



---

---

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**INGENIERIA ELECTRICA**



**MEMORIA LABORAL**  
**PETENG**

**“ALTERNATIVAS DE ELECTRICIDAD RURAL EN LA**  
**AMAZONIA”**

**Postulante** : Univ. Marco Antonio Flores Juaniquina  
**Tutor** : Ing. Alex Jamil Pareja Arancibia

**LA PAZ – BOLIVIA**

**Diciembre - 2019**



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE INGENIERIA**



**LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.**

**LICENCIA DE USO**

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

**TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.**



---

---

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**CARRERA DE INGENIERIA ELECTRICA**

**Proyecto de Grado:**

**“ALTERNATIVAS DE ELECTRICIDAD RURAL EN LA  
AMAZONIA”**

**Presentado por:**

**Universitario MARCO ANTONIO FLORES JUANQUINA**

**Para optar el grado académico de Ingeniero Eléctrico**

**Nota numeral:** .....

**Nota literal:** .....

**Ha sido aprobado como:** .....

**Ing. Rodmy Adalid Miranda Ordoñez**

**Director de Carrera Ingeniería Eléctrica**

**Tutor : Ing. Alex Jamil Pareja Arancibia**

**Tribunal : Ing. Walter Ramírez Criales**

**: Ing. Gonzalo Oscar Eulate Choque**

**: Ing. Rómulo Felipe Encinas Laguna**

**FECHA : 02 de diciembre de 2019**



---

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente proyecto:

A mis entrañables padres, Lizandro Flores y Severina Juaniquina, por brindarme su imperecedero amor e inculcados principios y valores.

A mis hermanos por sus consejos y por su constante apoyo.

¡Con mucho aprecio y cariño!

Marco Antonio Flores Juaniquina



---

---

## AGRADECIMIENTOS

A Dios supremo creador por el regalo de la vida y con ella la oportunidad de alcanzar todos los sueños anhelados y según su designio estar presente colaborando con proyectos de electrificación rural a varias familias, por su amor infinito e incondicional que a pesar de mis faltas nunca se ha apartado de mi lado.

A mi Asesor Ingeniero Alex Jamil Pareja Arancibia, un agradecimiento por brindarme su apoyo y guía en el desarrollo del presente Proyecto.

Al Ingeniero y Catedrático de la Carrera Eléctrica Jaime Jiménez Álvarez por su amplio espíritu colaborador.

Al Ingeniero y Director de la Carrera Ingeniería Eléctrica Rodmy Adalid Miranda Ordoñez, por su comprensión y colaboración.

A los miembros del tribunal Ingeniero Walter Ramírez Críales, Ingeniero Gonzalo Oscar Eulate Choque e Ingeniero Rómulo Felipe Encinas Laguna, por su orientación y guía en el presente proyecto, además de su amistad y colaboración.

A todos los docentes de la Facultad de Ingeniería primordialmente a los docentes de la Carrera de Ingeniería Eléctrica por su amistad y transmisión de conocimientos, que con seguridad me han sido y serán útiles en la vida profesional.

A mis padres quienes me brindaron su agradable compañía y apoyo en esos momentos difíciles, que ahora se encuentran espiritualmente con toda la familia, a mis hermanos gracias por estar a mi lado, por su apoyo moral, por darme fortaleza para seguir adelante.

A mis amigos y compañeros de estudio con quienes compartimos momentos de alegrías, tristezas, aventuras y que en momentos difíciles supimos alentarnos y levantarnos.

Muchas Gracias a Todos.



---

---

## RESUMEN

El presente proyecto denominado “**Alternativas de Electricidad Rural en la Amazonia**” pretende hacer conocer sobre las potencialidades que se tienen en la región amazónica con respecto a la electrificación rural, en base a biomasa y a las líneas o redes de distribución.

Explica el funcionamiento de la planta de biomasa en Riberalta y en las redes de distribución se mencionan los proyectos con ampliaciones de línea a diferentes pueblos en departamentos de Beni y Pando.

En las Empresas EDEL SAM y ENDE DELBENI se mencionan las actividades y los procedimientos que deben seguirse en la operación y mantenimiento de líneas, y subestaciones particularmente cuando se presentan fallas en la línea como ser cortocircuitos monofásicos o trifásicos.

**Planta de Biomasa.-** La castaña amazónica es el fruto del árbol científicamente denominado *Bertholletia excelsa*, que se encuentra en estado silvestre y natural en los bosques amazónicos de Bolivia (norte la Paz, Beni y Pando), Brasil y Perú. El árbol de la castaña supera los 30 metros de altura. Las semillas o castañas se encuentran dentro del fruto o coco que caen de estos árboles.

La zona en Bolivia, con condiciones naturales para el desarrollo del árbol y del fruto de la castaña, tiene una extensión de 100.000 km<sup>2</sup>, 10% de la superficie del país.

El mercado de nueces se concentra principalmente en los países industrializados, los países de mayor demanda de castaña son: países europeos, Estados Unidos, Canadá y Australia. Los cocos son frutos que caen al suelo naturalmente entre diciembre a febrero. Estos cocos tienen entre 16 a 23 semillas o castañas. La recolección y extracción de la castaña de los cocos se producen en época lluviosa. Esta realidad dificulta el traslado de la materia prima desde los centros de producción y extracción hasta las plantas y beneficiadoras, generalmente Riberalta y Cobija principalmente.



---

Las empresas beneficiadoras de castaña como ser BOLITAL, Urkupiña, Becerra Limitada, Blacutt, Lourdes, Tahuamanu, Manutata y otros más, vendían la cascara de castaña a la Cooperativa CER LTDA, y eran depositadas en almacenes. Luego la cascara de castaña era transportada por el gusano sin fin, hasta el horno donde se procedía a quemar, en el horno estaban dispuestos tuberías (serpentines) por donde circulaba agua el calor emanado de la quema de la castaña por conducción calentaba las tuberías y el agua.

El vapor sube hasta un caldero donde a la presión y temperatura adecuadas son despachadas por la tubería de presión hasta la turbina.

La turbina esta acoplado mediante su eje a un reductor de velocidad y al eje del generador, el movimiento del eje del rotor induce sobre los devanados del estator una FEM, dando la salida de voltajes en 380 V.

En todo este proceso existen pérdidas de agua, los cuales son repuestas por aguas bombeadas de norias y noques ubicadas cerca de la planta.

Por otra parte el agua es tratada constantemente con químicos para que tenga un PH adecuado ni ácido ni básico, ya que si el agua no es tratada los cambios de estado del agua de líquido a vapor y viceversa hacen que aparezcan incrustaciones como quistes que se adhieren a las paredes de las tuberías reduciéndose el diámetro y finalmente tapándose, esto sucede especialmente en el condensador donde las tuberías son de diámetro reducido.

La turbina dispone de un gobernador que actúa automáticamente en función de la carga solicitada en el generador.

**Resultados y Conclusiones.-** Los resultados y análisis realizados por los ingenieros de NRECA en la planta de biomasa eran confidenciales, lo mencionado anteriormente es producto de lo experimentado y vivido en la planta.

La planta de biomasa de Riberalta es de las tradicionales, actualmente las biomásas han



---

renovado y mejorado su tecnología por ejemplo, la Empresa Tahuamanu S.A logro instalar en el Departamento de Pando, Cobija la primera planta generadora de electricidad a base de cascara de castaña. La biomasa es convertida en gas de síntesis, la planta termino de ser construida en noviembre del 2012 con tecnología de origen Hindú, que es más eficiente comparado con la biomasa tradicional de calor y vapor como el de la Cooperativa.

La tecnología Hindú funciona con la introducción de la cascara de castaña en un reactor para una combustión controlada y en este reactor se produce gas de síntesis que está compuesto básicamente de monóxido de carbono, hidrogeno y metano pobre que hacen el 50% de la totalidad del gas el otro 50% está compuesto por dióxido de carbono y nitrógeno. El gas de síntesis es enfriado purificado y utilizado para producir electricidad en motores de combustión interna.



---

---

## INDICE DE CONTENIDO

### Contenido

<b>AREA I. DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD LABORAL</b>	<b>1</b>
1.1 Periodo, Cargo desempeñado e institución	3
1.2 Enunciado de principales cargos desempeñados	4
1.3 Relación de responsabilidad	<b>5</b>
1.4 Aspectos centrales que caracterizan la actividad desarrollada	5
1.5 Algunos productos de la actividad	5
<b>AREA II DESCRIPCION DEL SISTEMA ITUBA (2012 – 2014)</b>	<b>6</b>
2.1 Antecedentes.	6
2.2 Área de Influencia.	7
2.3 Clima y Topografía.	7
2.4 Funciones Delegadas Como Jefe del Sistema ITUBA.	8
2.5 Personal Y Movilidades	8
2.6 Descripción de la Habilitación Del Sistema ITUBA	10
2.7 Proyectos Construidos	13
2.8 Funcionamiento del Área Comercial	14
2.9 Conclusiones	14
<b>AREA III DESCRIPCION DEL SUBSISTEMA GUANAY (2009-2012)</b>	<b>15</b>
3.1 Constitución y Objeto.	16
3.2 Área de Influencia.	16
3.3 Clima y Topografía.	17



---

---

3.4	Funciones Delegadas.	17
3.5	Personal y Movilidades Subsistema Guanay	19
3.6	Descripción Del Subsistema Guanay	20
3.7	Proyectos Construidos.	35
3.8	Funcionamiento del Área Comercial.	38
3.9	Conclusiones.	40

#### **AREA IV DESCRIPCION PROYECTOS ELECTRIFICACION RURAL**

##### **PANDO (2003-2009) 41**

4.1	Antecedentes.	41
4.2	Clima y Topografía.	41
4.3	Área de Influencia.	42
4.4	Funciones Delegadas	42
4.5	Descripción de Proyectos en Electrificación Rural en Pando	42
4.6	Conclusiones.	44

#### **AREA V DESCRIPCION DEL SISTEMA DE LA CER LIMITADA**

##### **(2001 – 2002). 44**

5.1	Antecedentes.	45
5.2	Constitución Y Objeto.	45
5.3	Área De Influencia.	46
5.4	Clima Y Topografía.	46
5.5	Funciones Delegadas	46
5.6	Descripción de la Oficina ODECO en la CER Limitada.	47
5.7	Descripción de la Jefatura de Distribución en la CER Limitada.	48
5.8	Conclusiones.	49



---

---

**AREA VI DESCRIPCION DEL SISTEMA DE BIOMASA (1999-2001) 50**

6.1	Antecedentes.	50
6.2	Introducción.	51
6.3	Componentes o Equipos de la Planta de Biomasa.	52
6.4	Funcionamiento del Proyecto Biomasa.	53
6.5	Parámetros Registrados en la Turbina.	55
6.6	Mantenimiento de la Turbina y Otros Equipos.	55
6.7	Potencias Generadas y Consumos Propios en la Biomasa.	56
6.8	Conclusiones.	57

**AREA I. DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD LABORAL**

**1.1 PERIODO, CARGO DESEMPEÑADO E INSTITUCIÓN**

2014-2019	Responsable de Diseño de Proyectos EMPRESA ENDE DELBENI.
2012-2014	Jefe del Sistema ITUBA EMPRESA EDEL SAM.
2009-2012	Jefe del Sistema Área Guanay EMPRESA EDEL SAM.
2004-2008	Responsable del Área de Electrificación Rural Prefectura de Pando.
2002-2003	Jefe de Distribución de La Cooperativa Eléctrica Riberalta CER LTDA.
2001-2002	Responsable de ODECO Nuevas Conexiones, Inspecciones y Consultas de Usuarios en Baja y Media Tensión en la Cooperativa Eléctrica Riberalta CER Ltda.
1999-2001	Operador De La Planta De Biomasa en Riberalta Contrato con NRECA.



- 
- 
- 1998-1999 Asistente de instalación y armado de computadoras Oficina INTEL@PC y COMOL.
- 1997 Contrato de Consultoría, Elaboración de plano eléctrico y cuadro presupuestario a detalle para ADEPI La Paz EMPRESA INBOPIA.
- 1997 Contrato de Obra, Recolector de Datos Sistema La Paz EMPRESA EDESER.
- 1994 Pasantía, Mantenimiento Grupos Electrógénos, Mantenimiento de Cubicales y Mantenimiento Sistema UPS, en Repetidoras Empresa ENTEL.
- 1993 Contrato de Trabajo, Relevamiento de Información Técnica del Sistema Eléctrico Rural, Cooperativa Rural Eléctrica La Paz CORELPAZ.

## 1.2 ENUNCIADO DE PRINCIPALES CARGOS DESEMPEÑADOS

- Responsable de Diseño de Proyectos para ENDE DELBENI y asistencia en proyectos de electrificación rural en el Departamento de Beni - Gobernación del Beni.
- Jefe del Sistema ITUBA (Rurenabaque-Reyes- Santa Rosa), EDEL SAM.
- Jefe del Subsistema Guanay que comprende Guanay - Mapiri – Tipuani – Teoponte –Mayaya-Carura, empresa EDEL SAM.
- Responsable de Electrificación Rural Prefectura del Departamento de Pando.
- Jefe de Distribución Líneas y Redes en la Población de Riberalta, CER Ltda.
- Responsable del mantenimiento y operación de la Turbo máquina Planta de Biomasa ubicado en Riberalta.



---

---

### **1.3 RELACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

El nivel de responsabilidad asumido fue de alto compromiso y corresponde al manejo de los Recursos Humanos, manejo administrativo, manejo económico y manejo técnicos, que se asumió en cada una de las importantes Empresas mencionadas anteriormente, donde se prestó los servicios conforme la formación académica adquirida en la carrera de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería de la Universidad Mayor de San Andrés y la formación propia con diferentes cursos como el inglés.

### **1.4 ASPECTOS CENTRALES QUE CARACTERIZAN LA ACTIVIDAD DESARROLLADA**

Habiendo recibido la formación académica en la Carrera de Ingeniería Eléctrica esta se complementó con los retos solicitados por las diferentes Instituciones y Empresas especialmente en el área rural.

En todos los diferentes trabajos, se requería tomar decisiones mesuradas y valientes especialmente cuando se era Jefe de Sistemas Rurales, donde debía atenderse a los usuarios de la mejor forma posible, ya sea si disponías de material o si no disponías de material, se debía optimizar los gastos económicos asignado a tu sistema y se debía de prever los posibles conflictos con una solución adecuada.

### **1.5 ALGUNOS PRODUCTOS DE LA ACTIVIDAD**



- **Diseño y construcción de líneas de subtransmisión y redes de baja tensión en el área rural del departamento Pando, beneficiando a varias Comunidades.**
- **Diseño y construcción de líneas de subtransmisión y redes de baja tensión en el departamento de Beni, beneficiando a varias Comunidades.**
- **Habilitación y mantenimiento de líneas aéreas del Sistema ITUBA y densificación.**
- **Reducción de la mora en las cooperativas auríferas en beneficio de EDEL SAM.**

## **AREA II. DESCRIPCION DEL SISTEMA ITUBA EMPRESA EDEL SAM (2012 hasta 2014).-**

- 2.1 ANTECEDENTES.**
  - 2.2 AREA DE INFLUENCIA.**
  - 2.3 CLIMA Y TOPOGRAFIA.**
  - 2.4 FUNCIONES DELEGADAS COMO JEFE DEL SISTEMA ITUBA**
  - 2.5 PERSONAL Y MOVILIDADES**
  - 2.6 DESCRIPCION DE LA HABILITACION DEL SISTEMA ITUBA**
  - 2.7 PROYECTOS CONSTRUIDOS**
  - 2.8 FUNCIONAMIENTO DEL AREA COMERCIAL**
  - 2.9 CONCLUSIONES**
- 
- 2.1 ANTECEDENTES.**

La Empresa de Distribución Eléctrica Larecaja **EDEL SAM** firma un contrato OMA de operación y mantenimiento con la Empresa Nacional de Electricidad **ENDE**, en el cual se establece habilitar el sistema ITUBA.



---

---

El sistema eléctrico ITUBA conforman las redes eléctricas en el nivel de 34,5 kV. en media tensión, el área de influencia son las provincias de Iturralde y Ballivian de los departamentos de La Paz y Beni respectivamente.

En la provincia Ballivian, la red de media tensión construida pasaba por las poblaciones de Rurrenabaque, Reyes y Santa Rosa.

Para el inicio y cumplimiento de fechas establecidos en el contrato OMA, a principios del mes de julio del 2012 autoridades de la Empresa EDEL SAM me invitan a participar en la comisión para habilitar el sistema ITUBA, se forma un equipo de adelantamiento a la cabeza de mi persona conjuntamente con un Chofer liniero, una camioneta y material eléctrico cargado de aisladores campanas, mallas preformadas y herramientas, punto de partida Caranavi, paso por Yucumo y llegada a Rurrenabaque.

## **2.2 AREA DE INFLUENCIA**

El proyecto ITUBA en el lado del Departamento de Beni comprenden las líneas trifásicas construidas en media tensión 34.5 kV, las cuales parten de Yucumo desde la Subestación de Potencia llega a Rurrenabaque, continua por Reyes y termina en Santa Rosa.

Distancia desde Yucumo a Rurrenabaque 100 km y de Rurrenabaque a Reyes 30 km, distancia desde Reyes a Santa Rosa 72 km.

## **2.3 CLIMA Y TOPOGRAFIA**

Los Municipios de Reyes y santa Rosa tienen topografía plana y semiondulada y en Rurrenabaque se da inicio a la serranía andina, Tiene clima húmedo y cálido con una temperatura media de 30° C.



---

---

## 2.4 FUNCIONES DELEGADAS COMO JEFE DEL SISTEMA ITUBA

Las funciones encomendadas por los jefes superiores de la Empresa EDEL SAM fueron de:

- Ejecutar los mantenimientos de líneas de media tensión y baja tensión, ejecutar la limpieza del derecho de vía, cumplir con los procedimientos de operación y mantenimiento
- Cumplir con las normas de seguridad e higiene ocupacional y medio ambiente, velar por la dotación de equipos de protección personal EPPs a los linieros.
- Ejecutar la programación de lecturas de medidores en las poblaciones.
- Cumplir con las solicitudes de ampliaciones de red.
- Apoyo a las empresas contratistas en la construcción de las líneas en Rurrenabaque y Santa Rosa, como ser cortes programados y logísticos.
- Velar por el buen estado de los vehículos y solicitar los mantenimientos respectivos.

## 2.5 PERSONAL Y MOVILIDADES

El Sistema ITUBA se dividía en oficina Rurrenabaque, oficina Reyes y oficina Santa Rosa.

### 2.5.1 PERSONAL Y MOVILIDADES OFICINA RURRENABAQUE

La oficina Rurrenabaque es la más grande, dispone de una grúa, una camioneta y se tiene el siguiente personal:

- Un ingeniero jefe técnico operativo.
- Un ingeniero comercial



- 
- Un operador de la Planta de Generación y de la grúa.
  - Un jefe de cuadrilla, chofer – liniero.
  - Tres linieros, comerciales.
  - Un personal de ODECO.
  - Una Cajera.
  - Un administrativo.

### **2.5.2 PERSONAL Y MOVILIDADES REYES**

La oficina de Reyes dispone de movilidad con una camioneta y tiene el siguiente personal.

- Un jefe de cuadrilla chofer – liniero.
- Un operador del motor y liniero comercial.
- Un liniero – comercial.
- Una cajera.
- Un administrativo.

### **2.5.3 PERSONAL Y MOVILIDADES SANTA ROSA**

La oficina de Santa Rosa, dispone de una Camioneta y del siguiente personal:

- Un Liniero – chofer.
- Un operador del motor, liniero comercial.
- Un liniero, comercial.
- Una cajera.
- Una administrativa.



---

---

## 2.6 DESCRIPCION DE LA HABILITACION DEL SISTEMA ITUBA

Se comienza por realizar un reconocimiento de la topología de líneas media y baja tensión en los Pueblo de Rurrenabaque, Reyes y del área rural, inspección del estado de las estructuras, inspección de los conductores e identificación de sectores para la limpieza del derecho de vía. Reconocimiento de la planta de generación, horas de funcionamiento de los motores y su capacidad de generación.

Encontrándose los siguientes inconvenientes:

- Conductores en el suelo,
- Postes quebrados.
- Postes inclinados.
- Aisladores porcelana tipo campana quebrados.
- La vegetación por encima de los postes.
- Crucetas quebradas.

Para el despeje de la línea, se contrata personal eventual con el objetivo de realizar la limpieza del derecho de vía en el tramo Rurrenabaque – Reyes – Santa Rosa, el tiempo de limpieza fue corto se realizó el despeje de vegetación de la línea solo lo necesario con la idea de que el próximo año se realizaría la limpieza más profunda. ENDE CENTRAL contrata a La Empresa IEMAS y se encarga de limpiar el tramo Yucumo – Rurrenabaque. La Gerencia de la Empresa EDEL SAM contrata más personal y se incorporan más linieros, se arman cuadrillas a los cuales se les instruye cambiar todos los aisladores campana quebrados en las estructuras de paso y estructuras de paso doble, cambiar crucetas quebradas en las áreas rurales que unen las tres poblaciones Rurrenabaque, Reyes y Santa Rosa y realizar la supervisión y guiar a los eventuales que realizan la limpieza del derecho de vía.



---

Los ingenieros de ENDE se encargan de reponer los postes quebrados y de habilitar los reconectores de Rurrenabaque y de Santa Rosa. También se realizó el mantenimiento y la limpieza del regulador de voltaje, ubicado al ingreso de Rurrenabaque.

### **2.6.1 CONEXIÓN DE LA LÍNEA DE MEDIA TENSION DEL PUEBLO AL SISTEMA ITUBA**

Desde Yucumo hasta Rurrenabaque los conductores tendidos corresponden al calibre 397.5 MCM el nombre comercial dado es IBIS, capacidad de conducción 590 A, desde Rurrenabaque hasta Santa Rosa los conductores tendidos son del calibre 2/0 MCM, nombre comercial QUAIL, capacidad de conducción 270 A, el nivel de tensión es de (34,5-19,9) kV.

Los alimentadores o líneas de media tensión 6,6 kV. existentes dentro las poblaciones de Rurrenabaque y Santa Rosa parten desde la planta de generación, particularmente en Rurrenabaque para conectar al sistema ITUBA se ha ampliado una línea trifásica en derivación que parte desde el alimentador Sistema ITUBA hasta la planta de generación, allí se ha montado un transformador de rebaje de 34,5 kV a 6,6 kV, la potencia del transformador es de 1,5 MVA. En Santa Rosa finaliza el sistema ITUBA sistema trifásico muy cerca del ultimo poste se encuentra la línea en 6,6 kV de Santa Rosa para conectar las tres líneas con diferentes niveles de tensión se ha montado un transformador de 1,0 MVA que convierte 34,5 kV a 6,6 KV, para su protección y maniobra se instalaron reconectores y seccionadores.

En la población de Reyes se ampliaron las líneas en media tensión en 34,5 kV. hasta el centro del pueblo y se montaron transformadores de distribución de 34,5 kV a 380-220 V, transformadores reductores de 75 KVA, 50 KVA, 100 KVA.



---

Concluido las tareas, se procede a habilitar el Sistema ITUBA, se energiza el 02 de agosto del 2012, energizándose desde la Subestación de Yucumo.

### **2.6.2 FALLAS PRESENTADAS EN EL SISTEMA ITUBA**

A los pocos días de habilitado el sistema ITUBA se presentó una falla, inmediatamente se envió cuadrillas a revisar la línea extensa, mientras se busca la falla se encendían los motores para suministrar energía a Rurrenabaque y Santa Rosa, en la población de Reyes se debía esperar hasta la encontrar la falla. En esta primera falla se encontró como causa un pararrayo perforado ubicado en el regulador de voltaje debido a que su nivel de voltaje era de 21 kV, casi similar al del voltaje de operación (34,5-19,9) KV del sistema ITUBA.

Posteriormente en el transcurrir de las semanas se presentaron varias fallas debido a diferentes causas, como ser descarga de rayos y las más comunes caídas de árboles y por crecimiento de árboles debajo de las líneas especialmente los ambaigos y motacuses, también no faltaban las aves u animales que se chocaban o eran atrapados en las líneas.

### **2.6.3 LAS CINCO REGLAS DE ORO**

Como jefe del Sistema y precautelando la vida e integridad de los técnicos siempre se les recordaba sobre los cuidados que debían de tener al reparar una línea, para ello se mencionaba las cinco reglas de oro:

1. ABRIR, corte visible o efectivo.
2. BLOQUEAR, enclavamiento o bloque si es posible y señalización.
3. VERIFICAR, verificación de ausencia de tensión.
4. ATERRAR, puesta a tierra y en cortocircuito.
5. DELIMITAR, señalización y delimitación.



---

---

## 2.7 PROYECTOS CONSTRUIDOS

A continuación se mencionan los proyectos y programas construidos:

### 2.7.1 DENSIFICACIÓN A USUARIOS DEL SISTEMA ITUBA

En el tramo Yucumo – Rurrenabaque, la Empresa Contratista IEMAS realiza la construcción de Líneas de media tensión y líneas de baja tensión con sus respectivos transformadores de distribución, faltaba la construcción de pilastras e instalación de acometidas y medidores.

Se programa la construcción de acometidas e instalación de medidores a 14 poblaciones como ser La Asunta, El Carmen, Villa el Carmen, San Lorenzo, San Silvestre, El Cebú, Playa Ancha, Los Tigres, Arroyo Hondo, Cauchal, y otras poblaciones

En otro proyecto de densificación se construyó e instalo medidores en la Comunidad Puerto Motor y Comunidad Carmen Soledad.

### 2.7.2 CONSTRUCCIONES PRIVADAS

Se apoyó y reviso los diseños para la instalación de transformadores exclusivos como ser: Para la empresa SERGUT construcción de una planta de asfalto para la construcción de la Carretera Yucumo-Rurrenabaque, potencia del transformador 300 kVA, medición indirecta.

Para la empresa Aserradera El Ceibo, potencia del transformador 75 kVA, medición indirecta



---

---

Para la Empresa Aserradera en Reyes, potencia del transformador 100 kVA, medición indirecta y para varias Estancias Ganaderas en Rurrenabaque, Reyes y Santa Rosa.

## **2.8 FUNCIONAMIENTO DEL AREA COMERCIAL**

El área comercial estaba a cargo de un ingeniero comercial, al cual se apoyó, la base de datos de los usuarios que se utilizó era fundamentalmente de las Cooperativas de Rurrenabaque, de Reyes y de Santa Rosa, pero esta base de datos no estaba completa faltaban usuarios.

Se tuvo que realizar un nuevo levantamiento de la cantidad de usuarios y clasificarlos por categorías, también se realizó un nuevo ruteo para las lecturas mensuales de consumo de energía en las poblaciones mencionadas, posteriormente se incorporaron las poblaciones rurales.

Las lecturas comenzaban a partir del 20 de cada mes y se realizaban cada mes, luego se transcribían al sistema ENDESYS para su revisión y corrección de lecturas, si existiese algún valor errado los técnicos retornaban al domicilio para verificar la lectura en el sitio.

Al principio la cobranza se realizaba en las propias oficinas de Rurrenabaque, Reyes y Santa Rosa, pero luego se terciarizó se contrató a la financiera CACTRI.

## **2.9 CONCLUSIONES**

La construcción del proyecto ITUBA contaba con equipos de maniobra y protección como ser pararrayos, reguladores de voltaje, reconectores y seccionadores cuchilla.



---

---

Faltaba poner a prueba estos equipos con el energizado y con la medición de voltajes, lo que se notó después de habilitar el sistema fue que presentaron fallas los reconectadores y los pararrayos.

Otro inconveniente es que el proyecto ITUBA estuvo olvidado varios años, donde la naturaleza afectó de manera drástica a las instalaciones, también no se realizó una profunda y adecuada limpieza del derecho de vía, me refiero a los postes.

Estos problemas descritos, al habilitarse el Proyecto ITUBA perjudicaron, molestaron y enojaron bastante a los usuarios de las Poblaciones Rurrenabaque Reyes y Santa Rosa

Se concluye que un proyecto debe construirse completo hasta el energizado de tal forma de poder encontrar problemas en los equipos y tener tiempo de poder reclamar a los contratistas del proyecto.

### **AREA III. DESCRIPCION DEL SISTEMA GUANAY (2009 – 2012)**

- 3.1 CONSTITUCION Y OBJETO.**
- 3.2 AREA DE INFLUENCIA.**
- 3.3 CLIMA Y TOPOGRAFIA.**
- 3.4 FUNCIONES DELEGADAS**
- 3.5 PERSONAL Y MOVILIDADES**
- 3.6 DESCRIPCION DEL SISTEMA REGIONAL GUANAY**
- 3.7 PROYECTOS CONSTRUIDOS**
- 3.8 FUNCIONAMIENTO DEL AREA COMERCIAL**
- 3.9 CONCLUSIONES**



---

---

### 3.1 CONSTITUCION Y OBJETO.-

La Empresa de Distribución Eléctrica Larecaja S.A.M., fue constituida de acuerdo con el Decreto Supremo N° 24972 firmado el 4 de marzo de 1998, con el objeto de dedicarse a la distribución de energía eléctrica en la zona de influencia del Proyecto de Electrificación Larecaja.

La actividad de la Empresa es la **distribución** y **comercialización** de energía eléctrica a las poblaciones rurales comprendidas parcialmente por las provincias Larecaja, Caranavi, Sud Yungas y Franz Tamayo. Estas se encuentra sujeta al marco regulatorio dispuesto por la Ley de Electricidad y el respectivo reglamento emanado por la Superintendencia de Electricidad.

La sociedad tiene por objeto realizar actividades de distribución de energía eléctrica de acuerdo a la Ley de Electricidad y normas legales aplicables, así como el cumplimiento y ejecución de cualquier acto o gestión vinculado o relacionado directa o indirectamente a dichas actividades. Para el cumplimiento de su objetivo la Sociedad podrá poseer, comprar y vender bienes, muebles y enseres, equipos e instalaciones, aportarlos para la información de nuevas sociedades y realizar sin limitación todos los actos permitidos por el Código de Comercio y las disposiciones legales vigentes.

### 3.2 AREA DE INFLUENCIA.

La Empresa de Distribución Eléctrica Larecaja S.A.M (EDEL SAM), para una mejor atención a los usuarios es conformada y dividida en dos áreas que son; Subsistema Caranavi y Subsistema Guanay.



---

En el subsistema Guanay las líneas y redes construidas alcanzan a los municipios de: Guanay, Tipuani, Mapiri, Teoponte, Apolo, Tacacoma, Sorata que pertenecen a dos provincias Larecaja, Franz Tamayo.

Para la atención de los usuarios y por el área extensa los administrativos e ingenieros de la Empresa EDEL SAM dispusieron tener tres oficinas con ambientes, equipos, material y personal técnico una oficina en Guanay que es la principal, una oficina en Mapiri, una oficina en Tipuani y al último se accedió a poner una oficina de cobranza en Teoponte.

### **3.3 CLIMA Y TOPOGRAFIA.**

Las líneas o alimentadores construidos están paralelos a los caminos de acceso a las poblaciones, la topografía del lugar en su mayoría son serranías, las líneas van de cerro en cerro.

El clima es húmedo y tropical, la temperatura como media es de 32 °C, vegetación abundante existen árboles y arbustos de rápido crecimiento como los ambaigos, tacuaras, motacuses.

También algunas líneas cruzan donde existen ríos como el rio Mapiri, el rio Challana, el rio Tipuani, el rio La Paz y todos estos ríos desembocan al Rio Beni.

### **3.4 FUNCIONES DELEGADAS**

El Gerente de la Empresa EDEL SAM Ing. Reynaldo Castañón me conmina a cumplir las siguientes funciones:



- Programar y ejecutar en coordinación con el Departamento Técnico, los trabajos de operación y mantenimiento de las líneas de baja y media tensión en el área Guanay.
- Cuantificar los requerimientos de repuestos, equipos y materiales para cada trabajo de mantenimiento y prever su provisión.
- Supervisar en coordinación con el Departamento Técnico el cumplimiento de los programas, alcance de trabajos y adecuado registro de las intervenciones por mantenimiento.
- Gestionar la apertura de Órdenes de Trabajo (O.T).
- Supervisar y controlar la ejecución de las O.T. hasta su conclusión y cierre.
- Coordinar y dirigir el esquema de atención de emergencias.
- Controlar y supervisar el proceso de lectura de los medidores.
- En coordinación con el Departamento Comercial, programar, controlar y supervisar  
cortes y reconexiones.
- Elaborar informes mensuales.
- Supervisar y controlar al personal de la Oficina Guanay.
- Controlar y aprobar los registros de hojas de asistencia, sobretiempos, compensaciones y vacaciones.
- Planificar futuras ampliaciones, construcciones y puesta en servicio de nuevas instalaciones.
- Elaborar hojas de estacado para ampliaciones menores.
- Supervisar el estricto cumplimiento de las normas y procedimientos de seguridad.



---

---

### 3.5 PERSONAL Y MOVILIDADES DEL SUBSISTEMA GUANAY

El subsistema Guanay se dividía en oficina Guanay, oficina Mapiri, oficina Apolo, oficina Tipuani.

#### 3.5.1 PERSONAL Y MOVILIDADES OFICINA GUANAY

La oficina Guanay dispone de dos camionetas y un jeep y se tiene el siguiente personal:

- Un ingeniero.
- Dos operadores de la Subestación de Potencia.
- Un jefe de cuadrilla, chofer – liniero.
- Dos linieros – choferes.
- Un liniero –comercial.
- Un personal de ODECO.
- Una Cajera.
- Un administrativo.
- Un almacenero.

#### 3.5.2 PERSONAL Y MOVILIDADES MAPIRI

La oficina de Mapiri dispone de movilidad con una camioneta y tiene el siguiente personal.

- Un jefe de cuadrilla chofer – liniero.
- Un liniero – comercial.
- Una cajera.



---

### 3.5.3 PERSONAL Y MOVILIDADES APOLO

La oficina de Apolo, dispone de un Jeep y del siguiente personal:

- Un Liniero – chofer - administrativo
- Dos linieros.
- Una cajera.

### 3.5.4 PERSONAL Y MOVILIDADES TIPUANI

La Oficina de Tipuani, dispone de una moto y del siguiente personal:

- Un Liniero – chofer – comercial.
- Una cajera-administrativo.

## 3.6 DESCRIPCION DEL SUBSISTEMA GUANAY

El subsistema de Guanay en su parte eléctrica está compuesta de:

- Una subestación de potencia,
- Cinco alimentadores principales,
- Redes de baja tensión
- Transformadores de distribución

### 3.6.1 SUBESTACION DE POTENCIA GUANAY

La línea de transmisión tiene un voltaje de 115 kV, viene desde Chuspipata pasa por la subestación de Potencia Caranavi y termina en la Subestación de Potencia Guanay.



---

La Subestación está construida al ingreso de la Población GUANAY a los pies de los cerros antes de cruzar el rio Tipuani.

### 3.6.2 COMPONENTES DE LA SUBESTACION DE POTENCIA

La subestación de potencia de Guanay en su funcionamiento se compone de los siguientes equipos:

Un Patio de Bahía en 115 KV, que cuenta con:

- Una trampa de onda.
- Un interruptor en 115 KV (Solo Operado por la Empresa DE LAPAZ).
- Juego de barras en 115 KV.
- Tres aisladores tipo poste.
- Tres pararrayos.
- Tres contadores de descarga eléctricas.
- Un transformador de potencia de 12,5 MVA, el cual convierte 115 kV a 34,5 KV.

Un Patio de Bahía en 34,5 kV.

- Varios juegos de barras en 34,5 KV.
- Barras de seccionamiento.
- Barras de by pass.
- Cinco interruptores instalados nivel de tensión 34,5 kV.
- Cinco alimentadores trifásicos de salida (tres fases un neutro).
- Tres transformadores de Potencial, para cada alimentador.
- Tres transformadores de Corriente, para cada alimentador



- Una malla de puesta a tierra.
- Una sala de control.
- Una sala de baterías.

**Trampa de onda.-** Las líneas de transmisión también son utilizadas para la transmisión de señales de onda portadora entre 30 kHz y 500 kHz para telecontrol, telefonía, teleproteccion, telemedicion, comúnmente llamado sistema de onda portadora (carrier)

La trampa de onda llamada también bobina de bloqueo tiene la función de impedir que las señales de alta frecuencia sean derivadas en direcciones indeseables, sin perjuicio de la transmisión de la energía en la frecuencia industrial.

La bobina de bloqueo es por lo tanto, acoplada en serie con las líneas de transmisión de alta tensión que deben ser dimensionadas para soportar la corriente nominal de la línea en la frecuencia industrial y las corrientes de cortocircuito a las cuales están sujetas las líneas de transmisión



**La fotografía muestra la trampa de honda**

**Interruptor de potencia.-** Es un dispositivo electromecánico cuya función principal es la de conectar y desconectar circuitos eléctricos bajo condiciones normales o de falla.



**Fotografía Muestra el Interruptor en 115 kV comandado solo por DE LAPAZ**

**Barras.-** Conductores de baja impedancia a los cuales se les conectan separadamente varios circuitos eléctricos. Es aquel punto del sistema eléctrico preparado para entregar y/o retirar energía eléctrica.



**Fotografía Muestra las barras en 115 kV**



**Fotografía Muestra las barras en 115 kV y en 34,5 kV, muestra la entrada y salida del transformador de 12,5 kVA**



---

**Aislador tipo poste.**-Es un aislador formado por una pieza de porcelana unida con una base metálica, formando un ensamble rígido con el cual se forma un conjunto desmontable.



**Fotografía Muestra los aisladores tipo poste**

**Contadores de descargas eléctricas.**-El contador de descargas atmosféricas o contador de rayos es un dispositivo electrónico diseñado para detectar los impactos de rayos en las instalaciones de protección atmosférica y permitir el control y verificación inmediata de las mismas. Detecta la energía derivada a tierra a través de un conductor cuando se produce el impacto de un rayo. El dispositivo registra cada uno de los impactos incrementando en uno un contador electrónico. El contador se instala en la bajante del pararrayos a dos metros del suelo.



**Fotografía Muestra los contadores de descargas eléctricas**

### **3.6.3 DISPOSICION DE ALIMENTADORES PRINCIPALES**

En la subestación de potencia, se tienen dispuestos y parten cinco alimentadores principales que pasan por diferentes poblaciones, los cuales se nombran como:

- Alimentador IG1, Teoponte - Mayaya.
- Alimentador IG2, Ciudad de Guanay.
- Alimentador IG3, Wituponte – Carrura – Tamiplaya - Santa Rosa.
- Alimentador IG4, Mapiri – Apolo – Conzata – Pallalunga.
- Alimentador IG5, Tipuani – Llipi.

Los alimentadores tendidos en las diferentes áreas son de los calibres:



- IG1: 1/0 AWG, alimentador Teoponte – Mayaya.
- IG2: 4 AWG, alimentador Guanay.
- IG3: 4 AWG, alimentador Wituponte – Tamiplaya – Carura
- IG5: 336 MCM (Ibis), alimentador Tipuani – Llipi.
- IG4: 336 MCM (Ibis), alimentador desde la Subestación hasta Mapiri, 4/0 – hasta Apolo y Conzata 2.

Los niveles de voltaje de los alimentadores entre fases son de 34,5 kV y entre fase y neutro es de 19,9 kV.

#### **3.6.4. POBLACIONES Y COOPERATIVAS ATENDIDAS POR CADA ALIMENTADOR**

Cada alimentador suministra energía eléctrica a varias poblaciones los que se nombran a continuación:

##### **3.6.4.1 Alimentador IG1:**

Challana, Teoponte, Asilahura, Tomachi, Uyapi, Incahuara, Mayaya I, Mayaya, Villa Prado, Sararia, Miraflores, Yolosani, San Isidro.

##### **3.6.4.2 Alimentador IG2:** solamente Guanay.

##### **3.6.4.3 Alimentador IG3:**

Wituponte, Alacarani, Chavarria, Pelera, Tutilimundi, Baronpampa, Candelaria, Carura, Tamiplaya, Tres Arroyos, Nueva Esperanza.



---

---

#### 3.6.4.4 Alimentador IG4:

San Miguel, la Aguada, Polopata, Pajonal Vilaque, Mariapo, Nueva Generación, Chimate, Vilaque Grande, Quilapituni, Santiago, Vilaque, Mapiri, Santa Rosa de Mapiri, Urkupiña, Conzata, Pallallunga, Salvajini, Coralani.

#### 3.6.4.5 Alimentador IG5:

Cangalli, Tipuani, San Juanito, Chima, Molleterio, Chuquini, Unutuluni, Paniagua, Llipi

#### 3.6.4.6 Cooperativas Auríferas:

En el subsistema Guanay se encuentran asentadas muchas Cooperativas Auríferas, los alimentadores **IG3**, **IG4** e **IG5** son los que suministran energía eléctrica, se presentan los nombres de las cooperativas en el siguiente cuadro con los montos de su consumo de energía.

N °	Municipio	Cantidad de Cooperativas	Monto en Bs.	Fecha de lectura
1	Mapiri	22	75.882,78	31/5/2012
2	Guanay	5	21.967,29	31/5/2012
3	Tipuani	28	301.628,45	31/5/2012
4	Teoponte	2	9.236,29	31/5/2012



---

---

### 3.6.5 POSTES

Existen postes plantados de media tensión los cuales son de pino tratado de 11, 12 y 13 metros clase 6 y los postes plantados de baja tensión son de pino tratado de 9 metros clase 7.

### 3.6.6 TRANSFORMADORES

Existen instalados transformadores monofásicos de las siguientes potencias 25 kVA, 37,5 kVA, 50 kVA, de la marca Cooper Americano, para consumos trifásicos se instalan los transformadores formándose un banco trifásico de 75 kVA, 112 kVA y 150 kVA, posteriormente se instalaron transformadores trifásicos en un solo cubículo de 75 kVA, 100 kVA hasta 300 kVA trifásicos(Cooperativas).

### 3.6.7 ESTRUCTURAS

La zona tiene una topografía de serranías, las líneas se construyeron con trazos que van por los cerros alejados de los caminos con vanos de hasta 600 metros de cerro a cerro empleándose estructuras especiales como la estructura ZC8H y la estructura triple ZA6.

V: indica el nivel de voltaje (24,9 kV/14,4 kV).

Z: indica el nivel de voltaje (34,5 kV/19,9 kV).

A: indica que es monofásico.

C: indica que es trifásico

Además existen otras estructuras construidas como son:

ZC1: Estructura trifásica de paso simple, ZC2: Estructura para ángulo con doble soporte,

ZC3: Estructura trifásica para ángulo de suspensión, ZC4: Estructura trifásica para ángulo



de remate, ZC8: Estructura trifásica doble retención, ZC7: Estructura trifásica fin de línea, también se construyeron las estructuras monofásicas como ser ZA1: estructura monofásica de paso, ZA2: estructura monofásico para ángulo con doble soporte, ZA3 estructura monofásico ángulo de suspensión, ZA4: estructura de ángulo de remate 90°-120°, ZA4-1: estructura de ángulo de remate 20°-90°, ZA5: estructura fin de línea y ZA6: estructura doble remate.

### 3.6.8 CUADRO DE CUANTIFICACIÓN DE LÍNEAS Y TRANSFORMADORES DE EDEL SAM

Se presenta un cuadro donde se muestra la cantidad de kilómetros de líneas en media y baja tensión, la cantidad de potencia instalada en kilovoltamper de transformadores en el subsistema Caranavi y en el Subsistema Guanay.

EDEL SAM			DEPARTAMENTO TECNICO COMERCIAL			
CARACTERISTICAS DEL SISTEMA						
REDES Y PUESTOS DE TRANSFORMACION GESTION 2010						
ALIMENTADOR	REDES DE DISTRIBUCION			PUESTOS DE TRANSFORMACION		
	MT km	BT km	TOTAL km	PUEBLOS kVA	EXCLUSIVOS kVA	TOTAL kVA
<b>SUBSISTEMA CARANAVI</b>						
Caranavi Ciudad y rural	141,31	124,17	265,48	2.895,0	807,0	3.702,0
Palos Blancos Ciudad y rural	496,99	328,92	825,91	5.737,5	997,5	6.735,0
Santo Domingo	93,02	43,60	136,62	1.345,0	125,0	1.470,0
Taipiplaya	37,61	34,04	71,65	325,0	30,0	355,0
Subtotal	768,92	530,73	1.299,65	10.302,5	1.959,5	12.262,0
<b>SUBSISTEMA GUANAY</b>						
Guanay Ciudad y rural	26,63	23,70	50,33	422,5	115,0	537,5
Carura Santa Rosa	18,88	7,37	26,25	210,0	172,5	382,5



Teoponte Mayaya	42,50	11,35	53,85	297,5	270,0	567,5
Tipuani Llipi	46,43	11,63	58,06	400,0	3.585,5	3.985,5
Mapiri Pallayunga	401,27	131,82	533,09	2.035,0	1.787,5	3.822,5
Subtotal	535,70	185,87	721,58	3.365,0	5.930,5	9.295,5

<b>Total Sistema EDEL - 2010</b>	<b>1.304,62</b>	<b>716,60</b>	<b>2.021,23</b>	<b>13.667,50</b>	<b>7.890,00</b>	<b>21.557,50</b>
Porcentaje	64,5%	35,5%	100,0%	63,4%	36,6%	100,0%

Total Sistema EDEL - 2009	1.168,11	594,40	1.762,51	12.602,5	7.432,0	20.034,5
---------------------------	----------	--------	----------	----------	---------	----------

Crecimiento (%) 2009/2010	11,7%	20,6%	14,7%	8,5%	6,2%	7,6%
---------------------------	-------	-------	-------	------	------	------

**NOTA:**

EDEL SAM está a cargo de la operación, mantenimiento y su administración.

En el Subsistema Guanay según se observa en el cuadro, la suma de potencias de transformadores exclusivos (se refiere a las Cooperativas Mineras) en los alimentadores principales son:

Alimentador Tipuani - Llipi es de: **3.585,0 kVA.**  
Alimentador Mapiri - Pallayunga es de: **1.787,5 kVA.**

Son consumos importantes y son utilizados para la explotación del oro, lo que nos comprometía como empresa a suministrar la energía de forma continua y con buen nivel de voltaje.

### 3.6.9 INTERRUPCIONES DE ENERGÍA

En los alimentadores del subsistema Guanay existían interrupciones de energía, los cuales fueron provocados por varios factores:



---

---

Caída de árboles, animales en la línea, descarga de rayos, aisladores de paso quebrados o perforados, torbellinos, crucetas quebradas.

Cuando las interrupciones eran por la existencia de rayos y tormentas con viento, al salir el sistema se esperaba unos 20 minutos luego se reponía el suministro de energía pasado la tormenta en su parte más fuerte.

Cuando existía caída de árbol sobre la línea, se abrían los seccionadores en la mitad del alimentador e inmediatamente se energizaba la línea hasta ese punto, si la falla continuaba, los técnicos en otro punto a la mitad del mismo alimentador se abrían los cuellos en las estructuras de remate y se procedía a energizar, esta vez al cerrar el interruptor entraba la energía hasta ese punto, lo que indica que la falla se encuentra en un tramo más corto para revisar, finalmente en ese sector crítico se encuentra la falla con un árbol sobre la línea. Se despeja el árbol y repone el aislador y pin quebrados y se empalma el conductor. Energizándose todo el alimentador, en este tipo de fallas y su reposición tardaba unas cinco horas existían fallas que tardaban más por el acceso al alimentador que se encontraba en el cerro y el ingreso era a pie.

Cuando existían crucetas rotas, generalmente los usuarios nos informaban el lugar donde vieron fogonazos y escucharon ruidos esa era una guía para encontrar la falla se cambiaba la cruceta y reponía la falla.

Los torbellinos producían fallas francas, quebrando postes y crucetas, las fallas nos reportaban los usuarios, los técnicos que llegaron al lugar no podían hacer mucho solo la evaluación de que material se requería trasladar, en casos así se trasladaba postes de 12 metros, la otra cuadrilla preparaba los hoyos, se plantaba los postes y armaban las estructuras finalmente instalar el conductor, reponiéndose la falla después de 10 horas.



---

---

### **3.6.10 MANTENIMIENTOS**

#### **SUBESTACIÓN DE POTENCIA**

Cada vez que la TDE Transportadora de Electricidad o DE LAPAZ solicitaba un corte programado, el subsistema Guanay realizaba mantenimiento a la subestación de potencia.

Los trabajos que se realizaban eran:

Limpieza de aisladores, cadena de aisladores y tipo poste.

Limpieza de transformadores de potencia y corriente.

Ajuste de tuercas en los seccionadores.

Ajuste en el cierre o enclavamiento de los bypass y seccionadores.

Ajuste de grampas empalme de conductores

Limpieza de los interruptores.

Cambio de la Silica-Gel.

Cambio de los envases rajados donde va la Silica-Gel.

Ajuste de pernos en el Transformador de Potencia por donde sale el aceite.

#### **ALIMENTADORES**

Otros técnicos en coordinación con mi persona con otras oficinas en la línea realizaban cambio de crucetas corroídas, cambio de postes quebrados o con pie de amigo, cambio de aisladores desportillados, desconexión de grampas paralelas de una derivación antigua abandono de línea de la cooperativa.

#### **MANTENIMIENTO SIN CORTE**



---

---

## **SUBESTACIÓN DE POTENCIA**

Se controla en las celdas el nivel del electrolito aumentando agua destilada conjuntamente el operador.

Ultimo se cambió las celdas y vertido del ácido sulfúrico hasta el nivel indicado, control de la corriente de alimentación (corriente de flotación).

La subestación de potencia está asentada en las faldas de cerros, constantemente en época de lluvias entra mazamorra y agua, para evitar ello se realiza la limpieza de zanjas arriba en el cerro, limpieza del drain francés,

También se realizó la construcción de un depósito para turriles llenos de aceites dieléctricos conforme se solicita en la entidad de salud e higiene ocupacional.

### **3.7 PROYECTOS CONSTRUIDOS**

#### **3.7.1 CAMBIO DE MEDIDORES PREPAGO**

Se solicitó a la Gerencia Técnica presupuesto, herramientas y equipos para realizar el cambio de medidores prepago y de tarjeta por medidores convencionales electrónicos y electromecánicos.

En anteriores años existieron medidores electromagnéticos convencionales y medidores electrónicos prepago. Los medidores prepago fueron introducidos con el Proyecto Larecaja y fueron usados desde el inicio sus operaciones (junio de 1997) y se fueron cambiando paulatinamente desde el año 2004 hasta el 2011.

Esta experiencia de los medidores electrónicos prepago fue bastante beneficiosa para usuarios, como también para la empresa, el usuario podía adquirir una tarjeta magnética por valores que oscilaban desde Bs5.- hasta Bs30.- las veces que requería durante el mes,



---

---

una mayoría de los usuarios que son residentes en las distintas poblaciones compraban una tarjeta de Bs30.- que les duraba 6 meses. Como la compra de energía era por tarjeta magnética, la empresa no necesitaba lecturadores, pero sí inspectores que verifiquen el buen funcionamiento del medidor prepago.

Estos equipos utilizaban un software especial con equipos de programación, que en la actualidad su fabricación está discontinuada. Además el clima y humedad de la región, ocasionaron problemas a los medidores pre-pago, los cuales por falta de repuestos, que ya no se fabrican, no pudieron ser rehabilitados, otro aspecto importante son los robos de energía a los medidores prepago, que ha obligado a la empresa a sustituirlos con medidores electromecánicos y electrónicos los cambios se hicieron en las poblaciones de Guanay, Wituponte, Alacarani, Chavarría, Pelera, Tutilimundi, Baronpampa, Candelaria, Carura, Teoponte, Cangalli, Tipuani.

### **3.7.2 INSTALACIÓN DE NUEVOS MEDIDORES**

La Empresa EDEL SAM se acogió al Proyecto de Infraestructura Descentralizada para la Transformación Rural – IDTR, con la suscripción de los contratos de servicios N° 028/2009 de fecha 5 de mayo de 2009, el Proyecto: “Densificación de Sistemas de Distribución de Servicios Eléctricos en Áreas Rurales o Periurbanas” (Proyecto Chuquini - Unutuluni).

El año 2010 Las poblaciones beneficiadas fueron: Molleterio, Chuquini, Unutuluni, y Paniagua, en estas poblaciones se construyeron líneas de baja tensión y líneas de media tensión con sus respectivos transformadores, el proyecto contemplaba las acometidas y medidores, el beneficiario solo tenía que construir su pilastra.



---

Se continua con el proyecto el año 2011 las poblaciones beneficiadas fueron: Wituponte, Chavarria, Carura, Nueva Generación.

### **3.7.3 PROGRAMA DE DENSIFICACIÓN CON MEDIDORES**

La Empresa EDEL SAM mediante convenio con Cooperación Alemana GTZ, realizaron la densificación con la instalación de medidores a nuevos beneficiarios.

Son varias las poblaciones beneficiadas ejemplos Carura, Tomachi, Wituponte.

### **3.7.4 PROYECTOS DE LA GOBERNACIÓN DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

La Gobernación de La Paz presupuesto construir tres (3) proyectos, las poblaciones beneficiadas se encuentran en el área de influencia de la Empresa EDEL SAM, la gestión 2011 se concluyeron las construcciones de estas líneas, las cuales son:

- Proyecto Yolosani; con 18,74 km de línea trifásica en 34,5 kV y 7,48 km de línea monofásica en 19,9 kV, con 190 kVA en 13 puestos de transformación monofásicos y 17,82 km de línea de baja tensión en 220V.
- Proyecto La Rinconada-Unutuluni; con 7,20 km de línea monofásica en 19,9 kV, con 225 kVA en 8 puestos de transformación monofásicos y 5,07 km de línea de baja tensión en 220V.
- Proyecto Wituponte-Nuevos Horizontes; con 15,42 km de línea trifásica en 34,5 kV y 12,13 km de línea monofásica en 19,9 kV, con 100 kVA en 9 puestos de transformación monofásicos y 7,36 km de línea de baja tensión en 220V.



---

La Empresa EDEL SAM Subsistema Guanay realizó la supervisión de los proyectos también se benefició a los usuarios con la construcción de acometidas y medidores especialmente en el proyecto Wituponte – Nuevos Horizontes, la cantidad de beneficiarios es aproximadamente 464 en los tres proyectos.

### **3.7.5 MUNICIPIO DE MAPIRI; PROYECTO TUIRI - YANATO.**

Este proyecto ha sido diseñado por la Empresa EDEL SAM subsistema Guanay, ha significado la inclusión al sistema de 1,68 km de línea monofásica en 19,9 kV, 15 kVA en 1 puesto de transformación monofásico y 0,91km de línea de baja tensión en 220V, para beneficiar a 60 consumidores. Este proyecto cruza el río Mapiri.

### **3.7.6 MUNICIPIO DE GUANAY; PROYECTO MARIPO – NUEVA GENERACION**

Este proyecto ha sido diseñado por la Empresa EDEL SAM subsistema Guanay, ha significado la inclusión al sistema de 4,68 km de línea monofásica en 19,9 kV, 15 kVA en 1 puesto de transformación monofásico y 0,7km de línea de baja tensión en 220V, para beneficiar a 45 consumidores. Este proyecto cruza el río Mapiri.

## **3.8 FUNCIONAMIENTO DEL AREA COMERCIAL**

### **3.8.1 LECTURA DE MEDIDORES.-**

En coordinación con los ingenieros del área comercial, las fechas del comienzo de lecturas de medidores domiciliarios y comerciales comenzaban aproximadamente cada 20 de cada



---

---

mes, programándose las lecturas en las diversas y dispersas poblaciones de cada alimentador. Siempre se procuraba tener 30 días entre cada lectura de mes a mes, para que el consumo de energía y la factura sea parejo y el usuario no se alarme. Las planillas lecturadas y anotadas eran transcritos a un sistema en Excel donde se realizaban las depuraciones a cada usuario, lectura encontrada por encima del doble del consumo era enviada de nuevo a los técnicos para su comprobación, al final las lecturas revisadas y corregidas eran enviadas al área comercial ubicada en Caranavi.

Con respecto a los medidores industriales de medición directa e indirecta se comenzaba a lecturar cada 25 de cada mes en estos medidores se anotaban la energía, la potencia en punta, la potencia fuera de punta, las fechas, las horas, la potencia activa, la potencia reactiva, los datos eran registrados directamente del medidor electrónico a la computadora personal, también a los usuarios industriales cooperativas se les entregaba el preaviso de su consumo.

### **3.8.2 CORTES Y RECONEXIONES**

Se procedía al corte del usuario cuando tenía dos facturas vencidas y unos días más hasta que salga o se imprima la tercera factura, para las reconexiones se tenía un tiempo de 48 horas por ser disperso el sistema.

### **3.8.3. RECUPERACION DE MORA**

Para la disminución de la mora o evitar los cortes se realizaban publicaciones o comunicados por medios de radio y televisión. A solicitud de poblaciones la parte administrativa acordó ir a cada población en una fecha determinada para el cobro del consumo de energía.



---

---

Para el caso de los industriales por ser consumos fuertes se realizaba un seguimiento personal con reuniones realizadas en la entrega de los preavisos, en estas reuniones se les recordaba que estaban o entraban en corte, se les indicaba la fecha final para el corte los directivos de las cooperativas se comprometían a cancelar.

### **3.9 CONCLUSIONES**

El manejo del subsistema Guanay fue duro hasta peligroso para la vida por la topografía y el estado de los caminos, constantemente surgían accidentes personales y de tránsito.

En los tres años que estuve a cargo se densificó las comunidades que tenían un solo medidor por medidores independientes para cada usuario, se realizaron varias ampliaciones por cuenta propia de la Empresa EDEL SAM como por las Gobernaciones y Municipios donde se les apoyó con el diseño y construcción.

En la región la principal actividad es la minería con la actividad de la sustracción del oro, se apoyó a diferentes Cooperativas en el diseño y construcción de la línea hasta su cuadro. Como el uso de la energía por parte de las nuevas cooperativas era intenso, los ingresos para la Empresa EDEL SAM aumentaron.

Lógicamente quedaron varios proyectos en diseño por construirse como el que beneficiaría a las poblaciones de Mokotoro, Luriacani pertenecientes al Municipio de Sorata.



---

---

**AREA IV RESPONSABLE DEL AREA DE ELECTRIFICACION PREFECTURA  
DE PANDO (2003-2009)**

**4.1 ANTECEDENTES.**

**4.2 CLIMA Y TOPOGRAFÍA.**

**4.3 ÁREA DE INFLUENCIA.**

**4.4 FUNCIONES DELEGADAS**

**4.5 DESCRIPCIÓN DE PROYECTOS EN ELECTRIFICACIÓN RURAL EN  
PANDO**

**4.6 CONCLUSIONES.**

**4.1 ANTECEDENTES.**

El año 2004 en la Prefectura de Pando requerían personal con conocimiento de Biomasa, Sistemas Fotovoltaicos y líneas de media y baja tensión, me contacte con la Autoridad de la Dirección Departamental de Infraestructura, se aprobó la entrevista y posteriormente me contrataron para el cargo de Responsable de Electrificación Rural, dependiente de UNASBVI.

**4.2 CLIMA Y TOPOGRAFÍA.**

Pando tiene una topografía mayormente de llano posee una altitud media de 280 metros sobre el nivel del mar, posee un clima tropical y está cubierto por la selva de la Amazonia y surcado por innumerables ríos, tiene una temperatura promedio de 26.6 grados.



---

---

### 4.3 ÁREA DE INFLUENCIA.

El Departamento de Pando se encuentra conformado por cinco provincias, los cuales son Provincia Nicolás Suárez, Provincia Manuripi, Provincia Madre de Dios, Provincia Federico Román y Provincia Abuna, el cual está dividido en 15 Municipios, su capital es Cobija.

### 4.4 FUNCIONES DELEGADAS

Las funciones delegadas eran

- Realizar diseño de proyectos
- Presupuestar proyectos.
- Supervisar proyectos.
- Coadyuvar con otras instancias en el suministro de información (Consultores y Empresas)
- Gestionar documentación respecto al área eléctrica, realizar informes planillas de avance de obras.

### 4.5 DESCRIPCIÓN DE PROYECTOS EN ELECTRIFICACIÓN RURAL EN PANDO

En la Prefectura de Pando y en la Secretaria Departamental de Infraestructura se realizaron varios proyectos como ser:

- Proyectos con sistemas fotovoltaicos, para poblaciones alejadas de las líneas.



- 
- Se coadyuvo en la elaboración hasta el perfil afinado en el diseño de la instalación de una planta de biomasa.
  - Se coopero a los profesionales y a la Empresa HANSA en el desarrollo del proyecto Ampliación de la Línea Porvenir - Chive modalidad llave en mano.
  - Se coadyuvo en las gestiones para el diseño del proyecto ampliación de la línea Porvenir – Puerto Rico en el nivel de tensión 34,5 kV, realizado por el Ing. Zubieta
  - Con la Empresa ENDE se desarrolló el proyecto Electrificación Rural Riberalta a Gonzalo Moreno nivel de tensión 24,9 kV. El cruce del rio Beni se realizó con dos torres de transmisión.
  - Con el programa Quark de presupuestos y análisis de precios unitarios, se elaboraron y construyeron proyectos en media y baja tensión, con algunas instancias que incluían su respectiva casa de máquinas, compra de grupo electrógeno estacionarios, entre los cuales mencionamos:
    - Electrificación Rural en Loma Santa Municipio de Gonzalo Moreno.
    - Electrificación Rural Comunidad Santa Rosa Municipio de Santa Rosa del Abuna.
    - Electrificación Rural Comunidad Soberanía Municipio de Porvenir.
    - Electrificación Rural Comunidad Blanca Flor Municipio de San Lorenzo.
    - Construcción de línea en baja tensión Comunidad Humaitá.
    - Construcción de línea en baja tensión Comunidad Naranjal.
    - Construcción de línea en baja tensión Comunidad Reeboth.
    - Construcción de línea Comunidad Ingavi.
  - En la línea principal trifásica Cobija – Porvenir, nivel de tensión 34,5 kV, se elaboraron proyectos de ampliaciones monofásicos nivel de tensión 19,9 kV, con su red de baja tensión y puestos de transformación, que derivan del alimentador trifásico principal Cobija – Porvenir, los proyectos son:
    - ✓ Ampliación de Línea Monofásica Comunidad El Rosario.
    - ✓ Ampliación de Línea Monofásica Comunidad Alto Bahía.



- ✓ Ampliación de Línea Monofásica Comunidad Abaroa.
- ✓ Ampliación de Línea Monofásica Comunidad Balneario Cocamita.
- ✓ Ampliación de Línea Monofásica para Viviendas de Porvenir.
- Ampliación de líneas Media y Baja Tensión en los barrios de Cobija como Barrio Cacique.
- Elaboración de presupuesto para la FEXPO Pando, varias gestiones

#### **4.6 CONCLUSIONES.**

Los proyectos diseñados se presentaron a la Unidad de Bienes y Servicios para su licitación, las empresas contratistas ejecutaron su construcción, producto de ello se beneficiaron varias poblaciones, los beneficiarios de estos proyectos fueron inscritos y registrados ante la Empresa Operadora ENDE Cobija, mencionamos las derivaciones en tramo Cobija – Porvenir, en otros proyectos grandes como ser la línea trifásica Porvenir-Chive también se inscribieron como usuarios de ENDE, la empresa ENDE suministra energía las 24 horas, robusteciendo a la Empresa ENDE.

En poblaciones alejadas el suministro depende del combustible, generalmente es de seis horas, también se realizaron proyectos de redes de baja tensión incluye su generados.

El Departamento de Pando es extenso y las comunidades y algunos municipios principales todavía no están integrados al Sistema de ENDE, aún falta trabajar en la elaboración de proyectos y su posterior construcción.

### **AREA V DESCRIPCION DE LA COOPERATIVA ELECTRICA RIBERALTA CER LTDA (2001 – 2002).-**

#### **5.1 ANTECEDENTES**



---

---

**5.2 CONSTITUCIÓN Y OBJETO.**

**5.3 ÁREA DE INFLUENCIA.**

**5.4 CLIMA Y TOPOGRAFÍA.**

**5.5 FUNCIONES DELEGADAS**

**5.6 DESCRIPCIÓN DE LA OFICINA ODECO EN LA CER LTDA.**

**5.7 DESCRIPCIÓN DE LA JEFATURA DE DISTRIBUCIÓN EN LA CER LTDA.**

**5.8 CONCLUSIONES.**

**5.1 ANTECEDENTES**

Como operador de la Turbomaquina en la Biomasa, el gerente técnico de la Cooperativa Eléctrica Riberalta CER Ltda. Ingeniero Carlos Quintanilla me invita a ser parte de la CER Ltda., se requería un responsable en redes de distribución eléctricas, se comenzó con el desempeño de responsable de ODECO y posteriormente como ingeniero en el área de redes eléctricas.

**5.2 CONSTITUCIÓN Y OBJETO**

La actividad de la Cooperativa CER Ltda., es la **distribución y comercialización** de energía eléctrica a las poblaciones rurales comprendidas parcialmente por la provincia Vaca Diez. Estas se encuentra sujeta al marco regulatorio dispuesto por la Ley de Electricidad y el respectivo reglamento emanado por la Superintendencia de Electricidad.



---

---

### 5.3 **ÁREA DE INFLUENCIA.**

La cooperativa CER LTDA administra y opera en la población de Riberalta y comunidades aledañas, se encuentra en provincia Vaca Diez.

### 5.4 **CLIMA Y TOPOGRAFÍA**

Riberalta es la segunda ciudad más importante del Beni y la primera sección municipal de la provincia Vaca Diez, se encuentra a una altitud de 172 msnm con un relieve plano y sin variaciones significativas, con interfluvios y pisos de drenaje amplios y terrazas formadas por la erosión fluvial perteneciente al piso ecológico de Selva Húmeda Ecuatorial. Su clima es cálido, con una temperatura promedio de 26°C, precipitación media anual 1,775 m. sus suelos son muy profundos pero químicamente pobres.

### 5.5 **FUNCIONES DELEGADAS**

Las funciones que me toco desempeñar en la cooperativa Eléctrica Riberalta fueron:

- Atención al cliente (Usuario sin acción y Beneficiario con acción).
- Consultas y explicación sobre el consumo y cobro de la factura.
- Explicación sobre los Requisitos de las instalaciones y uso de materiales.
- Registro de quejas sobre el servicio y aparatos quemados.
- Registro de interrupciones.
- Dimensionamiento de la capacidad de transformadores para privados.



---

---

## 5.6 DESCRIPCIÓN DE LA OFICINA ODECO EN LA CER LTDA.

En la cooperativa CER Ltda. no había una persona con formación técnica que sepa dar una explicación satisfactoria a los usuarios con respecto a sus reclamos de factura.

El gerente administrativo en primera instancia abre la oficina del consumidor ODECO bajo responsabilidad del suscrito.

En la Oficina ODECO y con el sistema informático implementado por la CER Ltda., se empieza a explicar a los usuarios sobre todo tipo de consultas como ser:

- Explicación y cálculo del cobro de la factura
- Explicación a reclamos por consumos elevados.
- Explicación a reclamos por aparatos quemados.
- Verificación de Lecturas mal leídas o transcritas
- Cambio de medidores.
- Requisitos para nuevas instalaciones.
- Requisitos para descuento de la tarifa dignidad.
- Materiales usados en las acometidas y pilastras
- Inscripción de nuevos usuarios.
- Traslado de medidores a nueva dirección.
- Programación de pago de materiales para acometidas y medidores.
- Cobro de materiales a los usuarios por deuda a la Cooperativa.
- Consultas sobre la instalación de transformadores, determinación de la capacidad.
- Consultas sobre la capacidad del pararrayos y del seccionador fusible.
- Consultas sobre la capacidad del CT.
- Consultas sobre la capacidad del termomagnetico en instalaciones trifásicas
- Programación de la Instalación de medidores industriales con medición indirecta.



- 
- Revisión de medidores in situ.
  - Revisión de medidores, robo de energía.
  - Revisión de los disyuntores conforme a su carga.
  - Revisión de la puesta a tierra.
  - Programación de la instalación de nuevos usuarios.
  - Explicación sobre la instalación interna, circuito de iluminación, circuito de tomacorriente y de toma de fuerza y sus respectivas protecciones.

#### **5.6.1 PERSONAL DE APOYO PARA LA OFICINA ODECO**

La Oficina de ODECO disponía de personal técnico para la atención de los usuarios como ser:

- Un inspector de medidores
- Un ayudante de inspector.
- Dos linieros comerciales.
- Dos motocicletas.

#### **5.7 DESCRIPCIÓN DE LA JEFATURA DE DISTRIBUCIÓN EN LA CER LTDA.**

El nuevo gerente de la Cooperativa Eléctrica Riberalta CER Limitada, Licenciado Jorge Justiniano, mediante memorándum me asigna asumir las funciones de Jefe de Departamento de Distribución.



---

---

En el Departamento de Distribución se disponía de dos cuadrillas, una cuadrilla de mantenimiento y la segunda cuadrilla de construcción, cada cuadrilla constaba de seis técnicos un chofer y un jefe de cuadrilla.

Con la cuadrilla de mantenimiento, se realiza la limpieza de gajos, ramas y arboles peligrosos cerca de la línea, se realizaban cambio de crucetas podridas y cambio de aisladores fogoneados y quebrados.

Con la cuadrilla de construcción, se planifico evaluando el material disponible la ampliación de líneas en barrios como ser ampliación de línea de media tensión (24,9/14,4 kV.) y en baja tensión en el barrio El Sol, otras ampliaciones en baja tensión de dos o tres postes con sus conductores, cuando existía fallas se coordinaba con la cuadrillas de emergencia de turno y algunas veces se apoyaba con la cuadrilla de mantenimiento para revisión de la línea que era fácil de hallar por encontrarse la falla en el pueblo.

Se incrementó el número de usuarios producto de las ampliaciones creciendo el sistema de la CER y los ingresos.

## **5.8 CONCLUSIONES.**

En La Oficina de ODECO si bien se le dio un toque más técnico y se respondió a varias inquietudes de los beneficiarios, para otras inquietudes especialmente en la inspección a domicilios se sintió la necesidad de más técnicos, muchas solicitudes se quedaron en el registro de quejas. También sea notado que en las Empresas de la Amazonia las oficinas de ODECO no dan una respuesta adecuada a los reclamos de los usuarios, quedándose con varias dudas esto se debe a que las empresas colocan a personal sin la preparación técnica adecuada, son buenos en lo administrativo pero una explicación técnica eléctrica no hay.



---

---

## **AREA VI. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE BIOMASA (1999 – 2001)**

- 6.1 ANTECEDENTES.**
  - 6.2 INTRODUCCIÓN.**
  - 6.3 COMPONENTES O EQUIPOS DE LA PLANTA DE BIOMASA.**
  - 6.4 FUNCIONAMIENTO DEL PROYECTO BIOMASA.**
  - 6.5 PARÁMETROS REGISTRADOS EN LA TURBINA.**
  - 6.6 MANTENIMIENTO DE LA TURBINA Y OTROS EQUIPOS.**
  - 6.7 POTENCIAS GENERADAS Y CONSUMOS PROPIOS EN LA BIOMASA.**
  - 6.8 CONCLUSIONES.**
- 
- 6.1 ANTECEDENTES**

La Empresa National Electric Rural Cooperative Association (NRECA) y la Cooperativa Eléctrica Riberalta firman un contrato de operación y mantenimiento de la planta de biomasa, para la operación de la turbina se requería personal, el suscrito realiza los contactos con el Gerente Ing. Fernando Mercado Representante de NRECA en Bolivia, se aprueba la entrevista y se elabora el contrato como operador de la turbina de la planta de Biomasa.

La planta de Biomasa está instalada al lado de la Subestación El Palmar de la Población de Riberalta, Provincia Vaca Diez, Departamento del Beni.



---

---

## 6.2 INTRODUCCIÓN.

La Biomasa es la energía renovable que aprovecha todo lo que la naturaleza nos da, una fuente de energía natural de calidad y que está en todo lo que nos rodea, la biomasa es materia de origen orgánico, vegetal o animal que podemos utilizar para fines energéticos según su procedencia existen distintos tipos de biomasas:

Biomاسas agrícolas.- Son residuos de cosechas y los cultivos energéticos agrícolas.

Biomاسas forestales.- Son residuos procedentes de la limpieza de los bosques, los restos de podas de claras, así como los cultivos energéticos forestales.

Biomاسas ganaderas.- Son residuos del ganado como los estiércoles y los purines

Biomاسas industriales.- Son residuos orgánicos procedentes de la industria alimentaria como las fábricas de aceite de oliva o las conserveras, de la industria de la madera como las fábricas de muebles así como la industria papelera.

Biomasa de la basura.- Son la fracción orgánico de los residuos sólidos urbanos

Biomاسas acuosas.- Son los que proceden de las plantas acuáticas y algas

Las biomاسas se transforman mediante procesos mecánicos, termoquímicos y biológicos.

Cuando la transformación de la biomasa da lugar a la electricidad se conoce bioenergía.

La castaña amazónica es el fruto del árbol científicamente denominado *Bertholletia excelsa*, que se encuentra en estado silvestre y natural en los bosques amazónicos de Bolivia (norte la Paz, Beni y Pando), Brasil y Perú. El árbol de la castaña supera los 30 metros de altura. Las semillas o castañas se encuentran dentro del fruto o coco que caen de estos árboles.

La zona en Bolivia, con condiciones naturales para el desarrollo del árbol y del fruto de la castaña, tiene una extensión de 100.000 km<sup>2</sup>, 10% de la superficie del país.



El mercado de nueces se concentra principalmente en los países industrializados, los países de mayor demanda de castaña son: países europeos, Estados Unidos, Canadá y Australia. Los cocos son frutos que caen al suelo naturalmente entre diciembre a febrero. Estos cocos tienen entre 16 a 23 semillas o castañas. La recolección y extracción de la castaña de los cocos se producen en época lluviosa. Esta realidad dificulta el traslado de la materia prima desde los centros de producción y extracción hasta las plantas y beneficiadoras, generalmente Riberalta y Cobija principalmente.

### **6.3 COMPONENTES O EQUIPOS DE LA PLANTA DE BIOMASA.**

El sistema de biomasa se compone de los siguientes equipos;

- Combustible la cascara de almendra o castaña.
- Gusano sin fin.
- Hogar u horno.
- Serpentín.
- Caldero tetera.
- Tubería de presión.
- Turbina.
- Reductor de velocidad
- Generador
- Condensador
- Torre de enfriamiento
- Bombas.
- Tuberías



---

---

#### **6.4 FUNCIONAMIENTO DEL PROYECTO BIOMASA.**

Las diferentes Empresas beneficiadoras de castaña como ser BOLITAL, Urkupiña, Becerra Ltda., Blacutt, Lourdes, Tahuamanu, Manutata y otros, vendían la cascara de castaña a la Cooperativa CER LTDA, las cuales eran depositadas en un almacén abierto y techado, los meses más productivos eran durante la zafra que empezaba en diciembre, seguía enero, febrero, marzo, abril y concluía en mayo.

De los depósitos, la cascara de castaña era transportada con carretillas y vaciada hasta el gusano sin fin, la cascara es arrastrada por el gusano sin fin hasta el horno, donde se procedía a quemar, alrededor del horno estaba dispuesto un juego de tuberías (serpentines) el calor emanado de la quema de la castaña pasaba por conducción a las tuberías y también calentaba el agua que circulaba en las tuberías tipo serpentín.

La transformación del agua a vapor sube hasta un caldero que al alcanzar la presión y temperatura adecuadas son despachadas por la tubería de presión hasta la turbina.

La turbina era accionada en su giro por efecto de la velocidad y presión del vapor de agua, esta turbina esta acoplado mediante su eje a un reductor de velocidad y este reductor de velocidad mediante engranajes reducía la velocidad. El reductor de velocidad disponía de otro eje de salida el cual estaba acoplado al eje del generador mediante una brida, el movimiento del eje del rotor donde se disponía los devanados induce sobre los devanados del estator una FEM, dando la salida de voltajes en 380 V.

Para mejorar el rendimiento en la turbina (velocidad de giro), se instala un condensador el cual es conectado por tuberías hasta la salida del vapor en la turbina, se denomina tubería de desfogue a una cámara cilíndrica de acero por donde se efectúa la salida del vapor y donde se crea un vacío.



---

---

El vacío es creado por el cambio repentino del estado del agua que pasa de vapor a líquido (condensación) es en esta etapa que entra en acción el condensador.

El condensador (intercambiador de calor) es un equipo de tubos pequeños que por un lado circula agua fría y por el otro lado de los tubos circula el vapor que sale de la turbina. La circulación del agua fría por el condensador es realizado por bombas de un sistema de agua independiente.

Posteriormente de la etapa del condensador el vapor convertido en agua es bombeado por tuberías hasta la torre de enfriamiento. La torre de enfriamiento es un sistema de ventilación (dos ventiladores gigantes) encerrados en una cámara cuadrada por donde el agua es soltada por aspersión y cae como lluvia hasta una piscina, así se sigue rebajando la temperatura del agua por aspersión.

Luego esta agua es de nuevo ingresada mediante bombas hasta los serpentines del horno y vuelve a convertirse en vapor repitiéndose el ciclo.

En todo este proceso existen pérdidas de agua, los cuales son repuestas por aguas bombeadas de las norias y noques ubicadas cerca de la planta.

Por otra parte el agua es tratada constantemente con químicos para que tenga un PH adecuado ni ácido ni básico, ya que si el agua no es tratada los cambios de estado del agua de líquido a vapor y viceversa hacen que aparezcan incrustaciones como quistes las cuales se adhieren a las paredes de las tuberías reduciéndose el diámetro y finalmente tapándose las tuberías, esto sucede especialmente en el condensador donde las tuberías son de diámetro reducido y son delgadas.

La turbina dispone de un gobernador que actúa automáticamente en función de la carga solicitada en el generador.

Las cenizas de la combustión de la cascara eran utilizadas como abono en las tierras agropecuarias en pequeña escala.



---

---

## 6.5 PARÁMETROS REGISTRADOS EN LA TURBINA.

En las funciones designadas se encontraban el de realizar y registrar las lecturas de los parámetros de funcionamiento de la turbina, como ser: la temperatura, presión, velocidad, nivel de aceites, niveles de agua de la torre de enfriamiento, observar el nivel de agua del pozo y noque con el encendido de motores para el bombeo de agua.

En el tablero del generador se toman datos de las tres de corrientes de fase, voltajes de fase y de línea, potencia, factor de potencia, energía.

## 6.6 MANTENIMIENTO DE LA TURBINA Y OTROS EQUIPOS.

El mantenimiento de la turbina se realizaba cada 15 días y en horas de la madrugada:

- Mantenimiento y limpieza de la turbina
- Mantenimiento y limpieza de los rodets y alabes de la turbina
- Limpieza de las tuberías
- Mantenimiento y limpieza del condensador
- Limpieza de la torre de enfriamiento
- Mantenimiento y limpieza de bombas.
- Revisión de las fugas de vacío en la cámara de desfogue.
- Otro grupo realizaba el mantenimiento del hogar, la caldera, el gusano sin fin y bombas.
- En el hogar revisión de fugas de vapor por los serpentines, se realizaba la soldadura de tuberías con electrodos especiales.



---

---

## 6.7 POTENCIAS GENERADAS Y CONSUMOS PROPIOS EN LA BIOMASA.

En la planta de biomasa se encuentra el generador diseñado con una potencia activa de 0.85 MW.

La suma de las potencias de diferentes bombas para el funcionamiento de la biomasa llegaba a casi 0.3 MW, consumo interno para funcionamiento de equipos.

La planta de Biomasa en su funcionamiento podía suministrar potencias en un rango de 0.65 a 0.75 MW, a la potencia más alta se llegaba en días con surazos y después de realizado un mantenimiento.

La mayor de las veces la potencia que se registraba fue entre 0.6 a 0.65 MW, existían días donde no se realizaban los mantenimientos y la potencia registrada llegaba a 0.35 MW, casi similar al consumo propio.

Los ingenieros de NRECA, realizaron varios estudios y cambios en la planta como ser:

- Se cambió el condensador por uno más grande.

Después de una limpieza y mantenimiento y con esta modificación la potencia llegó hasta 0.8 MW. Esta potencia no duraría mucho ya que después de un tiempo volvía a caer la potencia registrándose potencias de 0.5 a 0.65 MW.

Debo mencionar que los operadores más antiguos estrenaron la planta completamente automática con la instalación de PLC, pero con el transcurso del tiempo y producto de la ignorancia en su manejo deshabilitaron el PLC y el funcionamiento de la planta se realizaba manualmente.



---

---

## 6.8 CONCLUSIONES.

Los resultados y análisis realizados por los ingenieros en la planta de biomasa por NRECA eran confidenciales, no se tenía acceso a esta información, lo mencionado anteriormente es producto de lo experimentado y vivido en la planta.

Actualmente la planta de biomasa no está en operación, solo se está generando con grupos electrógenos CAT y Cummins de la Empresa SECCO. La planta de biomasa de Riberalta es de las tradicionales, actualmente las biomásas han renovado y mejorado su tecnología por ejemplo, la Empresa Tahuamanu S.A logro instalar en el Departamento de Pando, Cobija la primera planta generadora de electricidad a base de cascara de castaña. La biomasa es convertida en gas de síntesis, la planta termino de ser construida en noviembre del 2012 con tecnología de origen Hindú, que es más eficiente comparado con la biomasa tradicional de calor y vapor. La tecnología Hindú funciona con la introducción de la cascara de castaña en un reactor para una combustión controlada y en este reactor se produce gas de síntesis que está compuesto básicamente de monóxido de carbono, hidrogeno y metano pobre que hacen el 50% de la totalidad del gas el otro 50% está compuesto por dióxido de carbono y nitrógeno. El gas de síntesis es enfriado purificado y utilizado para producir electricidad en motores de combustión interna.