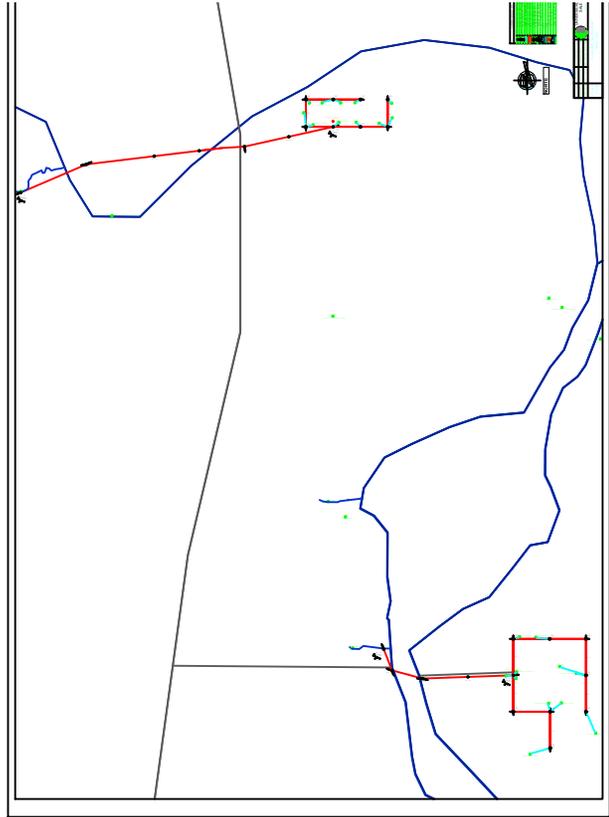
CONTROLADOR DE CARGA

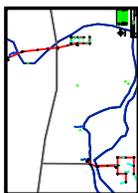


ANEXO 3.I

MAPA DE LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO

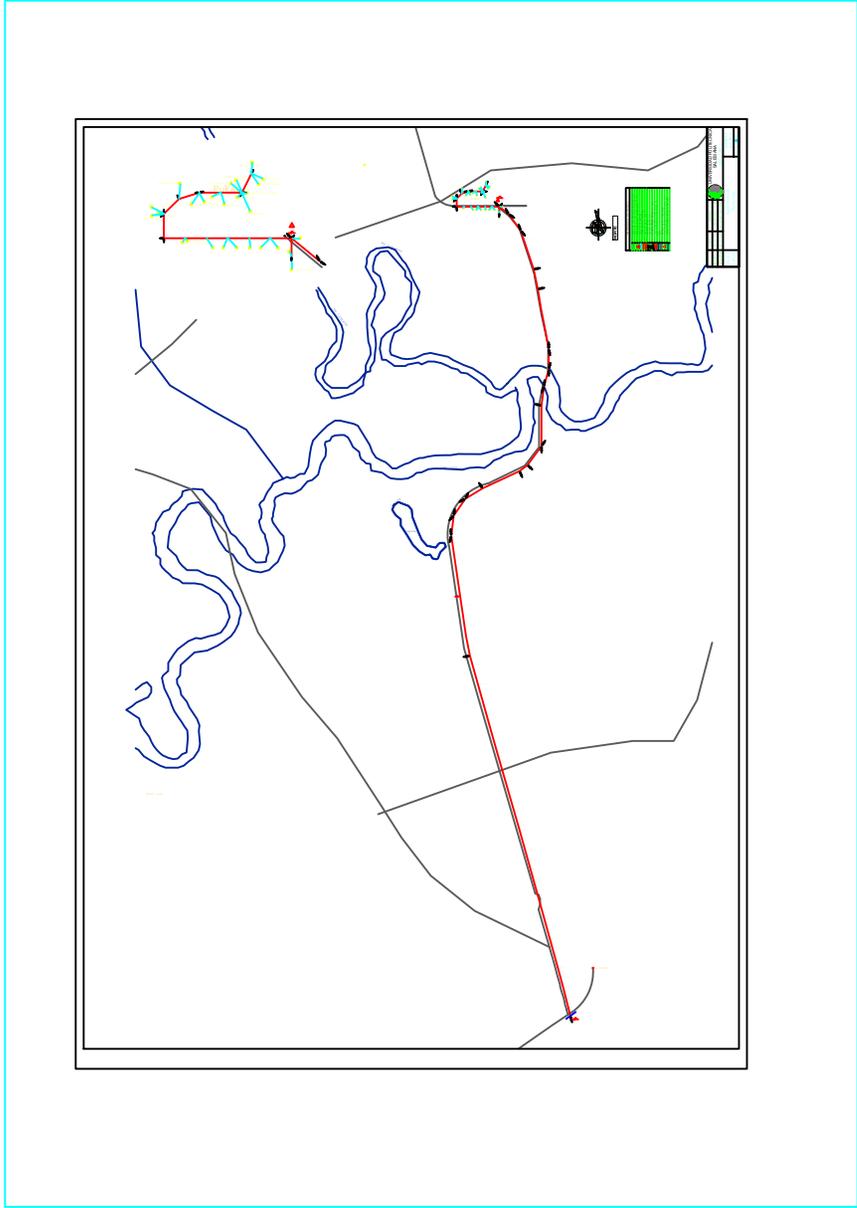






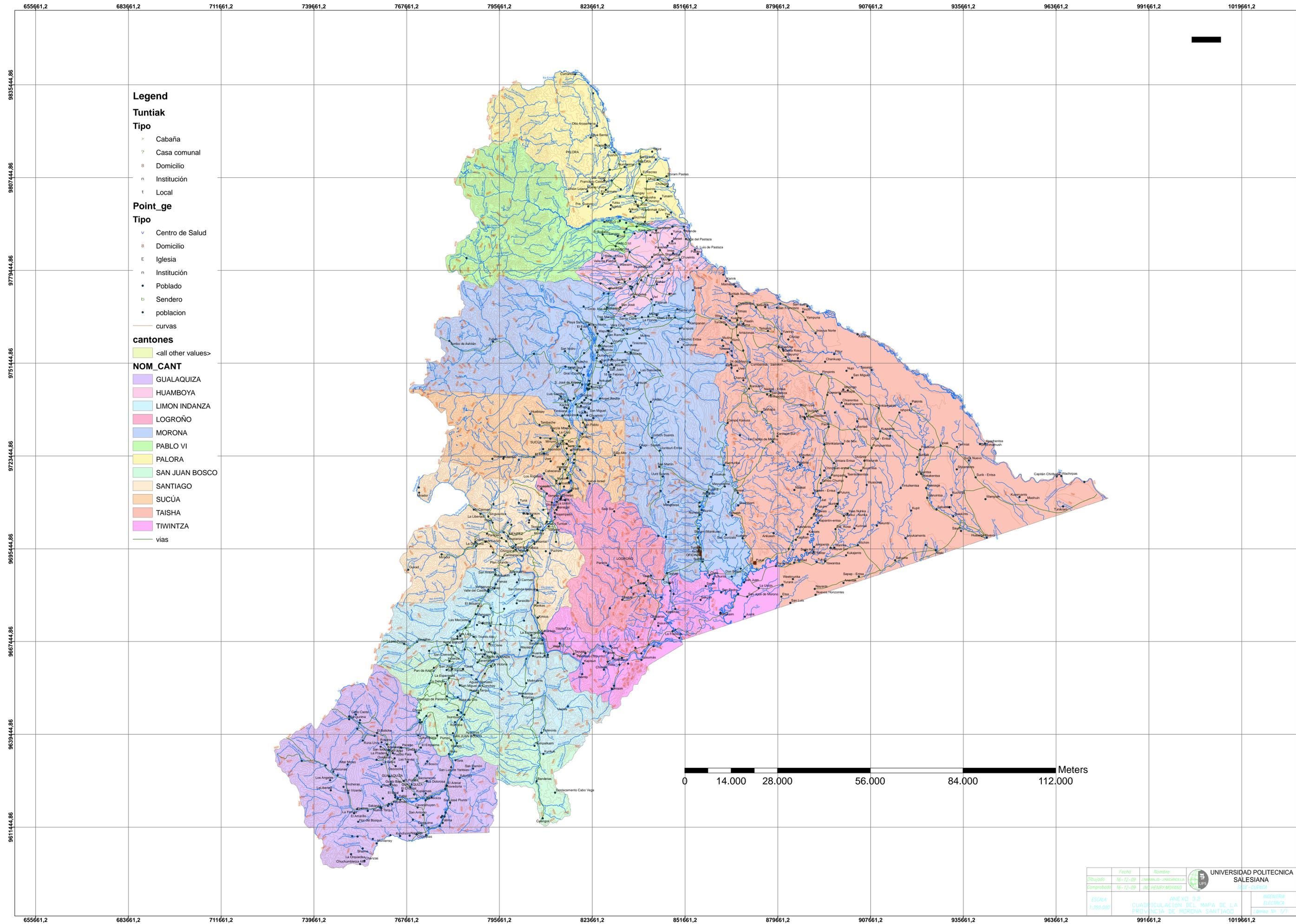






ANEXO 3.2

CUADRICULACIÓN DEL MAPA DE LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO



Legend

Tuntiak

Tipo

- > Cabaña
- ? Casa comunal
- B Domicilio
- n Institución
- t Local

Point_ge

Tipo

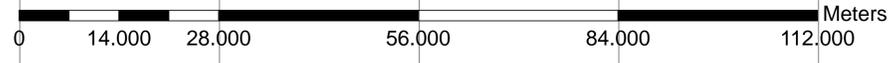
- v Centro de Salud
- B Domicilio
- E Iglesia
- n Institución
- Poblado
- Sendero
- poblacion
- curvas

cantones

- <all other values>

NOM_CANT

- GUALAQUIZA
- HUAMBOYA
- LIMON INDANZA
- LOGROÑO
- MORONA
- PABLO VI
- PALORA
- SAN JUAN BOSCO
- SANTIAGO
- SUCÚA
- TAISHA
- TIWINTZA
- vias



Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE - CUENCA
Dibujado 16-12-09	JHARALUIS-JMARCANELLA	
Comprobado 16-12-09	ING. HENRY MOYANO	INGENIERIA ELÉCTRICA Hoja No. 1/1
ESCALA 1:100,000	ANEXO 3-2 CUADRICULACION DEL MAPA DE LA PROVINCIA DE MORONA-SANTIAGO	

ANEXO 3.3

CAÍDA DE TENSION LÍNEA TIWINTZA

ANEXO 4.1

CATÁLOGO DE VÁLVULA DE CONTROL

ANEXO 4.2

CONTROLADOR DE CARGA:

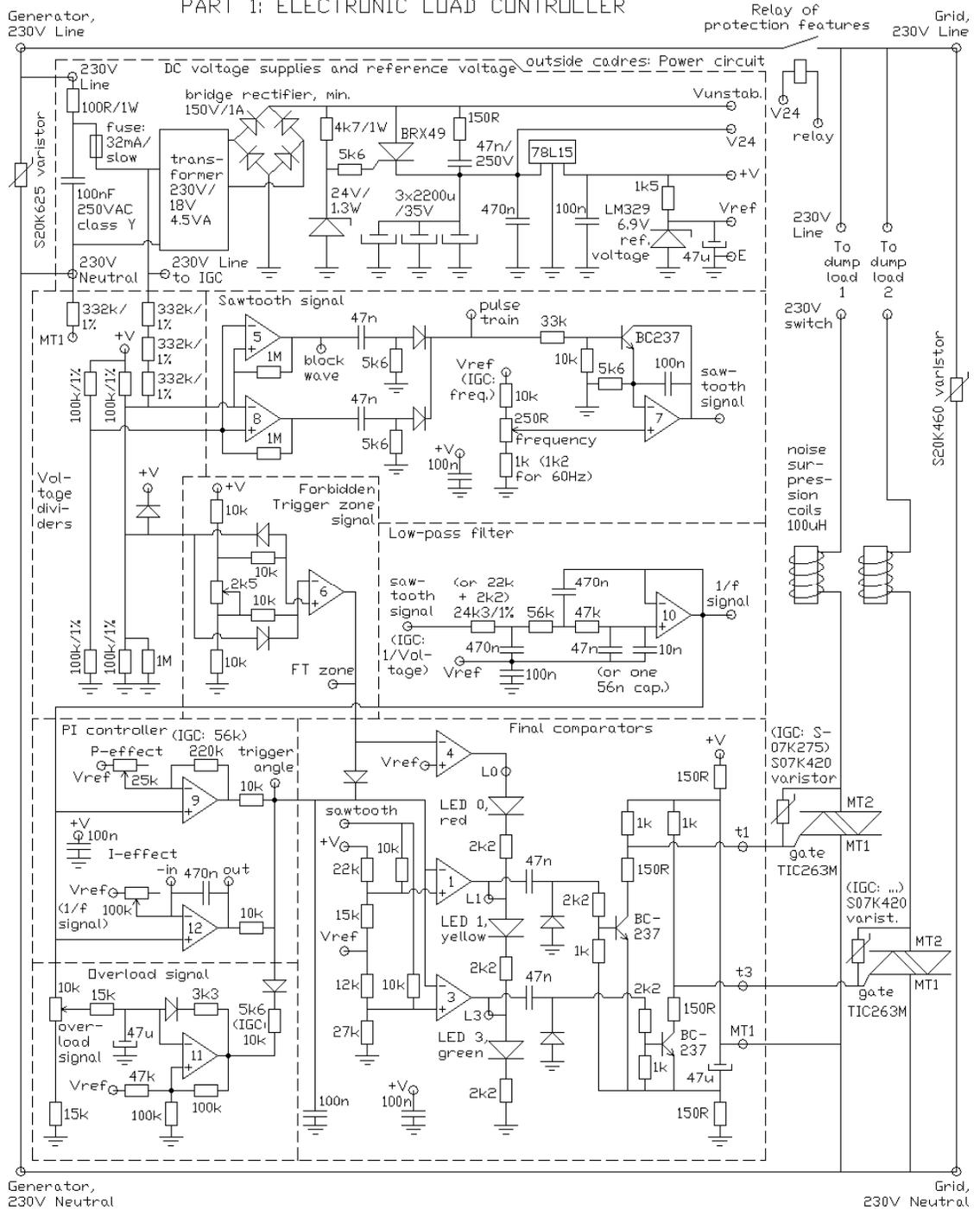
El controlador de carga se toma de un diseño elaborado por Jan Portegijs en el año 2000, el cual se halla disponible en la dirección electrónica: http://www.microhydropower.net/mhp_group/portegijs/humbird/humb_main.html.

El controlador puede funcionar como ELC o como IGC, siendo la segunda funcionalidad de nuestro interés, ya que se pretende utilizar motores trifásicos de inducción para la generación.

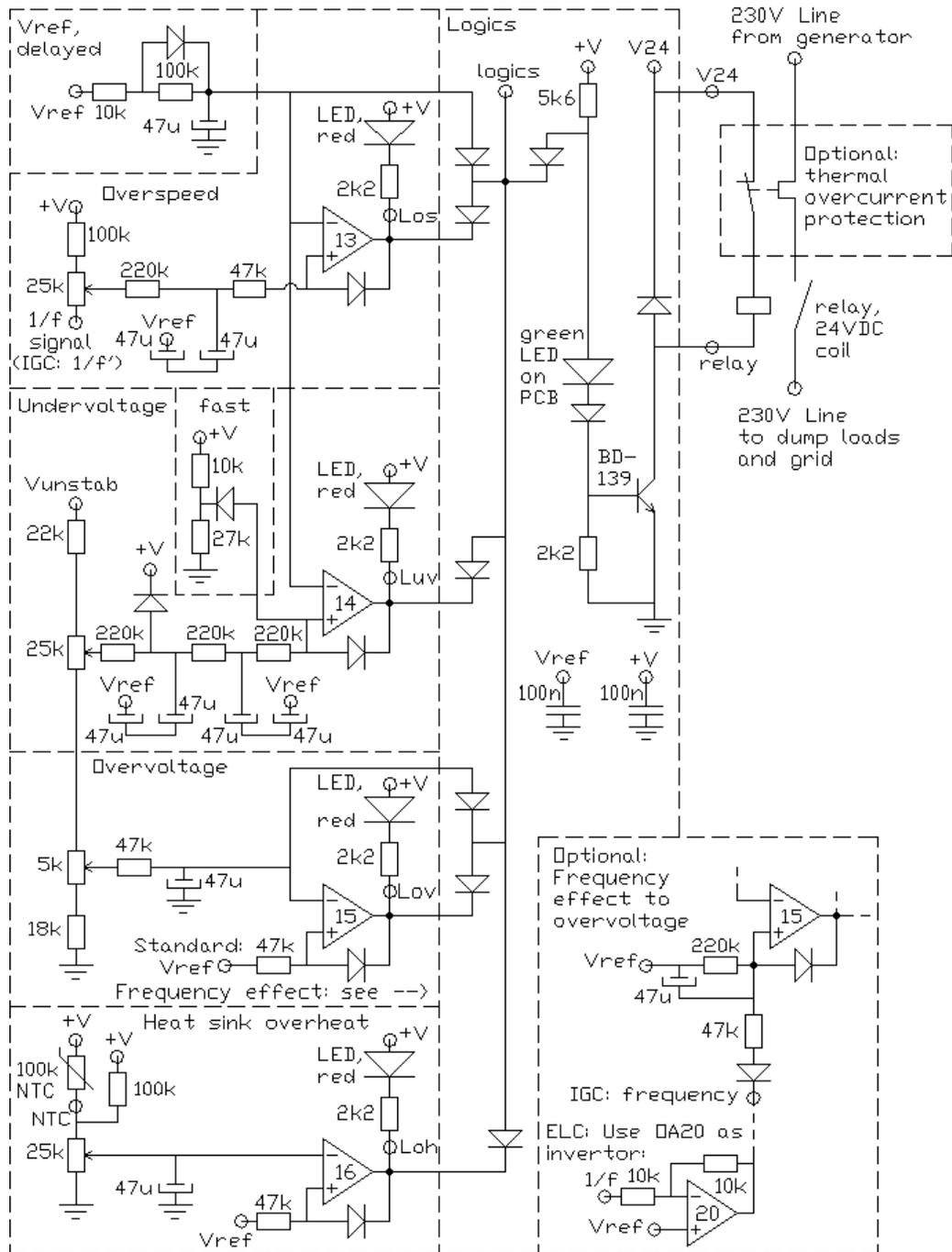
Este tipo de controlador ya ha sido utilizado en varios proyectos desarrollados por ITDG, por lo que su funcionamiento y eficiencia están comprobados. Si bien es cierto en el **ANEXO 2.2** ya se presenta un esquema general del controlador de carga, sin embargo es necesario presentar información mas detallada sobre el mismo, a continuación se presenta la circuitería del controlador y su implementación dentro del sistema de generación eléctrica con Pico-Centrales.

'HUMMING BIRD' CIRCUIT DIAGRAMME

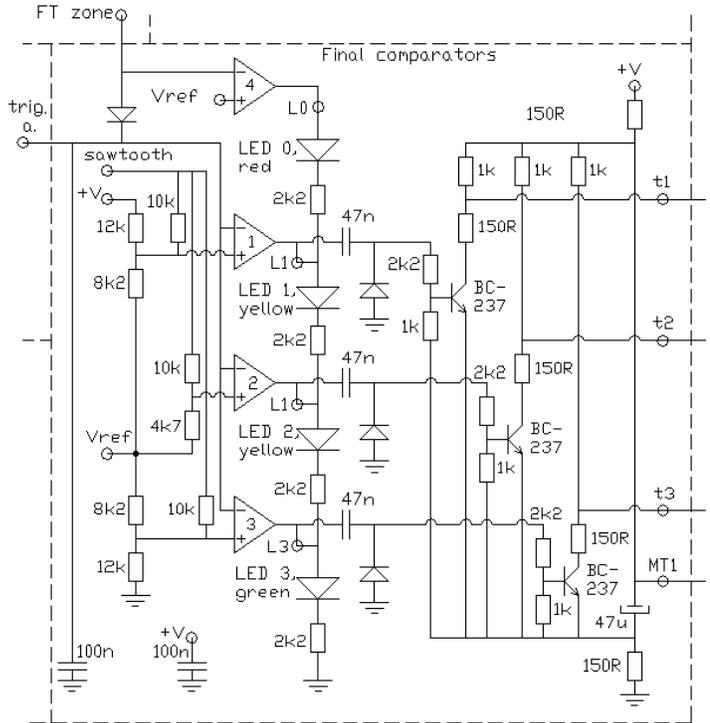
PART 1: ELECTRONIC LOAD CONTROLLER



PART 2: PROTECTION FEATURES

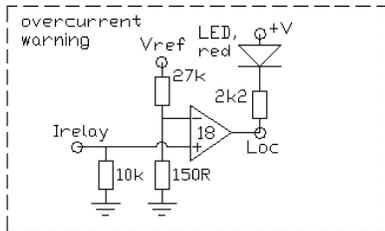


FINAL COMPARATORS FOR 3 DUMP LOAD VERSION

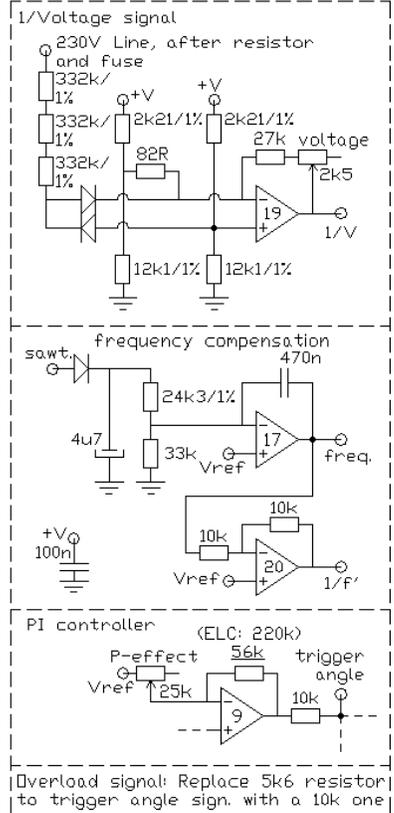


Of course also an extra triac, varistor and noise suppression coil are needed

OVERCURRENT WARNING

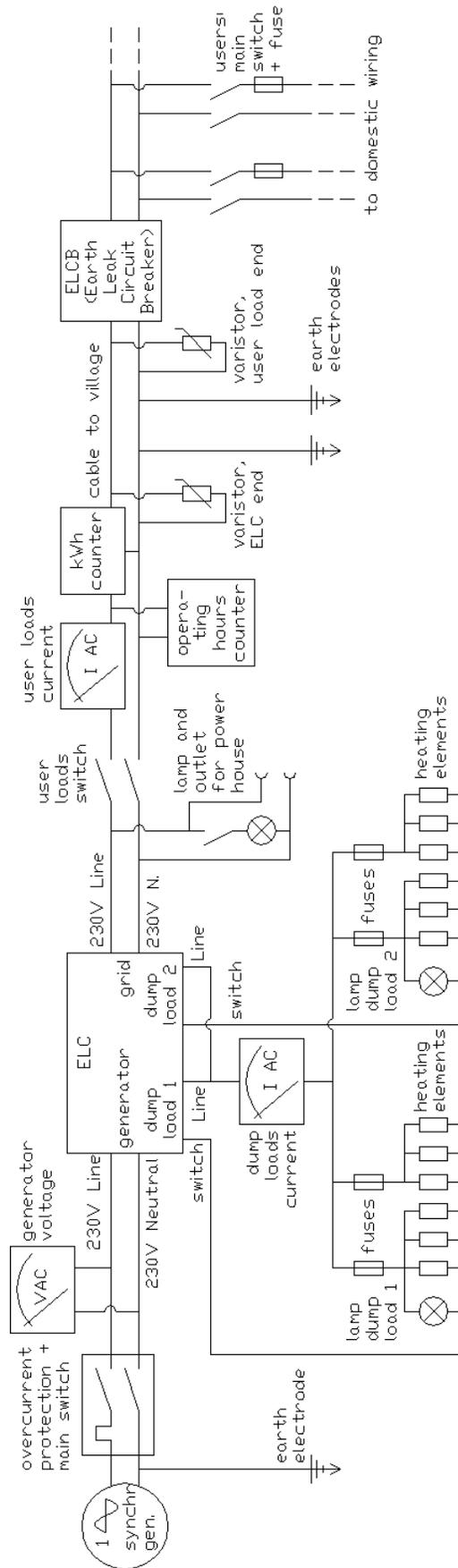


IGC VERSION



Overload signal: Replace 56k resistor to trigger angle sign. with a 10k one

CONNECTIONS DIAGRAM



ANEXO 5.1

MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL

Matriz de Impacto ambiental	Diesel		Kerosene		Gasolina		Leña		Velas		Pilas Baterías		Generación Aislada.		Tendido red Media Tensión		Pico-Centrales		
	± In.	Ext.	Pod.	± In.	Ext.	Pod.	± In.	Ext.	Pod.	± In.	Ext.	Pod.	± In.	Ext.	Pod.	± In.	Ext.	Pod.	
Ponderación ambiental = -Inmensidad * Extensión																			
Físicos																			
Calidad del aire y Emisiones a la atmósfera.	-2	1	-2	-2	1	-2	-2	1	-2	0	0	0	0	-3	2	-6	0	0	0
Impacto Visual.	-1	1	-1	-2	2	-4	0	0	0	0	0	0	-2	2	-4	-3	3	-9	-4
Clima	-2	1	-2	-2	1	-2	-2	0	0	0	0	0	-2	2	-4	0	0	0	0
Ruido.	-2	1	-2	-2	2	-4	0	0	0	0	0	0	-3	2	-6	0	0	0	-2
Suelo y Agua.	-2	1	-2	-2	2	-4	-1	1	-1	0	0	2	1	2	-2	-4	-1	3	-3
Bióticos																			
Flora - Árboles.	0	0	0	0	0	0	-2	2	-4	0	0	0	0	-1	1	-1	-2	3	-6
Afección a especies vegetales y animales.	0	0	0	-2	2	-4	-2	2	-4	0	0	0	0	-1	1	-1	-1	3	-3
Alteración de ecosistemas y deforestación.	0	0	0	-1	2	-3	2	-6	0	0	0	0	-2	2	-4	-3	3	-9	-1
Sociales																			
Aumento del confort domestico.	2	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	4	2	2	4
Aumento de la actividad económica.	1	2	2	1	3	3	0	0	0	0	0	0	2	2	4	2	2	4	2
Aumento o dismin. de las diferencias de clase social	1	2	2	1	2	2	0	0	0	0	0	1	1	-2	2	-4	-3	-2	-6
Beneficios a favor de los niños y mujeres.	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3	2	6	3	2	6
Estilo de vida.	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	2	2	4	2	2	4
Salud.	-1	1	-1	-1	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4	2	2	4
Seguridad.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	4	2	2	4
Educación.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3	2	6	3	2	6
Acceso a información.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4	3	2	6	3	2
Creación de empleo local.	1	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	4
Grado de satisfacción de las necesidades eléctricas.	1	1	1	2	2	4	0	0	0	0	0	1	1	3	2	6	3	3	9
Aumento de la actividad recreativa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4	3	2	6
Grado de implicación de la comunidad.	0	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	3	2	6	3	2	6
Grado de implicación de la comunidad.	1	1	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	3	2	6	3	2	6
Vista panorámica y paisaje.	-1	1	-1	-2	2	-4	0	0	0	0	0	0	-2	2	-4	-3	-9	-2	-4
Tecnestructuras																			
Eliminación de residuos sólidos.	-2	1	-2	-2	3	-6	-1	2	-2	0	0	-2	1	-2	0	0	0	0	0
Estructuras.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	2	-2	-3	-2	-4
Red de servicios.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4	2
Comunicación.	0	0	0	2	3	6	0	0	0	0	0	2	2	4	2	4	2	2	4
Suma Total	-1	-9	-9	-19	16	5	5	16	25	26	54	16	25	26	54	26	54	54	54
Suma (-)	-13	-33	-33	-21	-2	0	0	-2	-40	-51	-20	-2	-40	-51	-20	-51	-20	-20	-20
Suma (+)	12	24	24	2	18	5	5	18	65	77	74	18	65	77	74	77	74	74	74

ANEXO 6.1

DIMENSIONES Y MATERIALES DEL TANQUE DE RESERVA:

Volumen:	12.6 m ³
Altura:	1.4 m
Ancho:	3.0 m
Fondo:	3.0 m
Ubicación de varillas de ½":	0.40m c/u

Considerando la ubicación de cada varilla obtenemos un total de 118m l para la construcción del armazón del tanque, tomando en cuenta que la longitud de cada varilla es de 12m necesitamos un total de **10 varillas**.

Para calcular la cantidad de piedra, arena y cemento se considera que las paredes del tanque tienen un espesor de 20 cm. Con las dimensiones y espesores tenemos los siguientes datos:

Piedra:	5.16 m ³
Arena:	1.032 m ³
Cemento:	1 m ³ ≈ 15 sacos

ANEXO 6.2

CÁLCULO DE MATERIALES PARA LA CASA DE MAQUINAS:

- Consideramos un cubículo de 3 x 2 m
- Dimensiones de la tabla de Seique 0.20 x 3 m

Por lo tanto:

$$\# \text{ De tablas} = [(3 \times 2) / (0.20 \times 3)] \times 4$$

$$\# \text{ De tablas} = 40 \text{ tablas}$$

- Para el techo se usa laminas de zinc de 3 x 1.20 m

Por lo tanto

$$\# \text{ De laminas de zinc} = (3 \times 2) / (1.20 \times 3)$$

$$\# \text{ De laminas de zinc} = 1.66$$

$$\# \text{ De laminas de zinc} = 2$$

ANEXO 6.3

COSTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

ANEXO 6.4

Centro de salud – Unidad de 12VDC/440Ah.

La demanda requerida por la comunidad a partir de las 18horas es muy escasa, menor a los 200W por lo que el generador cesa su funcionamiento y reinicia la generación a partir de la 05horas, debido al corte de energía por seis horas toda la comunidad no tiene servicio energético, incluyendo el centro de salud, se ve factible por lo tanto la implementación de un banco de baterías que supla las necesidades elementales de dicho centro durante las horas de corte, se dimensiona el banco de baterías para la carga máxima, teniendo en cuenta que alimenta a los siguientes aparatos:

Cantidad	Descripción	Potencia (W)	Tiempo de uso Horas	Consumo Amperios horas
1	Refrigeradora SUN FROST	80	6	160
3	Lámparas fluorescentes	80	6	40
1	Radio transmisor	Stand by	6	1
		Transmisión	6	15
1	Microscopio	30	6	15
1	Esterelizador	30	6	15
1	Radio	20	6	10
1	TV	70	6	35
1	DVD	20	6	10
TOTAL		192	54	301

Tabla 6.4.1: Desglose de la carga del Centro de Salud.

Fuente: <http://www.nrel.gov/docs/fy99osti/26224.pdf>,

http://www.riraas.net/documentacion/CD_05/GUADAMONO.pdf.

Analizando la tabla 6.4.1 se puede constatar un consumo de 301 Ah de todos los instrumentos y aparatos eléctricos disponibles en el centro de salud, para saber las dimensiones finales del banco de baterías se utilizara la siguiente formula.

$$BB = \text{Demanda (Ah)} + (1.5 \times \text{Horas día}) + 30 \%$$

$$BB = 301\text{Ah} + (1.5 \times 6) + 30 \%$$

$$BB = 310\text{Ah} + 93\text{Ah}$$

$$BB = 403\text{Ah}$$

De donde BB es la dimensión del banco de baterías, 1.5 se pierde en el inversor y el 30% se refiere al factor de seguridad para que la batería no se descargue completamente. Para construir un banco de baterías de estas dimensiones necesitaremos:

Unidad	Cantidad
Controlador de carga de 20A	1
Inversor 250W	1
Baterías 6V, 220Ah	4

Tabla 6.4.2: Elementos de la Unidad de 12VDC.

Fuente: Valdés Energía rural en Cuba – pdf.

Una vez obtenido todos los elementos necesarios para la construcción del banco de baterías, procedemos al montaje del sistema utilizando el esquema de la figura 6.4.1.

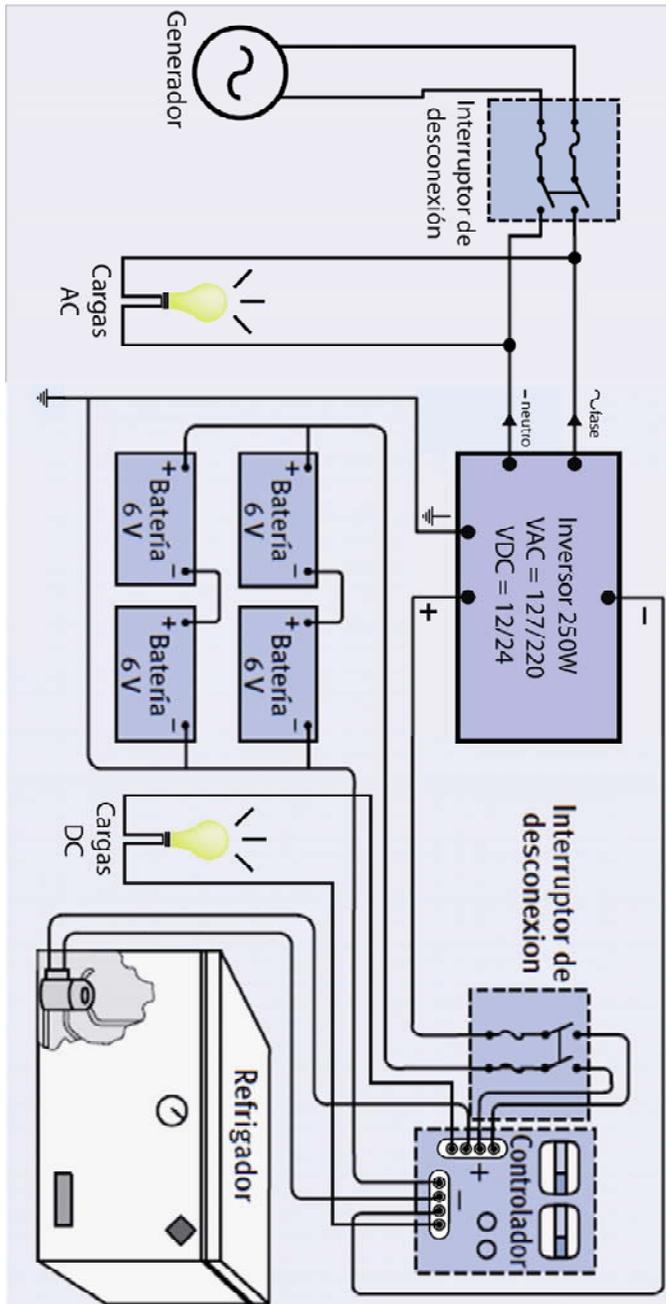


Figura 6.4.1: Diseño del sistema de 12VDC.

ANEXO 6.5

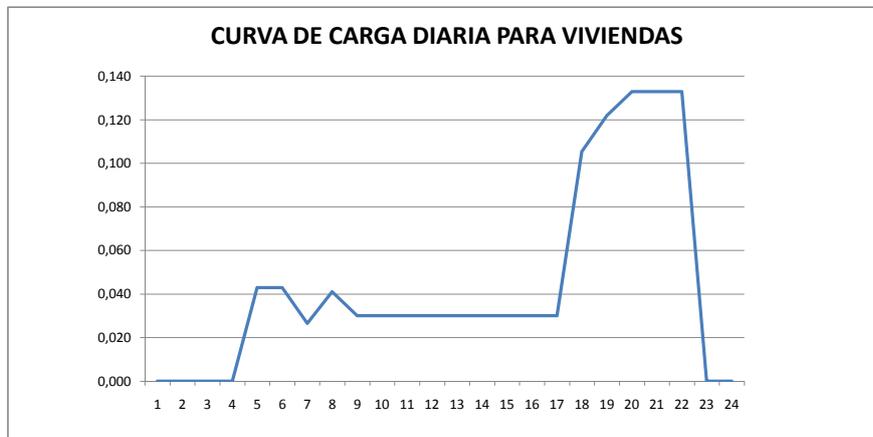
ANÁLISIS ECONÓMICO

ANEXO 6.5: CURVA DE CARGA ESTIMADA DEL PROYECTO

6.5.1 - CURVA DE CARGA PARA VIVIENDAS

CARGA	POTENCIA (KW)	TIEMPO DE USO (HORAS/DÍAS PROMEDIO)	CANTIDAD #	POTENCIA TOTAL (KW)	ENERGÍA (KWH/DÍA)
Bombilla fluorescente	0,011	9	3	0,033	0,220
TV	0,07	5	1	0,070	0,350
DVD	0,02	5	1	0,020	0,100
Radio	0,02	10	1	0,020	0,200
Cargador de pilas	0,01	18	1	0,010	0,180
Total				0,153	1,050

Datos curva de carga - [kW]						
Hora	Bombilla fluorescente	TV	DVD	Radio	Cargador de pilas	TOTAL
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5	0,033	0,000	0,000	0,000	0,000	0,043
6	0,033	0,000	0,000	0,000	0,010	0,043
7	0,017	0,000	0,000	0,000	0,010	0,027
8	0,011	0,000	0,000	0,020	0,010	0,041
9	0,000	0,000	0,000	0,020	0,010	0,030
10	0,000	0,000	0,000	0,020	0,010	0,030
11	0,000	0,000	0,000	0,020	0,010	0,030
12	0,000	0,000	0,000	0,020	0,010	0,030
13	0,000	0,000	0,000	0,020	0,010	0,030
14	0,000	0,000	0,000	0,020	0,010	0,030
15	0,000	0,000	0,000	0,020	0,010	0,030
16	0,000	0,000	0,000	0,020	0,010	0,030
17	0,000	0,000	0,000	0,020	0,010	0,030
18	0,006	0,070	0,020	0,000	0,010	0,106
19	0,022	0,070	0,020	0,000	0,010	0,122
20	0,033	0,070	0,020	0,000	0,010	0,133
21	0,033	0,070	0,020	0,000	0,010	0,133
22	0,033	0,070	0,020	0,000	0,010	0,133
23	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
24	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ENERGÍA (KWH/DÍA)	0,220	0,350	0,100	0,200	0,180	1,050



ANEXO 6.5: CURVA DE CARGA ESTIMADA DEL PROYECTO

6.5.2 - CURVA DE CARGA PARA COLEGIO Y ESCUELA

CARGA	POTENCIA (KW)	TIEMPO DE USO (HORAS/DÍAS PROMEDIO)	CANTIDAD #	POTENCIA TOTAL (KW)	ENERGÍA (KWH/DÍA)
Bombilla fluorescente	0,011	6	3	0,033	0,198
TV	0,07	3	1	0,070	0,210
DVD	0,02	3	1	0,020	0,060
Copiadora	0,03	4	1	0,030	0,120
Computadora	0,15	4	1	0,150	0,600
Total				0,303	1,188

Consumo Diario		Bombilla fluorescente	TV	DVD	Copiadora	Computadora	TOTAL
1		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7		0,033	0,000	0,000	0,030	0,150	0,213
8		0,033	0,000	0,000	0,030	0,150	0,213
9		0,033	0,000	0,000	0,030	0,150	0,213
10		0,033	0,070	0,020	0,030	0,150	0,303
11		0,033	0,070	0,020	0,000	0,000	0,123
12		0,033	0,070	0,020	0,000	0,000	0,123
13		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
14		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
15		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
16		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
17		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
18		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
19		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
21		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
22		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
23		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
24		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ENERGÍA (KWH/DÍA)		0,198	0,210	0,060	0,120	0,600	1,188



ANEXO 6.5: CURVA DE CARGA ESTIMADA DEL PROYECTO

6.5.3 - CURVA DE CARGA PARA CENTRO DE SALUD

CARGA	POTENCIA (KW)	TIEMPO DE USO (h/día Promedio)	CANTIDAD #	POTENCIA TOTAL (KW)	ENERGÍA (KWH/DÍA)
Lámpara fluorescente	0,02	18	3	0,060	1,120
Radio	0,02	19	1	0,020	0,380
TV	0,07	6	1	0,070	0,420
DVD	0,02	6	1	0,020	0,120
Radio Trns. ON	0,03	5	1	0,030	0,150
Radio Trns. OFF	0,002	19	1	0,002	0,038
Microscopio	0,03	3	1	0,030	0,090
Refrigerador de vacunas	0,08	15,5	1	0,080	1,240
Esterilizador	0,03	4	1	0,030	0,120
Cargador de pilas	0,01	8	1	0,010	0,080
Cargador de batería	0,13	7	1	0,130	0,129
Total				0,482	3,887

Consumo Diario		Bombilla fluorescente	Radio	Televisión	DVD	Radio Transmisor	Microscopio
1		0,060	0,000	0,070	0,020	0,016	0,000
2		0,060	0,000	0,070	0,020	0,016	0,000
3		0,060	0,000	0,070	0,020	0,002	0,000
4		0,060	0,010	0,035	0,010	0,002	0,015
5		0,060	0,020	0,000	0,000	0,002	0,000
6		0,060	0,020	0,000	0,000	0,002	0,000
7		0,060	0,020	0,000	0,000	0,016	0,000
8		0,040	0,020	0,000	0,000	0,016	0,000
9		0,040	0,020	0,000	0,000	0,016	0,000
10		0,020	0,020	0,000	0,000	0,016	0,000
11		0,020	0,020	0,000	0,000	0,002	0,000
12		0,020	0,020	0,070	0,020	0,002	0,000
13		0,020	0,020	0,000	0,000	0,002	0,000
14		0,020	0,020	0,000	0,000	0,002	0,015
15		0,020	0,020	0,000	0,000	0,002	0,015
16		0,040	0,020	0,000	0,000	0,002	0,015
17		0,040	0,020	0,000	0,000	0,002	0,015
18		0,060	0,020	0,000	0,000	0,016	0,000
19		0,060	0,020	0,000	0,000	0,016	0,000
20		0,060	0,020	0,000	0,000	0,016	0,000
21		0,060	0,020	0,000	0,000	0,016	0,000
22		0,060	0,020	0,000	0,000	0,002	0,000
23		0,060	0,010	0,035	0,010	0,002	0,015
24		0,060	0,000	0,070	0,020	0,002	0,000
Energía (KWH/DÍA)		1,120	0,380	0,420	0,120	0,188	0,090

Refrigerador de vacunas	Esterilizador	Cargador de pilas	Cargador de batería	TOTAL
0,040	0,000	0,000	0,000	0,206
0,040	0,000	0,000	0,000	0,206
0,040	0,000	0,000	0,000	0,192
0,040	0,015	0,010	0,000	0,197
0,040	0,000	0,010	0,007	0,139
0,040	0,000	0,010	0,007	0,139
0,040	0,015	0,010	0,007	0,168
0,080	0,015	0,000	0,007	0,178
0,080	0,015	0,000	0,007	0,178
0,080	0,015	0,000	0,007	0,158
0,080	0,015	0,000	0,007	0,144
0,040	0,015	0,000	0,007	0,194
0,040	0,000	0,000	0,007	0,089
0,040	0,000	0,000	0,007	0,104
0,080	0,000	0,000	0,007	0,144
0,080	0,000	0,000	0,007	0,164
0,080	0,000	0,000	0,007	0,164
0,040	0,000	0,000	0,007	0,143
0,040	0,000	0,010	0,007	0,153
0,040	0,000	0,010	0,007	0,153
0,040	0,000	0,010	0,007	0,153
0,040	0,000	0,010	0,007	0,139
0,040	0,015	0,000	0,000	0,187
0,040	0,000	0,000	0,000	0,192
1,240	0,120	0,080	0,129	3,887

ANEXO 6.5: CURVA DE CARGA ESTIMADA DEL PROYECTO

6.5.4 - CURVA DE CARGA PARA CAPILLA Y CENTRO COMUNAL

CARGA	POTENCIA (KW)	TIEMPO DE USO (h/día Promedio)	CANTIDAD #	POTENCIA TOTAL (KW)	ENERGÍA (KWH/DÍA)
Bombilla fluorescente	0,011	8	3	0,033	0,264
Cargador de pilas	0,01	8	1	0,010	0,080
Carga Especial	0,15	4	1	0,150	0,600
Total				0,193	0,944

Consumo Diario				
Hora	Bombilla fluorescente	Cargador de Pilas	Carga Especial	TOTAL
1	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,000	0,000	0,000	0,000
3	0,000	0,000	0,000	0,000
4	0,000	0,000	0,000	0,000
5	0,033	0,010	0,000	0,043
6	0,033	0,010	0,150	0,193
7	0,033	0,010	0,150	0,193
8	0,000	0,000	0,000	0,000
9	0,000	0,000	0,000	0,000
10	0,000	0,000	0,000	0,000
11	0,000	0,000	0,000	0,000
12	0,000	0,000	0,000	0,000
13	0,000	0,000	0,000	0,000
14	0,000	0,000	0,000	0,000
15	0,000	0,000	0,000	0,000
16	0,000	0,000	0,000	0,000
17	0,000	0,000	0,000	0,000
18	0,033	0,010	0,150	0,193
19	0,033	0,010	0,150	0,193
20	0,033	0,010	0,000	0,043
21	0,033	0,010	0,000	0,043
22	0,033	0,010	0,000	0,043
23	0,000	0,000	0,000	0,000
24	0,000	0,000	0,000	0,000
ENERGÍA (KWH/DÍA)	0,264	0,080	0,600	0,944



ANEXO 6.5: CURVA DE CARGA ESTIMADA DEL PROYECTO

6.5.5 - CURVA DE CARGA TOTAL DE LA COMUNIDAD

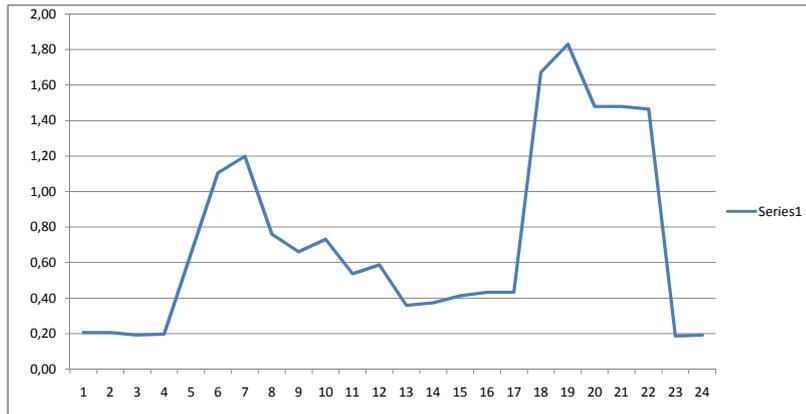
Demanda Familiar Proyectada		
Familia N°	Representante familiar	ENERGÍA (KWH/DÍA)
1	Angel Esach	1,050
2	María Esach	1,050
3	Ernesto Esach	1,050
4	Esteban Esach	1,050
5	Román Kajech	1,050
6	Mariano Kajech	1,050
7	Marcelo Kajech	1,050
8	Eduardo Kajech	1,050
9	Ramón Antun	1,050
10	Reserva	1,050
11	Reserva	1,050
12	Reserva	1,050

Demanda institucional proyectada		
ITEM	INSTITUCION	ENERGÍA (KWH/DÍA)
1	Escuela Bosque Alegre	1,188
2	Casa comunal Tuntiak	0,944
3	Oficina comunal	0,944
4	Cabaña turística	0,944
5	Centro de Salud	3,887

Total Carga Diaria	
Hora	Demanda
1	0,21
2	0,21
3	0,19
4	0,20
5	0,66
6	1,11
7	1,20
8	0,76
9	0,66
10	0,73
11	0,54
12	0,59
13	0,36
14	0,37
15	0,41
16	0,43
17	0,43
18	1,67
19	1,83
20	1,48
21	1,48
22	1,47
23	0,19
24	0,19
ENERGÍA (KWH/DÍA)	17,36

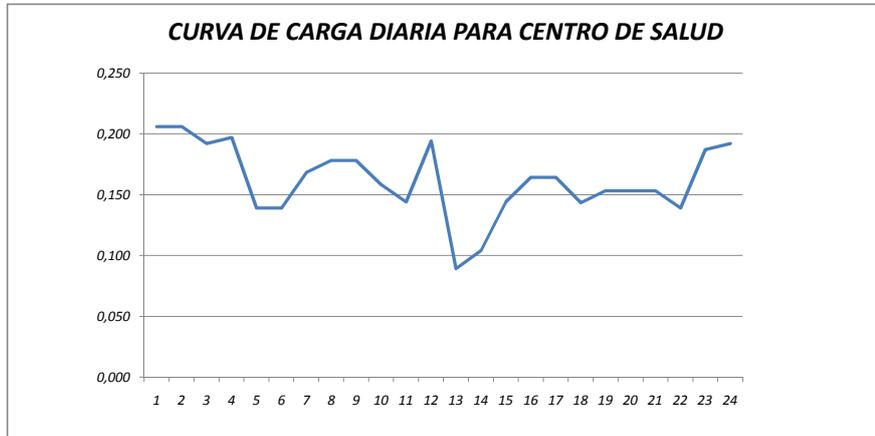
ANEXO 6.5: CURVA DE CARGA ESTIMADA DEL PROYECTO

6.5.6 - CURVA DE CARGA TOTAL DIARIA DE LA COMUNIDAD



ANEXO 6.5: CURVA DE CARGA ESTIMADA DEL PROYECTO

6.5.3.1 GRÁFICA DE CURVA



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

Tesis previo a la obtención del título de ingenieros

TEMA: "ANÁLISIS DE PRE-FACTIBILIDAD PARA EL USO DE PICO-CENTRALES
EN EL ORIENTE ECUATORIANO. APLICACIÓN A LAS COMUNIDADES
DE PUKAR Y TUNTIANK-ISIDORO"

6.5.7 INVERSIÓN DEL PROYECTO

Inversiones	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (US\$)	Costo Total (US\$)
Motor trifásico de inducción	1	U	326	326
Turbina Pelton	1	U	1055,55	1055,55
Tobera + inyector	1	U	288,18	288,18
Válvula de control	1	U	120	120
Controlador de carga	1	U	650	650
Tubería de presión	18	M	30	540
Tanque de presión	1	U	692,25	692,25
Casa de maquinas	1	U	211,69	211,69
Unidad de 12VDC	1	U	600	600
Mano de obra en construcción			4645	4645
costo de transporte				250
Capacitación	1	U	600	600
Varios			997,867	997,867
Red de distribución				16446,83
Total				27423,367

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

Tesis previo a la obtención del título de ingenieros

TEMA: "ANÁLISIS DE PRE-FACTIBILIDAD PARA EL USO DE PICO-CENTRALES EN EL ORIENTE ECUATORIANO. APLICACIÓN A LAS COMUNIDADES DE PUKAR Y TUNTIANK-ISIDORO"

6.5.7.1 VALOR RESIDUAL DE LOS EQUIPOS EN 15 AÑOS

Inversiones	cantidad	Vida Útil	costo total (US\$)	V residuo 15año
Motor trifásico de inducción	1	15	326	0
Turbina Pelton	1	10	1055,55	527,775
Tobera + inyector	1	10	288,18	144,09
Válvula de control	1	10	120	60
Controlador de carga	1	15	650	0
Tubería de presión	35	50	540	378
Tanque de presión	1	30	692,25	346,125
Casa de maquinas	1	15	211,69	0
Red de distribución	1	15	997,867	0
			Total	1455,99

Costos de Operación y M	Cantidad	Valor Unitario	Costo total (US\$)
Sueldo Operario semanal	1	60	60
Sueldo Técnico Diario	1	100	100
Transporte Técnico	2	20	40

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

Tesis previo a la obtención del título de ingenieros

TEMA: "ANÁLISIS DE PRE-FACTIBILIDAD PARA EL USO DE PICO-CENTRALES EN EL ORIENTE ECUATORIANO. APLICACIÓN A LAS COMUNIDADES DE PUKAR Y TUNTIANK-ISIDORO"

6.5.8 ANÁLISIS FINANCIERO

6.5.8.1 Aplicando pliego tarifario vigente

Análisis mediante aplicación del pliego tarifario

	Costo \$/kWh	Energía consumida [kWh- mes]	Reserva Energética %
Generación	0,058	520,701	0,52
Venta de Energ	0,0854	520,701	0,52

Flujo de Caja				
INGRESOS				
año	Incremento de la Demanda	Venta de Energía	Valor residual	Ingreso Total
0	0,00	0,00	0,00	0,00
1	6248,41	533,61	0,00	533,61
2	6560,83	560,30	0,00	560,30
3	6888,87	588,31	0,00	588,31
4	7233,32	617,73	0,00	617,73
5	7594,98	648,61	0,00	648,61
6	7974,73	681,04	0,00	681,04
7	8373,47	715,09	0,00	715,09
8	8792,14	750,85	0,00	750,85
9	9231,75	788,39	0,00	788,39
10	9693,34	827,81	0,00	827,81
11	10178,00	869,20	0,00	869,20
12	10686,90	912,66	0,00	912,66
13	11221,25	958,29	0,00	958,29
14	11782,31	1006,21	0,00	1006,21
15	12371,43	1056,52	1455,99	2512,51

EGRESOS

Pago Generador	Inversión	Materiales y Repuestos	Revisión Técnica	Operación y Mantenimiento
0,00	27423,367			0
362,41	0	10	0	720
380,53	0	10	0	720
399,55	0	10	0	720
419,53	0	10	240	720
440,51	0	10	0	720
462,53	0	10	0	720
485,66	0	10	240	720
509,94	0	10	0	720
535,44	0	10	0	720
562,21	1463,73	10	240	720
590,32	0	10	0	720
619,84	0	10	0	720
650,83	0	10	240	720
683,37	0	10	0	720
717,54	0	10	0	720

Costo total	Flujo de Caja
27.423,37	-27.423,37
1.092,41	-558,79
1.110,53	-550,23
1.129,55	-541,24
1.389,53	-771,81
1.170,51	-521,90
1.192,53	-511,49
1.455,66	-740,57
1.239,94	-489,10
1.265,44	-477,05
2.995,94	-2.168,13
1.320,32	-451,12
1.349,84	-437,18
1.620,83	-662,54
1.413,37	-407,16
1.447,54	1.064,97

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

Tesis previo a la obtención del título de ingenieros

TEMA: "ANÁLISIS DE PRE-FACTIBILIDAD PARA EL USO DE PICO-CENTRALES EN EL ORIENTE ECUATORIANO. APLICACIÓN A LAS COMUNIDADES DE PUKAR Y TUNTIANK-ISIDORO"

6.5.8.2 Análisis mediante la aplicación de aportes fijos de usuarios

	Crecimiento	Energía promedio despachada en el mes	Costo fijo Mensual
Demanda por Viviendas	5%	378	4,00
Demanda por Instituciones	5%	237,20	5,00

Flujo de Caja del Análisis Financiero Costo Fijo

INGRESOS

Demanda x Domesticas	Demanda x Instituciones	año	Venta de Energía	Valor residual
0	0	0	0	0
9	7	1	852,00	0
9	7	2	894,60	0
10	8	3	939,33	0
10	8	4	986,30	0
11	9	5	1035,61	0
11	9	6	1087,39	0
12	9	7	1141,76	0
13	10	8	1198,85	0
13	10	9	1258,79	0
14	11	10	1321,73	0
15	11	11	1387,82	0
15	12	12	1457,21	0
16	13	13	1530,07	0
17	13	14	1606,57	0
18	14	15	1686,90	1455,99

EGRESOS				
Ingreso Total	Pago Generador	Inversión	Materiales y Repuestos	Revisión Técnica
0,00	0,00	27423,367	0	0
852,00	362,41	0	10	0
894,60	380,53	0	10	0
939,33	399,55	0	10	0
986,30	419,53	0	10	240
1035,61	440,51	0	10	0
1087,39	462,53	0	10	0
1141,76	485,66	0	10	240
1198,85	509,94	0	10	0
1258,79	535,44	0	10	0
1321,73	562,21	1463,73	10	240
1387,82	590,32	0	10	0
1457,21	619,84	0	10	0
1530,07	650,83	0	10	240
1606,57	683,37	0	10	0
3142,89	717,54	0	10	0

Operación y Mantenimiento	Costo total	Flujo de Caja
0	27423,367	-27423,37
720	1092,41	-240,41
720	1110,53	-215,93
720	1129,55	-190,22
720	1389,53	-403,24
720	1170,51	-134,90
720	1192,53	-105,14
720	1455,66	-313,90
720	1239,94	-41,09
720	1265,44	-6,65
720	2995,94	-1674,21
720	1320,32	67,49
720	1349,84	107,37
720	1620,83	-90,76
720	1413,37	193,20
720	1447,54	1695,35

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

Tesis previo a la obtención del título de ingenieros

TEMA: "ANÁLISIS DE PRE-FACTIBILIDAD PARA EL USO DE PICO-CENTRALES
EN EL ORIENTE ECUATORIANO. APLICACIÓN A LAS COMUNIDADES
DE PUKAR Y TUNTIANK-ISIDORO"

6.5.9 Flujo de Caja del Análisis Económico

INGRESOS

año	Incremento del Suministro Energético	Transporte Salud	Transporte Educación	Valor residual
0	0	0	0	0
1	24400,68	540,00	792,00	0
2	24400,68	540,00	792,00	0
3	24400,68	540,00	792,00	0
4	24400,68	540,00	792,00	0
5	24400,68	540,00	792,00	0
6	24400,68	540,00	792,00	0
7	24400,68	540,00	792,00	0
8	24400,68	540,00	792,00	0
9	24400,68	540,00	792,00	0
10	24400,68	540,00	792,00	0
11	24400,68	540,00	792,00	0
12	24400,68	540,00	792,00	0
13	24400,68	540,00	792,00	0
14	24400,68	540,00	792,00	0
15	24400,68	540,00	792,00	1455,99

EGRESOS				
Beneficio Social Total	Pago Generador	Inversión	Materiales y Repuestos	Revisión Técnica
0	0	27423,367	0	0
25732,68	362,41	0	10	0
25732,68	362,41	0	10	0
25732,68	362,41	0	10	0
25732,68	362,41	0	10	240
25732,68	362,41	0	10	0
25732,68	362,41	0	10	0
25732,68	362,41	0	10	240
25732,68	362,41	0	10	0
25732,68	362,41	0	10	0
25732,68	362,41	1463,73	10	240
25732,68	362,41	0	10	0
25732,68	362,41	0	10	0
25732,68	362,41	0	10	240
25732,68	362,41	0	10	0
27188,67	362,41	0	10	0

Operación y Mantenimiento	Costo total	Flujo de Caja
0	27423,37	-27423,37
720	1082,41	24650,27
720	1082,41	24650,27
720	1082,41	24650,27
720	1082,41	24650,27
720	1082,41	24650,27
720	1082,41	24650,27
720	1082,41	24650,27
720	1082,41	24650,27
720	1082,41	24650,27
720	2546,14	23186,54
720	1082,41	24650,27
720	1082,41	24650,27
720	1082,41	24650,27
720	1082,41	24650,27
720	1082,41	26106,26

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

Tesis previo a la obtención del título de ingenieros

TEMA: "ANÁLISIS DE PRE-FACTIBILIDAD PARA EL USO DE PICO-CENTRALES EN EL ORIENTE ECUATORIANO. APLICACIÓN A LAS COMUNIDADES DE PUKAR Y TUNTIANK-ISIDORO"

6.5.10 INDICADORES ECONÓMICO FINANCIEROS

Análisis Costo / Beneficio Financiero

AÑOS	SPW	INGRESOS	INGRESOS ACTUALIZADOS	COSTOS	COSTOS ACTUALIZADOS
0	1	0,00	0,00	27423,37	27423,37
1	0,943	533,61	503,41	1092,41	1030,57
2	0,89	560,30	498,66	1110,53	988,37
3	0,84	588,31	493,96	1129,55	948,40
4	0,792	617,73	489,30	1389,53	1100,64
5	0,747	648,61	484,68	1170,51	874,67
6	0,705	681,04	480,11	1192,53	840,69
7	0,665	715,09	475,58	1455,66	968,10
8	0,627	750,85	471,09	1239,94	777,96
9	0,592	788,39	466,65	1265,44	749,01
10	0,558	827,81	462,25	2995,94	1672,92
11	0,527	869,20	457,88	1320,32	695,53
12	0,497	912,66	453,56	1349,84	670,83
13	0,469	958,29	449,29	1620,83	759,91
14	0,442	1006,21	445,05	1413,37	625,14
15	0,417	2512,51	1048,38	1447,54	604,01

Beneficio Valor Actual	7679,84
Inversión Valor Actual	27423,37
Contra beneficios VA	0,00
Costos de operación VA	13306,74
Valor Residual VA	607,53
Estudio # de años	15,00
Tasa social de descuento (%)	6,00

Relación C/B = (Beneficios - Contra beneficios - Costos Operación y Mantenimiento + Residual) / Inversión

Si C/B >=1 ACEPTAR

COSTO / BENEFICIO FINANCIERO -0,18

AÑOS	SPW	FLUJO DE CAJA	CAJA ACTUALIZADA
0	1	-27423,37	-27423,37
1	0,943	-558,79	-527,16
2	0,89	-550,23	-489,71
3	0,84	-541,24	-454,44
4	0,792	-771,81	-611,34
5	0,747	-521,90	-389,99
6	0,705	-511,49	-360,58
7	0,665	-740,57	-492,52
8	0,627	-489,10	-306,86
9	0,592	-477,05	-282,37
10	0,558	-2168,13	-1210,67
11	0,527	-451,12	-237,65
12	0,497	-437,18	-217,26
13	0,469	-662,54	-310,62
14	0,442	-407,16	-180,09
15	0,417	1064,97	444,37

VAN -33050,27
TIR #¡DIV/0!

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

Tesis previo a la obtención del título de ingenieros

TEMA: "ANÁLISIS DE PRE-FACTIBILIDAD PARA EL USO DE PICO-CENTRALES
EN EL ORIENTE ECUATORIANO. APLICACIÓN A LAS COMUNIDADES
DE PUKAR Y TUNTIANK-ISIDORO"

6.5.11. ANALISIS COSTO / BENEFICIO FINANCIERO "COSTO FIJO"

AÑOS	SPW	INGRESOS	INGRESOS ACTUALIZADOS	COSTOS	COSTOS ACTUALIZADOS
0	1	0,00	0,00	27423,37	27423,37
1	0,94	852,00	803,77	1092,41	1030,57
2	0,89	894,60	796,19	1110,53	988,37
3	0,84	939,33	788,68	1129,55	948,40
4	0,79	986,30	781,24	1389,53	1100,64
5	0,75	1035,61	773,87	1170,51	874,67
6	0,7	1087,39	766,57	1192,53	840,69
7	0,67	1141,76	759,34	1455,66	968,10
8	0,63	1198,85	752,17	1239,94	777,96
9	0,59	1258,79	745,08	1265,44	749,01
10	0,56	1321,73	738,05	2995,94	1672,92
11	0,53	1387,82	731,09	1320,32	695,53
12	0,5	1457,21	724,19	1349,84	670,83
13	0,47	1530,07	717,36	1620,83	759,91
14	0,44	1606,57	710,59	1413,37	625,14
15	0,42	3142,89	1311,42	1447,54	604,01

Beneficio Valor Actual	11899,59
Inversión Valor Actual	27423,37
Contra beneficios VA	0,00
Costos de operación VA	13306,74
Valor Residual VA	607,53
Estudio # de años	15,00
Tasa social de descuento (%)	6,00

Relación C/B = (Beneficios - Contra beneficios - Costos Operación y Mantenimiento + Residual) / Inversión

Si C/B >=1 ACEPTAR

COSTO / BENEFICIO FINANCIERO COSTO FIJO -0,03

AÑOS	SPW	FLUJO DE CAJA	CAJA ACTUALIZADA
0	1	-27423,37	-27423,37
1	0,94	-240,41	-226,80
2	0,89	-215,93	-192,18
3	0,84	-190,22	-159,72
4	0,79	-403,24	-319,40
5	0,75	-134,90	-100,80
6	0,7	-105,14	-74,12
7	0,67	-313,90	-208,76
8	0,63	-41,09	-25,78
9	0,59	-6,65	-3,94
10	0,56	-1674,21	-934,87
11	0,53	67,49	35,55
12	0,5	107,37	53,36
13	0,47	-90,76	-42,55
14	0,44	193,20	85,45
15	0,42	1695,35	707,41

VAN	-28830,51
TIR	#¡DIV/0!

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

Tesis previo a la obtención del título de ingenieros

TEMA: "ANÁLISIS DE PRE-FACTIBILIDAD PARA EL USO DE PICO-CENTRALES
EN EL ORIENTE ECUATORIANO. APLICACIÓN A LAS COMUNIDADES
DE PUKAR Y TUNTIANK-ISIDORO"

6.5.12. ANALISIS COSTO / BENEFICIO ECONÓMICO

AÑOS	SPW	BENEFICIO SOCIAL	BENEFICIO ACTUALIZADO	COSTOS SOCIALES	COSTOS ACTUALIZADOS
0	1	0	0	27423,37	27423,37
1	0,94	25732,68	24276,11	1082,41	1021,14
2	0,89	25732,68	22901,99	1082,41	963,34
3	0,84	25732,68	21605,65	1082,41	908,81
4	0,79	25732,68	20382,69	1082,41	857,37
5	0,75	25732,68	19228,96	1082,41	808,84
6	0,7	25732,68	18140,52	1082,41	763,05
7	0,67	25732,68	17113,70	1082,41	719,86
8	0,63	25732,68	16145,00	1082,41	679,12
9	0,59	25732,68	15231,13	1082,41	640,68
10	0,56	25732,68	14368,99	2546,14	1421,75
11	0,53	25732,68	13555,65	1082,41	570,20
12	0,5	25732,68	12788,35	1082,41	537,92
13	0,47	25732,68	12064,48	1082,41	507,48
14	0,44	25732,68	11381,59	1082,41	478,75
15	0,42	27188,67	11344,88	1082,41	451,65

Beneficio Valor Actual	250529,73
Inversión Valor Actual	27423,37
Contra beneficios VA	0,00
Costos de operación VA	11329,95
Valor Residual VA	607,53
Estudio # de años	15,00
Tasa social de descuento (%)	6,00

Relación C/B = (Beneficios - Contra beneficios - Costos Operación y Mantenimiento + Residual) / Inversión

Si C/B >=1 ACEPTAR

COSTO / BENEFICIO ECONOMICO 8,74

AÑOS	SPW	FLUJO DE CAJA	CAJA ACTUALIZADA
0	1	-27423,37	-27423,367
1	0,94	24650,27	23254,97368
2	0,89	24650,27	21938,65442
3	0,84	24650,27	20696,84379
4	0,79	24650,27	19525,32433
5	0,75	24650,27	18420,11729
6	0,7	24650,27	17377,46914
7	0,67	24650,27	16393,83882
8	0,63	24650,27	15465,88567
9	0,59	24650,27	14590,45818
10	0,56	23186,54	12947,24401
11	0,53	24650,27	12985,45584
12	0,5	24650,27	12250,43004
13	0,47	24650,27	11557,00947
14	0,44	24650,27	10902,83912
15	0,42	26106,26	10893,23104

VAN 211776,41

TIR 79%

ANEXO 6.6

COSTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN, COMUNIDAD DE PUKAR E ISIDORO

EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTRO SUR C. A.
DIRECCION DE DISTRIBUCION
DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCION ZONA 2

Versión
Julio 2008

Versión 05-1: Julio-08

DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCION

SECTOR: PUKAR

Tipo de obra: Electrificación Nueva

CANTÓN: TAISHA

PARROQUIA: TUUTINENTSA

PROVINCIA: MORONA SANTIAGO

INDICE:

	N° Hojas
Anexo A: Cabecera / Datos Generales	---
Anexo B: Caída de tensión en redes existentes	---
Anexo C: Caída de tensión en redes proyectadas	1
Anexo D: Conductor existente	---
Anexo E: Conductor proyectado	4
Anexo F: Resumen de conductor existente y proyectado	---
Anexo G: Medidores existentes	---
Anexo H: Redes existentes	---
Anexo i: Resumen de estructuras existentes	---
Anexo J: Estructuras y accesorios proyectados	---
Anexo K: Resumen de estructuras proyectadas	---
Anexo L: Mano de obra / Unidades constructivas	---
	<hr style="width: 100px; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> 5



**EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTRO SUR C. A.
DIRECCION DE DISTRIBUCION
DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCION ZONA 2**

Anexo A

Versión
Julio 2008
DMP

DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCION

SECTOR: **PUKAR** Tipo de obra: **Electrificación Nueva**
CANTÓN: **TAISHA** PARROQUIA: **TUUTINENTSA** PROVINCIA: **MORONA SANTIAGO**

Alimentador: [] Cliente tipo: **H** DMUp: 0,65 KVA Distancia en Km.: 9,60268
Factor Distancia: **1,0240**
Número de clientes: Actuales: Nuevos: 27 Total: 27

SISTEMA EXISTENTE

Número de transformadores: [] Potencia Total [KVA]:
Número KVA N° Fases ΔV máx. N° clientes Sección de arranque N° poste de arranque

Luminarias: Potencia Total [W]:

Mercurio S/F	Mercurio C/F	Sodio S/F	Sodio C/F
175 w: 175 w: 70 w: 70 w:	175 w: 175 w: 100 w: 100 w:	100 w: 100 w: 150 w: 150 w:	150 w: 150 w: 250 w: 250 w:
250 w: 250 w:	250 w: 250 w:	250 w: 250 w:	250 w: 250 w:
400 w: 400 w:	400 w: 400 w:	400 w: 400 w:	400 w: 400 w:

SISTEMA PROYECTADO

Número de transformadores: **4** Potencia Total [KVA]: **10,0**

	KVA	N° Fases	ΔV máx.	N° de clientes	
				Actuales	Nuevos
T-1	10	1F	3,96		27
T-2					
T-3					
T-4					

Luminarias: Potencia Total [W]:

Sodio S/F	Sodio C/F	Incremento de transform.	Cantidad:	4
70 w: 70 w:	70 w: 70 w:	Potencia:	10 KVA	
100 w: 100 w:	100 w: 100 w:	Incremento de luminarias	Cantidad:	
150 w: 150 w:	150 w: 150 w:	Potencia:	0 W	
250 w: 250 w:	250 w: 250 w:	W / cliente:		
400 w: 400 w:	400 w: 400 w:			

Km. de red:

	Media Tensión		Baja Tensión	
	Exist.	Proyect.	Exist.	Proyect.
1 fase		8,703		0,900
2 fases				0,900
3 fases				
Total		8,703		0,900

Incremento de redes [Km.]

Media Tensión	8,703
Baja Tensión	0,900

Puntos de seccionamiento:
Poste N° N° de fases Amperios

Arboles que serían talados durante la construcción
Especie Cantidad

Longitud total de conductor existente		m
Longitud total de conductor proyectado	19.493	m
Longitud total de conductor a reutilizar		m
% de Cond Reutilizado / Cond Existente		

OBSERVACIONES: Nombre de un representante de la comunidad (Pdte): **Octavio Nunink** Teléfono: **1400314264**

Diseñado por: []
Teléfonos: []
SIDE: []

Revisado por: []

Fecha: 6-Oct-10

EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTRO SUR C. A
DIRECCION DE DISTRIBUCION
DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCION ZONA 2

Anexo E

Hoja 1 de 4

T-1 Proy.

10 KVA

Versión 05-1: Julio-08

RESUMEN DE CONDUCTOR PROYECTADO

DISEÑADO POR:

FISCALIZADOR:

OBRA:

PUKAR / TUUTINENTSA

Poste		Longitud Vano [m]	Media Tensión	Baja Tensión	8 Cu.	6 Al.	4 Al.	2 Al.	1/0 Al.	2/0 Al.	3/0 Al.
Inicial	Final										
P0	P1	60		1x2(2)				120			
P0	P2	70		1x2(2)				140			
P2	P3	70		1x2(2)				140			
P3	P4	70		1x2(2)				140			
P4	P5	70		1x2(2)				140			
P5	P6	70		1x2(2)				140			
P6	P7	70		1x2(2)				140			
P7	P8	70		1x2(2)				140			
P8	P9	70		1x2(2)				140			
P9	P10	70		1x2(2)				140			
P10	P11	70		1x2(2)				140			
P11	P12	70		1x2(2)				140			
P12	P13	70		1x2(2)				140			
P0	P14	120	1x1/0(2)					120	120		
P14	P15	100	1x1/0(2)					100	100		
P15	P16	100	1x1/0(2)					100	100		
P16	P17	100	1x1/0(2)					100	100		
P17	P18	100	1x1/0(2)					100	100		
P18	P19	100	1x1/0(2)					100	100		
P19	P20	100	1x1/0(2)					100	100		
P20	P21	100	1x1/0(2)					100	100		
P21	P22	100	1x1/0(2)					100	100		
P22	P23	100	1x1/0(2)					100	100		
P23	P24	100	1x1/0(2)					100	100		
P24	P25	100	1x1/0(2)					100	100		
P25	P26	100	1x1/0(2)					100	100		
P26	P27	100	1x1/0(2)					100	100		
P27	P28	100	1x1/0(2)					100	100		
P28	P29	100	1x1/0(2)					100	100		
SUBTOTAL 1					-	-	-	3.420	1.620	-	-
OTROS ARREGLOS											
SUBTOTAL 2					-	-	-	3.420	1.620	-	-
Desperdicio								51	24		
TOTAL					-	-	-	3.471	1.644	-	-

FECHA: 6-Oct-2010

FIRMA

EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTRO SUR C. A
DIRECCION DE DISTRIBUCION
DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCION ZONA 2

Anexo E
 Hoja 2 de 4
T-2 Proy.
 KVA

Versión 05-1: Julio-08

RESUMEN DE CONDUCTOR PROYECTADO

DISEÑADO POR:

FISCALIZADOR:

OBRA:

PUKAR / TUUTINENTSA

Poste		Longitud Vano [m]	Media Tensión	Baja Tensión	8 Cu.	6 Al.	4 Al.	2 Al.	1/0 Al.	2/0 Al.	3/0 Al.
Inicial	Final										
P29	P30	100	1x1/0(2)					100	100		
P30	P31	178,3	1x1/0(2)					178,3	178,3		
P31	P32	93,51	1x1/0(2)					93,51	93,51		
P32	P33	93,51	1x1/0(2)					93,51	93,51		
P33	P34	100	1x1/0(2)					100	100		
P34	P35	100	1x1/0(2)					100	100		
P35	P36	100	1x1/0(2)					100	100		
P36	P37	100	1x1/0(2)					100	100		
P37	P38	133,16	1x1/0(2)					133,16	133,16		
P38	P39	100	1x1/0(2)					100	100		
P39	P40	100	1x1/0(2)					100	100		
P40	P41	100	1x1/0(2)					100	100		
P41	P42	100	1x1/0(2)					100	100		
P42	P43	100	1x1/0(2)					100	100		
P43	P44	100	1x1/0(2)					100	100		
P44	P45	100	1x1/0(2)					100	100		
P45	P46	100	1x1/0(2)					100	100		
P46	P47	100	1x1/0(2)					100	100		
P47	P48	100	1x1/0(2)					100	100		
P48	P49	100	1x1/0(2)					100	100		
P49	P50	100	1x1/0(2)					100	100		
P50	P51	100	1x1/0(2)					100	100		
P51	P52	100	1x1/0(2)					100	100		
P52	P53	100	1x1/0(2)					100	100		
P53	P54	100	1x1/0(2)					100	100		
P54	P55	100	1x1/0(2)					100	100		
P55	P56	100	1x1/0(2)					100	100		
P56	P57	100	1x1/0(2)					100	100		
P57	P58	100	1x1/0(2)					100	100		
SUBTOTAL 1					-	-	-	2.998	2.998	-	-
OTROS ARREGLOS											
SUBTOTAL 2					-	-	-	2.998	2.998	-	-
Desperdicio								45	45		
TOTAL					-	-	-	3.043	3.043	-	-

FECHA: 6-Oct-2010

FIRMA

EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTRO SUR C. A
DIRECCION DE DISTRIBUCION
DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCION ZONA 2

Anexo E
 Hoja 3 de 4
T-3 Proy.
 KVA

Versión 05-1: Julio-08

RESUMEN DE CONDUCTOR PROYECTADO

DISEÑADO POR:
 FISCALIZADOR:



OBRA: **PUKAR / TUUTINENTSA**

Poste		Longitud Vano [m]	Media Tensión	Baja Tensión	8 Cu.	6 Al.	4 Al.	2 Al.	1/0 Al.	2/0 Al.	3/0 Al.
Inicial	Final										
P58	P59	100	1x1/0(2)					100	100		
P59	P60	100	1x1/0(2)					100	100		
P60	P61	100	1x1/0(2)					100	100		
P61	P62	100	1x1/0(2)					100	100		
P62	P63	100	1x1/0(2)					100	100		
P63	P64	100	1x1/0(2)					100	100		
P64	P65	100	1x1/0(2)					100	100		
P65	P66	100	1x1/0(2)					100	100		
P66	P67	100	1x1/0(2)					100	100		
P67	P68	100	1x1/0(2)					100	100		
P68	P69	100	1x1/0(2)					100	100		
P69	P70	100	1x1/0(2)					100	100		
P70	P71	100	1x1/0(2)					100	100		
P71	P72	100	1x1/0(2)					100	100		
P72	P73	100	1x1/0(2)					100	100		
P73	P74	100	1x1/0(2)					100	100		
P74	P75	100	1x1/0(2)					100	100		
P75	P76	100	1x1/0(2)					100	100		
P76	P77	100	1x1/0(2)					100	100		
P77	P78	100	1x1/0(2)					100	100		
P78	P79	100	1x1/0(2)					100	100		
P79	P80	100	1x1/0(2)					100	100		
P80	P81	100	1x1/0(2)					100	100		
P81	P82	100	1x1/0(2)					100	100		
P82	P83	100	1x1/0(2)					100	100		
P83	P84	100	1x1/0(2)					100	100		
P84	P85	100	1x1/0(2)					100	100		
P85	P86	100	1x1/0(2)					100	100		
P86	P87	100	1x1/0(2)					100	100		
SUBTOTAL 1					-	-	-	2.900	2.900	-	-
OTROS ARREGLOS											
SUBTOTAL 2					-	-	-	2.900	2.900	-	-
Desperdicio								44	44		
TOTAL					-	-	-	2.944	2.944	-	-

FECHA: 6-Oct-2010

FIRMA



INGRESO DE DATOS			T-1	
Poste		Longitud Vano [m]	M.T.	B.T.
Inicial	Final		Código	
P0	P1	60		122
P0	P2	70		122
P2	P3	70		122
P3	P4	70		122
P4	P5	70		122
P5	P6	70		122
P6	P7	70		122
P7	P8	70		122
P8	P9	70		122
P9	P10	70		122
P10	P11	70		122
P11	P12	70		122
P12	P13	70		122
P0	P14	120	1102	
P14	P15	100	1102	
P15	P16	100	1102	
P16	P17	100	1102	
P17	P18	100	1102	
P18	P19	100	1102	
P19	P20	100	1102	
P20	P21	100	1102	
P21	P22	100	1102	
P22	P23	100	1102	
P23	P24	100	1102	
P24	P25	100	1102	
P25	P26	100	1102	
P26	P27	100	1102	
P27	P28	100	1102	
P28	P29	100	1102	

EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTRO SUR C. A
DIRECCION DE DISTRIBUCION
DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCION ZONA 2

Versión 05-1: Julio-08

Hoja ÚNICA

RESUMEN GENERAL DE CONDUCTOR EXISTENTE Y PROYECTADO

DISEÑADO POR:

FISCALIZADOR:

OBRA:

PUKAR / TUUTINENTSA

8	6	4	2	1/0	2/0	3/0
Cu.	Al.	Al.	Al.	Al.	Al.	Al.

Conductor proyectado	Sin desperdicio	-	-	-	10.502	8.702	-	-
	Desperdicio	-	-	-	158	131	-	-
	TOTAL	-	-	-	10.660	8.833	-	-

Egreso de bodega				10.660	8.833		
Por reutilizar							

Conductor existente	Bueno							
	Malo							
	Por reingresar							

OBSERVACIONES:

.....

.....

.....

FECHA:

6-Oct-2010

.....

Diseñador

.....

Revisado por

-

3204	3x2/0(4)
330-	3x3/0(-)
33010	3x3/0(1/0)
3302	3x3/0(2)
33020	3x3/0(2/0)
34	3x4
34-	3x4(-)
344	3x4(4)
36	3x6
38	3x8



**6.3.1 INFORME ECONÓMICO
DEL RAMAL EN MEDIA
TENSIÓN TUNTIAK.**

EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTRO SUR C. A
DIRECCION DE DISTRIBUCION
DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCION ZONA 2

Anexo F

Versión 05-1: Julio-08

Hoja ÚNICA

RESUMEN GENERAL DE CONDUCTOR EXISTENTE Y PROYECTADO

DISEÑADO POR:

FISCALIZADOR:

OBRA:

Tuntiak - Isidoro / Sevilla Don Bosco

8	6	4	2	1/0	2/0	3/0
Cu.	Al.	Al.	Al.	Al.	Al.	Al.

Conductor proyectado	Sin desperdicio	-	-	-	1.547	707	-	-
	Desperdicio	-	-	-	23	11	-	-
	TOTAL	-	-	-	1.570	718	-	-

Egreso de bodega				1.570	718		
Por reutilizar							

Conductor existente	Bueno						
	Malo						
	Por reingresar						

OBSERVACIONES:

.....

FECHA:

6-Oct-2010

TOTAL

TOTAL

TOTAL

TOTAL

TOTAL

TOTAL

TOTAL

Código	Arreglo
110	1x1/0
110-	1x1/0(-)
11010	1x1/0(1/0)
1102	1x1/0(2)
1104	1x1/0(4)
12	1x2
12-	1x2(-)
122	1x2(2)
124	1x2(4)
120	1x2/0
120-	1x2/0(-)
12010	1x2/0(1/0)
1202	1x2/0(2)
1204	1x2/0(4)
130-	1x3/0(-)
13010	1x3/0(1/0)
1302	1x3/0(2)
13020	1x3/0(2/0)
14	1x4
14-	1x4(-)
144	1x4(4)
16	1x6
16-	1x6(-)
166	1x6(6)
18	1x8
18-	1x8(-)
188	1x8(8)
210	2x1/0
210-	2x1/0(-)
21010	2x1/0(1/0)
2102	2x1/0(2)
2104	2x1/0(4)
22	2x2
22-	2x2(-)
222	2x2(2)
224	2x2(4)
220	2x2/0
220-	2x2/0(-)
22010	2x2/0(1/0)
2202	2x2/0(2)
2204	2x2/0(4)

F
I
N
D
E
L
A
H
O
J
A

**6.3.2 INFORME ECONÓMICO
DEL RAMAL EN MEDIA
TENSION ISIDORO.**



EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTRO SUR C. A
DIRECCION DE DISTRIBUCION
DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCION ZONA 2

Versión 05-1: Julio-08

Hoja ÚNICA

RESUMEN GENERAL DE CONDUCTOR EXISTENTE Y PROYECTADO

DISEÑADO POR:

FISCALIZADOR:

OBRA: **Tuntiak - Isidoro / Sevilla Don Bosco**

8	6	4	2	1/0	2/0	3/0
Cu.	Al.	Al.	Al.	Al.	Al.	Al.

Conductor proyectado	Sin desperdicio	-	-	-	1.598	318	-	-
	Desperdicio	-	-	-	24	5	-	-
	TOTAL	-	-	-	1.622	323	-	-

Egreso de bodega				1.622	323		
Por reutilizar							

Conductor existente	Bueno						
	Malo						
	Por reingresar						

OBSERVACIONES:

.....

FECHA: 7-Oct-2010

Revisado por

TOTAL

TOTAL

TOTAL

TOTAL

TOTAL

TOTAL

TOTAL

TOTAL

Código	Arreglo
110	1x1/0
110-	1x1/0(-)
11010	1x1/0(1/0)
1102	1x1/0(2)
1104	1x1/0(4)
12	1x2
12-	1x2(-)
122	1x2(2)
124	1x2(4)
120	1x2/0
120-	1x2/0(-)
12010	1x2/0(1/0)
1202	1x2/0(2)
1204	1x2/0(4)
130-	1x3/0(-)
13010	1x3/0(1/0)
1302	1x3/0(2)
13020	1x3/0(2/0)
14	1x4
14-	1x4(-)
144	1x4(4)
16	1x6
16-	1x6(-)
166	1x6(6)
18	1x8
18-	1x8(-)
188	1x8(8)
210	2x1/0
210-	2x1/0(-)
21010	2x1/0(1/0)
2102	2x1/0(2)
2104	2x1/0(4)
22	2x2
22-	2x2(-)
222	2x2(2)
224	2x2(4)
220	2x2/0
220-	2x2/0(-)
22010	2x2/0(1/0)
2202	2x2/0(2)
2204	2x2/0(4)
230-	2x3/0(-)
23010	2x3/0(1/0)
2302	2x3/0(2)
23020	2x3/0(2/0)
24	2x4

F
I
N
D
E
L
A
H
O
J
A



EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTRO SUR C. A.
DIRECCION DE DISTRIBUCION
DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCION ZONA 2

RESUMEN DE ESTRUCTURAS Y EQUIPOS

Localidad
Parroq/Cantón

Tuntiak - Isidoro
 Sevilla Don Bosco / Morona

Poste	Media T.	Baja T.	Tensores	Luminaria	Transform.
P 1					
P 2					
P 3					
P 4					
P 5					
P 6					
P 7					
P 8					
P 9					
P 10					
P 11					
P 12					
P 13					
P 14					
P 15	UR	E1+2(E2)	TA+TB		1
P 16		E2	TTB		
P 17		E2			
P 18		E2	TTB		
P 19		E2			
P 20		E2	TB		
P 21		E2	TTB		
P 22		E2	TTB		
P 23		E2	TTB		
P 24	UP	E1			
P 25	UP2	E1	TTA+TTB		
P 26	UA	E1	TTA+TTB		
P 27	UR	E1	TA+TB		1
P 28					
P 29					
P					
P 30					
P 31					
P 32					
P 33					
P 34					
P 35					
P 36					
P 37					
P 38					
P 39					
P 40					
P 41					
P 42					
P 43					
P 44					
P 45					

Fecha: 07-Oct-10

Diseñador: _____

Revisado por: _____

**6.6.1 INFORME ECONÓMICO
DE LA RED EN BAJA
TENSIÓN TUNTIAK -
ISIDORO.**



INGRESO DE DATOS T-1

Poste		Longitud Vano [m]	M.T.	B.T.
Inicial	Final		Código	
P1	P18	100	1102	
P18	P19	100	1102	
P19	P20	100	1102	
P20	P21	100	1102	
P21	P22	100	1102	
P22	P23	100	1102	
P23	P24	85	1102	
P24	P25	85	1102	
P25	P26	100	1102	
P26	P27	100	1102	
P27	P28	100	1102	
P28	P29	100	1102	
P29	P30	100	1102	
P30	P31	100	1102	
P31	P32	100	1102	
P32	P33	100	1102	
P33	P34	75	1102	
P34	P35	75	1102	
P35	P36	62	1102	
P36	P37	62	1102	
P37	P38	68	1102	
P38	P39	100	1102	
P39	P9	100	1102	
P31	P40	100	1102	
P40	P41	100	1102	
P41	P42	100	1102	
P42	P43	100	1102	
P43	P44	100	1102	
P44	P45	100	1102	





EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTRO SUR C. A
DIRECCION DE DISTRIBUCION
DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCION ZONA 2

Versión 05-1: Julio-08

Hoja ÚNICA

RESUMEN GENERAL DE CONDUCTOR EXISTENTE Y PROYECTADO

DISEÑADO POR:

FISCALIZADOR:

OBRA: **Tuntiak - Isidoro / Sevilla Don Bosco**

8	6	4	2	1/0	2/0	3/0
Cu.	Al.	Al.	Al.	Al.	Al.	Al.

Conductor proyectado	Sin desperdicio	-	-	-	22.588	22.588	-	-
	Desperdicio	-	-	-	339	339	-	-
	TOTAL	-	-	-	22.927	22.927	-	-

Egreso de bodega				22.927	22.927		
Por reutilizar							

Conductor existente	Bueno						
	Malo						
	Por reingresar						

OBSERVACIONES:

FECHA: 7-Oct-2010

Diseñador

Revisado por

TOTAL

TOTAL

TOTAL

TOTAL

TOTAL

TOTAL

TOTAL

TOTAL

Código	Arreglo
110	1x1/0
110-	1x1/0(-)
11010	1x1/0(1/0)
1102	1x1/0(2)
1104	1x1/0(4)
12	1x2
12-	1x2(-)
122	1x2(2)
124	1x2(4)
120	1x2/0
120-	1x2/0(-)
12010	1x2/0(1/0)
1202	1x2/0(2)
1204	1x2/0(4)
130-	1x3/0(-)
13010	1x3/0(1/0)
1302	1x3/0(2)
13020	1x3/0(2/0)
14	1x4
14-	1x4(-)
144	1x4(4)
16	1x6
16-	1x6(-)
166	1x6(6)
18	1x8
18-	1x8(-)
188	1x8(8)
210	2x1/0
210-	2x1/0(-)
21010	2x1/0(1/0)
2102	2x1/0(2)
2104	2x1/0(4)
22	2x2
22-	2x2(-)
222	2x2(2)
224	2x2(4)
220	2x2/0
220-	2x2/0(-)
22010	2x2/0(1/0)
2202	2x2/0(2)
2204	2x2/0(4)
230-	2x3/0(-)
23010	2x3/0(1/0)
2302	2x3/0(2)
23020	2x3/0(2/0)
24	2x4
24-	2x4(-)
244	2x4(4)

**F
I
N
D
E
L
A
H
O
J
A**



26	2x6
28	2x8
288	2x8(8)
310	3x1/0
310-	3x1/0(-)
31010	3x1/0(1/0)
3102	3x1/0(2)
3104	3x1/0(4)
32	3x2
32-	3x2(-)



3204	3x2/0(4)
330-	3x3/0(-)
33010	3x3/0(1/0)
3302	3x3/0(2)
33020	3x3/0(2/0)
34	3x4
34-	3x4(-)
344	3x4(4)
36	3x6
38	3x8



**EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTRO SUR C. A.
DIRECCION DE DISTRIBUCION
DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCION ZONA 2**

Version 05-1-Julio-08

PROYECTADO

DESGLOSE DE ACCESORIOS Y ESTRUCTURAS EN CADA POSTE DEL PROYECTO

Localidad: Tuntiak - Isidoro
Parroq/Cantón: Sevilla Don Bosco / Morona

Diseñador: _____
Fiscalizador: _____

Hoja 1a

Número en el plano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Estructura en Media Tensión																													
Estructura en Baja Tensión																		UP	UR2	UP	UP	UP	UP2	UP	UP	UP	UP	UP	UP
Tensores																			TTA+TB				TA+TB						
Luminaria [W]																													
Transformador [KVA]																													
Seccionamiento																													

Código	U	Descripción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	Subtotal	Total General	Por realizar
02 10 68 03	U.	Retención pref. para alum. 2																		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	215	*	
02 10 68 05	U.	Retención pref. para alum. 1/0																		1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	14	223	*	

Hoja 1b

Número en el plano	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
Estructura en Media Tensión	UP	UP+UR	UP	UP	UP	UP	UP	UP2	UP2	UP	UP	UP	UP	UP2	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UA	UP	UP	UP	UP	UP	UP2	UP	UP
Estructura en Baja Tensión	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Tensores		TA+TB						TTA+TB	TTA+TB					TA+TB						TA+TB		TA+TB					TA+TB		
Luminaria [W]																													
Transformador [KVA]																													
Seccionamiento		2																											

Código	U	Descripción	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	Subtotal	Acumul.
02 10 68 03	U.	Retención pref. para alum. 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	29	41	
02 10 68 05	U.	Retención pref. para alum. 1/0	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	34	48	

**EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTRO SUR C. A.
DIRECCION DE DISTRIBUCION
DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCION ZONA 2**

Version 05-1 - Julio-08

PROYECTADO

DESGLOSE DE ACCESORIOS Y ESTRUCTURAS EN CADA POSTE DEL PROYECTO

Localidad: Tuntlak - Isidoro
Parroq/Cantón: Sevilla Don Bosco / Morona

Diseñador: _____
Fiscalizador: _____

Hoja 2a

Número en el plano	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87
Estructura en Media Tensión	UP	UP	UP	UP2	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP											
Estructura en Baja Tensión	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Tensores				TA+TB												TA+TB													TA+TB
Luminaria [W]																													
Transformador [KVA]																													
Seccionamiento																													

Código	U	Descripción	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	Subtotal	Acumul.	
02 10 68 03	U.	Retención pref. para alum. 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	29	70
02 10 68 05	U.	Retención pref. para alum. 1/0	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	30	78

Hoja 2b

Número en el plano	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116
Estructura en Media Tensión	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP												
Estructura en Baja Tensión	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1												
Tensores																													
Luminaria [W]																													
Transformador [KVA]																													
Seccionamiento																													

Código	U	Descripción	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	Subtotal	Acumul.	
02 10 68 03	U.	Retención pref. para alum. 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	29	99	
02 10 68 05	U.	Retención pref. para alum. 1/0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	29	107

**EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTRO SUR C. A.
DIRECCION DE DISTRIBUCION
DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCION ZONA 2**

Version 05-1-Julio-08

PROYECTADO

DESGLOSE DE ACCESORIOS Y ESTRUCTURAS EN CADA POSTE DEL PROYECTO

Localidad: Tuntiak - Isidoro
Parroq/Cantón: Sevilla Don Bosco / Morona

Diseñador: _____
Fiscalizador: _____

Hoja 3a

Número en el plano		117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145
Estructura en Media Tensión		UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP
Estructura en Baja Tensión		E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Tensores		TA+TB																												
Luminaria [W]																														
Transformador [KVA]																														
Seccionamiento																														

Código	U	Descripción	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	Subtotal	Acumul.	
02 10 68 03	U.	Retención pref. para alum. 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	29	128
02 10 68 05	U.	Retención pref. para alum. 1/0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	29	136

Hoja 3b

Número en el plano		146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	
Estructura en Media Tensión		UP	UA	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP																				
Estructura en Baja Tensión		E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1																						
Tensores																							TA+TB								
Luminaria [W]																															
Transformador [KVA]																															
Seccionamiento																															

Código	U	Descripción	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	Subtotal	Acumul.
02 10 68 03	U.	Retención pref. para alum. 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	29	157
02 10 68 05	U.	Retención pref. para alum. 1/0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	29	165

**EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTRO SUR C. A.
DIRECCION DE DISTRIBUCION
DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCION ZONA 2**

Version 05-1 - Julio-08

PROYECTADO

DESGLOSE DE ACCESORIOS Y ESTRUCTURAS EN CADA POSTE DEL PROYECTO

Localidad: Tuntiak - Isidoro
Parroq/Cantón: Sevilla Don Bosco / Morona

Diseñador: _____
Fiscalizador: _____

Hoja 4a

Número en el plano		175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203
Estructura en Media Tensión	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP
Estructura en Baja Tensión	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Tensores																														
Luminaria [W]																														
Transformador [KVA]																														
Seccionamiento																														

Código	U	Descripción	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	Subtotal	Acumul.
02 10 68 03	U.	Retención pref. para alum. 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	29	186
02 10 68 05	U.	Retención pref. para alum. 1/0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	29	194

Hoja 4b

Número en el plano		204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232
Estructura en Media Tensión	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP	UP
Estructura en Baja Tensión	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Tensores																														
Luminaria [W]																														
Transformador [KVA]																														
Seccionamiento																														

Código	U	Descripción	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	Subtotal	Acumul.
02 10 68 03	U.	Retención pref. para alum. 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	29	215	
02 10 68 05	U.	Retención pref. para alum. 1/0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	29	223	

**EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTRO SUR C. A.
DIRECCION DE DISTRIBUCION
DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCION ZONA 2**

Versión

RESUMEN DE ESTRUCTURAS Y EQUIPOS

Localidad

Tuntiak - Isidoro

Hoja 1 de 5

Parroq/Cantón

Sevilla Don Bosco / Morona

Poste	Media T.	Baja T.	Tensores	Luminaria	Transform.	Seccionam.
P 1						
P 2						
P 3						
P 4						
P 5						
P 6						
P 7						
P 8						
P 9						
P 10						
P 11						
P 12						
P 13						
P 14						
P 15						
P 16						
P 17						
P 18	UP	E1				
P 19	UR2	E1	TTA+TTB			
P 20	UP	E1				
P 21	UP	E1				
P 22	UP	E1				
P 23	UP2	E1	TA+TB			
P 24	UP	E1				
P 25	UP	E1				
P 26	UP	E1				
P 27	UP	E1				
P 28	UP	E1				
P 29	UP	E1				
P						
P 30	UP	E1				
P 31	UP+UR	E1	TA+TB			2
P 32	UP	E1				
P 33	UP	E1				
P 34	UP	E1				
P 35	UP	E1				
P 36	UP	E1				
P 37	UP2	E1	TTA+TTB			
P 38	UP2	E1	TTA+TTB			
P 39	UP	E1				
P 40	UP	E1				
P 41	UP	E1				
P 42	UP	E1				
P 43	UP2	E1	TA+TB			
P 44	UP	E1				
P 45	UP	E1				

Fecha: 07-Oct-10

Diseñador: _____

Revisado por: _____

**EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTRO SUR C. A.
DIRECCION DE DISTRIBUCION
DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCION ZONA 2**

Versión 05-1: Julio-08

RESUMEN DE ESTRUCTURAS Y EQUIPOS

Localidad

Tuntiak - Isidoro

Hoja 2 de 5

Parroq/Cantón

Sevilla Don Bosco / Morona

Poste	Media T.	Baja T.	Tensores	Luminaria	Transform.	Seccionam.
P 46	UP	E1				
P 47	UP	E1				
P 48	UP	E1				
P 49	UA	E1	TA+TB			
P 50	UP	E1				
P 51	UA	E1	TA+TB			
P 52	UP	E1				
P 53	UP	E1				
P 54	UP	E1				
P 55	UP	E1				
P 56	UP2	E1	TA+TB			
P 57	UP	E1				
P 58	UP	E1				
P						
P 59	UP	E1				
P 60	UP	E1				
P 61	UP	E1				
P 62	UP2	E1	TA+TB			
P 63	UP	E1				
P 64	UP	E1				
P 65	UP	E1				
P 66	UP	E1				
P 67	UP	E1				
P 68	UP	E1				
P 69	UP	E1				
P 70	UP	E1				
P 71	UP	E1				
P 72	UP	E1				
P 73	UP	E1				
P 74	UP	E1	TA+TB			
P 75	UP	E1				
P 76	UP	E1				
P 77	UP	E1				
P 78	UP	E1				
P 79	UP	E1				
P 80	UP	E1				
P 81	UP	E1				
P 82	UP	E1				
P 83	UP	E1				
P 84	UP	E1				
P 85	UP	E1				
P 86	UP2	E1	TA+TB			
P 87	UP	E1				
P						
P 88	UP	E1				
P 89	UP	E1				

Fecha: 07-Oct-10

Diseñador: _____

Revisado por: _____

**EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTRO SUR C. A.
DIRECCION DE DISTRIBUCION
DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCION ZONA 2**

Versión 05-1: Julio-08

RESUMEN DE ESTRUCTURAS Y EQUIPOS

Localidad

Tuntiak - Isidoro

Hoja 3 de 5

Parroq/Cantón

Sevilla Don Bosco / Morona

Poste	Media T.	Baja T.	Tensores	Luminaria	Transform.	Seccionam.
P 90	UP	E1				
P 91	UP	E1				
P 92	UP	E1				
P 93	UP	E1				
P 94	UP	E1				
P 95	UP	E1				
P 96	UP	E1				
P 97	UP	E1				
P 98	UP	E1				
P 99	UP	E1				
P 100	UP	E1				
P 101	UP	E1				
P 102	UP	E1				
P 103	UP	E1				
P 104	UP	E1				
P 105	UP	E1				
P 106	UP	E1				
P 107	UP	E1				
P 108	UP	E1				
P 109	UP	E1				
P 110	UP	E1				
P 111	UP	E1				
P 112	UP	E1				
P 113	UP	E1				
P 114	UP	E1				
P 115	UP	E1				
P 116	UP	E1				
P						
P 117	UP	E1	TA+TB			
P 118	UP	E1				
P 119	UP	E1				
P 120	UP	E1				
P 121	UP	E1				
P 122	UP	E1				
P 123	UP	E1				
P 124	UP	E1				
P 125	UP	E1				
P 126	UP	E1				
P 127	UP	E1				
P 128	UP	E1				
P 129	UP	E1				
P 130	UP	E1				
P 131	UP	E1				
P 132	UP	E1				
P 133	UP	E1				
P 134	UP	E1				

Fecha: 07-Oct-10

Diseñador: _____

Revisado por: _____

**EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTRO SUR C. A.
DIRECCION DE DISTRIBUCION
DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCION ZONA 2**

Versión 05-1: Julio-08

RESUMEN DE ESTRUCTURAS Y EQUIPOS

Localidad

Tuntiak - Isidoro

Hoja 4 de 5

Parroq/Cantón

Sevilla Don Bosco / Morona

Poste	Media T.	Baja T.	Tensores	Luminaria	Transform.	Seccionam.
P 135	UP	E1				
P 136	UP	E1				
P 137	UP	E1				
P 138	UP	E1				
P 139	UP	E1				
P 140	UP	E1				
P 141	UP	E1				
P 142	UP	E1				
P 143	UP	E1				1
P 144	UP	E1				
P 145	UP	E1				
P						
P 146	UP	E1				
P 147	UP	E1				
P 148	UP	E1				
P 149	UP	E1				
P 150	UP	E1				
P 151	UP	E1				
P 152	UP	E1				
P 153	UP	E1				
P 154	UP	E1				
P 155	UP	E1				
P 156	UP	E1				
P 157	UP	E1				
P 158	UP	E1				
P 159	UP	E1				
P 160	UP	E1				
P 161	UP	E1				
P 162	UP	E1				
P 163	UP	E1				
P 164	UP	E1				
P 165	UP	E1				
P 166	UA	E1	TA+TB			
P 167	UP	E1				
P 168	UP	E1				
P 169	UP	E1				
P 170	UP	E1				
P 171	UP	E1				
P 172	UP	E1				
P 173	UP	E1				
P 174	UP	E1				
P						
P 175	UP	E1				
P 176	UP	E1				
P 177	UP	E1				
P 178	UP	E1				

Fecha: 07-Oct-10

Diseñador: _____

Revisado por: _____

**EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTRO SUR C. A.
DIRECCION DE DISTRIBUCION
DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCION ZONA 2**

Versión 05-1: Julio-08

RESUMEN DE ESTRUCTURAS Y EQUIPOS

Localidad

Tuntiak - Isidoro

Hoja 5 de 5

Parroq/Cantón

Sevilla Don Bosco / Morona

Poste	Media T.	Baja T.	Tensores	Luminaria	Transform.	Seccionam.
P 179	UP	E1				
P 180	UP	E1				
P 181	UP	E1				
P 182	UP	E1				
P 183	UP	E1				
P 184	UP	E1				
P 185	UP	E1				
P 186	UP	E1				
P 187	UP	E1				
P 188	UP	E1				
P 189	UP	E1				
P 190	UP	E1				
P 191	UP	E1				
P 192	UP	E1				
P 193	UP	E1				
P 194	UP	E1				
P 195	UP	E1				
P 196	UP	E1				
P 197	UP	E1				
P 198	UP	E1				
P 199	UA	E1	TA+TB			
P 200	UP	E1				
P 201	UP	E1				
P 202	UP	E1				
P 203	UP	E1				
P						
P 204	UP	E1				
P 205	UP	E1				
P 206	UP	E1				
P 207	UP	E1				
P 208	UP	E1				
P 209	UP	E1				
P 210	UP	E1				
P 211	UP	E1				
P 212	UP	E1				
P 213	UP	E1				
P 214	UP	E1				
P 215	UP	E1				
P 216	UP	E1				
P 217	UP	E1				
P 218	UP	E1				
P 219	UP	E1				
P 220	UP	E1				
P 221	UP	E1				
P 222	UP	E1				
P 223	UP	E1				

Fecha: 07-Oct-10

Diseñador: _____

Revisado por: _____

BIBLIOGRAFÍA

PHILLIP Maher and NIGEL Smith, *ITDG, Manual PICO HYDRO FOR VILLAGE POWER, 2001*

BUSTAMANTE Cabrera y ARIAS Cristian, *Diseño y construcción de una turbina Pelton para generación eléctrica, capacidad 2 Kw*, Tesis U.P.S Carrera de ingeniería eléctrica, Cuenca, 2008.

AVILA Manolo, *Estudio de electrificación del sector Yaupi en la provincia de Morona Santiago, utilizando paneles solares*, Tesis U.P.S Carrera de ingeniería eléctrica, Cuenca, 2003.

MARIN UREÑA Juan Miguel, *Estudio de costos de instalación de sistemas pico y micro hidroeléctrico (100 W a 100 kW)*, Universidad de Costa Rica, Junio de 2007

AGUILAR Eduardo, *Notificación obligatoria de enfermedades form. EPI-1 Y EPI-2 y programas*, EPIDEMIOLOGIA – MSP, Ecuador 2000

HARVEY A, *'Micro Hydro Design Manual,' Intermediate Technology Publications 1993.*

MANLIO F. Coviello Economic Affairs Officer Natural Resources and Infrastructure Division ECLAC, *Energías Renovables en América Latina y el Caribe: Barreras y Avances*, United Nations

Datos técnicos proporcionados por la **Empresa Eléctrica Regional Centro Sur**

Cartografía proporcionada por el **Consejo Provincial de Morona Santiago**

Precios de los componentes baterías, inversor y controlador de carga.

<http://www.nrel.gov/docs/fy99osti/26224.pdf>

Controlador de carga:

http://www.microhydropower.net/mhp_group/portegijs/humbird/humb_main.html.

Catalogo motores

https://www.swe.siemens.com/spain/internet/webs/areas/productos/Documents/catalogod81.1a2007es_1470521.pdf

Especificaciones para tubería de presión

[http://www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/Aguas/PerdidaCarga.htm#Scobey \(1931\)](http://www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/Aguas/PerdidaCarga.htm#Scobey (1931))

<http://www.jjcoopsa.com.mx/reglamweb/ihtcas/nortecom2I223.htm>